

2793

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

T.C.K' DA KÖPRÜLÜ KAVŞAKLARDA

KLOTOİD UYGULAMASI

Har.Müh. Gürol MARZ İOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
" Harita Yüksek Mühendisi "

Unvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Ocak 1988

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 29 Ocak 1988

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Türkay TÜDEŞ

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Erdal KOÇAK

Enstitü Müdürü : Prof.Dr. Doğan TURHAN

OCAK 1988

TRABZON

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖNSÖZ

İyi bir güzergah, bugüne kadar hakim durumda olan doğru ve daire gibi elemanlar yanında, eğrilik yarıçapı sürekli olarak değişen bir eğri şeklinde yeni bir geçki elemanına ihtiyaç göstermektedir. Böyle bir eleman olarak ortaya çıkan klotoid, uygulama alanınıda daha fazla kullanılabilir olması bu tezi hazırlamam için en önemli sebep olmuştur.

Tezde teorik bilgilere değinilerek, örnekler yanında Trabzon Tanjant yolunun giriş kısmına yapılacak üst geçidin klotoidli olarak çözümü bulunmaktadır. Örnek çalışmaya kadar olan teorik kısım kaynaklar kısmında belirtilen Almanca kaynaklı kitaplardan yapılan tercümelemler sonucunda oluşturulmuştur.

Beni yetişmemede olduğu kadar bu çalışmalarımıda da teşvik eden ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam sayın Prof.Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ ve çalışmış olduğum T.C.K. 10. Bölge Müdürlüğü Etüd Proje Baş mühendisi Mihittin Girhan ve servisteki tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Trabzon, Ocak 1988

Gürol MARZİOĞLU

| | |
|--|------|
| İÇİNDEKİLER | II |
| TÜRKÇE ÖZET | VII |
| SUMMARY | VIII |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. MÜHENDİSLİK İÇİN KULLANMA ESASLARI, KLOTOİD YARDIMI İLE PROJE ÇALIŞMASI | 5 |
| 2.1 Klotoidin tanımı, notasyon tarzı ve önemli geometrik özellikleri | 5 |
| 2.2 Klotoidin kullanma şekilleri | 10 |
| 2.3 Klotoidin özellikleri | 13 |
| 2.4 Birim klotoid tablosu | 19 |
| 2.5 Birim klotoid tablosunun kullanılması | 20 |
| 2.6 Norm klotoid tabloları | 23 |
| 2.61 Tam sayılı A parametreleri için, tam sayılı R yarıçaplarına göre düzenlenmiş norm klotoid tablo- ları. | 23 |
| 2.62 L'nin tamsayı parçalarına göre kısımlandırılmış norm klotoidler aplikasyon tabloları | 23 |
| 2.63 Tam sayılı R bitim yarıçaplarına göre düzenlenmiş norm klotoidler R tabloları | 23 |
| 2.7 Norm klotoid tablolarının kullanılması | 24 |
| 2.8 Yol kenarları | 26 |
| 2.9 Klotoid Pistoleleri | 28 |
| 2.10 Klotoid hesabının temel problemleri | 30 |
| 3- GEÇİŞ EĞRİLERİ (RAKORDMAN KURPLARI) | 34 |
| 3.1 Simetrik geçiş eğrileri (rakordman kurpları) | 34 |
| 3.11 A ve R'nin yuvarlatılmış değerleriyle simetrik geçiş eğrileri (Normal durum) | 35 |
| 3.12 Bilinen teğet uzunluğuyla simetrik geçiş eğrileri teğet uzunluğu ile simetrik geçiş eğrileri (Oran- tılı büyütme veya küçültme) | 38 |
| 3.122. Dairesel R ve dairesel olmayan A ile bilinen te- ğet uzunluğu ile simetrik eğrileri (Gittikçe yaklaşma durumu) | 40 |
| 3.123 Verilen teğet uzunluğu ile dairesel olmayan R ve dairesele A ile simetrik geçiş eğrileri (Yavaş yaklaşım). | 43 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.2. | Simetrik olmayan geçiş eğrileri (rakordman kurbaları) | 47 |
| 3.21 | A_1 , A_2 ve R için dairesel olmayan değerlerle simetrisiz geçiş eğrileri (rakordman kurbaları) normal durum | 47 |
| 3.22 | Verilen bir teğet uzunluğuyla simetrik olmayan geçiş eğrileri (rakordman kurbaları) | 51 |
| 4. | KLOTOİD BİRLEŞME NOKTASI | 55 |
| 4.1 | Simetrik klotoid birleşme noktası | 55 |
| 4.11 | Dairesel A ve dairesel olmayan R min ile simetrik klotoid açısı - normal durum | 57 |
| 4.12 | Dairesel olmayan A ve dairesel Rmin ile simetrik klotoid birleşimi | 60 |
| 4.13 | Verilen bir teğet uzunluğu ile simetrik klotoid birleşimi | 61 |
| 4.2 | Simetrisiz klotoid birleşimleri | 62 |
| 4.21 | Dairesel A_1 , A_2 ve dairesel olmayan Rmin ile simetrisiz klotoid sapma açısı | 64 |
| 4.22 | Dairesel Rmin ile bir dairesel ve dairesel olmayan A ile simetrik olmayan klotoid tepe açısı | 68 |
| 4.23 | Verilen teğet uzunluklarıyla simetrisiz klotoid birleşimi | 70 |
| 5. | DÖNÜM ÇİZGİSİ | 73 |
| 5.1 | Bütün yay elemanları için yuvarlak değerlerle dönüm çizgisi - normal şekil | 76 |
| 5.2 | A_2 dışında bütün yay elemanları için yuvarlak değerlerle dönüm çizgisi | 88 |
| 5.3 | Sınırlı merkez hesabıyla dönüm çizgisi | 94 |
| 5.4 | Teğetlerin iki paraleli arasındaki dönüm çizgisi- Müstesna durum | 102 |
| 5.5 | Ters yönlü daireler arasında dönüm çizgisi olarak klotoid (S- kurpları) | 107 |
| 6. | ELİPS (OVAL) ÇİZGİ | 121 |
| 6.1 | Bütün yay elemanları için yuvarlak değerle elipsoidal çizgi (Normal durum) | 124 |
| 6.2 | A_2 dışında bütün yay elemanları için yuvarlak değerle elipsoidal çizgi | 135 |
| 6.3 | Tesbit edilen merkez uzaklığının aritmetik hesabıyla elipsoidal çizgi | 143 |
| 6.4 | Çift (iki) elips çizgi | 152 |
| 6.5 | Aynı yönlü daireler arasında rakordman kurbu olarak klotoid | 156 |

| | | |
|-----|---|-----|
| | (Yumurta çizgisi veya Oval) | 164 |
| 7. | SEPET KULPU KLOTOİD | 173 |
| 8. | YARDIMCI TEGETLER ÜZERİNDEN HESAPLAMA | 173 |
| | 8.1 Genel durum | 173 |
| | 8.2 Örnek hesaplama | 173 |
| | 8.3 Yerleştirme değerlerinin hesaplanması | 182 |
| 9. | APLIKASYON METODLARI | 193 |
| | 9.1 Kartezyen koordinatlara göre aplikasyon | 193 |
| | 9.11 Esas teğetten itibaren aplikasyon | 193 |
| | 9.12 Herhangi giriş, kesen ve teğetten itibaren aplikasyon | 198 |
| | 9.121 Bir klotoid girişinden itibaren bir noktanın aplikasyonu | 198 |
| | 9.122 Klotoid keseninden itibaren aplikasyon | 201 |
| | 9.123 Bir teğetten itibaren bir klotoid noktasının aplikasyonu | 203 |
| | 9.2 Nokta sıklaştırılmasında uygulanan sekizde iki metodu | 206 |
| | 9.3 Kutupsal Koordinatlar | 207 |
| | 9.31 Esas teğetten itibaren aplikasyon | 207 |
| | 9.4 Giriş - Açık metodlarına göre aplikasyon | 208 |
| | 9.5 Poligon hatları | 226 |
| 10 | TEGETLER VE ENİNE PROFİLLER | 229 |
| 11. | ÇEKİLMELER | 235 |
| | 11.1 Alinymanlar arasında çekilmeler | 235 |
| | 11.2 Daireler arasında çekilmeler | 237 |
| | 11.3 Özel hal olarak aynı merkezli daireler arasında basık çekilmeler | 237 |
| 12- | KOORDİNAT TRANSFORMASYONU | 239 |
| 13. | ÖRNEK ÇALIŞMA: (Trabzon şehir içi geçişi Yavuz Sultan Selim yolu Uzunkum üst geçit köprü plankotesinin klotoidle yapılan Projesi) | 244 |
| | 13.1 Yolların kapasitesi | 244 |
| | 13.11 Kapasite tanımları | 244 |
| | 13.12 Proje kapasitesini azaltan faktörler | 246 |
| | 13.121 Yol ile ilgili faktörler | 246 |
| | 13.122 Trafik ile ilgili faktörler | 248 |
| | 13.2 Yavuz Sultan Selim yolu uzunkum üst geçit kapasite hesapları | 251 |
| | 13.3 Düşey kurp tipleri | 258 |
| | 13.31 Düşey kurp elemanları | 258 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 13.32 | Parabol düşey karp elemanları | 258 |
| 13.33 | Parabol düşey karp uzunluğunun bulunması | 259 |
| 13.34 | Kapalı " " " " | 260 |
| 13.35 | Parabol düşey karpda $L_d < L$ durumu | 260 |
| 13.36 | Açık düşey karp uzunluğunun bulunması | 263 |
| 13.4 | Değişik yol hesaplamalarına ait sürtünme katsayıları | 264 |
| 13.5 | Üst geçit ile ilgili düşey karp hesapları | 265 |
| 13.51.1 | Nolu yolun düşey karp hesabı | 265 |
| 13.52.2 | Nolu " " " " | 266 |
| 13.53.3 | Nolu yolun eğim ve düşey karp hesapları | 267 |
| 13.531 | Eğim hesapları | 267 |
| 13.532.1. | Açık düşey karp hesabı | 268 |
| 13.533.2. | Kapalı " " " | 268 |
| 13.534.3. | Açık " " " | 269 |
| 13.54.4 | Nolu yol düşey karp hesapları | 269 |
| 13.6 | Üst geçite ait klotoid hesapları | 270 |
| 13.61 | Nokta koordinat hesapları | 274 |
| 13.7 | Klotoidlerde dever hesapları | 283 |
| 13.71.1 | nolu klotoidde dever hesabı | 283 |
| 13.72.2 | nolu " " " " | 286 |
| 13.73.3 | nolu " " " " | 288 |
| 13.74.2 | nolu koldaki klotoidin dever hesapları | 290 |
| 13.75 | Tüm klotoid noktalarının dever hesaplarının özeti | 292 |
| 13.76 | 1 nolu yolun normal karp dever hesabı | 295 |
| 13.77 | 2 nolu " " " " " | 296 |
| 13.78 | 4 nolu " " " " " | 297 |
| 13.8 | Kırmızı kot hesabı | 298 |
| 13.81. | 1 nolu yol kırmızı kot hesabı | 298 |
| 13.82. | 2 nolu " " " " | 299 |
| 13.83. | 3 nolu " " " " | 300 |
| 13.84. | 4 nolu " " " " | 304 |
| 13.9 | Klotoidlerin ara noktalarının aplikasyonu (3 Nolu klotoid) | 305 |
| 13.91 | Teğetten aplikasyon | 305 |
| 13.92 | Kirişten " " | 306 |
| 13.93 | Kiriş uzatımından aplikasyon | 308 |
| 13.94 | Herhangi bir noktadaki teğetten aplikasyon | 311 |
| 13.95 | Kutupsal koordinat metodu | 314 |
| 13.96 | Kiriş - Açık metodu | 316 |

| | |
|--|-----|
| 13.97 Yaklaşma metodu | 317 |
| 13.98 Kirişler poligonu yardımıyla aplikasyon | 321 |
| 13.99 Kestirme metodu | 323 |
| 13.910 2 nolu klotoid ara noktalarının aplikasyonu | 325 |
| 13.9101 Birim klotoide göre | 325 |
| 13.9102 A parametresine göre | 325 |
| 13.911.2nolu kolun ara noktalarının aplikasyonu | 326 |
| 13.9111 Birim klotoide göre | 326 |
| 13.9112 A Parametresine göre | 326 |
| 13.912 1 Nolu klotoid ara noktalarının hesabı | 327 |
| 13.9121 Birim klotoide göre | 327 |
| 13.9122 A Parametresine göre | 327 |
| 13.10 Enkesit hesapları | 328 |
| 13.101 1.KOL ENKESİT DEĞERLERİ | 328 |
| 13.102. 2.KOL " " | 329 |
| 13.103. 4. " " " | 330 |
| 13.104 Ayak noktaları enkesit değerleri | 331 |
| 13.105 3 Nolu yol enkesit hesapları | 332 |
| 14 SONUÇLAR | 325 |
| KAYNAKLAR | 336 |
| EK 1: Trabzon şehir içi geçişi Yavuz Sultan Selim yolu Uzunkum Üst geçit köprüsünün klotoidli plankotesi ve profilleri | |
| EK 2. Trabzon Şehiriçi geçişi Yavuz Sultan Selim yolu Uzunkum üst geçit köprüsünün enkesitleri | |
| EK 3. Karadeniz Sahil tahkimatı kronman duvar tipi örneği. | |
| ÖZGEÇMİŞ | 337 |

TÜRKÇE ÖZET :

Klotoid, sarılma noktası etrafında sonsuz sayıda dönme yapan bir eğriden ibarettir. Klotoidde eğrilik yarıçapı, eğrinin uzunluğu ile orantılı olarak azalır. Bu eğrinin geçiş eğrisi için uygun olan kısmı başlangıçtan itibaren alınan belirli bir kısımdır.

Eğri üzerindeki herhangi bir noktanın eğrilik yarıçapı R ve bu noktanın başlangıç noktasına olan uzaklığı ise $R.L=Sabit = A^2$ dir. A değerine klotoidin parametresi denir ve aynı bir klotoidde A Parametresi sabit kalır. Parametrenin değişmesi ile klotoidin şekli değişmez sadece büyüklüğü değişir. $A=1$ alınırsa buna birim klotoid adı verilir. Uygulamada kolaylık olsun diye birim klotoidde göre cetveller hazırlanmıştır. Uygulanan klotoidin değerlerini bulmak için birim klotoiddeki uzunluklar A ile çarpılır açılar ise değiştirilmez. Geçiş eğrisi olarak klotoidin ve kurp yarıçapının seçilmesi klotoid pistoleleri ile grafik olarak yapılır. Bu pistoleler üzerinde klotoidin Parametresi ve her noktanın eğrilik yarıçapı ve geçiş eğrisinin son noktasında daire kurbunun yarıçapı yazılıdır. Bunlar değişik parametrelere ve kurb yarıçaplarına göre hazırlanmıştır. Bu pistoleler kesişen alinymanlar üzerine oturtulur ve uygun A Parametresi ve R kurp yarıçapı deneme yolu ile bulunmuş olur.

Rakordman kurbu geçki elemanı olan klotoid, pratik gereksirlere iyi bir şekilde cevap verme ve hareket dinamiğinden dolayı yol inşaatında tercih edilmektedir. Klotoidlerden yararlanılarak hazırlanan güzergah projeleri ve aplikasyonları ile yüzlerce ve hatta binlerce metre uzunluğunda ve birleştikleri daire yayları ile aynı önemde rakordman kurplarına sahip bulunan güzergahlar gerçekleştirilebilmektedir. Böyle güzergahlar, yumuşak, güzel ve ekonomik bir şekilde çevre araziye, mevcut bina ve tesislere ve serbest yol kesimleri ile düğüm noktalarındaki (kavşaklar, ayrılma yerleri, birleşme noktaları) hareket hızına uyma özelliği sağlayabilmektedir.

SAMMARY

The clothoid may be called the ideal transition curve since it possesses the property that LR is constant and when a vehicle is travelling over it with constant velocity, the centrifugal force for setting out this curve can only be expressed as infinite series and so the calculations are somewhat tedious if special tables are not available.

Using symbols, at any point on the curve, r is constant and so $r l = RL$.

It can be shown that if, $l = f(\tau)$ is the intrinsic equation of any curve, the radius of curvature at any point is given by the formula'

$$r = \frac{dl}{d\tau}$$

and so in the clothoid

$$l \frac{dl}{d\tau} = RL$$

Integrating $l^2/2 = RL\tau + \text{constant}$.

The constant of integration disappears if τ is zero when l is zero and the intrinsic equation of the curve can be written

$$l = \sqrt{RL} \sqrt{2\tau} = A \sqrt{2\tau}$$

Where A is equal to \sqrt{RL} , a constant if the length and minimum radius of the curve are known. In the early days of roads the alignment on a horizontal plane consisted of a number of circular arcs with straight lengths tangential to them. In either case a sudden centrifugal force came into action when the vehicle passed the tangent point, causing a heavy lurch. With the coming of transition curves cant and curvature could be introduced together so that it became possible for a vehicle to run right through a curve from straight to straight under equilibrium conditions. It has already been stated that the centrifugal force acting on a vehicle. If the centrifugal force is to increase at a constant rate, force must vary directly with time, and if the speed of the vehicle is constant, the distance measured from the beginning of the curve must also vary with time. The ideal curve is therefore one in which the radius of curvature varies inversely as the distance travelled along the curve measured from its beginning.

The jerk of the force experienced on entering a circular curve directly from a straight in a vehicle can be most unpleasant. A road vehicle traces out a transition curve when entering a curve, whether one is provided or not, since to pass from a straight to a circular arc would involve an instantaneous movement of the steering-wheel. If a transition curve is provided the driver has no difficulty in keeping his vehicle to its proper path.

The clothoid curve starts from a radius of infinity and gradually sharpens. In its first partion the wrve is very similar in shape. The spiral, however, continues to decrease in radius while the parabola does not. For motorway work the spiral is generally used, but sometimes on low speed urban roads and junctions the parabola is more useful.

The curve can be set out by deflection angle in the same there is no simple sub-chord deflection to use for each successive point on the curve.

This can be overcome in various ways, of which the two most simple are the use of convenient formulae and recourse to tables of prepared data.

These tables were calculated for certain de signed speeds of traffic and provided all the necessary data for setting out in imperial units. There are certain terms and relationships which must be understood to use the tables and to set in the necessary centre line pegs. The start peg, for example, when coming off the straight, is no longer marked point of change in alignment from tangent to change from tangent to spiral. The point of change from straight to wrve is also moved back along the tangent by insertion of the spiral lead-in to the main curve. Consequently the tangent length in curcular curves will be increased by an amount denoted a constant in both tables.

This also has the effect of moving the circular part of the curve towards the centre by an amount. The radius of the new circular curve is derived from the application of the shift to the original circular wrve darius; this new radius is denoted by R . Both figures are tabulated for all lengths of transition spiral.

The setting out procedore is similar to that for circular curves and is made diffucult in the same way by the chainage convention. While it is possible to extract the deflection angles direct from the table, they must be adjusted to suit the differing lesghts of the spiral from the origin, caused by the odd chainage and the inital und final sub-chards. Both sets of tables show methode of calculating deflection for add chard lengths and have tables of corrections for approximations made.

For setting out the clothoid, same methods can be used as in circular curves, the angles of course being different. The clothaid can also be set out by offsets from a tangent.

To illustrate the method of carrying out the calculations and the use of the tables, two eamples can be worked out, the first giving the calculations for setting out the curve and the secont the method of finding the distance from apex to the tangent point.

If it is not considered necessary to drive pegs at even chainages, the calculation can be simplistised by using a fixed set of angles and calculating the length of chord required. The cherd telgth. Should be made short enough for there to be no appreciable difference between the sum of the cord lengths and the curve length.

1.GİRİŞ ;

Yol inşaatında güzergâh konusunda geçki elemanı olarak klotoidin kullanılması, çeşitli sebep ve ispatlara dayandırılmaktadır. Bu sebepler kısmen enine eğimin rampalandırılmasına, kısmen de hareket şeridi analizlerine, kurb kıyaslamalarına ve hareket deneylerine dayanmaktadır. İspatlar her ne kadar eninde sonunda daima klotoide varmışsada yapılan kabuller ve özellikle hareket dinamiği ile ilgili ispatlar uygulayıcıya fazla idealize edilmiş gözükmektedir. Bu yüzden bu ispatları burada vermekten kaçınarak, rakordman kurbunu basit bir düşünce ile kabul ediyoruz. Bugüne kadar güzergah alinyman ve dairelerle geçiriliyordu. Alinymanın eğriliği (1) sıfırdır.

$$\frac{1}{R} = 0$$

R yarıçaplı daire için eğrilik sabittir;

$$\frac{1}{R} = C$$

Teker teker yetersiz olan alinyman ve daire gibi geçki elemanlarının mantıklı bir tamamlayıcısı olarak sürekli bir eğrilik değişimine sahip matematik bakımından en basit bir eğriyi, rakordman kurbu olarak kabul edelim; Eğrilik, L kurb uzunluğu ile lineer olarak büyüsün ; bu sebepten ;

$$\frac{R}{1} = C.L$$

yazılır. Bu eğrilik kanununa uygun olan eğri klotoiddir.

Geçkide klotoidi mümkün olduğu kadar basit ekonomik bir şekilde uygulayabilmek için proje hazırlanmasında ve hesaplarda kolay anlaşılır sayı tablolarına, proje çizimlerinde yardımcı çizim malzemesine ve uygun aplikasyon metodlarına ihtiyaç vardır. Bu amaca hizmet etmek üzere birim klotoid tabloları hazırlanmıştır.

1.R= 1 birim klotoidinin ve lineer A klotoid Parametresinin kullanılmaları hususunda yapılan çalışmalar pratikte iyi sonuç vermiş ve sonradan diğer birçok ülkelerde kabul edilmiştir ;

böylelikle bu tabloların geometrik kurallara göre hazırlanması mümkün olmuştur.

Birir klotoid tablosu hernekadar klotoidin pratiğe girmesinin esaslarını sağlamışsada büyük projelerin hazırlanmasında hızlı bir çalışma için yeterli değildir. Bu sebepten bazı tamamlayıcı norm tablolarının hesaplanması zorunluluğu doğmuştur. Teşkil edilen üst geçit projesinde birim klotoid tablosu yeterli olduğundan, norm tablolarının kullanması durumu hasıl olmamıştır.

Pratikden kazanılan tecrübelerle dayanılarak hesap ve aplikasyon metodlarda esaslı şekilde geliştirilmiştir. Böylelikle tam sayılı klotoid parametreleri için A, R ve L tabloları, aynı ve ters yönlü daireler arasına yerleştirilecek rakordman kurbları için dörttebir metoduna tekabül eden eşit mesafelerle piketaş yapılmış rakordman kurblarını ve ara noktaların yerleştirilmesine ait olan sekizde iki metodunu ortaya çıkarmıştır. Klotoidlerin hesabı ve aplikasyonu için de bir seri yaklaşım metodları bulunmuştur: bunlar arasında özellikle birleşik eğriler için uygulanacak işlem ile giriş-açı metodlarına işaret etmek gerekir. Geçki pratiğindende yararlanarak s-kurb cetvelleri geliştirilmiştir. Konunun gitgide gelişmesi için böyle bir adım gerekli olmuştur. Çünkü bir alinymandan veya iki alinymandan daireye geçiş yerine akıcı bir güzergaha ulaşmak gayretleri sonucunda, ters yönlü daire yaylarının S şeklinde klotoid eğrileri ile birleştirilmesi problemi öncelik kazanmıştır; Günlük iş haline gelen bu problemin çözülmesinde, formüller yardımı ile hesaplamaların yapılması yararlı isede çok vakit alıcıdır. S- kurb tabloları ile problem bir tek işlemle çözülebilir. Klotoide, geçki elemanı olarak fonksiyonunu doğrudan doğruya kazanmasını sağlayan bu yolun, doğruluğu anlaşılmış bulunmaktadır. Bu yola, halen denenmekte olan ve kendi çerçevesi içinde ihtiyaca cevap verecek şekilde ayarlanan ve hesapları tamamlanmış bulunan yumurta çizgileri ile devam edilmektedir.

Hızlı trafiğe göre planlanan yol inşaatında, ters yönlü daireler arasındaki rakordmanın görevi, alinyman ile daire arasındaki rakordmanın görevinden daha önemlidir. Bu sebepten mümkün olduğu kadar rasyonel bir çözüm bulmak ve sık sık rastlanan durumları normlamak gereklidir. S kurblarında mümkün mertebe bir ara alinyman bulunmamalıdır. Aksine dönüm çizgisi mümkün mertebe

aynı parametrelili iki klotoid dalından meydana gelmelidir.

Çoğunlukla, daireler arasındaki rakordman kurbunun basit klotoid halinde tertibi mümkün olabilmektedir. Fakat bazen eğriliğin ciddiğini değiştirmek ve çeşitli parametrelili klotoid parçalarını doğrudan doğruya birbirleri ile ilişkili yapmak gerekmektedir. Böyle klotoid daireleri için en uygun parametre kombinasyonları, arzulanan güzergah üzerinde klotoid pistoleleri ile denemeler yapılarak bulunur ve %10 mertebesine kadar eğrilik sıçramalarına rahatça müsaade edilebilir.

Lüzümsüz hesap işlemlerinden kaçınmak için, bütün proje ve aplikasyon problemlerinde, hesaplanacak mesafe ve açılarda erişilmesi gereken hassasiyet önceden tahmin edilmelidir. Mesafe ölçülerinde 100 m için 1-2 cm lik ortalama hatayı hesaba katmak gerekir. Bu ise 1 km'de 3-6 cm'ye karşılık gelir. Açı ölçümleri ile doğrultu hesaplarında bu hassasiyete uygun olmalıdır. O halde dikkat edilecek husus 2° lik bir doğrultu hatasının 100 m'de 32mm lik yani yaklaşık 3 cm'lik bir hatayı meydana getirdiğidir. O halde şehir içi ve şehir dışı yollardaki aplikasyon çalışmalarında 1° lik bir açı hassasiyeti ile yeterli sonuçta ulaşmak mümkündür. 3° lik bir doğrultu hatası, 1 km'de 5 mm lik bir enine sapmaya sebep olur. Bu sebepten bütün aplikasyon problemlerinde yaklaşık 20" ile 30" lik bir açı hassasiyeti yeterlidir. Bütün açı hesaplarını 0.001 a kadar yürütmek veya grad'ın virgülden sonraki üçüncü hanesinde yuvarlatmak veya bu hanede 2.3 birimlik hataya müsaade etmek uygun olacaktır.

Daire aplikasyonunda olduğu gibi klotoidli çalışmalarda yapılan aplikasyonlarda, hassas bir hesap yapılabildiği gibi bir yaklaşım metoduda seçilebilir. Bir durumdan diğerine, hangi metodun seçilebileceği hususunda karar verirken, daire aplikasyonunda olduğu gibi istenilen hassasiyete, noktalar arasındaki mesafeye ve eğriliğe bakılır.

Geliştirilen geçkinin mevcut bir poligon noktası ağına dahil edilmesi harita Mühendisine düşen bir görevdir. Bunun için daha büyük bir hassasiyete ihtiyaç vardır. Çünkü geçkinin santimetre hassasiyetinde gelişmesiz ve kırıklık noktaları olmaksızın araziye nakledilmesi gerekir. Güzergahın hesabı ve aplikasyonunun da tam ve itinalı yapılması önemlidir. Geçki elemanları uzunluklarıyla, yarıçap ve parametreleri ile kesin bir

şekilde tespit edildikten ve bir elemandan diğerine geçiş noktaları koordinatları ile hesaplandıktan sonra bu noktalarda birbirine komşu elemanların ortak teğetleri tespit edilir ve güzergah hesabı tamamlanmış olur. Teğetleri ile birlikte geçiş noktaları, röperlerden hareket ederek araziye nakledilir. Bu iskelet işine ara noktaların dahil edilmesi gerekir. Ara noktaların hesabı aplikasyonun hazırlık çalışmaları içindir.



2. MÜHENDİSLİK İÇİN KULLANMA ESASLARI, KLOTOİD YARDIMI İLE PROJE ÇALIŞMASI

2.1 Klotoidin Tarifi, Notasyon Tarzı ve Önemli Geometrik Özellikleri

Klotoid, eğriliği sürekli olarak artan bir kurbdur: bu kurbun herhangi bir noktasına ait L yay uzunluğu ile R eğrilik yarıçapının çarpımı sabittir.

$$L.R = \text{Sabit} \quad (1)$$

Bu tarif denkleminin sol tarafı ikinci dereceden olduğundan, sabiti'de ikinci dereceden yazarsak;

$$L.R = A^2 \quad (2)$$

olur.

A bir lineer parametre olup, bir daire, yarıçapı ile nasıl beliriyorsa, bir klotoidin büyüklüğü de bu parametre ile kesin şekilde belirir.

Bütün klotoidler birbirinin benzeridir. Bu yüzden parametresi $A=1$ olan bir birim klotoidin tablo haline getirilmesi yeterlidir. Herhangi bir klotoide ait ölçü sayılarının, birim klotoidin ölçü sayılarında hesaplanması için, birim klotoidin bütün uzunluk değerleri (2) denkleminde tayin edilerek A parametresi ile çarpılır.

Birim klotoidin bütün uzunlukları, küçük lâtin harfleri ile, diğer klotoidler için uzunlukları ise, büyük lâtin harfleri ile gösterilir. Benzerlik dolayısıyla açılar değişmez: bunlar küçük yunan harfleri ile gösterilir. Diğer notasyonlar şunlardır. (Şek.2.11)

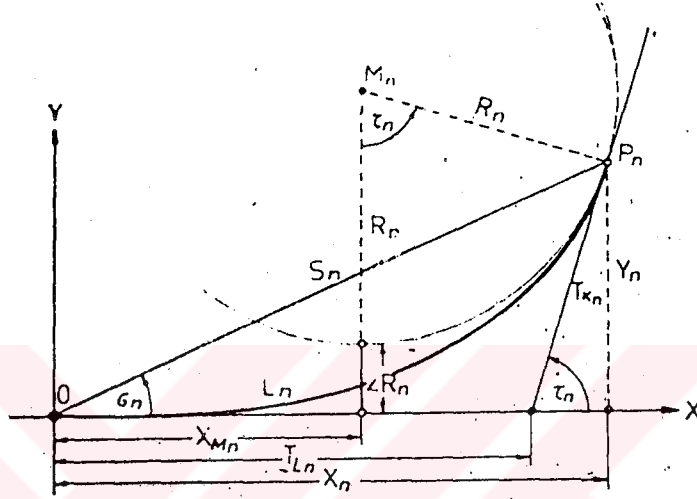
O Klotoidin koordinat başlangıcı; bu nokta aynı zamanda dönüm noktasıdır.

A Klotoidin parametresi

X_n, Y_n Başlangıç olarak O'ya, apsis eksenini esas teğete, yani alınıyana göre herhangi bir P_n klotoid noktasının koordinatları

L_n O'dan itibaren herhangi bir P_n klotoid noktasına kadar olan klotoid uzunluğu

- τ_n Bir klotoid noktasındaki teğet açısı
 σ_n O'dan P_n e giden bir S_n klotoid kirişinin doğrultu açısı,
TKn. T_{Ln} . kısa ve uzun teğetler
 R_n P_n noktasındaki eğrilik yarıçapı,
 R_n Eğrilik dairesinin rakordman payı.
 X_{Mn} Eğrilik merkez noktasının apsisi,
 Y_{mn} Eğrilik merkez noktası ordinatı, $Y_{mn} = R_n + \Delta R_n$ (3)



Şekil 2.11 Klotoid büyüklükleri için notasyon şeması

Yukarıda sıralanan büyüklüklere birim klotoidde tekabül edenler şunlardır. (Şekil 2.11)

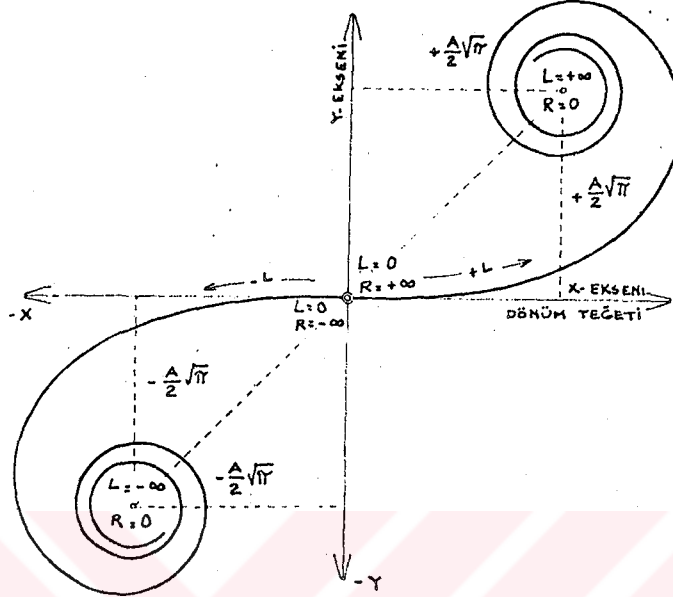
$$a:1, X_n, Y_n, Y, L_n, \Delta R_n, \Delta r_n, X_{Mn}, Y_{mn}, \tau_n, \sigma_n, S_n, t_{kn}, t_{Ln}$$

O koordinat başlangıcında $L=0$ için eğrilik yarıçapı $R = \infty$ dur; bu yüzden bu noktada klotoid herhangi bir eğrilik sıçraması yapmaksızın bir alinymana bağlanabilir

Koordinat başlangıcı, kurbun bir dönüm noktası ve aynı zamanda simetri merkezidir. Esas teğet veya dönüm teğeti iltisak (Yapışma, kavuşma) alinymanı ve apsis eksenidir. (X eksenini)

O koordinat başlangıcı, G alinymanın U rakordman kurbuna geçiş noktası olarak yol inşaatında çok kere GU ile gösterilir. Keza teğetin T, Spiralin S ve TS ile gösterilmesi adet haline gelmiştir.

Dönüm teğetinin iki yönü üzerinde L kurb uzunluğu pozitif ve negatif olarak büyüdükçe, klotoid üzerindeki noktaların eğrilik yarıçapları $R = \infty$ dan $R = 0$ a kadar sürekli olarak küçülür ve bu esnada klotoid spiral şeklinde bükülerek asimptotik iki noktaya doğru gider. (Şekil 2.13)



Şekil: 2.13 Klotoidin şekli

R yarıçaplı daireye geçiş, klotoidin istenilen R eğrilik yarıçapına sahip bulunduğu noktada olur. Bu E klotoid noktası yol inşaatında, Ü rakordman kurbu ile K daireleri arasında geçiş noktası olarak, çok kere ÜK ile gösterilir.

Yarıçapları R_1 ve R_2 olan iki daire arasına yerleştirilecek olan rakordman kurbu, eğrilik yarıçapları R_1 ve R_2 arasında bulunan klotoid parçasıdır. Dairelerin birbirine göre konumu klotoidin A parametresini kesin olarak tayin eder. Klotoidin tarif denkleminde

$$L.R = A^2 \quad (4)$$

yazılır.

Buna klotoidin "Tabii Denkleme" de denir ; bu bağıntıdan doğrudan doğruya teğet açısına ait bağıntılar çıkartılabilir.

τ radyan cinsinden olmak üzere, bütün klotoid noktaları için şu bağıntılar geçerlidir.;

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{A^2}{L} = \frac{L}{2\tau} = \frac{A}{\sqrt{2\tau}} \\
 L &= \frac{A^2}{R} = 2\tau R = A \cdot \sqrt{2\tau} \\
 \tau &= \frac{L}{2R} = \frac{L^2}{2A^2} = \frac{A^2}{2R^2} \\
 A^2 &= L \cdot R = \frac{L^2}{2\tau} = 2\tau R^2 \\
 A &= \sqrt{L \cdot R} = \frac{L}{\sqrt{2\tau}} = R \cdot \sqrt{2\tau}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Buradan, $a = 1$ Parametrelili birim klotoidler için şu basitleştirilmiş bağıntılar elde edilir:

$$\begin{aligned}
 r &= \frac{1}{l} \\
 l &= \frac{1}{r} \\
 l &= 2\tau r \\
 l &= \sqrt{2\tau} \\
 l^2 &= 2\tau \\
 l &= r \cdot l \\
 l &= 2\tau r^2 \\
 l &= r \sqrt{2\tau}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

τ teğet açısı doğrudan doğruya ve kesin bir şekilde tabii denklemden çıkartılabildiği halde, x ve y kartezyen koordinatları için bu mümkün değildir.

Parametresi A olan bir klotoid ile birim klotoid arasındaki bağıntı :

$$\begin{aligned} X &= A.X & , & & Y &= A.Y & , & & L &= A.l \\ R &= A.r & , & & \Delta R &= A.\Delta r & , & \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (7)$$

denklemleri ile verilir.

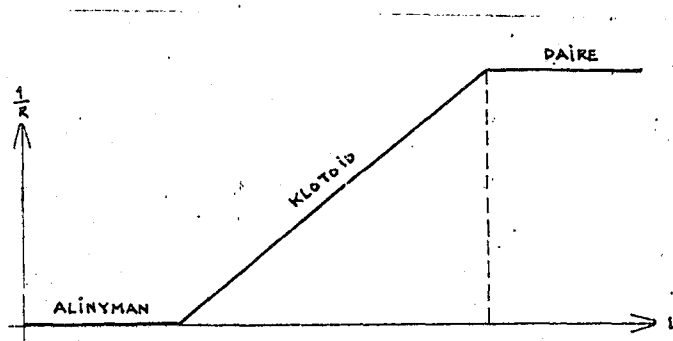
O halde yeter sıklıkta bir tablo haline getirilen birim klotoid yardımı ile bütün klotoid problemlerini çözmek mümkündür.

KLOTODİN EĞRİLİK DİYAGRAMI :

Bir kurba ait L yay uzunluğu ile $1/R$ eğriliği, kartezyen koordinatlar olarak alınır, böyle bir gösteriş tarzına kurbun eğrilik diyagramı adı verilir. Tabii denklemin başka türlü yazılması ile

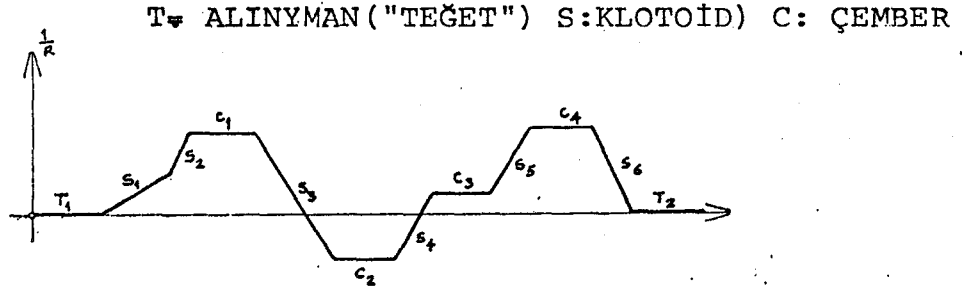
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{A^2} \cdot L$$

bulunur. Buradan anlaşılacağı üzere klotoidin Eğrilik Diyagramı (Şek. 2.13) eğimi $\frac{1}{A^2}$ olan bir doğrudur.



Şekil 2.13 Bir Klotoid yayının eğrilik diyagramı, doğrultu katsayısı $1/A^2$ olan bir doğru parçasıdır.

Yarıçap sıçraması olmaksızın, daireler ve alinymanlar arasındaki bir klotoid dizisinin eğrilik diyagramı, sürekli bir doğru parçaları dizisidir. Burada $1/R = 0$ olan alinymanlar, L eksenindeki parçalar ve $\frac{1}{R} = \text{Sabit}$ olan daireler de L eksenine paralel halinde ifade edilir. (Şek. 2.14)

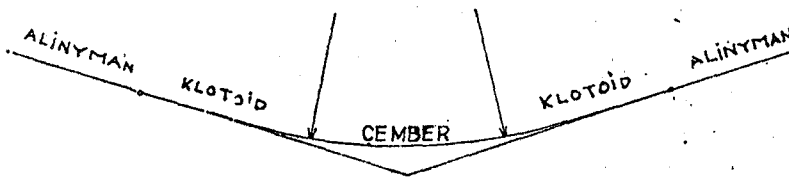


Şekil 2.14 Alinymanlar, Çemberler ve bunları birbirine bağlayan klotoidlerin eğrilik diyagramı, sürekli bir doğru parçaları dizisidir.

2.2 KLOTOİDİN KULLANILMA ŞEKİLLERİ :

Klotoid, eğriliği sürekli olarak büyüyen bir kurbdur. Bu özellik klotoidi güzergâhın eskiden beri elemanları olan alinyman ve daire yayından ayırmakta ve ona üçüncü ve aynı önemde bir geçki elemanı olma hakkını kazandırmaktadır. Eğriliğin sürekli bir şekilde büyümesi veya küçülmesi özelliği, klotoidde bir güzergâh parçası içinde uygulanabilmesi imkanını kazandırmaktadır.

a) Bir alinymandan bir çembere geçişte klotoid, bilinen manası ile bir rakordman kurbu olarak hizmet görmektedir. Alinyman'daki $R = \infty$ yarıçapına tekabül eden $\frac{1}{R} = 0$ eğriliğinden çember yayının R yarıçapına geçişi klotoid sağlamaktadır. (Şek.2.21) Bu görev, büyük kısmı çember yayı ve klotoidlerden meydana gelen yeni ve akıcı geçkilerde önemini kaybetmektedir. (Şek.2.22) Ancak "Rakordman kurbu" kavramı aşağıda belirtilen bütün uygulamalarda dahi genişletilmiş anlamı ile kullanılabilir.



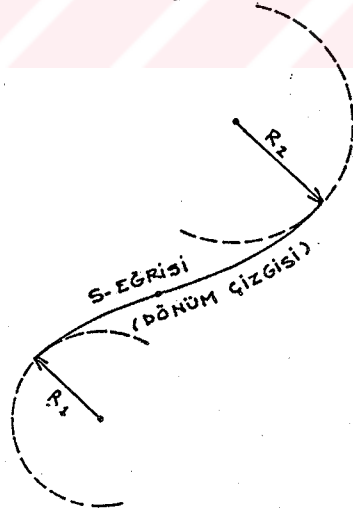
Şekil 2.21 Rakordman kurbu olarak klotoid

b) Dönüm çizgisi deyimi ile dahi çok iyi bir şekilde ifade edilen S.kurbları, aralarında bir alinyman bulunmayan ters yönlü (= asimetric) iki klotoid dalından meydana gelmektedir. (Şek.2.23) yönleri birbirinin tersi iki çember yayı arasına eskiden olduğu gibi bir alinyman tertiplenmesi, rakordman kurbunun yetersiz bir telafisi olarak anlaşılmalıdır. (Şek.2.24)

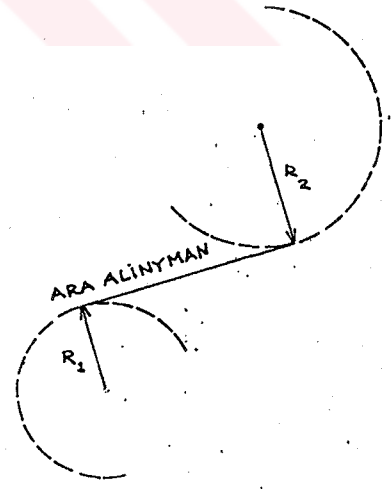


Şek.2.22 Geçki elemanı olarak Klotoid

c) Klotoid aynı yönlü iki çember yayı arasında da rakordmanı sağlamaktadır. Böyle kurb kombinasyonlarına yumurta çizgileri adı verilmektedir. (Şekil 2.25: 2.26) Bunlar, daire sepet kulpu kurbları şeklindeki kontrüksiyonlara nazaran daha akıcıdırlar; ancak anlaşıldığına göre, çember yarıçaplarının birbirine oranı 1; 1,2 veya 1: 1.5 dan daha büyük olduğu takdirde klotoidlerin uygulanması pratik yönden gerekli olur.



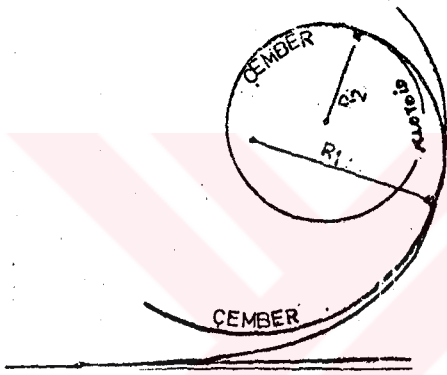
Şek.2.23 iki Klotoid dalı ile iki çemberden meydana gelen s-Kurbu



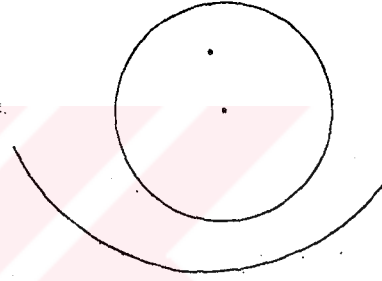
Şek.2.24 iki çember ile Alinymandan meydana gelen S-Kurbu

d) Eğri uçları birbirine dönük iki klotoid parçası arasına genellikle uzun veya kısa bir çember yayı yerleştirilir. (Şek. 2.21) Eğer bu çember yayı mevcut değilse bir some kurbu meydana gelir. (Şek.2.37) Geniş kurblarda böyle bir çözüm uygun olabilir. Keskin kurblarda, büyüyen ve küçülen eğriliklerin birbiri ardına gelmesi hareket tekniği ile ilgili sebepler yüzünden tavsiye olunmaz.

c) Ayrılmalar kavuşmalar ve benzeri gibi düğüm noktaları teşkil edilirken ideal bir şekli gerçekleştirebilmek amacı ile, basit bir tek klotoid ile tamamen sağlanamayacak şartlar koşullanmaktadır. Böyle hallerde eğrilik dereceleri (- parametreleri) birbirinden farklı iki veya en fazla üç klotoidin peşpeşe dizilmesi ile şartlar gerçekleştirilebilir.

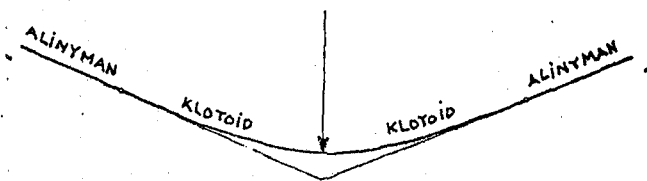


Şek.2.25 İki çember ile bir klotoid parçasından meydana gelen yumurta çizgisi

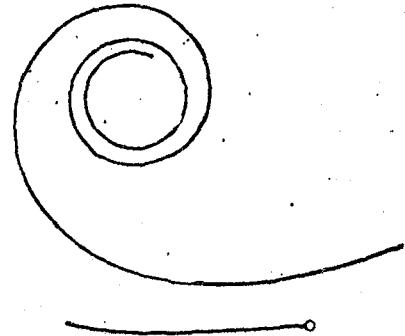


Şek.2.26 Bu iki çemberin teğet yardımı ile birleştirilmesi mümkün değildir.

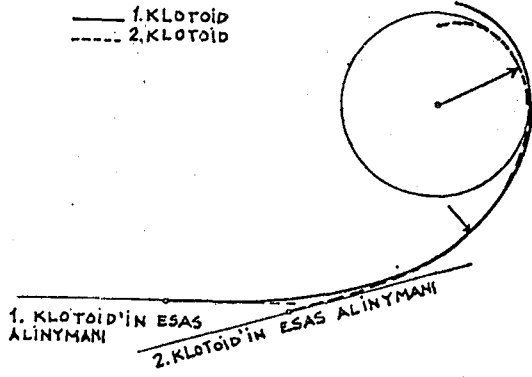
Bu gibi kombinezonlara sepet klotoidleri adı verilir. (Şek.2.28: 2.29) Sepet klotoidleri yerine iki parametrelili ve özel şekilli klotoidleri, sürekli geçiş sağlamak üzere ikame etmek mümkündür.



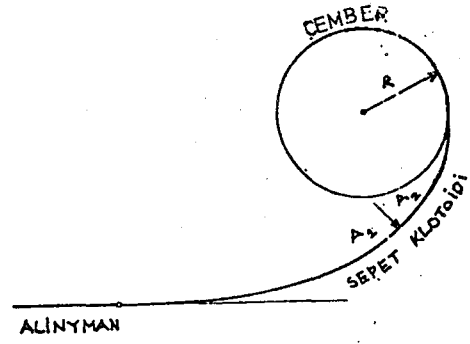
Şek.2.27 Some Kurburnun bir ara dairesi yoktur.



Şek.2.210 Klotoid bir spiraldir.



Şekil 2.28 İki basit klotoid yardımı ile bir sepet klotoidinin oluşturulması

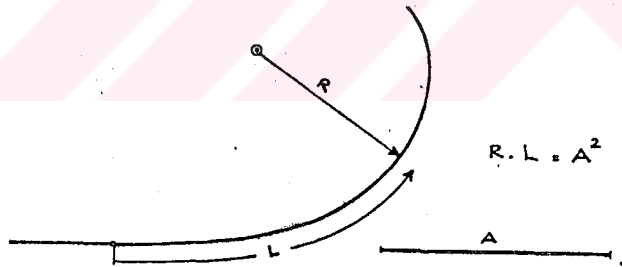


Şek.2.29 Bir ucunda çember bulunan tamamlanmış sepet klotoidi.

2.3 KLOTÖİDİN ÖZELLİKLERİ :

a) Klotoid bir spiraldir. Yol, demiryolu ve su inşaatında bu spiralin başlangıcına ait çok kısa bir parça kullanıldığından, spiralin halkalı kısmı çizime girmemektedir. (Şek.2.210)

b) Klotoidin basit bir meydana geliş kanunu vardır. Klotoidin her bir noktası için şu husus geçerlidir. (Herhangi bir noktadaki R eğrilik yarıçapı) X (Klotoidin başlangıç noktasından itibaren söz konusu noktaya kadar olan L kurb uzunluğu) = A^2



Şek. 2.31 Klotoidin meydana geliş kanunu

$$R \cdot L = A^2$$

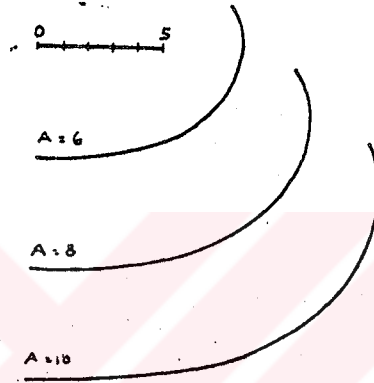
Klotoidin çeşitli noktalarına ait misaller ;

| | | | |
|--------|--------|--------------------|-------|
| R = 2 | L = 32 | $2 \cdot 32 = 8^2$ | A = 8 |
| R = 4 | L = 16 | $4 \cdot 16 = 8^2$ | A = 8 |
| R = 8 | L = 8 | $8 \cdot 8 = 8^2$ | A = 8 |
| R = 16 | L = 4 | $16 \cdot 4 = 8^2$ | A = 8 |

Bir klotoidin her noktasında R yarıçapı ve L uzunluğu değişmektedir. Ancak bu değişme, yarıçap ile uzunluk çarpımını A^2 sabit değerine eşit olacak şekilde bir bağıntı içinde kalmaktadır. O halde elemanlardan biri bilinmiyorsa; bunu kolay ve doğru bir şekilde hesaplamak mümkündür.

c) A değerine, klotoidin parametresi adı verilir. Aynı bir klotoide parametre değişmez. Parametre değiştirilirse, klotoidin büyüklüğünde değiştirilmiş olur. O halde Parametre bir büyütme faktörü önemindedir.

d) Klotoidin bir tek şekli, fakat farklı büyüklükleri vardır; bu farklı büyüklüklerin birinden diğerine, örneğin fotografik bir büyütme veya küçültme usulü ile geçilebilir. (Şek.2.32)



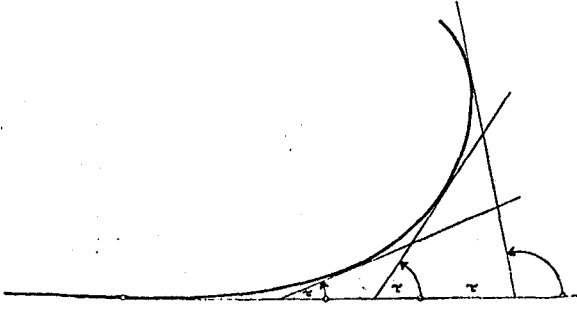
Şek. 2.32 Klotoidin bir tek şekli, fakat çeşitli büyüklükleri vardır.

| | | | | |
|---------|----------|---------|----------|--------------|
| A = 200 | R = 800 | L = 50 | = 1.9894 | L/R = 0.0625 |
| A = 300 | R = 1200 | L = 75 | = 1.9894 | L/R = 0.0625 |
| A = 400 | R = 1600 | L = 100 | = 1.9894 | L/R = 0.0625 |
| A = 500 | R = 2000 | L = 125 | = 1.9894 | L/R = 0.0625 |

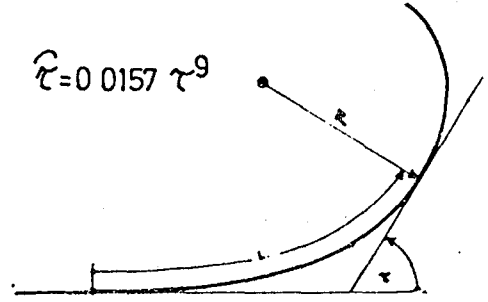
Bir klotoidin büyütülmesi veya küçültülmesi halinde bütün uzunluk ölçüleri A parametresi ile aynı oranda değişir; Buna karşılık şekile ait değerler sabit kalır.

e) $R=1$ yarıçaplı daireye birim daire dendiği gibi, parametresi $a=1$ olan klotoide birim klotoid adı verilir. Birim klotoid klotoidin esas şekli olarak anlaşılır. Bundan daha büyük veya küçük klotoidler, parametrenin daha büyük veya küçük değerleri ile çarpmak suretiyle türetilir.

f) Klotoidin her bir noktasında esas teğetin τ teğet açısı başkadır. (Şek.2.33 : 2.34) Aynı bir klotoid içinde τ teğet açısı L uzunluğuna ve denklemine bağlı olarak değişmektedir.



Şek.2.33 Klotoidin her noktasında esas teğetin açısı farklıdır.



Şek.2.34 L uzunluğunun büyümesi ve R yarıçapının küçülmesi ile teğet açısı.

$$\bar{\tau} = \frac{L}{2R} \quad (5)$$

ÖRNEK : Verilenler: $L = 500$, $R = 2000$

ARANANLAR : $\bar{\tau}$ teğet açısı

$$\bar{\tau} = \frac{L}{2R} = \frac{500}{2.2000} = 0.125$$

Grad ölçüsüne dönüştürülürse ;

$$\tau^g = 0,125.63.6620^g = 7.958^g$$

$2.R.\pi - 2.1.\pi = 6.2831853'$ 'dür. Bu sebepten herbir açı derecesine isabet eden yay uzunluğu :

$$\text{Derecede: } \frac{2\pi}{360} = 0.0174533$$

$$\text{Gradda : } \frac{2\pi}{400} = 0.0157080$$

dir. ÖRNEK: Verilen: $\tau = 15.34^g$ Aranana: Buna karşılık gelen radyan $15.34^g = 15.34.0.0157 = 0.2408 = \tau^r$

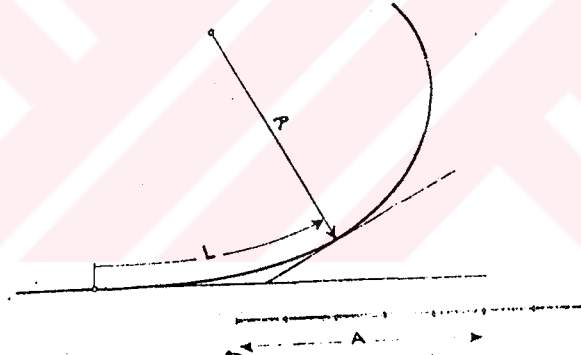
$\tau = 1$ radyanlık kurb uzunluğuna :

$$\text{Derecede} : \frac{360}{2 \cdot \pi} = 57^\circ 17' 44.8''$$

$$\text{Gradda} : \frac{400}{2 \cdot \pi} = 63.66198^g$$

karşılık gelir.

g) Klotoidin $R = L = A$ olan noktasına tanınma yeri denir. Bu nokta daima τ teğet açısının $\tau = 28^\circ 38' 52'' = 31.8310^g$, yani $\tau = 0,5$ olduğu yerdedir. (Şek. 2.35) Bir klotoide bu nokta, açı yerleştirilmesi suretiyle yeter hassasiyette tayin edilebiliyorsa, bu noktadaki yarıçapın uzunluğu veya başlangıçtan itibaren bu noktaya kadar olan yay uzunluğu, aranılan parametreye eşittir. Ayrıca tasarlamayı kolaylaştırmak bakımından şu hususu bilmek yararlıdır. Bir klotoidin $L = A$ uzunluğuna tekbül eden noktasında $R = A$ yarıçapı hesaba ihtiyaç olmaksızın bilinendir. ve bu noktadaki teğet açısı takriben 30° dir.



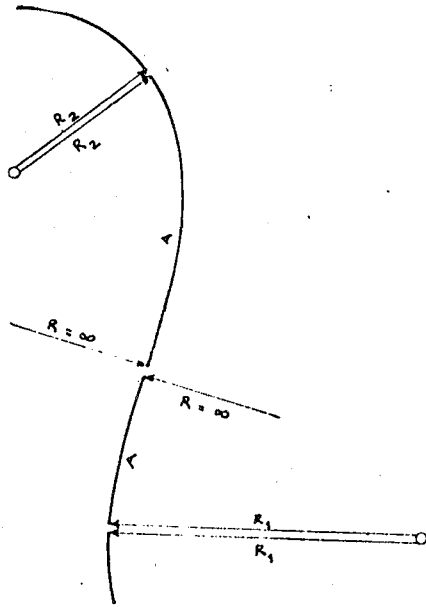
TANIM YERİ

$$R=L=A$$

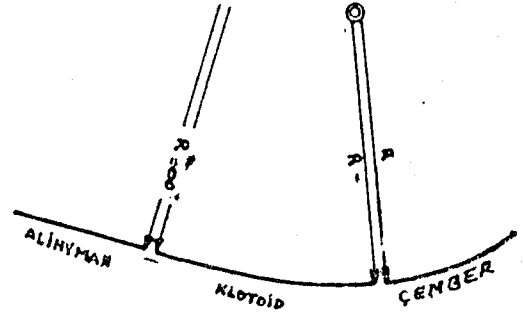
$$\tau = 31.8310^g$$

Şek. 2.35 Tanınma yeri

h) Bir çizgi poligonu içine bir klotoidin dahil edilmesi kolaydır: Klotoid $R = \infty$ yarıçapı ile başladığından, bir alınımana doğrudan doğruya bağlanabilir. (Şek.2.36) Bir S-kurbunda olduğu gibi, ters yönlü bir klotoid dalına bir diğer klotoidin bağlanmasında mümkündür. (Şek.2.37) Diğer taraftan klotoid, herhangi bir noktasından kesilerek o noktadaki yarıçapı ile ve o noktadan başlayan bir çember yayına bağlanabilir. Klotoid yarıçapı ile çember yarıçapı arasında küçük sıçramalar, 1: 1,2 oranı içinde kalmak şartı ile pratikte herhangi bir engel olmaksızın mümkündür. Ancak böyle durumlara az derecede ihtiyaç vardır. Bu çember yerine eğriliği aynı yönde ikinci bir klotoidi, bir evvelki klotoide bağlamak mümkündür.

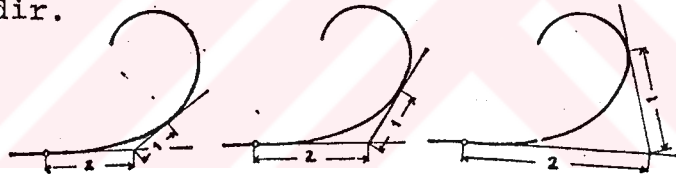


Şek.2.37 Bir S-kurbuna klotoidin dahil edilmesi



Şek.2.36 Alinyman ile Çember arasına klotoidin dahil edilmesi

i) Güzergah çalışmalarında klotoidin çoğunlukla kullanılan bölgesi için (takriben $50^\circ = 45^\circ$ ye kadar) teğetler oranı daima 1:2 dir. (Şek.2.38) τ ne kadar küçük olursa 1:2 oranına o derece yaklaşır. Diğer bir deyimle klotoidin herhangi bir noktasına çizilen T_k kısa teğetinin, T uzun esas teğetine oranı 1:2 dir. $T_k : T_L \sim 1 : 2$ dir.



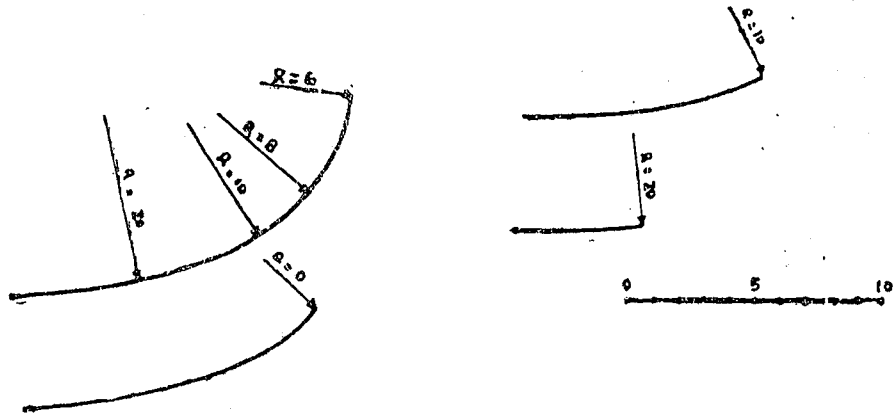
$$T_k : T_u = 1/2$$

Şek.2.38 Teğetler oranı yaklaşık olarak 1:2 dir.

Birim Klotoidler için örnekler :

| τ° | t_k | t_L | $t_k:t_L$ |
|--------------|-------|-------|-----------|
| 0.716 | 0.050 | 0.100 | 1:2000 |
| 17.762 | 0.251 | 0.500 | 1:1.992 |
| 31.831 | 0.341 | 0.676 | 1:1.982 |
| 50.055 | 0.444 | 0.865 | 1:1.948 |
| 99.949 | 0.776 | 1.382 | 1:1.781 |

k) Aynı bir klotoidde uzunluk ve yön değişimi büyüdükçe yarıçaplar küçülür ve buna karşılık yarıçaplar büyüdükçe rakordman kurbu uzunlukları küçülür. (Şek.2.39)



Şek. 2.39 Uzunluklar büyüdükçe klotoidin yarıçapları küçülür

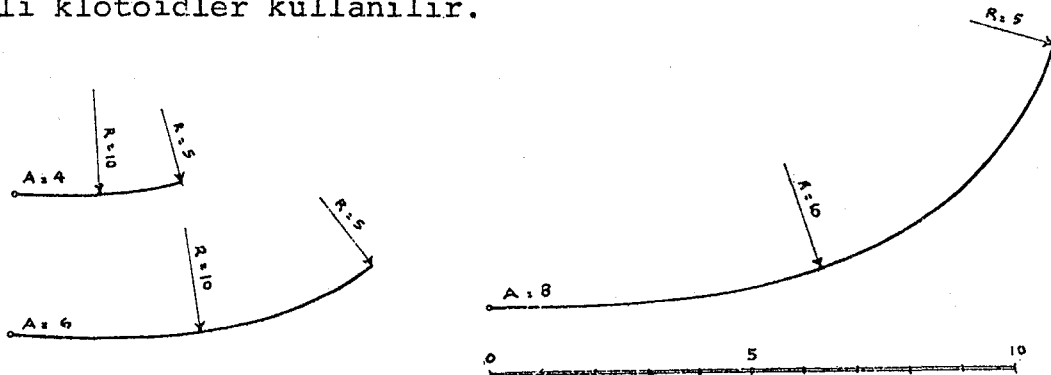
ÖRNEK :

$$A = 150$$

| L | τ° | R |
|---------|----------------|-----|
| 28.125 | 1.1191 | 800 |
| 56.250 | 4.4762 | 400 |
| 112.500 | 17.9049 | 200 |

Görüleceği üzere R lineer olarak küçüldükçe L Lineer olarak büyümektedir.

1) Parametresi büyük olan klotoidlerin eğrilik artışı yavaş olduğundan büyük trafik hızına elverişlidirler. Küçük Parametrelili klotoidlerde eğrilik artışı hızlı olduğundan böyle klotoidler, düşük trafik hızı olan yol kesimlerinde uygulanır. (Şek.2.310) Bundan bağımsız olarak, hareket tekniği yönünden gerekmesee dahi, akıcı bir güzergâh sağlamak bakımından da büyük parametrelili klotoidler kullanılır.



Şek.2.310 küçük klotoidlerde eğriliğin büyümesi büyük klotoidlerdekinden daha hızlıdır.

Örnek: Parametreleri $A= 200$ ve $A= 300$ olan iki klotoidin karşılaştırılması :

| <u>A</u> | <u>L₁</u> | <u>R₁</u> | <u>I/R₁</u> | <u>L₂</u> | <u>R₂</u> | <u>I/R₁</u> | <u>L₁den L₂ ye kadar eğrilik artışı</u> |
|----------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---|
| 200 | 100 | 400 | 0.0025 | 200 | 200 | 0.0050 | 0.0025 |
| 300 | 100 | 900 | 0.0011 | 200 | 450 | 0.0022 | 0.0011 |

2.4.BİRİM KLOTOİD TABLOSU

Klotoidin pratikte uygulanabilmesi bakımından gerekli bütün değerler birim klotoid tablosunda mevcuttur. Birim klotoidin Parametresi $a= 1$ dir. Tablonun her satırı, klotoidin belirli bir noktasına aittir. Tabloda mevcut olan değerler ifade edilirse;

l : Klotoidin başlangıcından söz konusu noktaya kadar olan kurb uzunluğu

τ^q : Söz konusu noktada, grad cinsinden teğet açısı

τ^o : Söz " " derece " " "

r : Söz " " klotoidin eğrilik yarıçapı,

Δr : Rakordman payı, söz konusu noktadaki eğrilik dairesinin klotoidde ait esas teğetten uzaklığı

X_M : Söz konusu noktadaki eğrilik merkez noktasının apsisi,

Y_m : $r+\Delta r$: söz konusu noktadaki eğrilik merkez noktasının ordinatı.

X : Noktanın apsisi

Y : " Ordinatı

l/r : Söz konusu noktanın önemli bir şekil değeridir. B u değer klotoidin büyüklüğüne bağlı olmayıp, şeklin aynı noktasında bütün klotoidler için geçerlidir. $l/r= 2\tau$

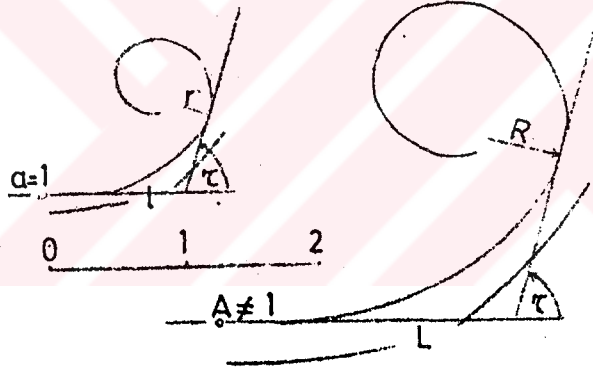
$\Delta r/r$: Söz konusu noktanın önemli bir başka şekil değeridir. Bu değer klotoidin büyüklüğüne bağlı olmayıp, şeklin aynı noktasında bütün klotoidler için geçerlidir.

- σ^q : Kutupsal koordinatlara göre aplikasyon yapmak için söz konusu noktadaki giriş açısı.
- t_k : Kısa teğet: Sözkonusu noktadaki teğetin, esas teğet ile kesişme noktasına kadar olan uzunluğu.
- t_L : Uzun teğet; t_k ile kesiştiği noktaya kadar esas teğetin uzunluğu

2.5 Birim Klotoid tablosunun kullanılması :

Eğer norm klotoid tabloları mevcut değilse veya normlanmamış klotoidlerin kullanma zorunluluğu varsa, proje hazırlanırken birim klotoid tablosundan yararlanmak mümkündür.

Bütün klotoidler aynı şekilde fakat farklı büyüklüklerde olduklarından ve birim klotoid klotoidin esas şekli veya basit şekli sayılabileceğinden bütün problemler buna göre çözülebilir kullanılan klotoidden basit şekile ve basit şekilden kullanılan klotoidde ulaşmak (Şek. 2.51)



Şek.2.51 birçok klotoid problemleri birim klotoidden istenilen klotoidde ulaşmak şeklinde dönüşür.

Bu dönüşüme klotoidin söz konusu noktasında bütün klotoidler için mümkün olan şekil değerleri ile büyütme faktörü olarak etkiyen değer parametredir. Şekil değerleri şunlardır:

- Açı değerleri; teğet açısı, σ giriş açısı
- Büyüklüklerin oran değerleri klotoidin her bir noktası için bu gibi değerlerinden pek çok vardır.

$$\frac{X}{Y} : \frac{Y}{X} : \frac{XM}{L} : \frac{XM}{R} : \frac{\Delta R}{L} : \frac{\Delta R}{R} : \frac{L}{R} \text{ vs.}$$

Tabloda sadece son iki oran verilmiştir: Çünkü bunlar en önemli hesap elemanlarından meydana gelmiş olup en çok kullanılan oranlardır. Diğer oranların araştırılması zorunluluğu kendini gösterirse, bir inceleme hesabı yapmak gerekir. Proje çalışmaları esnasında çok kere aranan veya verilmiş olan hesap büyüklükleri şunlardır.;

- A Parametresi
- R Eğrilik yarıçapı
- L Kurb uzunluğu
- τ teğet açısı,

R Rakordman Payı:

Bu büyüklük bir rakordman kurbunun herhangi bir ara noktasında aranan veya verilen değer olabilir. Çoğunlukla rakordman kurbunun bitimi, rakordman kurbunun daireye kavuştuğu noktadaki değerlerle hesap yapılması, pratik şartların bir gereğidir.

$$A^2 = R.L, \quad \tau = \frac{L}{2R}$$

Formüllerinden ve bunlardan türetilen diğer formüllerden veya kombinezonlardan, birçok hesap büyüklüklerini tablo kullanmaksızın doğrudan doğruya ve hassas bir şekilde elde etmek mümkündür. Ancak bunlara ilaveten diğer büyüklüklerde ihtiyaç bulunduğundan, burada da tabloya giriş gerekmektedir.

Tabloya giriş şekil değerleri üzerinden yapılır ;

Bir klotoidin büyüklüğü, bir uzunluk değeri ile klotoidin aynı şekil yerine ait birim tablo değeri büyüklüğü arasındaki oran yardımı ile veya gereğinde $A^2 = R.L$ formülünden elde edilir. Tablodan çıkış, birim değer parametre ile çarpılmasından olur. Yukarıda belirtilen hesap büyüklüklerinden iki tanesi verildiğinde, daha önceden sıralanan kuralların nasıl uygulanacağı aşağıda gösterilmiştir. Söz konusu büyüklüklerden üç tanesini şart koşturmak aşırı bir istek olur.

a) Verilenler : R ve L Tabloya giriş: $\frac{L}{R} = \frac{l}{r}$ söz konusu satırda istenilen diğer bütün birim büyüklükler mevcuttur.

Klotoidin büyüklüğü,

$$R.L = A^2 ; \quad A = \sqrt{A^2} \text{ formülünden elde edilir.}$$

b) Verilenler; A ve L tabloya giriş $(\frac{L}{A})$ (birinci sütün) üzerinden olur. Klotoidin büyüklüğü A ile esasen verilmiştir.

c) Verilenler: A ve R Tabloya giriş $\frac{A}{R} = l$ üzerinden olur .

d) Verilenler: A ve grad cinsinden τ Tabloya giriş τ üzerinden olur. Diğer hususlar yukardaki gibidir.

e) Verilenler: A ve R tabloya giriş $\Delta r = \frac{R}{A}$ üzerinden olur. Diğer hususlar yukardaki gibidir.

f) Verilenler: Grad cinsinden τ ve R Tabloya giriş τ üzerinden olur. Satırdan l bulunur. Klotoidin büyüklüğü, $A = R.l$

g) Verilenler: Grad cinsinden τ ve L. Tabloya giriş τ üzerinden olur. satırdan l bulunur. Klotoidin büyüklüğü, $A = \frac{L}{l}$

h) Verilenler: Grad cinsinden τ ve ΔR . Tabloya giriş τ üzerinden olur. Satırdan ΔR bulunur. Klotoidin büyüklüğü, $A = \frac{\Delta R}{\Delta r}$

j) Verilenler: R ve ΔR tabloya giriş $\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta r}{r}$ üzerinden olur. Satırdan Δr ve r bulunur.

$$\text{Klotoidin büyüklüğü, } A = \frac{\Delta R}{\Delta r} \text{ veya } \frac{R}{r}$$

k) Verilenler: L ve ΔR Tabloya giriş yoktur. Sütünlardan l ve Δr alınarak $\frac{l}{\Delta r}$ oranının tablonun meresinde $\frac{L}{\Delta R}$ oranına eşit değer verdiği araştırılır. Bulunan bu yer, tabloya girer. Satırdan l ve Δr bulunur. Böylelikle klotoidin büyüklüğü $A = \frac{L}{l}$ veya $A = \frac{R}{\Delta r}$ olur.

Grad cinsinden τ nun, radyan cinsinden τ' ya dönüştürülmesi, tablo yardımı ile çok kolaylaşmıştır. $\tau = \frac{L}{2R} = \frac{l}{2r}$ olduğundan, tabloda mevcut olan $\frac{l}{r}$ değeri $2\tau'$ ya eşittir.

$\frac{l}{r} = 2\tau'$ Bu değer yarısı, söz konusu satır için τ' nun değerine eşittir. Bu satırda τ' nun değerini grad cinsinden okumak yeterlidir. İşlemin tersi de doğrudur.

ÖRNEKLER: Verilen: $\tau = 16.046^\circ$, Aranılan τ' : Verilen değer $l = 0.710$ satırından bulunmaktadır. Aynı satırda $\frac{l}{r} = 0.504100$ ($=2\tau'$) mevcuttur. Bu sebepten $\tau' = 1/2.0.504100 = 0.252050$; veya Verilen: $\tau = 0.3042$ Aranılan : Grad cinsinden τ .

Satırı tayin eden değer $\frac{l}{r} = 2\tau'$; $2\tau' = 2.0.3042 = 0.6084$ 'dür

Bu değer $l = 0.780$ satırında bulunmaktadır. Aynı satırda aranılan τ değeri $\tau = 19.36597^\circ$ olarak bulunur.

2.6 Norm klotoid tabloları

Belirli parametrelere sahip klotoidler için norm klotoid tablolarını seçmek ve sonucu öğrenmek üzere hesaplanmış hazır değerleri kapsamaktadır. A parametreleri ile hesaplanan L ve R değerleri ve tabloların sınırları uzun yılların deneyimlerinden yararlanarak seçilmiştir.

Nasıl ki daire aplikasyon tablolarının hazırlanışında ve daire çizme cetvellerinin yapımında belirli normlar üzerinde karar kılınmışsa (örneğin: $R=200$: $R=250$: $R=300$: fakat $R=208$ mevcut değildir), klotoidlerde de buna ihtiyaç vardır ve normal hallerde herhangi bir engel olmaksızın bu mümkündür. Norm tablolarında L ve $\frac{\Delta R}{R}$ tabloya giriş değerleri lüzumsuz olduğundan terkedilmiştir. Birim tablolar ile bağlantı arzu edildiğinde τ sütunundan yararlanılır. Çünkü açı değerleri klotoidin büyüklüğüne bağlı değildir. Kutupsal koordinatlar dahi norm tablolar için hesaplanmamıştır. Bunlar: Projenin hazırlanmasında gerekli olmadığı gibi, aplikasyonda da görüş ve arazi şartları sebebi ile birçok "kural dışı" ara noktası için çok daha sık olan birim tablolardan hesaplanmak zorundadır.

2.61 Tam Sayılı A Parametreleri için, Tam sayılı R yarıçaplarına göre düzenlenmiş Norm Klotoidler Tabloları

A Tabloları

Böyle her bir tablo, belirli büyüklükteki bir tek klotoid için değerlerini içerir. Tablolar, R nin tam sayı değerlerine göre düzenlenmiştir. Klotoidin bitimi, istenilen yerde alınabilir.

2.62. L'nin Tam sayılı Parçalarına göre Kısımlandırılmış Norm Klotoidler Aplikasyon Tabloları :

L Tabloları

Böyle her bir Tablo, belirli büyüklükteki bir tek klotoid için, yerine taşınmak ve aplikasyon üzere tam sayılı L Parçaları için L,X,Y değerlerini içerir.

2.63. Tam Sayılı R bitim yarıçaplarına göre düzenlenmiş Norm klotoidler

R Tabloları

Bu tabloların herbiri bir tek klotoidi içermez:Aksine

tablonun her satırı bir başka klotoide aittir. Düzenleme o şekilde yapılmıştır ki, Söz konusu noktada bütün klotooidlerin R yarıçapı tablonun başlangıcında verilen R yarıçapına eşittir.

2.7 Norm klotoid tablolarının kullanılışı

Norm klotoidler tabloları, uygulamaya hazır hesaplanmış değerleri içerir. Bu tablolar çok basit ve kolay anlaşılır bir şekilde hazırlanmış olduklarından herhangi bir açıklamaya muhtaç değildirler. Eğer bir açıklama yapılıyorsa bu ilk defa klotoid ile çalışanlar için yapılmıştır. Böyle bu gibi kimselerin başlangıçta karşılaşacağı güçlükler ortadan kaldırılmış olmaktadır. Bu husus peşinen belirtilmelidir. Parametresi ne olursa olsun her klotoidin arzu edilen L uzunluğundan bir parça veya arzu edilen R bitim yarıçapı veya ara yarıçapı mevcuttur.

Klotoidin halkalı kısmına veya hemen hemen doğrusal olan başlangıç kısmına isabet eden, maksada elverişsiz değerler, tablonun içerdiği bilgilerin dışına çıkıyorsa, dikkat edilecek husus: belirli bir klotoid için R veya L'nin seçilmesi ve ayrıca τ teçet açısında bilinmesidir. Bazı hallerde bu açı güzergahın arzulan yön değişimine karşılık gelen açıdan büyük olabilir. Böyle bir durumda daha küçük parametrelili bir klotoidin seçilmesi gerekir. Bu durum klotoidin kendine has özelliklerinden meydana gelmeyip kanunun tabiatında vardır ve tek parametrelili bütün eğriler için geçerlidir. Daha önce anlatılan birim klotoid için izlenen sıra dahilinde çeşitli durumlar aşağıda verilmiştir.

a) Verilenler: R ve L ilgili R tablosunda istenilen L aranır. Böylece ilk sütünde A parametresi bulunur.

Örnek; Tabloda R = 500 Tablodan arananlar; L= 180, Aranan Parametre A= 300

b) Verilenler ; A ve L, $A^2 = R.L$ formülünden R'nin tam olarak hesabı, bitim yarıçapı için çok kere kesirli bir değer verir. Bu sebepten çok kere L için yaklaşık bir değerle yetinilir. Böylelikle A tablosundan alınabilen tam sayılı bir yarıçap elde edilir. Örnek: A = 1400, L= 500 : A tablosundan A= 1400 için L= 190'lık yaklaşık değere karşılık R= 4000 bulunur ve diğer değerler : $\tau=3.8993^9$, $\Delta R= 2.50$ vs. olur.

c) Verilenler: A ve R : A tablosundan R aranır ve L...Vs okunur. veya ilgili R tablosuna bakılır ve oradan A ile diğer değerler aranır. Örnek: A= 400: R =800 : Gerek A tablosundan gerekse R tablosundan L= 200 bulunur.

d) Verilenler: Grad cinsinden τ ve A : A tablosunda τ aranır ve aynı satırda R ve diğer değerler okunur. Örnek: A= 350, $\tau = 10.4^\circ$: A= 350 tablosundan görüleceği üzere R= 600'lük normlu en yakın ilk yarıçap $\tau = 10.8314^\circ$ 'a tekabül etmektedir. Normlu değerlerden kaçınmak isteği veya zorunluluğu varsa, norm tablosu yerine daha sık olan birim tabloda enterpolasyon yapılır.

e) Verilenler: D ve ΔR : A tablosunda ΔR aranır; aynı satırda I , τ vs okunur Örnek: A= 300: $\Delta R=0.8$: A. tablosundan 300 bulunur ve R= 0.8'in satırında L=120 , R = 750 ; $\tau = 5.0930^\circ$ okunur.

f) Verilenler: Grad cinsinden τ ve R ilgili R tablosunda τ aranır ve bu değer eğer tam olarak mevcut değilse bir komşu değer kabul edilir, Böylelikle A için normlu bir değer elde edilir. Örnek: $\tau = 4.4^\circ$, R = 1200 R tablosunda 1200'ün $\tau = 4.4762$ lık değeri normlu A= 450 Parametresine karşılık gelir. Aynı satırda L= 168.750, $\Delta R=0.989$ değerleri vs. bulunur.

g) Verilenler: Grad cinsinden τ ve L verilen bu iki değer bir birlikte bulunduğu bütün A tabloları veya B tabloları araştırılabilir. Kolay bir yol birim tablo üzerinden giderek normlu bir A parametresine sonradan uymaktadır. Böylece bir normlu tabloda bütün diğer değerler, hesaplanmış olarak bulunur. Örnek $\tau = 10^\circ$, L = 200 , birim tabloda yeter hassasiyet ile $\tau = 10.01788^\circ$ değeri (= 0.561 satırında bulunur. Böylece, $\frac{L}{\tau} = \frac{200}{10.01788} = 357 = A$ Parametresi olur. Normlanmış en yakın parametre $A=350$ 'dir $A=350$ norm tablosunda L= 204,167 satırı R=600, $\tau = 10.8314^\circ$ $\Delta R= 2.892$ vs. değerlerini verir.

h) Verilenler: Grad cinsinden τ ve ΔR Bu ender görülen durum 9 maddesinde anlatıldığı gibi dönelelere uygun şekilde yürütülür.

i) Verilenler: R ve ΔR ilgili R tablosunda ΔR aranır. Aynı satırda diğer bütün değerler bulunur. Örnek: R= 550 $\Delta R = 0.40$; R = 550 tablosundan $\Delta R = 0.401$ bulunur. 0.40 ile 0.401 arasındaki lmm'lik farkın pratik bir önemi yoktur. Satırda kullanılacak olan A=200, $\tau = 4.2090^\circ$ L=72.727 vs değerleri vardır.

k) Verilenler: L ve ΔR Pratikde önemi az olan bu durum için birim tablo özel bir $\frac{l}{\Delta r}$ tabloya giriş sütunu ile yüklenemeyeceğinden her iki değer birlikte bulunduğu A tablolarını veya R tablolarını araştırmaktan başka bir çare yoktur.

ÖRNEK: L= 800, $\Delta R=27.5$ Baştan itibaren A tabloları çevrildiğinde ilk defa A= 425 tablosunda aranılan büyüklükte bir L değerine rastlanır. L=802.778 ; ancak buna karşılık gelen $\Delta R= 106.657$ lik rakordman payı çok büyüktür. Aramaya devam edilirken ilgili tablolar incelenir ve şunlar bulunur.

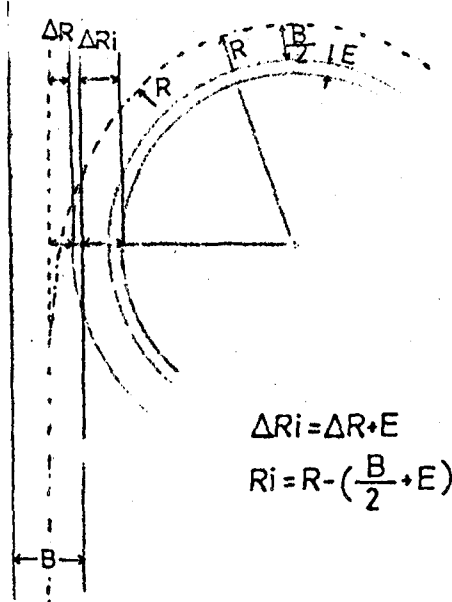
| | | |
|--------|-----------|-----------|
| A= 600 | L= 800.00 | R= 57.615 |
| 700 | 816.667 | 45.557 |
| 800 | 800.000 | 33.038 |
| 900 | 810.000 | 27.178 |
| 1000 | 833.333 | 24.009 |

A=900 seçilir.

Yukarda verilen örneklerde, A veya R'nin tamsayı değerlerini elde etmek için ΔR ve τ değerlerini küçük miktarda değiştirmek gerektiği dikkati çekmiş olabilir. ΔR bir ölçü olup güzergah geçirilmesinde ortaya çıkmız. Bu ölçüm mm ve hatta cm hassasiyetinde olmasını istemenin bir anlamı yoktur. τ teğet açısı güzergahın geçirilmesinde tek başına etkili bir değer değildir. Çünkü hemen her kurb bir giriş eğrisi, bir daire ve bir çıkış eğrisinden meydana gelir ve bunların tümü ancak eğrinin yön değiştirmesine ektir.

2.8 Yol Kenarları

Yol kenarları, yol eksenine paralel ve bununla aynı merkezli olduğu müddetçe bu kenarların ölçülmesi, rakordman kurbalarında dahi, $B/2$ yol genişliğini eksenden itibaren taşımak suretiyle yapılır. Ancak kurbda rulman yüzeyi içeriye doğru genişletiliyorsa, alinymandan daire yayına girişte, tabii olan eksen klotoidine ilaveten iç kenar için özel bir kenar klotoidinin hesabı gerekir. Bu kenar klotoidi eksen klotoidinin , yol ekseninin alinyman kısmından applike edilmesi gibi, yol kenarının alinyman kısmından applike edilir. (Şek.2.81)



Şek.2.81 Rulman yüzeyi içeriye doğru genişletildiğinde kenar klotoidinin çizimi

Eksen yarıçapı R, toplam yol genişliği B ve içeriye doğru genişletme E ile gösterilirse, yolun daire yayı iç kenarına ait Ri yarıçapı, yani kenar klotoidinin bitim yarıçapı $R_i = R - \left(\frac{1}{2} B + E\right)$ ve yol kenarının alinyman kısmından itibaren alınacak ve hesaplar için uygun olacak rakordman payı ;

$$\Delta R_i = \Delta R + E$$

olur. Bu sonuncu denklemde ΔR , eksen klotoidinin rakordman payıdır. Bu tarz bir çizimde kenar klotoidi, eksen klotoidinden önce başlar ve sonra biter.

ÖRNEK : Verilenler ; R = 60 ; A = 40 ve bunlara göre tablodan alınan

$$\Delta R = 0.493$$

$$B = 7.50$$

$$E = 1,5$$

Arananlar ; R_i , A_i , ΔR_i

$$R_i = R - \left(\frac{1}{2} B + E\right) = 60.0 - (3,75 + 1,50) = 54.75$$

$$\Delta R_i = \Delta R + E = 0.493 + 1.50 = 1.993$$

A_i 'nin hesap şekli ;

$$\frac{\Delta R_i}{R_i} = \frac{1.993}{54.75} = 0.0364$$

bu değer birim tabloda $\frac{\Delta r}{r}$ sütununa karşılık gelir. O sütunda en yakın değer $l = 0.968$ satırında 0.036298 dir. Aynı satırda $r = 1.033058$ bulunmaktadır. Böylelikle ve virgülden sonra üç basamak yeterli olacağından $r_i = 1.033$ olarak bulunur. Buradan ;

$$A_i = \frac{R_i}{r_i} = \frac{54.75}{1.033} = 53.0$$

olarak hesaplanır. Kenar klotoidi için istenen diğer bütün ölçüler, bulunan $l = 0.968$ satırındaki birim ölçülerin $A=53$ Parametresi ile çarpılmasından elde edilir. Enterpolasyonla biraz daha hassas değerler bulmak mümkündür. Bunlar projenin ölçüğünde farklı çıkmazlarsada, aplikasyon veya elektronik hesap bakımından değerli olabilirler. Enterpolasyon sonuçları şöyledir;

$$r_i = 1.032 \text{ ve } A_i = 53.05$$

Bordürün hatasız ve tatmin edecek bir şekilde meydana getirilmesi için, aplike edilen noktalar arasına her zaman istenilen sayıda diğer noktaların, sayı tabloları kullanmaksızın kolaylıkla alınması mümkün olmalıdır. Bilindiği gibi bu durum, daire kurbalarında dörtte bir metodu ile gerçekleştirilmektedir. Rakordman kurbalarında bu, sekizde bir metodu haline getirilmiştir. Daire yaylarına uygulandığında, sekizde iki metodu, dörtte bir metoduna kendiliğinden dönüşmektedir.

2.9 Klotoid Pistoleleri:

Tablo kitabında klotoid, Parametre birimine bağlanmıştır. Böylelikle bu eğri bir nevi geometrik birim haline getirilmiş olmakta, örneğin: daireden alışmış olduğumuz gibi, kullanmaya elverişli büyüklüğe ulaşmak için birimi büyütmek veya küçültmek yeterli olmaktadır.

Bu metodun faydası ve kolayca kavranması, sadece hesap ve aplikasyon bakımından değildir. Metod sayesinde çoğunlukla karşılaşılan durumlardaki klotoidin büyüklüklerini, yani $A=100,120,125,150,....$ gibi en çok kullanılan parametreler için sayı tabloları ile kurb pistolelerini de hazırlamak mümkün olmaktadır. Böyle norm tabloları kitapta mevcuttur: Pistolelerin fazla çeşitlerini piyasadan temin etmek mümkündür.

A Parametresi için normlu ve tamsayılı değerler kullanılırsa, $A^2 = R.L$ formülüne uygun olarak R parıçapı veya L kurb uzunluğu

içinde tam sayılı değerler seçmek mümkün olur. Başka sebepler olmadıkça R için tamsayılı değerlerde karar kılınmalıdır. Çünkü bunlar içinde normlu sayı tabloları ve pistoleler mevcuttur. Böylelikle kolay ve çabuk hesap, çizim ve aplikasyon yapmak mümkün olur.

Klotoid Pistoleleri S- kurbu şeklindedir. Pistolelerin yüzlerine, dönüm teğetinden başka, seçilmiş bir kısımda tam sayılı yarıçap. eğriliğe karşılık gelen yere kazınmıştır. Bu yarıçaplar, klotoid kurbunun, buna bitişik daire kurbuna tam bir şekilde uyumunu sağlar.

Klotoid Pistolelerinin en yeni örneklerinde komşu daire yayları da kazınmıştır. Bu husus, deneme yapılarak optimum çözümler bulunmasını daha da kolaylaştırmakta, ayrıca mürekkep bir çizgi dizisinin çizim hassasiyetini yükseltmektedir. Ancak geometri gereği, söz konusu daireler, değme noktasından itibaren sadece bir tarafa doğru pistole yüzeyinin içine isabet etmekte, diğer tarafa doğru ise yüzeyin dışına çıkmaktadır. Böyle bir durumda her klotoid, pistolesinden bir ikincisinde elde bulunması gerekir. Bu iki pistole, antisimetrik durumda içiçe uygun düşerler ve klotoid üzerindeki bir noktada Pistolelerden birini terkederek her daire yayı, bu noktadan itibaren tam diğer pistole üzerine isabet etmektedir. Böylelikle yumurta çizgileri ile S- kurbularının güzergaha çakışmalarını sağlayan ideal bir alet ortaya çıkmış olur.

Klotoid Pistoleleri 1:1000 ölçeğine göre yazılandırılmıştır. Yani yazılan bir parametre m cinsindedir. Örneğin A= 150 m. Daire pistoleleri gibi klotoid pistolelerini de başka ölçeklerde kullanmak mümkündür. 1:2000 ölçeği için biraz evvel belirtilen Pistolenin değeri A= 300m dir. Pistolenin gerçek büyüklüğü mm cinsinden, üzerinde yazılı parametresidir. Yani 1:1 için A=150 mm değeridir.

Aşağıdaki tablo, bu konuda toplu bir görüş vermektedir. Bu parametreler m cinsinden olup, tablonun son 1:1'lik sütününde mm olarak hesaplanmıştır. İngiliz ölçü sistemine uygun pistoleler gerçek büyüklüklerine uygun bir şekilde inch cinsinden yazılandırılmıştır: Örneğin 6inch, buda takriben A= 150 mm dir. Böyle yazılandırma sistemi anglosakson usulüne karşılık gelir. Bu usulde ölçekler, plandaki inch cinsinden uzunlukların arazideki foot cinsinden uzunluklara oranıdır. Örneğin 1 inch 100 feet'e karşılık gelmekte 1"=100' olmaktadır. Buda 1:1200 demektir.

Tablo 2,9

| 1 : 1000 | 1 : 2000 | 1 : 5000 | 1 : 500 |
|----------|----------|----------|---------|
| 20 m | 40 m | 100 m | 10 m |
| 25 | 50 | 125 | 12,5 |
| 30 | 60 | 150 | 15 |
| 35 | 70 | 175 | 17,5 |
| 40 | 80 | 200 | 20 |
| 45 | 90 | 225 | 22,5 |
| 50 | 100 | 250 | 25 |
| 55 | 110 | 275 | 27,5 |
| 60 | 120 | 300 | 30 |
| 65 | 130 | 325 | 32,5 |
| 70 | 140 | 350 | 35 |
| 75 | 150 | 375 | 37,5 |
| 80 | 160 | 400 | 40 |
| 90 | 180 | 450 | 45 |
| 100 | 200 | 500 | 50 |
| 120 | 240 | 600 | 60 |
| 125 | 250 | 625 | 62,5 |
| 150 | 300 | 750 | 75 |
| 175 | 350 | 875 | 87,5 |
| 200 | 400 | 1000 | 100 |
| 225 | 450 | 1125 | 112,5 |
| 250 | 500 | 1250 | 225 |

2.10 Klotoid hesabının temel Problemleri :

a) Klotoid hesabının bir grup temel problemleri, yani bir klotoid noktası için tablolarda bulunan bütün elemanların, E tablosu yardımı ile kolayca tayini mümkündür. İki eleman verildiğinde, bir klotoid noktasının bütün klotoid elemanları bellidir. Problemin çözümü, tablonun doğrudan doğruya okunması ile veya lineer bir enterpolasyon ile sağlanır.

Örnek 1: Parametresi $A=250$ olan bir klötoidin $L = 200$ kurb mesafesindeki bir klotoid noktası için τ , R , ΔR , X_m , Y_m , TK , TL değerlerinin bulunması isteniyor

$\lambda = \frac{L}{A} = \frac{200}{250} = 0.8$ Tesbit edilir ve E tablosundan bu değer için şunlar alınır.

$$\begin{aligned} \tau &= 20.37183 & X &= 0.791846 \\ \Delta r &= 1.2500 & Y &= 0.0847112 \\ r &= 0.021255 & TK &= 0.269295 \\ X_m &= 0.398638 & TL &= 0.536222 \end{aligned}$$

Açı değeri olduğu için τ aynen alınır diğer değerler A ile çarpılır. A= 250 ve L= 200 için ;

$$\begin{aligned} \tau &= 20.372 & X &= 197.96 \\ R &= 312.50 & Y &= 21.18 \\ \Delta R &= 5.31 & TK &= 67.32 \\ X_m &= 99.66 & TL &= 134.06 \end{aligned}$$

elde edilir. Bu problem enterpolasyon gerektirmeksizin E tablosundan doğrudan doğruya okumak suretiyle çözülmüştür.

ÖRNEK 2: Parametresi A= 350 olan bir klotoidin L= 200 kurb noktası için R, ΔR , X_m değerlerinin bulunması;

$I = \frac{L}{A} = \frac{200}{350} = 0.571429$ teşkil edilerek $I=0.571$ için E tablosundan W tablo değerleri ve d tablo farkları okunur. ve şöyle yazılır.

Tablo 2.101

| I | W |
|----------|----------------------|
| 0.571 | Tablo değeri W_0 : |
| 429 | +0.429 d |
| 0.571429 | Tablo farkı d W |

Tablo 2.101

d tablo farkı, hesaplanan I farkı ile çarpılır ve 0.429 d Carpımı W_0 tablo değerinin altına yazılarak ona eklenir. Üçüncü satırda birim klotoidin aranan değeri meydana gelir. Bu A ile çarpıldığıında verilen klotoide karşılık gelen değer bulunur.

Tablo.2.102

| I | r | r | M |
|----------|----------|----------|--------------------------|
| 0.571 | 1.751313 | -3061 | 0.007750 41 0.285247 498 |
| | (1) | | |
| 429 | 1313 | +18 | +214 |
| 0.571429 | 1.750000 | 0.007768 | 0.285461 |

(1)

$$-3061 \cdot 0.429 = -1313$$

ÖRNEK 3 : Verilenler : $A = 350$, $\Delta R = 7.20$

Arananlar : L , R

$$\frac{\Delta R}{A} = \Delta r = 0.020571 \text{ oluşturulur.}$$

E tablosunda, Δr 'in en yakın ilk küçük değeri için ;

$$I_0 = 0.791 \text{ ve } \Delta r_0 = 0.020550 \text{ okunur.}$$

$$\text{Fark } \Delta r - \Delta r_0 = 21 \text{ dir}$$

Tablo farkına bölüldüğünde, virgülden sonraki üçüncü hane birimleri cinsinden I farkı ;

$$\Delta I = 21/77 = 0.273 \text{ bulunur ve böylece}$$

$$I = 0.791 + 0.000273 = 0.791273 \text{ oluşur.}$$

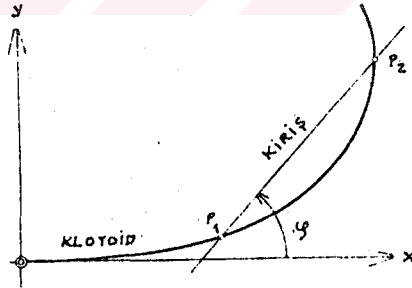
A ile çarpıldığında aranan $L = 276.95$ bulunur.

$$R\text{'nin hesabı için } R = \frac{A}{I} = \frac{350}{0.791273} = 442.32 \text{ olarak}$$

yapılır. Böylelikle problem çözülmüş olur.

b) İkinci bir grup temel problemlerde, iki veya daha fazla klotoid sözkonusudur.

En önemli ve en çok rastlanan problem, doğrultu açısı ve iki klotoid noktası ile belirli olan bir klotoid kirişinin uzunluk hesabıdır. (Şek.2.101) Noktalar kartezyen koordinatları ile verilmişse çözüm koordinat hesabının bilinen bir temel problemidir.



Şek. 2.101 Bir P_1P_2 klotoid kirişinin doğrultu açısı

P_1 ve P_2 noktaları sadece A parametresi, örneğin L_1 ve L_2 kurb uzunlukları ile verilmişse problemin tam çözümüne E tablosundan yararlanarak, kartezyen koordinatlar üzerinden gidilir.

ilk olarak:

$$\frac{L_1}{A} = I_1 \quad \text{ve} \quad \frac{L_2}{A} = I_2$$

oluşturulur ve 2.örnekte olduğu gibi E tablosundan I_1 ve I_2 için: x ve y 'lerin farkları oluşturularak bilinen şekilde;

$$\tan \varphi = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (8)$$

ve;

$$s_{1,2} = \frac{\Delta x}{\cos \varphi} = \frac{\Delta y}{\sin \varphi} \quad (9)$$

hesaplanır ve çift kontrol yapılmış olur.

$s_{1,2}$ değeri A ile çarpılınca verilen iki nokta arasındaki $S_{1,2}$ mesafesi elde edilir. Doğrultu açısı φ dir.

ÖRNEK: Verilenler : $A=500$, $L_1= 150$, $L_2= 650$

ilk olarak:

$$I_1 = \frac{L_1}{A} = 0.03$$

$$I_2 = \frac{L_2}{A} = 1.3$$

oranları teşkil edilir, ve E tablosundan I_1 ile I_2 'ye karşılık gelen koordinatlar aranır.

| | | |
|-------------|-------------------------|-------------------------|
| $I_1 = 0.3$ | $X_1 = 0.2999393$ | $Y_1 = 0.0044994$ |
| $I_2 = 1.3$ | $X_2 = 12101351$ | $Y_2 = 0.3479106$ |
| | $X_2 - X_1 = 0.9102558$ | $Y_2 - Y_1 = 0.3434112$ |

bulunduktan sonra :

$$\tan \varphi = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = 0.377269$$

hesaplanarak ;

$$\varphi = 22.9666^\circ \quad \text{elde edilir.}$$

(9) Nolu denkleme göre ve kontrollü olarak $S=486.44$ çıkar. Bu hesap biçimi herhangi nokta çiftleri arasındaki mesafe için en doğru sonucu verir. Verilen noktalar ters eğrilikli klotoid dalları (dönüm çizgisi) üzerinde bulursa dahi aynı metodu uygulamak mümkündür.

3. GEÇİŞ EĞRİLERİ

(RAKORDMAN KURPLARI)

Daha önceden geçiş eğrisi düşüncesi daha çok birbirine bağımlı yaylar ve doğru parçaları arasındaki kısa eğri parçaları olarak anlaşılırdı. Bu düşünce klotoid uygulamasında dahada genişletilmelidir. Burada klotoid gerek teorik gerekse pratik olarak arzu edilen tüm uzunluklarda inşa edilebilen doğru ve eğrilere eşdeğer bir eleman olarak ortaya çıkar.

Geçiş eğrileri bugünlerde tartışmalıdır. (Belirli bir doğruluğu olmayan yol olduğunu savunanlar olduğu gibi geçiş eğrileri için uzun doğrular olduğunu savunanlar vardır.) Günümüzde klotoid ve yay elemanı olmaksızın, yol yapımı düşünülemez. Otoyollarında ve dört şeritli yollarda, (bir gidiş hattı, bir gidiş şeriti, birde sollama şeriti bulunan yollarda) eğimin ve büyük tutulan sollama şeridinin büyük bir önemi yoktur. Özellikle iki şeritli yollardan ve uzun ara alinymanlardan tamamen vazgeçilmemelidir. Kısa ara alinymanlar ise gereksizdir ve yolun akışını bozarlar.

3.1. SİMETRİK GEÇİŞ EĞRİLERİ

Aynı boyutta geçiş eğrileri ile birleştirilmiş iki alinyman arasına bir yay parçası yerleştirildiğinde simetrik geçiş eğrisi elde edilir. (Şek.3.11)

GRAFİK ÇÖZÜM

Simetrik geçiş eğrileri nokta sıklığının en az olduğu yerlere tesis edilmelidir. Çok defa yararlanılan teğet uzunluğu (T) sınırlı olmaktadır. Başka bir sınırlı faktörde verilmiş olan en küçük yarıçap olabilmektedir. Bu yarıçap teğet uzunluğu için yeterli olmazsa (teğet belirlemede uygunlaştırılması gereken yay şablonlarından kolayca tespit edilebilir.) Çözüm için klotoidde sonuç vermez ve teğet boyunun her durumda uzatılması gerekir. Bu durumdada önceden yapılan işaretleme geçerli olmaz. Çünkü bunun veya bundan başka bağlanan bir yayın teğet poligonunun değiştirilmesi şarttır. Şartların ön planlama aşamasında gözönünde

bulundurulması gerekir. Planlayıcı gereksinime ve tecrübeye dayanarak ilk geçiş eğrisinin uzunluğunu belirler veya yay parçasına yaklaşık bir değer verir. En çok kullanılan metod üçte bir metodu dur. (1/3 ilk geçiş eğrisi, 1/3 yay parçası, 1/3 son geçiş eğrisi) Bu metotta, geçiş eğrileri başlangıç ve sondadır. Daire yayı, bu iki geçiş eğrisinin arasında kullanılır.

Geçiş eğrisinin uzunluğu için ölçü, T teğet açısı şeklinde verilmiştir. Bu açı olanaklara bağlı olarak 4° 'dan aşağıya düşmemelidir. Buradaki uygun olan oran $\frac{A}{R} \approx \frac{1}{3}$ dür.

Yol inşasında daha küçük bir değere sahip olduğunda geçit eğimi teorik bir değer olur. Bunun için örnek klotoid parçasının çözümünde grafik çözüm kullanılır. Önemli olan önceden belirlenmiş olan yay teğet uzunluğunun küçük değerini geçmemesidir. (Şek.3.12)

Kısa ara alınymanlar istenmediğinden artan teğet uzunluklarının kullanılması şart koşulmaktadır. Verilen en küçük yarıçapla zorunlu olarak klotoid parametreleri elde edilir. Kesilen teğetlerden en küçük yarıçaplı yay eğrileri şablonu geçirilirse, B değme noktasından geçen bir KA teğet kesimi oluşur ve yaklaşık olarak bu klotoid $\frac{1.L}{2}$ kadar kabul edilir. (Şek.3.12) Böylece bir geçiş eğimi seçilebilir. Bu eğim, ilgili teğet parçasının iki katı büyüklüğündedir.

Yayın, değişken bir uzunluğu veya belli orandaki uzunluklarından biri dikkate alınmalıdır. Bu şekilde farklı yay şablonları ile klotoid eğrilerinin yaklaşık uzunluğu çok çabuk belirlenebilir. Öncelikle bu uzunluk bulunursa cetveldен parametrelerin çıkarılması kolaydır veya $A = \sqrt{R.L}$ formülüne göre hesaplanabilir. Bu durumda en yüksek değer tercih edilir.

3.11 A ve R'NİN YUVARLATILMIŞ DEĞERLERİYLE SİMETRİK GEÇİŞ EĞRİLERİ (NORMAL DURUM)

Kullanılacak yay elemanları, grafik çözümde anlatıldığı gibi klotoid şablonlarından elde edilebilir. γ açısı, teğet kesim açısının yardımıyla, ölçme veya hesaplama yolu ile bulunur. T, α ve \hat{b} açısında hesaplanır.

$$T = t + X_M$$

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\hat{b} = \frac{R\pi\alpha^2}{200} = \frac{R\pi\alpha^2}{180}$$

$$t = (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2}$$

(Sek.3.111)

FORMÜL ÇIKARMA

$$\tau = \tau'$$

$\gamma = \gamma'$ olduğundan (Sek.3.111) α açısı ;

$$\gamma' = 2\tau' + \alpha$$

$$\gamma = 2\tau + \alpha$$

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

(10)

olarak elde edilir.

Başlangıç doğrusu TS-M simetri eksenidir ve γ' açısını iki eşit açıya böler. Bunlar, TS-M-Fp ve TS-M-D üçgenlerindeki

$\frac{\gamma'}{2}$ ve $\frac{\gamma}{2}$ açılarıdır. t uzunluğu ise aşağıda çıkarılan

formülle elde edilir.

$$\tan \frac{\gamma}{2} = \frac{t}{R + \Delta R}$$

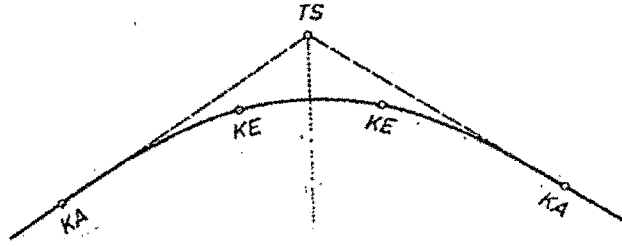
$$t = (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2}$$

$$T = t + X_M \quad (11)$$

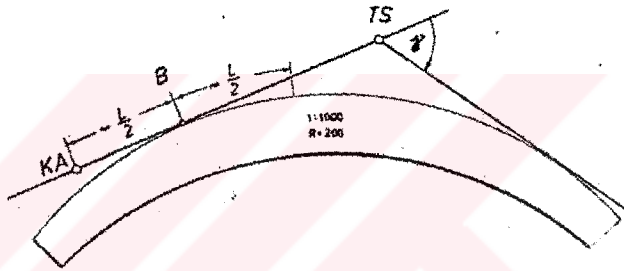
\hat{b} yay parçası, α merkez açı ve yarıçaptan oluşan formülle bulunur.

$$\hat{b} = \frac{R\pi\alpha^2}{200} = \frac{R\pi\alpha^2}{180}$$

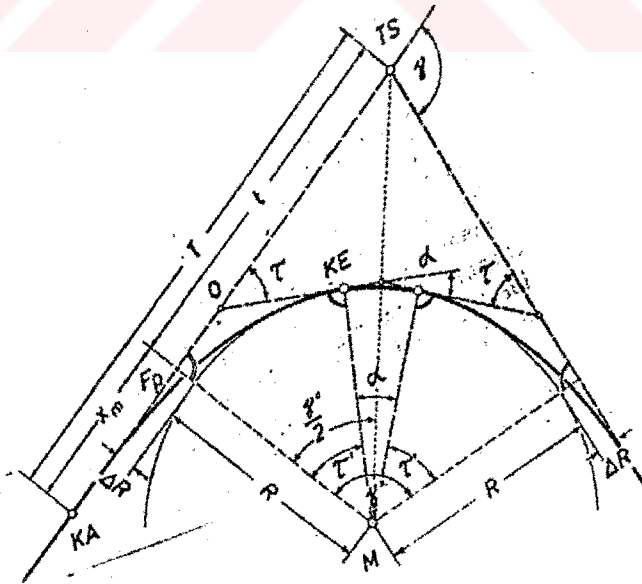
(12)



Şek 3.11



Şek 3.12



Şek 3.111

ÖRNEK HESAPLAMA

Verilenler: $\gamma = 30.1800$

$R = 200 \text{ m}$

$A = 120 \text{ m}$

Istenecekler ; Klotoid elemanları

Teğet uzunluğu T,

Yay parçasının merkez açısı (α)

Yay parçasının uzunluğu (\hat{b})

Çözüm: Klotoid cetvelinden klotoid elemanları alınarak, t, T, \hat{b} değerleri formüllerle hesaplanır

| | |
|-----------------------------|--|
| $L = 72.00 \text{ m}$ | $\frac{\gamma}{2} = 15.0.9000$ |
| $\Delta R = 1.08 \text{ m}$ | $t = (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2}$ |
| $X_m = 35.96 \text{ m}$ | $t = 48.57 \text{ m}$ |
| $X = 71.77 \text{ m}$ | |
| $Y = 4.31 \text{ m}$ | $T = t + X_m$ |
| $TK = 24.07 \text{ m}$ | $T = 84.53 \text{ m}$ |
| $TL = 48.08 \text{ m}$ | $\alpha = \gamma - 2\tau$ |
| $\tau = 11.4592$ | $\alpha = 7.2616$ |
| | $\hat{b} = \frac{R \cdot \pi \alpha}{200}$ |
| | $\hat{b} = 22.81 \text{ m}$ |

3.12 BİLİNER TEĞET UZUNLUĞUYLA SİMETRİK GEÇİŞ EĞRİLERİ

Teğet uzunluğuna tam olarak uyulması gerekiyorsa, A ve R'den herhangi birinin yuvarlak olmayan değerlerinden biri bulunur. Bulunan değerle hesaplama yapılarak elemanlar tespit edilir. Tesbit cetvelinden yararlanarak uygulama yapılacaksa, bu durumda mümkün olduğunca A ve R'nin yuvarlak değerleri denenmelidir.

3.121 DAİRESEL A ve R DEĞERLERLE TEĞET, UZUNLUĞU İLE VERİLMİŞ SİMETRİK GEÇİT EĞRİLERİ (ORANTILI BÜYÜKME VE KÜÇÜLTME)

Grafik çözüm sırasında R' yarıçapı ve A' Parametresi yaklaşık olarak bilinmektedir. Yay elemanları ve γ açısı, T'teğet uzunluğu bölüm 3.11 de olduğu gibi bulunur. Yay elemanları, R' yarıçapı ve A' parametresi ile orantılı büyütme ve küçültmeden ($\frac{T}{T'}$), A ve R kesim boyutları ise uygun bir orandan elde edilir (Şek.3.1211)

$$R = R' \frac{T}{T'} , \quad A = A' \frac{T}{T'}$$

ÖRNEK HESAPLAMA :

Verilenler: $\gamma = 17.8800$ ölçü veya hesaplama ile

$$\begin{aligned} A' &= 120 \text{ m} \\ R' &= 300 \text{ m} \quad \text{) Grafik çözümden} \\ T' &= 67.38 \text{ m} \quad \text{Hesaplama ile} \end{aligned}$$

Aranan : A Parametresi

R yarıçapı ve diğer bütün elemanlar

ÇÖZÜM : Klotoid vetvelinden R'= 300 ve A'= 120 için elemanlar alınarak T' teğet uzunluğu, Q değeri, \hat{b} daire yayı uzunluğu

$$\begin{aligned} \text{hesaplamır} \cdot L' &= 48.00 & X'_m &= 23.99 \text{ m} & Y' &= 1.28 \text{ m} & T'_L &= 32.01 \text{ m} \\ \Delta R' &= 0.32 \text{ m} & X' &= 47.97 \text{ m} & T'_K &= 16.01 \text{ m} & \tau &= 5.0930 \end{aligned}$$

$$T' = t' + X'_m$$

$$t' = (R' + \Delta R') \tan \frac{\gamma}{2}$$

$$t' = 300.32 \cdot 0.14136$$

$$\frac{\gamma}{2} = 8.9400$$

$$T' = 42.45 + 23.99 = 66.44 \text{ m}$$

$$Q = \frac{T}{T'} = \frac{57.38}{66.44} = 1.01415$$

Elde edilen Q değeriyle açılar dışındaki bütün elemanlar çarpılır.

$$A = A' \cdot Q = 121.70 \text{ m}$$

$$X = X' \cdot Q = 48.65 \text{ m}$$

$$R = R' \cdot Q = 304.24 \text{ m}$$

$$Y = Y' \cdot Q = 1.30 \text{ m}$$

$$L = L' \cdot Q = 48.68 \text{ m}$$

$$TK = TK' \cdot Q = 16.24 \text{ m}$$

$$R = R' \cdot Q = 0.32 \text{ m}$$

$$TL = T'_L \cdot Q = 32.46 \text{ m}$$

$$X_m = X'_m \cdot Q = 24.33 \text{ m}$$

$$\tau = \tau = 5.0930^9$$

$$\hat{b} = \frac{R \cdot \pi \alpha}{200} \quad \alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\hat{b} = 304.24 \cdot \pi \cdot 7.6940 / 200$$

$$\underline{\underline{\hat{b} = 36.77m}}$$

3.122 R VE DAİRESEL OLMAYAN A, BİLİNER TEĞET UZUNLUĞU İLE SİMETRİK GEÇİŞ EĞRİLERİ (GİTTİKÇE YAKLAŞMA DURUMU)

Verilenler: Teğet uzunluğu, uygun yarıçap, Parametre, γ açısı.
(Şek.3.1221)

Öncelikle Teğet uzunluğunun hesabı için ilgili formül yazılır.

$$T = t + X_m = (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2} + X_m$$

$$T = R \tan \frac{\gamma}{2} + \Delta R \tan \frac{\gamma}{2} + X_m$$

Burada R yarıçapı bilinen bir büyüklüktür. ve grafik çözümle belirlendiği için $R \tan \frac{\gamma}{2}$ değeri önceden hesaplanır. Teğet uzunluğu ise sabit değerlerden bulunur.

$$T - R \tan \frac{\gamma}{2} = \Delta R \tan \frac{\gamma}{2} + X_m$$

Denklemin heriki tarafı R ile bölünürse;

$$\frac{T - R \tan \frac{\gamma}{2}}{R} = \tan \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} + \frac{X_m}{R} \quad (13)$$

formülü elde edilir. Sol taraftaki eşitlik bilinen büyüklüklerden oluşur ve sabit değerler olarak ifade edilir. Sağ tarafta sadece $\tan \frac{\gamma}{2}$ değeri bilinendir. $\frac{\Delta R}{R}$ ve $\frac{X_m}{R}$ değerleri klotoid cetvellerinden elde edilir. Birbirine yakın olan cetvel değerleri ile hesapla bulunan değerler arasındaki orantı ve ara eleman değerleri ayrıca hesaplanır. Klotoid elemanları ve kendilerine karşılık gelen cetvel değerleride R ile çarpılır.

$$\frac{L}{R} \cdot R = L, \quad \frac{A}{R} \cdot R = A,$$

ÖRNEK:

$$\begin{array}{l} \text{Verilen : } T= 60.36 \text{ m} \\ \quad \quad \quad \gamma = 27.1600 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T= 60.36 \text{ m} \\ \gamma = 27.1600 \end{array}} \right\} \text{ Hesaplama ile}$$
$$\begin{array}{l} R= 150 \text{ m} \\ A'= 90 \text{ m} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} R= 150 \text{ m} \\ A'= 90 \text{ m} \end{array}} \right\} \text{ Grafik çözümden}$$

Aranan : A parametresi ve bütün elemanlar

ÇÖZÜM: $\frac{A'}{R}$ ve $\frac{T-R \tan \frac{\gamma}{2}}{R}$ değerleri, verilenler yardımıyla hesaplanır.

$$\frac{A'}{R} = \frac{90}{150} = 0.600000$$

$$\frac{T-R \tan \frac{\gamma}{2}}{R} = \frac{60.36-150 \cdot 0.21661}{150} = 0.185790$$

$$\frac{\gamma}{2} = 13.5800$$

Aynı işlemi başka türlüde yapabiliriz.

$$0.185790 = \frac{\Delta R}{R} \cdot 0.21661 + \frac{X_m}{R}$$

$\frac{\Delta R}{R}$ ve $\frac{X_m}{R}$ büyüklükleri için cetvel değerleri yerine konularak hesap yapılırsa ;

$$0.005394 \times 0.21661 + 0.179806 = 0.180974 \text{ değeri bulunur.}$$

Bu değer , sabit değer olan 0.185790'a yaklaştırılır. Öncelikle tablodan $\frac{\Delta R}{R}$ ve $\frac{X_m}{R}$ değerleri ile ilgili birbirini takip eden uygun iki $\frac{\Delta R}{R}$ değeri $\frac{X_m}{R}$ alınır ve bunlar formül.(13)'de yerine konur. Sonuçta ise iki değer elde edilmiş olur. Değerlerin istenen miktarla olan farklarının oranları neticesinde Q değeri hesaplanır. Bulunan bu değer klotoid elemanlarının bitişik cetvelleri ile çarpılır. (+Q.d)

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.005655$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.184103$$

$$0.005655 \cdot 0.21661 + 0.184103 = 0.185328$$

$$\frac{\Delta R}{R} = 0.005762$$

$$\frac{X_m}{R} = 0.185835$$

$$0.005762 \cdot 0.21661 + 0.185835 = 0.187083$$

Istenen miktar: 0.185790

Enterpolasyon :

$$\left. \begin{array}{l} 0.185328 \\ 0.185790 \\ 0.187083 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0.000462 \\ 0.001755 \end{array} \quad Q = \frac{0.000462}{0.001755} = 0.2632$$

Tablo 3.122

| Elemanlar | Cetvel Değeri (458) | d-Cetvel değerleri arasındaki fark (458-459) | Q · d | Bitişik cetvel değeri + Q · d | R ile çarpım |
|----------------|---------------------|--|------------|-------------------------------|--------------|
| R | 1,000 0000 | | | | 150 |
| L | 0,368 6225 | 0,003 4775 | 0,000 9153 | 0,369 5378 | 55,43 |
| A | 0,607 1429 | 0,002 8571 | 0,000 7520 | 0,607 8949 | 91,18 |
| ΔR | 0,005 655 | 0,000 107 | 0,000 028 | 0,005 683 | 0,85 |
| X _m | 0,184 103 | 0,001 732 | 0,000 456 | 0,184 559 | 27,68 |
| X | 0,367 372 | 0,003 442 | 0,000 906 | 0,368 278 | 55,24 |
| Y | 0,022 592 | 0,000 427 | 0,000 112 | 0,022 704 | 3,41 |
| T _K | 0,123 273 | 0,001 171 | 0,000 308 | 0,123 581 | 18,54 |
| T _L | 0,246 187 | 0,002 331 | 0,000 614 | 0,246 801 | 37,02 |
| τ | 11,7336 | 0,1107 | 0,0291 | | 11,7627 |

Hesaplanan bu elemanların dışında, gereken diğer değerler (T, t, α, \hat{b}) bilinen formüllerden bulunur.

$$T = t + X_m$$

$$t = (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2}$$

$$t = (150.00 + 0.85) \cdot 0.21661$$

$$t = 32.68$$

$$T = 60.36 \text{ m} \quad \text{istenen miktar : } 60.36 \text{ m.}$$

$$\alpha = \gamma - 2\tau \quad \hat{b} = \frac{R \cdot \pi \alpha^2}{200} = 8.56 \text{ m}$$

$$\alpha = 3.6346$$

3.123. VERİLEN TEĞET UZUNLUĞU DAİRESEL OLMAYAN R VE DAİRESEL A İLE SİMETRİK GECİŞ EĞRİLERİ (YAVAŞ YAVAŞ YAKLAŞIM)

Grafik çözümle, ilgili elemanları çözmek mümkündür. (Şek. 3.1231) fakat gittikçe yaklaşım hesabının ayrıntılı olması nedeniyle, tam bir araştırma yapmak gerekir. İlgili hesaplamalardan anlaşılacağı üzere, yarıçapın sık sık değiştirilmesi önemlidir. Parametrelerden istenilen teğet uzunluğu korunur. Çalışmalarda çizilen şeklin elde edilmesi mümkün olmadığından. Parametrelerin küçültülmesi gerekir.

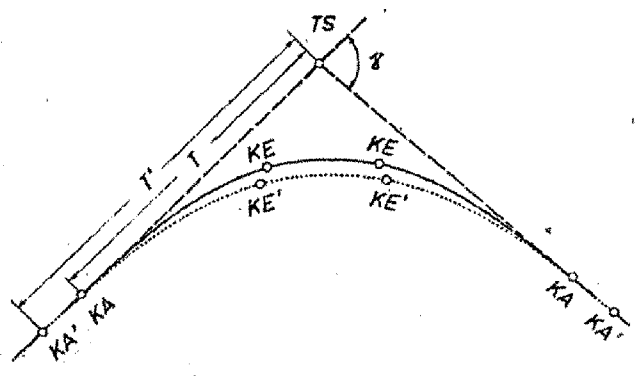
ÖRNEK ÇÖZÜM :

Verilenler :

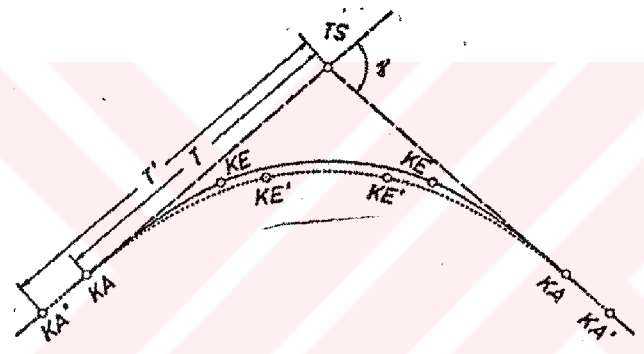
$$\left. \begin{array}{l} \gamma = 32.1800^\circ \\ T = 96.35 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ Hesaplama ve ölçülerden}$$

$$\left. \begin{array}{l} R' = 225 \text{ m} \\ A = 130 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ Grafik çözümden}$$

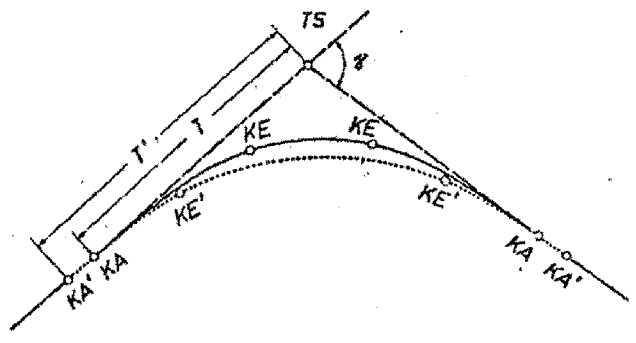
Arananlar: Yarıçap R ve bütün elemanlar



Şek 3.1211



Şek 3.1221



Şek 3.1231

ÇÖZÜM : Önceden olduğu gibi buradada $\frac{A}{R'}$ değeri hesaplanır.

$$\frac{A}{R'} = 0.5777778$$

Şablon değerlerinden $\frac{X_r}{R}$ ve $\frac{\Delta R}{R}$ alınarak R' ile çarpılır.

$$\Delta R' = 0.004639.225 = 1.04 \text{ ve}$$

$$X'_m = 0.166759.225 = 37.52$$

Elde edilen şablon değerlerinin bilinen formüllerle hesapları yapılarak doğrulukları ispatlanır.

$$T' = t' X'_m = (R' + \Delta R') \tan \frac{\gamma}{2} + X'_m$$

$$T' = (225.00 + 1.04) 0.25826 + 37.52$$

$$T' = 95.90 \text{ m istenen değer ; } 96.35 \text{ m}$$

T' değeri verilen T değerine yakın olmalıdır. Δ değerinin işaretine bağlı olarak yarıçap, küçültülmeli veya büyütülmelidir.

$$\Delta = T - T'$$

Örneğimizde bu değer pozitif işaretlidir.

$$\Delta = 96.35 - 95.90 = + 0.45$$

Buna göre yarıçap büyük alınmalıdır. Yarıçapın büyütülmesi ile ilgili yaklaşık bir değer söylenemez. D farkı yaklaşık olarak değişimin büyüklüğünü gösterir. Bu genel bir düşüncedir.

$R = 230$ alınarak ikinci bir deneme yapılır ve 440 sıradan en yakın çizelge değeri seçilir.

$$\frac{A}{R'} = \frac{130}{230} : 0.565217$$

$$R'' = \frac{A}{\frac{A}{R}} = \frac{130}{0.5666667} = 229.41$$

$$\Delta R'' = \frac{\Delta R}{R} R'' = 0.004293.229.41 = 0.98$$

$$X''_m = \frac{X'_m}{R} R'' = 0.160418.229.41 = 36.80$$

$$T'' = (R'' + \Delta R'') \tan \frac{\gamma}{2} + X''_m$$

$$T'' = 230.39.0.25826 + 36.80$$

$$T'' = 96.30 \text{ m.} \quad \text{Istenen değer : } 96.35 \text{ m}$$

T'' değeri T' ye çok yakın olmasına rağmen yine de 3.bir yaklaşım yapılır. Bu yaklaşım sonucunda bulunan T'' değeri ile daha önceki yaklaşımda tespit edilen T'' değerinden yararlanarak kesin yarıçap hesaplanır.

$$R''' = \frac{A}{\frac{A}{R}} = \frac{130}{0.5647059} = 230.21$$

$$\Delta R''' = \frac{\Delta R}{R} R''' = 0.004233.230.21 = 0.97$$

$$X'''_m = \frac{X_m}{R} R''' = 0.159311.230.21 = 36.67$$

$$T''' = (R''' + \Delta R''') \tan \frac{\gamma}{2} + X'''_m$$

$$T''' = 231.18.0.25826 + 36.67$$

$$T''' = 96.37\text{m} \quad \text{istenen değer : } 96.35\text{m}$$

$$\left. \begin{array}{l} R'' = 229.41 \\ R = ? \\ R''' = 230.21 \end{array} \right\} 0.80 \quad \left. \begin{array}{l} T'' = 96.30 \\ T = 96.35 \\ T''' = 96.37 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} 0.05 \\ 0.07 \end{array} \right\} 0.07$$

$$\frac{Z}{0.80} = \frac{0.05}{0.07}$$

$$Z = \frac{0.05.0.80}{0.07} = 0.57$$

$$R = 229.41 + 0.57 = 229.98 \text{ m}$$

Elemanların alınması için aşağıdaki cetvel başlangıcı kullanılır ve bütün cetvel değerleri elde edilir.

$$\frac{A}{R} = \frac{130}{229.98} = 0.5652665$$

Bu değerler R = 229.98 ile çarpılır. α ve \hat{b} değerleri bilinen formüllerden yararlanılarak hesaplanır.

3.2 SİMETRİK OLMAYAN RAKORDMAN KURBLARI.(GEÇİŞ EĞRİLERİ)

Simetrik geçiş eğrilerinin değiştirilmiş şekli, iki değişik büyüklükteki klotoid yaylarıdır. Bunlar simetrik olmayan geçiş eğrileri adını alır. Teğet uzunluklarından biri sabit uzunluktaysa ve bundan dolayıda klotoid uzunluğu kısaliyorsa, bu durumda simetrik olmayan geçiş eğrilerini uygulamak mümkündür. Fakat bazı zorunlu noktalardaki geçiş eğrileri için farklı parametreye gerek duyulabilir. (Şek.3.21)

GRAFİK ÇÖZÜM

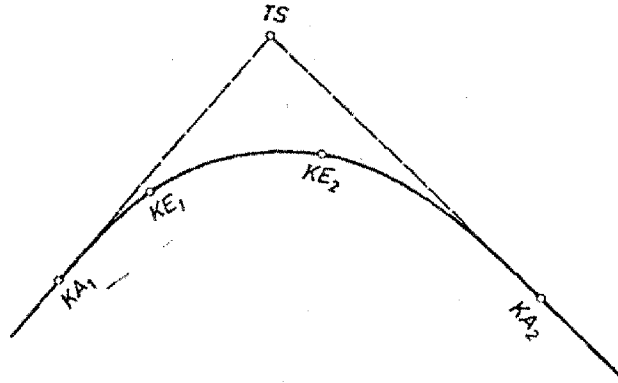
Eksen gidişini belirledikten sonra klotoid cetveli yardımıyla α some noktası tespit edilir. Mümkün olduğunca tam bir grafik çözüm elde edilebilir. Hesaplama da eksen eğimlerinin amaca uygun belirlenmesine çalışılmalıdır. Bunlar zorunlu noktalarda daralmıştır. Bunun için teğet uzunluğunu kısaltarak zorunlu noktalar yaratılmamalıdır. Simetrik geçiş eğrilerindeki gibi aynı yaklaştırma yöntemi ile yarı grafik yolla parametre bulunabilir. (Şek.3.22)

Parametrenin elde edilişi (Şek.3.22'de) gösterilmiştir. Klotoid yarısına kadar teğetin değme noktasından, doğru ve yaya teğet geçtiği içinde değme noktasından tam olarak bulunur. Daha küçük yaylarda orta nokta yardımıyla birleştirilir. Böylece orta nokta teğetin ayak noktası, aynı zamanda değme noktasıdır. Çoğu zaman orta nokta çizim kağıdının dışında bulunduğundan değme noktasından yararlanarak orta noktanın bulunması bu şekilde olmaz. Bunun için seffaf bir kağıd üzerine çizilmiş eğrilerden yararlanılır. Eğri parçası teğet ile yay arasına yerleştirilip orta nokta işaretlenir. Birleştirme eğrisinin ortası bu iki nokta ya paralel bulunur. (Şek.3.23) Hesabı yapılacak parametre için yine bölüm 3.1'de anlatılan yaklaştırma metodu kullanılır.

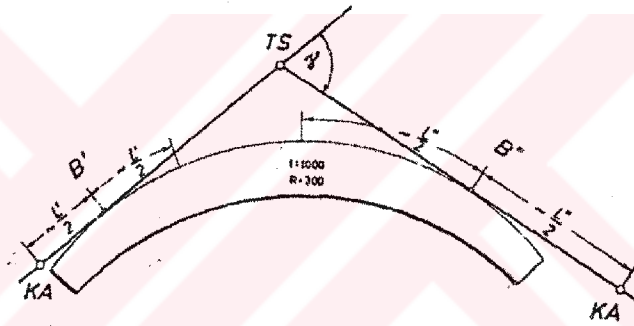
3.21 A_1A_2 VE R İÇİN DAİRESEL OLMAYAN DEĞERLERLE SİMETRİSİZ GEÇİŞ EĞRİLERİ (RAKORDMAN KURBLARI) NORMAL DURUM

Verilenler: A_1A_2, R } Grafik çözümden

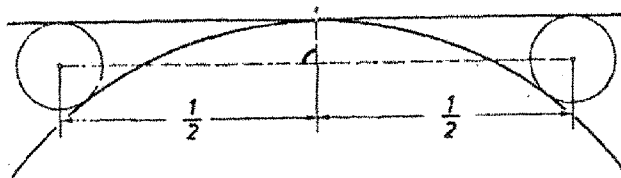
γ : Ölçü ve hesaplama sonucu



Şek 3.21



Şek 3.22



Şek 3.23

Aranan : Teğet uzunlukları (T_1, T_2)

Yay uzunluğu \hat{b}

Çözüm : Her iki klotoid eğrisi için cetvelden klotoid elemanları alınır ve aşağıdaki formüllerle istenen değerler hesaplanır.

$$t_1 = \tan \frac{\gamma}{2} \quad (R + \Delta R_1)$$

$$t_2 = \tan \frac{\gamma}{2} \quad (R + \Delta R_2)$$

$$d = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{\sin \gamma}$$

$$T_1 = X_{m1} + t_1 + d$$

(14)

$$T_2 = X_{m2} + t_2 - d$$

Artımlarda işarete dikkat edilmelidir. Burada (d) eksi sonuç verebilir. Bu durumda yay parçasının merkez açısı

$$\alpha = \gamma - (\tau_1 + \tau_2) \text{ olur.}$$

Yayın uzunluğu ; $b = \frac{R \pi \alpha^9}{200}$ formülünden hesaplanır.

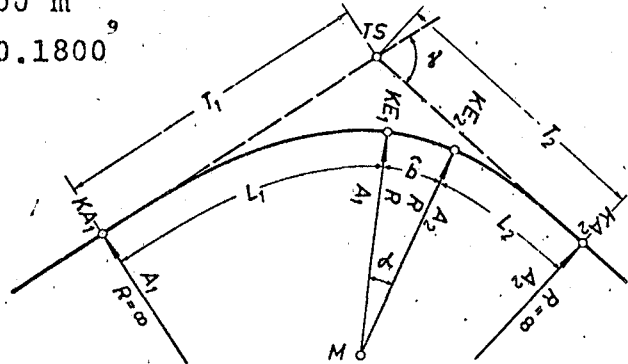
ÖRNEK ÇÖZÜM :

Verilenler $A_1 = 150$ m

$A_2 = 90$ m

$R = 200$ m

$\gamma = 30.1800$



(Şek.3.211)

Aranan : T_1, T_2, \hat{b} ve klotoidin tüm elemanları

ÇÖZÜM : $R = 200$ m

$$A_1 = 150 \text{ m}$$

$$A_2 = 90 \text{ m}$$

$$L_1 = 112.50 \text{ m}$$

$$L_2 = 40.50 \text{ m}$$

$$\Delta R_1 = 2.63 \text{ m}$$

$$\Delta R_2 = 0.34 \text{ m}$$

$$X_{m1} = 56.10 \text{ m}$$

$$X_{m2} = 20.24 \text{ m}$$

$$X_1 = 111.61 \text{ m}$$

$$X_2 = 40.46 \text{ m}$$

$$Y_1 = 10.49 \text{ m}$$

$$Y_2 = 1.37 \text{ m}$$

$$TK_1 = 37.78 \text{ m}$$

$$TK_2 = 13.51 \text{ m}$$

$$TL_1 = 75.31 \text{ m}$$

$$TL_2 = 27.01 \text{ m}$$

$$\tau = 17.9049^\circ$$

$$\tau = 6.4458^\circ$$

$$t_1 = \tan \frac{\alpha}{2} (R + \Delta R_1)$$

$$t_1 = 48.95$$

$$T_1 = X_{m1} + t_1 + d$$

$$T_1 = 100.03 \text{ m}$$

$$t_2 = \tan \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R_2)$$

$$T_2 = X_{m2} + t_2 - d$$

$$t_2 = 48.40$$

$$T_2 = 73.66 \text{ m}$$

$$d = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{2}$$

$$\alpha = \gamma - (\tau_1 + \tau_2)$$

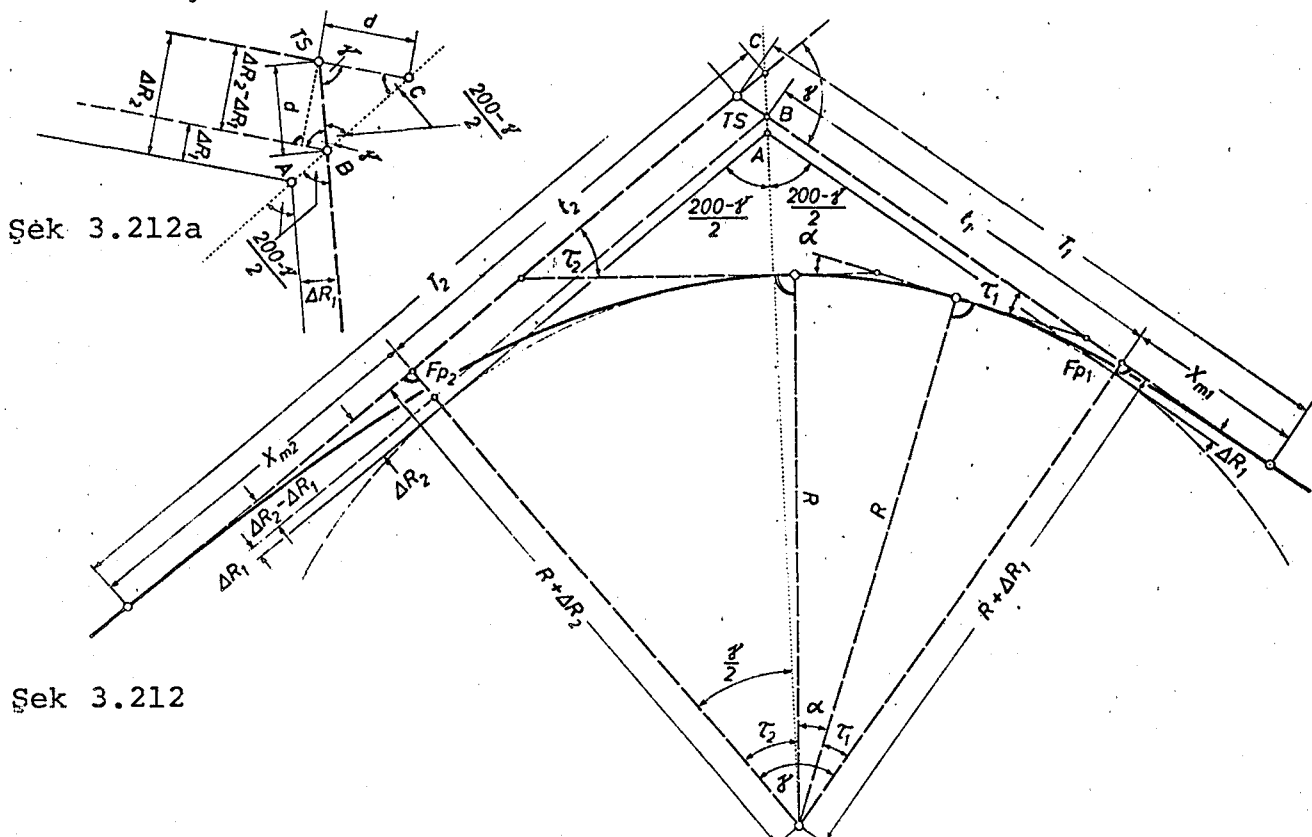
$$d = -5.02$$

$$\alpha = 58.293^\circ$$

$$b = \frac{R \pi \alpha}{200^\circ}$$

$$b = 18.31 \text{ m}$$

Formül çıkarma ;



Yaya teğet çizilerek, ara teğete paralel duran arakesit noktasından A noktası işaretlenir. Birleştirme çizgisi MA, simetrik ekseninde bulunur ve A'daki açığı $\frac{200 - \gamma}{2}$ olacak şekilde ikiye böler. Özellikle üçgenin ana çizgisindeki açı ($\widehat{B.TS.C}$) aynı şekilde $\frac{200 - \gamma}{2}$ olmalıdır. Bundan iki tarafın (\overline{BTS} ve \overline{TSC})'nin aynı uzunlukta olacağı sonucu çıkar. Bu durum şek. 3.212'den çıkarılabilir.

$$\tan \frac{\gamma}{2} = \frac{t_1}{R + \Delta R_1} \quad \tan \frac{\gamma}{2} = \frac{t_2}{R + \Delta R_2}$$

$$t_1 = \tan \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R_1) \quad t_2 = \tan \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R_2)$$

Şek.3.212a'dan yararlanarak sonuç yazılır.

$$\sin \gamma = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{d}$$

$$d = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_1}{\sin \gamma}$$

$$T_1 = X_{m1} + t_1 + d$$

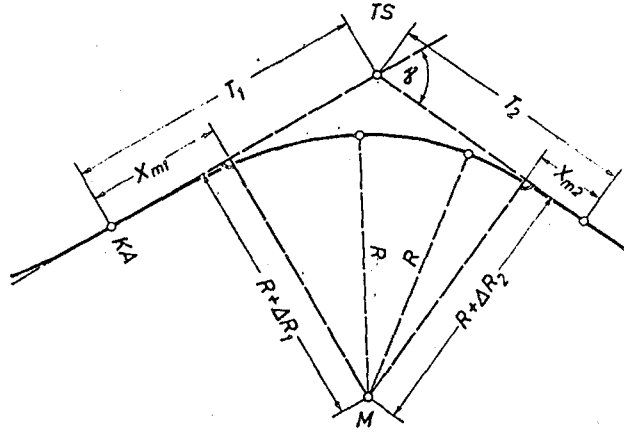
$$T_2 = X_{m2} + t_2 - d$$

Eğri parçasının uzunluğunun hesaplanmasında \hat{b} ve merkez açıya (α) tekrar gereksinim vardır. Teğet açısı τ ile daire merkezindeki ilgili açı τ aynıdır. Buradan $\alpha = \gamma - (\tau_1 + \tau_2)$ sonucunu çıkarabiliriz.

Eğri uzunluğu ise $\hat{b} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha^3}{200}$ formülünden bulunur.

3.22 VERİLEN BİR TEĞET UZUNLUĞUYLA SİMETRİK OLMAYAN GEÇİŞ EĞRİLERİ (RAKORDMAN KURBLARI)

Uygulamada bu konuya az rastlanır. İki teğet uzunluğundan sadece birinin verildiği ender görülür (Şek.3.221)

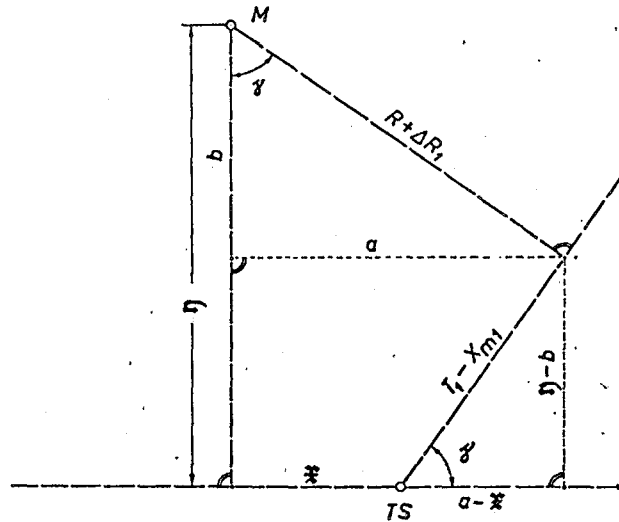


(Şek 3.221)

Öncelikle klotoid boşumunun elemanları alınmalıdır. Böylelikle T_1 ve γ dışında X_{m1} ve ΔR_1 'de bilinmiş olur. Bu değerlerle orta nokta (M) diğer teğetin durumuna dönüştürülebilir.

$$\begin{aligned} \eta &= (T_1 - X_{m1}) \sin \gamma + (R_1 + \Delta R_1) \cos \gamma \\ \xi &= (R_1 + \Delta R_1) \sin \gamma - (T_1 - X_{m1}) \cos \gamma \end{aligned} \quad (15)$$

Formül çıkarma :



(Şek 3222)

$$\sin \gamma = \frac{\eta - b}{T_1 - X_{m1}}$$

$$\eta = (T_1 - X_{m1}) \sin \gamma + b$$

$$\cos \gamma = \frac{b}{R + \Delta R_1}$$

$$b = (R + \Delta R_1) \cos \gamma$$

$$\eta = (T_1 - X_{m1}) \sin \gamma + (R + \Delta R_1) \cos \gamma$$

$$\cos \gamma = \frac{a - \ast}{T_1 - X_{m1}}$$

$$\ast = a - (T_1 - X_{m1}) \cos \gamma$$

$$\sin \gamma = \frac{a}{R + \Delta R_1}$$

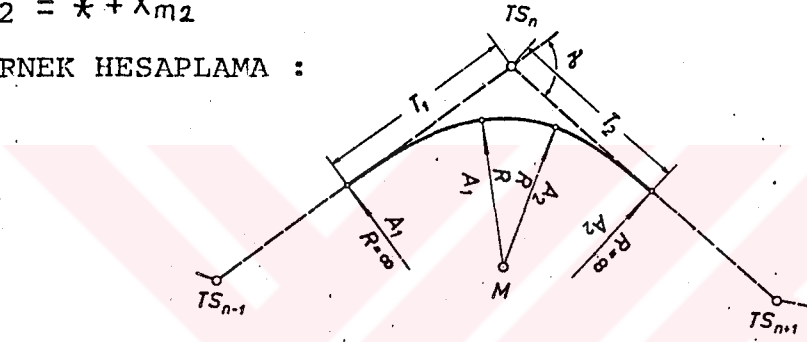
$$a = (R + \Delta R_1) \sin \gamma$$

$$\ast = (R + \Delta R_1) \sin \gamma - (T_1 - X_{m1}) \cos \gamma$$

Burada R bilindiğinden ΔR_2 , $(h-R)$ çıkarma işlemi sonucunda bulunur. Bunun sonucunda 2 klotoid boğumu için elemanlar tablodan alınarak $\frac{\Delta R_2}{R}$ değeri ve ikinci teğet uzunluğu hesaplanır.

$$T_2 = \ast + X_{m2}$$

ÖRNEK HESAPLAMA :



(Şek 3.223)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Verilenler : } \gamma = 29.5600^\circ \\ T_1 = 114.42\text{m} \end{array} \right\} \text{ Hesaplamadan}$$

$$\left. \begin{array}{l} A_1 = 150\text{m} \\ R = 300\text{m} \end{array} \right\} \text{ Grafik çözümden}$$

Aranan : A_1 ve A_2 için T_2 ve \hat{b}

Çözüm : Klotoid cetvelinden A_1 için elemanlar alınarak dönüştürme formülleri ile η ve \ast ve daha sonra ΔR_2 hesaplanır.

$$\begin{array}{ll} R = 300\text{m} & X_1 = 74.88\text{m} \\ A_1 = 150\text{m} & Y_1 = 3.12\text{m} \\ L_1 = 75.00\text{m} & TK_1 = 25.04\text{m} \\ \Delta R_1 = 0.78\text{m} & T_{L1} = 50.04\text{m} \\ X_{m1} = 37.48\text{m} & \tau_1 = 7.9578 \end{array}$$

$$\eta = (T_1 - X_{m1}) \sin \gamma + (R_1 + \Delta R_1) \cos \gamma$$

$$\eta = 76.94 \cdot 0.44782 + 300.78 \cdot 0.89912$$

$$\eta = 303.39 \text{ m}$$

$$\ast = (R_1 + \Delta R_1) \sin \gamma - (T_1 - X_{m1}) \cos \gamma$$

$$\ast = 300.78 \cdot 0.44782 - 76.94 \cdot 0.89412$$

$$\ast = 65.90 \text{ m}$$

$$\eta = (R + \Delta R_2)$$

$$\Delta R_2 = \eta - R$$

$$\Delta R_2 = 303.29 - 300.00$$

$$\Delta R_2 = 3.39 \text{ m}$$

Bu değer yarıçapa bölünerek cetvel değeri bulunur. Klotoid elemanları tablodan alınır ve sonuçta T_2 teğeti ile \hat{b} eğri uzunluğu hesaplanır.

$$\frac{\Delta R_2}{R} = \frac{3.39}{300} = 0.011300 \quad \text{Cetvel değeri}$$

$$R = 300 \text{ m}$$

$$X_2 = 155.36 \text{ m}$$

$$A_2 = 216.62 \text{ m}$$

$$Y_2 = 13.53 \text{ m}$$

$$L_2 = 156.42$$

$$TK_2 = 52.48 \text{ m}$$

$$\Delta R_2 = 3.39 \text{ m}$$

$$TL_2 = 104.65 \text{ m}$$

$$X_{m2} = 78.03 \text{ m}$$

$$\tau_2 = 16.5965$$

$$T_2 = \ast + X_{m2}$$

$$T_2 = 65.90 + 78.03$$

$$T_2 = 143.93 \text{ m}$$

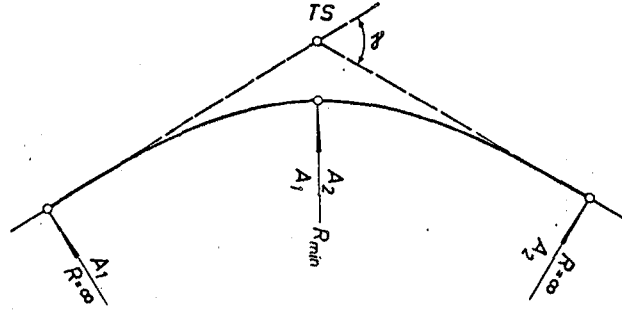
$$\alpha = \gamma + (\tau_1 + \tau_2)$$

$$\hat{b} = \frac{R \cdot \pi \alpha^2}{200}$$

$$\alpha = 5.0057^\circ$$

$$\hat{b} = 23.59 \text{ m}$$

4- KLOTOİD BİRLEŞME NOKTASI



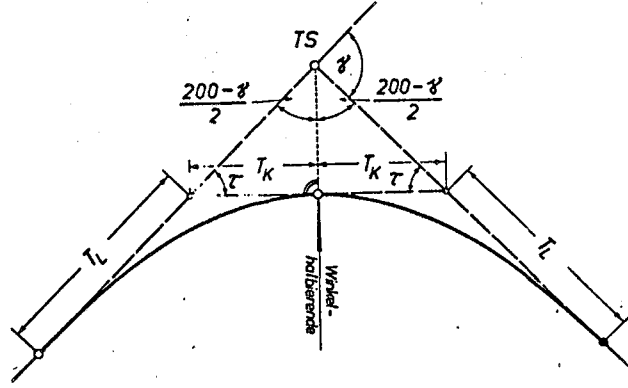
(Şek.4.1)

Klotoid birleşme noktası ara eğimsiz birleşen iki klotoid eğrisinden oluşur. Değme noktasında heriki klotoid eşit yarıçapa ve ortak bir teğete sahiptir. Parametreler heriki eğri için aynı olacağı gibi farklı da olabilir. Benzer geçiş eğrilerinde olduğu gibi buradada iki eşit klotoid simetrik klotoid sapma açısına sahiptir. Arageçiş eğrisinin olmaması otomobil sürücülerinin dayanımını zayıflatır. Çünkü direksiyon ortak birleşme noktasında bir dönel duruma geçiş yapmaktadır. Dönel eğimde direksiyon döndürülür ve eğri geçilene dek sabit kalır, Klotoid sapma açısının tepe açısı olarak kabul edilmesi yükseltilmiş rampa eğiminin azaltılmasına bağlıdır. Klotoidlere dever verilmişse birleşme kendiliğinden olur. Özellikle klotoid ve dever verilmiş rampa aynı noktada birleşir. Buradaki klotoidin R yarıçapının min. veya değişken olduğu ispatlanabilir. Bu değişim küçük kurplara ve arazide viraj olarak nitelendirilen gidiş çizgilerine etki eder. Fakat büyük yarıçaplı eğrilerde klotoid sapma açısının kullanımı yolların aplikasyonu için ideal değildir. Bu her iki durum gerçek bir anlam ifade etmez. Bu şekildeki eğrilerin kullanımı ender rastlanan bir durumdur. Çok defa büyük eğriler düz arazide bulunduğundan suların akıtılmasında çok kısa geçiş eğrileri kullanılır.

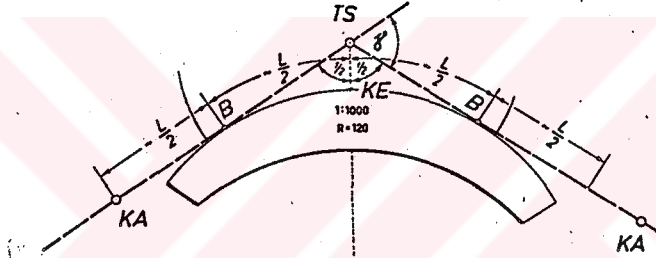
4.1 SİMETRİK KLOTOİD BİRLEŞME NOKTASI

İki geçiş eğrisinin birleştiği nokta ile tepe noktasını birleştiren doğru, $(200 - \delta)$ açısını iki eşit parçaya bölüyorsa simetrik klotoid birleşme noktasından sözedilir. (Şek.4.11)

(Şek.4.11)



GRAFİK ÇÖZÜM :



(Şek.4.12)

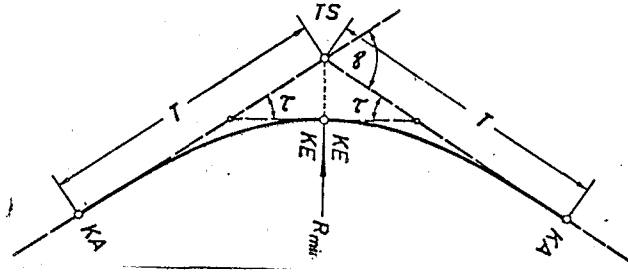
İlk olarak, ikiye bölünen açığı çizmek amaçla daha uygundur. Aralıklar için belirlemeler eğri cetvellerine göre yapılır. \overline{BKE} teğet değme noktası ile \overline{KAB} teğet değme noktası aynı uzunluktadır. Bu uzunluklar yaklaşık olarak $\frac{1}{2}L$ kadardır. R, L değerleri grafik olarak elde edilir. Parametre A

$$A' = \sqrt{R \cdot L}$$

formülü ile kesin olarak bulunur.

4.11 DAİRESEL A VE DAİRESEL OLMAYAN R_{MIN} İLE SİMETRİK KLOTOİD AÇISI (NORMAL DURUM)

Simetrik klotoid sapma açısı KATS teğet doğrusunun uzantısı ile TS KA teğet arasında kalan açıdır. Çoğunlukla yarıçap tamamıyla dairesel veya dairesel olmayan bir değer alır. Dairesel değerler alması kullanım açısından tercih edilir. Klotoid için dairesel bir parametre bulunarak, cetvelden karşılık gelen ilgili değerler belirlenir.



(Şek.4.111)

Verilenler : δ açısı } Ölçü veya hesaplama sonucu
 L } Grafik çözümden
 R_{min} } Grafik çözümden
Arananlar : Klotoid elemanları A , R_{MIN} , ΔR , vs.
Teğet uzunluğu T

Çözüm : Dış açı δ karşılıklı heriki iç açının toplamına eşittir ve her iki iç açı birbirinin aynısıdır.

$$\delta = 2\tau \text{ Veya } \frac{\delta}{2} = \tau$$

Bu açıların yardımıyla : τ , $\frac{A}{R}$, $\frac{L}{R}$, $\frac{\Delta R}{R}$ vs. değerleri cetvelden elde edilir. A' Parametresi tahmini olarak hesaplanır.

$$A' = \sqrt{R_{min} \cdot L}$$

A için en yakın dairesel değer seçilir ve hesaplama şekli kabul edilir. Son yarıçap $R_{min} = A \cdot \frac{A}{R}$ formülünden hesaplanır.

Cetvel değerleri $\frac{A}{R}$, $\frac{L}{R}$, $\frac{\Delta R}{R}$ v.s..... R_{Min} ile çarpılarak klotoid elemanları elde edilir.

Teğet uzunluğu $T = X + y \tan \frac{\gamma}{2}$ formülünden hesaplanır.

ÖRNEK HESAPLAMA :

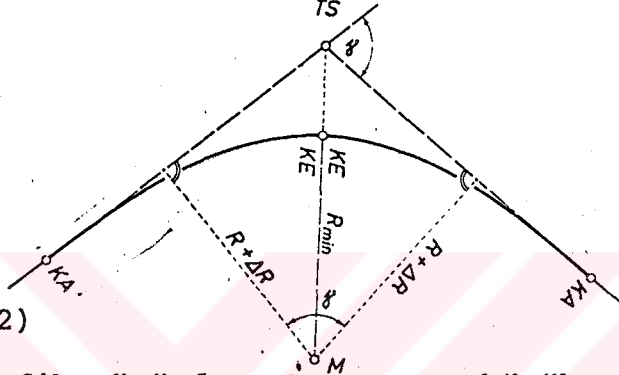
Verilen : $\gamma = 17.2200^\circ$

$R_{\text{Min}} = 200\text{m}$

$L' = 60\text{m}$

Arananlar : Klotoid elemanları

Teğet uzunluğu T



(Sek.4.112)

Çözüm: Grafik çözümden L' ve en küçük yarıçap R'_{MIN} uzunlukları bulunur.

$$A' = \sqrt{R'_{\text{Min}} \cdot L'}$$

$$A' = \sqrt{200 \cdot 60}$$

$$A' = 109.54 \text{ m}$$

Böylece değere en yakın A parametresi $A \approx 110\text{m}$ olur.

Bu değer kesin hesaplama için yeterlidir. Cetvel değeri alınırken γ açısı ikiye bölünür. Çünkü $\frac{\gamma}{2} = \gamma'$ dur. $\gamma' = 8.6100^\circ$

Bu hesaplamaadan sonra cetvel başlangıç değeri bulunur ve gerekli olan bütün değerler buna göre elde edilir.

Tablo 4.11

| Elemanlar | Cetvel Değeri | R | Eleman |
|------------|---------------|----------|-----------------------|
| R | = 1,000 0000 | • 211,50 | = 211,50 m |
| L | = 0,270 4911 | • 211,50 | = 57,21 m |
| A | = 0,520 0874 | • 211,50 | = 110,00 m |
| ΔR | = 0,003 047 | • 211,50 | = 0,64 m |
| X_m | = 0,135 163 | • 211,50 | = 28,59 m |
| X | = 0,269 997 | • 211,50 | = 57,10 m |
| Y | = 0,012 178 | • 211,50 | = 2,58 m |
| τ | | | = 8,6100 ^g |

$$Q = \frac{29}{1022} = 0,0284$$

Elemanların kesin değeri için son yarıçap R_{min} çarpma faktörü olarak gerekir.

$$R_{Min} = A : \frac{A}{R}$$

$$R_{Min} = 110 : 0.5200874 = 211.50 \text{ m.}$$

R_{Min} değeri ile bütün karşılık gelen cetvel değerleri çarpılır ve bilinmeyen teğet uzunluğu $T = X + Y \tan \frac{\gamma}{2}$ formülünden elde edilir.

$$T = X + Y \tan \frac{\gamma}{2}$$

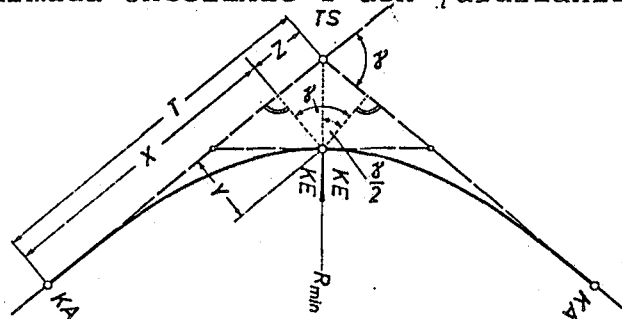
$$T = 57.10 + 2.58 \cdot 0.13608$$

$$T = 57.45 \text{ m}$$

Bu değerle bütün gerekli büyüklükler hesaplanır.

FORMÜL ÇIKARMA :

Formül çıkarmada öncelikle T'den yararlanılır.



(Sek 4.113)

KE'deki açı (γ), simetrik klotoid sapma açısına eşittir.

TS - KE doğrusu bu açıyı iki eşit parçaya böler. (Kenarların teğetlere göre dik olmasından dolayı) Z uzunluğu TS KE A üçgeninden bulunur. Bulunan bu değere X değeri eklenerek teğet uzunluğu hesaplanmış olur.

$$\tan \frac{\gamma}{2} = \frac{Z}{Y}$$

$$T = X + Y \tan \frac{\gamma}{2} \quad (16)$$

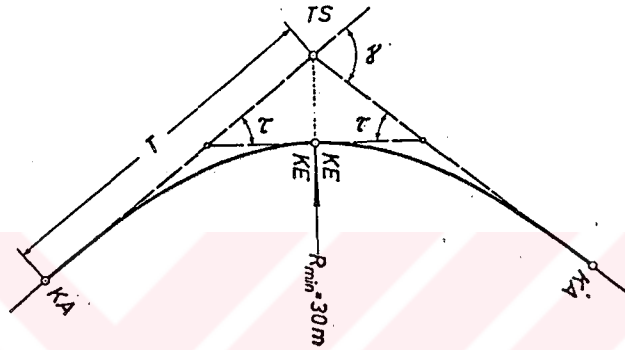
$$Z = Y \tan \frac{\gamma}{2} \Rightarrow T = X + Z$$

4.12 DAİRESEL OLMAYAN A ve DAİRESEL R_{Min} İLE SİMETRİK KLOTOİD BİRLEŞİMİ

Ender durumlarda en küçük yarıçap için yuvarlak bir değer kullanılır. Elemanların hesaplanması Bölüm 4.11'de olduğu gibi yapılır.

Öncelikle cetvel değerleri karşılığı alınırken $\tau = \frac{\gamma}{2}$ ye göre düzenlenmiş cetvel değerlerinden (τ) yararlanır. Bulunan değerler R_{min} ile çarpılır. Teğet uzunlukları : $T = X + Y \tan \frac{\gamma}{2}$ formülünden belirlenir.

ÖRNEK HESAP



(Şek.4.121)

Verilen : $\gamma = 115.280^\circ$

$R = 30m$

Aranan : Klotoid elemanları

Teğet uzunluğu T

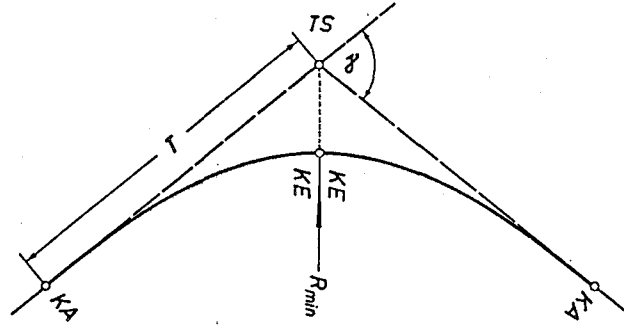
ÇÖZÜM : $\tau = \frac{\gamma}{2}$

$\tau = 57.6400^\circ$

Karşılık gelen değerlerin bulunması sırasında τ 'ya göre elemanların hesaplanması :

$$\begin{aligned}
 L &= 1.8108143.30 = 54.32m & T &= X + \tan \frac{\gamma}{2} \\
 A &= 1.3456640.30 = 40.37m & T &= 50.04 + 15.46 \cdot 1.27425 \\
 \Delta R &= 0.132696.30 = 3.98m & T &= \underline{69.74m} \\
 X_m &= 0.881223.30 = 26.44m & Q &= \frac{4843}{5262} = 0.9204 \\
 X &= 1.667897.30 = 50.04m & & \\
 Y &= 0.515332.30 = 15.46m & & \\
 \tau &= & & = 57.6400^\circ
 \end{aligned}$$

4.13 VERİLEN BİR TEĞET UZUNLUĞU İLE SİMETRİK KLOTİD BİRLEŞİMİ



(Şek.4.131)

Verilenler : Teğet kesim açısı γ
Teğet uzunluğu T

Arananlar : Klotoid elemanları

Çözüm : İstenen klotoid elemanları karşılaştırma sırasında cetvel değeri $\tau = \frac{\gamma}{2}$ ye göre bulunur. Teğet uzunluğu $T = X + Y \tan \frac{\gamma}{2}$ formülünden hesaplanır.

$$T = X + Y \tan \frac{\gamma}{2}$$

Denklem R ile bölünürse :

$$\frac{T}{R} = \frac{X}{R} + \frac{Y}{R} \tan \frac{\gamma}{2}$$

buradan

$$R = \frac{T}{\frac{X}{R} + \frac{Y}{R} \tan \frac{\gamma}{2}} \quad \text{formülü bulunur.}$$

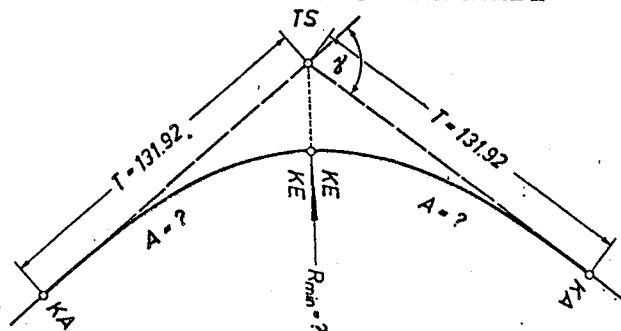
Bu formülde sağ tarafta bilinen elemanlar mevcuttur ve R kolayca hesaplanır. Elde edilen R değeriyle, önceden bulunan cetvel değerlerinin tümü çarpılarak problem çözülür.

ÖRNEK :

Verilenler $\gamma = 27.8200^{\circ}$

$T = 191.92 \text{ m}$

Arananlar Klotoid elemanları



(Şek.4.132)

Çözüm : Arzu edilen klotoid elemanları karşılaştırma sırasında τ cetvel değerine göre tablodan alınır.

Tablo 4.13

| Elemanlar | Cetvel Enterpolasyon Değeri | Yarıçap | Eleman |
|----------------|-----------------------------------|----------|------------------------|
| A | = 0,661 0513 | · 298,49 | = 197,32 m |
| R | = 1,000 0000 | · 298,49 | = 298,49 m |
| L | = 0,436 9948 | · 298,49 | = 130,44 m |
| ΔR | = 0,007 944 | · 298,49 | = 2,37 m |
| X | = 0,218 150 | · 298,49 | = 65,12 m |
| X ^m | = 0,434 913 | · 298,49 | = 129,82 m |
| Y | = 0,031 721 | · 298,49 | = 9,47 m |
| τ | | | = 13,9100 ⁶ |

$$Q = \frac{444}{2815}$$

$$Q = 0,1577$$

$$R = \frac{T}{\frac{X}{R} + \frac{Y}{R} \tan \frac{Y}{2}}$$

$$R = \frac{131,92}{0,434913 + 0,031721 \cdot 0,22204}$$

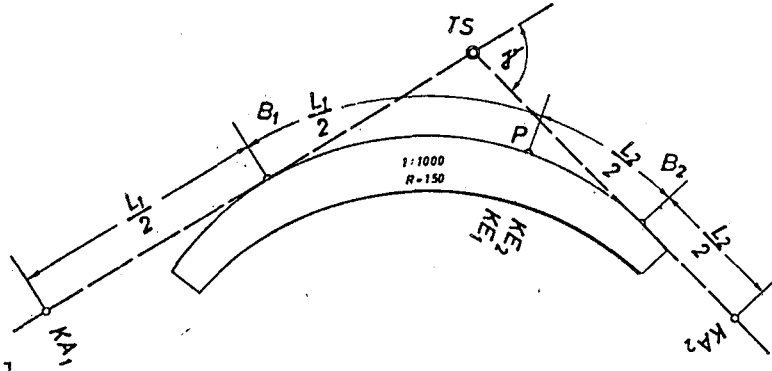
$$\underline{\underline{R = 298,49 \text{ m}}}$$

Bulunan R değeri ile bütün cetvel değerleri çarpılır.

4.2 SİMETRİSİZ KLOTİD BİRLEŞİMLERİ

Simetrik olmayan klotoid birleşimi, farkı parametrelerle iki klotoid eğrisinden oluşur. Birleştirme noktasında her iki eğrinin yarıçapları eşittir ve ortak teğete sahiptirler.

Grafik çözüm, simetrik çözümden olduğu gibi uygulanır. Teğet uzunluklarının sonuç üzerinde ve zorunlu noktaların parametrelerinin seçiminde etkileri fazladır.



Şek. 4.21

Teğet uzunlukları sonuç üzerinde kesin etkili olunca klotoid uzunlukları bir yay cetveli yardımıyla tekrar saptanır. Önce değme noktaları B_1 ve B_2 bulunur. Değme noktası en yakın şekilde, yarım klotoid uzunluğunda tespit edilir. Yay üzerindeki P noktasının aşağıya belirtilen şartları, daire çevresi ile birlikte sağlaması denenir.

$$\overline{KA_1B_1} = \overline{B_1P}$$

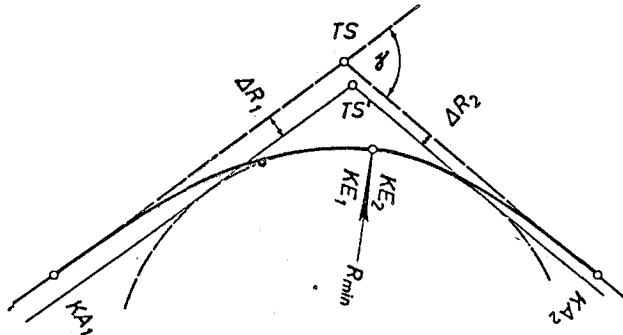
$$\overline{PB_2} = \overline{B_2KA_2}$$

Bu şekilde öncelikle KA_1 ve KA_2 noktaları tespit edilir. Eksenin klotoid başlangıçlarında bitişik yaylar sözkonusudur. Önceki denemelere göre farklı yay cetvelleri ile bu şart sağlanır. Böylece L'_1 , L'_2 ve en küçük yarıçap R_{min} bulunmuş olur.

$$A'_1 = \sqrt{R_{min} L'_1}$$

$$A'_2 = \sqrt{R_{min} L'_2}$$

Bu iki büyüklük, hesap makinası ile hesaplanarak parametre için yuvarlak bir değer seçilir ve klotoid elemanları hesaplanır. (Bölüm 4.21) Teğet uzunluğunun gerekli olmadığı durumlarda, başka bir grafik metoddan yararlanmak gerekir.



(Şek. 4.22)

Bilinen yay ve klotoid cetvelleri yardımıyla istenilen elemanlar bulunur. Öncelikle, en çok gerekli olan boyutlar ($A_1, A_2, \Delta R_1, \Delta R_2$ ve R_{min}). I cetvelinden alınarak ΔR_1 ve ΔR_2 değerlerine göre TS' noktasını oluşturan teğetler çizilir. (Şek.4.22)

Çizilen teğetlerin kesişmesi ile TS' noktası bulunur. Böylece heriki klotoid yeterli incelikte elde edilir.

4.21 DAİRESEL A_1, A_2 VE DAİRESEL OLMAYAN R_{MIN} İLE SİMETRİSİZ KLOTOİD SAPMA AÇISI

Buradada simetrik şekilde olduğu gibi genellikle en küçük yarıçapın yuvarlak olmayan bir değeri bulunur. Esas olarak tespit edilen dairesel Parametrelerin var olması için en iyi yol budur. Her iki klotoid elemanlarının bulunmasında dairesel olmayan eşit en küçük yarıçap (R_{min})dan yararlanılır. Parametrelerin R_{min} 'a bölünmesi sonucu cetvel değerleri bulunmuş olur. Klotoid elemanları bu değerlere göre tablodan alınır.

Verilenler : $A_1, A_2 \approx R_{min}, \gamma$

Arananlar :

Her iki klotoidin elemanları

Teğet uzunlukları T_1, T_2

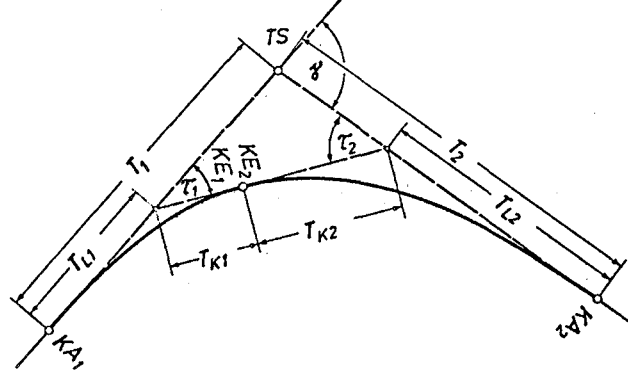
$$\text{Çözüm : } R_{min} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2}{\gamma} \cdot \frac{\rho}{2}} \quad (17)$$

formülüne göre en küçük yarıçap bulunur. Klotoid elemanları cetveldən alınır. Cetvel başlangıcı :

$$A_1 : \frac{A_1}{R_{min}} \quad \text{için} \quad A_2 : \frac{A_2}{R_{min}} \quad \text{OLUR,}$$

Böylece gerekli elemanlar bulunmuş olur. T_1 ve T_2 teğet uzunlukları aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

$$\begin{aligned} T_1 &= -T_{L1} + \frac{\sin \zeta_2 (T_{K1} + T_{K2})}{\sin \gamma} \\ T_2 &= T_{L2} + \frac{\sin \zeta_1 (T_{K1} + T_{K2})}{\sin \gamma} \end{aligned} \quad (18)$$



(Şek. 4.211)

ÖRNEK HESAP

Verilen $A_1 = 60\text{m}$
 $A_2 = 125\text{m}$
 $\gamma = 17.3605^\circ$
 $R_{\min} = 190\text{m}$

Aranan : Heriki klotoidin elemanları
 Teğet uzunlukları T_1, T_2

$$\text{ÇÖZÜM : } R_{\min} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2}{\gamma} \cdot \frac{f}{2}}$$

$$R_{\min} = \sqrt{\frac{60^2 + 125^2}{17.3605} \cdot 31.8310}$$

$$R_{\min} = \sqrt{35249 \cdot 6176}$$

$$R_{\min} = 187.75\text{m}$$

Cetvel başlangıç değerleri :

$$\frac{A_1}{R_{\min}} = \frac{60}{187.75} = 0.3195739$$

$$\frac{A_2}{R_{\min}} = \frac{125}{187.75} = 0.6657790 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu sonuçlara bağlı olarak gerekli olan bütün elemanlar aşağıdaki gibi bulunur.

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| $A_1 = 60 \text{ m}$ | $A_2 = 125 \text{ m}$ |
| $L_1 = 19.17 \text{ m}$ | $L_2 = 83.22 \text{ m}$ |
| $\Delta R_1 = 0.08 \text{ m}$ | $\Delta R_2 = 1.53 \text{ m}$ |
| $X_{m1} = 9.59 \text{ m}$ | $X_{m2} = 41.54 \text{ m}$ |
| $X_1 = 19.17 \text{ m}$ | $X_2 = 82.82 \text{ m}$ |
| $Y_1 = 0.333 \text{ m}$ | $Y_2 = 6.13 \text{ m}$ |
| $TK_1 = 6.39 \text{ m}$ | $TK_2 = 27.87 \text{ m}$ |
| $TL_1 = 12.79 \text{ m}$ | $TL_2 = 55.63 \text{ m}$ |
| $\zeta_1 = 3.2509$ | $\zeta_2 = 14.1096$ |

Teğet uzunlukları 18 nolu formülden hesaplanır.

$$T_1 = TL_1 + \frac{\sin \zeta_2 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

$$T_2 = 12.79 + \frac{0.21982 \cdot 34.26}{0.26933}$$

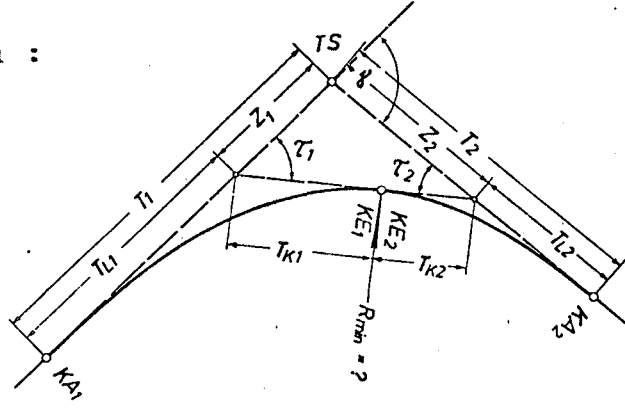
$$T_1 = 40.75 \text{ m}$$

$$T_2 = TL_2 + \frac{\sin \zeta_1 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

$$T_2 = 55.63 + \frac{0.05104 \cdot 34.26}{0.26933}$$

$$T_2 = 62.12 \text{ m}$$

Formül çıkarma :



(Şek.4.22)

$$\text{Ana formüle göre } z = \frac{A^2}{R^2} \frac{f}{2}$$

$$z_1 = \frac{A_1^2}{R^2_{\min}} \frac{f}{2}$$

$$z_2 = \frac{A_2^2}{R^2_{\min}} \frac{f}{2}$$

$$\underline{y = z_1 + z_2} \quad \text{elde edilir.}$$

Çünkü bir üçgenin içindeki iç açılarının toplamı onların karşılıklı dış açılarının $z_1 + z_2 = \gamma = \left(\frac{A_1^2}{R^2_{\min}} + \frac{A_2^2}{R^2_{\min}} \right) \frac{f}{2}$ toplamına eşittir.

$$\gamma = \frac{A_1^2 + A_2^2}{R^2_{\min}} \frac{f}{2}$$

$$\underline{R_{\min} = \sqrt{\frac{A_1^2 + A_2^2}{\gamma} \frac{f}{2}}} \quad (19)$$

Teğet uzunlukları, klotoid üzerindeki uzun ve kısa teğetlerden çıkarılmalıdır. z_1 ve z_2 yardımcı büyüklükleri, sinüs formülünden hesaplanır.

$$\frac{Z_1}{(TK_1 + TK_2)} = \frac{\sin \zeta_2}{\sin(200 - \gamma)} \quad \frac{Z_2}{(TK_1 + TK_2)} = \frac{\sin \zeta_1}{\sin(200 - \gamma)}$$

$$\sin(200 - \gamma) = \sin \gamma$$

$$Z_1 = \frac{\sin \zeta_2 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

$$Z_2 = \frac{\sin \zeta_1 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

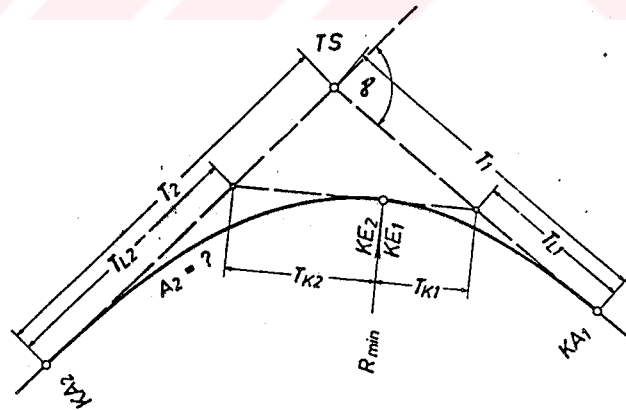
$$T_1 = TL_1 + Z_1$$

$$T_2 = TL_2 + Z_2$$

$$T_1 = TL_1 + \frac{\sin \zeta_2 (TK_1 + TK_2)}{\sin \zeta} \quad T_2 = TL_2 + \frac{\sin \zeta_1 (TK_1 + TK_2)}{\sin \zeta} \quad (20)$$

4.22 DAİRESEL R_{min} İLE BİR DAİRESEL VE DAİRESEL OLMAYAN A İLE SİMETRİK OLMAYAN KLOTÖİD TEPE AÇISI

Burada yarıçap 4.21'de olduğu gibi hesaplanmayıp, genelde veri olarak baştan verilir. Önemli olan A₂ Parametresinin ζ_2 açısına göre bulunmasıdır. Problem hernekadar sabit yarıçapla çözülsede, tespit edilen elemanlar ister istemez yuvarlak olmayan A₂ Parametresinin bulunan büyüklükleridir.



(Şekil 4.221)

Verilen : R_{min}, A₁ ≈ A₂, γ

Aranan : Heriki klotoidin elemanları
Teğet uzunlukları T₁ ve T₂

Çözüm : A₁ ve R_{min} değerleri yardımıyla, birinci klotoid için elemanlar cetvelden alınır ve ζ açısı için değer hesaplanır.

Klotoid tepe kesişiminde, teğet açılarının toplamı, teğet kesim açısına eşittir.

$$\gamma = \tau_1 + \tau_2$$

$$\tau_2 = \gamma - \tau_1$$

Yukarıda belirtilen formüle göre τ_2 açısı hesaplanır. Hesaplanan bu açı ile gerekli tüm cetvel değerleri tablodan alınır. Bulunan değerler Rmin ile çarpılır. Teğet uzunlukları ise önceden verilen 20 formülüne göre hesaplanırlar.

$$T_1 = T_{L1} + \frac{\sin \tau_2 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

$$T_2 = T_{L2} + \frac{\sin \tau_1 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

ÖRNEK HESAP

Verilenler : $\gamma = 19.7205^\circ$

$$A_1 = 75 \text{ m}$$

$$A_2 = 90 \text{ m}$$

$$R_{\min} = 150 \text{ m}$$

İstenenler : Her iki klotoid için elemanlar

Teğet uzunlukları T_1 ve T_2

$$\text{Çözüm : } \frac{A_1}{R_{\min}} = \frac{75}{150} = 0.500000$$

A_1 için tablodan elemanlar alınır ve τ_2 açısı hesaplanır.

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| $A_1 = 75 \text{ m}$ | $X_1 = 37.44 \text{ m}$ |
| $R_{\min} = 150 \text{ m}$ | $Y_1 = 1.56 \text{ m}$ |
| $L_1 = 37.50 \text{ m}$ | $TK_1 = 12.52 \text{ m}$ |
| $\Delta R_1 = 0.39 \text{ m}$ | $TL_1 = 25.02 \text{ m}$ |
| $X_{m1} = 18.74 \text{ m}$ | $\tau_1 = 7.9578^\circ$ |

$$\tau_2 = \gamma - \tau_1$$

$$\tau_2 = 19.7205 - 7.9578 = 11.7627^\circ$$

Hesaplanan τ_2 açısına göre A_2 için elemanlar alınarak T_1 ve T_2 formüllerine göre hesaplanır.

$$\begin{aligned} A_2 &= 91.18 \text{ m} & X_2 &= 55.24 \text{ m} \\ R_{\min} &= 150 \text{ m} & Y_2 &= 3.41 \text{ m} \\ L_2 &= 55.43 \text{ m} & TL_2 &= 37.02 \text{ m} & TK_2 &= 18.54 \text{ m} \\ X_{m_2} &= 27.68 \text{ m} & \tau_2 &= 11.7627 \\ \Delta R_2 &= 0.85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$T_1 = TL_1 + \frac{\sin \tau_2 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma} \quad T_2 = TL_2 + \frac{\sin \tau_1 (TK_1 + TK_2)}{\sin \gamma}$$

$$T_1 = 25.02 + \frac{0.18372 \cdot 31.06}{0.30484} \quad T_2 = 37.02 + \frac{0.12467 \cdot 31.06}{0.30484}$$

$$T_1 = 43.74 \text{ m.}$$

$$T_2 = 49.72 \text{ m}$$

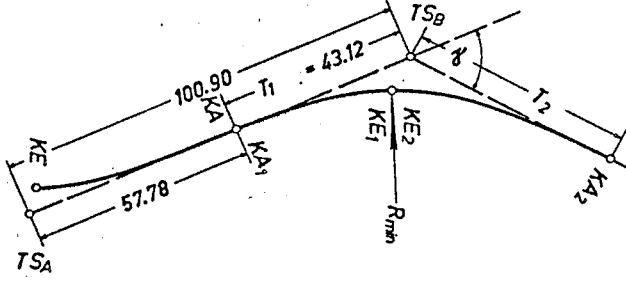
4.23 VERİLEN TEĞET UZUNLUKLARI İLE SİMETRİSİZ KLOTOİD BİRLEŞİMİ.

Elemanlar orantılı olarak büyütülüp, küçülterek kestirme bir çözüm bulunabilirse problem en basit bir şekli indirgenmiş olur. Her durumda parametre için yuvarlak olmayan değerler ortaya çıkar. Çözüm 4.22 de anlatıldığı gibi olur. Önce grafik çözümde bilinen elemanlar ile bir hesap yapılır. Bulunan teğet uzunlukları (T_1 ve T_2) aracılığı ile bütün elemanlar, dış açılar, teğet uzunlukları (T_1 ve T_2), orantılı olarak büyütülür veya küçültülür. Benzer olan her iki teğet uzunluklarından yararlanarak Q teşkil edilir. Sonuçta bu değerlerle bütün elemanlar çarpılır.

$$Q = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{veya} \quad Q = \frac{T_2}{T_2}$$

ÖRNEK HESAP:

Örnek hesabın basit olması için çözüm bölüm 4.22 deki gibi oluşturulmalıdır.



Şek. (4.231)

TSA'dan TSB'ye kadar olan teğet uzunluğunun 100.90m olduğunu kabul edelim $T_1 = 43.12$ olarak verildiğinden TSA ile KA_1 arasında istenen mesafenin 57.78m olduğu anlaşılır. Böylece geriye fazladan 43.12m kalır. Burada önemli olan mesafe TSA ile KA_1 arasındaki mesafedir. Çünkü KA_1 noktası 1. klotoidin başlangıç noktasıdır ve yapılacak olan hesap orantılı olarak KA_1 'e göre küçültülecektir.

Verilen : $\gamma = 19.7205^\circ$

$$A_1 \approx 75 \text{ m}$$

$$A_2 \approx 90 \text{ m}$$

$$R_{\min} = 150 \text{ m}$$

$$T_1 (\text{azaltılan}) = 43.12$$

Aranan : Her iki klotoidin elemanları
Teğet uzunluğu T_2

Çözüm : Parametreler R_{\min} 'a bölünerek cetvel değerleri elde edilir. Elemanlar bu değerlere göre tablo-
dan alınır.

$$\frac{A_1}{R_{\min}} = \frac{75}{150} =$$

$$\frac{A_2}{R_{\min}} = \frac{91.18}{150}$$

| | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| $L_1 = 37.50\text{m}$ | $TL_1 = 25.02\text{m}$ | $L_2 = 55.43\text{m}$ | $TL_2 = 37.02\text{m}$ |
| $\Delta R_1 = 0.39\text{m}$ | $\zeta_1 = 7.9578^\circ$ | $\Delta R_2 = 0.85\text{m}$ | $\zeta_2 = 11.7627^\circ$ |
| $X_{m1} = 18.74\text{m}$ | $T_1 = 43.74 \text{ m}$ | $X_{m2} = 27.68\text{m}$ | $T_2 = 49.72\text{m}$ |
| $X_1 = 37.44\text{m}$ | | $X_2 = 55.24\text{m}$ | |
| $Y_1 = 1.56\text{m}$ | | $Y_2 = 3.41\text{m}$ | |
| $TK_1 = 12.52\text{m}$ | | $TK_2 = 18.54\text{m}$ | |

$$Q = \frac{T_1 \text{ (azaltılan)}}{T_1} = \frac{43.12}{43.74} = 0.985825$$

Bütün elemanlar bu değerle çarpılarak, kesin büyüklükler bulunur.

$$A_1 = 73.94m$$

$$A_2 = 89.89m$$

$$R_{min} = 147.87m$$

$$L_1 = 36.97m$$

$$L_2 = 54.64m$$

$$\Delta R_1 = 0.38m$$

$$\Delta R_2 = 0.84m$$

$$X_{m1} = 18.47m$$

$$X_{m2} = 27.29m$$

$$X_1 = 36.91m$$

$$X_2 = 54.46m$$

$$Y_1 = 1.54m$$

$$Y_2 = 3.36m$$

$$TK_1 = 12.34m$$

$$TK_2 = 18.28m$$

$$TL_1 = 24.67m$$

$$TL_2 = 36.50m$$

$$\tau_1 = 7.9578^\circ$$

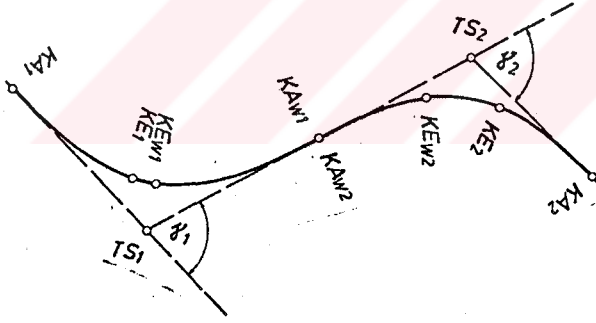
$$\tau_2 = 11.7627^\circ$$

$$T_1 = 43.12m$$

$$T_2 = 49.02m$$

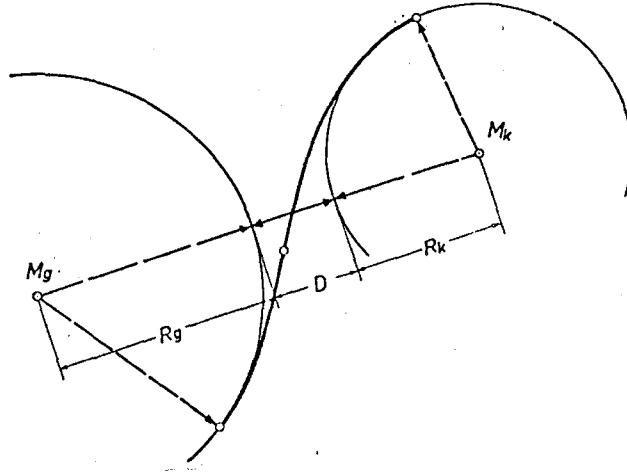
5. DÖNÜM ÇİZGİSİ

Bir doğrultu arasına dönüm çizgisi eklenmeksizin, karşılıklı iki yay parçası birleştirilir. Birleştirilen heriki klotoid boğumu böyle direkt olarak alınımanlara bağlanmış olur. Böylece iki farklı parametre bulunur. Karşı yaylar için eşit bir parametre kullanılması için bir dönüş eğrisi yerleştirilmeye çalışılmalıdır. Böyle bir doğrultuyu hesaba katmak farklı şekilde uygulamalarla yapılır. TS_1 ve TS_2 teğet kesim noktaları tam olarak tespit edildiğinde en az bir dairesel olmayan parametrenin kullanılması mümkün olur. Dönüm teğeti kaydırmalar yapılarak grafik olarak elde edilebilir. Dairelerin orta noktaları hesap yoluyla bulunmalıdır.



(Şek.5.1)

GRAFİK ÇÖZÜM :



(Şek.5.2)

Öncelikle iki ana teğete dayanan klotoid kolları alınmalı ve bitişik yayların çizimleri belirlenmelidir. Yaylara bitişik en küçük D aralığı grafik olarak alınması önemlidir. Böyle oluncada merkezden birleşim noktasına bağlanma çizgisinin çizilmesi zorunlu değildir. D basit olarak derece işaretli cetvel ile bulunabilir. En kısa mesafe bulununcaya kadar yeri değiştirilir. Böylelikle yalın durum diyagramı yardımıyla R_k , R_g , D ve A Parametresi bulunabilir.

Durum diyagramı dört büyüklükten oluşur. Bunlar R_D , R_g , D ve A_w elemanlarıdır. Sadeleştirme R_g elemanına tüm elemanları bölmeyle yapılır. $\frac{R_k}{R_g}$ ve $\frac{D}{R_g}$ değerleri hesapla bulunur. Bu değerlerden faydalanarak, R_g bölümler üzerinde yukarıya, aşağıya, sola ve sağa kaydırmalar (taşınmalar) yapılır ve ara kesit noktası oluşturulur. Sonuçta $\frac{A_w}{R_g}$ değeri kolayca bulunur. R_g ile verilen A_w Parametresi çarpılır.

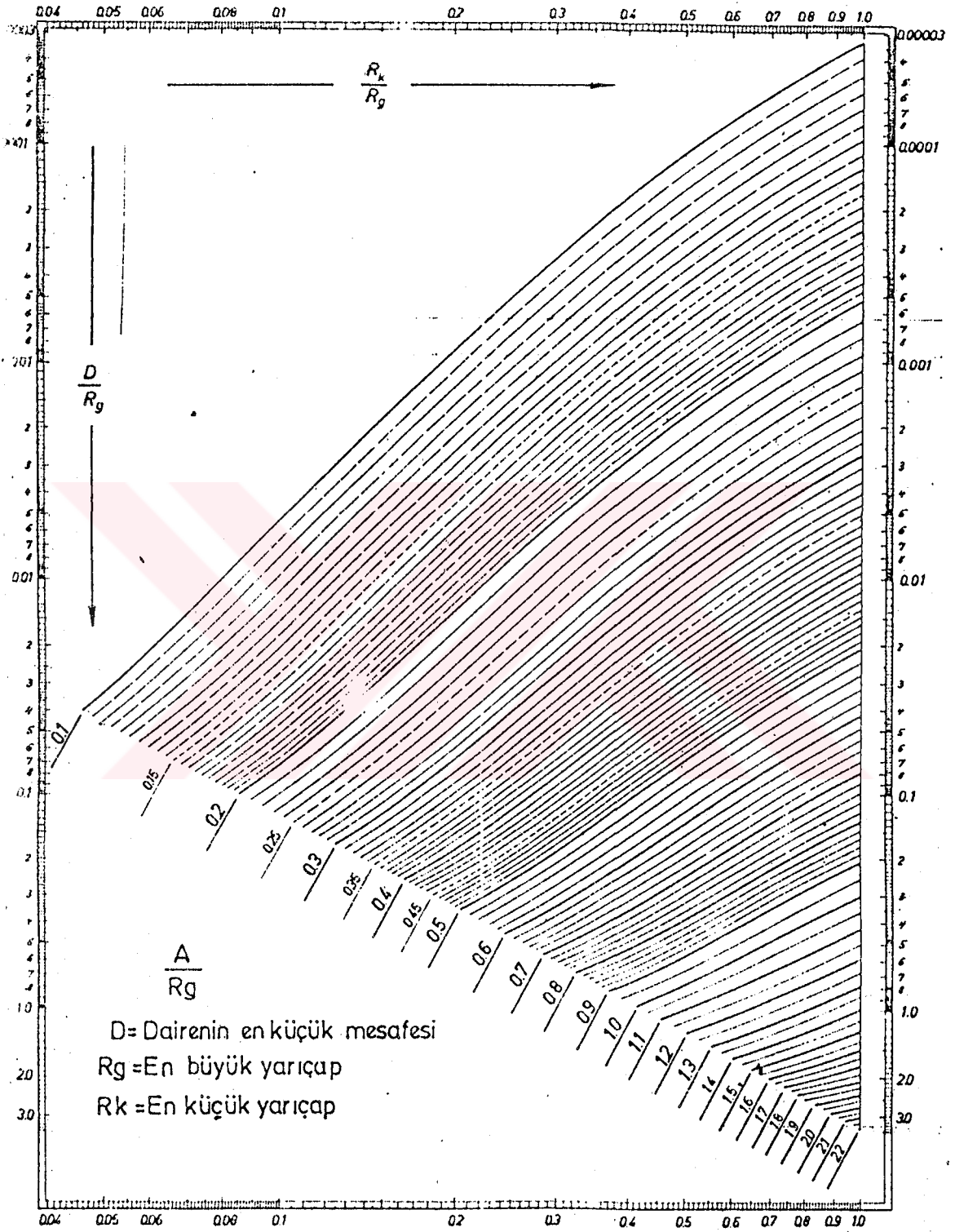
$$A_w = \frac{A_w}{R_g} \cdot R_g$$

Bu değer genellikle yuvarlak bir değer olmaz. Bu yüzden dönüm teğeti tamamıyla belirlenemez. En yakın yuvarlak A_w değeri seçilerek hesaplama yapılır. (Şek.5.23)

D : Dairenin en küçük mesafesi

R_g : En büyük yarıçap

R_k : En küçük "



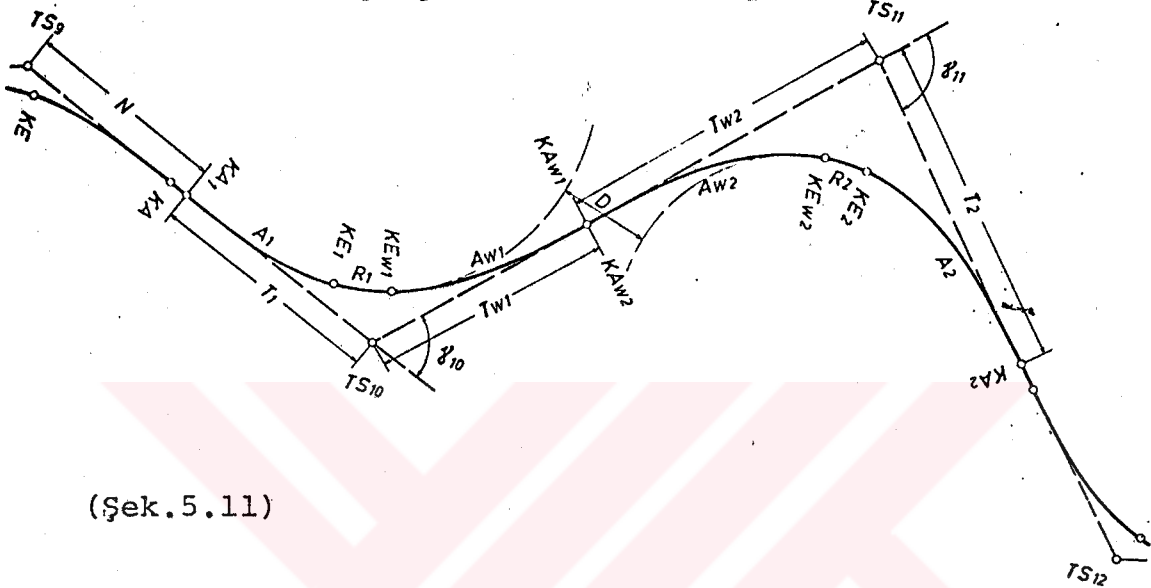
Şekil 5.23

Bazı durumlarda heriki daire merkezi hesaplanarak tespit edilebilir. Böylece Nomogram yardımıyla A_w Parametresi bulunur. Bu durumda D en küçük mesafesi merkez koordinatlardan tam olarak hesaplanır ve D değeri de tam olarak bulunur.

R_g

5.1 BÜTÜN YAY ELEMANLARI İÇİN YUVARLAK DEĞERLERLE DÖNÜM ÇİZGİSİ (NORMAL ŞEKİL)

Normal şekil için, yay elemanları, klotoid başlangıç noktası ve N uzunluğu grafik olarak tespit edilir.



(Şek.5.11)

Verilenler : Teğet kesim noktalarının koordinatları (TS_g , TS_{12} , TS_{10} , TS_{11})

A_1 , R_1 , A_w , R_2 , A_2 ve N

Arananlar : A_1 , A_w ve A_2 için klotoid elemanları

Teğet kesim noktalarının koordinatları (TS_{10} ve TS_{11})

Teğet uzunlukları (T_1 , T_{w1} , T_{w2} , T_2)

Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2

Çözüm : a) Bütün cetvel elemanları tablodan alınır.

b) Tablo 5.12'ye göre M_1 daire merkezinin koordinatlarının hesaplanması

c) Tablo 5.13'e göre M_1 merkez koordinatlarının değişimi. (\mathcal{N}_{m1} ve \mathcal{K}_{m1} 'nin bulunması)

d) $\overline{M_1M_2}$ merkez mesafesinin hesaplanması

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{(R_1 + R_2 + \Delta R_{w1} + \Delta R_{w2})^2 + (X_{mw1} + X_{mw2})^2}$$

e) a, b ve c uzaklıklarının hesaplanması

$$a = (R_2 + \Delta R_2 - \eta_{m1})$$

$$b = \sqrt{(M_1M_2)^2 - a^2}$$

$$c = \eta_{m1} - b - X_{m2}$$

f) Tablo 5.14'e göre M_2 merkez koordinatlarının hesabı

g) Açıklık açısı (M_1, M_2) nin merkez koordinatlardan (M_1 ve M_2) hesaplanması (Sek.5.12)

h) δ Teğet açısının hesabı

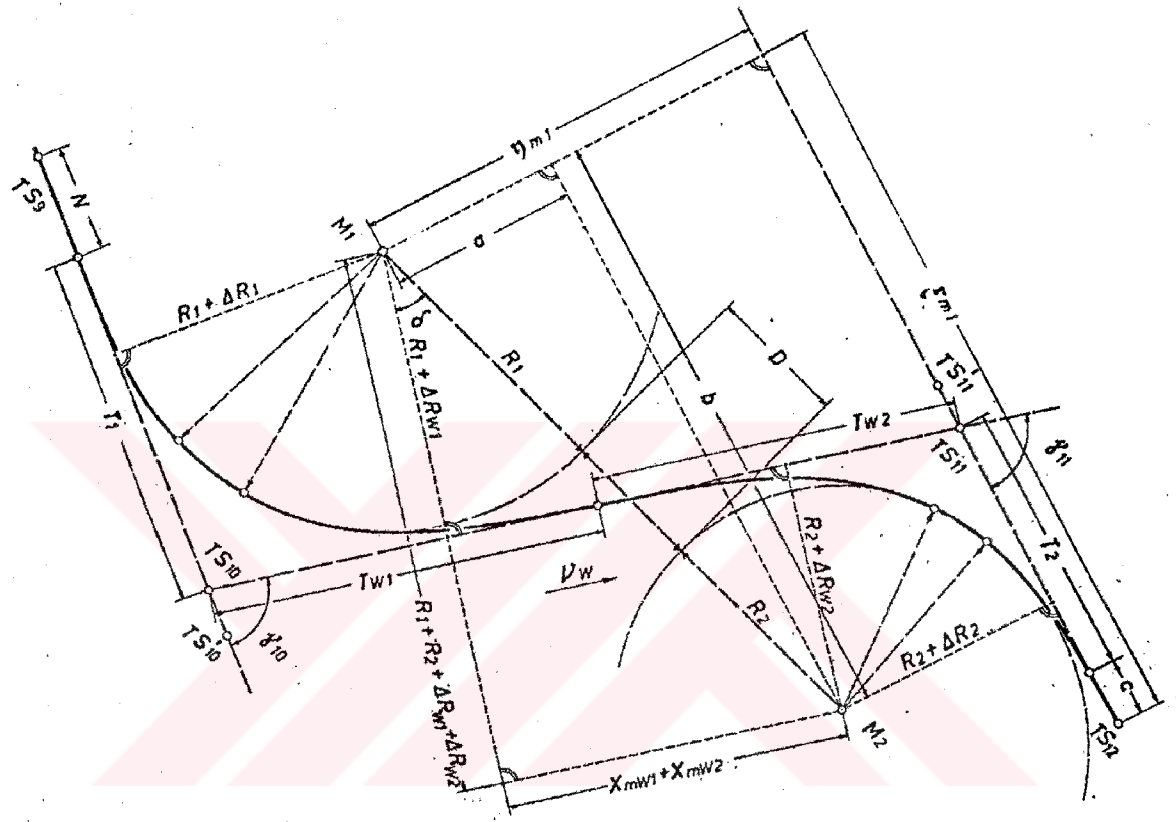
$$\tan \delta = \frac{X_{mw1} + X_{mw2}}{R_1 + R_2 + \Delta R_{w1} + \Delta R_{w2}}$$

i) γ_{10} ve γ_{11} açılarının hesaplanması

Öncelikle (TS_9 TS_{10}) ve (TS_{11} TS_{12}) açıklık açıları koordinatlardan hesaplanır. Açıklık açısı V_w dönüm teğetidir. $V_w = (M_1M_2) \mp \delta - 100'$ δ 'nin işareti farklı çarpanlara bağlıdır. En iyi yol ölçekli bir haritadan yararlanmaktadır. Teğetlerin kesim açıları (TS_9 TS_{10}), (TS_{11} TS_{12}), (TS_{10} TS_{11}) açıklık açılarının hesaplanması ile bulunur

$$\gamma_{10} = (TS_{10}TS_9) - (TS_{10}TS_{11})$$

$$\gamma_{11} = (TS_{11}TS_{12}) - (TS_{10}TS_{11})$$



(Şek.5.12)

k) T_1 , T_{w1} , T_{w2} ve T_2 Teğet uzunluklarının hesabı:

Teğet uzunlukları, simetrik veya simetrik olmayan geçiş eğrileri için verilen formüle göre bulunur.

1) Teğet uzunluklarından kontrol poligonları (TS₉-TS₁₀-TS₁₁-TS₁₂) ve teğetler arakesit açılarının (γ_{10} ve γ_{11}) hesabı:

(TS₁₀ ve TS₁₁) teğetler arakesit noktalarının koordinatları kesin koordinatlardan bulunur. Poligon hesabında kapanma hatası ± 3 cm olmalıdır. Özellikle boyut farklılıklarından dolayı hesaplamada belirgen hatanın dikkate alınması gereklidir.

m) \hat{b}_1 ve \hat{b}_2 yay uzunlukları hesabı :

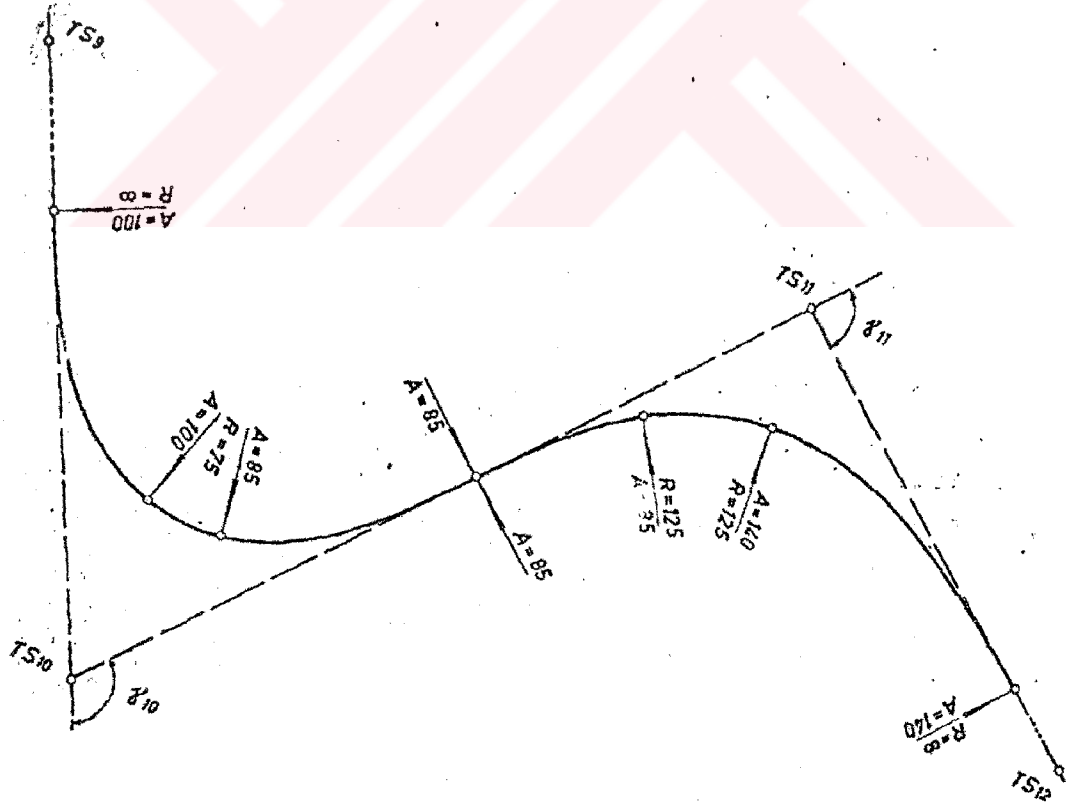
$$\alpha_1 = \gamma_{10} - (\tau_1 + \tau_{w1})$$

$$\hat{b}_1 = \frac{R_1 \cdot \pi \alpha_1}{200}$$

$$\alpha_2 = \gamma_{11} - (\tau_2 + \tau_{w2})$$

$$\hat{b}_2 = \frac{R_2 \cdot \pi \alpha_2}{200}$$

ÖRNEK HESAP :



(Şek.5.13)

Verilen : Teğet arakesit noktalarının koordinatları :

$$TS_9 \quad \begin{array}{c} Y \\ 140.10 \end{array} \quad \begin{array}{c} X \\ 530.27 \end{array}$$

$$TS_{10} \quad 149.48 \quad \begin{array}{c} X \\ 320.51 \end{array}$$

$$TS_{11} \quad 215.92 \quad \begin{array}{c} X \\ 280.12 \end{array}$$

$$TS_{12} \quad 307.92 \quad \begin{array}{c} X \\ 20.46 \end{array}$$

Yay elemanları :

$$A_1 = 100 \text{ m}$$

$$R_1 = 75 \text{ m}$$

$$A_{w1} = A_{w2} = 85 \text{ m}$$

$$R_2 = 125 \text{ m}$$

$$A_2 = 140 \text{ m}$$

$$N = 73.13 \text{ m}$$

Aranan; $A_1 A_w$ ve A_2 için Klotoid elemanları;

Teğet uzunlukları (T_1 , T_{w1} , T_{w2} , ve T_2)

Teğetlerin arakesit noktalarının koordinatları

(TS_{10} ve TS_{11}). Yay uzunlukları (\hat{b}_1 ve \hat{b}_2)

Çözüm a) Cetvelden elemanların alınması ;

Tablo 5.11

| | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| $R_1 = 75 \text{ m}$ | $R_1 = 75 \text{ m}$ | $R_2 = 125 \text{ m}$ | $R_2 = 125 \text{ m}$ |
| $A_1 = 100 \text{ m}$ | $A_{w1} = 85 \text{ m}$ | $A_{w2} = 85 \text{ m}$ | $A_2 = 140 \text{ m}$ |
| $L_1 = 133,33 \text{ m}$ | $L_{w1} = 96,33 \text{ m}$ | $L_{w2} = 57,80 \text{ m}$ | $L_2 = 156,80 \text{ m}$ |
| $\Delta R_1 = 9,60 \text{ m}$ | $\Delta R_{w1} = 5,08 \text{ m}$ | $\Delta R_{w2} = 1,11 \text{ m}$ | $\Delta R_2 = 8,08 \text{ m}$ |
| $X_{m1} = 64,95 \text{ m}$ | $X_{mw1} = 47,51 \text{ m}$ | $X_{mw2} = 28,85 \text{ m}$ | $X_{m2} = 77,38 \text{ m}$ |
| $X_1 = 123,18 \text{ m}$ | $X_{w1} = 92,44 \text{ m}$ | $X_{w2} = 57,49 \text{ m}$ | $X_2 = 150,74 \text{ m}$ |
| $Y_1 = 37,33 \text{ m}$ | $Y_{w1} = 20,02 \text{ m}$ | $Y_{w2} = 4,44 \text{ m}$ | $Y_2 = 31,87 \text{ m}$ |
| $\tau_1 = 56,5884^\circ$ | $\tau_{w1} = 40,8851^\circ$ | $\tau_{w2} = 14,7187^\circ$ | $\tau_2 = 39,9288^\circ$ |

b) M_1 Merkezi koordinatlarının hesabı *

Tablo 5.12

c) Teğetlerden merkezi koordinatların değişimi

Tablo 5.13

d) M_1M_2 merkez aralığının hesabı :

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{(R_1 + R_2 + \Delta R_{w1} + \Delta R_{w2})^2 + (X_{mw1} + X_{mw2})^2}$$

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{206.19^2 + 79.36^2}$$

$$\overline{M_1M_2} = 219.88 \text{ m.}$$

e) a, b, c doğru parçalarının hesabı ;

$$a = (R_2 + \Delta R_2) - \eta_{m1}$$

$$a = 133.08 - 96.49$$

$$a = 36.59 \text{ m}$$

$$b = \sqrt{219.88^2 - 36.59^2} = 216.81$$

$$c = X_{m1} - b - X_{m2}$$

$$c = 416.42 - 216.81 - 77.38$$

$$c = 122.23 \text{ m}$$

f) M_2 Merkez koordinatlarının hesabı

Tablo 5.14

Sayfa No:

| İl | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|--|--------------------|-------------------------|--|-----------------|-----------------|------------------|
| İlçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya - Y | $(Y_a - Y)^2$ | $O = \frac{Y_a - Y}{S}$ | S | Y | X | Nokta No. |
| Ya - X | $(X - X)^2$ | $a = \frac{X - X}{S}$ | | $Y = O \cdot S$ | $X - a \cdot S$ | |
| S | S^2 | $d = S - S$ | | $X_1 = Y + Y$ | $X_1 = X + X$ | |
| | | -0.80986 -0.58663 | | | | |
| | | | | +140.10 | +530.27 | TS ₉ |
| 138.08 | | | | + 28.27 | +449.27 | FpM1 |
| (-84.60) | | | | + 77.90 | +380.75 | M1 |
| 219.49 | | | | -99.85 | +251.99 | Fp |
| 84.90 | | | | -149.48 | +320.51 | TS ₁₀ |
| S=357.57 | | | | -289.58 | -209.76 | |
| | Yan | Hesaplaması : | N = 73.13 X _{m1} = 64.95 138.08 | | | |
| | | | R = 75.00 R ₁ = 9.60 84.60 | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Kontrol: $Y = O \cdot S = Y - Y$ $X = a \cdot S = X - X$ | | | | | | |

Tablo 5.12

Sayfa No:

| İl | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|--|---|--|---------|---|--|--|
| İlçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya — Y Ya — X S | (Ya - Y) ² (X - X) ² S ² | $0 = \frac{Ya-Y}{S}$ $a = \frac{X-X}{S}$ $d = S - S$ | S | Y Y = 0.s X1= Y+ Y | X X = a.s X1= X+ X | Nokta No. |
| | | -0.33396 +0.94257 | | | | |
| | | | | +307.92 | + 20.46 | TS ₁₂ |
| | | | | + 77.90 | +380.75 | M ₁ |
| | | | | +215.92 | +280.12 | TS ₁₁ |
| S=275.48 | | | | - 92.00 | +259.66 | |
| | | | | +a. y -v. x p | +a. x +v. y p | |
| | | | | 0.00 -216.81 +120.32 - 96.49 +130.09 - 33.61 - 0.01 | 0.00 +339.60 + 76.82 +416.42 - 94.85 - 46.09 +275.48 | TS ₁₂ M ₁ TS ₁₁ |
| | | | İstenen | 0.00 | 275.48 | |
| Kontrol: Y = 0 S = Y - Y X = a S = X - X | | | | | | |

Tablo 5.13

Sayfa No:

| il | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|---------------------------------------|--|---|-----------------------------------|--|--|------------------|
| ilçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya — Y Ya — X S | $(Y_a - Y)^2$ $(X - X)^2$ S ² | $d = \frac{Y_a - Y}{S}$ $a = \frac{X - X}{S}$ $d = S - S$ | S | Y Y = 0.s X ₁ = Y + Y | X X = a.s X ₁ = X + X | Nokta No. |
| 275.48 | | -0.33396 0.94257 | | | | |
| | | | | +307.92 | + 20.46 | TS ₁₂ |
| 199.61 | | | | +241.26 | +208.61 | FpM ₂ |
| (-133.08) | | | | +115.82 | +164.16 | M ₂ |
| 75.87 | | | | + 90.48 | +235.68 | Fp |
| (133.08) | | | | +215.92 | +280.12 | TS ₁₁ |
| 275.48 (± 0.00) | | | | - 92.00 | +259.66 | |
| | Yan | Hesaplama: | C= Xm2= 199.61 | 122.23 77.38 199.61 | | |
| | | | R ₂ + R ₂ = | 133.08 | | |
| Kontrol: Y =0 S =Y -Y X = a S = X - X | | | | | | |

Tablo 5.14

- a) (M_1M_2) açıklık açısının ve merkez noktaları arasındaki kenarın $(\overline{M_1M_2})$ hesabı,

$$M_1 \begin{array}{l} + \\ - \end{array} \frac{Y}{77.90} + \frac{X}{380.75}$$

$$\tan(M_1M_2) = \frac{+}{-} 0.17508$$

$$M_2 \begin{array}{l} + \\ + \\ - \end{array} \begin{array}{l} 115.82 \\ 164.16 \\ 37.92 \end{array} \begin{array}{l} + \\ - \\ - \end{array} \begin{array}{l} 216.159 \end{array}$$

$$(M_1M_2) = 188.9659'$$

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{37.92^2 + 216.59^2} = \underline{\underline{219.88m}} \quad \text{Sonuç: } 219.88$$

- h) δ açısının hesabı ;

$$\tan \delta = \frac{X_{mw1} + X_{mw2}}{R_1 + R_2 + \Delta R_{w1} + \Delta R_{w2}}$$

$$\tan \delta = \frac{76.36}{206.19} = 0.37034$$

$$\delta = \underline{\underline{22.5794}}$$

- i) γ_{10} ve γ_{11} teğet arakesit açılarının hesabı;

$$(M_1M_2) = 188.9659$$

$$\delta = + 22.5794$$

$$- 100.000$$

$$Vw = \underline{\underline{-111.5453'}}$$

$$TS \begin{array}{l} + \\ + \end{array} \begin{array}{l} 140.10 \\ - 149.48 \end{array} + \begin{array}{l} 530.27 \\ 320.51 \end{array}$$

$$TS_{10} \begin{array}{l} + \\ - \end{array} \begin{array}{l} 289.58 \\ 209.76 \end{array}$$

$$- 289.58 - 209.76$$

$$TS_{11} \begin{array}{l} + \\ + \end{array} \begin{array}{l} 215.92 \\ 307.92 \end{array} + \begin{array}{l} 280.12 \\ 20.46 \end{array}$$

$$TS_{12} \begin{array}{l} + \\ + \end{array} \begin{array}{l} 92.00 \\ - 259.66 \end{array}$$

$$+ 92.00 - 259.66$$

$$\tan(TS_9TS'_{10}) = \frac{-}{-} 1.38053 \quad \tan(TS'_{11}TS'_{12}) = 0.35431$$

$$(TS_9TS'_{10}) = 260.0911$$

$$(TS'_{11}TS'_{12}) = 178.3224$$

$$- Vw = 111.5453$$

$$- Vw = 111.5453$$

$$\gamma_{10} = \underline{\underline{148.5458'}}$$

$$\gamma_{11} = \underline{\underline{66.7771'}}$$

k) Fröget uzunluklarının Hesabı:

Yaydaki TS_{10}

Yaydaki TS_{11}

$$\frac{Y_{10}}{2} = 74,2729$$

$$R_1 + \Delta R_1 = 84,60$$

$$R_1 + \Delta R_{w1} = 80,08$$

$$\Delta R_{w1} - \Delta R_1 = -4,52$$

$$t_1 = \tan \frac{Y_{10}}{2} (R_1 + \Delta R_1)$$

$$t_1 = 2,33832 \cdot 84,60$$

$$t_1 = 197,82$$

$$t_2 = \tan \frac{Y_{10}}{2} (R_1 + \Delta R_{w1})$$

$$t_2 = 2,33832 \cdot 80,08$$

$$t_2 = 187,25$$

$$d = \frac{\Delta R_{w1} - \Delta R_1}{\sin Y_{10}}$$

$$d = \frac{-4,52}{0,72308}$$

$$d = -6,25$$

$$\frac{Y_{11}}{2} = 33,3886$$

$$R_2 + \Delta R_{w2} = 126,11$$

$$R_2 + \Delta R_2 = 133,08$$

$$\Delta R_2 - \Delta R_{w2} = 6,97$$

$$t_1 = \tan \frac{Y_{11}}{2} (R_2 + \Delta R_{w2})$$

$$t_1 = 0,57851 \cdot 126,11$$

$$t_1 = 72,96$$

$$t_2 = \tan \frac{Y_{11}}{2} (R_2 + \Delta R_2)$$

$$t_2 = 0,57851 \cdot 133,08$$

$$t_2 = 76,99$$

$$d = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_{w2}}{\sin Y_{11}}$$

$$d = \frac{6,97}{0,86689}$$

$$d = 8,04$$

$$T_1 = X_{m1} + t_1 + d$$

$$T_1 = 64,95 + 197,82 - 6,25$$

$$T_1 = 256,52 \text{ m}$$

$$T_{w1} = X_{mw2} + t_2 - d$$

$$T_{w1} = 47,51 + 187,25 + 6,25$$

$$T_{w1} = 241,01 \text{ m}$$

$$T_{w2} = X_{mw2} + t_1 + d$$

$$T_{w2} = 28,85 + 72,96 + 8,04$$

$$T_{w2} = 109,85 \text{ m}$$

$$T_2 = X_{m2} + t_2 - d$$

$$T_2 = 77,38 + 76,99 - 8,04$$

$$T_2 = 146,33 \text{ m}$$

POLİGON HESABI

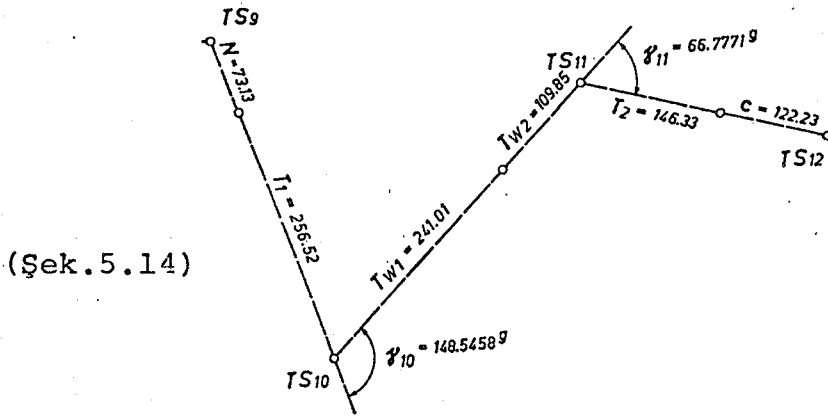
Sayfa No:

| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|----------|----------|----------|--------|---------------|--------|---------------|--------------|
| | TSg | | | | | | | |
| | TS10 | 51:4542 | 260.0911 | 329.65 | 266.97 | 193.38 | 140.10 | 530.27 |
| | TS11 | 266.7771 | 111.5453 | 350.86 | 345:11 | 63.28 | 126.87 | 336.89 |
| | TS12 | | 178.3224 | 268.56 | +89.69 | 253.14 | 218.24 | 273.61 |
| | | | | | | | <u>307.93</u> | <u>20.47</u> |
| | | | | | Mevcut olan : | | 307.92 | 20.46 |

Tablo 5. 15

() Kontrol poligonunun hesabı :

Tablo 5.15



m) \hat{b}_1 ve \hat{b}_2 yay uzunluklarının hesabı :

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \gamma_{10} - (\zeta_1 + \zeta_{w1}) & \alpha_2 &= \gamma_{11} - (\zeta_{w2} - \zeta_2) \\ \alpha_1 &= 148.5458 - (56.5884 + 40.8851) & \alpha_2 &= 66.7771 - \\ \alpha_1 &= 51.0723^\circ & & (14.7187 + 39.9288) \\ & & \alpha_2 &= 12.1296^\circ \end{aligned}$$

$$\hat{b}_1 = \frac{R_1 \pi \alpha_1}{200}$$

$$\hat{b}_1 = \frac{75 \cdot \pi \cdot 51.0723}{200}$$

$$\hat{b}_1 = 60.17\text{m}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{R_1 \pi \alpha_2}{200}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{125 \cdot \pi \cdot 12.1296}{200}$$

$$\hat{b}_2 = 23.82\text{m}$$

5.2 A₂ DIŞINDA BÜTÜN YAY ELEMANLARI İÇİN YUVARLAK DEĞERLE DÖNÜM ÇİZGİSİ

Dönüm teğetinin aritmetik olarak belirlenmesi ender görülen bir olaydır. Yani teğetlerin arakesit noktaları koordinatlara göre hesaplanır ve yerdeğişimi yapılmaz. En uzun boşumlardaki eğrilerin küçük noktaları cetvele göre uygun şekilde tesbit edilir. Boğumlar çoğunlukla iki klotoid parçasından meydana gelir ve biri diğerinden daha uzun olur. Böylece her iki geçiş eğrisinden birine dairesiz bir parametre verilebilir.

Verilenler : Teğetlerin arakesit nokta koordinatları (TS_5 , TS_6 , TS_7 , TS_8) ve bunlardan hesaplanan teğetlerin arakesit açıları (γ_6 ve γ_7)

Yay elemanları (A_1 , R_1 , A_w , R_2) ve en yakın A_2 Parametresi

Arananlar : A_2 Parametresi

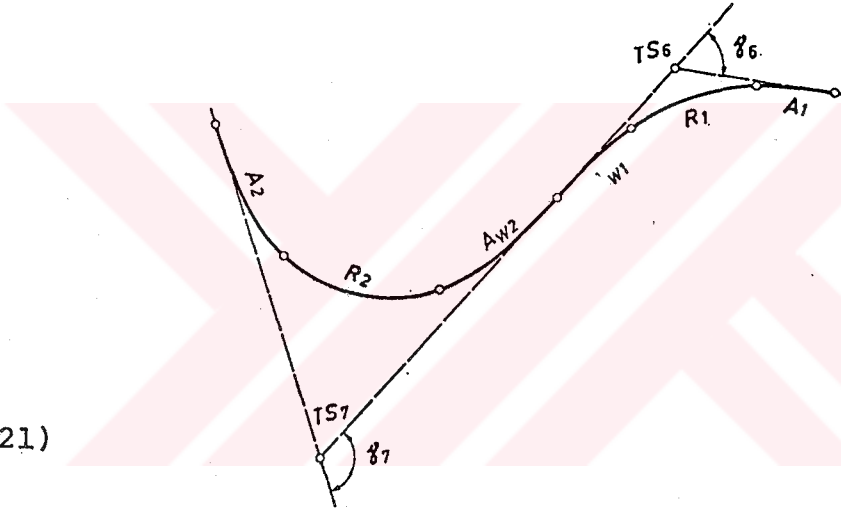
A_1 , A_{w1} , A_{w2} , A_2 için klotoid elemanları

Yay elemanları (b_1 ve b_2).

ÇÖZÜM : A_1 , A_{w1} , A_{w2} ve A_2 için cetvelden klotoid elemanları alınarak T_1 ve T_{w1} teğet uzunlukları hesaplanır.

T Dönüm teğet uzunluğu ise teğetlerin ara kesit noktalarının koordinatlarından (TS_6 ve TS_7) bulunur.

Bu şekilde $T_{w2} = T - T_{w1}$ formülü oluşturulur.



Şek.5.21)

ÖRNEK HESAP :

Verilenler: Teğetlerin arakesit nokta koordinatları :

$$TS_5 + \frac{Y}{X} + 17385.19 + 8795.23$$

$$TS_6 + 17692.37 + 8735.89$$

$$TS_7 + 17964.54 + 8858.54$$

$$TS_8 + 18339.68 + 8762.82$$

Yay elemanları :

$$A_1 = 250 \text{ m}$$

$$R_1 = 300 \text{ m}$$

$$Aw_1 = Aw_2 = 175 \text{ m}$$

$$R_2 = 200 \text{ m}$$

$$A_2 \approx 150 \text{ m}$$

Aranan: A_2 Parametresi: A_1, Aw_1, Aw_2, A_2 için Klotoid elemanları T_1, Tw_1, Tw_2, T_2 teğet uzunlukları : \hat{b}_1 ve \hat{b}_2 yay uzunlukları :

Çözüm: a) Klotoid elemanlarının alınması;

| | | |
|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| $R_1 = 300 \text{ m}$ | $R_1 = 300 \text{ m}$ | $R_2 = 200 \text{ m}$ |
| $A_1 = 250 \text{ m}$ | $A_{w1} = 175 \text{ m}$ | $A_{w2} = 175 \text{ m}$ |
| $L_1 = 208,33 \text{ m}$ | $L_{w1} = 102,08 \text{ m}$ | $L_{w2} = 153,12 \text{ m}$ |
| $\Delta R_1 = 6,00 \text{ m}$ | $\Delta R_{w1} = 1,45 \text{ m}$ | $\Delta R_{w2} = 4,86 \text{ m}$ |
| $X_{m1} = 103,75 \text{ m}$ | $X_{mw1} = 50,99 \text{ m}$ | $X_{mw2} = 76,19 \text{ m}$ |
| $X_1 = 205,84 \text{ m}$ | $X_{w1} = 101,79 \text{ m}$ | $X_{w2} = 150,90 \text{ m}$ |
| $Y_1 = 23,91 \text{ m}$ | $Y_{w1} = 5,78 \text{ m}$ | $Y_{w2} = 19,34 \text{ m}$ |
| $\tau_1 = 22,1019^\circ$ | $\tau_{w1} = 10,8314^\circ$ | $\tau_{w2} = 24,3706^\circ$ |

b) Koordinatlardan Teğet uzunlukları ve Teğet arakesit açısının hesaplanması.

Tablo 5.2

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|----|----------|----|---------------------|-----------------|------|----|-----|-----|-----|-----|----|
| B: TS6 | + 17692 | 37 | + 17385 | 19 | + 307 | 18 | + 5 | 17 | 661 | 112 | 14 | 84 | |
| A: TS6 | + 8735 | 89 | + 8795 | 23 | + 59 | 34 | + 0 | 98 | 184 | | 312 | 86 | |
| Nr: 1 | +8956 | 48 | + 8689 | 96 | + $\frac{366}{366}$ | $\frac{52}{52}$ | + 9 | 78 | 80 | 79 | | 312 | 86 |
| B: TS7 | + 17.964 | 54 | + 17.692 | 37 | + 272 | 17 | + 2 | 21 | 908 | 73 | 04 | 66 | |
| A: TS6 | + 8.858 | 54 | + 8.735 | 89 | + 122 | 65 | + 0 | 91 | 171 | | 298 | 53 | |
| Nr: 2 | + 9.106 | 00 | + 8.956 | 48 | + $\frac{149}{149}$ | $\frac{52}{52}$ | + 8 | 91 | 19 | 53 | | 298 | 53 |
| B: TS8 | +18.339 | 68 | + 17.964 | 54 | + 375 | 14 | + 3 | 91 | 914 | 115 | 90 | 46 | |
| A: TS7 | + 8.762 | 82 | + 8.858 | 54 | + 92 | 72 | + 0 | 96 | 895 | | 387 | 16 | |
| Nr: 3 | + 9.576 | 86 | + 9.106 | 00 | + $\frac{470}{470}$ | $\frac{86}{86}$ | + 14 | 98 | 92 | 54 | | 387 | 16 |

$$\beta_6 = 73.0466 - 112.14847 + 200 \quad \beta_7 = 115.9046 - 73.04667 + 200$$

$$\beta_6 = 160.8982$$

$$\beta_7 = 242.8580$$

$$\gamma_6 = 200 - 160.8982$$

$$\gamma_7 = 200 - 242.8580$$

$$\gamma_6 = 39.1018^\circ$$

$$\gamma_7 = -42.8580^\circ$$

c) TS 6 'da Yayın hesaba katılması

$$t_1 = (R_1 + \Delta R_1) \tan \frac{\gamma_6}{2}$$

$$\frac{\gamma_6}{2} = 19.5509$$

$$t_1 = 306.00 \cdot 0.31714$$

$$t_1 = 97.04$$

$$t_2 = (R_1 + \Delta R_{w1}) \tan \frac{\gamma_6}{2}$$

$$d = \frac{\Delta R_{w1} - \Delta R_1}{\sin \gamma_6}$$

$$t_2 = 301.45 \cdot 0.31714$$

$$d = \frac{-4.55}{0.57631}$$

$$t_2 = 95.60$$

$$d = -7.89$$

$$T_1 = X_{m1} + t_1 + d$$

$$T_{w1} = X_{mw1} + t_2 - d$$

$$T_1 = 103.75 + 97.04 - 7.89$$

$$T_{w1} = 50.99 + 95.60 + 7.89$$

$$T_1 = 192.90 \text{ m}$$

$$T_{w1} = 154.48 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \gamma_6 - (\tau_1 + \tau_{w1})$$

$$\alpha_1 = 39.1018 - (22.1049 + 10.8314)$$

$$\hat{b}_1 = \frac{R_1 \cdot \pi \cdot \alpha_1}{200}$$

$$\alpha_1 = 6.1655$$

$$\hat{b}_1 = \frac{300 \cdot \pi \cdot 6.1655}{200}$$

$$\underline{\underline{\hat{b}_1 = 29.05 \text{ m}}}$$

d) $\overline{TS_7TS_8}$ teğetlerinden M_2 merkezin şekil değişimi :

$$Tw_2 = \overline{TS_6 TS_7} - Tw_1$$

$$T_{w2} = 298.53 - 154.48$$

$$\underline{\underline{T_{w2} = 144.05 \text{ m}}}$$

$$\eta = (Tw_2 - X_{mw2}) \sin \gamma_7 + (R_2 + \Delta R_{w2}) \cos \gamma_7$$

$$\eta = 67.86.062350 - 67.86.0.78182$$

$$\underline{\underline{\eta = 202.47 \text{ m}}}$$

$$x = (R_2 + \Delta R_{w2}) \sin \gamma_7 - (Tw_2 - X_{mw2}) \cos \gamma_7$$

$$\underline{\underline{x = 74.68 \text{ m}}}$$

e) TS_7 deki yayın hesaba katılması ve ΔR_2 ye göre A_2 için elemanların alınması ; $\Delta R_2 = \eta - R$

$$\Delta R_2 = 202.47 - 200.00$$

$$\underline{\underline{\Delta R_2 = 2.47 \text{ m}}}$$

$$\frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{2.47}{200} = 0.012350$$

$$R_2 = 200 \text{ m}$$

$$A_2 = 147.68 \text{ m}$$

$$L_2 = 109.04 \text{ m}$$

$$\Delta R_2 = 2.47 \text{ m}$$

$$X_{m2} = 54.39 \text{ m}$$

$$X_2 = 108.23 \text{ m}$$

$$Y_2 = 9.86 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{\tau_2 = 17.3544}}$$

$$\alpha_2 = \gamma_7 - (\tau_{w2} + \tau_2)$$

$$\alpha_2 = 42.8580 - (24.3706 + 17.3544)$$

$$\alpha_2 = 1.1330^\circ$$

$$\hat{b}_2 = \frac{R_2 \cdot \pi \cdot \alpha_2}{200}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{200 \cdot \pi \cdot 1.1330}{200}$$

$$\underline{\underline{b_2 = 3.56 \text{ m}}}$$

$$T_2 = \div X_{m2} \quad T_2 = 74.68 + 54.39$$

$$\underline{\underline{T_2 = 129.07 \text{ m}}}$$

5.3. SINIRLI MERKEZ UZAKLIĞI HESABIYLA DÖNÜM ÇİZGİSİ :

Bir klotoide bağlanabilen yayların aritmetik olarak bulunması mümkündür. Bu şekilde dönüm klotoid Parametreleride belirlenir. Böylece daire merkez uzaklığı ve dönüm çizgisi, her iki varıçapın parametresi belirledikten sonra bulunur.

Verilenler ; TS_1 ve TS_4 teğet arakesit noktalarının koordinatları. Ara teğetlerin açıklık açıları (1,2), (3.4), N_1 ve N_2 doğru parçaları

Klotoidin bağlanma noktaları

A_1 , R_1R_2 ve A_2

Arananlar; A_w dönüm çizgisi Parametresi

A_1, A_{w1}, A_{w2} ve A_2 için klotoid elemanları

Teğetlerin arakesit noktalarının (TS_2 ve TS_3) koordinatları

\hat{b}_1 ve \hat{b}_2 yay uzunlukları

ÇÖZÜM : a) Verilen Parametreler için klotoid elemanları (R_1, A_1, R_2, A_2) alınır. Böylece X_{m1} ve ΔR_1 , X_{m2} ve ΔR_2 değerleride bulunmuş olur.

b) $X_{m1}, \Delta R_1, X_{m2}, \Delta R_2$ ve verilen değerlerin yardımıyla N_1 ve N_2 için daire merkezi koordinatları (M_1 ve M_2) hesaplanır.

c) M_1M_2 merkez mesefasının ve merkez bağlantı çizgisinin koordinatlardan açıklık açısının (M_1M_2) hesaplanması

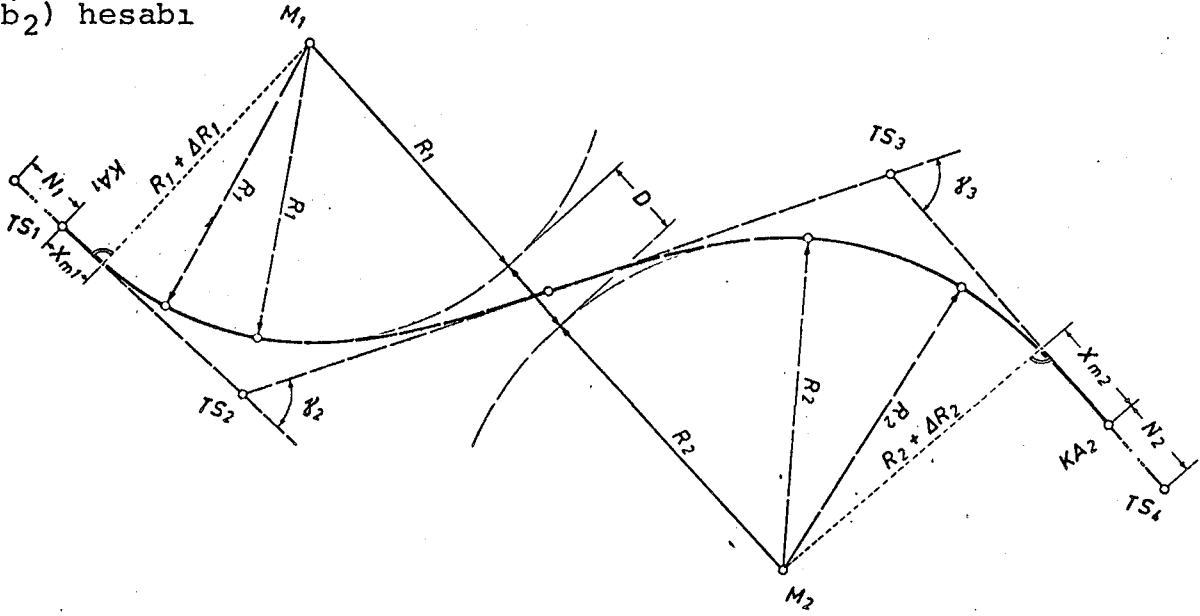
d) Nomogrammin yardımıyla gittikçe yaklaşma sırasında dönüm çizgisi parametresinin (AW) araştırılması.

e) R ile AW_1 ve R_2 ile A_{w2} için klotoid elemanlarının tablodan alınması

f) Dönüm teğetinin açıklık açısı ve teğetlerin arakesit açılarının (γ_2 ve γ_3) hesaplanması

g) Teğet uzunlukları (T_1 , T_{w1} , T_{w2} , ve T_2) ve koordinatlardan teğetlerin arakesit noktalarının (TS_2 ve TS_3) hesabı

h) α_1 ve α_2 Açılıarı üzerinden yay uzunluklarının (\hat{b}_1 ve \hat{b}_2) hesabı



ÖRNEK HESAP .:

| | Y | X |
|------------|------------------|------------|
| Verilenler | $TS_1 + 2003.87$ | $+5142.83$ |
| | $TS_4 + 2291.36$ | $+5052.52$ |

Şek 5.24

$$(1.2) = 152.1738^\circ$$

$$A = 55 \text{ m}$$

$$(4.3) = 324.9816^\circ$$

$$R_1 = 70 \text{ m}$$

$$N_1 = 51.92 \text{ m}$$

$$R_2 = 60 \text{ m}$$

$$N_2 = 70.24 \text{ m}$$

$$A_2 = 45 \text{ m}$$

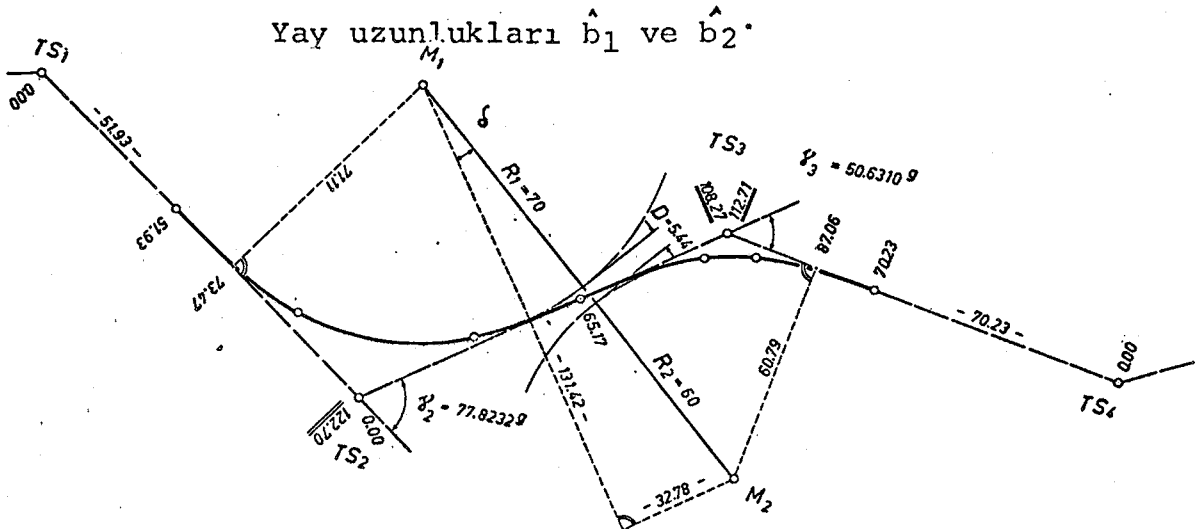
$$A_w = 45 \text{ m}$$

Aranan : Dönüm çizgisi Parametresi A_w ,

A_1 , A_{w1} , A_{w2} , A_2 için Klotoid elemanları

TS_2 ve TS_3 için koordinatları

Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2 .



(Şek 5.25)

POLIGON HESABI

Sayfa No:

| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|------------------|----------|----------|-------|--------|--------|---------|----------|
| | TS ₁ | | | | | | 2003.87 | 5142.83 |
| | FpM ₁ | 100.0000 | 152.1738 | 73.47 | +50.15 | -53.69 | 2054.02 | 5089.1.4 |
| | M ₁ | 266.7771 | 52.1738 | 71.11 | +51.97 | +48.54 | 2105.99 | 5137.68 |
| | TS ₄ | | | | | | 2291.36 | 5052.52 |
| | FpM ₂ | 100.0000 | 324.9816 | 87.06 | -80.44 | +33.29 | 2210.92 | 5085.81 |
| | M ₂ | | 224.9816 | 60.79 | -23.25 | -56.17 | 2187.67 | 5029.64 |

Tablo 5.31

Tablo 5.32

c)

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------------|--------|----|--------|----|-------|----|-------|----|-----|-----|-----|----|
| B: | M ₂ | + 2105 | 99 | + 2187 | 67 | + 81 | 68 | + 0 | 75 | 602 | 158 | 78 | 88 |
| A: | M ₁ | + 5137 | 68 | + 5029 | 64 | - 108 | 04 | + 0 | 60 | 307 | | 135 | 44 |
| Nr.: | | - 3031 | 69 | - 2841 | 97 | - 189 | 72 | - 189 | 72 | 1 | 83 | 44 | 26 |

d) $D = \overline{M_1 M_2} - (R_1 + R_2)$

$$D = 135.44 - 130.00$$

$$D = 5.44 \text{ m}$$

Nomogramından $\frac{A_w}{R_q}$ değerinin alınması

$$\frac{F_k}{R_q} = \frac{60}{70} = 0.8571$$

$$\frac{A_w}{R_q} = 0.655$$

$$A'_w = \frac{A_w}{R_q} R_q = \underline{\underline{45.85}}$$

$R_1 - A_{w1}'$ ve $R_2 - A_{w2}'$ boğumları için X'_{mw1} , $\Delta R'_{w1}$, X_{mw2} , $\Delta R'_{w2}$ elemanları ve elde edilen A_w Parameteri karşılaştırma sırasında bulunur.

1. YAKLAŞIM

$$\text{Cetvel başlangıcı: } \frac{A'_w}{R_1} = \frac{45.85}{70} = 0.6550000.$$

$$X'_{mw1} = 14.99 \text{ m}$$

$$\Delta R'_{w1} = 0.54 \text{ m}$$

$$\text{Cetvel başlangıcı: } \frac{A'_w}{R_2} = \frac{45.85}{60} = 0.7641667$$

$$X'_{mw2} = 17.47 \text{ m}$$

$$\Delta R'_{w2} = 0.85 \text{ m}$$

Be değerlerle merkeze olan uzaklık hesaplanır: Hesaplanan bu değer ($\overline{M_1 M_2}$), esas değere ($\overline{M_1 M_2}$) yaklaşık olmalıdır.

$$\overline{M_1 M_2}' = \sqrt{(R_1 + R_2 + \Delta R'_{w1} + \Delta R'_{w2})^2 + (X'_{mw1} + X_{mw2})^2}$$

$$\overline{M_1 M_2}' = \sqrt{131.39^2 + 32.46^2}$$

$$\overline{M_1 M_2}' = 135.34 \text{ m} \quad \underline{\underline{\text{Sonuc: } 135.44 \text{ m}}}$$

İkinci yaklaşımda; $\overline{M_1 M_2}''$ için en büyük neticeyi veren uygun bir parametre seçilerek karşılaştırma sırasında kesin parametre A_w bulunur.

2. YAKLAŞIM

İkinci yaklaşım için en büyük, Parametre tercih edilmelidir. Bu durumda $A_w'' = 46.20$ değeri alınır. (Parametre değişikliği 1. yaklaşımda merkez mesafeleri arasındaki farktan sonra alındığında genelde en büyüktür).

$$\frac{A_w''}{R_1} = \frac{46.20}{70} : 0.6600000$$

$$X_{mw_1}'' = 15.22m$$

$$\Delta R_{w_1}'' = 0.55 m$$

$$\frac{A_w''}{R_2} = \frac{46.20}{60} : 0.7700000$$

$$X_{mw_2}'' = 17.74 m$$

$$\Delta R_{w_2}'' = 0.88m$$

Bu heriki durumda karşılaştırmaya ihtiyaç olmaması tesadüf değildir. Cetvelde verilen yaklaşık, yuvarlak bir parameterin payları $\frac{A}{R}$ için sık sık tercih olarak elde edilir.

$$\overline{M_1 M_2}'' = \sqrt{131.43^2 + 32.96^2}$$

$$\overline{M_1 M_2}'' = 135.50 m$$

$$\text{Sonuç} : 135.44 m$$

| | | | | | | |
|-------------|--------------|---|-------|--------|--------|--------|
| 1. Yaklaşım | Sonuç : 0.35 | Z | 45.85 | 135.34 | } 0.10 | } 0.16 |
| | | | ? | 135.44 | | |
| 2. Yaklaşım | | | 46.20 | 135.50 | | |

$$\frac{2}{0.35} = \frac{0.10}{0.16}$$

$$Z = \frac{0.10 \cdot 0.35}{0.16}$$

$$Z = 0.22$$

$$\underline{\underline{A_w = 46.07 m}}$$

Bu parametrelerle dönüm çizgisi baştan başa hesaplanır

e) Karşılaştırma sırasında A_{w1} ve A_{w2} için elemanların alınması:

| | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| $R_1 = 70 \text{ m}$ | $R_2 = 60 \text{ m}$ |
| $A_{w1} = 46.07 \text{ m}$ | $A_{w2} = 46.07 \text{ m}$ |
| $L_{w1} = 30.32 \text{ m}$ | $L_{w2} = 35.37 \text{ m}$ |
| $\Delta R_{w1} = 0.55 \text{ m}$ | $\Delta R_{w2} = 0.87 \text{ m}$ |
| $X_{mw1} = 15.14 \text{ m}$ | $X_{mw2} = 17.64 \text{ m}$ |
| $X_{w1} = 30.18 \text{ m}$ | $X_{w2} = 35.07 \text{ m}$ |
| $Y_{w1} = 2.18 \text{ m}$ | $Y_{w2} = 3.45 \text{ m}$ |
| $\tau_{w1} = 13.7833^\circ$ | $\tau_{w2} = 18.7666^\circ$ |

$$\overline{M_1 M_2} = \sqrt{131.42^2 + 32.78^2} = 135.45 \text{ m}$$

istenen: 135.44 m

$$f) \tan \delta = \frac{X_{mw1} + X_{mw2}}{R_1 + R_2 + \Delta R_{w1} + \Delta R_{w2}}$$

$$\tan \delta = \frac{32.78}{131.42}$$

$$\tan \delta = 0.24943$$

$$\tan \delta = 15.5618^\circ$$

$$V_w = (2, 3) = (1, 2) + \delta - 100$$

$$(2, 3) = 158.7888 + 15.5618 - 100.0000$$

$$(2, 3) = 74.3506^\circ$$

$$\delta_2 = (1, 2) - (2, 3)$$

$$\delta_3 = (3, 4) - (2, 3)$$

$$\delta_2 = 152.1738 - 74.3506 \quad \delta_3 = 124.9816 - 74.3506$$

$$\delta_2 = 77.8232^\circ$$

$$\delta_3 = 50.6310^\circ$$

g) TS₂'den yay

$$t_1 = (R_1 + \Delta R_1) \tan \frac{\gamma_2}{2}$$

$$t_1 = 71.11 \cdot 0.70074$$

$$t_1 = 49.83$$

TS₃'den Yay

$$t_1 = (R_2 + \Delta R_{w2}) \tan \frac{\gamma_3}{2}$$

$$t_1 = 60.87 \cdot 0.42003$$

$$t_1 = 25.57$$

$$t_2 = (R_1 + \Delta R_{w1}) \tan \frac{\gamma_2}{2}$$

$$t_2 = 70.55 \cdot 0.70074$$

$$t_2 = 49.44$$

$$t_2 = (R_2 + \Delta R_2) \tan \frac{\gamma_3}{2}$$

$$t_2 = 60.79 \cdot 0.42003$$

$$t_2 = 25.53$$

$$d = \frac{\Delta R_{w1} - \Delta R_1}{\sin \gamma_2}$$

$$d = \frac{-0.56}{0.93994}$$

$$d = -0.59$$

$$d = \frac{\Delta R_2 - \Delta R_{w2}}{\sin \gamma_3}$$

$$d = \frac{0.08}{0.71408}$$

$$d = -0.11$$

$$T_1 = X_{m1} + t_1 + d$$

$$T_1 = 70.78 \text{ m}$$

$$T_{w1} = X_{mw1} + t_2 - d$$

$$T_{w1} = 65.17 \text{ m}$$

$$TS_1 TS_2 = N_1 + T_1 = 51.92 + 70.78 = 122.70 \text{ m}$$

$$TS_2 TS_3 = T_{w1} + T_{w2} = 65.17 + 43.10 = 108.27 \text{ m}$$

$$TS_3 TS_4 = T_2 + N_2 = 42.47 + 70.24 = 112.71 \text{ m}$$

P O L I G O N H E S A B I

Sayfa No:

| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|-----------------|----------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | TS ₁ | | 152.1738 | 122.70 | +83.75 | -89.67 | 2003.87 | 5142.83 |
| | TS ₂ | 122.1768 | 74.3506 | 108.27 | 99.60 | 42.45 | 2087.62 | 5053.16 |
| | TS ₃ | 250.6310 | 124.9816 | 112.71 | 104.14 | -43.10 | 2187.22 | 5095.61 |
| | TS ₄ | 227.4281 | | | | | 2291.36 | 5052.51 |
| | | | | | Mevcut | olan: | 2291.36 | 5052.52 |

Tablo 5. 33

ÇÖZÜM: $R_1 = 70m$ $X_{m1} = 21.54m$ $R_2 = 60m$ $X_{m2} = 16.83m$
 $A_1 = 55m$ $X_1 = 42.80m$ $A_2 = 45m$ $X_2 = 33.48m$
 $L_1 = 43.21m$ $Y_1 = 4.42m$ $L_2 = 33.75m$ $Y_2 = 3.15m$
 $R_1 = 1.11m$ $T_1 = 19.6508$ $R_2 = 0.79m$ $T_2 = 17.9049$

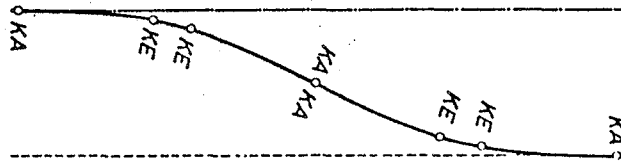
Poligon noktalarının koordinatlarının hesabı,

Tablo 5.31

$$\begin{aligned}
 h) \alpha_1 &= \gamma_2 - (\tau_1 + \tau_{w1}) & \alpha_2 &= \gamma_3 - (\tau_{w2} + \tau_2) \\
 \alpha_1 &= 44.38.91 & \alpha_2 &= 13.9595 \\
 b_1 &= \frac{R_1 \pi \alpha_1}{200} & \hat{b}_2 &= \frac{R_2 \pi \alpha_2}{200} \\
 b_1 &= 48.81m & \hat{b}_2 &= 13.16m
 \end{aligned}$$

5.4 TEĞETLERİN İKİ PARALELİ ARASINDAKİ DÖNÜM ÇİZGİSİ (MÜSTESNA DURUM)

Bu problem caddeye paralel bir çizgi geçmesine örnek oluşturmaktadır. Belirtilen methoda çözüme ulaşılabilmesi için dört klotoid boğumunun eşit parametreleri ve her iki yayın tümünün yarıçaplarının aynı olması gerekmektedir. Düşey uzaklık: (Her iki paralelin eksenleri) ender durumlarda bilinir veya verilir.



Şek.5.41

Verilenler: b uzaklığı

$$A_1 = A_{w1} = A_{w2} = A_2 \text{ Parametreleri}$$

$$R_1 = R_2 \text{ yarıçapları}$$

Arananlar: A_1, A_{w1}, A_{w2}, A_2 için klotoid elemanları

$$\gamma_1 = \gamma_2, \text{ teğetlerin arakesit açıları}$$

$$T_1 = T_{w1} = T_{w2} = T_2 \text{ teğet uzunlukları}$$

$$\hat{b}_1 = \hat{b}_2 \text{ yay uzunlukları}$$

Çözüm: Klotoid elemanlarının alımından sonra aşağıdaki formüle göre teğetlerin arakesit açısı γ hesaplanabilir.

$$\sin \gamma = \frac{B \cdot X_m}{D} + \sqrt{\frac{(R + \Delta R)^2 - B^2}{D} + \left(\frac{B \cdot X_m}{D}\right)^2}$$

$$\text{Burada; } B = \frac{b}{2} - (R + \Delta R) \\ D = X_m^2 + (R + \Delta R)^2$$

γ açısı bulunduğundan sonra $T_1 = T_{w2} = T_{w1} = T_2$ teğet uzunlukları ve $\hat{b}_1 = \hat{b}_2$ yay uzunlukları hesaplanabilir.

Çoğunlukla yalnız b değeri çok küçük değerler alabilir. Hesap sonucunda az bir değişiklik bu değeri fazlaca etkisi altında bulundurur. Bundan dolayı faydalıdır- (evvelki hesap yöntemlerinin tersine)- ikiye bölüme verilen durumda b yarım santimetre değeri yerine yuvarlak bir rakam koyulmaz.

FORMÜL ÇIKARMA :

$$T = X_m + \tan \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R) \quad T = \frac{b}{2 \sin \gamma}$$

$$\frac{b}{2 \sin \gamma} = X_m + \tan \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R)$$

$$\frac{b}{2} = X_m \sin \gamma + \sin \gamma \cdot \tan \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R)$$

$$\sin \gamma = 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2}; \tan \frac{\gamma}{2} = \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\cos \frac{\gamma}{2}}$$

$$\frac{b}{2} = X_m \cdot \sin \gamma + 2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \cdot \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\cos \frac{\gamma}{2}} (R + \Delta R)$$

$$\frac{b}{2} = X_m \cdot \sin \gamma + 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} (R + \Delta R)$$

$$2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} = 1 - \cos \gamma$$

$$\frac{b}{2} = X_m \sin \gamma + (1 - \cos \gamma) (R + \Delta R)$$

$$\cos \gamma = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma}$$

$$\frac{b}{2} = X_m \sin \gamma + (1 - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma}) (R + \Delta R)$$

$$\frac{b}{2} = X_m \sin \gamma + (R + \Delta R) - \sqrt{1 - \sin^2 \gamma} (R + \Delta R)$$

$$\frac{X_m \sin \gamma + (R + \Delta R) - \frac{b}{2}}{R + \Delta R} = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma}$$

$$\frac{X_m \sin \gamma - [\frac{b}{2} - (R + \Delta R)]}{R + \Delta R} = \sqrt{1 - \sin^2 \gamma}$$

$$\frac{b}{2} - (R + \Delta R) = B$$

$$\sin \gamma = C$$

$$\frac{X_m \cdot C - B}{R + \Delta R} = \sqrt{1 - C^2}$$

$$(X_m \cdot C - B)^2 = (1 - C^2) \cdot (R + \Delta R)^2$$

$$X_m^2 C^2 - 2 X_m C B + B^2 = (R + \Delta R)^2 - C^2 (R + \Delta R)^2$$

$$C^2 [X_m^2 + (R + \Delta R)^2] - 2 X_m C B = (R + \Delta R)^2 - B^2$$

$$X_m^2 + (R + \Delta R)^2 = D$$

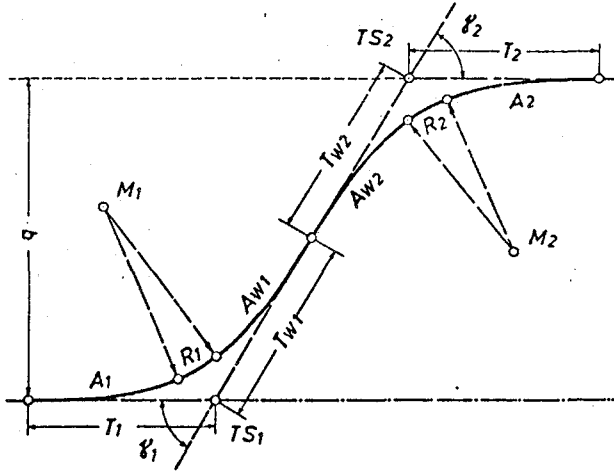
$$C^2 \cdot D - 2 X_m C B = (R + \Delta R)^2 - B^2$$

$$C^2 - 2C \frac{X_m B}{D} = \frac{(R + \Delta R)^2 - B^2}{D}$$

$$C^2 - 2C \frac{X_m B}{D} + \left(\frac{X_m B}{D}\right)^2 = \frac{(R + \Delta R)^2 - B^2}{D} + \left(\frac{X_m B}{D}\right)^2$$

$$C - \frac{X_m B}{D} = \pm \sqrt{\frac{(R + \Delta R)^2 - B^2}{D} + \left(\frac{X_m B}{D}\right)^2}$$

$$C = \sin \gamma = \frac{X_m B}{D} \pm \sqrt{\frac{(R + \Delta R)^2 - B^2}{D} + \left(\frac{X_m B}{D}\right)^2} \quad (21)$$



(Şek.5.42)

ÖRNEK HESAP

Verilen : $b = 10.50\text{m}$
 $A_1 = A_{w1} = A_{w2} = A_2 = 90\text{m}$
 $R_1 = R_2 = 250\text{m}$

Aranan : Klotoid elemanları
 Teğetlerin arakesit açıları ($\gamma_1 = \gamma_2$)
 Teğet uzunlukları ($T_1 = T_{w1} = T_{w2} = T_2$)
 Yay uzunlukları (\hat{b}_1 ve \hat{b}_2)

Çözüm : Klotoid elemanlarının alınması,
 $R = 250\text{m}$
 $A = 90\text{m}$
 $L = 32.40\text{m}$
 $R = 0.18\text{m}$
 $\Delta X_m = 16.20\text{m}$
 $X = 32.39\text{m}$
 $Y = 0.70\text{m}$
 $\tau = 4.1253\text{m}$

Teğetlerin arakesit açısının (γ) hesabı :

$$\sin \gamma = \frac{B \cdot X_m}{D} + \sqrt{\frac{(R + \Delta R)^2 - B^2}{D} + \left\{ \frac{B X_m}{D} \right\}^2}$$

önce yardımcı değerler (B ve D) bulunur.

$$B = \frac{b}{2} - (R + \Delta R) = \frac{10.50}{2} - 250.18 = - \underline{\underline{244.93}}$$

$$D = X_m^2 + (R + \Delta R)^2 = 16.20^2 + 250.18^2 = \underline{\underline{62.852.47}}$$

$$\frac{B \cdot X_m}{D} = \frac{-244.9316.20}{62852.47} = -0.063130$$

Denklemden yerine koyularak γ açısı bulunur.

$$\sin \gamma = -0.063130 + \frac{\sqrt{250.18^2 - 244.93^2 + (0.063130)^2}}{62852.47}$$

$$\sin \gamma = -0.063130 + \sqrt{0.041356 + 0.003985}$$

$$\sin \gamma = -0.0631130 + 0.212934$$

$$\sin \gamma = 0.149804$$

$$\underline{\underline{\gamma = 9.5725^\circ}}$$

$$T = \frac{b}{2 \sin \gamma}$$

$$T = \frac{10.50}{2 \cdot 0.14980}$$

$$\underline{\underline{T = 35.05m}}$$

$$\frac{\gamma}{2} = 4.7862$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \tan \frac{\gamma}{2}$$

$$T = 16.20 + 250.18 \cdot 0.07532$$

$$\underline{\underline{T = 35.04m = T_1 = T_{w1} = T_{w2} = T_2}}$$

$$\alpha = \gamma - 2\tau$$

$$\alpha = 9.5725 - 2 \cdot 4.1253$$

$$\alpha = 1.3219^\circ$$

$$\hat{b} = \frac{R \cdot \pi \alpha}{200}$$

$$\hat{b} = \frac{250 \cdot \pi \cdot 1.3219}{200}$$

$$\underline{\underline{\hat{b} = 5.19 = \hat{b}_1 = \hat{b}_2}}$$

5.5 TERS YÖNLÜ DAİRELER ARASINDA DÖNÜM ÇİZGİSİ OLARAK KLOTÖİD (S-KURBLARI)

Ters yönlü daireleri birbirine bağlayan rakordman kurbuna dönüm çizgisi veya S- kurbu denir. Hızlı trafiğe göre planlanan yol inşaatında, ters yönlü daireler arasındaki rakordman görevi alınıman ile daire arasındaki rakordmanın görevinden daha önemlidir. Bu sebepten mümkün olduğu kadar rasyonel bir çözüm bulmak ve sık sık rastlanan halleri normlamak gereklidir. Dönüm çizgisinde bir ara alınıman bulunmamalıdır. Aksine dönüm çizgisi aynı parametrelili iki tlotoid dalından meydana gelmelidir. Aplikasyondan önceki hazırlık çalışmalarında problem şu şekilde kendini gösterir :

Her iki daire yayı, vaziyet planında bellidir. (Şek.5.51) Daire yayları arasındaki D mesafesini (Şek.5.52) daire merkez noktalarını birleştiren doğru üzerinde ölçebilmek koşuluyla mümkün olduğu kadar büyük bir incelikte elde etmek gerekir. Bunun için basit ve emin bir kaide şeffaf bir kağıt üzerine çizilen bir yardımcı dairenen, diğer iki daireye teğet olması ve simetrik şekilde yerleştirilmesidir. (Şek.5.53)

Yardımcı dairenin M' ve M'' merkez noktaları vaziyet planı üzerine işaretlenir. M' M'' doğru parçasının orta dikmesi üzerinde D alınır, R₁ R₂ ve D değerleri yardımı ile klotoid parametresi ve dönüm çizgisinin konumu hesaplanabilir. Problem şu şekilde de ortaya çıkabilir.

Verilenler : R₁, R₂, T (Şek.5.54)

Aranan : D

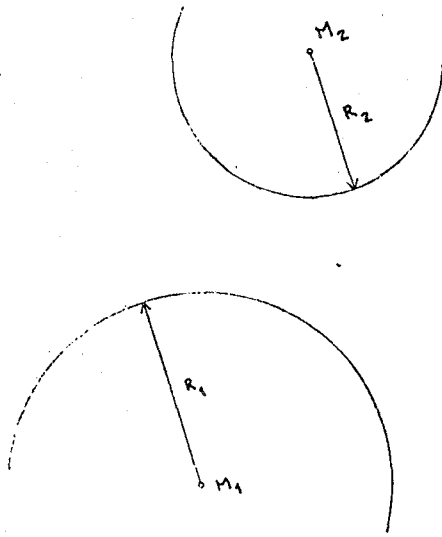
D'yi veren formül yazılırsa :

$$D = \sqrt{(R_1^2 + R_2^2) + T^2 - (R_1 R_2)} \quad (22)$$

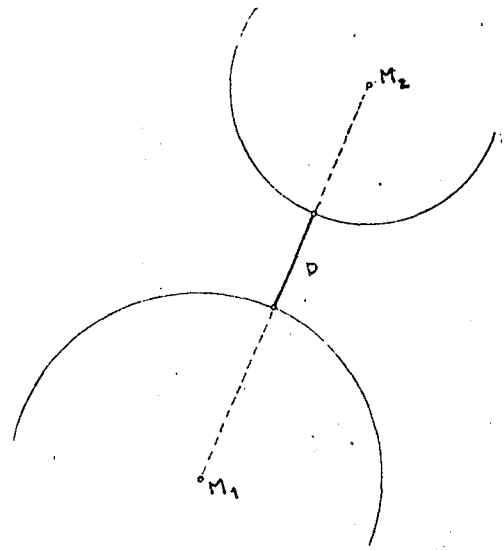
Artık dönüm eğrisinin tayini için ilk kabulde olduğu gibi, R₁, R₂ ve D verilmiş olmaktadır. Ayrıca R₁ > R₂ olduğunu kabul edelim.

Birçok hallerde S- tablosunun verdiği norm eğrilerle yetinmek mümkündür. 13 adet tamsayı A klotoid Parametresi için D daire mesafeleri E ve E aplikasyon ölçüleri bu tabloda verilmiştir. (Şek.5.55)

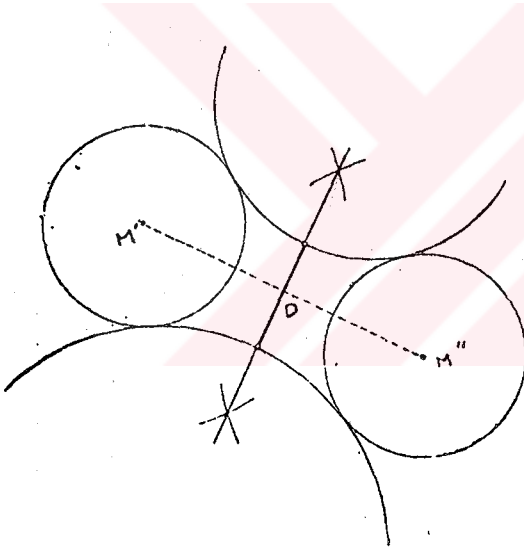
Bu norm değerlerin yeterli olmadığı hallerde, klotoid parametresinin hesabı gerekir.



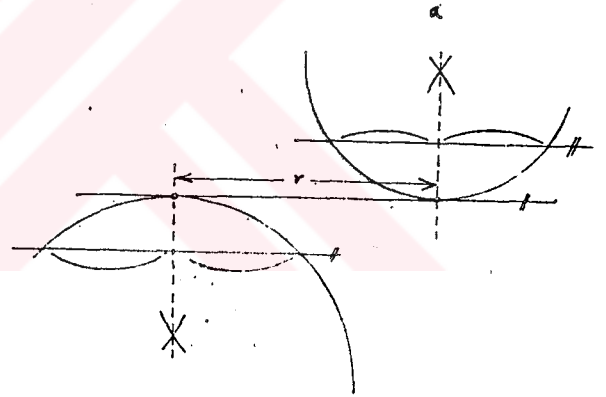
Şek.5.51 Dönüm çizgisi. Her iki daire yayı, vaziyet planında verilmiştir. M_1 ve M_2 merkez noktalarına çok kere ulaşılamaz



Şek.5.52 iki daire arasındaki en kısa D mesafesi, mümkün olduğu kadar hassas bir şekilde elde edilmelidir.



Şek.5.53 Üzerine bir yardımcı daire çizilmiş olan şeffaf bir kağıt, D 'nin iki tarafına yerleştirilir. M' ve M'' daire merkez noktaları vaziyet planı üzerine işaretlenir. $M' M''$ doğrusunun simetri eksenini üzerinde D bulunur



Şek.5.54 Ortak teğet basit olarak çizilir. Teğete paralel herhangi kırışların simetri eksenleri, değme noktalarından geçer.

şu yardımcı büyüklükler teşkil edilir.

$$\begin{aligned} R &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ K &= \frac{10R}{R_1 + R_2} \\ \eta &= \frac{D}{R} \end{aligned} \quad (23)$$

Yardımcı tablo 1'den, η için ilgili d yardımcı değeri interpolasyonla bulunur. Yarıçapları R_1 ve R_2 olan ters yönlü daireler arasındaki dönüm çizgilerinin (S.kurbularının) hesabı için hazırlanan yardımcı tablo 1, η ve d yardımcı büyüklüklerini I 'nin fonksiyonu olarak kapsamaktadır.

$$\eta = \frac{D}{R}, \quad R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Tabloya η ile girilerek d enterpole edilir. Her üst sayı η alt sayı d 'dir. interpolasyonda şu kaideye dikkat edilmelidir. Hesaplanan η tabloda küçük değere yakın ise, d için doğrusal interpolasyon yapılır; Eğer η tam iki değer arasında ise veya büyük değere yakın bulunuyorsa, büyük η 'ye karşılık gelen d 'yi doğrudan doğruya ve interpolasyonsuz almak mümkündür. Ayrıca,

$$\delta = \eta - kd \quad (24)$$

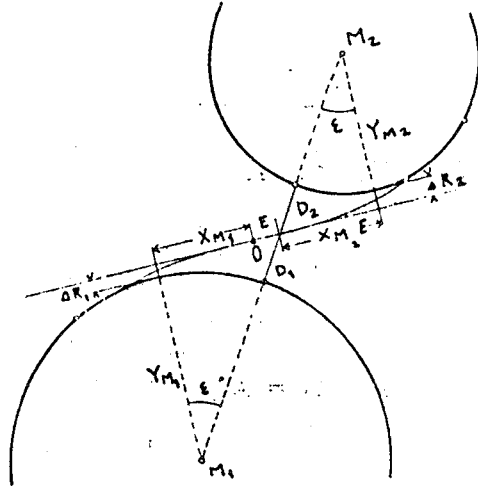
hesaplanır. I 'nin fonksiyonu olarak δ 'yi içeren yardımcı tablo II den, δ ile giriş yapılarak buna karşılık gelen I değeri interpolasyonla bulunur ve

$$A = R \cdot I$$

denkleminde aranan A parametresi elde edilir. Dönüm çizgileri ve yumurta çizgilerinin hesabı için yardımcı tablo II kullanılır. Birim klotoid tablosundaki (E tablosu) $\frac{\Delta r}{r}$ yardımcı büyüklüklerine karşılık gelir.

$$\delta = \frac{\Delta r}{r} \quad (25)$$

Her δ 'nin altında, tablo farkının tersi bulunmaktadır. Bununla δ farkı çarpıldığında I farkı elde edilir.



Şek.5.55 Dönüm çizgisi için aplikasyon değerleri: $D_1, D_2, E, \epsilon, X, R_1, X, \Delta R_2$

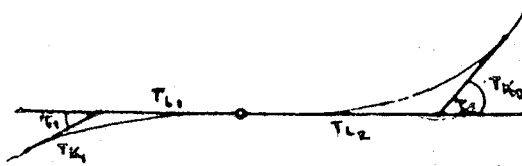
Hesapla bulunan ve çok kere kesirli bir sayı olan A parametresi yerine genellikle tam sayılı bir parametrenin seçilmesi uygun olur. D'de küçük bir değişikliğe izin veriliyorsa en iyisi A'nın bir norm değerini seçmek ve I'nın değerini

$$I = \frac{A}{R}$$

den bulmak gerekir. Dönüm çizgisinin tüm uzunluğu

$$L = A.I$$

dır. Bundan sonra birim klotoid tablosundan, aplikasyon için gerekli büyüklükler alınır. (Şek.5.55, 556)



Şek. 5.56 T_1, T_2, TK_1, TK_2 aplikasyon değerleri

Ters yömlü iki dalın uzunlukları :

$$l_1 = \frac{A}{R_1} \quad \text{olmak üzere} \quad L_1 = A.l_1 \quad (26)$$

$$l_2 = \frac{A}{R_2} \quad \text{olmak üzere} \quad L_2 = A.l_2$$

dır.

Tablodan ;

I_1 için $\Delta r_1, x_{m1}$ ve t_{L1}, t_{K1}

I_2 için $\Delta r_2, x_{m2}$ ve t_{L2}, t_{K2}

$$\Delta R_1 = A . \Delta r_1$$

$$\Delta R_2 = A . \Delta r_2$$

$$X_{M1} = A . x_{M1}$$

$$X_{M2} = A . x_{M2}$$

$$T_{L1} = A . t_{L1}$$

$$T_{L2} = A . t_{L2}$$

$$T_{K1} = A . t_{K1}$$

$$T_{K2} = A . t_{K2}$$

Ayrıca

$$\Delta Y_M = R_1 + \Delta R_1 + R_2 + \Delta R_2$$

$$\Delta X_M = X_{M1} + X_{M2}$$

dır.

Buradan ve aşağıdaki hesaplara ϵ çıkar.

$$\tan \epsilon = \frac{\Delta X_M}{\Delta Y_M}$$

$$E = (R_1 + \Delta R_1) . \tan \epsilon - X_{M1}$$

$$D_1 = \frac{R_1 + \Delta R_1}{\cos \epsilon} - R_1$$

$$D_2 = \frac{R_2 + \Delta R_2}{\cos \epsilon} - R_2$$

(27)

Dönüm Güzgileri (S - Kurbları) nın Hesabı İçin Yardımcı Tablo

Tabloya giriş ... η, üstteki sayı,

Tablodaki okunan ... d, alttaki sayı

Yardımcı Tablo 1

| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,0 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000001 | 0,000002 | 0,000003 |
| | 0,000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | 0,000004 | 0,000006 | 0,000009 | 0,000012 | 0,000016 | 0,000021 | 0,000027 | 0,000035 | 0,000044 | 0,000054 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,2 | 0,000067 | 0,000081 | 0,000098 | 0,000117 | 0,000138 | 0,000163 | 0,000190 | 0,000221 | 0,000256 | 0,000295 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,3 | 0,000337 | 0,000385 | 0,000437 | 0,000494 | 0,000557 | 0,000625 | 0,000700 | 0,000781 | 0,000869 | 0,000964 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,4 | 0,001066 | 0,001177 | 0,001296 | 0,001424 | 0,001561 | 0,001708 | 0,001865 | 0,002032 | 0,002211 | 0,002401 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 0,002603 | 0,002818 | 0,003045 | 0,003286 | 0,003541 | 0,003811 | 0,004095 | 0,004394 | 0,004710 | 0,005043 |
| | 0,000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,6 | 0,005396 | 0,005765 | 0,006150 | 0,006557 | 0,006983 | 0,007430 | 0,007897 | 0,008387 | 0,008897 | 0,009433 |
| | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 0,7 | 0,009989 | 0,010572 | 0,011181 | 0,011813 | 0,012473 | 0,013160 | 0,013874 | 0,014618 | 0,015391 | 0,016194 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 |
| 0,8 | 0,017026 | 0,017891 | 0,018789 | 0,019720 | 0,020684 | 0,021685 | 0,022720 | 0,023793 | 0,024900 | 0,026047 |
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 18 | 18 | 20 |
| 0,9 | 0,027235 | 0,028459 | 0,029726 | 0,030936 | 0,032386 | 0,033778 | 0,035216 | 0,036700 | 0,038226 | 0,039804 |
| | 23 | 24 | 24 | 30 | 32 | 34 | 38 | 41 | 44 | 48 |

(Yardımcı Tablo 1 in Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1,0 | 0,041429 | 0,043099 | 0,044821 | 0,046595 | 0,048417 | 0,050293 | 0,052222 | 0,054208 | 0,056246 | 0,058341 |
| | 0,000053 | 56 | 61 | 67 | 72 | 77 | 83 | 90 | 97 | 104 |
| 1,1 | 0,060495 | 0,062705 | 0,064974 | 0,067305 | 0,069695 | 0,072149 | 0,074667 | 0,077246 | 0,079890 | 0,082602 |
| | 113 | 121 | 130 | 140 | 149 | 160 | 173 | 184 | 197 | 210 |
| 1,2 | 0,085384 | 0,088231 | 0,091145 | 0,094132 | 0,097191 | 0,100320 | 0,103524 | 0,106799 | 0,110152 | 0,113582 |
| | 226 | 242 | 258 | 275 | 294 | 314 | 334 | 355 | 379 | 404 |
| 1,3 | 0,117088 | 0,120675 | 0,124339 | 0,128081 | 0,131907 | 0,135817 | 0,139808 | 0,143885 | 0,148047 | 0,152299 |
| | 429 | 457 | 486 | 515 | 547 | 582 | 616 | 654 | 693 | 736 |
| 1,4 | 0,156633 | 0,161061 | 0,165576 | 0,170181 | 0,174879 | 0,179667 | 0,184553 | 0,189530 | 0,194605 | 0,199780 |
| | 778 | 825 | 874 | 924 | 977 | 1032 | 1092 | 1153 | 1218 | 1287 |
| 1,5 | 0,205045 | 0,210414 | 0,215881 | 0,221453 | 0,227123 | 0,232897 | 0,238772 | 0,244751 | 0,250841 | 0,257034 |
| | 0,001356 | 1431 | 1509 | 1592 | 1677 | 1768 | 1860 | 1958 | 2062 | 2169 |
| 1,6 | 0,263334 | 0,269744 | 0,276267 | 0,282892 | 0,289633 | 0,296486 | 0,303452 | 0,310534 | 0,317724 | 0,325038 |
| | 2281 | 2398 | 2523 | 2649 | 2783 | 2922 | 3068 | 3221 | 3378 | 3545 |
| 1,7 | 0,332466 | 0,340908 | 0,347670 | 0,355450 | 0,363352 | 0,371375 | 0,379518 | 0,387785 | 0,396175 | 0,404684 |
| | 3718 | 3897 | 4084 | 4278 | 4482 | 4693 | 4913 | 5142 | 5381 | 5628 |
| 1,8 | 0,413324 | 0,422082 | 0,430974 | 0,439991 | 0,449136 | 0,458406 | 0,467809 | 0,477341 | 0,487001 | 0,496795 |
| | 5886 | 6152 | 6432 | 6722 | 7022 | 7334 | 7659 | 7996 | 8345 | 8708 |
| 1,9 | 0,506718 | 0,516773 | 0,526966 | 0,537283 | 0,547744 | 0,558335 | 0,569062 | 0,579925 | 0,590923 | 0,602058 |
| | 9084 | 9374 | 9880 | 10298 | 10734 | 11185 | 11652 | 12136 | 12637 | 13155 |
| 2,0 | 0,613334 | 0,624746 | 0,636292 | 0,647983 | 0,659811 | 0,671782 | 0,683886 | 0,696139 | 0,708526 | 0,721056 |
| | 0,013693 | 14250 | 14823 | 15419 | 16035 | 16673 | 17329 | 18011 | 18714 | 19440 |
| 2,0 | 0,613334 | 0,624746 | 0,636292 | 0,647983 | 0,659811 | 0,671782 | 0,683886 | 0,696139 | 0,708526 | 0,721056 |
| | 0,013693 | 14250 | 14823 | 15419 | 16035 | 16673 | 17329 | 18011 | 18714 | 19440 |

(Yardımcı Tablo 1 in Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2,1 | 0,733730 | 0,746544 | 0,759503 | 0,772602 | 0,785645 | 0,799234 | 0,812763 | 0,826440 | 0,840259 | 0,854222 |
| | 20190 | 20965 | 21766 | 22592 | 23445 | 24326 | 25234 | 26171 | 27138 | 28134 |
| 2,2 | 0,868327 | 0,882580 | 0,896979 | 0,911522 | 0,926208 | 0,941041 | 0,956024 | 0,971148 | 0,986417 | 1,001835 |
| | 29160 | 30218 | 31310 | 32434 | 33590 | 34782 | 36011 | 37274 | 38574 | 39912 |
| 2,3 | 1,017396 | 1,033112 | 1,048965 | 1,064966 | 1,081113 | 1,097406 | 1,113851 | 1,130437 | 1,147165 | 1,164048 |
| | 41288 | 42707 | 44163 | 45660 | 47199 | 48781 | 50409 | 52079 | 53793 | 55557 |
| 2,4 | 1,181074 | 1,198249 | 1,215559 | 1,233022 | 1,250631 | 1,268387 | 1,286289 | 1,304330 | 1,322529 | 1,340859 |
| | 57366 | 59225 | 61129 | 63085 | 65092 | 67152 | 69264 | 71427 | 73650 | 75922 |
| 2,5 | 1,359340 | 1,377964 | 1,396734 | 1,415647 | 1,434705 | 1,453906 | 1,473249 | 1,492736 | 1,512365 | 1,532141 |
| | 0,078253 | 80641 | 83087 | 85592 | 88158 | 90784 | 93471 | 96221 | 99034 | 101914 |
| 2,6 | 1,552054 | 1,572110 | 1,592311 | 1,612645 | 1,633130 | 1,653746 | 1,674511 | 1,695412 | 1,716451 | 1,737625 |
| | 104856 | 107866 | 110944 | 114086 | 117302 | 120584 | 123938 | 127363 | 130860 | 134428 |
| 2,7 | 1,758948 | 1,780399 | 1,801996 | 1,823726 | 1,845594 | 1,867598 | 1,889741 | 1,912013 | 1,934419 | 1,956966 |
| | 138074 | 141791 | 145586 | 149456 | 153402 | 157427 | 161530 | 165710 | 169970 | 174312 |
| 2,8 | 1,979646 | 2,002455 | 2,025399 | 2,048477 | 2,071684 | 2,095018 | 2,118492 | 2,142092 | 2,165820 | 2,189682 |
| | 178734 | 183237 | 187822 | 192490 | 197241 | 202073 | 206993 | 211996 | 217083 | 222258 |
| 2,9 | 2,213664 | 2,237781 | 2,262021 | 2,286391 | 2,310883 | 2,335503 | 2,360246 | 2,385112 | 2,410107 | 2,435217 |
| | 227515 | 232861 | 238292 | 243811 | 249415 | 255107 | 260886 | 266752 | 272708 | 278748 |
| 3,0 | 2,460451 | 2,485810 | 2,511289 | 2,536880 | 2,562596 | 2,588433 | 2,614383 | 2,640455 | 2,666639 | 2,692941 |
| | 0,284876 | 291094 | 297400 | 303789 | 310268 | 316836 | 323488 | 330230 | 337056 | 343969 |
| 3,1 | 2,719355 | 2,745888 | 2,772534 | 2,799290 | 2,826158 | 2,853137 | 2,880224 | 2,907426 | 2,934733 | 2,962149 |
| | 350967 | 358052 | 365222 | 372476 | 379814 | 387236 | 394739 | 402326 | 409994 | 417744 |
| 3,2 | 2,989676 | 3,017307 | 3,045044 | 3,072887 | 3,100836 | 3,128880 | 3,157030 | 3,185282 | 3,213638 | 3,242087 |
| | 425574 | 433483 | 441471 | 449536 | 457676 | 465895 | 474186 | 482552 | 490991 | 499499 |

(Yardımcı Tablo 1In Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 3,3 | 3,270646 | 3,299293 | 3,328045 | 3,356888 | 3,385824 | 3,414861 | 3,443993 | 3,473214 | 3,502530 | 3,531937 |
| | 508081 | 516728 | 525446 | 534229 | 543075 | 551988 | 560964 | 570000 | 579095 | 588249 |
| 3,4 | 3,561432 | 3,591018 | 3,620691 | 3,650455 | 3,680306 | 3,710243 | 3,740271 | 3,770371 | 3,800563 | 3,830835 |
| | 597459 | 606724 | 616042 | 625414 | 634836 | 644306 | 653827 | 663387 | 672995 | 682644 |
| 3,5 | 3,861185 | 3,891620 | 3,922136 | 3,952728 | 3,983396 | 4,014145 | 4,044964 | 4,075865 | 4,106836 | 4,137882 |
| | 0,692331 | 702059 | 711824 | 721624 | 731455 | 741320 | 751212 | 761135 | 771082 | 781054 |
| 3,6 | 4,168998 | 4,200190 | 4,231441 | 4,262768 | 4,294170 | 4,325630 | 4,357160 | 4,388755 | 4,420413 | 4,452135 |
| | 791048 | 801064 | 811095 | 821146 | 831214 | 841292 | 851384 | 861485 | 871594 | 881710 |
| 3,7 | 4,483922 | 4,515767 | 5,547675 | 4,579642 | 4,611661 | 4,643749 | 4,675889 | 4,708082 | 4,740331 | 4,772628 |
| | 891832 | 901956 | 912083 | 922209 | 932331 | 942455 | 952572 | 962682 | 972786 | 982878 |
| 3,8 | 4,804985 | 4,837392 | 4,869848 | 4,902356 | 4,934904 | 4,967509 | 5,000158 | 5,032853 | 5,065587 | 5,098366 |
| | 0,992963 | 1,003035 | 1,013094 | 1,023140 | 1,033168 | 1,043182 | 1,053178 | 1,063156 | 1,073112 | 1,083048 |
| 3,9 | 5,131190 | 5,164053 | 5,196955 | 5,229900 | 5,262878 | 5,295894 | 5,328948 | 5,362029 | 5,395159 | 5,428309 |
| | 1,092964 | 1,102856 | 1,112725 | 1,122572 | 1,132393 | 1,142188 | 1,151960 | 1,161701 | 1,171423 | 1,181112 |
| 4,0 | 5,461496 | | | | | | | | | |
| | 1,190777 | | | | | | | | | |

**Dönüm Gizgileri ile Yumurta Gizgilerinin Hesabı İçin
Yardımcı Tablo**

Tabloya giriş ... 8;

Tablodan okunan ... I.

Yardımcı Tablo II

| 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,0 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 0,1 | 0,000004 | 0,000006 | 0,000009 | 0,000012 | 0,000016 | 0,000021 | 0,000027 | 0,000035 | 0,000044 | 0,000054 |
| 5000 | 3333 | 3333 | 2500 | 2000 | 1666,7 | 1250,0 | 1111,1 | 1000,0 | 769,23 | |
| 0,2 | 0,000067 | 0,000081 | 0,000098 | 0,000117 | 0,000138 | 0,000163 | 0,000190 | 0,000221 | 0,000256 | 0,000295 |
| 714,29 | 588,24 | 526,32 | 476,19 | 400,00 | 370,37 | 322,58 | 285,71 | 256,41 | 238,10 | |
| 0,3 | 0,000337 | 0,000385 | 0,000437 | 0,000494 | 0,000557 | 0,000625 | 0,000700 | 0,000781 | 0,000869 | 0,000964 |
| 208,33 | 192,31 | 175,44 | 158,73 | 147,06 | 133,33 | 123,46 | 113,64 | 105,26 | 98,04 | |
| 0,4 | 0,001066 | 0,001177 | 0,001296 | 0,001424 | 0,001561 | 0,001708 | 0,001865 | 0,002032 | 0,002211 | 0,002401 |
| 90,09 | 84,03 | 78,13 | 72,99 | 68,03 | 63,69 | 59,88 | 55,87 | 52,63 | 49,50 | |
| 0,5 | 0,002603 | 0,002817 | 0,003044 | 0,003285 | 0,003540 | 0,003810 | 0,004094 | 0,004394 | 0,004710 | 0,005043 |
| 46,729 | 44,053 | 41,494 | 39,216 | 37,037 | 35,211 | 33,333 | 31,646 | 30,030 | 28,490 | |
| 0,6 | 0,005394 | 0,005762 | 0,006149 | 0,006554 | 0,006980 | 0,007426 | 0,007893 | 0,008381 | 0,008892 | 0,009426 |
| 27,174 | 25,840 | 24,691 | 23,474 | 22,422 | 21,413 | 20,492 | 19,569 | 18,727 | 17,953 | |
| 0,7 | 0,009983 | 0,010564 | 0,011171 | 0,011803 | 0,012461 | 0,013146 | 0,013860 | 0,014601 | 0,015372 | 0,016173 |
| 17,212 | 16,474 | 15,823 | 15,198 | 14,599 | 14,006 | 13,495 | 12,970 | 12,484 | 12,034 | |
| 0,8 | 0,017004 | 0,017867 | 0,018762 | 0,019690 | 0,020652 | 0,021649 | 0,022681 | 0,023749 | 0,024854 | 0,025997 |
| 11,587 | 11,173 | 10,776 | 10,395 | 10,030 | 9,690 | 9,363 | 9,050 | 8,749 | 8,467 | |
| 0,9 | 0,027178 | 0,028399 | 0,029660 | 0,030962 | 0,032305 | 0,033692 | 0,035122 | 0,036597 | 0,038117 | 0,039683 |
| 8,1900 | 7,9302 | 7,6805 | 7,4460 | 7,2098 | 6,9930 | 6,7797 | 6,5789 | 6,3857 | 6,1958 | |

(Yardımcı Tablo II nin Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1,0 | 0,041297 | 0,042958 | 0,044668 | 0,046427 | 0,048238 | 0,050100 | 0,052014 | 0,053962 | 0,056004 | 0,058080 |
| | 6,0205 | 5,8480 | 5,6850 | 5,5218 | 5,3706 | 5,2247 | 5,0813 | 4,9456 | 4,8170 | 4,6882 |
| 1,1 | 0,060213 | 0,062403 | 0,064650 | 0,066956 | 0,069322 | 0,071748 | 0,074235 | 0,076785 | 0,079398 | 0,082076 |
| | 4,5662 | 4,4504 | 4,3365 | 4,2265 | 4,1220 | 4,0209 | 3,9216 | 3,8270 | 3,7341 | 3,6470 |
| 1,2 | 0,084818 | 0,087626 | 0,090501 | 0,093444 | 0,096455 | 0,099536 | 0,102688 | 0,105911 | 0,109205 | 0,112573 |
| | 3,5613 | 3,4783 | 3,3979 | 3,3212 | 3,2457 | 3,1726 | 3,1027 | 3,0358 | 2,9691 | 2,9053 |
| 1,3 | 0,116015 | 0,119532 | 0,123124 | 0,126793 | 0,130539 | 0,134363 | 0,138267 | 0,142250 | 0,146314 | 0,150459 |
| | 2,8433 | 2,7840 | 2,7255 | 2,6695 | 2,6151 | 2,5615 | 2,5107 | 2,4606 | 2,4125 | 2,3652 |
| 1,4 | 0,154687 | 0,158998 | 0,163392 | 0,167872 | 0,172436 | 0,177086 | 0,181823 | 0,186648 | 0,191561 | 0,196563 |
| | 2,3196 | 2,2758 | 2,2321 | 2,1911 | 2,1505 | 2,1110 | 2,0725 | 2,0354 | 1,9992 | 1,9639 |
| 1,5 | 0,201655 | 0,206836 | 0,212109 | 0,217473 | 0,222930 | 0,228478 | 0,234121 | 0,239856 | 0,245687 | 0,251612 |
| | 1,9301 | 1,8965 | 1,8643 | 1,8325 | 1,8025 | 1,7721 | 1,7437 | 1,7150 | 1,6878 | 1,6611 |
| 1,6 | 0,257632 | 0,263748 | 0,269960 | 0,276270 | 0,282676 | 0,289180 | 0,295781 | 0,302481 | 0,309279 | 0,316176 |
| | 1,6351 | 1,6098 | 1,5848 | 1,5610 | 1,5375 | 1,5149 | 1,4925 | 1,4710 | 1,4499 | 1,4296 |
| 1,7 | 0,323171 | 0,330266 | 0,337460 | 0,344755 | 0,352148 | 0,359642 | 0,367235 | 0,374929 | 0,382722 | 0,390615 |
| | 1,4094 | 1,3900 | 1,3708 | 1,3526 | 1,3344 | 1,3170 | 1,2997 | 1,2832 | 1,2669 | 1,2509 |
| 1,8 | 0,398609 | 0,406702 | 0,414895 | 0,423187 | 0,431580 | 0,440071 | 0,448661 | 0,457350 | 0,466138 | 0,475024 |
| | 1,2356 | 1,2206 | 1,2060 | 1,1915 | 1,1777 | 1,1641 | 1,1509 | 1,1379 | 1,1254 | 1,1132 |
| 1,9 | 0,484007 | 0,493087 | 0,502265 | 0,511538 | 0,520908 | 0,530373 | 0,539931 | 0,549584 | 0,559331 | 0,569170 |
| | 1,1013 | 1,0896 | 1,0784 | 1,0672 | 1,0565 | 1,0462 | 1,0359 | 1,0260 | 1,0164 | 1,0069 |
| 2,0 | 0,579101 | 0,589122 | 0,599234 | 0,609435 | 0,619724 | 0,630100 | 0,640563 | 0,651111 | 0,661742 | 0,672457 |
| | 0,9979 | 0,9889 | 0,9803 | 0,9719 | 0,9638 | 0,9557 | 0,9480 | 0,9406 | 0,9333 | 0,9262 |

(Yardımcı Tablo II nin Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2.1 | 0,683254 | 0,694131 | 0,705087 | 0,716122 | 0,727233 | 0,738419 | 0,749679 | 0,761012 | 0,772415 | 0,783888 |
| | 0,9194 | 0,9127 | 0,9062 | 0,9000 | 0,8940 | 0,8881 | 0,8824 | 0,8770 | 0,8716 | 0,8666 |
| 2.2 | 0,795428 | 0,807034 | 0,818705 | 0,830438 | 0,842232 | 0,854086 | 0,865996 | 0,877963 | 0,889982 | 0,902054 |
| | 0,8616 | 0,8568 | 0,8523 | 0,8479 | 0,8436 | 0,8396 | 0,8356 | 0,8320 | 0,8284 | 0,8250 |
| 2.3 | 0,914175 | 0,926344 | 0,938558 | 0,950816 | 0,963115 | 0,975453 | 0,987829 | 1,000240 | 1,012682 | 1,025156 |
| | 0,8218 | 0,8187 | 0,8158 | 0,8131 | 0,8105 | 0,8080 | 0,8057 | 0,8037 | 0,8017 | 0,7999 |
| 2.4 | 1,037658 | 1,050186 | 1,062737 | 1,075310 | 1,087900 | 1,100508 | 1,113130 | 1,125763 | 1,138405 | 1,151057 |
| | 0,7982 | 0,7967 | 0,7954 | 0,7943 | 0,7932 | 0,7923 | 0,7916 | 0,7910 | 0,7906 | 0,7893 |
| 2.5 | 1,163707 | 1,176362 | 1,189016 | 1,201667 | 1,214311 | 1,226947 | 1,239572 | 1,252184 | 1,264780 | 1,277357 |
| | 0,7902 | 0,7903 | 0,7905 | 0,7909 | 0,7914 | 0,7921 | 0,7929 | 0,7939 | 0,7951 | 0,7964 |
| 2.6 | 1,289913 | 1,302446 | 1,314952 | 1,327430 | 1,339876 | 1,352289 | 1,364666 | 1,377004 | 1,389302 | 1,401555 |
| | 0,7979 | 0,7996 | 0,8014 | 0,8035 | 0,8056 | 0,8080 | 0,8105 | 0,8131 | 0,8161 | 0,8191 |
| 2.7 | 1,413763 | 1,425922 | 1,438031 | 1,450087 | 1,462088 | 1,474031 | 1,485916 | 1,497737 | 1,509495 | 1,521187 |
| | 0,8224 | 0,8258 | 0,8295 | 0,8333 | 0,8373 | 0,8414 | 0,8460 | 0,8505 | 0,8553 | 0,8604 |
| 2.8 | 1,532810 | 1,544363 | 1,555845 | 1,567252 | 1,578582 | 1,589836 | 1,601010 | 1,612102 | 1,623112 | 1,634037 |
| | 0,8656 | 0,8709 | 0,8767 | 0,8826 | 0,8886 | 0,8949 | 0,9016 | 0,9083 | 0,9153 | 0,9226 |
| 2.9 | 1,644876 | 1,655628 | 1,666291 | 1,676864 | 1,687345 | 1,697735 | 1,708031 | 1,718232 | 1,728337 | 1,738347 |
| | 0,9301 | 0,9378 | 0,9458 | 0,9541 | 0,9625 | 0,9713 | 0,9803 | 0,9896 | 0,9990 | 1,0088 |
| 3.0 | 1,748260 | 1,758074 | 1,767790 | 1,777407 | 1,786925 | 1,796344 | 1,805662 | 1,814881 | 1,824000 | 1,833019 |
| | 1,0190 | 1,0292 | 1,0398 | 1,0506 | 1,0617 | 1,0732 | 1,0847 | 1,0966 | 1,1088 | 1,1212 |
| 3.1 | 1,841938 | 1,850758 | 1,859478 | 1,868099 | 1,876623 | 1,885048 | 1,893377 | 1,901610 | 1,909747 | 1,917790 |
| | 1,1338 | 1,1468 | 1,1600 | 1,1732 | 1,1869 | 1,2006 | 1,2146 | 1,2290 | 1,2433 | 1,2579 |
| 3.2 | 1,925740 | 1,933599 | 1,941367 | 1,949046 | 1,956637 | 1,964143 | 1,971564 | 1,978903 | 1,986161 | 1,993340 |
| | 1,2724 | 1,2873 | 1,3023 | 1,3173 | 1,3323 | 1,3475 | 1,3626 | 1,3778 | 1,3930 | 1,4079 |

(Yardımcı Tablo II'nin Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 3,3 | 2,000443 | 2,007472 | 2,014429 | 2,021316 | 2,028136 | 2,034890 | 2,041583 | 2,048215 | 2,054792 | 2,061314 |
| | 1,4227 | 1,4374 | 1,4520 | 1,4663 | 1,4806 | 1,4941 | 1,5078 | 1,5205 | 1,5333 | 1,5454 |
| 3,4 | 2,067785 | 2,074207 | 2,080585 | 2,086920 | 2,093216 | 2,099477 | 2,105704 | 2,111903 | 2,118076 | 2,124226 |
| | 1,5571 | 1,5679 | 1,5785 | 1,5883 | 1,5972 | 1,6059 | 1,6132 | 1,6200 | 1,6260 | 1,6311 |
| 3,5 | 2,130357 | 2,136472 | 2,142575 | 2,148669 | 2,154758 | 2,160845 | 2,166934 | 2,173028 | 2,179131 | 2,185247 |
| | 1,6353 | 1,6385 | 1,6410 | 1,6423 | 1,6428 | 1,6423 | 1,6410 | 1,6385 | 1,6351 | 1,6311 |
| 3,6 | 2,191378 | 2,197529 | 2,203703 | 2,209904 | 2,216135 | 2,222399 | 2,228701 | 2,235042 | 2,241427 | 2,247859 |
| | 1,6258 | 1,6197 | 1,6126 | 1,6049 | 1,5964 | 1,5868 | 1,5770 | 1,5662 | 1,5547 | 1,5427 |
| 3,7 | 2,254341 | 2,260877 | 2,267468 | 2,274119 | 2,280833 | 2,287612 | 2,294459 | 2,301376 | 2,308367 | 2,315433 |
| | 1,5300 | 1,5172 | 1,5035 | 1,4894 | 1,4751 | 1,4605 | 1,4457 | 1,4304 | 1,4152 | 1,3996 |
| 3,8 | 2,322578 | 2,329804 | 2,337112 | 2,344505 | 2,351985 | 2,359553 | 2,367212 | 2,374963 | 2,382807 | 2,390746 |
| | 1,3839 | 1,3684 | 1,3526 | 1,3369 | 1,3214 | 1,3057 | 1,2902 | 1,2749 | 1,2596 | 1,2447 |
| 3,9 | 2,398780 | 2,406912 | 2,415142 | 2,423470 | 2,431896 | 2,440423 | 2,449049 | 2,457776 | 2,466602 | 2,475528 |
| | 1,2297 | 1,2151 | 1,2008 | 1,1868 | 1,1727 | 1,1593 | 1,1459 | 1,1330 | 1,1203 | 1,1079 |
| 4,0 | 2,484554 | | | | | | | | | |
| | 1,0957 | | | | | | | | | |

Kontrol için $D_1 + D_2 = D$ olmalıdır.

A Parametresinin çabuk ve kolay bir şekilde şu formüllerle hesabı mümkündür. Pratikte bu çok kere yararlı olur.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (28)$$

ile

$$L \approx 2T \sqrt{\frac{3R}{R_1 + R_2}} \quad (29) \quad \text{ve} \quad A \approx \sqrt{LR}$$

olur. T verilmeyip D verilirse, ilk olarak;

$$T^2 = D (2R_1 + 2R_2 + D) \quad (30)$$

denkleminde T bulunur.

ÖRNEK: Bir S kurbundan verilenler ;

$$R_1 = 300, \quad R_2 = 200 \quad D = 162$$

Aranan: A klotoid Parametresi;

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 120$$

$$K = \frac{10R}{R_1 + R_2} = 2.4$$

$$\eta = \frac{D}{R} = 1.35$$

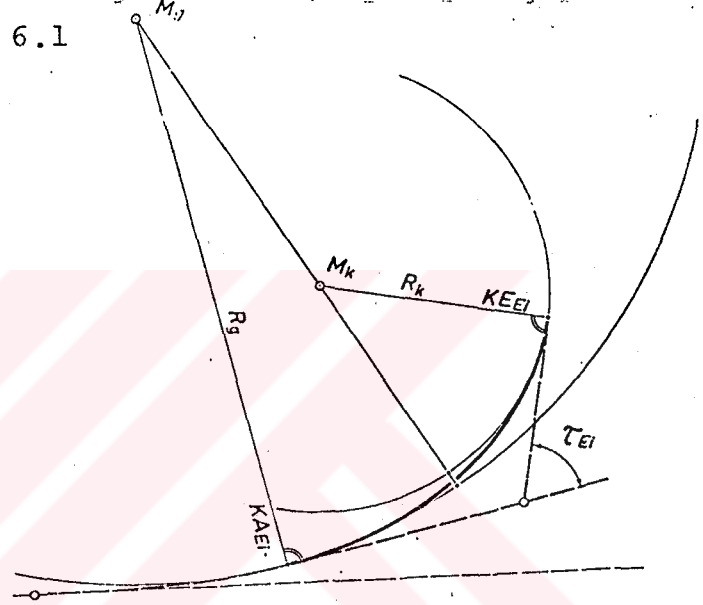
Yardımcı tablo I'den η için: $d = 0.078253$ yardımcı değeri okunur ve ; $\delta = \eta - kd = 1.162193$ bulunur.

Yardımcı tablo II den δ için; $I = 2.498803$ değeri okunur ve bu $R = 120$ ile çarpılarak: $A = I.R = 299.856$ Parametresi bulunur. Yuvarlak değer olarak $A = 300$ seçilirse ; $D = 162.14$ elde edilir.

Daha önce verilen yaklaşım formülü uygulansa idi $A = 297.3$ bulunurdu; Proje hazırlanırken bu ilk karar vermede bu çok kere yeterlidir.

6. ELIPS (OVAL) ÇİZGİ

Elips çizgi, iki yayı farklı yarıçapla birbirine bağlar yalnız bir klotoid parçasının bağlantısı sırasında küçük daire en büyüğünden çemberle çevrelenmişse bağlantı mükemmel olabilir. Yay klotoide temas ettiği noktada, aynı yarıçap ve aynı teğete sahiptir. Şekil 6.1



(Şek.6.1)

(Şek.6.2)

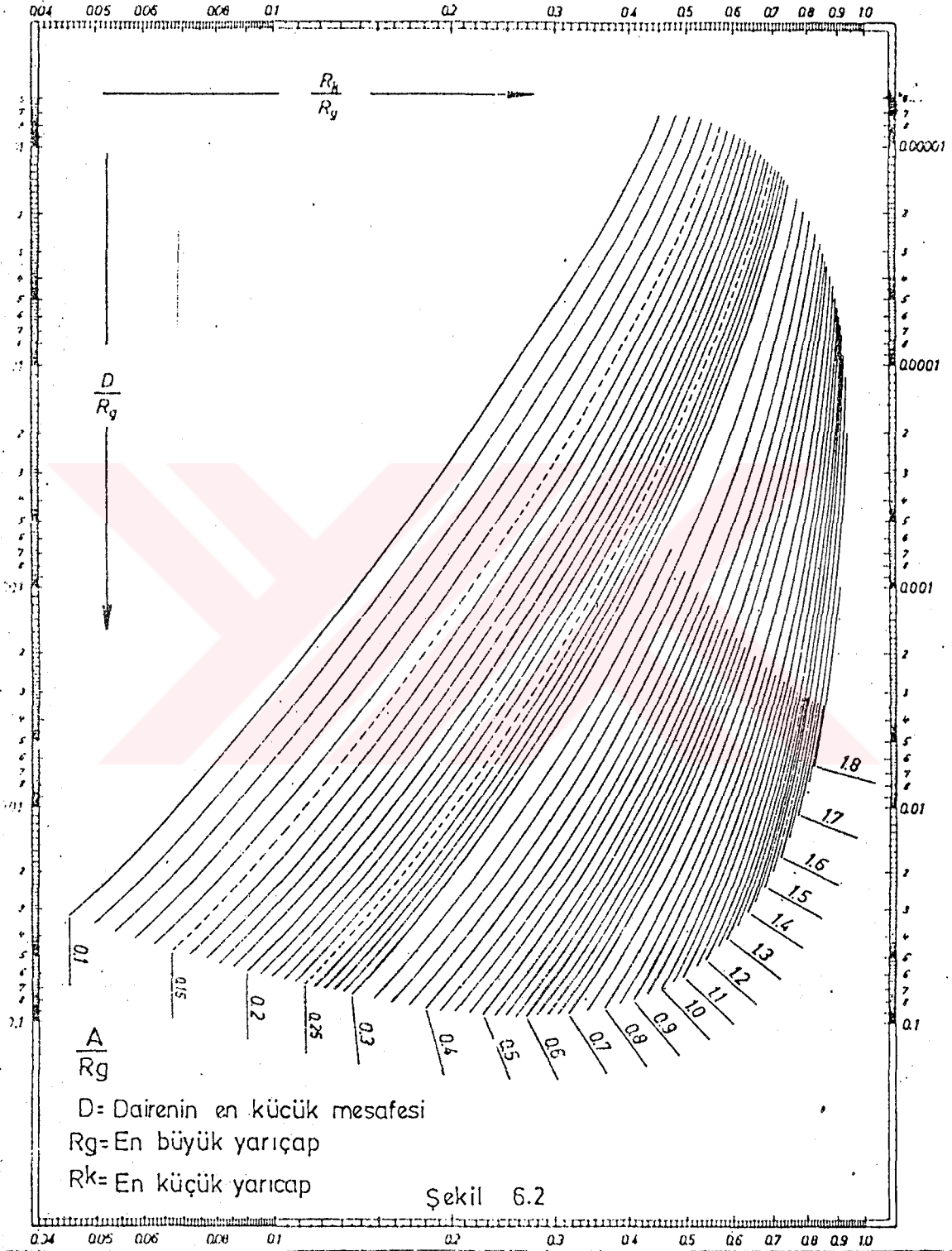
D = Dairenin en küçük mesafesi

Rg = en büyük yarıçap

Rk = en küçük yarıçap

$$\text{Alma} = \frac{A}{Rg}$$

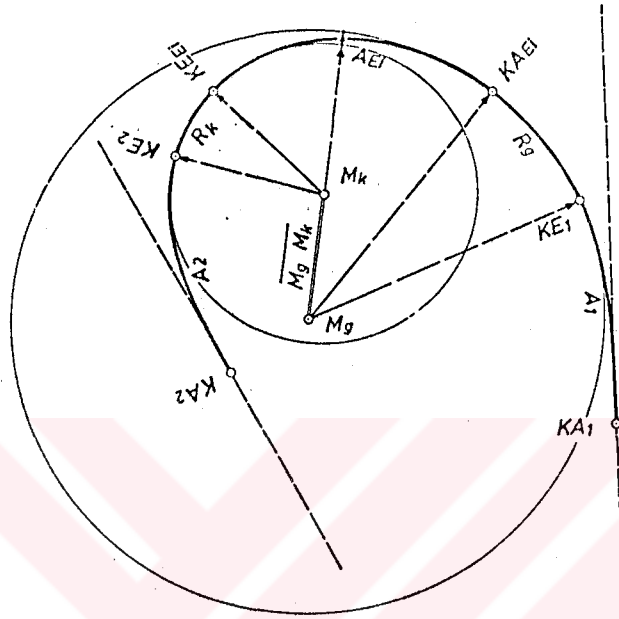
Dönüş eğrilerinde elips çizgi, diğerlerine oranla az uygulanır. Bunun için esas eksen, (benzer bir çizgili gidiş.) en basit yolla bulunur. Yani simetrik olmayan geçiş eğrileri veya simetrik olmayan bir klotoid başlangıç noktası yerleştirilir. Yalnız daraltılan şeritlerde örneğin: Şehir alanında veya oto yol inişlerinde, sık olmasada elips çizginin yerleştirilmesine karar verilebilir.



GRAFİK ÇÖZÜM :

Nomogramın katkısıyla grafik çözüm en rahat ve en doğru çözümdür. (Diyagrama bakınız). Çözüm doğal olarak klotoid cetveli ile de mümkündür. Fakat birbirine bağlı kesitlerden dolayı hatalı olur ve kullanışta var olan hareket serbestliği böyle hatalı olarak kabul edilmez.

Şekil. 6.3



(Şek.6.3)

Çoğunlukla elips eğri yayının gidişi, çok daraltılmıştır. Viraj çizgisini geçirme sırasında ister istemez R_g ve R_k için belirli bir yarıçap, A_1 ve A_2 için belirli bir parametre, ortaya çıkar. Bu durumda elips eğrisi için AEI parametresinin bulunması problemi vardır. Bu amaç için nomogram dönüş çizgisi gibi aynı kurallar içinde anlatıldığı gibi yerleştirilir. (Bakınız bölüm 5) AEI parametresinin bulunması sırasında R_g ve R_k dışında en küçük mesafe (D yayı) gereklidir ve bulunması kolaydır. Yay merkezi işaretlendiği şekilde durmadığından dereceli cetvelin yerdeğişiminin denenmesi araştırılır. Oysa, ilgili merkez projede bulunmalı ve en küçük mesafe D uzatılırken merkez bağlantı çizgisi alınmalıdır. Bununla üç büyüklük ve AEI parametresi belirlenir.

$$\frac{RK}{R_g} \quad \text{ve} \quad \frac{D}{R_g}$$

Önemli olan husus değerlere dikkat edilmesidir. Çünkü $\frac{D}{R_g}$ değeri çok küçük olur. Bu değerler aşağıda ve yukarıda, sağda ve solda, nomogramın bölümlenmesinde mümkün olduğunca doğru

geçirilmelidir. Ancak o zaman arakesit noktası tesbit edilir. Eğri kümesinden $\frac{A}{Rg}$ değeri okunur. Bu değer Rg ile çarpılırsa AEI elde edilir.^{Rg}

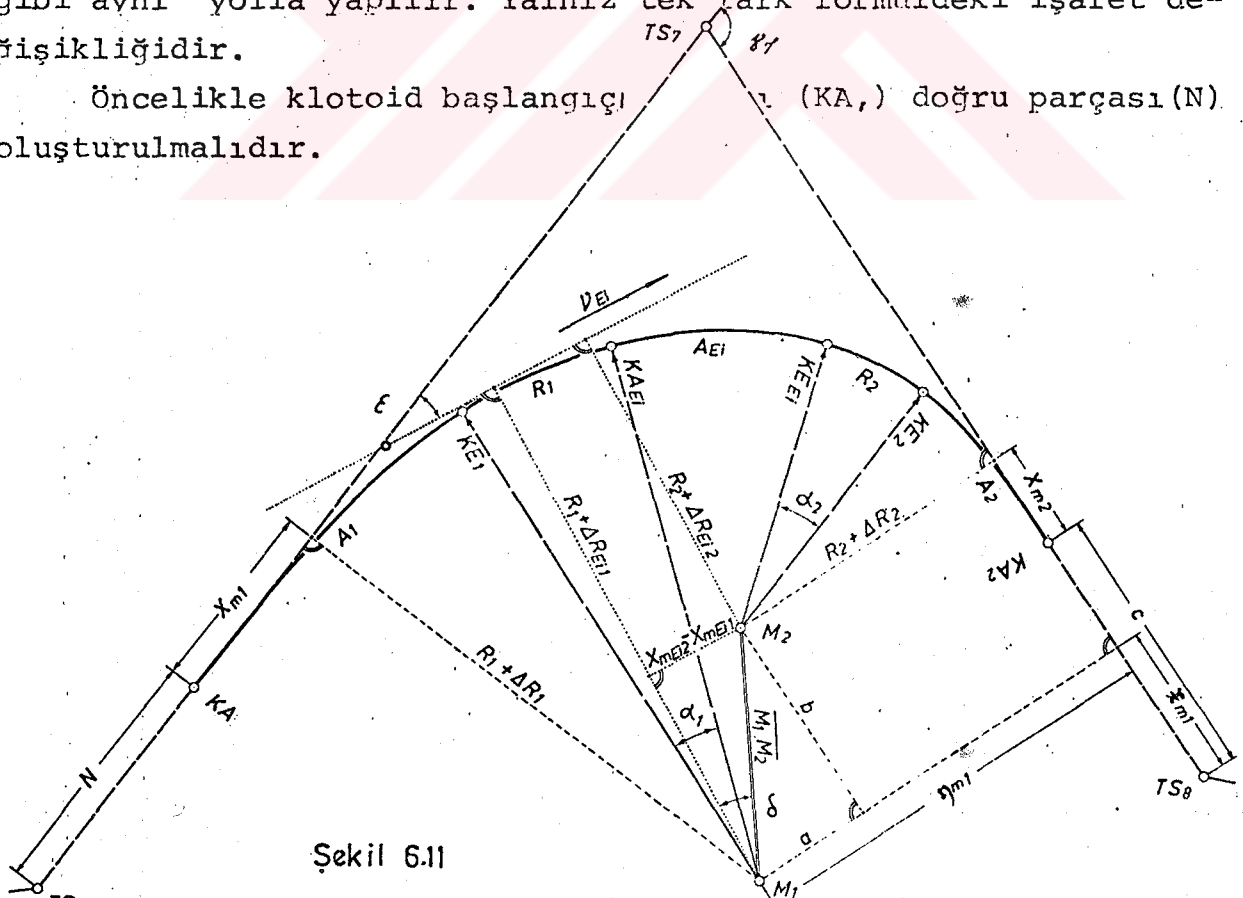
Bulunan parametre özellikle dairesel değildir. Çoğu durumlarda buna yakın olan dairesel parametre seçilir ve hesaplama katılır. Klotoid cetveli ile hesabı yeniden gözden geçirmek uygun olur. Bunlar daireler arasına yerleştirilir. Parametrelerin yerleştirilip yerleştirilmeyeceği de saptanır. Şayet elips çizgi geçiş yaylarının herikisinden birine tercih edilen klotoid boğumlarını geçerse, yay mesafesi D kısaltılmalıdır.

Başka bir deyişle, her iki yay merkezi aritmetik olarak belirlenir. O zaman benzer grafik çözüm oluşur. Burada D uzaklığı daire merkezi koordinatlarından matematik olarak tespit edilir. Yani $\frac{D}{Rg}$ değeri tam olarak bilinir. Buna göre AEI parametresi de tam olarak ispat edilir. Bu durumda Parametre gittikçe yaklaşma sırasında doğru olarak bulunabilir.

6.1. BÜTÜN YAY ELEMANLARI İÇİN YUVARLAK DEĞERLE ELİPSİDİDAL ÇİZGİ NORMAL DURUM

Elipsoidal çizginin hesaba katılması dönüm çizgisindeki gibi aynı yolla yapılır. Yalnız tek fark formüldeki işaret değişikliğidir.

Öncelikle klotoid başlangıcı (KA₁) doğru parçası (N) oluşturulmalıdır.



Şekil 6.11

Verilen: Teğetlerin arakesit noktası koordinatları TS_6, TS_7
 TS_8 ve $(TS_6 TS_7)$, $(TS_7 TS_8)$ açıklık açıları

Yay elemanları A_1, R_1, AEI, R_2, A_2 ,
 Doğru parçası N

Aranan: A_1 ve A_2 için klotoid elemanları

Teğet uzunlukları $t_1, T_{LEI}, T_{KEI}, t_2$

Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2

Elips çizgi uzunluğu L_{EI}

- ÇÖZÜM: a) Cetvelden bütün klotoid elemanlarının alınması
 b) M_1 çember merkezinin koordinatlarının Tablo.6.11'e göre hesabı
 c) $\overline{TS_8TS_7}$ teğetlerinden M_1 merkez. koordinatlarının değişimi sonuç olarak η_m ve $*_{m1}$ in bulunması
 d) $\overline{M_1M_2}$ merkez uzaklığının hesabı;

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{(R_1 + \Delta R_{EI1} - R_2 - \Delta R_{EI2})^2 + (X_{MEI2} - X_{MEI1})^2}$$

- e) a, b ve c doğru parçalarının hesabı

$$a = \eta_{m1} - (R_2 + \Delta R_2)$$

$$b = \sqrt{\overline{M_1M_2}^2 - a^2}$$

$$c = *_{m1} + b - X_{m2}$$

- f) Tablo 6.11'e göre M_2 merkez koordinatlarının hesabı
 g) M_1 ve M_2 merkez koordinatlarından (M_1M_2) açıklık açısının hesabı
 h) δ açısının hesabı;

$$\tan \delta = \frac{X_{mEI2} - X_{mEI1}}{R_1 + \Delta R_{EI1} - R_2 - \Delta R_{EI2}}$$

- i) \sqrt{EI} Elips çizgisi ana teğetinin eğim hesabı

$$\sqrt{EI} = (M_1M_2) \pm \delta \pm 100^\circ$$

Doğru işaretler ölçüme uygun bir dereceli cetvel taslağından faydalı olarak çıkarılmalıdır.

- k) Yay merkez açıları α_1 ve α_2 , yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2 , teğet açısı T_{EI} , ve L_{EI} uzunluğunun hesabı;

Önce yardımcı açı ε ve açı γ_7 oluşturulur.

$$\varepsilon = \nu_{Ei} - (TS_6TS_7) \text{ veya } \varepsilon = (TS_6TS_7) - \nu_{Ei}$$

$$\gamma_7 = (TS_7TS_8) - (TS_6TS_7)$$

Burada da krokiden doğru çıkarma yapılmalıdır.

$$\alpha_1 = \varepsilon + \tau_{Ei1} - \tau_1$$

$$\alpha_2 = \gamma_7 - \varepsilon - \tau_2 - \tau_{Ei2}$$

$$\text{Sağlama } \gamma_7 = \tau_1 + \tau_{Ei2} + \tau_2 - \tau_{Ei1} + \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\hat{b}_1 = \frac{R_1 \cdot \pi \cdot \alpha_1}{200}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{R_2 \cdot \pi \cdot \alpha_2}{200}$$

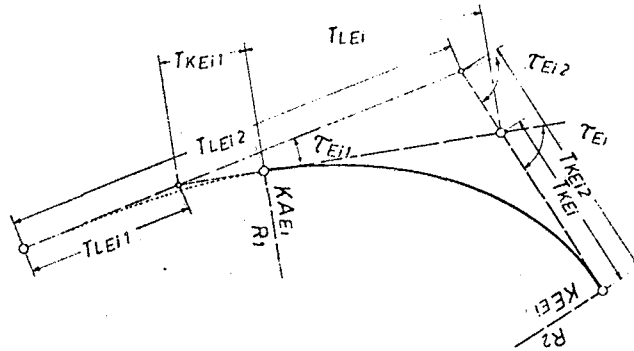
$$\tau_{Ei} = \tau_{Ei2} - \tau_{Ei1}$$

$$L_{Ei} = L_{Ei2} - L_{Ei1}$$

1) (T_{LEi} ve T_{KEi}) teğet uzunluklarının hesabı *

$$t_1 = R_1 \cdot \tan \frac{\alpha_1}{2} \quad T_{LEi} = \frac{\sin \tau_{Ei2} (T_{LEi2} - T_{LEi1})}{\sin \tau_{Ei}} - T_{KEi1}$$

$$t_2 = R_2 \cdot \tan \frac{\alpha_2}{2} \quad T_{KEi} = T_{KEi2} - \frac{\sin \tau_{Ei1} (T_{LEi2} - T_{LEi1})}{\sin \tau_{Ei}} \quad (31)$$



m) Teğet uzunlukları ve cetvelden alınan TL_1 , TK_1 , TL_2 ve TK_2 teğetleri Tablo 6.12'deki bir teğet poligonu kontrolünden hesaplanır.

ÖRNEK HESAP ;

| | Y | X |
|---------|-------------------|--------------|
| Verilen | $TS_6 + 76.97 +$ | 52185 |
| | $TS_7 + 386.93 +$ | 643.37 |
| | $TS_8 + 391.60 +$ | 452.05 |
| | $(TS_6 TS_7) =$ | 76.2136^9 |
| | $(TS_7 TS_8) =$ | 198.4462^9 |

$$A_1 = 100 \text{ m}$$

$$R_1 = 120 \text{ m}$$

$$A_{Ei} = 80 \text{ m}$$

$$R_2 = 70 \text{ m}$$

$$A_2 = 70 \text{ m}$$

$$N = 144.60 \text{ m}$$

Araman: A_1 ve A_2 için Klotoid elemanları ;

Teğet uzunlukları t_1 , T_{LEi} , T_{KEi} , t_2 ,

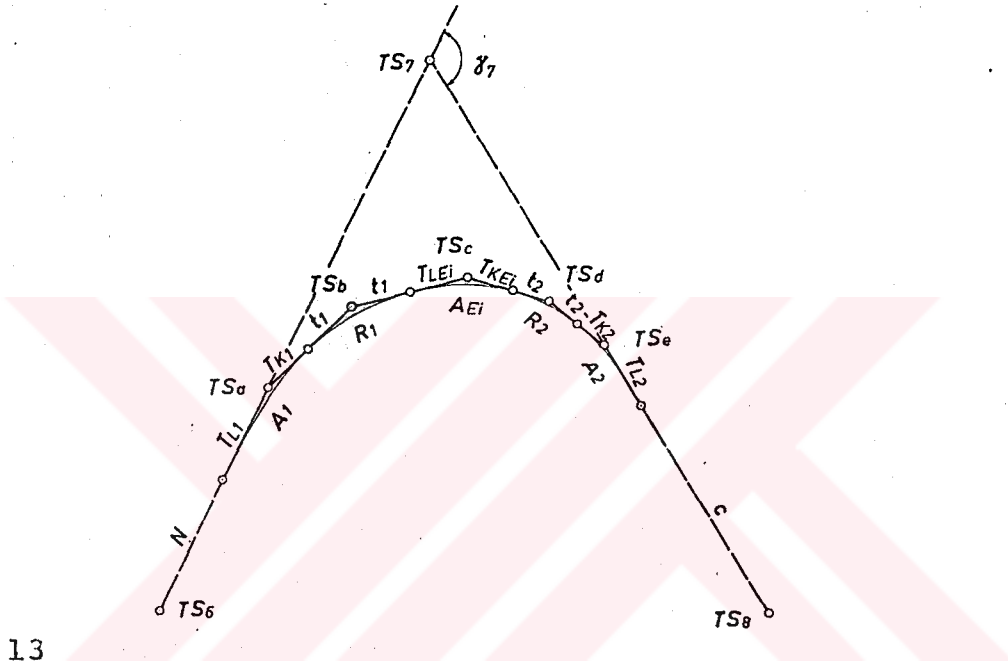
Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2 ,

lips çizgi uzunluğu LEi

ÇÖZÜM: Klotoid elemanlarının alınması ;

| | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| $A_1 = 100 \text{ m}$ | $A_{Ei} = 80 \text{ m}$ |
| $R_1 = 120 \text{ m}$ | $R_1 = 120 \text{ m}$ |
| $L_1 = 83,33 \text{ m}$ | $L_{Ei1} = 53,33 \text{ m}$ |
| $\Delta R_1 = 2,40 \text{ m}$ | $\Delta R_{Ei1} = 0,99 \text{ m}$ |
| $X_{m1} = 41,50 \text{ m}$ | $X_{mEi1} = 26,62 \text{ m}$ |
| $X_1 = 82,33 \text{ m}$ | $X_{Ei1} = 53,07 \text{ m}$ |
| $Y_1 = 9,56 \text{ m}$ | $Y_{Ei1} = 3,94 \text{ m}$ |
| $T_{K1} = 28,10 \text{ m}$ | $T_{KEi1} = 17,86 \text{ m}$ |
| $T_{L1} = 55,91 \text{ m}$ | $T_{LEi1} = 35,65 \text{ m}$ |
| $\tau_1 = 22,1049^8$ | $\tau_{Ei1} = 14,1471^8$ |

| | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| $A_{E1} = 80 \text{ m}$ | $A_2 = 70 \text{ m}$ |
| $R_2 = 70 \text{ m}$ | $R_2 = 70 \text{ m}$ |
| $LEI_2 = 91.43 \text{ m}$ | $L_2 = 70 \text{ m}$ |
| $\Delta REI_2 = 4.90 \text{ m}$ | $\Delta R_2 = 2.89 \text{ m}$ |
| $XmR_2 = 45.07 \text{ m}$ | $Xm_2 = 34.71 \text{ m}$ |
| $XRI_2 = 87.61 \text{ m}$ | $X_2 = 68.27 \text{ m}$ |
| $YRI_2 = 19.30 \text{ m}$ | $Y_2 = 11.46 \text{ m}$ |
| $TKRI_2 = 31.77 \text{ m}$ | $TK_2 = 23.90 \text{ m}$ |
| $TLEI_2 = 62.37 \text{ m}$ | $TL_2 = 47.29 \text{ m}$ |
| $\tau EI_2 = 41.5752$ | $\tau_2 = 31.8310$ |



Şek. 6.13

- b) M_1 Daire merkezinin koordinatlarının hesabı Tablo 6.11
- c) $\overline{TS_7TS_8}$ teğetlerinde M_1 merkez koordinatlarının şekil değişimi
- d) $\overline{M_1M_2}$ merkez mesafesinin hesabı :

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{46.09^2 + 18.45^2}$$

$$\overline{M_1M_2} = 49.65 \text{ m}$$

e) a,b,c doğru parçalarının hesabı ;

$$a = 96.08 - 72.89$$

$$a = 23.19 \text{ m}$$

$$b = \sqrt{49.65^2 - 23.19^2}$$

$$b = 43.90 \text{ m}$$

$$c = 26.13 + 43.90 - 34.71$$

$$C = 35.32 \text{ m}$$

f) M_2 Merkez koordinatının hesabı Tablo 6.11

g) (M_1M_2) açıklık açısının hesabı

$$\begin{array}{r} \text{Y} \\ \hline M_1 + 294.91 + 475.82 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{X} \\ \hline M_2 + 317.02 + 520.28 \\ + 22.11 + 44.46 \end{array}$$

$$\tan(M_1M_2) = \frac{+ 22.11}{+ 44.46} = \frac{+}{+} 0.49730$$

$$(M_1M_2) = 29.3790^\circ$$

$$\text{Kontrol: } \overline{M_1M_2} = \sqrt{22.11^2 + 44.46^2} = 49.65 \text{ m.}$$

Sonuç : 49.65 m

h) δ açısının hesabı ; $\tan \delta = \frac{18.45}{46.09} = 0.40030$

$$\delta = \underline{\underline{24.2400}}$$

i) VEİ açıklık açısının hesabı:

$$VEİ = 29.3790 - 24.2400 + 100.0000$$

$$VEİ = 105.1390^\circ$$

k) Merkez açısı α_1 ve α_2 ye göre, \hat{b}_1, \hat{b}_2, LE ve τ Eİ değerlerinin hesabı;

$$\xi = 105.1390 - 76.2136 = 28.9254$$

$$\gamma_7 = 198.44462 - 76.2136 = 122.2336$$

$$\alpha_1 = 28.9254 + 14.1471 - 22.1049$$

$$\alpha_1 = \underline{20.9676^{\circ}}$$

$$\alpha_2 = 122.2326 - 28.9254 - 31.8310 - 41.5752$$

$$\alpha_2 = 19.9010^{\circ}$$

KÜÇÜK NOKTALARIN KOOR. HESABI

Tablo 6.11



Sayfa No:

| İl | KÜÇÜK NOKTA • HESABI | | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|--------------------------------------|---|--|---------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| İlçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya — Y Ya — X S | (Ya - Y) ² (X - X) ² S ² | $0 = \frac{Ya-Y}{S}$ $a = \frac{X-X}{S}$ $d = S - S$ | S | Y Y = 0.s X ₁ = Y+ Y | X X = a.s X ₁ = X+ X | Nokta No. |
| 191.38 | | +0.02440 -0.99969 | | | | |
| | | | | +386.93 | +643.37 | TS ₇ |
| 121.35 | | | | +389.89 | +522.06 | FpM ₂ |
| (+72.89) | | | | +317.02 | +520.28 | M ₂ |
| (70.03) | | | | +318.73 | +450.27 | Fp |
| (-72.38) | | | | +391.60 | +452.05 | TS ₈ |
| 191.38 (± 0.00) | | | | + 4.67 | -191.32 | |
| | | | | 0.00 +91.99 | 0.00 +167.50 | TS ₇ |
| | | | | + 4.09 +96.08 -96.66 | - 2.25 +165.25 + 23.76 | M ₁ |
| | | | | + 0.58 0.00 | + 2.36 +191.37 | TS ₈ |
| | | | İstenen | 0.00 | +191.38 | |
| Kontrol: Y = 0 S = Y-Y X = a S = X-X | | | | | | |

Tablo 6.11

Sayfa No:

| il | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|--|---|--|---|---------------------------|---------------------------|------------------|
| ilçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya — Y Ya — X S | (Ya - Y) ² (X - X) ² S ² | 0 = $\frac{Ya-Y}{S}$ a = $\frac{X-X}{S}$ d = S - S | S | Y Y = 0.s X1 = Y+ Y | X X + a.s X1 = X+ X | Nokta No. |
| b) 332.93 | | +0.93101 +0.36500 | | | | |
| | | | | + 76.97 | +521.85 | TS ₆ |
| 186.10 | | | | +250.23 | +589.78 | Fp _{M1} |
| (+122.40) | | | | +294.91 | +475.82 | M1 |
| 146.83 | | | | +431.61 | +529.41 | Fp |
| (-122.40) | | | | +386.93 | +643.37 | TS ₇ |
| 332.93 (+ 0.00) | | | | 309.96 | +121.52 | |
| c) 191.38 | | +0.024440 -0.99969 | | | | |
| | | | | +386.93 | +643.37 | TS ₇ |
| | | | | +294.91 | +475.82 | M1 |
| | | | | +391.60 | +452.05 | TS ₈ |
| | | | | + 4.67 | -191.32 | |
| Kontrol: Y = 0 S = Y - Y X = a S = X - X | | | | | | |

Tablo 11 devamı

$$\begin{array}{r}
\text{Sağlama: } 122.2326^q = 22.1049 \\
+ 41.5752 \\
+ 31.8310 \\
+ 14.1471 \\
+ 20.9676 \\
+ 19.9010 \\
\hline
122.2326^q
\end{array}$$

$$\hat{b}_1 = \frac{120.77 \cdot 20.9676}{200} \quad \tau_{E1} = 41.5752 - 14.1471$$

$$\hat{b}_1 = 39.52 \text{ m} \quad \tau_{E1} = 27.4281$$

$$\hat{b}_2 = \frac{70.77 \cdot 19.9010}{200} \quad L_{E1} = 91.43 - 53.33$$

$$\hat{b}_2 = 21.88 \text{ m} \quad \underline{L_{E1} = 38.10 \text{ m}}$$

j) Teğet uzunluklarının (t_1 , t_2 , T_{KE1} ve K_{LE1}) hesabı;

$$t_1 = 120.0.16618 \quad \frac{1}{2} = 10.4838$$

$$\underline{t_1 = 19.94 \text{ m}}$$

$$t_2 = 70.0.15759 \quad \frac{\alpha_2}{2} = 9.9505$$

$$\underline{t_2 = 11.03 \text{ m}}$$

$$T_{LE1} = \frac{0.60762 \cdot 26.72}{0.41763} - 17.86$$

$$\underline{T_{LE1} = 21.02 \text{ m}}$$

$$T_{KE1} = 31.77 - \frac{0.22040 \cdot 26.72}{0.41763}$$

$$\underline{T_{KE1} = 17.67 \text{ m}}$$

m) Kontrol poligonunun hesabı :

POLİGON HESABI

Sayfa No:

| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|-----------------|----------|----------|--------|--------------|-------|-----------------|-----------------|
| | TS ₆ | | 76.2135 | 200.51 | 186.68 | 73.19 | 76.97 | 521.85 |
| | TSa | 222.1049 | 98.3185 | 48.04 | 48.02 | 1.27 | 263.65 | 595.04 |
| | TSb | 220.9676 | 119.2861 | 4096 | 39.09 | 12.22 | 311.67 | 596.31 |
| | TSc | 227.4281 | 146.7142 | 28.70 | 21.31 | 19.22 | 350.76 | 584.09 |
| | TSd | 219.9010 | 166.6152 | 34.93 | 17.49 | 30.24 | 372.07 | 564.87 |
| | TSe | 231.8310 | 198.4462 | 82.61 | 2.02 | 82.59 | 389.56 | 534.63 |
| | TS ₈ | | | | | | 391.58 | 452.04 |
| | | | | | Mevcut olan: | | 391.60 fy=-2 | 452.05 fx=-1 |

Tablo 6. 12

Poligon noktalarının koordinatlarının hesabı

Tablo 6.12

6.2 A_2 DIŞINDA BÜTÜN YAY ELEMANLARI İÇİN YUVARLAK DEĞERLE ELİPS ÇİZGİ :

Basit olarak ikinci geçiş eğrisi için dairesel olmayan bir parametre (A_2) alınır, elips çizgisi hesabı bir şekil oluşturur. N doğru parçası dışında devam eden bir doğru oluşturulmalıdır. Yani, birinci yay kesimi;

- a) α Merkez açının bulunması sırasında ;
- b) \hat{b}_1 yay uzunluğunun bulunması "
- c) t. Teğet uzunluğunun " "

boğumlardan grafik olarak tesbit edilir. Hesaplama için öncelikle merkez açı teğet uzunluğuna, duraklama içinde yay uzunluğuna gereksinim vardır. Üç elemanın ilişkisi formüllerle gerçekleştirilir.

$$b = \frac{R \pi \alpha}{200}, \quad t = R \tan \frac{\alpha}{2}$$

verilen; Teğetlerin arakesit noktalarının koordinatları
(TS_2, TS_3, TS_4)

Açıklık Açıları (2.3), (3.4)

Yay elemanları $A_1, R_1, A_{EI}, R_2 \approx A_2$

Doğru Parçası N,

Teğet uzunluğu t_1 ,

Arananlar:

A_2 Parametresi,

$A_1 A_2$ için Klotoid elemanları

Teğet uzunlukları T_{LEI}, T_{KEI}, t_2

Yay uzunlukları \hat{b}_1, \hat{b}_2

Elips çizgisi uzunluğu LEI

- ÇÖZÜM: a) Cetvelden A_1 A_2 için bütün Klotoid elemanlarının alınması
- b) Elips çizgi, α merkez açısı, T_{Ei} teğet açısının hesabı;

$$\tan \frac{\alpha_1}{2} = \frac{t_1}{R_1}$$

$$\tau_{Ei} = \tau_{Ei2} - \tau_{Ei1}$$

- c) Elips çizgisi teğetlerinin (TEi ve T_{KEi}) hesabı;

$$\begin{aligned} T_{LEi} &= \frac{\sin \tau_{Ei2} (T_{LEi2} - T_{LEi1})}{\sin \tau_{Ei}} - T_{KEi1} \\ T_{KEi} &= T_{KEi2} - \frac{\sin \tau_{Ei1} (T_{LEi2} - T_{LEi1})}{\sin \tau_{Ei}} \end{aligned} \quad (31)$$

- d) Merkeze (M_2) kadar teğet Poligonunun hesabı Tablo.6.21
- e) \overline{TS} , TS_4 teğetlerinde M_2 merkez koordinatının değişimi Tablo 6.22
- f) A_2 Parametresinin ve karşılaştırma sırasında ilgili elemanlarının bulunması,
- g) α_2 merkez açısı t_2 teğet uzunluğu ve \hat{b}_2 yay uzunluğunun hesabı;

$$\alpha_2 = \gamma - \tau_1 - \tau_{Ei} - \tau_2 - \alpha_1$$

$$t_2 = \tan \frac{\alpha_2}{2} \cdot R_2$$

$$b_2 = \frac{R_2 \cdot \pi \cdot \alpha_2}{200}$$

- h) b_1 yay ve LEi elips çizgisinin uzunluğunun hesabı:

$$\hat{b}_1 = \frac{R_1 \cdot \pi \cdot \alpha_1}{200}$$

$$LEi = LEi_2 - L_{Ei1}$$

POLİGON HESABI

Sayfa No:

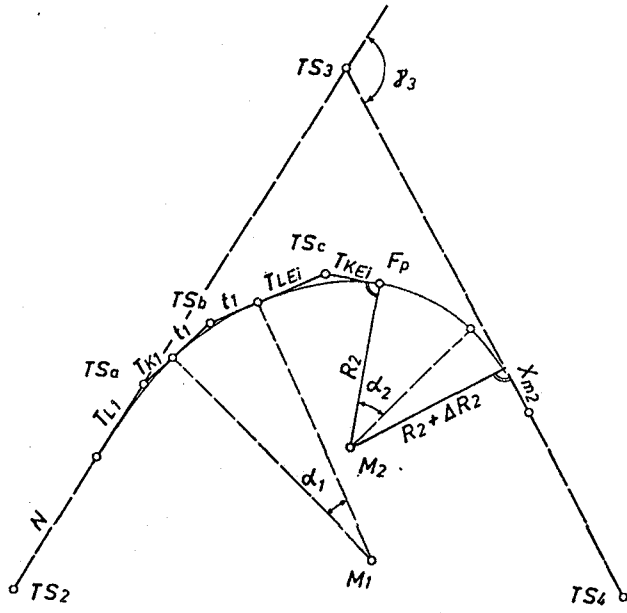
| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|-----------------|----------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | TS ₂ | | 321.8471 | 216.50 | 207.88 | 72.85 | 587.14 | 773.67 |
| | TSa | 214.1471 | 335.9942 | 102.15 | -86.25 | +54.73 | 383.264 | 846.527 |
| | TSb | 224.1118 | 360.1060 | 86.25 | -50.58 | +69.86 | 297.01 | 901.25 |
| | TSc | 218.5681 | 378.6741 | 21.60 | - 7.10 | +20.40 | 246.43 | 971.11 |
| | Fp | 300.0000 | 78.67417 | 120.00 | 113.33 | +3945 | 239.33 | 991.51 |
| | M ₂ | | | | | | 352.66 | 1030.96 |

Tablo 6. 21

Sayfa No:

| İl | | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|--------------------------|--|---|---------|--|--|-----------------|
| İlçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya — Y Ya — X S | $(Y_a - Y)^2$ $(X - X)^2$ S ² | $0 = \frac{Y_a - Y}{S}$ $a = \frac{X - X}{S}$ $d = S - S$ | S | Y Y = 0.s X ₁ = Y + Y | X X = a.s X ₁ = X + X | Nokta No. |
| | | +0,77507 +0,63188 | | | | |
| | | | | + 51.64 | + 265.01 | TS ₃ |
| | | | | +352.66 | + 1030.6 | M ₂ |
| | | | | +510.36 | +1338.98 | TS ₄ |
| 591.84 | | | | +458.72 | + 373.97 | |
| | | | | + a. y - v. x p | + a. x + v. y p | |
| | | | | 0,00 + 190.21 | 0,00 +41.67 | TS ₃ |
| | | | | - 57.12 +139.09 + 99.65 | +233.31 +274.98 +194.63 | M ₂ |
| | | | | -238.74 0.00 | +122.23 +591.84 | TS ₄ |
| | | | İstenen | 0.00 | +591.84 | |
| Kontrol: Y = 0 S = Y - Y | | | | | | X = a S - X - X |

Tablo 6.22



Şek.6.21

ÖRNEK HESAP

Verilen : TS_2 +587.14 + 773.67

TS_3 +51.64 + 965.01

TS_4 +510.36 +1338.98

(23) = 321.8471

(34) = 56.4572

A_1 = 200 m R_1 = 300 m

AEI = 100 m R_2 = 120 m

A_2 = 170 m

N = 12738 m

t_1 = 57.50 m

Aranan : Bütün elemanlar ve A_2 Parametresi

A_1 için elemanlar,

Teğet uzunlukları T_{LEI} , T_{KEI} , t_2 ,

Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2

Elips çizgisi uzunluğu LEI

Çözüm: a) Cetvelden A_1 ve AEI için elemanların alınması,

$$\begin{aligned}
A_{Ei} &= 100 \text{ m} \\
R_1 &= 300 \text{ m} \\
L_{Ei1} &= 33,33 \text{ m} \\
\Delta R_{Ei1} &= 0,15 \text{ m} \\
X_{mEi1} &= 16,66 \text{ m} \\
X_{Ei1} &= 33,32 \text{ m} \\
Y_{Ei1} &= 0,62 \text{ m} \\
T_{KEi1} &= 11,11 \text{ m} \\
T_{LEi1} &= 22,23 \text{ m} \\
\tau_{Ei1} &= 3,5368^g
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_1 &= 200 \text{ m} \\
R_1 &= 300 \text{ m} \\
L_1 &= 133,33 \text{ m} \\
\Delta R_1 &= 2,46 \text{ m} \\
X_{m1} &= 66,56 \text{ m} \\
X_1 &= 132,68 \text{ m} \\
Y_1 &= 9,84 \text{ m} \\
T_{K1} &= 44,65 \text{ m} \\
T_{L1} &= 89,12 \text{ m} \\
\tau_1 &= 14,1471^g
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{Ei} &= 100 \text{ m} \\
R_2 &= 120 \text{ m} \\
L_{Ei2} &= 83,33 \text{ m} \\
\Delta R_{Ei2} &= 2,40 \text{ m} \\
X_{mEi2} &= 41,50 \text{ m} \\
X_{Ei2} &= 82,33 \text{ m} \\
Y_{Ei2} &= 9,56 \text{ m} \\
T_{KEi2} &= 28,10 \text{ m} \\
T_{LEi2} &= 55,91 \text{ m} \\
\tau_{Ei2} &= 22,1049^g
\end{aligned}$$

b) α_1 merkez açısı elips çizgisi ve τ_{Ei} teğet açısının hesabı.

$$\tan \frac{\alpha_1}{2} = \frac{57.50}{300.00} = 0.19167$$

$$\frac{\alpha_1}{2} = 12.0559$$

$$\alpha_1 = 24.1118$$

$$\tau_{Ei} = 22.1049 - 3.5368$$

$$\tau_{Ei} = 18.5681$$

c) T_{LEi} ve T_{KEi} teğet uzunluklarının hesabı;

$$T_{LEi} = \frac{0.34029 \cdot 33.68}{0.28755} - 11.11$$

$$T_{LEi} = 28.75 \text{ m}$$

$$T_{KEi} = 28.10 - \frac{0.05553 \cdot 33.68}{0.28755}$$

$$T_{KEi} = 21.60$$

d) Teğet Poligonunun M_2 'ye kadar hesabı ,

Tablo 6-21

e) (TS₃TS₄) Teğetindeki M₂ merkez koordinatının şekil değişimi Tablo 6.22

f) A₂ Parametresi ve ilgili elemanlarının bulunması;

$$\Delta R_2 = r_{m_2} - R_2 = 139.09 - 120.00$$

$$\Delta R_2 = 19.09 \text{ m}$$

$$\text{cetvel başlangıcı} : \frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{19.09}{120.00} : 0.159083$$

$$R_2 = 120 \text{ m}$$

$$\Lambda_2 = 169.22 \text{ m}$$

$$L_2 = 238.64 \text{ m}$$

$$\Delta R_2 = 19.09 \text{ m}$$

$$m_2 = 115.49 \text{ m}$$

$$X_2 = 216.10 \text{ m}$$

$$Y_2 = 73.68 \text{ m}$$

$$TK_2 = 87.88 \text{ m}$$

$$TL_2 = 168.20 \text{ m}$$

$$\tau_2 = 63.3009^\circ$$

g) α_2 merkez açısının, t_2 teğet uzunluğunun ve \hat{b}_2 yay uzunluğunun hesabı ;

$$\gamma_3 = (3.4) - (2.3)$$

$$\gamma_3 = 56.4572 - 321.8471$$

$$\underline{\gamma_3 = 134.6101}$$

$$\alpha_2 = 134.6101$$

$$- 14.1471$$

$$- 18.5681$$

$$- 63.3009$$

$$- 24.1118$$

$$\underline{\alpha_2 = 14.4822^\circ}$$

$$\frac{\alpha_2}{2} = 7.2411$$

$$t_2 = 0.11424 \cdot 120$$

$$t_2 = 13.71 \text{ m}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{120 \cdot \pi \cdot 14.4822}{200}$$

$$\hat{b}_2 = 27.30 \text{ m}$$

POLİGON HESABI

Sayfa No:

| | Nokta No | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|--------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | TSc | 378.6741 | | | | | |
| | Fp 200.0000 | 378.6741 | 13.71 | - 4.51 | 12.95 | 239.33 | 991.51 |
| | Tsd 214.4822 | 393.1563 | 101.59 | -10.90 | 101.00 | 234.82 | 1004.46 |
| | TSe 263.3009 | 56.4572 | 369:57 | 286.44 | 233.52 | 223.92 | 1105.46 |
| | TS ₄ 234.2052 | | | | | 510.36 | 1338.98 |
| | | | | Mevcut | olan: | 510.36 | 1338.98 |
| | | | | | | Fy=0 | Fx=0 |

Tablo 6. 23

h) Teşet Poligonunun kontrol sonucu :

Tablo 6.23

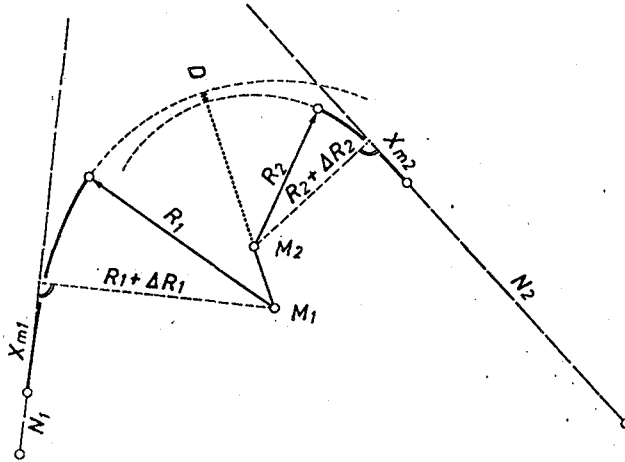
i) \hat{b}_1 yay uzunluğu ve LEI elips çizgi uzunluğunun hesabı,

$$\hat{b}_1 = \frac{300 \cdot \pi \cdot 24.1118}{200} \quad LEI = 83.33-33.33$$

$$\hat{b}_1 = 113.62 \text{ m} \quad LEI = 50.00 \text{ m}$$

6.3 TESBİT EDİLEN MERKEZ UZAKLIĞININ ARİTMETİK HESABIYLA ELİPS ÇİZGİ

Bir elips çizgi sırasında merkeze bağlı yayların matematik hesabıyla tesbit edilmesi dönüm çizgisindeki gibi olmaktadır. Böylece verilen yarıçaplar (R_k ve R_q), AEI yay Parametresinin en küçük mesafesini (D) bulma problemini ortaya çıkarır. D mesafesi aritmetik olarak tespit edilir. Elips çizgisi nomogramının kullanılışı için üç giriş büyüklüğü tam olarak bilinmelidir. Buna göre tam olarak grafik çözümden AEI Parametreside tespit edilir. Gittikçe yaklaşma sırasında elips çizgisinin kesin dairesiz parameteri bulunabilir. Nomogramın tatbiki bölüm 6'da anlatıldığı gibidir.



(Şek.6.31)

Verilenler: Teğet arakesit noktası koordinatları $(TS_{11}, TS_{12}, TS_{13})$ ve eğim açıları (TS_{12}, TS_{13}) (TS_{11}, TS_{12})

Doğru parçaları N_1 ve N_2 ,

Yay elemanları A_1, R_1, A_2, R_2 ,

Aranan: Elips çizgisi Parametresi $A_{Eİ}$

A_1 ve A_2 için klotoid elemanları

Elips çizgisine yardımcı teğet poligonu,

Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2

Elips çizgisi uzunluğu $L_{Eİ}$

Çözüm : a) Cetvelden $R_1 - A_1$ ve $R_2 - A_2$ için bütün klotoid elemanlarının alınması

b) Tablo 6.31'e göre M_1M_2 merkez koordinatlarının hesabı ;

c) Merkez koordinatlardan, merkez mesafesinin ve yayın en küçük mesafesinin (D) hesabı;

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

$$D = R_g - (\overline{M_1M_2} + R_k)$$

(R_g = en büyük yarıçap, R_k = en küçük yarıçap)

d) Nomogramm'in yardımıyla yaklaşan AEİ Parameterinin bulunması

e) Gittikçe yaklaşma sırasında AEİ Parameterinin hesabı öncelikle karşılaştırma yapmaktan kaçınılmalı ve birinci yaklaşım için Nomogramm değerden birine tavsiye edilen parameter $A_{Eİ}$ tercih edilmelidir. Duruma göre R_1 ve R_2 , payların bölümünü verir. I ise cetvelde mevcuttur. Böyle bir değer alınması deneme sırasında çok çabuk bulunmalıdır. Yarı veya dörtte bir yuvarlak değerlerde alınabilir. Örneğin 112.5 veya 61.25 gibi) parameter, $\Delta R, R_1, R_2, X_m$ değerleri cetvelden alınır. Buradan merkez $\overline{M_1M_2}$ mesafesi hesaplanır.

$$\overline{M_1 M_2} = \sqrt{(X_{MEI2} - X_{MEI1})^2 + (R_1 + 2R_1 + \Delta R_{EI1} - R_2 - \Delta R_{EI2})^2}$$

Hesapla bulunan değerle, $\overline{M_1 M_2}$ için bulunan değeri karşılaştırırsak koordinatlardan bulunan $\overline{M_1 M_2}$ daha küçük olur. İkinci yaklaşım içinde en küçük bir parametre tercih edilmelidir. $\overline{M_1 M_2}$ için büyük bir değer çıkması mümkündür. Karşılaştırma sırasında A_{EI} parametresi tesbit edilebilmelidir. İkinci yaklaşımda $\overline{M_1 M_2}$ için en büyük parametre tercih edilir.

f) $R_1 - A_{EI}$ ve $R_2 - A_{EI}$ için karşılaştırma sırasında cetvelden klotoid elemanlarının alınması.

g)

$$\begin{aligned} T_{KEi} &= T_{KEi2} - \frac{\sin \tau_{EI1} (T_{LEi2} - T_{LEi1})}{\sin \tau_{EI}} \\ T_{LEi} &= \frac{\sin \tau_{EI2} (T_{LEi2} - T_{LEi1})}{\sin \tau_{EI}} - T_{KEi1} \end{aligned} \quad (31)$$

Buradan: $\tau_{EI} = \tau_{EI2} - \tau_{EI1}$

h) Elips çizgisi ona teğet eğiminin (V_{EI}) hesabı;

$$\tan (M_1 M_2) = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

$$\tan \delta = \frac{X_{MEI2} - X_{MEI1}}{(R_1 + \Delta R_{EI1} - R_2 - \Delta R_{EI2})}$$

$$V_{EI} = (M_1 M_2) \pm \delta \pm 100 \quad (32)$$

Artırma için doğru işaret, bir taslak projeden veya haritadan anlaşılabilir.

ı) Merkez açısı (α_1 ve α_2) hesabı

Teğet arakesit açısı (γ_{12}), TS_{12} den ($\gamma_{12} = (12,13) - (11,12)$) bulunur.

Ayrıca ϵ açısına ihtiyaç vardır. Bu açı hesaplanırsa ;

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \epsilon + \tau_{EI} - \tau_1 \\ \alpha_2 &= \gamma_{12} - \epsilon - \tau_2 - \tau_{EI2} \end{aligned} \quad \epsilon = V_{EI} - (11,12) \quad (33)$$

k) Teğet uzunlukları (t_1 ve t_2) yay uzunlukları (\hat{b}_1 ve \hat{b}_2) elips çizgi uzunluğu (L_{E1}) hesabı,

$$t_1 = R_1 \tan \frac{\alpha_1}{2} \quad b_1 = \frac{R_1 \cdot \pi \alpha_1}{200}$$

$$t_2 = R_2 \tan \frac{\alpha_2}{2} \quad b_2 = \frac{R_2 \cdot \pi \alpha_2}{200}$$

$$L_{E1} = L_{E12} - L_{E11}$$

1) Tablo 6.322'den yardımcı teğet poligonlarının ($TS_{11}, TS_a, TS_b, TS_c, TS_d, TS_e, TS_{13}$) hesabı kullanıldığı gibi burada da sonuç hatası, 'y'de ve X'de 3cm'den daha büyük olmamalıdır. (Şekil.6.32)

ÖRNEK HESAP;

Verilen:

| | Y | X | |
|-----------|----------|----------|---------------|
| TS_{11} | + 798.15 | + 377.47 | |
| TS_{12} | +1017.89 | 695.85 | $N_1 = 89.50$ |
| TS_{13} | +1005.25 | 326.55 | $N_2 = 91.84$ |
| | | | $A_1 = 65$ |
| | | | $A_2 = 60$ |
| | | | $R_1 = 100$ |
| | | | $R_2 = 60$ |

$$(11.12) = 38.4587$$

$$(12.13) = 202.1788$$

Aranan : Parameter A_{E1}

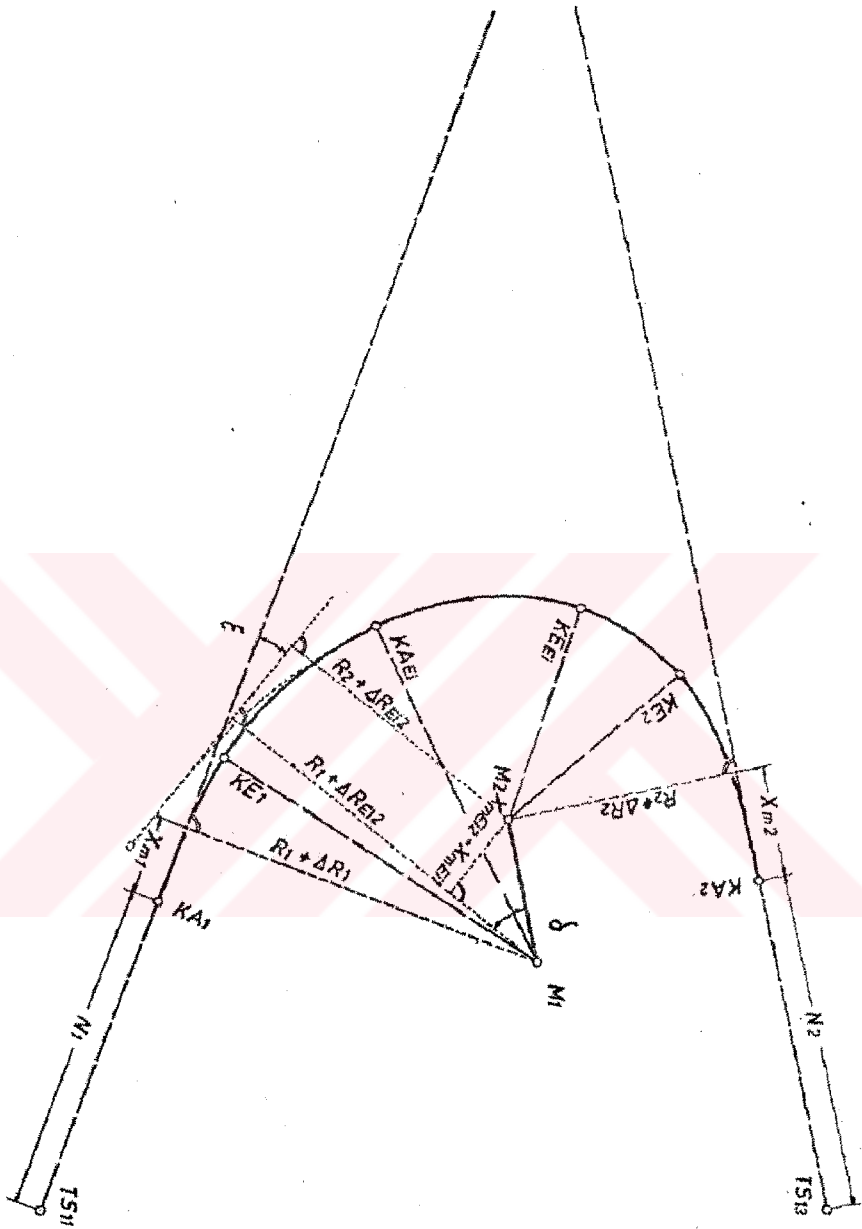
A_1 ve A_2 için klotoid elemanları

Elips çizgisine yardımcı teğet poligonu,

Yay uzunlukları \hat{b}_1 ve \hat{b}_2

Elips çizgi uzunluğu L_{E1}

Çözüm : a) Klotoid elemanlarının alınması



(Şek. 6. 32)

Sayfa No:

| il | | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | Hesabeden | Kontrol Ed. | |
|----------------------|----------------|-------------------------|-----------|----------------------|--------------------|------------------------|
| ilçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| $Y_a - Y$ | $(Y_a - Y)^2$ | $0 = \frac{Y_a - Y}{S}$ | S | Y | X | Nokta No. |
| $Y_a - X$ | $(X - X)^2$ | $a = \frac{X - X}{S}$ | | $Y = 0.s$ | $X = a.s$ | |
| S | S ² | $d = S - S$ | | $X_1 = Y + Y$ | $X_1 = X + X$ | |
| | | +0.56802 +0.82301 | | | | |
| | | | | +798.15 | +377.47 | TS ₁₁ |
| 110.59 | | | | +860.97 | +468.49 | FpM ₁ |
| (+100.74) | | | | +943.88 | +411.27 | M ₁ |
| (276.26) | | | | +1100.80 | +638.63 | Fp |
| (-100.74) | | | | +1017.89 | +695.85 | TS ₁₂ |
| 386.85 (±0.00) | | | | +219.74 | +318.38 | |
| 247.93 | | -0.03421 -0.99940 | | +1017.89 | +695.85 | TS ₁₂ |
| (+ 62.48) | | | | +1009.41 + 9.6.97 | +448.07 +450.21 | FpM ₂ M2 |
| 121.59 (- 62.48) | | | | + 942.81 | +328.69 | Fp |
| | | | | +1005.25 | -326.30 | TS ₁₃ |
| 369.52 (±0.00) | | | | - 12.64 | -369.30 | |
| Kontrol: | | Y = 0 | S = Y - Y | X = a | S = X - X | |

Tablo 6.31

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| $R_2 = 60$ m | $R_1 = 100$ m |
| $A_2 = 60$ m | $A_1 = 65$ m |
| $L_2 = 60,00$ m | $L_1 = 42,25$ m |
| $\Delta R_2 = 2,48$ m | $\Delta R_1 = 0,74$ m |
| $X_{m2} = 29,75$ m | $X_{m1} = 21,09$ m |
| $X_2 = 58,52$ m | $X_1 = 42,06$ m |
| $Y_2 = 9,82$ m | $Y_1 = 29,66$ m |
| $T_{K2} = 20,49$ m | $T_{K1} = 14,14$ m |
| $T_{L2} = 40,54$ m | $T_{L1} = 28,23$ m |
| $\tau_2 = 31,8310^6$ | $\tau_1 = 13,4486^6$ |

b) M_1M_2 Merkez koordinatlarının hesabı;

Tablo 6.31

c) Merkez mesafesinin hesabı;

| | <u>Y</u> | <u>X</u> |
|------------|----------|--------------------|
| M_1 | 943.88 | 411.27 |
| M_2 | 946.97 | 450.21 |
| <hr/> | | |
| ΔY | 13.09 | $\Delta X = 38.94$ |

$$\overline{M_1M_2} = \sqrt{3.09^2 + 38.94^2}$$

$$\overline{M_1M_2} = 39.06 \text{ m}$$

En küçük mesafe D 'nin hesabı:

$$D = 100.00 - (39.06 + 60.00) = 0.94 \text{ m}$$

d) $A_{E\ddot{I}}$ Parameterinin bulunması;

$$\frac{R_k}{R_g} = \frac{60}{100} = 0.60$$

$$\frac{D}{R_g} = \frac{0.94}{100} = 0.0094$$

Nomogramın değeri: $\frac{A}{R_q} : 0.93$

$$A_{E\ddot{I}} \approx \frac{A}{R_q} \quad R_q = 0.93 \cdot 100 = 93 \text{ m}$$

e) Gittikçe yaklaşma sırasında doğru parameterin (A_{Ei}) hesabı:

1. Yaklaşım:

$$A'_{Ei} = 95 \text{ m}$$

$$A'_{E1} = 95 \text{ m}$$

$$R_1 = 100 \text{ m}$$

$$R_2 = 60 \text{ m}$$

$$\Delta R'_{Ei1} = 3.37 \text{ m}$$

$$\Delta R'_{Ei2} = 14.86 \text{ m}$$

$$X'_{mEi1} = -04.82 \text{ m}$$

$$X'_{mEi2} = 71.44 \text{ m}$$

$$\overline{M_1 M'_2} = \sqrt{26.62^2 + 28.51^2}$$

$$\overline{M_1 M'_2} = 39.01 \text{ m}$$

İstenen: 3906 m

$$A''_{Ei} = 90 \text{ m}$$

$$R_1 = 100 \text{ m}$$

$$\Delta R''_{Ei} = 2.72 \text{ m}$$

$$X''_{mEi1} = 40.28 \text{ m}$$

$$\overline{M_1 M''_2} = \sqrt{4.47^2 + 30.62^2}$$

$$\overline{M_1 M''_2} = 39.20 \text{ m}$$

İstenen: 39.06 m

1. Yaklaşım

Sonuç : 5.00

2. Yaklaşım

A_{Ei}

95

?

90

$\overline{M_1 M_2}$

39.01

39.06

39.20

0.05

0.19

$$\frac{Z}{5.00} = \frac{0.05}{0.19}$$

$$Z = \frac{5.00 \cdot 0.05}{0.19} : 1.32$$

$$A_{Ei} = 95.00 \cdot 1.32$$

$$A_{Ei} = \underline{\underline{93.68 \text{ m}}}$$

f) R_1 ile A_i ve R_2 ile A_{Ei} için klotoid elemanlarının alınması.

$$\begin{array}{llll}
 A_{Ei} = 93,68 \text{ m} & T_{KEi1} = 29,80 \text{ m} & \Delta R_{Ei2} = 14,09 \text{ m} & A_{Ei} = 93,68 \text{ m} \\
 R_1 = 100 \text{ m} & T_{LEi1} = 59,11 \text{ m} & X_{mEi2} = 69,66 \text{ m} & R_2 = 60 \text{ m} \\
 L_{Ei1} = 87,76 \text{ m} & \tau_{Ei1} = 27,9348^\circ & X_{Ei2} = 125,98 \text{ m} & L_{Ei2} = 146,27 \text{ m} \\
 \Delta R_{Ei1} = 3,19 \text{ m} & & Y_{Ei2} = 53,41 \text{ m} & \\
 X_{mEi1} = 43,60 \text{ m} & & T_{KEi2} = 56,90 \text{ m} & \\
 X_{Ei1} = 86,08 \text{ m} & & T_{LEi2} = 106,37 \text{ m} & \\
 Y_{Ei1} = 12,66 \text{ m} & & \tau_{Ei2} = 77,5964^\circ &
 \end{array}$$

g) T_{KEi} ve T_{LEi} teğetlerinin hesabı:

$$\tau_{Ei} = 77.5964 - 27.9348 = 49.6616$$

$$T_{KEi} = 56.90 \frac{\sin 27.9348^\circ (106.37 - 59.11)}{\sin 49.6619}$$

$$T_{KEi} = 56.90 \frac{-0.42485 \cdot 47.26}{0.70334}$$

$$\underline{T_{KEi} = 28.35 \text{ m}}$$

$$T_{LEi} = \frac{\sin 77.5964^\circ (106.37 - 59.11)}{\sin 49.6619} - 29.80$$

$$T_{LEi} = \frac{0.93871 \cdot 47.26}{0.70334} - 29.80$$

$$\underline{T_{LEi} = 33.28 \text{ m}}$$

h) Eğim açısının (ν_{Ei}) hesabı;

$$\tan (M_1 M_2) = \frac{3.09}{38.94} = 0.07935$$

$$\underline{(M_1 M_2) = 5.0412^\circ}$$

$$\tan \delta = \frac{69.66 \cdot 43.60}{103.19 - 74.09} = \frac{26.06}{29.10} = 0.89553$$

$$\nu_{Ei} = 5.0412 - 46.4950 \div 100.0000'$$

$$\underline{\nu_{Ei} = 58.5462^\circ}$$

ı) Merkez açının (α_1 ve α_2) hesabı :

$$\delta_{12} = 202.1788 - 38.4587$$

$$\underline{\underline{\delta_{12} = 163.7201^{\circ}}}$$

$$\varepsilon = 58.5462 - 38.4587$$

$$\underline{\underline{\varepsilon = 20.0875^{\circ}}}$$

$$\alpha_1 = 20.0875 + 27.9348 - 13.4486$$

$$\underline{\underline{\alpha_1 = 34.5737^{\circ}}}$$

$$\alpha_2 = 163.7201 - 20.0875 - 31.8310 - 77.5964$$

$$\alpha_2 = 34.2052^{\circ}$$

k) $t_1, t_2, \hat{b}_1, \hat{b}_2$ ve LEI büyüklüklerinin hesabı;

$$t_1 = \tan 17.2868^{\circ} \cdot 100.00$$

$$t_2 = \tan 17.2868^{\circ} \cdot 60.00$$

$$t_1 = 27.84 \text{ m}$$

$$t_2 = 0.27530 \cdot 60.00$$

$$\hat{b}_1 = \frac{100 \cdot \pi \cdot 34.5737}{200}$$

$$t_2 = 16.52 \text{ m}$$

$$\hat{b}_1 = 54.31 \text{ m}$$

$$\hat{b}_2 = \frac{60 \cdot \pi \cdot 34.2052}{200}$$

$$\hat{b}_2 = 32.24 \text{ m}$$

$$LEI = 146.27 - 87-76$$

$$LEI = 58.51 \text{ m}$$

1) Teğet poligonunun hesabı;

Tablo 5.32

6.4. ÇİFT (İKİ) ELİPS ÇİZGİ

Çift elips çizgisinde ikinci bir elips çizgisinin ilave edilmesi söz konusudur. Böylece klotoidden - yay-klotoid, yay-klotoid, yay-klotoid yay-klotoid gibi bütün 7 yay eleman aynı eğride bir sırada olmuş olur. (Şek.6.41)

Genel olarak bu yay parçası için üç farklı yapı imkanları ortaya çıkar

1) Ara yay değerlerinden daha büyüktür ve buna çevreler (Şek.6.41)

(Şek.6.42)

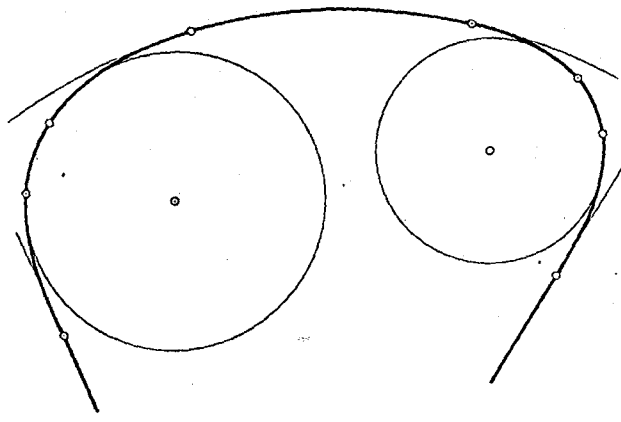
(Şek.6.43)

POLİGON HESABI

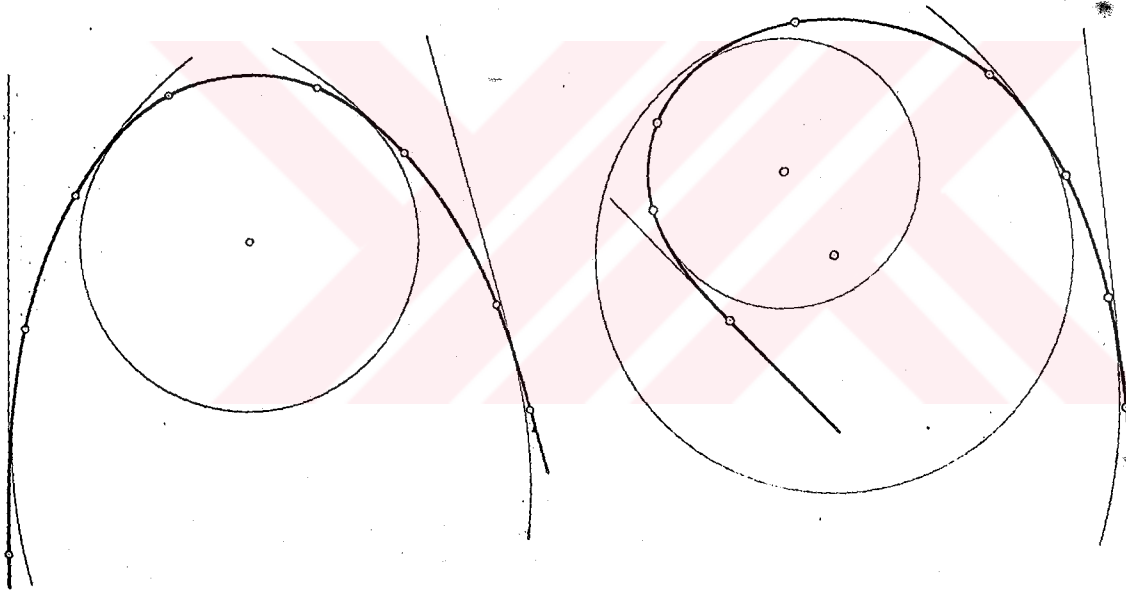
Sayfa No:

| Nokta No | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--------------|----------|--------|--------------|--------|---------|--------|
| TS11 | 38:45871 | 117.73 | 66.87 | 96.89 | 798.15 | 377.47 |
| TSa 213.4486 | 51:9073 | 41.98 | 30.56 | 28.78 | 865.02 | 474.36 |
| TSb 234.5737 | 86.4810 | 61.12 | 59.75 | 12.88 | 895.58 | 503.14 |
| TSc 249.6616 | 136.1426 | 44.87 | 37.89 | -24.13 | 955.33 | 516.02 |
| TSd 234.2052 | 170.3478 | 37.01 | 16.62 | -33.07 | 993.16 | 491.89 |
| TSe 231.8310 | 202.1788 | 132.38 | -4.53 | 132.30 | 1009.78 | 458.82 |
| TS13 | | | | | 1005.25 | 326.52 |
| | | | Mevcut olan: | | 1005.25 | 326.55 |

Tablo 6. 32



Sek.6.41



Şek.6.42

Sek.6.43

2- Ara yay diğerlerinden daha küçük olarak çevrelenir.

(Sek.6.42)

3- İlgili yayın yarıçapı arttırılır. Her durumda en büyük ve en küçük yay çevrelenir. Şek.6.43

Grafik çözümde görülen şekil ender durumlarda uvculanır. Çünkü böyle bir çözüme, yalnız zorunlu noktalar çok sayıda olduğunda başvurulur. Buna standart çözüm denmesi hemen hemen mümkün değildir. Nomogramın yardımıyla elips eğri parametreleri belirlenir.

Verilen: Teğet arakesit noktaları sırasında ana teğet ve bütün yedi yay elemanı - Grafik çözümden

Aranan: Teğet arakesit nokta koordinatlarından çifte elips eğriye yardımcı teğet poligonu ve bu yardımcı poligonun bütün yay uzunlukları

CÖZÜM YOLU: Öncelikle ana teğetle birinci klotoid-başlangıç noktası TS'den değer olarak belirlenir. Teğet poligonu ikinci yayın merkezine kadar hesaplanır. Teğetler birinci yaydan grafik olarak belirlenir. Bu şekilde ikinci merkezin koordinatlarının hesaplanması, diğer ana teğetin şeklinide değiştirir. Bundan sonraki hesaplama bölüm 6.1'e göre yapılır. Teğet poligonu doğal olarak üçüncü merkeze kadar hesaplanır. İkinci yay için teğetler ilaveten grafik olarak belirlenmelidir. Üçüncü merkezin koordinatlarının hesaplanması sırasında poligon diğer ana teğetin şeklini değiştirebilir. Hesaplama bölüm 6.2'deki f şikkına ve devamına göre yapılır

CÖZÜM YOLU 2:

Öncelikle M_1 ve M_2 merkezlerinin tespit edilişi gösterilir. (Sek.6.44) Koordinatlar, $(N_1 + X_{M1})$, $(R_1 + \Delta R_1)$, $(N_3 + X_{M2})$ ve $(R_3 + \Delta R_3)$ doğruları yardımıyla hesaplanır. Bu koordinatlardan $\overline{M_1 M_3}$ ara değerleri bulunur. Klotoid elemanlarından $\overline{M_1 M_2}$ ve $\overline{M_2 M_3}$ değerleri hesaplanır. Bununla $M_1 - M_2 - M_3$ üçgeni tespit edilir.

Bununla M_2 merkezinin koordinatları da hesaplanır. Yalnız her iki elips eğrisi araştırması için bölüm 6.1'deki g sıklığı ve sonrakilere göre yapılmalıdır. Eğer tasarım şimdiye kadar verilen hesap yöntemleriyle yapılırsa çözümde bu veriler yeterlidir. (Şek.6.44)

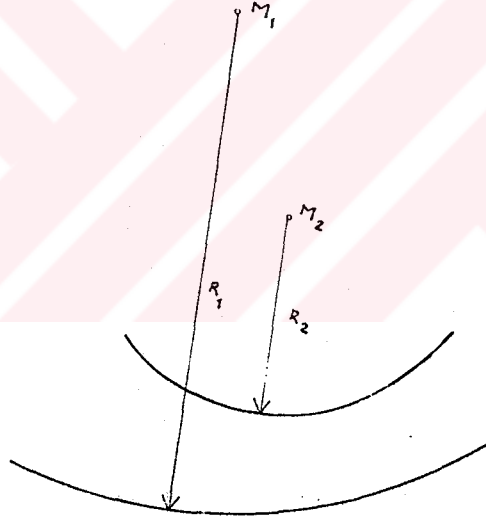
6.5 AYNI YÖNLÜ DAİRELER ARASINDA RAKORDMAN KURBU OLARAK KLOTÖİD (YUMURTA ÇİZGİSİ VEYA DUAL)

Yol inşaatında aynı yönlü daireler arasına bir rakordman kurbu yerleştirilmesi sık rastlanan bir durum değildir.

Küçük daire, büyük daire içinde kalacak şekilde, her iki daire vaziyet planında verilmişse (Şek.6.51) bir yardımcı daire ile daireler arasındaki D mesafesi elde edildikten sonra (Şek. 6.52) R_1 , R_2 ve D Yardımcı ile klotoid parametresi ve klotoid konumu hesaplanır.

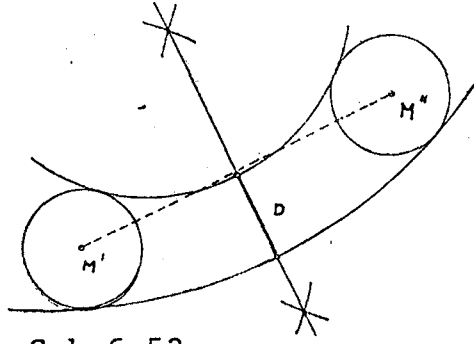
Verilenler : R_1 , R_2 ve D , $R_1 > R_2$ dir.

Bu durumda şunlar yazılır :



Şek.6.51 Yumurta çizgisi. Her iki daire yayı vaziyet planında verilmiştir. Çoğunlukla merkez noktalarına ulaşılamamaktadır.

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 - R_2} \\
 k &= \frac{R}{R_1 - R_2} \\
 \eta &= \frac{D}{R}
 \end{aligned}
 \quad (34)$$



Şek.6.52

Ve yardımcı Tablo III'den, η girişine karşılık gelen d bulunur. Yarıçapları R_1 ve R_2 olan aynı yönlü daireler arasındaki rakordman kurblarını hesaplamak için yardımcı tablo III, η ve d yardımcı büyüklüklerini I'in fonksiyonu olarak içerir. η ile giriş yapılarak d enterpole edilir. Enterpolasyonda şu kurala dikkat etmek gerekir : Hesaplanan η nin yeri tabloda küçük değere yakın ise, d için doğrusal enterpolasyon yapılır, eğer η iki değer arasında tam ortasında veya büyük değere yakın ise, enterpolasyon yapılmaksızın büyük d değeri seçilir.

Bundan sonra :

$$\delta = \eta + k.d \quad (35)$$

hesaplanır ve yardımcı tablo II'den δ 'ya karşılık düşen I bulunur.

Aranan Parametre :

$$A = R.I$$

denklemden çıkar. Burada da çok kere A'yı tam sayı haline getirmek mümkündür. Bu durumda tam sayı A ile,

$$I = \frac{A}{R}$$

düzeltilmiş değer hesaplanır.;

Bu değere karşı D'deki değişiklik küçüktür. Yumurta çizgisinin kurb uzunluğu

$$L = A.I$$

dır. Klotoid başlangıcından itibaren yumurta çizgisinin bitim noktalarına kadar olan L_1 ve L_2 uzunlukları

$$\underline{L_1 = A.I_1} \quad \text{ve} \quad \underline{L_2 = A.I_2}$$

denklemlerden bulunur. Bu denklemlerde,

$$I_1 = \frac{A}{R_1} \quad I_2 = \frac{A}{R_2}$$

dır. Ardından E tablosundan ;

$$I_1 \text{ için } \dots \Delta r_1, x_{M1}$$

$$I_2 \text{ için } \dots \Delta r_2, x_{M2}$$

okunur ve bu değerlerle:

$$\begin{cases} \Delta R_1 = A \cdot \Delta r_1 \\ \Delta R_2 = A \cdot \Delta r_2 \end{cases} \quad (36)$$

hesaplanır. Ayrıca

$$\begin{cases} x_{M1} = A \cdot x_{M1} \\ x_{M2} = A \cdot x_{M2} \\ y_{M1} = R_1 + R_1 \\ y_{M2} = R_2 + R_2 \end{cases} \quad (37)$$

ile;

$$\begin{cases} \Delta X_M = x_{M2} - x_{M1} \\ \Delta Y_M = y_{M1} - y_{M2} \end{cases} \quad (38) \quad \text{farkları çıkar.}$$

Bu sonucu değerler yardımı ile aplikasyon büyüklüklerini elde etmek üzere

$$\tan \epsilon = \frac{\Delta X_M}{\Delta Y_M}$$

oranı hesaplanır ve bununla klotoidin X ve Y eksenlerinin doğrultuları elde edilir. (Şek.6.53)

$$\begin{cases} X_1 = x_{M1} + R_1 \cdot \sin \epsilon \\ Y_1 = y_{M1} - R_1 \cdot \cos \epsilon \end{cases} \quad (39)$$

dır.

Yumurta Gılgilerinin Hesabı İçin Yardımcı Tablo

Tabloya giriş ... n, üstteki sayı;

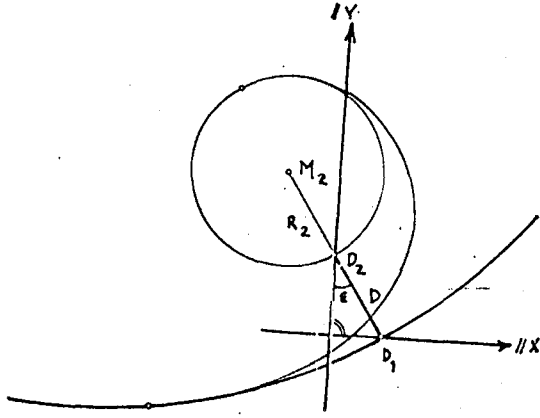
Tablodan okunan ... d, alttaki sayı

Yardımcı Tablo III

| | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,0 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000001 | 0,000002 | 0,000003 |
| | 0,000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | 0,000004 | 0,000006 | 0,000009 | 0,000012 | 0,000016 | 0,000021 | 0,000027 | 0,000035 | 0,000044 | 0,000054 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,2 | 0,000067 | 0,000081 | 0,000098 | 0,000117 | 0,000138 | 0,000163 | 0,000190 | 0,000221 | 0,000256 | 0,000295 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,3 | 0,000337 | 0,000385 | 0,000437 | 0,000494 | 0,000557 | 0,000625 | 0,000700 | 0,000781 | 0,000869 | 0,000964 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,4 | 0,001066 | 0,001177 | 0,001296 | 0,001424 | 0,001561 | 0,001708 | 0,001865 | 0,002032 | 0,002211 | 0,002401 | 2 |
| | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 0,5 | 0,002603 | 0,002817 | 0,003044 | 0,003285 | 0,003540 | 0,003810 | 0,004094 | 0,004394 | 0,004710 | 0,005043 | 9 |
| | 0,000002 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 9 |
| 0,6 | 0,005394 | 0,005762 | 0,006149 | 0,006554 | 0,006980 | 0,007426 | 0,007893 | 0,008381 | 0,008892 | 0,009426 | 30 |
| | 10 | 12 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 24 | 27 | 30 | 30 |
| 0,7 | 0,009983 | 0,010564 | 0,011171 | 0,011803 | 0,012461 | 0,013146 | 0,013860 | 0,014601 | 0,015372 | 0,016173 | 87 |
| | 34 | 39 | 42 | 47 | 52 | 58 | 64 | 71 | 79 | 87 | 87 |
| 0,8 | 0,017004 | 0,017867 | 0,018762 | 0,019690 | 0,020652 | 0,021649 | 0,022681 | 0,023749 | 0,024854 | 0,025997 | 224 |
| | 96 | 106 | 116 | 128 | 142 | 155 | 170 | 187 | 205 | 224 | 224 |
| 0,9 | 0,027178 | 0,028399 | 0,029660 | 0,030962 | 0,032305 | 0,033692 | 0,035122 | 0,036597 | 0,038117 | 0,039683 | 517 |
| | 244 | 266 | 291 | 315 | 343 | 373 | 406 | 440 | 477 | 517 | 517 |

(Yardımcı Tablo III ün Devamı)

| | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1,0 | 0,041297 | 0,042958 | 0,044668 | 0,046427 | 0,048238 | 0,050100 | 0,052014 | 0,053982 | 0,056004 | 0,058080 |
| | 0,000559 | 605 | 653 | 706 | 762 | 821 | 885 | 954 | 1025 | 1104 |
| 1,1 | 0,060213 | 0,062403 | 0,064650 | 0,066956 | 0,069322 | 0,071748 | 0,074235 | 0,076785 | 0,079398 | 0,082076 |
| | 1185 | 1272 | 1365 | 1464 | 1570 | 1680 | 1800 | 1926 | 2060 | 2200 |
| 1,2 | 0,084818 | 0,087626 | 0,090501 | 0,093444 | 0,096455 | 0,099536 | 0,102688 | 0,105911 | 0,109205 | 0,112573 |
| | 2350 | 2509 | 2677 | 2854 | 3041 | 3240 | 3450 | 3670 | 3904 | 4149 |
| 1,3 | 0,116015 | 0,119532 | 0,123124 | 0,126793 | 0,130539 | 0,134363 | 0,138267 | 0,142250 | 0,146314 | 0,150459 |
| | 4420 | 4682 | 4971 | 5274 | 5593 | 5930 | 6282 | 6654 | 7045 | 7455 |
| 1,4 | 0,154687 | 0,158998 | 0,163392 | 0,167872 | 0,172436 | 0,177086 | 0,181823 | 0,186648 | 0,191561 | 0,196563 |
| | 7886 | 8338 | 8814 | 9312 | 9834 | 10382 | 10956 | 11553 | 12187 | 12848 |
| 1,5 | 0,201655 | 0,206836 | 0,212109 | 0,217473 | 0,222930 | 0,228478 | 0,234121 | 0,239856 | 0,245687 | 0,251612 |
| | 0,013538 | 14261 | 15017 | 15808 | 16634 | 17499 | 18402 | 19345 | 20330 | 21359 |
| 1,6 | 0,257632 | 0,263748 | 0,269960 | 0,276270 | 0,282676 | 0,289180 | 0,295781 | 0,302481 | 0,309279 | 0,316176 |
| | 22430 | 23551 | 24720 | 25939 | 27209 | 28534 | 29916 | 31354 | 32853 | 34413 |
| 1,7 | 0,323171 | 0,330266 | 0,337460 | 0,344755 | 0,352148 | 0,359642 | 0,367235 | 0,374929 | 0,382722 | 0,390615 |
| | 36039 | 37729 | 39489 | 41320 | 43225 | 45203 | 47262 | 49400 | 51621 | 53928 |
| 1,8 | 0,398609 | 0,406702 | 0,414895 | 0,423187 | 0,431580 | 0,440071 | 0,448661 | 0,457350 | 0,466138 | 0,475024 |
| | 56323 | 58807 | 61386 | 64060 | 66829 | 69701 | 72673 | 75750 | 78934 | 82225 |
| 1,9 | 0,484007 | 0,493087 | 0,502265 | 0,511538 | 0,520908 | 0,530373 | 0,539931 | 0,549584 | 0,559331 | 0,569170 |
| | 85625 | 89138 | 92760 | 96498 | 100347 | 104313 | 108391 | 112583 | 116889 | 121309 |
| 2,0 | 0,579101 | | | | | | | | | |
| | 0,125843 | | | | | | | | | |



Şek. 6.53 E açısı, klotoidin eksen doğrultularını verir.

D_2 'nin koordinatları ise:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_{M1} + R_1 \cdot \sin \epsilon \\ Y_1 &= Y_{M1} - R_1 \cdot \cos \epsilon \end{aligned} \quad (40)$$

dır.

ÖRNEK: Aralarındaki en kısa mesafe $D = 9.00$, yarıçapları $R_1 = 1000$ ve $R_2 = 400$ olan iki daire, bir yumurta çizgisi ile birleştirilecektir.

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2} = 666.67$$

$$K = \frac{R}{R_1 - R_2} = 1.11111$$

$$\eta = \frac{D}{R} = \frac{9}{666.67} = 0.013500$$

ve yardımcı tablo 111 den η ile giriş yapılarak $d = 0.000061$ bulunur. Ardından :

$$s = \eta + kd = 0.0135 + 0.000068 = 0.013568$$

hesaplanarak yardımcı Tablo II den

$I = 0.755591$ değeri enterpolasyonla elde edilir o halde :

$A = R \cdot I = 503.94$ olur. Çoğunlukla $A = 500$ gibi tamsayı yeterli olmaktadır.

Bu değere D'de karşılık gelen değişiklik azdır.: Yani 9.00 yerine D = 8.73 dür. Yumurta çizgisinin L kurb uzunluğu, düzeltilmiş A= 500 değeri ile

$$I = \frac{A}{R} = \frac{500}{666.67} = 0.750 \text{ üzerinden giderek,}$$

$$L = A.I = 500.0.750 = 375.00 \text{ bulunur.}$$

Klotoid başlangısından itibaren yumurta çizgisinin bitim noktalarına kadar olan L_1 ve L_2 uzunlukları

$$I_1 = \frac{A}{R_1} = 0.50000 \text{ ve } I_2 = \frac{A}{R_2} = 1.250000 \text{ yardımı ile}$$

$$L_1 = A.I_1 = 250 \text{ ve } L_2 = A.I_2 = 625 \text{ olarak bulunur.}$$

Bundan sonra E tablosundan şu değerler alınır;

$$I_1 = 0.50000 \text{ için } \dots \dots \dots \Delta r_1 = 0.005206, X_{m1} = 0.249870$$

$$I_2 = 1.250000 \text{ için } \dots \dots \dots \Delta r_2 = 0.079629, X_{m2} = 0.612498$$

ve bunlar yardımı ile,

$$\Delta R_1 = A \cdot r_1 = 2.60$$

$$\Delta R_2 = A \cdot r_2 = 39.81$$

$$X_{M1} = A \cdot X_{m1} = 124.94$$

$$X_{M2} = A \cdot X_{m2} = 306.25$$

$$Y_{M1} = R_1 + \Delta R_1 = 1002.60$$

$$Y_{M2} = R_2 + \Delta R_2 = 439.81$$

hesaplanır ve buradan ;

$$\Delta X_M = X_{m2} - X_{M1} = 181.31$$

$$\Delta Y_M = Y_{M1} - Y_{m2} = 562.79$$

farkları elde edilir.

Bu farklar:

$$D = R_1 - R_2 - \sqrt{\Delta X_M^2 + \Delta Y_M^2} = 8.73$$

formülü ile kontrolü sağladığı gibi, aplikasyon değerlerinin bulunmasına da yarar (Şek.6.53)

$$\tan \varepsilon = \frac{\Delta X_M}{\Delta Y_M} = \frac{181.36}{562.79} = 0.32216$$

Böylelikle klotoide aitt X ve Y eksenlerinin doğrultusu bulunmuş olur.

$$\varepsilon = 19.841^\circ$$

D_1 noktasının koordinatları da X_2 , Y_2 olup ;

$$X_2 = X_{M2} + R_2 \sin \varepsilon = 428.91$$

$$Y_2 = Y_{m1} - R_2 \cos \varepsilon = 59.8$$

$$\text{Kontrol için: } D_1 D_2 = D = 8.73$$

7. SEPET KULPU KLOTÖİD

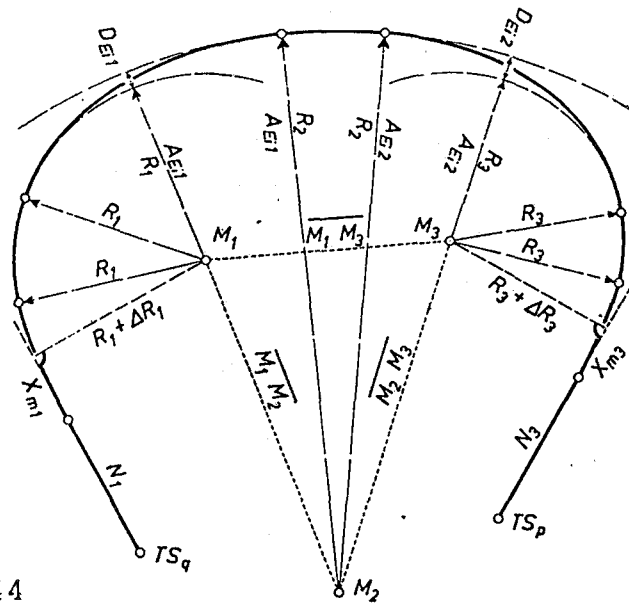
Sepet kulpu klotoid; ikili veya daha çok sırada doğrudan aynı eğim yerinde klotoid parçası birleşmesi ve aynı kararda eğim artışıyla aynı sıradadır. Bitiş noktalarında bunlar aynı yarıçapa ve ortak bir teğete sahiptirler. Serbest doğru parçasında böyle klotoid sırası kullanımı çok nadirdir. Yalnız özellikle uygun olmayan zorunlu noktalar, bu eğrinin gidişi için gerekebilir. Birleşme noktasında sepet kulpu klotoid çok defa fren eğrisi olarak yapılır.

Sepet kulpu klotoidlere göre fren yayları oluşturmanın kullanılabilirliği tartışmalıdır. Yalnız her şöför virajlarda kendisine has fren tekniği geliştirdiği için, bu durum hiçbir zaman ideal bulunulmaz. Pratikte iki basamaklı sepet kulpu klotoidlerin dışında klotoidler çok az bulunur.

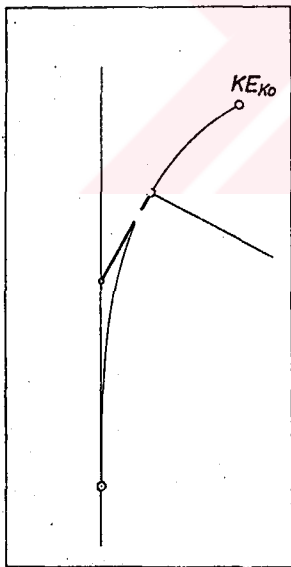
GRAFİK ÇÖZÜM :

Bu problemin en uygun çözümü bildiğimiz klotoid şablonları ile olur. Daha önce söylendiği gibi sepet kulpu klotoidi uygulandıgında gidişini keskin olarak daralttığından grafik çözümde çok dikkat gerektirmektedir. Yani şablonların üzerinde yazılmış yarıçapların tam oturması gerekir. Bu yöntemle çözüm çok uzun klotoidlerde sağlıklı olmuyorsa o zaman cetvelden TK, TL, Y ve X değerleri alınarak, bu değerlerle şeffaf bir kağıt üzerine her bir klotoid parçası çizilir ve bu parçalar birbiri üzerinde uyacak şekilde uyumlu duruma getirilir.

Sek.7.1 Sek.7.2 Şek.7.1+7.2



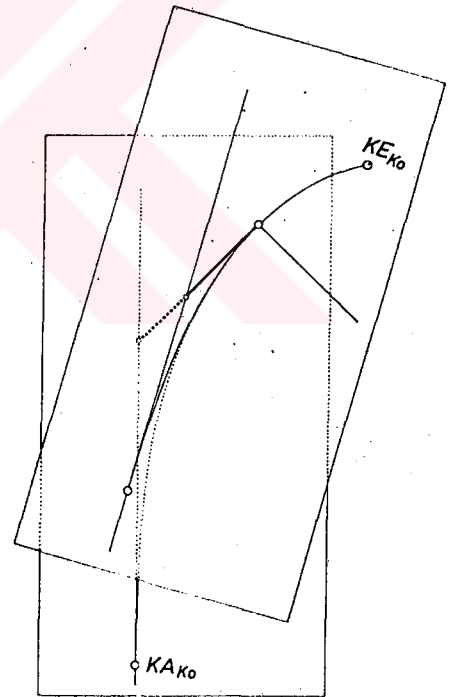
Şek. 6.44



Şek. 7.1



Şek. 7.2



Şek. 7.1÷7.2

Her iki kısım bir kağıda geçirilir. Bu seffaf kağıt Ana teğet üzerinde ileri geri oynatılarak arzuya uygun uyum sağlanmış olur. Gerekli geçki gidişi hala uygun değilse çözüm diğer elemanlarla da tekrarlanır. Doğal olarak bu arada sepet kulpununa bağlı daire yaylarının da dikkate almak gerekir. Bu eğimin yarıçapları ise belli sınırlar arasında gecilebildiğinden sepet kulpunda başka elemanlarda alınsa bağlantıda fazla bir problem çıkmaz.

Hesaplama için sepet kulpu klotoidinin hangi yay elemanlarını takip edeceği önemli değildir. Fakat yine de dikkate almak gerekir. İlgili elemanlar bulunarak, k lişede K_0 işaretlenir. Böylece L_{K_0} , R_{K_0} , X_{MK_0} vs. bilinmiş olur. (Şek.7.3)

İlk olarak tablodan, R_1-A_1 (endex a), R_1-A_2 (endex b) ve R_2-A_2 (endex c) için elemanlar alınır. Bu durum ilgili L_1X_1Y ve τ değerlerini gerektirir. Sonuçta ilgili formüllerle bütün klotoid elemanları hesaplanır.

$\xi = \tau_a - \tau_b$ (Sonuç negatif olduğunda, toplama 100° eklenmelidir.)

$$\begin{aligned}
 L_{K_0} &= L_a + L_c - L_b \\
 \tau_{K_0} &= \tau_a + \tau_c - \tau_b \\
 Y_{K_0} &= Y_a + \sin \epsilon (X_c - X_b) + \cos \epsilon (Y_c - Y_b) \\
 X_{K_0} &= X_a - \sin \epsilon (Y_c - Y_b) + \cos \epsilon (X_c - X_b) \\
 X_{mK_0} &= X_{K_0} - R_2 \sin \tau_{K_0} \\
 \Delta R_{K_0} &= Y_{K_0} - R_2 (1 - \cos \tau_{K_0}) \\
 T_{KK_0} &= \frac{Y_{K_0}}{\sin \tau_{K_0}} \\
 T_{LK_0} &= X_{K_0} - \frac{Y_{K_0}}{\tan \tau_{K_0}} \\
 S_{L,K_0} &= \sqrt{Y_{K_0}^2 + X_{K_0}^2} \\
 \tan \sigma_{K_0} &= \frac{Y_{K_0}}{X_{K_0}}
 \end{aligned}$$

Sepet kulpu klotoidinin bilinen elemanları ile istenilen tüm problemler- daha önceki bölümlerde gösterildiği gibi- çözülebilir. Daha sonraki hesaplamalarda neler gerekiyorsa, doğal olarak bu elemanların hesaplanması gerekir.

ÖRNEK HESAP

Verilen : $A_1 = 300$ m

$R_1 = 300$ m

$A_2 = 120$ m

$R_2 = 100$ m

Aranan : Sepet kulpu klotoid elemanları

Çözüm: $\tau, X, Y, L, P_1-A_1, R_2-A_2, R_1-A_2$ için klotoid elemanları alınır.

| | | |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| $A_1 = 300$ m | $A_2 = 120$ m | $A_2 = 120$ m |
| $R_1 = 300$ m | $R_1 = 300$ m | $R_2 = 100$ m |
| $L_a = 300,00$ m | $L_b = 48,00$ m | $L_c = 144,00$ m |
| $X_a = 292,59$ m | $X_b = 47,97$ m | $X_c = 136,71$ m |
| $Y_a = 49,11$ m | $Y_b = 1,28$ m | $Y_c = 33,30$ m |
| $\tau_a = 31,8310^g$ | $\tau_b = 5,0930^g$ | $\tau_c = 45,8366^g$ |

$\epsilon = 31,8310 - 5,0930$

$\epsilon = 26,7380^g$

$L_{K_0} = 300,00 + 144,00 - 48,00$

$L_{K_0} = 396,00$ m

$\tau_{K_0} = 31,8310 + 45,8366 - 5,0930$

$\tau_{K_0} = 72,5746^g$

$Y_{K_0} = 49,11 + \sin 26,7380 (136,71 - 47,97) + \cos 26,7380 (33,30 - 1,28)$

$Y_{K_0} = 49,11 + 0,40776 \cdot 88,74 + 0,91309 \cdot 32,02$

$Y_{K_0} = 114,53$ m

$$X_{K_0} = 292,59 - \sin 26,7380^\circ (33,30 - 1,28) + \cos 26,7380^\circ (136,71 - 47,97)$$

$$X_{K_0} = 292,59 - 0,40776 \cdot 32,02 + 0,91309 \cdot 88,74$$

$$X_{K_0} = 360,56 \text{ m}$$

$$X_{mK_0} = 360,56 - \sin 72,5746^\circ \cdot 100,00$$

$$X_{mK_0} = 360,56 - 0,90863 \cdot 100,00$$

$$X_{mK_0} = 269,70 \text{ m}$$

$$\Delta R_{K_0} = 114,53 - 100,00 (1 - \cos 72,5746^\circ)$$

$$\Delta R_{K_0} = 114,53 - 100,00 \cdot 0,58240$$

$$\Delta R_{K_0} = 56,29 \text{ m}$$

$$T_{KK_0} = \frac{114,53}{\sin 72,5746^\circ}$$

$$T_{KK_0} = \frac{114,53}{0,90863}$$

$$T_{KK_0} = 126,05 \text{ m}$$

$$T_{LK_0} = 360,56 - \frac{114,53}{\tan 72,5746^\circ}$$

$$T_{LK_0} = 360,56 - \frac{114,53}{2,17587}$$

$$T_{LK_0} = 307,92 \text{ m}$$

$$S_{LK_0} = \sqrt{114,53^2 + 360,56^2}$$

$$S_{LK_0} = 378,31 \text{ m}$$

$$\tan \sigma_{K_0} = \frac{114,53}{360,56}$$

$$\tan \sigma_{K_0} = 0,31764$$

$$\sigma_{K_0} = 19,5800^\circ$$

Formelableitung:

$$\boxed{L_{K_0} = L_a + L_c - L_b} \quad (41)$$

$$\epsilon = \tau_a - \tau_b$$

$$\tau_{K_o} = \epsilon + \tau_c$$

$$\tau_{K_o} = \tau_a + \tau_c - \tau_b$$

$$Y_{K_o} = h + i + f$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\cos \epsilon = \frac{Y_c}{h}$ $h = \frac{Y_c}{\cos \epsilon}$ | $l = X_c - X_b - k + g$ | $\tan \epsilon = \frac{k}{Y_c}$ $k = \tan \epsilon \cdot Y_c$ | $\tan \epsilon = \frac{g}{Y_b}$ $g = \tan \epsilon \cdot Y_b$ |
| $\sin \epsilon = \frac{i}{l}$ $i = \sin \epsilon \cdot l$ $i = \sin \epsilon [(X_c - X_b) - \tan \epsilon (Y_c - Y_b)]$ | $f = Y_a - e$ $\cos \epsilon = \frac{Y_b}{e}$ $e = \frac{Y_b}{\cos \epsilon}$ $f = Y_a - \frac{Y_b}{\cos \epsilon}$ | | |

$$Y_{K_o} = \frac{Y_c}{\cos \epsilon} + \sin \epsilon [(X_c - X_b) - \tan \epsilon (Y_c - Y_b)] + Y_a - \frac{Y_b}{\cos \epsilon}$$

$$Y_{K_o} = Y_a + \frac{Y_c - Y_b}{\cos \epsilon} + \sin \epsilon (X_c - X_b) - \sin \epsilon \cdot \frac{\sin \epsilon}{\cos \epsilon} (Y_c - Y_b)$$

$$Y_{K_o} = Y_a + \frac{(Y_c - Y_b)(1 - \sin^2 \epsilon)}{\cos \epsilon} + \sin \epsilon (X_c - X_b)$$

$$Y_{K_o} = Y_a + \frac{(Y_c - Y_b) \cos^2 \epsilon}{\cos \epsilon} + \sin \epsilon (X_c - X_b)$$

$$Y_{K_o} = Y_a + \sin \epsilon (X_c - X_b) + \cos \epsilon (Y_c - Y_b) \quad (42)$$

$$X_{K_o} = X_a + m$$

$$\cos \epsilon = \frac{m}{l}$$

$$l = X_c - X_b - k + g$$

$$m = \cos \epsilon \cdot l = \cos \epsilon (X_c - X_b - \tan \epsilon \cdot Y_c + \tan \epsilon \cdot Y_b)$$

$$X_{K_o} = X_a + \cos \epsilon \cdot (X_c - X_b - \tan \epsilon \cdot Y_c + \tan \epsilon \cdot Y_b)$$

$$X_{K_o} = X_a + \cos \epsilon \cdot (X_c - X_b) - \cos \epsilon \cdot \frac{\sin \epsilon}{\cos \epsilon} (Y_c - Y_b)$$

$$X_{K_o} = X_a - \sin \epsilon (Y_c - Y_b) + \cos \epsilon (X_c - X_b) \quad (43)$$

Søkil 7.4

$$\sin \tau_{K_0} = \frac{X_{K_0} - X_{mK_0}}{R_2}$$

$$X_{K_0} - X_{mK_0} = R_2 \sin \tau_{K_0}$$

$$X_{mK_0} = X_{K_0} - R_2 \cdot \sin \tau_{K_0}$$

(44)

$$\cos \tau_{K_0} = \frac{\Delta R_{K_0} + R_2 - Y_{K_0}}{R_2}$$

$$\Delta R_{K_0} + R_2 - Y_{K_0} = R_2 \cos \tau_{K_0}$$

$$\Delta R_{K_0} = Y_{K_0} - R_2 (1 - \cos \tau_{K_0})$$

(45)

$$\sin \tau_{K_0} = \frac{Y_{K_0}}{T_{KK_0}}$$

$$T_{KK_0} = \frac{Y_{K_0}}{\sin \tau_{K_0}}$$

(46)

$$\tan \tau_{K_0} = \frac{Y_{K_0}}{X_{K_0} - T_{LK_0}}$$

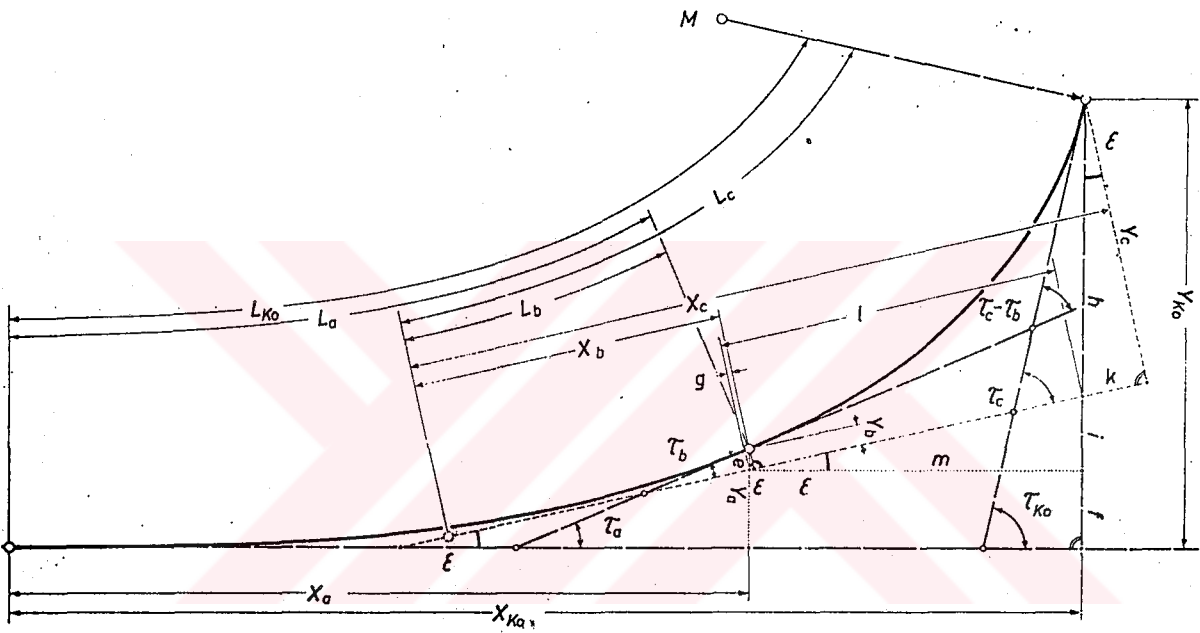
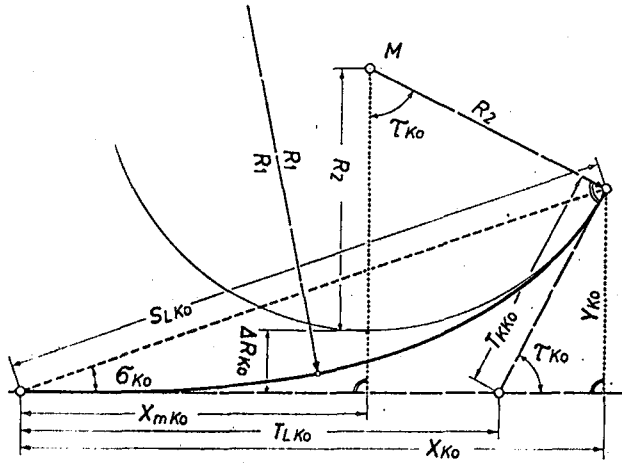
$$T_{LK_0} = X_{K_0} - \frac{Y_{K_0}}{\tan \tau_{K_0}} \quad (47)$$

$$S_{LK_0} = \sqrt{Y_{K_0}^2 + X_{K_0}^2}$$

$$\tan \sigma_{K_0} = \frac{Y_{K_0}}{X_{K_0}}$$

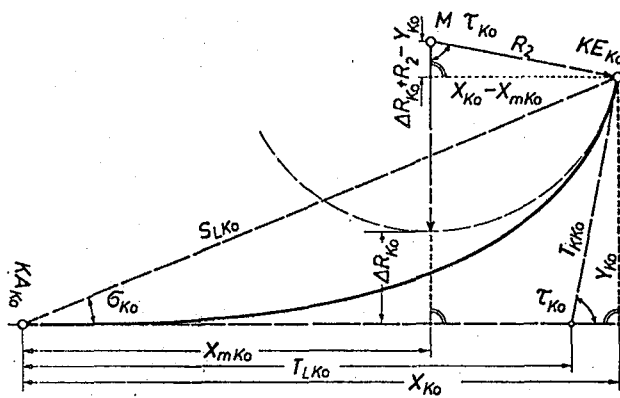
(48)

Sek. 7.3



Şekil 7.4

Sek. 7.5



8. YARDIMCI TEĞETLER ÜZERİNDEN HESAPLAMA

8.1 GENEL DURUM

Birkaç yıldan beri, teğet doğrultularının arazide tesbitinden önce yol eksenlerinin aplikasyon hesapları yapılmaktadır. Önceleri teğetler planda grafik olarak saptanıp, sabit noktalardan olan ölçülerine göre araziye taşınırdı. Bu çalışma akışı yerini tamamen hesap yöntemine bırakmıştır. Teğetlerin kesim noktalarından alım poligonuna grafik olarak dikler inilir ve bu şekilde elde edilen ölçülerden teğetlerin kesin noktaları, teğet uzunlukları ve kesim açıları hesaplanır. Bunlardan sonrada eğrinin ana noktaları hesaplanırdı. Zamanla bu yöntemde büyük değişikliklere uğradı. Ana teğetler üzerinden hesaplama işlemi yukarda açıklandığı gibi yapılırsa, yuvarlak A ve R değerleri elde etmek için sürekli ara doğruların doğmasına neden olunur. Çok kerede zorunlu noktaların çok sık olmamasından dolayı ufak geçki kaydirmaları ile ara doğrusu yuvarlak değerlere ulaşılabilmektedir.

Daha önceden ana teğetler poligonu sabit ise ara doğruların en fazla sayıdaki kesişmelerin elimine edilmesi için geçkinin baştan sona kadar biraz döndürülmesi veya paralel kaydırılması gerekir. Bu durumda, hesaplama işlerinin büyük çapta artması ve hesaplamada üst görüşün kaybolması tehlikeşi ile karşılaşılır. Bu yüzden ana teğetlerin önceden belirlenme işinden vazgeçilir ve yardımcı teğetler üzerinden hesaplamalar yapılır. Bu yardımcı teğetler klotoidin kurola birleştığı KA ve KE noktalarıdır. Klotoid için uzun teğet T_L ve kısa teğet TK, daire yaylarında daire yayı parçası için t teğeti kullanılır. Aşağıda böyle bir hesaplamanın nasıl yapılacağı gösterilmiştir.

8.2 ÖRNEK HESAPLAMA

Çeşitli kısımlardaki işlemlerin doğru sıradaki sayımı ve anlatımından ibaret olan bu kısım hesaplamalar için bir rehber niteliğindedir.

(Şek. 8.21)



(Şek: 8.21)

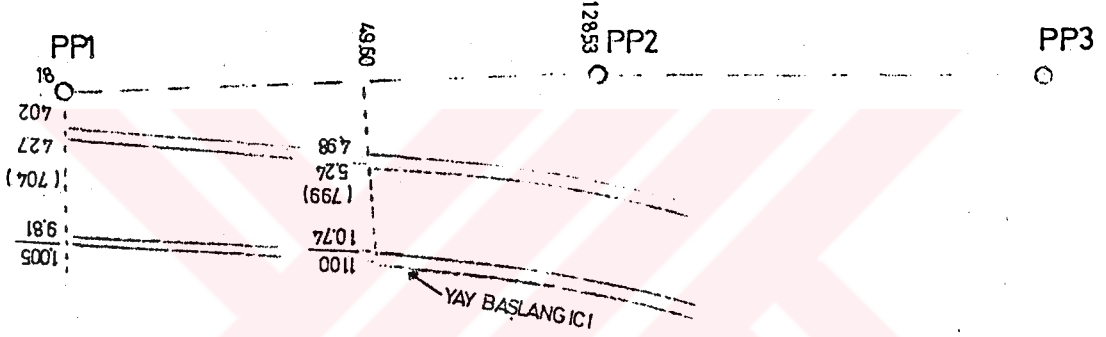
POLİGON HESABI

Sayfa No:

| | Nokta No | Semt | Kenar | Y | X | Y | X | |
|--|----------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|--------|
| | 375 | 174.1474 | | 57.06 | 132.70 | 42719.35 | 7168.37 | |
| | 376 | 202.4770 | 176.6244 | 141.48 | | 42796.41 | 71556.67 | |
| | 1 | 200.8320 | 177.4564 | 128.53 | | 42847.30 | 71424.62 | |
| | 2 | 189.5530 | 167.0094 | 116.67 | | 891.77 | 304.07 | |
| | 3 | 208.3920 | 175.4017 | 114.95 | | 949.56 | 202.71 | |
| | 4 | 169.1580 | 144.5594 | 123.12 | | 992.88 | 096.24 | |
| | 5 | 203.4710 | 148.0304 | 153.95 | 99.23 | 11.49 | 43037.05 | 016.93 |
| | 187 | 219.7340 | 167.7625 | 58.69 | 105.82 | 43129.12 | 70911.58 | |
| | 186 | 15677644 | | | | 43257.81 | 70805.76 | |
| | | Fp=+0.19 | | | | Fy=+0.11 | Fx=-0.09 | |

Tablo 8. 21

(Şekil 8.21) bir yerdeki tanjant yolunun eksenlerinin çizildiği bir planı göstermektedir. Proje grafik olarak yapılmıştır. Bu yüzden ana noktaların koordinatlarının hesaplamadan sonra değerleri grafik olarak elde edilir. Koordinatlarla tam olarak uyuşması beklenemez. Aşağıdaki poligon hesabı klişesinde poligon noktaları hesaplanmıştır. Kapanma noktaları belirlenmiş ancak dağıtım yapılmamıştır. Planlamanın başlangıç kısmında mevcut bir yol olduğunu kabul edelim. O takdirde bu noktada hesaplamanın kesin olarak uyuşması gerekir. Yani geçkinin sonundada mevcut eski ve dar bir yolun mevcut olduğunu ve bunun kenarlarının yerinde tam saptanamadığını kabul edelim. Bu yol daha sonra genişletilecektir. Yeni kesitin eski kesite uyumu da zamana bağlıdır. Bu noktada son nokta koordinatlarını ve son eğimi grafik olarak saptamak yeterlidir.



(Şek.8.22)

Şekil 8.22 de gösterilen krokinin yardımcı ile başlangıç koordinatı ve başlangıç eğimi hesapla belirlenebilir. Bunun için gerekli hesaplamalar aşağıdaki küçük nokta klişesinde gösterilmiştir.

Tablo 8.22

Sayfa No:

| il | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | | Hesabedat | Kontrol Ed. | |
|--|--|---|---|--|--|----------------|
| ilçe | | | | İsim | | |
| Birlik | | | | İmza | | |
| Mahalle | | | | Tarih | | |
| Ya — Y Ya — X S | $(Y_a - Y)^2$ $(X - X)^2$ S ² | $O = \frac{Y_a - Y}{S}$ $a = \frac{X - X}{S}$ $d = S_1 - S$ | S | Y Y = O.s X ₁ = Y + Y | X X = a.s X ₁ = X + X | Nokta No. |
| | | +0.34677 -0.93791 | | | | |
| | | | | 42.847.20 | 71424.62 | 1 |
| (+704) | | | | 840.60 | 422.18 | A ₁ |
| 49.60 | | | | 857.80 | 375.66 | Fp |
| (+0.95) | | | | 856.91 | 375.33 | A ₂ |
| 78.93 | | | | 884.28 | 301.30 | Fp |
| (-7.99) | | | | 42891.77 | 7130407 | 2 |
| 128.53 128.53 | İstenen | | | +44.57 | -420.55 | |
| | | | | 42840.60 | 71422.18 | A ₁ |
| | | | | 42856.91 | 71375.33 | A ₂ |
| | | | | +16.31 | -46.85 | |
| | | | | tan v = | $\frac{+}{-} 0.54813$ | |
| | | | | v = | 178.6728 | |
| Kontrol: Y = O S = Y - Y X = a S = X - X | | | | | | |

Tablo 8.22

Planlama kısmının sonundaki değerlerin saptanması gayet basittir. (Sek.8.21)'de 21 nolu noktanın koordinatları grafik olarak

$$Y = 43078.00 \quad X = 71018.70$$

alınır. Son eğimi mümkün olduğunca doğru elde edebilmek için en iyisi tanjant fonksiyonunu kullanmak gerekir. 21 Nolu noktadan geçen son teğet paralel olarak kare açısı kesim noktasından geçecek şekilde kaydırılır ve bir cetvele komşu karelajından kaçışın da çekmesi dikkate alınarak (Sek.8.21)

$$a = 39.8 \text{ bulunur.}$$

Eğim açısının tanjantı ;

$$\tan \gamma = \frac{a}{\text{Kare açısı kenarı}} = \frac{39.8}{100} = 0.398$$

buna karşılık gelen açı hesap makinasından, $\gamma = 24.1100$ olarak elde edilir. Eğim açısının kuzeye göre tam değerini (açıklık açısı) bulmak için bu açının bulunduğu bölgeye göre gerekirse 1,2 veya 3 dik açı eklenmelidir. Bu örnekte açı 100° ile toplanacak ve açısı 124.1150° olarak bulunacaktır. Grafik yay merkezleri mevki planda gösterilmelidir. Bu uzun alinymanları olan caçdelerin eğimi için geçerlidir. Yay ana noktası ve teğet ara kesit noktası sürekli amaca uygun numaralandırılır. Bu numaralandırma plandada gösterilir.

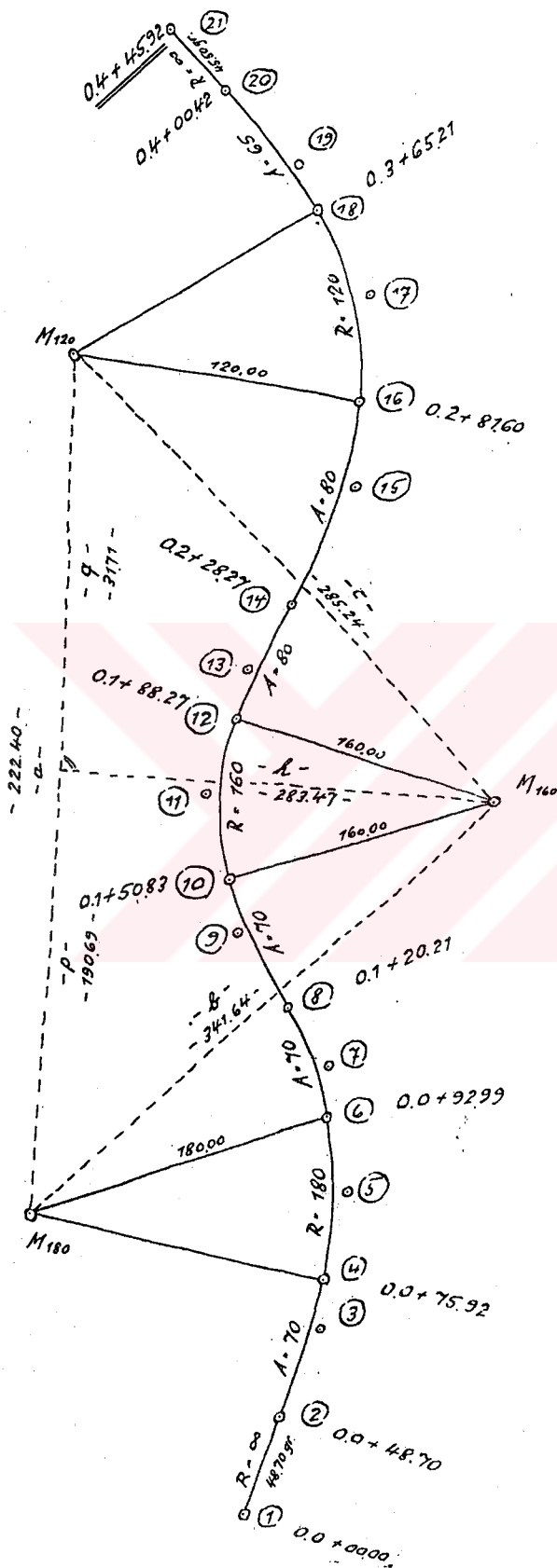
İŞ AKIŞI :

- Bütün klotoid elemanlarının tablodan alınması (Sek.8.23)
- Tablo 8.23 deki nokta numaralarının işaretlenmesi
- Başlangıç ve bitiş nokta koordinatlarının ve eğimlerinin formüllerle bulunması
- Önceden bilinen bütün teğet uzunluklarının (TK ve TL) ve bilinen bütün açı hesaplarının cetveldен alınması ($200'$ ve $200' \pm \epsilon$)
- 1'den 4'e kadar ve 21'den 18'e kadar açıklık açılarının teşkili dinatlarının hesaplanması
- M_{180} ve M_{120} merkez koordinatlarının hesaplanması
- $M_{180}M_{160}$ ve $M_{120}M_{160}$ merkez mesafelerinin ve ilgili açı δ 'nin hesaplanması (Sek.8.23)
- $M_{180}M_{120}$ mesafesinin ve bağlantı çizgisinin eğiminin alınması

- k) $M_{180} - M_{160} - M_{120}$ üçgeninin çözümü (Sek.8.23)
- l) M_{160} 'dan koordinatların hesabı
- m) Merkez bağlantı çizgisinin eğimleri ve merkez mesafelerinin kontrollerinin yapılması
- n) Ana teğetlerinin eğimlerinin bulunması
- o) α yay merkez açısının cetvelde teşkili sırasında hesaplanması ve bütün eksik açıklık açılarının bulunması
- p) Teğetlerin, yayların ve yayın giriş uzunluklarının teşkili. (Şek.8.23)

(Tablo 8.23) , (Tablo 8.24)

| | <u>TS 5 Yayından</u> | <u>TS11'Yavından</u> | <u>TS17Yayından</u> |
|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| R | 180 | 160 | 120 |
| d | 6.03629 | 14.89609 | 44.35899 |
| $\frac{d}{R}$ | 3.01819 | 7.44809 | 22.17949 |
| $\tan \frac{t}{2}$ | 0.04744 | 0.11753 | 0.56321 |
| $\sin \frac{t}{2}$ | 0.04739 | 0.11673 | 0.54139 |
| t | 8.54 | 18.80 | 47.59 |
| δ | 17.07 | 37.44 | 83.61 |
| s | 17.06 | 37.35 | 81.93 |



| | | |
|------------|--------|---------|
| R | 120 | 120 |
| A | 65 | 80 |
| L | 3521 | 5333 |
| ΔR | 0.43 | 0.99 |
| X_m | 17.59 | 26.62 |
| T_K | 11.76 | 17.86 |
| T_L | 23.50 | 35.65 |
| S_L | 35.17 | 53.22 |
| σ | 3.1125 | 4.7137 |
| τ | 9.3393 | 14.1471 |

$$\overline{M_{160}M_{120}} = \sqrt{46.61^2 + 281.41^2} = 285.24$$

$$\tan \delta = 46.61/281.41 = 0.16563$$

$$\delta = 10.4494$$

| | | |
|------------|--------|--------|
| R | 160 | 160 |
| A | 80 | 70 |
| L | 40.00 | 30.62 |
| ΔR | 0.42 | 0.24 |
| X_m | 19.99 | 15.31 |
| T_K | 13.35 | 10.22 |
| T_L | 26.69 | 20.43 |
| S_L | 39.97 | 30.61 |
| σ | 2.6522 | 2.0307 |
| τ | 7.9578 | 6.0927 |

$$\overline{M_{180}M_{160}} = \sqrt{28.92^2 + 340.41^2} = 341.64$$

$$\tan \delta = 28.92/340.41 = 0.08496$$

$$\delta = 5.3956$$

| | | |
|------------|--------|---------------------------------|
| R | 180 | |
| A | 70 | |
| L | 27.22 | |
| ΔR | 0.17 | $p = 19069$ |
| X_m | 13.61 | $q = 31.71$ |
| T_K | 9.08 | $h = \sqrt{b^2 - p^2} = 283.47$ |
| T_L | 18.15 | $= \sqrt{c^2 - q^2} = 283.47$ |
| S_L | 27.22 | |
| σ | 1.6045 | |
| τ | 4.8139 | |

POLİGON HESABI

Sayfa No:

| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|-------------|----------|----------|-------|---|---|----------|----------|
| | 1 | | | | | | 42856.91 | 71375.33 |
| | 2 | 200.0000 | 178.6728 | 48.70 | | | 872.92 | 329.34 |
| | 3 | 195.1861 | 178.6728 | 18.15 | | | 878.89 | 312.20 |
| | 4 | 200.0000 | 173.8589 | 9.08 | | | 882.51 | 303.87 |
| | 5 | 193.9638 | 173.8589 | 8.54 | | | 885.92 | 296.04 |
| | 6 | 200.0000 | 167.8227 | 8.54 | | | 890.05 | 288.57 |
| | 7 | 195.1861 | 167.8227 | 9.08 | | | 894.45 | 280.62 |
| | 8 | 200.0000 | 163.0088 | 18.15 | | | 904.41 | 265.45 |
| | 9 | 206.0927 | 163.0088 | 2043 | | | 915.63 | 248.37 |
| | 10 | 200.0000 | 169.1015 | 10.22 | | | 920.40 | 239.34 |
| | 11 | 214.8960 | 169.1015 | 18.80 | | | 929.17 | 222.71 |
| | 12 | 200.0000 | 183.9975 | 18.80 | | | 933.84 | 204.50 |
| | 13 | 207.9578 | 183.9975 | 13.35 | | | 937.16 | 191.57 |
| | 14 | 200.0000 | 191.9553 | 26.69 | | | 940.53 | 165.09 |
| | 15 | 185.8529 | 191.9553 | 35.65 | | | 945.02 | 12972 |
| | 16 | 200.0000 | 177.0082 | 17.86 | | | 951.12 | 112.94 |

Tablo 8. 23

POLIGON HESABI

Sayfa No:

| | Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|--|------------------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|
| | 16 | | | | | | 42951.12 | 71112.94 |
| | 17 | 155.6411 | 177.8082 | 43.59 | | | 966.01 | 071.97 |
| | 18 | 200.0000 | 133.4493 | 43.59 | | | 43003.72 | 050.11 |
| | 19 | 190.6607 | 133.4493 | 11.76 | | | 013.89 | 044.21 |
| | 20 | 200.0000 | 124.1100 | 23.50 | | | 035.72 | 035.52 |
| | 21 | | 124.1100 | 45.50 | | | 43078.00 | 71018.70 |
| | 4 | | | | | | 42882.51 | 71303.87 |
| | M ₁₈₀ | | | | | | 43047.55 | 71375.72 |
| | M ₁₂₀ | | 222.40 | +16.36 | 221.80 | | 43063.91 | 71153.92 |
| | 18 | | | | | | 43003.72 | 71050.11 |
| | M ₁₈₀ | | | | | | 43047.55 | 71375.72 |
| | M ₁₆₀ | | | | | | 42778.88 | 71164.69 |
| | M ₁₈₀ | | 57.6132 | 341.64 | 268.67 | 211.03 | 43047.55 | 71375.72 |
| | M ₁₂₀ | | 102.4047 | 285.23 | 285.03 | 10.77 | 43063.91 | 71153.92 |
| | Fp | | | | | | 43061.58 | 71185.55 |

Tablo 8. 24

- r) Cetvelden Teğet uzunluklarının formüle alınması
- s) Bütün eksik değer fonksiyonlarının isabet ettirilmesi
- t) Bütün teğet poligonlarının baştan başa hesaplanması
- u) Kiriş poligonları için bütün değerlerinin birleştirilmesi
- v) Kiriş poligonunun baştan başa hesaplanması
- w) Devamlı toplama (artırma) sırasında tek yay parçasının duraklama yeri ve yer taslağında duraklamanın alınmasının bulunması (Şek.8.23)

Tablo 8.31 Proje işareti: Eksen hesabı

Kiriş poligonunun kontrolünden sonra, hesabın doğru olup olmadığı anlaşılır. Ana nokta yayları, en iyi durumda 1.Hesaplama dan y ve x' e göre 2cm fark edebilir.

8.3 YERLEŞTİRME DEĞERLERİNİN HESABI

Yerleştirme ana- ve küçük nokta olarak genelde iki metod ile yapılır. Burada cadde gidişi keyfi olarak iki parçaya bölünür. Birinci bölümdeki 1-14 noktaların hesaplanmamasında kutupsal metod, ikinci bölüm için 14-21 noktaların hesaplanmasında dikgen(Otogonal) metodu kullanılır. Diğer farklılıklar için, dikgen(Ortogonal) metoduda "Teğetten yerleştirme" ve "Kirişten yerleştirme" olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Arazinin gerektirdiği şekilde metodlar kendileri arasında kombine edilir.

Kutupsal metodunda her yay ana noktası Tablo 8.32'ye göre düzlem ve açıklık açısının yakınında bulunan poligon noktasına göre bulunur. (Eğer görüntü zorsa başka bir poligon noktası alınmalıdır.) Yerleştirme için bu eğim açıları direkt kullanılabilir. Durum ve isabet noktası O^1 olarak değil, eğim açısına göre alınmalıdır. Böyle azaltmada hesaphataları pek olmaz. Ayrıca bir hesap yoluda tasarruf edilir. (Yol ve eğim açısının hesaplanması)

P O L İ G O N H E S A B I

Sayfa No:

| Nokta No | | Semt | Kenar | Y | X | Y | X |
|----------|----------|----------|-------|---|---|----------|----------|
| 1 | | | | | | 42856.91 | 71375.33 |
| 2 | 198.3955 | 178.6728 | 48.70 | | | 872.92 | 329.34 |
| | | 177.0683 | 27.22 | | | | |
| 4 | 193.7725 | | | | | 882.51 | 303.87 |
| | | 170.8408 | 17.06 | | | | |
| 6 | 193.7725 | | | | | 890.06 | 288.57 |
| | | 164.6133 | 27.22 | | | | |
| 8 | 200.4262 | | | | | 904.42 | 265.44 |
| | | 165.0395 | 30.61 | | | | |
| 10 | 211.5100 | | | | | 920.40 | 239.33 |
| | | 176.5495 | 37.35 | | | | |
| 12 | 212.7536 | | | | | 933.85 | 204.49 |
| | | 189.3031 | 39.94 | | | | |
| 14 | 197.9385 | | | | | 940.53 | 165.08 |
| | | 187.2416 | 53.22 | | | | |
| 16 | 168.3872 | | | | | 951.13 | 112.93 |
| | | 155.6288 | 81.93 | | | | |
| 18 | 171.5938 | | | | | 43003.72 | 050.11 |
| | | 127.2226 | 35.17 | | | | |
| 20 | 196.8875 | | | | | 035.72 | 035.52 |
| | | 124.1100 | 45.50 | | | | |
| 21 | | | | | | 4307800 | 71018.70 |

Tablo 8. 31

Örnekte olduğu gibi, çoğunlukla yerleştirme açısı bitiş yönüne göre 0.0000° a çevrilmelidir. Bağlantı eğim açıları da, diğer eğim açılarından çıkarılır.

Dikgen (Ortogonal) metodunun 16-21 ana noktaları arası burada işlenmiştir. Diğer işlemler için 17. nokta gerekmez. Gerektiği yer teğetten yerleştirilmesi şart olan daire yayı 16/18 dir. (Küçük noktaların koordinatlarının hesaplanması). Ana noktalar için bütün tesbit değerleri bir sayfada toplanmıştır. (Şekil.8.31)

Yay küçük noktalarının yerleştirilmesinde bu iki metoda göre yapılır ve yerleştirme değerleride direkt olarak bilinen yerleştirme cetvelinden alınır. Buradan yay ana noktalarına bağlı olarak, dairesiz mevki istasyonları çıkar.

Bütün yol için düz istasyonlar isteniyorsa, o zaman bütün yerleştirilecek küçük noktalar başka bir hesap yöntemiyle bulunmalıdır. Buradaki örnekte yerleştirme her on metrede bir yapılmıştır.

2/4 ve 6/8 ayrıca 8/10 ve 12/14 yaylarının Kiriş-teğet işlemi, klotoid cep kitabının 3.3 bölümüne göre kullanılır. 4/6 ve 10/12 yaylarının dönüm açıları, K konstantların ve istasyon farklarının çarpımıyla kolayca bulunur.

14/16 Klotoidlerin yerleştirilmesi daha önceki konularda anlatılmıştır. Metodla ilgili açıklama detaylı anlatılmıştır. 16/18 yay parçasının yerleşimi için, hesaplamadaki formüller kullanılmalıdır. Çünkü $y \approx \frac{x^2}{2R}$ yaklaştırma formülü yeterli değildir.

18/20 son klotoidi ana teğetten (20.19) yerleştirilir. X ve Y değerleri A= 1 değeriyle cetveldен alınır.

Hesaplama genelde burada gösterildiği gibi yapılır. Ayrıca bir yerleştirme planına gerek yoktur. Çünkü görünüşliste şeklinde anlaşılır.

Tablo 8.32

DOĞRU PARÇASI VE EĞİM
AÇISI HESABIANA NOKTALAR İÇİN
TESPİT DEĞERLERİ

| 8 | Yb | Ya | y=(yb-ya) | $\tan(ab) = \frac{y}{x}$ | $v_{a^b}(a.b)$ |
|-----|--------|--------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | xb | xa | $\Delta x = (xb-xa)$ | $\sin(a.b)$ | $s = \frac{y}{\sin(ab)}$ |
| Nr | yb-xb | ya-xa | $\Delta y - \Delta x$ | $\Delta y^2 + \Delta x^2$ | $S = \sqrt{y^2 + x^2}$ |
| 1 | 2 | 3 | | 5 | 6 |
| 1 | 856.91 | 847.20 | + 9.71 | 0.19700 | 18761.71 |
| PP1 | 375.33 | 424.62 | -49.29 | + 0.19329 | 50.24 |
| | 481.58 | 422.58 | 59.00 | 2523.79 | 50.24 |
| 2 | 872.92 | 891.77 | -18.85 | 0.74594 | 359.1992 |
| PP2 | 329.34 | 304.07 | +25.27 | -59.791 | 31.53 |
| | 543.58 | 587.70 | -44.12 | 993.90 | 31.53 |
| 4 | 882.51 | 891.77 | - 9.26 | 0.02160 | 298.6250 |
| PP2 | 303.87 | 304.07 | -0.20 | -0.99977 | 9.26 |
| | 578.64 | 587.70 | -9.06 | 85.79 | 9.26 |
| 6 | 890.05 | 891.77 | -1.72 | 0.11097 | 207.0356 |
| PP2 | 288.57 | 304.07 | 15.50 | -0.11029 | 15.60 |
| | 601.48 | 587.70 | 13.78 13.78 | 243.21 | 15.60 |
| 8 | 904.41 | 891.77 | + 12.64 | 0.32.729 | 1798635 |
| PP2 | 265.45 | 304.07 | - 38.62 | + 0.31106 | 40.64 |
| | 638.96 | 587.70 | 51.26 | 1651.27 | 40.64 |
| 10 | 920.40 | 949.56 | -29.16 | 0.79607 | 357.1976 |
| PP3 | 239.34 | 202.71 | + 36.63 | -0.62282 | 46.82 |
| | 681.06 | 746.85 | -65.79 -65.79 | 2192.06 | 46.82 |
| 12 | 933.84 | 949.56 | -15.72 | 0.71.387 | 307.21.81 |
| PP3 | 204.50 | 202.71 | + 1.79 | -0.99358 | 15.82 |

Tablo 8.32

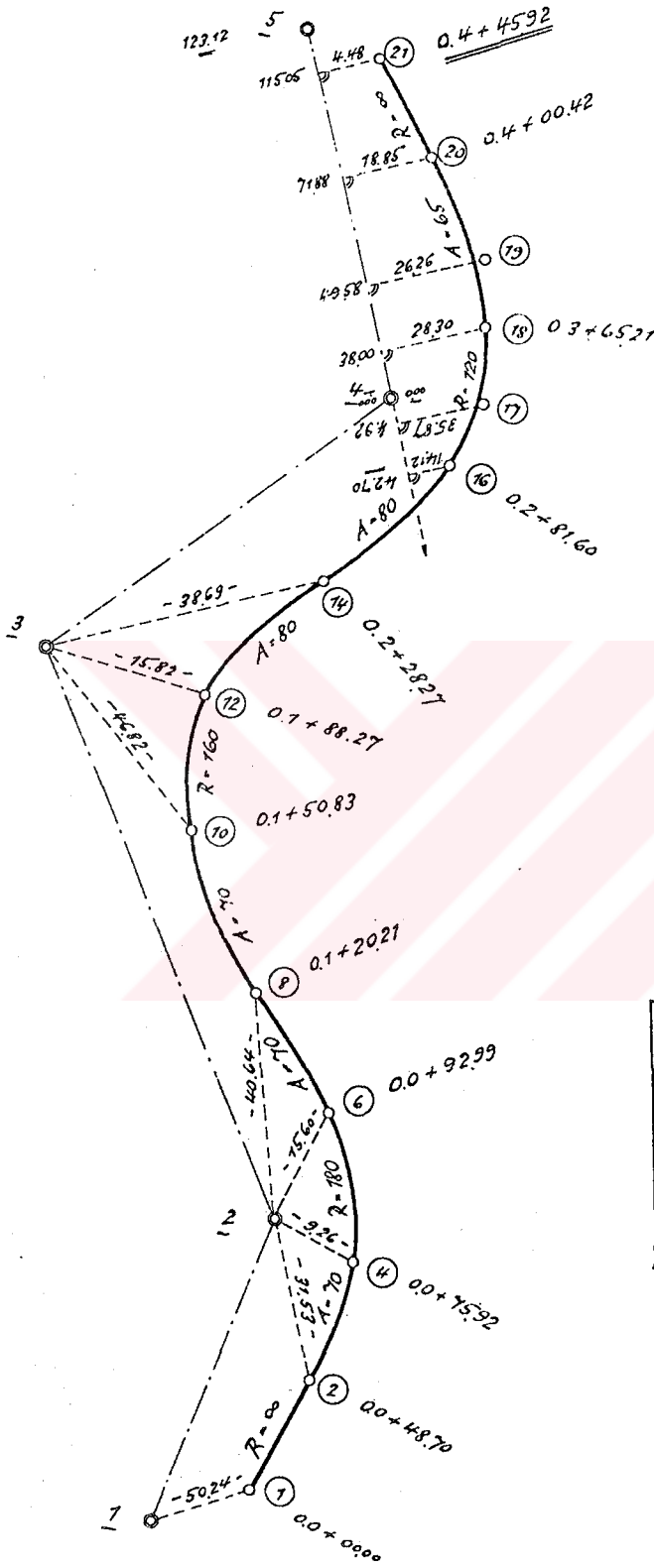
| | | | | | |
|----------|--------|--------|-----------------------------|----------|----------|
| | 681.06 | 746.85 | -83.79 -65.79 | 2192.06 | 46.82 |
| 12 | 933.84 | 949.56 | - 15.72 | 0.11387 | 307.2181 |
| PP3 | 204.50 | 202.71 | + 1.79 | -0.99358 | 15.82 |
| | 729.34 | 746.85 | -17.51 -17.51 | 250.32 | 15.82 |
| 14 | 940.53 | 949.56 | - 9.03 | 0.24003 | 214.9971 |
| PP3 | 165.09 | 202.71 | -37.62 | -0.23340 | 38.69 |
| | 775.44 | 746.85 | 28.59 28.59 | 1496.81 | 38.69 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| tan(a.b) | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tablo 8.32

Sayfa No:

| il | KÜÇÜK NOKTA HESABI | | Hesabeden | Kontrol Ed. | | |
|--|---|--|-----------|--|--|-----------|
| ilçe | | | İsim | | | |
| Birlik | | | İmza | | | |
| Mahalle | | | Tarih | | | |
| Ya — Y Ya — X S | (Ya — Y) ² (X — X) ² S ² | $O = \frac{Ya - Y}{S}$ $a = \frac{X - X}{S}$ $d = S - S$ | S | Y Y = O.s X ₁ = Y + Y | X X = a.s X ₁ = X + X | Nokta No. |
| | | | | + a. y - v. x Y _p | + a. x + v. y H _p | |
| | | | | 0,00 +26.90 -12.78 | 0,00 -10.76 -31.94 | 4 |
| | | | | +14.12 - 9.59 +31.34 | -42.70 +26.39 +11.39 | 16 |
| | | | | +35.87 -24.29 +16.72 | - 4.92 +14.08 +28.84 | 17 |
| | | | | +28.30 - 6.55 + 4.51 | +38.00 + 3.80 + 7.78 | 18 |
| | | | | +26.26 +14.06 + 6.65 | +49.58 + 5.60 +16.70 | 19 |
| | | | | +18.85 -27.24 +12.87 | +71.88 +10.83 +32.34 | 20 |
| | | | | + 4.48 - 5.83 + 1.36 | +115.05 + 1.15 + 6.92 | 21 |
| | | | | + 0.01 | +123.12 | 5 |
| | | | İstenen | 0.00 | 123.12 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Kontrol: Y = O S = Y - Y X = a S = X - X | | | | | | |

Tablo 8.33 devamı



| Yer Nok. | Nişan Nok. | Açı |
|----------|------------|----------|
| 3 | 2 | 0.0000 |
| | 14 | 247.9877 |
| | 12 | 340.2087 |
| | 10 | 390.1882 |

| Yer Nok. | Nişan Nok. | Açı |
|----------|------------|----------|
| 2 | 1 | 0.0000 |
| | 8 | 202.4071 |
| | 6 | 229.5792 |
| | 4 | 321.1686 |
| | 2 | 381.7428 |

Şek.8.31

Küçük nokta koordinatlarından
hesaplama

Ana noktalar için tesbit
edilen değerler.

(Tablo 8.33)

(Şek.8.31)

Küçük nokta tesbiti

1- Klotoid $A = 70$

2 → 4

$$K = 21.6537$$

$$D = 27.28$$

$$Z = 43.31$$

Durak

$$0.0+48.70 = \text{Yer noktası}$$

ç

$$+50 \quad 1.30 \quad 0037$$

$$0.0000$$

$$+60 \quad 10.00 \quad 2728$$

$$0.0037$$

$$+70 \quad 10.00 \quad 2728+43.31$$

$$0.2765$$

$$5.92 \quad 6220$$

$$0.9824$$

$$+75.92 = \text{Nişan noktası}$$

$$1.6045 \text{ Aranan}$$

$$(1.6044)$$

2- Yay $R = 180$

$$4 \rightarrow 6 : K = \frac{100}{R \cdot \pi} : 0.17684$$

$$0.0 + 75.92 = \text{Yer (Durum) Noktası}$$

$$0.0000$$

$$+ 80$$

$$0.7215$$

$$+ 90$$

$$2.4899$$

$$+ 92.99 = \text{Nişan noktası}$$

$$3.0181$$

$$(3.0187) \text{ Aranan}$$

3. Klotoid A= 70 8 → 6

K= 21.6537

D= 6587

Z= 43.31

| | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 0.1 + 20.21 = Yer (durum) noktası | 0.0000 |
| + 10 10.01 2257 | 0.2257 |
| + 00 10.00 6587 | 0.8844 |
| 0.0 + 92.99 = Nişan nok.72.00 | (1.6045 Aranan 1.6044) |

4. Klotoid A= 70 8 → 10

K = 21.6537

D = 64.05

Z = 43.31

Durak

| | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 0.0 + 48.70 = Yer (durum noktası) | 0.0000 |
| + 30 9.79 20.75 | 0.2075 |
| + 40 10.00 64.05 | 0.8480 |
| + 50.83=Nişan nok. | (2.0307) Aranan 2.0302) |

5- Yay R= 160 10 → 12

0.1 + 50.83 = Yer (Durum nok.)

+ 60

+ 70

+ 80

+ 88.27= Nişan nok.

K= $\frac{100}{R\pi}$:0.19894

0.0000

1.8243

3.8137

5.8031

(7.4480

7.4483) Aranan

6- Klotoid A= 80 12 → 14

K= 16.5786

D= 44.00

Z= 33.16

0.2 + 28.27 = Yer (durum) noktası

| | | | |
|------|-------|---------------|--------|
| + 20 | 8.27 | 11.34 | 0.0000 |
| + 10 | 10.00 | 44.00 | 0.1134 |
| + 00 | 10.00 | 44.00 + 33.16 | 0.5534 |
| | 11.73 | 13.276 | 1.3250 |

0.1 + 88.27 = Nişan noktası (2.6522 Aranan
2.6526)

7. Klotoid A= 80 14 → 16 $2A^2 = 12800$

Kirişten tesbit

| Durak | ΔL_a | ΔL_b | $\frac{\Delta L_b - \Delta L_a}{3}$ | $\Delta L_a \cdot \Delta L_b$ | Y |
|------------|--------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| 0.2 +28.27 | 0.00 | 53.33 | 17.78 | 0.00 | 0.00 |
| + 40 | 11.73 | 41.60 | 9.96 | 487.97 | 0.83 |
| + 50 | 21.73 | 31.60 | 3.29 | 686.67 | 1.34 |
| + 60 | 31.73 | 21.60 | -3.38 | 685.37 | 1.52 |
| + 70 | 41.73 | 11.60 | 10.04 | 484.07 | 1.20 |
| + 81.60 | 53.33 | 0.00 | 17.78 | 0.00 | 0.00 |

8- Yay R = 120

Kirişten Tesbit

| | | | | |
|-----------|---------|---------|---------|--------|
| 0.2+81.60 | - 41.80 | 22.1757 | 0.00 | 0.00 |
| +90 | - 33.40 | 17.7194 | 7.99 | 2.59 |
| 03+00 | - 23.40 | 12.4142 | 17.71 | 4.94 |
| +10 | - 13.40 | 7.1090 | 27.59 | 6.46 |
| +20 | -3.40 | 80.38 | 37.55 | 7.16 |
| (+23.40 ≅ | 0.00 | (0.00) | (40.96) | (7.21) |
| +30 | +6.60 | 3.5014 | 47.56 | 7.03 |
| +40 | +16.60 | 8.8066 | 57.51 | 6.06 |
| +50 | +26.60 | 14.1118 | 67.34 | 4.27 |
| +60 | +36.60 | 19.2170 | 76.63 | 1.78 |
| +65.21 | +41.81 | 22.1810 | 81.93 | 0.00 |

9- Klotoid A= 65 20 → 18

Ana teğetten tesbit

| | | | | |
|------------|-------|----------|-----------|------|
| 0.4 + 0042 | 0.00 | 0.000000 | 0.00 | 0.00 |
| 0.3 + 90 | 10.42 | 0.160308 | 10.42 | 0.05 |
| + 80 | 20.42 | 0.314154 | 20.42 | 0.34 |
| + 70 | 30.42 | 0.468000 | 30.38 | 1.12 |
| + 65.21 | 35.21 | Doğrudan | cetvelden | 1.72 |

9. APLİKASYON METODLARI

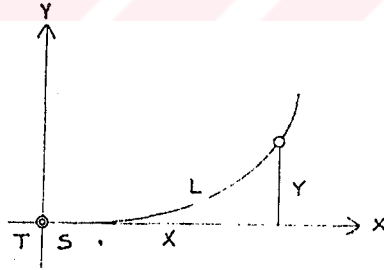
Bir geçkinin yatay izdüşüm elemanları belli ise ve elemandan elemana rakordman noktalarının koordinatları, arazi röper noktaları sistemine dönüştürülmüşse aplikasyon için ana noktaların hesabına geçilir. Klotoid kurpları içine ara noktaların dahil edilmesi, daire aplikasyonunda uygulanan yöntemlere benzer metodlarla yapılır. Aplikasyon kartezyen veya kutupsal koordinatlara göre yapılabilir.

9.1 KARTEZYEN KOORDİNATLARA GÖRE APLİKASYON

9.11..Esas teğetten itibaren aplikasyon ;

Bu metod eşit aralıklı kurb noktaları için en iyi bir şekilde uygulanır sıfır noktası koordinat başlangıcı olabildiği gibi geçki kilometrajı üzerindeki tam sayı istasyonlardan da ordinatlar alınabilir.

Birinci halde norm parametreler için L tablosu kullanılır. Bu tabloda tam sayı L kurb uzunluklarına karşılık gelen X ve Y kartezyen koordinatları esas teğete göre verilmiştir. (Şek.9.111)



Şek.9.111 Kartezyen koor. göre esas teğetten aplikasyon

Normlanmamış parametre değerleri söz konusu ise, kartezyen koordinatlar E tablosu yardımı ile şu şekilde hesaplanır.

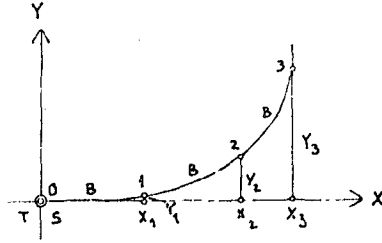
A Parametresi ile kurb noktaları arasında arzulanan B mesafesi verilmiş olsun (Şek.9.112)

$$I_1 = \frac{B}{A} = b$$

$$I_2 = 2b$$

$$I_3 = 3b$$

teşkil edilir. Ve I_1, I_2, I_3 , için E tablosundan $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ Vs. bulunur. Bunlar Δ ile çarpıldığında, aranan X_1, Y_1, X_2, Y_2 vs. koordinatları elde edilir.



Şek. 9.112 Eşit mesafeli kurb noktalarının kartezyen koordinatları

ÖRNEK: $A = 320, B = 25$

$b = \frac{B}{A} = 0.078125$ bulunur ve bunun katları için E tablosundan X ve Y ler okunur.

Bundan sonra I, X, Y, A ile çarpılarak I, X, Y hesaplanmış olur.

Tablo 9.111

| I | x | y | L | X | Y |
|-------------------------|-----------|-----------|-----|---------|--------|
| $l_1 = b = 0,078\ 125$ | 0,078 125 | 0,000 079 | 25 | 25,000 | 0,025 |
| $l_2 = 2b = 0,156\ 250$ | 0,156 248 | 0,000 636 | 50 | 49,999 | 0,204 |
| $l_3 = 3b = 0,234\ 375$ | 0,234 357 | 0,002 146 | 75 | 74,994 | 0,687 |
| $l_4 = 4b = 0,312\ 500$ | 0,312 426 | 0,005 086 | 100 | 99,976 | 1,628 |
| $l_5 = 5b = 0,390\ 625$ | 0,390 398 | 0,009 930 | 125 | 124,927 | 3,178 |
| $l_6 = 6b = 0,468\ 750$ | 0,468 184 | 0,017 151 | 150 | 149,819 | 5,488 |
| $l_7 = 7b = 0,546\ 875$ | 0,545 653 | 0,027 216 | 175 | 174,609 | 8,709 |
| $l_8 = 8b = 0,625\ 000$ | 0,622 620 | 0,040 579 | 200 | 199,238 | 12,985 |

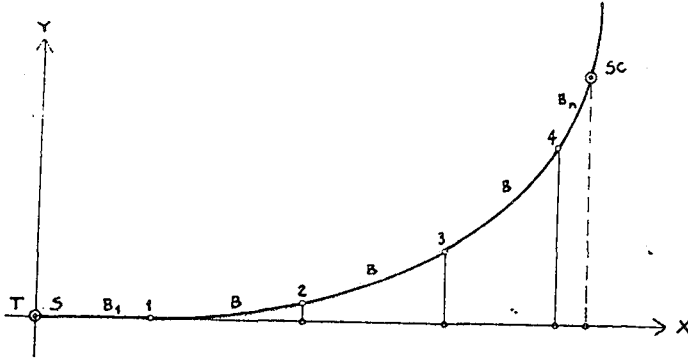
Klotoid tam sayı istasyonlara göre aplike edilecekse, hesap benzer şekilde yapılır.

A Parametresi, sıfır noktasının istasyon km 'si ve klotoid kurbunun tüm L uzunluğu verilmiş olsun.

İlk tam sayı istasyonu tekabül eden kesirli kurb uzunluğu B_1 , $(n-2)$ adet eşit uzunluklu kurb mesafesi B , sonuncu tam sayı istasyondan klotoid bitim noktasına kadar olan kurb parçası B_n ile gösterilsin (Şek.9.113) O halde;

$$L = B_1 + (n-2) \cdot B + B_n$$

Yazılır.



Şek. 9.113 Tam sayı istasyonlar için kartezyen koordinatlara göre aplike edilecek bir klotoid kurbunun başlangıcında ve bitiminde kesişli kurp parçaları

İstasyonların esas teğete göre kartezyen koordinatları hesaplanacaktır. Şunlar teşkil edilir :

r :

$$\begin{aligned}
 l_1 &= \frac{B_1}{A} \\
 l_2 &= \frac{B_1 + B}{A} \\
 l_3 &= \frac{B_1 + 2B}{A} \\
 l_{n-1} &= \frac{B_1 + (n-2) \cdot B}{A} \\
 l_n &= \frac{B_1 + (n-2) \cdot B + B_n}{A}
 \end{aligned}$$

(49)

ve bu I değerlerine E tablosunda tekabül eden X ve Y'ler bulunur. Gerekliyse aynı zamanda r ve τ okunur.

X,Y ve r değerleri A ile çarpılarak, istasyonların aranan X,Y koordinatları ile bunlara karşılık gelen eğrilik yarıçapları elde edilir.

Örnek: Verilenler: Parametre A = 200, klotoid bitim noktasındaki eğrilik yarıçapı R = 250 ve başlangıç noktasının istasyon km. si 23.9+11.87

İstenenler: Tam sayı 25 m'lik istasyonların aplikasyonları yapılacaktır. Klotoid kurbu üzerindeki ilk tam sayı istasyon 23.9+25.00 dir sebepten

$$B_1 = 25.00 = 11.87 + 13.13 \text{ olur.}$$

Toplam uzunluk :

$$L = \frac{A^2}{R} : 160$$

dir. O halde bitim noktasının istasyonu

$$\begin{array}{r} 23.9 + 11.87 \\ 0.1 + 60.00 \\ \hline 24.0 + 71.87 \end{array}$$

dir. Sonucu tam sayı istasyon 24.0+50.00 olduğundan $B_n = 21.87$ dir. Klotoid başlangıcından itibaren istasyonlar ve bunların kurb uzunlukları şöyledir:

Tablo 9.112

| | İstasyon | L | $l = \frac{L}{A}$ |
|---|--------------|--------|-------------------|
| 0 | 23,9 + 11,87 | 0,00 | 0,00000 |
| 1 | 23,9 + 25,00 | 13,13 | 0,06565 |
| 2 | 23,9 + 50,00 | 38,13 | 0,19065 |
| 3 | 23,9 + 75,00 | 63,13 | 0,31565 |
| 4 | 24,0 + 0,00 | 88,13 | 0,44065 |
| 5 | 24,0 + 25,00 | 113,13 | 0,56565 |
| 6 | 24,0 + 50,00 | 138,13 | 0,69065 |
| 7 | 24,0 + 71,87 | 160,00 | 0,80000 |

Aranan X ve Y koordinatlarını bulmak için I değerlerine E tablosunda tekabül eden X ve Y lerin enterpolasyondan sonraki sonuçları A ile çarpılır.

Tablo 9.113

| | x | y | X = A.x | Y = A.y |
|---|-----------|-----------|---------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0,065 650 | 0,000 047 | 13,130 | 0,009 |
| 2 | 0,190 644 | 0,001 155 | 38,129 | 0,231 |
| 3 | 0,315 572 | 0,005 241 | 63,114 | 1,048 |
| 4 | 0,440 235 | 0,014 251 | 88,047 | 2,850 |
| 5 | 0,564 204 | 0,030 109 | 112,841 | 6,022 |
| 6 | 0,686 732 | 0,054 684 | 137,346 | 10,937 |
| 7 | 0,791 847 | 0,084 711 | 158,369 | 16,942 |

Kartezyen koordinatlara göre ara noktaların aplikasyonunun rasyonel bir şekilde yapılabilmesi için ordinatların kısa, yani klotoitlerin basık olması gerekir. Eğer noktalar geçtiye yakın bir poligon hattından aplikasyon edileceklerse, ordinat hesabı gene yukarıki örneğe göre yapılır. Klotoit noktalarının koordinatları bilinen usulle poligon hattının koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra, aplikasyon değerleri elde edilir.

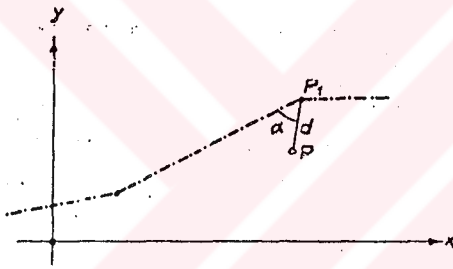
Bu hal için iki imkân mevcuttur.

1. P noktasının d, α kutupsal koordinatlarına göre bir P_1 poligon noktasından aplikasyonu (Şek.9.114)

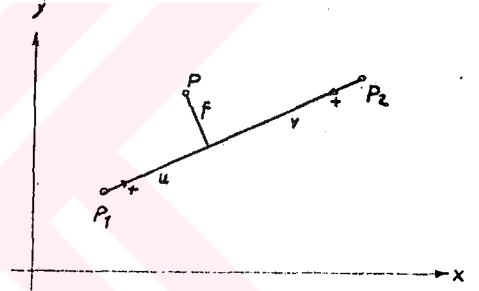
2. Bir poligon kenarından itibaren u, v, f kartezyen koordinatları ile aplikasyon yapılması (Şek.9.115)

Birinci halde (Şek.9.114)d, mesafe formülüne göre hesaplanır, doğrultu açıları arasındaki fark α dır.

İkinci halde (Şek.9.115) f, v ve U, P_1 den itibaren hesaplanmak üzere işaretleride tamam olarak denklemlerinden elde edilir.



Şek. 9.114 Bir noktanın, bir poligon noktasından itibaren kutupsal koordinatlara göre aplikasyonu



Şek.9.115: Bir noktanın, bir poligon kenarından itibaren kartezyen koordinatlara göre aplikasyonu

$$f = \frac{(y - y_1)(x_2 - x_1) - (x - x_1)(y_2 - y_1)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

$$u = \frac{(x_2 - x)(x_2 - x_1) + (y_2 - y)(y_2 - y_1)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

(50)

denklemlerinden elde edilir.

P2 den itibaren hesaplanırsa ;

$$f = \frac{(y_2 - y)(x_2 - x_1) - (x_2 - x)(y_2 - y_1)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

$$v = \frac{(x_2 - x)(x_2 - x_1) + (y_2 - y)(y_2 - y_1)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

(51)

yazılır. (P2 den bakıldığında f eksidir)

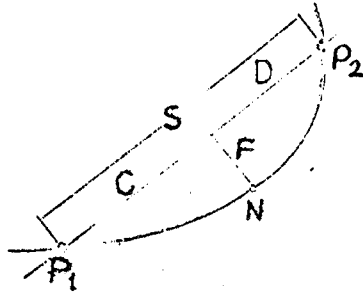
9.12 Her hangi kiriş, kesen ve teğetten itibaren Aplikasyon

Bu metodlar daha ziyade nokta sıklaştırılmasında kullanılırsa, çabuk bir yön aplikasyonunda da yararlı olurlar.

Aynı cinsten daire aplikasyonunda olduğu gibi ya hassas bir hesap yapılabilir, yada bir yaklaşım metodu seçilebilir. Bir durumdan diğerine hangi metodun seçilebileceği hususunda karar verirken, daire aplikasyonunda olduğu gibi, istenilen hassasiyete, noktalar arasındaki mesafeye ve eğriliğe bakılır. Kiriş ile kurb uzunluğunun birbirine eşit olabileceği bütün problemlerde, yaklaşım metodu maksada elverişlidir. (Bu konuda "Hassasiyet Problemleri ve Yaklaşım Metodları" bahsine bakılır.)

Bütün hallerde mm hassasiyetli tam çözüme, kartezyen koordinatlar üzerinden giderek ulaşır.

9.121. 1. Problem: Bir klotoid kirişinden itibaren bir noktanın aplikasyonu (Şek.9.1211)



Şek.9.1211. Bir klotoid kirişinden itibaren bir noktanın aplikasyonu

P_1 ve P_2 klotoid noktalarına karşılık gelen L_1 ve L_2 kurb uzunlukları verilmiştir. Kurb uzunluğu L olan yeni N noktası $\overline{P_1P_2}$ kirişinden itibaren kartezyen koordinatlar yardımı ile aplike edilecektir.

2) Hassas yöntem: İlkönce E tablosu yardımı ile P_1P_2 ve N noktalarının klotoid esas teğetine göre kartezyen koordinatları elde edilir. Bunun için

$$l_1 = \frac{L_1}{A}, \quad l_2 = \frac{L_2}{A}, \quad l = \frac{L}{A} \quad (52)$$

ye E tablosunda karşılık gelen X ve Y ler okunur ve A ile çarpılır.

X_1, Y_1, X_2, Y_2 ve X, Y elde edilir.

Bundan sonra $\overline{P_1P_2} = S$ kirişi hesaplanır :

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (53)$$

Yardımcı büyüklükler :

$$\cos \varphi = \frac{X_2 - X_1}{S} \quad (54)$$

$$\sin \varphi = \frac{Y_2 - Y_1}{S}$$

dır.

Aranılan Aplikasyon sayıları

$$C = (X - X_1) \cdot \cos \varphi + (Y - Y_1) \sin \varphi$$

$$D = (X_2 - X) \cdot \cos \varphi + (Y_2 - Y) \cdot \sin \varphi \quad (55)$$

olup kontrol için :

$$C + D = S$$

yazılır. Ayrıca :

$$F = -(Y - Y_1) \cdot \cos \varphi - (X - X_1) \cdot \sin \varphi$$

$$= (Y_2 - Y) \cdot \cos \varphi - (X_2 - X) \cdot \sin \varphi \quad (56)$$

dır.

Misâl : Parametre $A = 200$

Verilellen: $L_1 = 125$ olmak üzere P_1

$L_2 = 175$ olmak üzere P_2

Aplike edilecekler: $\overline{P_1P_2}$ kirişinin $L = 150$ olan N noktası şunlar teşkil edilir.

Tablo 12.121

| | L | $L = \frac{L}{A}$ | x | y | $X = A.x$ | $Y = A.y$ |
|-------|-----|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| P_1 | 125 | 0,625 | 0,622 620 | 0,040 579 | 124,524 | 8,116 |
| N | 150 | 0,750 | 0,744 089 | 0,069 916 | 148,818 | 13,983 |
| P_2 | 175 | 0,875 | 0,862 264 | 0,110 490 | 172,453 | 22,098 |

Ayrıca

$$X_2 - X_1 = 47.529 \quad Y_2 - Y_1 = 13.982$$

$$S = \sqrt{47.929^2 + 13.982^2} = 49.927$$

$$\cos\phi = 0.959982$$

$$\sin\phi = 0.280049$$

$$X - X_1 = 24.294$$

$$Y - Y_1 = 5.867$$

$$X_2 - X = 23.635$$

$$Y_2 - Y = 8.115$$

Hesaplanır ve aranan aplikasyon sayıları :

$$C = 24.965$$

$$D = 24.962$$

$$F = 1.171$$

olur.

Kontrol için $C + D = S = 49.927$ yazılır.

b) Basık kurblar söz konusu olduğu zaman, problemi yaklaşık olarak da çözmek mümkündür. Şu formüller geçerlidir.;

$$C = L - L_1$$

$$D = L_2 - L$$

$$F = \frac{(L - L_1)(L_2 - L)(L_1 + L_2 + L)}{6A^2}$$

(57)

$$B = L - L_1 - L_2 - L = C = D$$

olan kurb orta noktasında ;

(58)

$$F_0 = \frac{B^2 \cdot L}{2A^2}$$

formülü geçerlidir.

Yukarki örnek için, yaklaşım metodu ile;

$$C = 25.0$$

$$D = 25.0$$

$$F = 1.172 \text{ bulunur.}$$

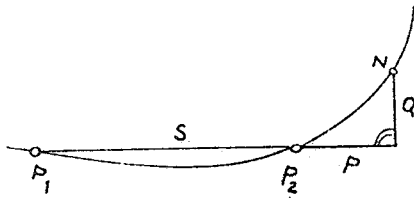
(58) formülü sadece nokta sıklaştırması için değil, demiryolu inşaatı rakordan kurbunun kontrolü ve hattın düzeltilmesi işleminde kullanılır.

Aralarında B kurb mesafesi olan ve birbirini takip eden B kurbları üzerinde bulunan fleş yükseklikleri arasında sabit $\frac{B^3}{8A^2}$ farkı vardır.

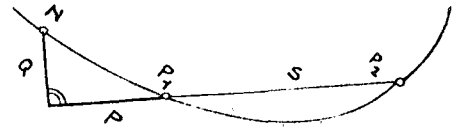
Aralarında $\frac{B}{2}$ kurb mesafesi olan ve birbirini takip eden fleş yükseklikleri arasında sabit $\frac{B^3}{16A^2}$ farkı vardır.

Fleş yükseklikleri farkları ile ilgili bu bilgiler dahi geçkinin düzeltilmesine ve kontrolüne yarar.

9.122 Klotoid keseninden itibaren aplikasyon (Şek.12.1221: 12.1222) 2. problem;



Şek.9.1221: Klotoidin üzerinde bulunan bir noktanın eğrilik artışı yönünde ve kesenden itibaren aplikasyonu



Şek.9.1222:Klotoidin üzerinde bulunan bir noktanın eğrilik azalışı yönünde ve kesenden itibaren aplikasyonu

L_1 ve L_2 uzunlukları ile beliren P_1 ve P_2 klotoid noktaları keseni meydana getirir. Klotoid üzerinde L uzunluğuna karşılık gelen N noktası kesenden itibaren P ve O kartezyen koordinatları ile applike edilecektir.

Evvelki problemde olduğu gibi ilkönce P_1P_2 ve N noktalarının kartezyen koordinatları hesaplanır ve ayrıca ;

S , $\cos \varphi$ ve $\sin \varphi$ değerleri bulunur.

$L > L_2 > L_1$ hali için şu formüller geçerlidir. (Şek.9.1221)

$$P = (X-X_2)\cos\varphi + (Y-Y_2)\sin\varphi$$

$$Q = (Y-Y_1)\cos\varphi - (X-X_1)\sin\varphi$$

$$= (Y-Y_2)\cos\varphi - (X-X_1)\sin\varphi$$

$L < L_1 < L_2$ hali için benzer formüller geçerlidir. (Şek.12.1222)

$$P = (X_1-X)\cos\varphi + (Y_1-Y)\sin\varphi$$

$$Q = (Y_1-Y)\cos\varphi + (X_1-X)\sin\varphi \quad (59)$$

$$= -(Y_2-Y)\cos\varphi + (X_2-X)\sin\varphi$$

Misaller :

a) $A = 200$ için ve

P_1 noktası $L_1 = 125$

P_2 noktası $L_2 = 150$ ve

N noktası $L = 175$

ile verilince endislerin yerlerini değiştirmek suretiyle bundan önceki problemde bulunan kartezyen koordinatlar elde edilir ve ayrıca ;

$$S = 24.992$$

$$\cos\varphi = 0.972071$$

$$\sin\varphi = 0.234755$$

olduğundan yukarki formüllerin uygulanması ile,

$$P = 24.880$$

$$Q = 2.340 \text{ çıkar.}$$

b) $A= 200$ için ve P_1 noktası $L_1 = 150$, P_2 noktası $L_2=175$ ve N noktası $L= 125$ ile verilince benzer şekilde ;

$$S= 24.989$$

$$\text{Cos } \varphi = 0.945816$$

$$\text{Sin } \varphi = 0.324743$$

ve

$$P = 24.883$$

$$Q = 2.340$$

bulunur.

Şek.9.1221'de belirtilen hâle basık klotoidlerde karşılık gelen yaklaşım formülleri :

$$\begin{aligned} P &= L - L_2 \\ Q &= \frac{(L-L_1) (L-L_2) (L_1+L_2+L)}{6A^2} \end{aligned} \quad (60)$$

ve şek.9.1222'de belirtilen hâle basık klotoidlerde karşılık gelen yaklaşım formülleri :

$$\begin{aligned} P &= L_1 - L \\ Q &= \frac{(L_1-L) (L_2-L) (L_1+L_2+L)}{6A^2} \end{aligned} \quad (61)$$

dır.

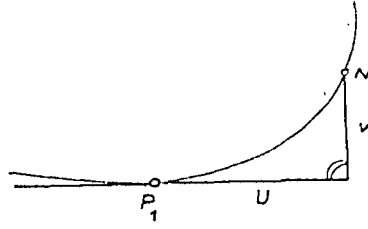
Bu yaklaşım formüllerine göre a) ve b) örnekleri için aynı değerler elde edilir ;

$$P = 25.0$$

$$Q = 2.344$$

9.123. 3. Problem: Bir teğetten itibaren bir klotoid noktasının aplikasyonu (Şek.9.1231: 9.1232)

Yukarki problemlerde olduğu gibi E tablosu yardımı ile P_1 ve N noktalarının kartezyen koordinatları hesaplanır ve $I_1 = \frac{L_1}{A}$ ya karşılık gelen τ_1 teğet açısı E tablosundan okunur. $\text{Cos } \tau_1$ ve $\text{Sin } \tau_1$ teşkil edildikten sonra $L > L_1$ için (Şek.9.1231) aranan U ve V değerleri hesaplanır.



Şek.12.1231 Bir:klotoid noktasının teğetten itibaren ve eğrilik azalışı yönünde aplikasyonu

$$\begin{aligned} U &= (X - X_1) \cdot \cos \tau_1 + (Y - Y_1) \cdot \sin \tau_1 \\ V &= (Y - Y_1) \cdot \cos \tau_1 - (X - X_1) \cdot \sin \tau_1 \end{aligned} \quad (62)$$

ve $L < L_1$ için (Şek.146) :

$$\begin{aligned} U &= (X_1 - X) \cos \tau_1 + (Y_1 - Y) \cdot \sin \tau_1 \\ V &= -(Y_1 - Y) \cdot \cos \tau_1 + (X_1 - X) \cdot \sin \tau_1 \end{aligned} \quad (63)$$

yazılır.

ÖRNEKLER: a) Verilenler: $A = 200$, $L_1 = 150$ ile P_1
Aplike edilecek olan : P_1 deki teğetten itibaren, $L = 175$ olan
N noktası Nokta notasyonu uygun biçimde yapılarak 1.Probleme ait
örnekten kartezyen koordinatlar alınabilir.

$$I_1 = \frac{L_1}{A} \quad \text{için } E \text{ tablosundan :}$$

$$T_1 = 17.905^\circ$$

okunur ve ;

$$\cos \tau_1 = 0.96071, \quad \sin \tau_1 = 0.27756$$

teşkil edilir.

Böylece ;

$$U = 24.959$$

$$V = 1.236$$

elde edilir.

b) Verilenler : $A = 200$, $L_1 = 175$ ile P_1

Ablike edilecek olan : P_1 deki teğetten itibaren, $L = 150$ olan N noktası

$$I_1 = \frac{L_1}{A} \quad \text{için E tablosundan}$$

$$\tau_1 = 24.371^\circ$$

bulunur ve

$$\cos \tau_1 = 0.92761, \quad \sin \tau_1 = 0.37354$$

teşkil edilerek benzer şekilde:

$$U = 24.955$$

$$V = 1.301$$

hesaplanır.

Şek. 9.1231 hâlinde basık klotoid için karşılıklı yaklaşım formülleri :

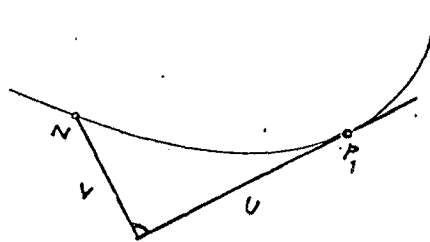
$$\begin{aligned} U &= L - L_1 \\ V &= \frac{(L - L_1)^2 \cdot (2L_1 + L)}{6A^2} \end{aligned} \quad (64)$$

ve şek.12.1232 hâli için :

$$\begin{aligned} U &= L_1 - L \\ V &= \frac{(L_1 - L)^2 \cdot (2L_1 + L)}{6A^2} \end{aligned} \quad (65)$$

yazılır.

Bunlara göre yukarki örnekler için :



Şek.9.1232: Bir klotoid noktasının teğetten itibaren ve eğrilik azalışı yönünde aplikasyonu

a) $U = 25.0$

b) $U = 25.0$

$V = 1.237$

$V = 1.302$

elde edilir.

Verilen misâllerin tümü için kesin formüller ile yaklaşım formüllerinin sonuçları arasındaki fark, Pratik için yeterlidir.

9.2 NOKTA SIKLAŞTIRILMASINDA UYGULANAN SEKİZDEKİ METODU

Klotoid dizilerinden ve küçük yarıçaplı daire yaylarından meydana gelen ve alinyman veya büyük yarıçaplı daire yaylarına intikal eden birleşme yerleri ile keskin kurbaların inşasında kaplamanın yapımından önce yol kenarları çok kere eşit aralıklı kazıklarla işaretlenir. Ancak hiç bir zaman bu iş yeter sıklıkta yapılmamakta ve sürekli ve kırıksız bir kenar çizgisi sağlamak üzere formen, daha fazla ara noktasına ihtiyaç hissetmektedir. Daire yayları içinde nokta sıklaştırması yapılırken daima dörtte bir metodu uygulanır. Klotoid dizileri için bu metodu kolaylıkla uygulamak mümkündür.

ÖRNEK: Şek.12311 deki P_1 ve P_2 noktaları arasına bir N noktasını çakmak üzere P_0 ile P_2 veya P_1 ile P_3 arasında çekilen ipler üzerinde, $\overline{P_1P_2}$ noktalarına ait F_1 ve F_2 fleş yükseklikleri ölçülür ve P_1P_2 kirişine göre N noktasının F fleş yüksekliği

$$F = \frac{F_1}{8} + \frac{F_2}{8} \quad (66)$$

formülünden hesaplanır.

Metoda "sekizde iki" adını bu basit formül vermiştir (1) Sekizde iki metodu yarıçap ve parametreye bağlı değildir, yani ister klotoid dizileri, ister daireler veya alinymana geçişler söz konusu olsun, eşit mesafelerle kazıkları çakılmış kurbalarda nokta sıklaştırması için bu metod devamlı olarak uygulanabilir. Daire yayında fleş yükseklikleri sabit olduğundan bu metod orada otomatik olarak dörtte bir metoduna dönüşür. Alinymana geçişte $F=0$ dir. Alternatif teçetli ters yönlü kurbalarda fleş yükseklikleri sadece işaret değiştirirler. O halde bir kurbun farklı taraflarında bulunan fleş yükseklikleri sekizde birleri, birbirinden çıkartılmalıdır. (Şek.9.312)

Şu formüller yazılır ;

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = A.S = A. \sqrt{x^2 + y^2} \quad (67)$$

$$\alpha = \arctan \frac{y}{x} = \arctan \frac{y}{x}$$

α tabloları ile E tablosunda α nın değerleri verilmiştir.

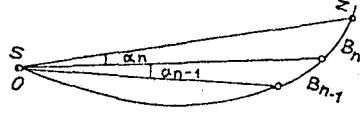
9.4. KİRİŞ-ACI METODLARINA GÖRE APLİKASYON

Eşit mesafeli klotoid noktalarının esas teğetten itibaren kartezyen, kutupsal koordinatlara göre sık bir şekilde aplikasyonu, sadece kısa veya basık klotoid yayları için tavsiye olunur. Aplikasyon noktalarının tümünün transformasyonu istenirse, Klotoid koordinatlarının poligon kenarları üzerine transformasyonu çok zahmetli olur. Bu sebepten çok uzun veya eğriliği fazla olan kurlarda birkaç esas nokta kartezyen koordinatlara göre hesaplanır, poligon kenarlarına izafe edilir ve bunlardan itibaren aplikasyonu yapılır. Komşu esas noktalar arasındaki mesafe arazi şartlarına ve yapılacak işin mahiyetine bağlı olmakla beraber, görüşe müsait arazide de 200 m'den büyük olmamalıdır.

Şunlar esas nokta olmak yönünden elverişlidir. Alinyman ile klotoid, klotoid ile daire ve farklı parametrede klotoid parçaları arasındaki geçiş noktaları aynı bir kurba ait büyük yay uzunluklarında, ihtiyaca göre daha başka ve tam sayı istasyonlu esas noktalar, geçiş noktaları arasına dahil edilir. Arzu edilen ara noktalar, istenilen sıklıkta esas noktalar arasına teodolit ve şerit yardımı ile ve giriş - açısı metoduna göre yerleştirilir.

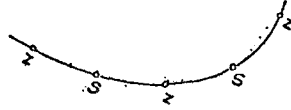
Kiriş-Açısı metodunun uygulanması basit olup hassas güvenilir sonuçlar verir. Ayrıca aynı zamanda esas noktaların kontrolü de sağlanır. Bu yüzden metod pratikte çok başarılı olmuştur. Metodun esası, mümkün merteye aynı ve tam şerit boyundaki girişlerin sürekli olarak bir poligon halinde aplikasyonudur. Girişlerin uç noktaları bir teodolit yardımı ile esas noktaların birinden itibaren çakılır. Bu esnada teodolite verilecek açılar, teodolit konum noktasına göre her bir girişe karşılık gelen çevre açısı farklarıdır. (Şek.9.41)

İkinci her esas nokta, teodolitin konum noktasıdır. Komşu esas noktalardan bu noktaya ileri ve geri olmak üzere şerit ile giriş yapılarak aplikasyon uygulanır.



Şek 9.41: Kiriş-Açı metoduna göre Aplikasyon

Kiriş aAçı metodunun uygulanmasında dikkat edilecek bir husus daima konum noktasına doğru aplikasyon yapılması ve hiçbir zaman konum noktasından itibaren aplikasyon yapılmamasıdır. (Şek.9.42) Bu kaideye uyulmadığı takdirde hatalar gayrimüsaait şekilde birbirlerine eklenir.



Şek 9.42 Aplikasyon daima konum noktasına doğru yapılmalıdır.

Aplikasyonda kısa yaylar yerine kirişler ikame edilir. Bu esnada yapılan hata, yay ile o yaya tekabül eden yarıçap arasındaki orana bağlıdır. Eğer;

| | | |
|-----|---|---------|
| 5m | | R= 70m |
| 10m | | R=200m |
| 20m | | R=600m |
| 25m | Uzunluklu kirişlere tekabül eden yarıçaplar | R=800 m |
| 50m | | R=2200m |

den daha fazla değil ise, hata 1mm den az olur.

Eğer,

| | | |
|-----|---|----------|
| 5m | | R = 25 m |
| 10m | Uzunluklu kirişlere tekabül eden yarıçaplar | R = 50 m |
| 20m | | R =180 m |
| 25m | | R =220 m |
| 50 | | R =720 m |

den küçük değilse hata 1cm'den küçük kalır.

Kurb ile kiriş arasındaki farkların aplikasyonda gözönünde tutulması, bazen yararlı olabilir. Bu farklar ;

$$B-S = \frac{B^3}{24R^2} - \frac{B^5}{1920.R^4}$$

formülü ile hesaplanır.

Geriye açınının ikinci terimi, çok kere ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Hassasiyet hakkında toplu bir görüş aşağıdaki tabloda verilmiştir.

cm cinsinden (B-S)

Tablo 12.41

| R | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|---------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| B = 5 m | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 2 | 1 | — | — | — | — | — |
| 20 | 13 | 6 | 3 | 1 | — | — | — |
| 25 | 26 | 12 | 7 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 50 | 206 | 92 | 52 | 23 | 8 | 6 | 3 |

Dairede çevre açısı farkları, applike edilecek B yav parçaları ile orantılıdır. yani

$$\alpha^g = \delta^g \frac{B}{2R} \quad (68) \text{ dir.}$$

Klotoid için bu fark hedef işinlari doğrultu açıları farkı olarak kiriş açılarına ait $\varphi' = \frac{\delta^g}{6A^2} (L_1^2 + L_1L_2 + L_2^2)$ formül ile hesaplanır.

Kurb uzunluğu L_0 olun S konum naktası ve kurb uzunluğu L_i olan herhangi bir hedef noktası için söz konusu fark, yukarıdaki formüle göre:

$$\varphi' = K. (L_0^2 + L_0L_i + L_i^2) \quad (69)$$

dır.

Bu şekilde kiriş poligonunun bütün hedef noktalarına ait doğrultu parçaları hesaplanabilir. Ancak bu metod fazla işlemi gerektirir. Daha basiti kirişlerin çevre açılarını tek tek hesaplamak bunları S noktasındaki T_0 teçet açısını kontrol maksadı ile (69) nolu formüle göre hesaplamaktır.

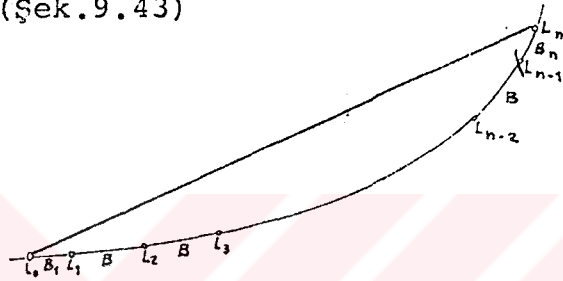
Pratikde çok kere bütün ara noktaların 10 m'den 10 m'ye, 20m'den 20 m ye veya 25m'den 25m'ye tam sayı istasyonları ile çalışılır. Halbuki farklı iki kurb arasında aynı zamanda geçiş noktası olan esas noktaların istasyonları, çok kere kesirlidir.

Bu yüzden ilk ve sonuncu kiriş çok kere kesirli bir uzunluk diğer kirişler ise çok kere norm uzunluklar veya hiç değilse eşit uzunluklardır.

Aşağıda, kirişleri kurblara eşit kabul edeceğiz ve B ile göstereceğiz.

Şu 4 hâl söz konusudur.

1.Genel Hâl: Konum noktasında kesirli B_1 kirişi, hedef noktasında kesirli B_n kiriş, onların arasında $(n-2)$ adet eşit uzunlukta B kirişleri (Şek.9.43)



Şek.9.43 Kiriş açısı metodunun genel hâli: Aplike edilecek kurbun başlangıç ve bitiminde B_1 ve B kesirli kirişlerdir.

2.Konum noktasında $B_1 = B$ tam sayılı kiriş, hedef noktasında kesirli B_n kirişi.

3.Konum noktasında kesirli B_1 kirişi, hedef noktasında tam sayılı $B_n = B$ kirişi.

4.Sadece n adet tam sayılı B kirişleri

Araştırılacak diğer bir husus, S konum noktasının Z hedef noktasına göre koordinat başlangıcına da yakın olup olmadığı (Şek.9.44) yani $L_n > L_o$ ve $L_n < L_o$ şartlarıdır. (Şek.9.45)

Birinci halde B_1 , B ve B_n , aşağıdaki formüllere ve tablolara pozitif işaret ikinci halde de B_1 , B_n ve B_n negatif işaret ile konacaktır. $L_n > L_o$ için eklenecek α açıları pozitif (Şek.9.46), $L_n < L_o$ için ise negatiftir.

Tablo 9.42

| | i | İstasyon | L _i | B _i | φ' | Δφ | φ |
|----------------|-----|----------|----------------|----------------|----|----|---|
| S ₀ | 0 | | | | | | |
| | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | . | | | | | | |
| | . | | | | | | |
| | . | | | | | | |
| | . | | | | | | |
| | n-2 | | | | | | |
| | n-1 | | | | | | |
| Z | n | | | | | | |

Bundan sonra E tablosundan $I_0 = \frac{L_0}{A}$ için S konum noktasındaki τ_0 teğet açısı bulunur. Ayrıca A tablosundan K yardımcı büyüklüğüne bakılır. Eğer A normlu bir parametre değil ise, K değeri

$$K = \frac{\delta^q}{6A^2}$$

formülünden hesaplanır.

Hesabın geri kalan kısmı, aşağıdaki şemaya göre tamamlanır. Burada, dikkat edilecek husus, birbirini takip eden α toplama açılarının, aynı kiriş uzunlukları için sabit olduğudur.

1.Genel Hâl : Başlangıçta kesirli kiriş (B₁) ve bitimde kesirli kiriş (B_n) :

$$\begin{aligned}
\tau_0 &= K.3I_0^2 & &= K.T \\
\alpha_1 &= K.(3L_0 + B_1).B_1 & &= K.N_1 \\
\alpha_2 &= K.(3L_0 + 2B_1 + B).B & &= K.W_2 \\
\Delta\alpha_3 &= K.2B^2 = \text{sabit} & &= K.V_3 \\
\alpha_3 &= \alpha_2 + \Delta\alpha_3 & &= K.W_3 \\
\Delta\alpha_4 &= K.2B^2 = \text{sabit} & &= K.V_4 \\
\alpha_4 &= \alpha_3 + \Delta\alpha_4 & &= K.W_4
\end{aligned}
\tag{70}$$

$$\begin{aligned}
&\vdots \\
&\vdots \\
\alpha_{n-2} &= \alpha_{n-3} + \Delta\alpha_{n-2} & &= K.W_{n-2} \\
\Delta\alpha_{n-1} &= K.2B^2 = \text{sabit} & &= K.V_{n-1} \\
\alpha_{n-1} &= \alpha_{n-2} + \Delta\alpha_{n-1} & &= K.W_{n-1} \\
\alpha_n &= K.[3L_0 + 2B_1 + 2(n-2)B + B_n].B_n & &= K.W_n \\
\varphi'_1 &= \tau_0 + \alpha_1 & &= K.G_1 \\
\varphi'_2 &= \varphi'_1 + \alpha_2 & &= K.G_2 \\
\varphi'_3 &= \varphi'_2 + \alpha_3 & &= K.G_3 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
\varphi'_n &= \varphi'_{n-1} + \alpha_n & &= K.G_n
\end{aligned}
\tag{71}$$

İlk olarak K gözönüne alınmaksızın aşağıdaki yardımcı teğet-lerle hesap yapılması uygun olur.

$$\begin{aligned}
T &= 3L_0^2 \\
W_1 &= (3L_0 + B_1).B_1 \\
W_2 &= (3L_0 + 2B_1 + B).B \\
V_3 &= 2B^2 = V \\
W_3 &= W_2 + V_3 \\
V_4 &= 2B^2 = V
\end{aligned}$$

(72)

$$\begin{aligned}
W_4 &= W_3 + V_4 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
W_{n-2} &= W_{n-3} + V_{n-2} \\
V_{n-1} &= 2B^2 = V \\
W_{n-1} &= W_{n-2} + V_{n-1} \\
W_n &= [3L_0 + 2B_1 + 2(n-2).B + B_n].B_n
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_1 &= T + W_1 \\
 G_2 &= G_1 + W_2 \\
 G_3 &= G_2 + W_3 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 G_n &= G_{n-1} + W_n
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi'_1 &= K \cdot G_1 \\
 \phi'_2 &= K \cdot G_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 \phi'_n &= K \cdot G_n
 \end{aligned}$$

2. Konum noktasında tam sayılı bir $B_1 = B$ kirişi hâli için formüller şu şekilde basitleşir.

$$\begin{aligned}
 T &= 3L_0^2 \\
 W_1 &= (3L_0 + B) \cdot B \\
 V_2 &= 2B^2 = V \\
 W_2 &= W_1 + V_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 W_{n-2} &= W_{n-3} + V_{n-2} \\
 V_{n-1} &= 2B^2 = V \\
 W_{n-1} &= W_{n-2} + V_{n-1} \\
 W_n &= [3L_0 + 2(n-1) \cdot B + B_n] \cdot B_n
 \end{aligned}$$

(73)

$$\begin{aligned}
 G_1 &= T + W_1 \\
 G_2 &= G_1 + W_2 \\
 G_3 &= G_2 + W_3 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 G_n &= G_{n-1} + W_n
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi'_1 &= K \cdot G_1 \\
 \phi'_2 &= K \cdot G_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 \phi'_n &= K \cdot G_n
 \end{aligned}$$

3. Hedef noktasında tam sayılı bir $B_n = B$ kirişi için aşağıdaki formüller geçerlidir.

$$\begin{aligned}
T &= 3L_0^2 \\
W &= (3L_0 + B_1) \cdot B_1 \\
W_2 &= (3L_0 + 2B_1 + B) \cdot B \\
V_2 &= 2B^2 = \text{sabit} \\
W_3 &= W_2 + V_3 \\
&\vdots \\
W_{n-1} &= W_{n-2} + V_{n-1} \\
V_n &= 2B^2 \\
W_n &= W_{n-1} + V_n \\
\hline
G_1 &= T + W_1 \\
G_2 &= G_1 + W_2 \\
G_3 &= G_2 + W_3 \\
&\vdots \\
G_n &= G_{n-1} + W_n
\end{aligned}$$

(74)

$$\begin{aligned}
\phi'_1 &= K \cdot G_1 \\
\phi'_2 &= K \cdot G_2 \\
&\vdots \\
\phi_n &= K \cdot G_n
\end{aligned}$$

4. Eşit uzunluklu $B_1 = L_n = B$ kirişleri hali için

$$\begin{array}{l}
T = 3L_0^2 \\
W_1 = (3L_0 + B) \cdot B \\
V_2 = 2B^2 = \text{sabit} = V \\
W_2 = W_1 + V_2 = W_1 + V \\
\vdots \\
\vdots \\
W_{n-1}W_{n-2} = + V_{n-1} = W_{n-2} + V \\
V_n = 2B^2 = V \\
W_n = W_{n-1} + V_n = W_{n-1} + V \\
\hline
G_1 = T + W_1 \\
G_2 = G_1 + W_2 \\
G_3 = G_2 + W_3 \\
\vdots \\
\vdots \\
\vdots \\
G_n = G_{n-1} + W_n
\end{array} \tag{75}$$

yazılır ve :

$$\begin{array}{l}
\varphi'_1 = K.G_1 \\
\varphi'_2 = K.G_2 \\
\vdots \\
\vdots \\
\vdots \\
\varphi'_n = K.G_n
\end{array} \tag{75 a}$$

dır. Yukarıki formüllere göre hesaplanan φ' değerleri, Tablo 9.42 deki yerlerine konur. Sonuncu φ'_n kiriş açısı için iki çeşit kontrol yapılabilir.

1. Bu açı, esas noktaların kartezyen koordinatlarından hesaplanır.

2. Bu açı,

$$\varphi' = K \cdot (L_0^2 + L_0 L_n + L_n^2)$$

formülünden doğrudan doğruya hesaplanır.

Daha önce de ifade edildiği üzere yukarıdaki formüle göre hesaplanan ve klotoid kirişlerinin doğrultu açısı olan φ' değerleri, sadece yaklaşık değerlerdir ve bunların gerektiğinde düzeltilmesi gerekir. Belirli bir hal için φ' doğrultu açısına, bir $\Delta\varphi$ düzeltme miktarı gerekip gerekmediğini anlamak üzere ilk olarak en uzun,

\overline{SZ} kirişi

$$b = \frac{L_n - L_0}{A}$$

$$l = \frac{L_0 - L_n}{A}$$

ve

$$g = b'l$$

hesaplanır.

Eğer \overline{SZ} 250m den daha kısa ise

$$g < 0.5$$

olmak şartı ile düzeltme yapmaktan vazgeçebilir ve bu durumda hassasiyet cm mertebesinde dir.

Eğer $g > 0,5$ ise ve daha büyük bir hassasiyet arzulanıyorsa, $\Delta\varphi$ düzeltmelerini 2.111 nolu şeklin bulunduğu konudaki esaslara göre yapmak gerekir.

$i_i = \frac{L_i}{A}$ oranları üç haneli olarak teşkil edildikten sonra tablo 9.43 ye değerleri, tablo başlığındaki formüllerden hesaplanarak yazılır.

Tablo 9.43

| i | l_i | $b = l_1 - l_0$ | $l = l_0 + l_1$ | $g = b'l$ | Düzeltilme Tablosundan $\Delta\varphi^{cc}$ |
|---|-------|-----------------|-----------------|-----------|---|
| 0 | | — | — | — | — |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| . | | | | | |
| . | | | | | |
| . | | | | | |
| n | | | | | |

g 'nin hesabına n satırından başlanır ve 0'a doğru geri gidilirse, sarfedilecek gayret min. düşer; Çünkü $\Delta\varphi$ lerin ne şekilde küçüldükleri görülecek hesabın nerde durdurulacağı anlaşılır.

Hesaplanan $\Delta\varphi$ ler bundan sonra Tablo 9.44 φ 'lerden çıkarılır ve aplikasyon için gerekli φ doğrultu açıları elde edilir.

Teodolit ayarlamalarında dikkat edilecek bir diğer husus, teodolitın daire kısımlarını gösteren kodranında sayıların saat hareketi yönünde büyümesidir. Bu yüzden S'den Z'e doğru

ve sağa eğilen klotoid yaylarının doğrultu açıları, kağran ile aynı dönme yönüne gelir. Sola eğilen kurblarda bu açılar, kağrana nazaran negatiftir. Bu halde aplikasyon için bütün doğrultu açılarına örneğin $\overline{S\dot{Z}}$ 'in doğrultu açısının mutlak değeri veya bundan daha büyük herhangi bir açı değeri eklenir.

1.Örnek: $A = 200$, $L = 200$, $R = 200$. TS noktasındaki istasyon $(15.3 + 13.60)$ dır.

20 m'den 20m'ye tam sayılı istasyonların, giriş açı metodu göre aplikasyonu istenmektedir.

Klotoid bitim noktasının istasyonu :

$$\begin{array}{r} 15.3 + 13.60 \\ + 0.2 + 0.00 \\ \hline 15.5 + 13.60 \end{array}$$

dır. Konum noktası olarak örneğin yuvarlak sayılı $15.4 + 20.00$ istasyonu seçilir. Bunun kurb uzunluğu $L_s = 106.40$ dır.

$I_s = \frac{L_s}{A} = \frac{106.40}{200} = 0.532$ için E tablosundan $\tau = 9.0089^9$ bulunur.

Hesabın bundan sonraki kısmı tablo üzerinde devam eder.

Tablo 9.44

TS noktasına (Klotoidin koordinat başlangıcına) göre doğrultu açıları,

Tablo 9.44

| | i | İstasyon | L_i | B_i | ϕ'_i | $\Delta\phi_i^{cc}$ | ϕ_i |
|-------------------------------------|---|--------------|--------|--------|-----------|---------------------|----------|
| S | 0 | 15,4 + 20,00 | 106,40 | — | | | |
| | 1 | 15,4 + 0,00 | 86,40 | — 20 | 7,4217 | | |
| | 2 | 15,3 + 80,00 | 66,40 | — 20 | 6,0466 | | |
| | 3 | 15,3 + 60,00 | 46,40 | — 20 | 4,8837 | | |
| | 4 | 15,3 + 40,00 | 26,40 | — 20 | 3,9330 | | |
| | 5 | 15,3 + 20,00 | 6,40 | — 20 | 3,1945 | | |
| Z | 6 | 15,3 + 13,60 | 0,00 | — 6,40 | 3,0030 | 5 | 3,0025 |
| Koordinatlardan elde edilen kontrol | | | | | | | 3,0025 |

Burada (2) nolu hâl söz konusudur. ve $B_1 = B$ ve $n = 6$ olup şunlar yazılır.

$$\begin{aligned}
T_0 &= 3 \cdot 106,40^2 = && 33963 \\
W_1 &= -(3 \cdot 106,40 - 20) \cdot 20 = && - 5984 \\
V_2 &= 2 \cdot 20^2 = && + 800 \\
\hline
W_2 &= W_1 + V_2 = && 5184 \\
V_3 &= 2 \cdot 20^2 = && + 800 \\
\hline
W_3 &= W_2 + V_3 = && - 4384 \\
V_4 &= && + 800 \\
\hline
W_4 &= && - 3584 \\
V_5 &= && + 800 \\
\hline
W_5 &= && - 2784 \\
W_6 &= (3 \cdot 106,40 - 10 \cdot 20 - 6,40) = && - 722 \\
G_1 &= T_0 + W_1 = && 27979 \\
G_2 &= G_1 + W_2 = && 22795 \\
G_3 &= G_2 + W_3 = && 18411 \\
G_4 &= G_3 + W_4 = && 14827 \\
G_5 &= G_4 + W_5 = && 12043 \\
G_6 &= G_5 + W_6 = && 11321 \\
\end{aligned}$$

$$K = \frac{\delta^{cc}}{6.200^2} = 2,652 58$$

Gi'ler K ile çarpılarak φ_i' ler bulunur ; Bunlar yukarki tablo 1'e taşınır. Şimdi artık sadece $\Delta\varphi$ düzeltmelerin hesabı gerekmektedir. SZ kirişi için

$$q = \frac{106.40^3}{20^3} = 0.151$$

olduğundan

$$\Delta\varphi = 5^{cc}$$

dır.

Bu düzeltme aplikasyon için önemsiz derecede küçük olduğundan ihmal edilebilir. O halde φ 'ler φ doğrultu açılarına pratik olarak eşittir.

Tablo 9.45

SC noktasına (daireye geçiş noktasına) göre doğrultu açıları

Tablo 9.45

| | i | İstasyon | L _i | B _i | φ_i' | $\Delta\varphi_i^{cc}$ | φ_i |
|---|---|--------------|----------------|----------------|--------------|------------------------|-------------|
| S | 0 | 15,4 + 20,00 | 106,40 | — | — | — | |
| | 1 | 15,4 + 40,00 | 126,40 | + 20 | 10,8085 | | |
| | 2 | 15,4 + 60,00 | 146,40 | + 20 | 12,8202 | | |
| | 3 | 15,4 + 80,00 | 166,40 | + 20 | 15,0441 | | |
| | 4 | 15,5 + 0,00 | 186,40 | + 20 | 17,4802 | | |
| Z | 5 | 15,5 + 13,60 | 200,00 | + 13,60 | 19,2580 | - 25 | 19,2555 |

Burada da söz konusu olan, (2) no.lu hâldir ve $n = 5$ için $B_1 = B$ dir.

Şunlar yazılır:

| | | |
|---|---|--------|
| $T_0 = 3 \cdot 10,40^2 =$ | | 33 963 |
| $W_1 = (3 \cdot 106,40 + 20) \cdot 20 =$ | + | 6 784 |
| $V_2 = 2 \cdot 20^2 = V =$ | + | 800 |
| $W_2 = W_1 + V_2 =$ | + | 7 584 |
| $V_3 = V =$ | + | 800 |
| $W_3 = W_2 + V_3 =$ | + | 8 384 |
| $V_4 = V =$ | + | 800 |
| $W_4 = W_3 + V_4 =$ | + | 9 184 |
| $W_5 = (3 \cdot 106,40 + 8 \cdot 20 + 13,60) \cdot 13,60 =$ | + | 6 702 |
| $G_1 = T_0 + W_1 =$ | = | 40 747 |
| $G_2 = G_1 + W_2 =$ | = | 48 331 |
| $G_3 = G_2 + W_3 =$ | = | 56 715 |
| $G_4 = G_3 + W_4 =$ | = | 65 899 |
| $G_5 = G_4 + W_5 =$ | = | 72 601 |

Bunlar K ile çarpılmak suretiyle yukarıki tablo 9.45'e yazılmış olan φ_i' ler elde edilir.

$$g = \frac{L_0 + L_5}{A^3} \frac{(L_5 - L_0)^2}{200^3} = \frac{306 \cdot 40 \cdot 93 \cdot 60^2}{200^3} = 0.336$$

olduğundan en büyük $\Delta\varphi$ düzeltilmesi

$$\Delta\varphi = 25''$$

dir.

Kenarlar kısa olduğundan, burada da aplikasyon bakımından $\Delta\varphi$ düzeltmeleri ihmal edilir.

Kontrol bakımından sonuncu doğrultu açısı, esas noktaların kartezyen koordinatlarından hesaplanabilir.

Bu koordinatlar :

$$I_0 = 0,532 \text{ için } \dots X_0 = 0.5309356 \quad Y_0 = 0.0250589$$

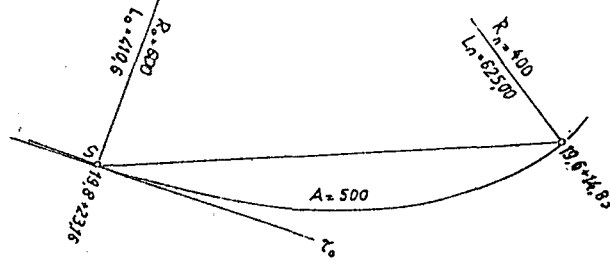
$$I_5 = 1.000 \text{ için } \dots X_5 = 0.9752877 \quad Y_5 = 0.1637140$$

$$\Delta X = 0.4443521 \quad Y = 0.1386551$$

$$\tan \varphi = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = 0.3120388$$

$$\varphi_5 = 19.2555^\circ \text{ dir.}$$

2. ÖRNEK: Şimdi, başlangıç ve bitim noktalarında kesirli istasyon olması halini gösterelim. Ayrıca istasyonlamanın, artan eğrilikle küçüldüğünü kabul edelim (Şek.9.47)



Şek.9.47 Bu örnekte istasyonlama, büyüyen eğrilik ile küçülmektedir.

Klotoid $A = 500$

Konum noktası S ($19.9+23.16$), $R = 600$

Hedef noktası Z ($19.6+14.83$), $R = 400$

25 m'den 25m ye tam sayılı ara istasyonların aplikasyonu istenmektedir. A tablosundan $A = 500$ için şu değerler bulunur:

| | R | L | τ | X | Y |
|--------------|-----|--------|---------|---------|---------|
| S için | 600 | 416.67 | 22.1048 | 411.671 | 47.812 |
| Z için | 400 | 625.00 | 49.7359 | 587.916 | 155.801 |

$K = 0.4244135$

$K = 0.4244135$

ve bir evvelki örnekte olduğu gibi Tablo 9.46 ile hesap yapılır.

Tablo 9.46

Tablo 9.46

| i | İstasyon | L_i | B_i | φ'_i | $\Delta\varphi_i$ | φ_i |
|---|--------------|--------|-------|--------------|-------------------|-------------|
| 0 | 19,8 + 23,16 | 416,67 | — | — | — | — |
| 1 | 19,8 + 0,00 | 439,83 | 23,16 | 23,3566° | — | 23,3566° |
| 2 | 19,7 + 75,00 | 464,83 | 25,00 | 24,7586 | — | 24,7586 |
| 3 | 19,7 + 50,00 | 489,83 | 25,00 | 26,2136 | — | 26,2136 |
| 4 | 19,7 + 25,00 | 514,83 | 25,00 | 27,7212 | —1° | 27,7216 |
| 5 | 19,7 + 0,00 | 539,83 | 25,00 | 29,2828 | —3 | 29,2825 |
| 6 | 19,6 + 75,00 | 564,83 | 25,00 | 30,8970 | —7 | 30,8963 |
| 7 | 19,6 + 50,00 | 589,83 | 25,00 | 32,5642 | —13 | 32,5629 |
| 8 | 19,6 + 25,00 | 614,83 | 25,00 | 34,2845 | —24 | 34,2821 |
| 9 | 19,6 + 14,83 | 625,00 | 10,17 | 34,9995 | —29 | 34,9966 |
| Kontrol maksadiyle koordinatlardan hesaplanan | | | | | | 34,9963 |

$n = 9$ olmak üzere (1) hali için şunlar yazılır

| | |
|---|---------|
| $T_0 = 3L_0 =$ | 520 841 |
| $W_1 = (3L_0 + B_1) \cdot B_1 =$ | 29 487 |
| $W_2 = (3L_0 + 2B_1 + B_2) \cdot B_2 =$ | 33 033 |
| $V_3 = 2B^2 = V =$ | + 1 250 |
| $W_3 = W_2 + V_2 =$ | 34 283 |
| $V_4 = V =$ | 1 250 |
| $W_4 = W_3 + V_4 =$ | 35 533 |
| $V_5 = V =$ | + 1 250 |
| $W_5 = W_4 + V_5 =$ | 36 783 |
| $V_6 = V =$ | + 1 250 |
| $W_6 = W_5 + V_6 =$ | 38 033 |
| $V_7 = V =$ | + 1 250 |
| $W_7 = W_6 + V_7 =$ | 39 283 |
| $V_8 = V =$ | + 1 250 |
| $W_8 = W_7 + V_8 =$ | 40 533 |

| | |
|---|---------|
| $W_9 = [3L_0 + 2B_1 + 2(n-2)B + B_n] \cdot B_n =$ | 16 847 |
| $G_1 = T_0 + W_1 =$ | 550 328 |
| $G_2 = G_1 + W_2 =$ | 583 361 |
| $G_3 = G_2 + W_3 =$ | 617 644 |
| $G_4 = G_3 + W_4 =$ | 653 177 |
| $G_5 = G_4 + W_5 =$ | 689 960 |
| $G_6 = G_5 + W_6 =$ | 727 993 |
| $G_7 = G_6 + W_7 =$ | 767 276 |
| $G_8 = G_7 + W_8 =$ | 807 809 |
| $G_9 = G_8 + W_9 =$ | 824 656 |

Bu değerler K ile çarpılarak tablo 9.46 daki ϕ_i 'ler elde edilir, düzeltmelerin hesabı :

Tablo 9.47

| i | l_1 | $b = l_1 - l_0$ | $l = l_1 + l_0$ | $g = b^2.l$ | $\Delta\varphi^{cc}$ |
|---|-------|-----------------|-----------------|-------------|----------------------|
| 0 | 0,833 | | | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | 1,030 | 0,197 | 1,863 | 0,072 | 1 |
| 5 | 1,080 | 0,247 | 1,913 | 0,117 | 3 |
| 6 | 1,130 | 0,297 | 1,963 | 0,173 | 7 |
| 7 | 1,180 | 0,347 | 2,013 | 0,242 | 13 |
| 8 | 1,230 | 0,397 | 2,063 | 0,325 | 24 |
| 9 | 1,250 | 0,417 | 2,083 | 0,362 | 32 |

$q < 0,5$ olduğundan burada düzeltmenin santimetre hassasiyetinde yapılması gerekmediği halde, $\Delta\varphi'$ nin komple şekilde hesabı, bir örnek ile gösterilmek istenmiştir. Kiriş açısı metodu için doğrultu açılarının başka şekilde de hesabı mümkündür. Bu açılar $\varphi' = \tau' + \frac{\tau''}{3}$ formülüne göre E tablosu yardımı ile hesaplamak mümkündür. Hesap en iyi bir şekilde tablo üzerinde yapılır. Ancak dikkat edilecek husus, bu son metodda, fark metodunda anlatılan dahili kontrol imkânının mevcut bulunmamasıdır.

Hesaplar tamamen şematik olarak ve aşağıdaki tablonun başlıklarında verilen formüle göre yapıldığından, metodu bir örnekle hemen açıklayabiliriz.

Bunun için aplikasyon metodlarının ilk örneğin birinci yarısı seçilecektir. ($A = 200$)

$\frac{1}{2}$ veya $\frac{b}{2}$ kurb uzunluklarına karşılık gelen τ' ve τ'' açıları E tablosundan, q' ye ait $\Delta\varphi$ düzeltmeleri ise ilgili yardımcı tablodan alınır.

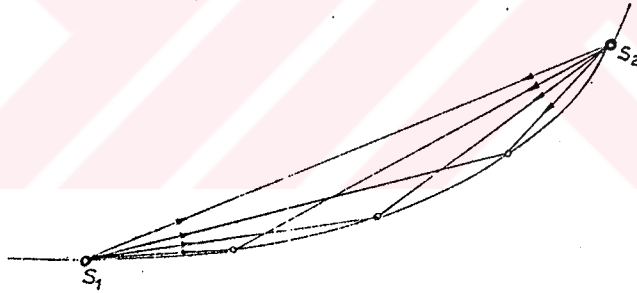
Tablo 9.48

| i | İstasyon | L_i | I_i | $l=I_i+l_0$ | $b=I_i - l_0$ | l | b | g |
|-----|--------------|--------|-------|-------------|---------------|-------------------|-------------------|------|
| | | | | | | $\frac{\quad}{2}$ | $\frac{\quad}{2}$ | |
| S 0 | 15,4 + 20,00 | 106,40 | 0,532 | — | — | — | — | — |
| 1 | 15,4 + 0,00 | 86,40 | 0,432 | 0,964 | -0,100 | 0,482 | -0,05 | |
| 2 | 15,3 + 80,00 | 66,40 | 0,864 | 0,864 | -0,200 | 0,432 | -0,10 | |
| 3 | 15,3 + 60,00 | 46,40 | 0,282 | 0,764 | -0,300 | 0,382 | -0,15 | |
| 4 | 15,3 + 40,00 | 26,40 | 0,132 | 0,664 | -0,400 | 0,332 | -0,20 | |
| 5 | 15,3 + 20,00 | 6,40 | 0,032 | 0,564 | -0,500 | 0,282 | -0,25 | |
| Z 6 | 15,3 + 13,60 | 0,00 | 0,000 | 0,532 | -0,532 | 0,266 | -0,266 | 0,15 |

Tablo 9.49

| i | τ' | τ'' | $\frac{\tau''}{3}$ | $\varphi = \tau' + \frac{\tau''}{3}$ | $\Delta\varphi$ | φ |
|---|---------|----------|--------------------|--------------------------------------|-----------------|-----------|
| 0 | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 7,9951 | 0,0796 | 0,0265 | 7,4216 | | 7,4216 |
| 2 | 5,9404 | 0,3183 | 0,1061 | 6,0465 | | 6,0465 |
| 3 | 4,6449 | 0,7162 | 0,2387 | 4,8836 | | 4,8836 |
| 4 | 3,5085 | 1,2732 | 0,4244 | 3,9329 | | 3,9329 |
| 5 | 2,5113 | 1,9894 | 0,6631 | 3,1944 | | 3,1944 |
| 6 | 2,2522 | 2,2522 | 0,7507 | 3,0029 | 5 | 3,0024 |

Not: Kirişin yaya eşit alınamıyacağı haller söz konusu olabilir. Bu durumlarda ara noktaların teodolit yardımı ile komşu noktalardan giderek aplike edilmesi tavsiye olunur. Burada eğrilikler fazla olduğundan, dar açılı kesişmeler söz konusu değildir. Doğrultu açıları, biraz önce bahsedilen metodlarla, iki esas noktadan ara noktalara doğru hesaplanır ve iki teodolitle aynı zamanda aplikasyon yapılır. (Şek.9.48)



Şek.9.48 İki teodolit yardımı ile ve Açı metoduna göre bir klotoid kurbunun aplikasyonu

9.5. POLİGON HATLARI

a) Klotoid kurplarının aplikasyonunda bazen kirişler poligonundan yararlanmak avantaj sağlayabilir. (Sek.12.51)

Kirişler ile herhangi uzunluktaki kirişler için kırılma açılarının hesabı en iyi bir şekilde kartezyen koordinatlar yardımı ile kirişlerin doğrultu açıları ve uzunlukları tayin edilir. Kırılma açıları, doğrultuların farkıdır.

b) Bazan kısa kirişler arasındaki kırılma açılarının B_1 ve B_2 kurbları üzerinden giderek aplikasyonu veya kontrolu gerekebilir. (Şek.12.52)

Kırılma açısının çok yaklaşık değeri ifade edilirse :

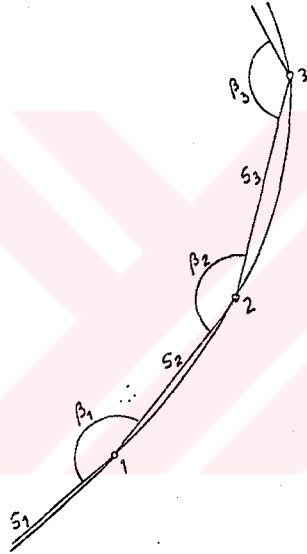
$$\beta = 200^g - K (3L + B_2 - B_1) (B_1+B_2) \quad (76)$$

dir.

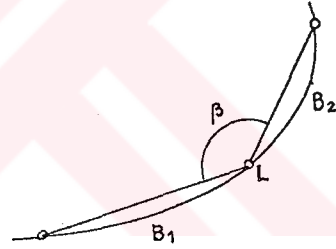
c) Eşit uzaklıklı komşu noktalar için

$$B_1 = B_2 = B$$

olduğundan.



Şek.9.51 Bir kirişler Poligonu yardımı ile klotoidin aplikasyonu



Şek.9.52 Kısa kirişler arasındaki kırılma açılarının hesabı

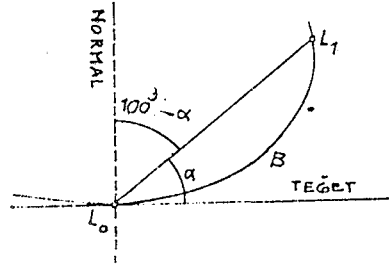
$$\beta = 200^g - 6KLB \quad (77)$$

çıkar.

Her iki formülde de :

$$K = \frac{\delta}{6A^2} \text{ dir.}$$

d) Basık klotoid kurblarında eşit uzunluklu kirişlerle, aplikasyon yapılması metodu, sek. 10.1'de gösterilmiştir. Kirişlerin kırılma açıları, şekil üzerinde işaretlenmiştir. l noktasındaki teğet açısı τ_1 dir. τ_1 yaklaşık olarak $\frac{\tau_1}{3}$ dür.

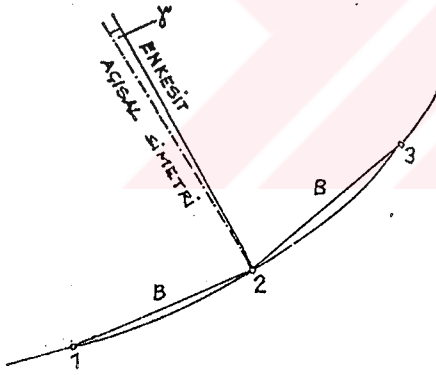


Şek.10.2 Kiriş ile teğet arasındaki açı.

b) Çok kere eşit mesafe ile istasyonlanmış kurb noktaları hazır olarak mevcuttur. Bu durumda enine profilleri komşu kirişlerin açı ortayından itibaren aplike etmek mümkündür. (Şek.10.3)

Açı ortay ile enine profil arasındaki açı :

$$\gamma = K.B^2 \quad (79)$$

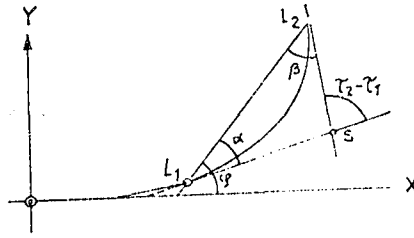


Şek.10.3 Eşit uzunluklu komşu kirişlerin açı ortayından itibaren bir enine profilin aplikasyonu

Be sebepten bu açı, belirli bir kiriş uzunluğu için bütün klotoid kurbu içinde sabittir.

Örneğin : $A = 500$ ve $B = 25$ için ilâve edilecek açı $\gamma = 265^{\text{cc}}$ dir.

c) Araziye aplikasyonu yapılmış iki klotoid noktasına ait teğetlerin aplikasyonu, daire ve klotoid dizilerinin geçiş noktalarında bir problem olarak ortaya çıkar. (Şek.10.4)



Şek.10.4. İki teğete ait kesişme noktasının aplikasyonu

P_1 ve P_2 noktalarındaki τ_1 ve τ_2 teğet açıları ile kirişin φ doğrultu açısı hesaplanır.

α ve β fark açıları

$$\alpha = \varphi - \tau_1$$

$$\beta = \tau_2 - \varphi \quad (80)$$

formüllerinden bulunduktan sonra kirişten itibaren yerleştirilir ve iki teğetin S kesişme noktası işaretlenir.

Örnek :

Verilenler : $A = 50$

$L_1 = 15$

$L_2 = 60$

Arananlar :

Şunlar teşkil edilir :

$$I_1 = \frac{15}{50} = 0.3$$

$$I_2 = \frac{60}{50} = 1.2$$

ve E tablosundan :

$$\tau_1 = 2.865$$

$$\tau_2 = 45.837$$

okunur Ayrıca

$$I = I_1 + I_2 = 1.5$$

$$b = I_2 - I_1 = 0.9$$

ile $\varphi = \frac{\delta^9}{24} (3I^2 + b^2)$ formülünden yararlanarak :

$$\varphi = 2.65258 (3I^2 + b^2) = 20.0535$$

ve

$$g = I \cdot b^2 = 1.215$$

bulunduktan sonra düzeltmelere ait yardımcı tablodan g 'ye karşılık gelen düzeltme miktarı $\Delta = 33.4^{cc}$ elde edilir.

Diğer taraftan

$$\varphi = \varphi' - \Delta\varphi = 20.020$$

olduğundan

$$\alpha = 17.155^{\circ}$$

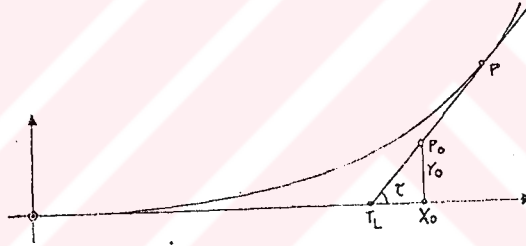
$$\beta = 25.817^{\circ}$$

d) Verilen herhangi bir P_0 noktasından klotoide bir teğet çizilmesi problemine de rastlanmaktadır. (Şek.10.5)

Denemeli yerleştirme ile hesabı en kolay bir şekilde yapmak mümkündür. Eğer P_0 noktası, X_0 ve Y_0 koordinatları ile verilmişse, ilk olarak

$$X_0 = \frac{X_0}{A} ; Y_0 = \frac{Y_0}{A}$$

teşkil edilir.



Şek.10.5 Verilen bir noktadan klotoide teğet çizilmesi

Diğer taraftan : $(x_0 - t_L) \cdot \tan \tau = y_0$

(81)

dir.

Bu sebepten τ 'nin muhtemel değeri ve buna karşılık gelen t_L "uzun teğeti" ile (her ikisi de \bar{E} tablosundan alınarak), yukarıki denklem ile φ_0 için bir φ yaklaşık değeri hesaplanır.

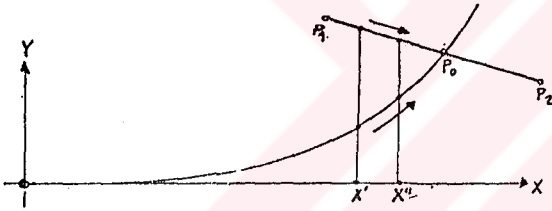
Eğer $y < Y_0$ ise, τ için biraz daha büyük bir değer seçilir ve $Y = Y_0$ olana kadar hesaba devam edilir.

Böylelikle τ 'nin gerçek değeri bulunmuş ve problem çözülmüş olur.

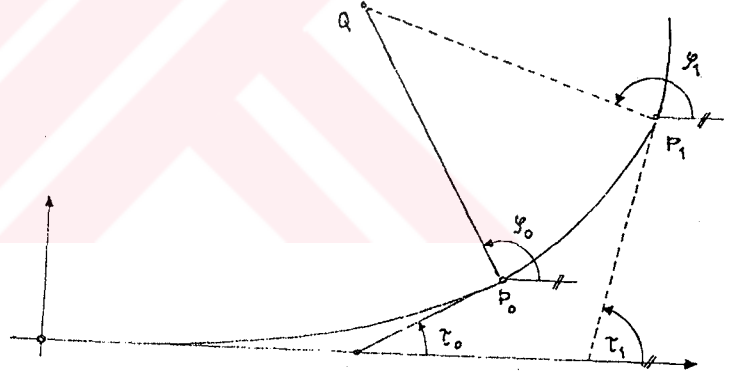
e) P_1 ve P_2 noktaları ile verilen doğrunun klotoide kesişme noktasını bulma Problemi de kademeli deneme ile çözülür

(Şek.10.6)

X_0 'ın yaklaşık bir değeri için klotoid ve doğruya ait Y ler hesaplanır. Çıkacak farka bağlı olarak X yaklaşık değeri düzeltilir ve Y farkı kaybolana kadar metod tekrarlanır.



Şek.10.6 Bir doğru ile bir klotoidin kesişme noktası



Şek.10.7. Bir Q noktasından klotoidde dik inmesi

f) Herhangi bir noktadan klotoide dik inme problemide benzer şekilde deneme ile çözülür (Şek.10.7)

$$\tan \tau_0 \cdot \tan \varphi_0 = -1$$

olmalıdır.

P_0 'ın muhtemel yerine yakın bir P_1 klotoid noktası seçildikten sonra bu nokta için

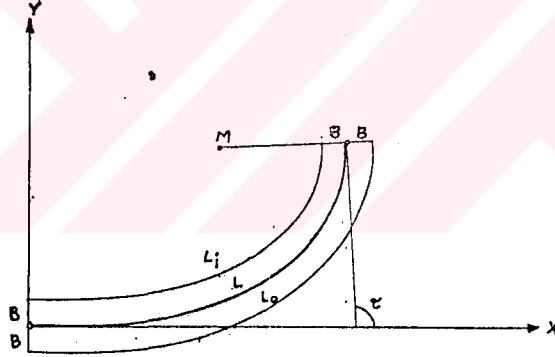
$$1 + \tan \tau_1 \cdot \tan \varphi_1 = \delta_1$$

hesaplanarak $\delta_1 = 0$

olana kadar P_1 sistematik bir şekilde kaydırılır. $\delta_1 < 0$ ise X büyütülmeli $\delta_1 > 0$ ise X küçültülmelidir.

11. ÇEKİLMELER :

Geçkide her zaman ortaya çıkan bir problem, rulman yüzeyinin genişletilmesi veya daraltılması maksadı ile kenarlarda meydana gelen çekilmelerdir. Çok kere bu çekilme bir trafik şeriti genişliğindedir. Optik yönünden hiçbir zaman tam tatminkâr olmamakla beraber, alinyamanda S şeklindeki bir çekilmeden kaçınılamaz. Güzergâhın kurb kısmında, kenar çekilmesi için mümkün mertebe aynı eğrilik yönüne sahip ve dönüm noktası bulunmayan bir kurb parçası seçilmesi faydalıdır. Çekilme, aynı merkezli daireler arasında yapılacaksa, problem güçleşir. Çünkü burada ne sepet kulpunu, ne de sürekli yumurta çizgilerini dahil etmek mümkündür.



Şek.11.1 Klotoide $\pm B$ mesafesinde

Paralel kurbular $L =$ iç kurbun

Yay uzunluğu $L =$ dış kurbun

yay uzunluğu

Aşağıda bu üç problemin bazı alternatifleri incelenecektir.

11.1. ALINYMANLAR ARASINDA ÇEKİLMELER ;

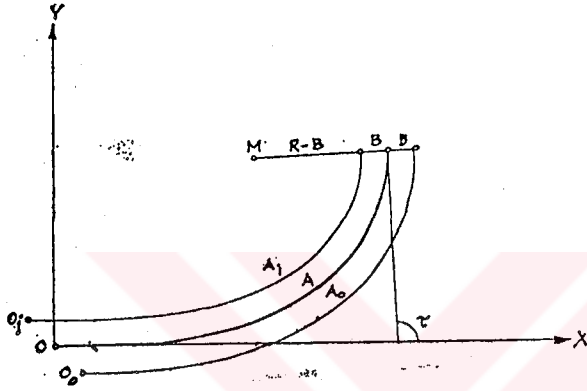
1. Genel hâl şek.11.31 de gösterilmiştir, g_1 ve g_2 doğruları ile, çekilmenin P_1 ve P_2 bitim noktaları verilmiştir.

P_1 ve P_2 'yi birleştiren doğru parçası g_1 ve g_2 doğruları ile α ve müttekabilen β açılarını meydana getirir. Çekilme eğrisi olarak, teğet oranları $T_2 = K.T_1$ verilen ters yönlü iki some klotoidi tertiplenir.

T_1 ve T_2 teğet parçaları ile A_1 ve A_2 parametreleri hesaplanacaktır.

İlk olarak γ yardımcı açısı :

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha + k \cdot \sin \beta}{1 + k}$$



Şek.11.2:A Parametrelî Pilot klotoidde tekabül eden A Parametrelî dış ve A parametrelî iç klotoid. Teğet açısına kadar olan yay uzunlukları, Y eksenine göre kaymalar yönünde tutularak, müttekabil Paralel kurbların yay uzunluklarına eşittir.

formülü ile bulunduktan sonra

$$T_1 = \frac{D}{\cos \alpha + k \cdot \cos \beta + (1 + k) \cos \gamma}$$

$$T_2 = k T_1 ; \tau_1 = \frac{\alpha + \gamma}{2} ; \tau_2 = \frac{\beta + \gamma}{2}$$

Parçaları hesaplanır.

E tablosundan τ_1 ve τ_2 için l_1 ve l_2 alınır ve bunlarlada E_1 tablosundan t_1 ve t_2 elde edilir. Her iki simetrik some klotoidinin parametreleri

$$A_1 = \frac{T_1}{t_2} , A_2 = \frac{T_2}{t_2}$$

dir.

2. q_1 ve q_2 paralel ise, $\alpha = \beta = \gamma$ olduğundan formüller basitleşir.

$$T_1 = \frac{D}{2(1+k)\cos\alpha} \quad \text{ve} \quad \tau_1 = \tau_2 = \alpha$$

3. Eğer ayrıca $T_1 = T_2$ olacaksa, yani $k = 1$ ise :

$$T_1 = T_2 = \frac{D}{4\cos\alpha}$$

ve $A_1 = A_2$ olur.

11.2. DAİRELER ARASINDA ÇEKİLMELER :

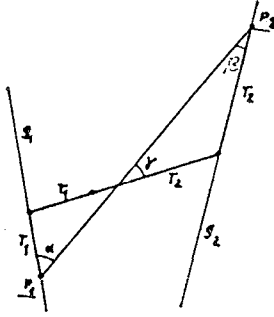
Bunlar genellikle güçlük arzetmezler; yumurta çizgileri veya dönüm çizgilerinden ibaret kurb dizileri olan bu çekilmeler daha önceki konularda incelenmiştir.

11.3. Özel hâl olarak aynı merkezli daireler arasında basık çekilmeler :

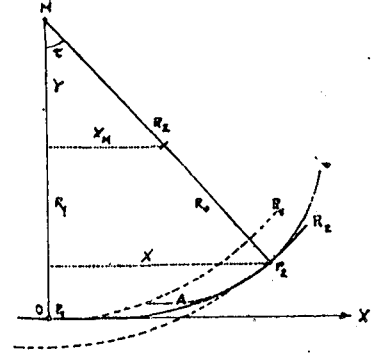
Daha önce de söylendiği gibi bu çekilmeleri ne sepet kulpu ne de sürekli yumurta çizgileri ile gerçekleştirmek mümkündür. Bu sebepten ya eğrilik sıçramalarını kabullenmek, veya özel kurlar geliştirmek lâzımdır. Ancak pratik göstermiştir ki, çekilme eğrisi olarak ters eğrilik yönlü bir klotoid seçildiğinde de optik yönden tatminkâr bir çözüme ulaşılmaktadır. Bu klotoidin başlangıcı iç daire üzerinde bulunacak ve dönüm teğeti iç daireye teğet olucaktır. Klotoid teğet olarak dış daireye erişir, ancak bitim yarıçapı kısalmıştır, örneğin:

$$R_0 = \frac{R_1 + R_2}{4}$$

dür. (Şek.11.32)



Şek.11.31 g_1 ve g_2 doğruları arasında çekilme olarak some klotoidlerinden meydana gelen dönüm çizgisi P_1 ve P_2 değme noktaları verilmiştir.



Şek.11.32. Aynı merkezli daire yayları arasında çok basık çekilme olarak klotoid.

Bu yüzden her iki değme noktasında teorik olarak önemli yarıçap sıçramaları meydana gelir. Aynı merkezli iki dairenin yarıçapları arasındaki fark, yarıçaplarla kıyaslandığında çok küçük olduğundan değme noktalarındaki yarıçap sıçramaları tolerans dahilinde kalır. Taşıt sürücüsünün görüşü yönünden konkav kurbalar içinde dahi rakordman sürekliliğini hiç kaybetmez. Ancak Pratikte tatminkâr olan bu kabul, aslında oldukça keyfidir ve meselâ daha yumuşak yarıçap sıçramaları olan bir sepet klotoidi gibi bir başka çekilme eğrisini de yerleştirmek pekâla düşünülebileceğinden, burada çekilme klotoidine ait en basit hâli kısaca ele alalım.

Kabule uygun olarak $R_0 = \frac{R_1 + R_2}{4}$ bulunduktan sonra Şek.14.32 den

$$\frac{R_2 - R_0}{R_2} = \frac{x_m}{X} = \frac{x_m}{x}$$

olduğu görülür. $\frac{x_m}{x}$ oranı, E tablosundan okunabilir. I'in

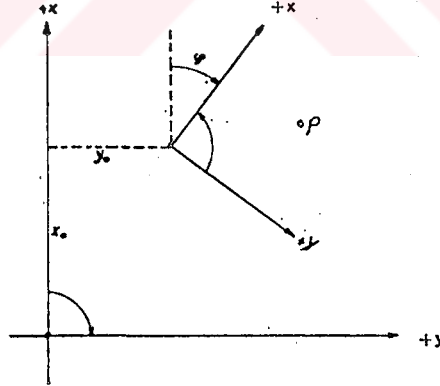
fonksiyonu olarak $\frac{x_m}{x}$ "deneme değerleri"ni veren aşağıdaki yardımcı tablo, E^x tablosunun neresinde okuma yapılması gerektiğini çabucak verir. $\frac{x_m}{x} = \frac{R_2 - R_0}{R_2}$ değerine tekabül eden I bulunduktan sonra, E tablosundan τ, ℓ, x, y değerleri ve gerekirse E1 tablosundan s değeri bulunarak çekilme klotoidinin Parametresi $A = R_0 \cdot I$ denkleminde hesaplanır. Böylelikle problem klotoid hesabının en basit hâline dönüşmüş olur.

12. KOORDİNAT TRANSFORMASYONU

Kurb hesabında kullanılan özel koordinat sistemlerini, içinde örneğin güzergâha yakın bir poligon hattı bulunan Jeodezik röper sistemine tahvil etmek daima tekrarlanan bir problemdir.

Jeodezik koordinat sisteminde doğrultu açıları, teodolit kadranındaki sayılara uygun olarak saat hareketi yönünde (Yani sağ sistemde) büyümektedir. Fakat klotoid hesaplarına ait özel yardımcı koordinat sistemlerinde ise, eğriliğin gidişine göre sol veya sağ sistemler uygulanmaktadır. Bu sebepten yanlış anlamaları önlemek üzere yardımcı X,Y sistemlerinin bir Jeodezik x,y koordinat sistemine transformasyonu ile ilgili formüller verilecektir.

1. Aynı dönme yönü (Sağa doğru eğilen klotoidler Şek.171)



Şek.12.1 Sistemlerin aynı dönme yönünde olması hâli için koordinat transformasyonu

$$\begin{aligned} x - x_0 &= X \cdot \cos \varphi - Y \cdot \sin \varphi \\ y - y_0 &= X \cdot \sin \varphi + Y \cdot \cos \varphi \end{aligned} \quad (82)$$

Bunun tersi olan formüller :

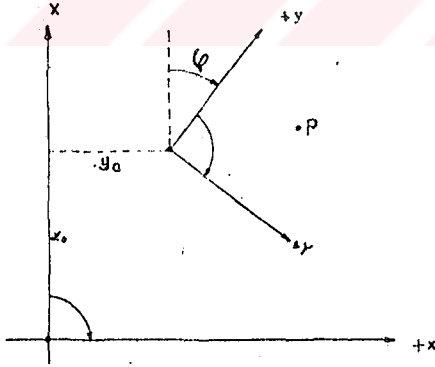
$$\begin{aligned} X &= (y - y_0) \cdot \sin \varphi + (x - x_0) \cdot \cos \varphi \\ Y &= (y - y_0) \cdot \cos \varphi - (x - x_0) \cdot \sin \varphi \end{aligned} \quad (83)$$

dir.

2. Ters dönme yönü (Sola doğru eğilen klotoidler Şek.90);

$$\begin{aligned} x - x_0 &= Y \cdot \cos \varphi - X \cdot \sin \varphi \\ y - y_0 &= Y \cdot \sin \varphi + X \cdot \cos \varphi \end{aligned} \quad (84)$$

Bunun tersi olan formüller



Şek.12.2: Sistemlerin ters dönme yönünde olması hâli için koordinat transformasyonu

$$\begin{cases} X = (y - y_0) \cos \varphi - (x - x_0) \sin \varphi \\ Y = (y - y_0) \sin \varphi + (x - x_0) \cos \varphi \end{cases} \quad (85)$$

Koordinat hesabına örnek:

1:2000 lik tasviye eğrili bir haritada bir güzergah elde edilmiştir. Bu geçki kendisine yakın bir $P_0 P_1 \dots P_{11}$ poligon hattı yardımı ile aplike edilecektir. (Şek.12.3) Geçki şu kurb elemanlarından meydana gelmektedir.:

$\overline{P_0 P_1}$ Poligon kenarı, sağa dönen ve Parametresi $A_1 = 350$ olan bir klotoidin iltisak alınımanıdır. Klotoid P_1 noktasında başlamakta ve $R_1=300$ de yarıçapı $R_1= 300$ ve merkez açısı $\alpha_1 = 30.600'$ olan ve sağa dönen bir daire yayına kavuşmaktadır. Çember yayına $R_1= 300$ yarıçapı ile bir S kurbu bağlanmaktadır. S kurbunun birleşme koluna ait Parametre, dönüm noktasına kadar $A_2 = 250$ olup, sola dönen karşı kolun Parametresi ise $A_3=450$ dir. Karşı kol $R_2 =400$ yarıçaplı ve $\alpha_2 = 43.30$ merkezi açılı daire yayına bağlanmaktadır. Son olarak $A_4 =300$ olan bir klotoid, bir birleşme alınımanına bağlantıyı sağlamaktadır. $P_0 P_1 \dots$ poligon noktalarının koordinatları, Jeodezik bir X,Y, koordinat sisteminde verilmiştir.

Istasyonu $0,0 + 0,00$ olan P_0 noktasının koordinatları $X_0= 42.43$ ve $Y_0 = 38.39$ dur. P_0 dan P_1 e doğru olan doğrultu açısı $\varphi_0 = 43.420$ olup $P_0 P_1$ doğru parçasının uzunluğu 194.18 dir.

Geçki istasyonlanacak ve 2.0 ± 0.00 istasyonuna kadar araziye nakledilecektir. Problemin birinci kısmı geçkinin koordinat hesabına ait olup, klotoidin kısa ve uzun teğetleri ile daire teğetlerinden yararlanarak yapılır. (1)

Klotoid teğetleri A tablosundan alınır. Daire teğetleri ise ya daire yaylarına ait bir aplikasyon tablosundan bulunur, yada R yarıçapı ve α merkez açısı

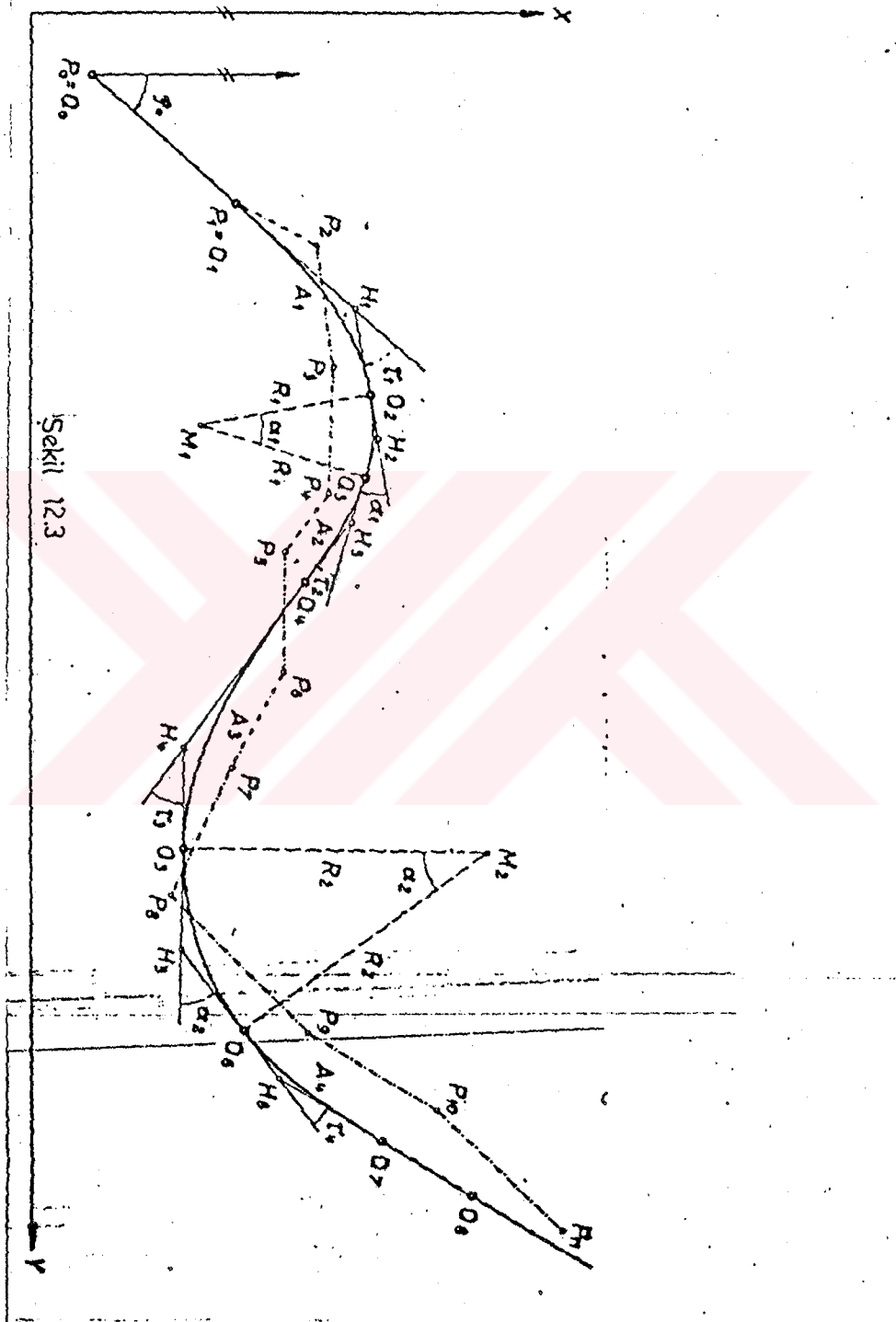
$$T = R \tan \frac{\alpha}{2}$$

ile formülünden hesaplanır.

Teğetler hattının kırılma açılarından doğrultu açıları, Poligonun ilk kenarına ait φ_0 doğrultu açısına, bu kırılma açıları sürekli olarak ilâve edilmek suretiyle bulunur. Sonuçların kaba hata bakımından kontrolü plân üzerinde yapılır. φ_i doğrultu açıları ile T_i uzunluklarından koordinat farkları elde edilir. Bu farklar, doğrultu işaretleri ile toplandığı takdirde Q_i geçiş noktalarının ve teğet kırılma noktalarının (Yardımcı noktaların) X,Y koordinatlarını verir.

Hesabı en iyisi tablo halinde yapmaktır. Yay uzunlukları da keza A-tablolarından ve daire tablolarından alınır ve toplanır. Böylelikle geçiş noktalarının istasyonlanması elde edilir. 2.0 +0000 istasyonuna eklenecek artık parça son olarak geçki bitimindeki iltisak (Yapışma, kavuşma) doğrusu üzerine taşınır ve tabloda koordinatlar ile hesaplanır.

Güzergaha yakın P_0 ile P_{11} Poligon hattında şek.12.3'de gösterilmiştir. Ancak şekli fazla karıştırmamak için poligon noktaları, geçkinin biraz uzağına çekilmiştir. Bundan sonra aplikasyon metodlarında verilen esaslara uyularak Q_i noktaları ile P_0 ve P_{11} poligon hattına göre hesaplanır. Örneğin; Q_2 noktası p_3 'den itibaren $\overline{P_1 Q_2}$ doğru parçası ve $\overline{P_2 P_3}$ 'e göre olan kırılma açısı ile belirlenir. (Şek.9.114) Buna karşılık Örneğin Q_3 noktasını kartezyen koordinatları ile $\overline{P_7 P_8}$ poligon kenarından itibaren applike etmek iyidir. (Şek.9.115)



13. ÖRNEK ÇALIŞMA

13.1 YOLLARIN KAPASİTESİ

Yeni yapılacak bir yolda hizmet ömrü süresince karşılaşılaçağı trafiğı geçirebilmesi için bu yolun genişliğı ve ayrıca mevcut bir yolun trafik artışı karşısında hizmet edebileceğı süre veya mevcut yolda bir düzenleme yapılmasına karar vermek için bütün yolun veya bir trafik şeridinin geçirebileceğı trafik miktarı ne kadar olmalıdır. Bunun için kapasitenin bilinmesi icapeder. Bir şeritin veya bütün yolun kapasitesi herhangi bir kesitten verilen bir zaman süresi içerisinde geçebilecek vasıta sayısıdır.

13.11 Kapasite tanımları :

- a) Temel kapasite (ideal kapasite): İdeal koşullar aşağıda gösterilmiştir.
- 1) Kesiksiz akım (Yandan vasıta ve yaya müdahalesi bulunmaması)
 - 2) 3.60 m genişliğinde trafik şeridi, yeterli banket genişliğı ve kaplama kenarından 1.80m içerisinde herhangi bir engelin bulunmaması
 - 3) Kırsal yollarda yatay ve düşey kurbular 110km/saat hıza göre düzenlenmiş olması
 - 4) İki şeritli yollarda geçiş görüş mesafesinin 450m'den büyük olması
 - 5) Trafik akımında sadece otomobillerin bulunması

Bu ideal koşulları sağlayan çok az yol vardır. Ancak otoyollar otomobil şartı hariç diğer şartları sağlayabilirler. Çok şeritli yollarda ideal koşullarda her bir şeridin saatteki temel kapasitesi 2000 otomobildir. İki şeritli yollarda her iki yöndeki toplam temel kapasite 2000 otomobil/Saat dir.

Sollama için kullanılmak üzere orta şeridi bulunan üç şeritli yollarda ise iki yönde toplam saatte 4000 otomobillik bir temel kapasitenin olduğu kabul edilir. Bir şeridin belirli bir hızdaki trafik akımında vasıta aralıkları sabit kalmak şartıyla temel kapasitesi :

$$Q = \frac{1000 V}{d} \quad \text{formülünden hesaplanır.}$$

Q = Ideal şartlarda max. saatteki otomobil sayısı

V = Vasıtaların hızı (km/s)

d = Vasıta aralığı (m)

maksimum kapasite değeri olan 2000 otomobil 48 km/Saat hızda temin edilir.

b) Mümkün kapasite; Yolun belirli bir kesitinden bir saatte hüküm süren yol ve trafik şartları altında sürücülerin geciktirmesi ve manevra serbestliklerinin kısıtlanması dikkate alınmaksızın geçebilecek maksimum vasıta sayısıdır. Mümkün kapasite değeri temel kapasiteden biraz daha küçüktür. Mümkün kapasite bilgisi daha fazla trafiğin kullanılmayacağı noktayı belirleme yönünden plancılara yardımcı olur. İdeal şartlar için mümkün kapasite değeri şerit başına 2000 otomobildir.

c) Pratik kapasite (Proje kapasitesi), Trafiğin aşırı tıkanmalar ve sürücülerin hız, takip aralığı ve sollamalarda çok fazla kısıtlamalara neden olmadan bir şeridin bir saatte geçirebileceği mak. taşıt sayısıdır. Kırsal karayollarında proje kapasitesine tesir eden önemli faktörler, seyir hızı, arazinin tipi, alinyman ve görüş mesafesi, trafik kompozisyonu, şerit genişliği, yan engelin kaplamadan olan uzaklığı, hemzemin kavşaklardır.

Tablo 13.11'de yüksek proje standartlarına göre inşaa edilen karayollarının proje kapasite değerleri gösterilmiştir. Bu standartlar 3.60m lik şerit genişliği, yeterli banket, 1.80 metre veya daha geniş yan açıklığı olan karayolları, yeterli durma görüş mesafesi ve sınırsız geçme görüş mesafesi ve yolda kamyonet ve otomobillerin bulunmasıdır.

Tablo 13.11 Yüksek standartlara göre yapılmış karayollarının otomobil/Saat cinsinden mümkün ve Proje kapasiteleri.

| Karayolu tipi | Mümkün kapasite | Ortalama seyir hızı için saatteki proje kapasitesi. | | |
|---|-----------------|---|-----------|-------|
| | | 56-64km/s | 64-72km/s | 72-80 |
| 2 Şeritli iki istikametli yol (toplama) | 2000 | 1500 | 1150 | 900 |
| Çok şeritli yol (Şerit başına) | 2000 | 1500 | 1200 | 1000 |

işletme hızı (Seyir hızı) : Taşıt hareket halinde iken alınan mesafenin durma ve gecikmeler hariç zamana bölünmesi ile elde edilir. Yolun hizmet seviyesine etki eden en önemli faktör işletme hızıdır. Tablodan da görüldüğü gibi hız arttıkça proje kapasitesi azalmaktadır. Hizmet seviyesi yönünden de işletme hızının artması arzu edilir.

13.12 PROJE KAPASİTESİNİ AZALTAN FAKTÖRLER :

13.121. Yol ile ilgili faktörler :

1- Şerit genişliği: Otobüs ve kamyon trafiğinin bulunduğu yollarda trafiğin serbestçe hareketi için 3.60m şerit genişliği gereklidir. Bundan daha küçük şerit genişliği proje kapasitesini düşürür.

Tablo 13.1211 Şerit genişliğinin kapasite üzerine etkisi,

| Şerit Genişliği (m) | Proje kapasitesi 3,60 m.lik şerit genişliğinin yüzdesi olarak. | |
|------------------------|--|-------------------------|
| | İki şeritli karayolu | Çok şeritli karayolu |
| 3,60 | 100 | 100 |
| 3,30 | 88 | 97 |
| 3,00 | 81 | 91 |
| 2,70 | 76 | 81 |

2- Yan açıklıklar : Kaplama kenarından itibaren 1.80m den daha yakın yan engeller sürücü üzerinde psikolojik olarak yolda bir daralma hissini verirler. Bina duvarları, köprü korkulukları, yol kenarında park eden taşıtlar kaplama kenarından 1.80m den daha yakın olursa proje kapasitesi azalır.

3) Yetersiz banket genişliği: Banketlerin normalden dar olması halinde sürücüler yol eksenine yakın olarak seyrederek. Banketler yeterli değilse arızalanan vasıtalar şeriti daraltır ve diğer vasıtaların hızını da azaltacağından yolun proje kapasitesini düşürür.

Tablo 13.1212: İki şeritli kırsal yollarda kaplama kenarı ile yan engel arasındaki mesafenin kapasiteye etkisi

| Kaplama kenarından engelenen mesafe (m) | Kısıtlı yan açıklıklardan dolayı kapasite azaltma katsayısı | |
|---|---|-------------------|
| | Engel bir tarafta | Engel iki tarafta |
| 1,80 | 1,00 | 1,00 |
| 1,50 | 0,98 | 0,96 |
| 1,20 | 0,96 | 0,92 |
| 0,90 | 0,93 | 0,86 |
| 0,60 | 0,91 | 0,81 |
| 0,30 | 0,88 | 0,75 |
| 0,00 | 0,85 | 0,70 |

4) Yardımcı Şeritler: Park, hız değiştirme, diğer bir yola dönüş yapan vasıtaları içerisine alan dönme ve uzun dik eğim yukarı rampalarda yavaş giden kamyonlar için tırmanma şeritleri yolun yanına ilave edilirler. Yapılmalarından maksat esas yolun trafiğini engellememektir.

5) Kaplama yüzeyi durumu: Bozuk, bakımı iyi yapılmamış bir kaplamada hız azalır. İyi bir hizmet seviyesi elde edilemez. Proje kapasitesi de bir miktar etkilenir.

6) Geçki (Güzergâh): Bir yolun geçkisi ve boyuna kesiti trafik taşıma yeteneğini etkiler. Diğer bir taşıtın geçiş imkanlarının azalması, iki ve üç şeritli yollarda kapasiteyi azaltır. Geçme görüş mesafesi 450m olmalı ve yol boyunca sık sık temin edilmelidir. Tablo 13.123 de iki şeritli bir yolda kısıtlı geçme görüş uzaklığının proje kapasitesine etkileri gösterilmiştir.

7) Eğimler: Trafik içerisinde kamyon ve otobüslerin artması ile eğim yukarı yollarda hizmet hacmi büyük oranda etkilenir. Yüklü kamyonlar uzun ve dik eğim yukarı yollarda daha düşük hızla giderler. Bu nedenle kamyonlar dik kesimlerde düz kısımlara göre daha fazla otomobil yerini işgal ederler.

Tablo 13.123 Geçme görüş mesafesinin proje kapasitesine etkisi

Tablo 13.123

-Geçme görüş mesafesinin proje kapasitesine etkisi.

| 450 m den küçük görüş mesafesindeki yol kesimlerinin toplam yol uzunluğuna oranı (%) | Proje kapasitesi(Otomobil/saat) | | |
|--|---------------------------------|-------|-------|
| | İşletme hız gurupları (km/s) | | |
| | 72-80 | 64-72 | 56-64 |
| 0 | 900 | 1150 | 1500 |
| 20 | 860 | 1120 | 1410 |
| 40 | 800 | 1070 | 1320 |
| 60 | 720 | 810 | 1220 |
| 80 | 620 | 680 | 1110 |

13.122. TRAFİK İLE İLGİLİ FAKTÖRLER :

Trafik kompozisyonu hizmet seviyesini ve kapasiteyi oldukça etkiler.

1) Kamyonların kapasiteye etkileri: Düz arazide, iki şeritli bir yolda bir kamyon 2 ile 3 otomobile eşdeğerdir. Dalgalı arazide 4 otomobil, dağlık arazide 8 otomobile eşdeğerdir. Dik sürekli meyil çıkışlarında proje kapasitesinin bulunması için kamyonların meyiller üzerindeki hızlarının bilinmesi gereklidir.

Tablo 13.1221. Yolun meyil uzunluğuna ve dikliğine bağlı olarak tipik bir kamyonun işletme hızları

| Meyil uzunluğu (km) | Ortalama kamyon hızı (km/Saat) | | | | |
|------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | Meyiller | | | | |
| | % 3 | % 4 | % 5 | % 6 | % 7 |
| 0,16 | 60 | 58 | 56 | 55 | 53 |
| 0,32 | 56 | 51 | 47 | 42 | 34 |
| 0,64 | 46 | 38 | 29 | 23 | 19 |
| 0,97 | 40 | 30 | 24 | 20 | 16 |
| 1,29 | 35 | 27 | 22 | 19 | 15 |
| 1,60 | 33 | 25 | 21 | 18 | 15 |
| 2,40 | 30 | 24 | 20 | 17 | 14 |
| 3,20 | 29 | 23 | 19 | 16 | 14 |
| 4,80 | 28 | 22 | 19 | 16 | 13 |
| 6,40 | 27 | 22 | 19 | 16 | 13 |
| 8,00 | 27 | 21 | 18 | 16 | 13 |
| 9,60 | 27 | 21 | 18 | 16 | 13 |

NOT: Kamyonun meyilli kesime ilk giriş hızı 64 km/s kabul edilmiştir.

Tablo 13.1221-den kamyonların meyiller üzerindeki hızı bulunduğundan sonra buna bağlı olarak bir kamyonun eşdeğeri olan otomobil sayısı aşağıdaki tablodan bulunabilir.

Tablo 13.1222. İki şeritli sürekli çıkış meyilli kırsal yollarda otomobil ve kamyon hızlarına bağlı olarak kamyon eşdeğeri olan otomobil sayıları

Kamyon hızı Bir kamyonla eşdeğer olan otomobil sayısı
km/s Ortalama otomobil hız grupları
72.80km/s. 64.72km/s 56-54km/s

| | | | |
|----|----|----|----|
| 56 | 3 | 3 | 3 |
| 48 | 5 | 5 | 3 |
| 40 | 9 | 8 | 5 |
| 32 | 14 | 12 | 9 |
| 24 | 23 | 19 | 15 |
| 16 | 40 | 32 | 25 |
| 8 | 95 | 75 | 50 |

İki şeritli yollarda meyil uzunluğu, meyil yüzdesi ve ortalama otomobil işletme hızı verildiğinde: Tablo 3.5 ve 3.6 dan istifade ederek tipik bir kamyonun sürekli meyiller üzerindeki otomobil eşdeğer sayısı hesaplanabilir.

Kamyonların proje kapasitesini azaltma faktörü aşağıdaki formül ile bulunur.

$$K = \frac{100}{100+T(\gamma-1)} \quad K = \text{Kamyonlar için kapasite azaltma katsayısı}$$

T = Projede kullanılan 30 saatteki kamyon yüzdesi

γ = Kamyon eşdeğeri otomobil sayısıdır.

2- Otobüslerin kapasiteye etkileri :

Şehirlerarası otobüsler kamyonlara göre proje kapasitesini daha az etkilerler. Düz ve dalgalı arazide otobüslerin hızı otomobil hızını bulmakta hatta birazda geçmektedir. Düz ve dalgalı arazide bir şehirlerarası otobüsün eşdeğeri 2 otomobil, dalgalı arazide 3 otomobil ve dağlık arazide 4 otomobil alınabilir. Otobüslerin kapasiteyi azaltma katsayısı kamyondaki formül kullanılarak hesaplanır.

3- Trafik kesiklikleri ve müdahaleler :

Işıklı işaretlerle donanmış kavşaklar proje kapasitesini menfi yönde etkilerler. Hangi durumda olursa olsun trafik akımı belli bir hızda ve sürekli olarak devam etmez ise kapasite azalması olacaktır. Kapasitede bu azalma miktarı, kavşakların sıklık derecesi ile kavşaklardaki denetim durumuna göre değişir. Yolun proje kapasitesini bulmak için yüksek proje standartlarında inşaa edilen ve tablo 31 de gösterilen proje kapasiteleri, kapasiteyi azaltan faktörler ile ayrı ayrı çarpılırlar

Yolların kapasitesi oldukça geniş bir konudur. Kapasite değerleri yolların şehir içi ve şehir dışı oluşuna, iki şeritli, üç şeritli, çok şeritli veya otoyol olmasına göre farklılıklar gösterir.



13.2 AYASOFYA KAVŞAĞI ÜST GEÇİT KAPASİTE HESAPLARI :

T.C.K.1984 Trafik bilgileri yayınından 10.bölge 010-21 kontrol kesim numaralı yolun (Y.O.G.T)

Y.O.G.T: Yıllık Ortalama Günlük Trafik.

Otomobil = 2170 otom/s

Otobüs = 333 otob/s

Kamyon = 1018 kom/S

Planlamadan taşıtların yıllık artış oranı ,

Otomobil = % 17

Otobüs = % 5

Kamyon = % 7.65 olarak alınmıştır.

SEÇİLEN DEĞERLER :

ARAZİ = DÜZ HİZMET DÜZEYİ = C

PROJE HIZI = 80 km/s Şerit Genişliği = 3.60m

İŞLETME HIZI=56km/s YAN ENGEL AZALTMA KATS = 1.00

KISITLI GÖRÜŞ = % 20

DÜZ ARAZİDE

1 Kamyon = 2,5 OTOMOBİL

1 Otobüs = 2 OTOMOBİL

NORMAL YOLDA KAPASİTE

OTOMOBİL : $\frac{2170}{24} = 91$ Otomobil/s X 1 = 91 Otomobil/s

OTOBÜS : $\frac{333}{24} = 14$.Otobüs/s X 2 = 28 "

KAMYON : $\frac{1018}{24} = 43$ kamyon/s X 2,5 = 108 "

Trafik hacmi = 227 otomobil/s

$T = \frac{(24.43)0.10}{227} = \% 46$ Tablo (6) dan T = 0'a tekabül eden değer

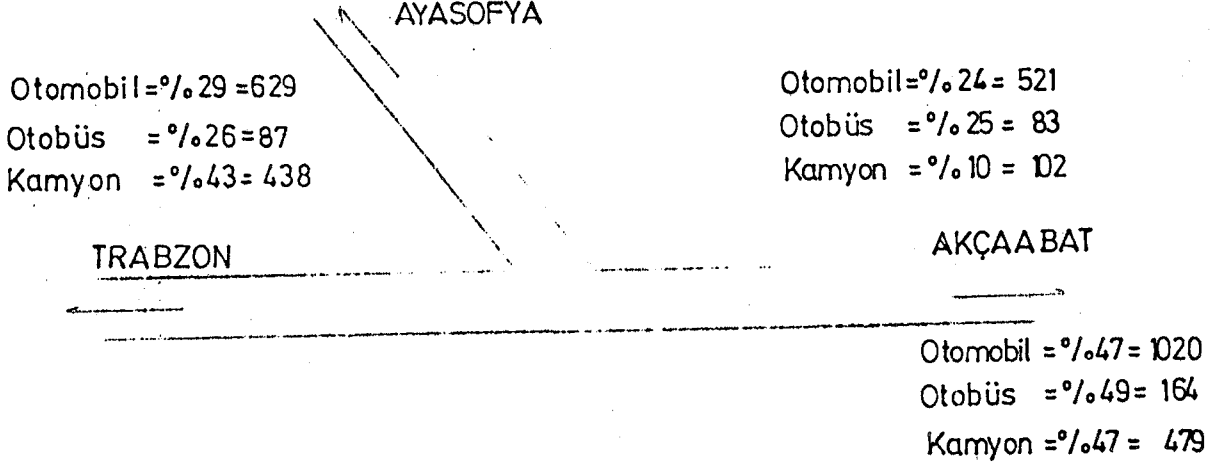
1340 vasita/s

$K = \frac{100}{100 + 46(2,5 - 1)} = 0.592$

Proje kapasitesi 2.1340.0592.1.00 = 1587 vasıta/s

1587 > 227 vasıta/s olduğundan yol bu şartlardaki trafiği gerirebilecek emniyettedir.

Yapılan etüdler neticesinde Y.O.G.T. değerlerinin aşağıdaki gibi dağıldığı kabul edilmiştir.



Ana koldan Ayasofya'ya giriş kesiti hesaplanırsa;

Burada en gayri müsait değer gözönüne alınabilir.

$$\text{OTOMOBİL} = \frac{1020}{24} = 43 \text{ otomobil/s} \times 1 = 43 \text{ otomobil/s}$$

$$\text{OTOBÜS} = \frac{164}{24} = 7 \text{ otobüs/s} \times 2 = 14 \text{ Otomobil/s}$$

$$\text{KAMYON} = \frac{479}{24} = 20 \text{ kamyon/s} \times 2,5 = 50 \text{ Otomobil/s}$$

Σ Trafik hacmi : 107 Otomobil/s

$$T = \frac{(24.20)0.10}{107} = 0.45 \rightarrow \text{Tablo 6'dan}$$

%20 kısıtlı görüşte;

Proje hızı : 64 km/h olarak alındı. Çünkü geçitte proje hızı ana yoldakinden farklı olacaktır.

$$L = 3,30 \text{ m için} \quad 920 \text{ taşıt/s}$$

$$K = \frac{100}{100+45(2,5-1)} = 0.579$$

Proje kapasitesi : 920.1.0,579 = 549 vas/s > 107 vas/s
yol bu şartlarda emniyetlidir.

Üst geçit kolunda kapasite

$$\text{OTOMOBİL} = \frac{521}{24} = 22 \text{ Otomobil/s} \times 1 = 22 \text{ Otomobil/s}$$

$$\text{OTOBÜS} = \frac{83}{24} = 4 \text{ Otobüs/s} \times 2 = 8 \text{ "}$$

$$\text{KAMYON} = \frac{102}{24} = 5 \text{ Kamyon/s} \times 2,5 = 13 \text{ "}$$

Trafik Hacmi = 43 vasıta/s

$$T = \frac{(24.5)0.10}{43} = \%28 \text{ tablo 6'dan } L = 3.30\text{m } \%20\text{m kısıtlı}$$

görüş için → 920 vasıta/s

$$K = \frac{100}{100+28(2,5-1)} = 0.704$$

Proje kapasitesi : $920.0704.1 = 648 > 43$ yol fazlasıyla emniyetlidir.

20 yıl sonraki kapasite ;

$$\text{Otomobil} = A_{20} = 22(1+0.17)^{20} = 508 \times 1 = 508 \text{ otom/s}$$

$$\text{Otobüs} = A_{20} = 8(1+0,05)^{20} = 21 \times 2 = 42 \text{ otom/s}$$

$$\text{Kamyon} = A_{20} = 13(1+0,765)^{20} = 57 \times 2,5 = 143 \text{ otom/s}$$

Traf.Hacmi : 693 otom/s

$$T = \frac{(57.24).0.10}{693} = \%19 \quad T = 0 \text{'dan } L = 3.30 \text{ için } 920 \text{ vasıta/s}$$

$$K = \frac{100}{100+19(2.5-1)} = 0.778$$

Proje kapasitesi : $920.0.778.100 : 716 \text{ vasıta/s} > 693 \text{ vasıta/s}$ olduğundan $L = 3.30 \text{ m'lik}$ iki şerit bu trafiği emniyetle taşıyabileceklerdir.

Ancak $L = 3.60$ olarak alınması ileriki yıllar için güvence arz etmektedir.

Seçilen 3.60m şeride ve $\%35$ Ağır taşıt oranına göre bu yolun hizmet hacmini tayin edersek kapasitenin altında olduğu görülecektir.

ŞERİT GENİŞLİĞİ : 3.60m HİZMET DÜZEYİ (c)

PROJE HIZI = 64 km/h

AĞIR TAŞIT ORANI = %35

PTS/YOGT = 0.10 (TÜRKİYE ŞARTLARINDA)

C= 2000. Wc. Tc. Wc= Kesit genişliği ve yan açıklığa ait düzeltme katsayısı

WC= 1.00 tablo (5.5) Tc= Ağır taşıtlar için düzeltme katsayısı

Kamyon için düzeltme katsayısı Ek: Ağır taşıtın özel taşıt cinsinden eşdeğer katsayısı

$$T_c = \frac{100}{100 - pt + t} = \frac{100}{100 - 35 + 2.35} = 0.74$$

pt: Ağır taşıt yüzdesi

$$P_t = 35$$

$$t = 2$$

$$C = 2000 \cdot 1.00 \cdot 0.74 = 1480 \text{ taşıt/saat}$$

HİZMET DÜZEYİ (C) İÇİN HİZMET HACMI (SYC)

$$S_{yc} = 2000 \cdot \frac{Y}{C} \cdot W_L \cdot T_c$$

Tc: Kapasite düşürücü faktör

$$\frac{Y}{C} = \text{Alınmaz}$$

$$T_c = \frac{100}{100 - pt + Et \cdot P_k}$$

W_L, W_C: Azaltma

Katsayıları

$$T_c = \frac{100}{100 - 35 + 2.5 \cdot 35} = 0.66$$

$$S_{yc} = 2000 \cdot 1.00 \cdot 0.66 = 1320 \text{ taşıt/saat}$$

Bu taktirde seçilen şartlarda kapasite 1480 taşıt/saat iken hizmet hacmi 1320 taşıt/saat olacaktır.

Tablo 13. 21

Tablo :5- ORTALAMA SEYİR HIZI 64-72 km/s. İÇİN 2 ŞERİTLİ İKİ YÖNLÜ KARAYOLLARINDA TAŞIT/SAAT CİNSİNDEN PROJE KAPASİTELERİ :

Şehir giriş yollarına ve uygun olduğu takdirde dağlık arazideki yollara uygulanır.

| Arazi | Alinyiman görüş mesafesi 450 m.den az olan kesimlerin toplam yol uzunluğuna % si. | Her iki yönde toplam olarak 2 şeritli karayolunun proje kapasitesi. | | | | | | | | |
|---------|---|---|------|-----|---|-----|-----|--|-----|-----|
| | | L=Şerit genişliği(m) | | | T=Pik saatteki kamyon %si. | | | | | |
| | | L=3,60 | | | L=3,30 | | | L=3,00 | | |
| | | T= | | | T= | | | T= | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 0 | 10 | 20 | 0 | 10 | 20 |
| | | 1.Proje hızı 104 veya 112 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1150 | 1000 | 880 | 3,30 ve 3,00 m.lik şerit genişlikleri büyük trafik hacimli yüksek proje hızı için uygun değildir. | | | | | |
| | 20 | 1120 | 970 | 860 | | | | | | |
| | 40 | 1070 | 930 | 820 | | | | | | |
| Dalgalı | 20 | 1120 | 800 | 630 | 3,00 m.lik şerit genişliği büyük trafik hacmi ve 96 km/s.proje hızı için uygun değildir. | | | | | |
| | 40 | 1070 | 760 | 600 | | | | | | |
| | 60 | 920 | 650 | 520 | | | | | | |
| | | 2.Proje hızı 96 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1150 | 1000 | 880 | 990 | 860 | 760 | 3,00 m.lik şerit genişliği büyük trafik hacmi ve 96 km/s.proje hızı için uygun değildir. | | |
| | 20 | 1050 | 910 | 810 | 900 | 780 | 700 | | | |
| | 40 | 930 | 810 | 720 | 800 | 700 | 620 | | | |
| | 60 | 810 | 700 | 620 | 700 | 600 | 600 | | | |
| Dalgalı | 20 | 1050 | 800 | 630 | 960 | 690 | 540 | 3,00 m.lik şerit genişliği büyük trafik hacmi ve 96 km/s.proje hızı için uygun değildir. | | |
| | 40 | 930 | 660 | 520 | 800 | 570 | 450 | | | |
| | 60 | 810 | 580 | 450 | 700 | 500 | 390 | | | |
| | 80 | 680 | 480 | 380 | 580 | 410 | 330 | | | |
| Dağlık | 40 | 930 | 490 | 330 | 800 | 420 | 280 | 3,00 m.lik şerit genişliği büyük trafik hacmi ve 96 km/s.proje hızı için uygun değildir. | | |
| | 60 | 810 | 430 | 290 | 700 | 370 | 250 | | | |
| | 80 | 680 | 360 | 240 | 580 | 310 | 210 | | | |
| | | 3.Proje hızı:80 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1010 | 880 | 780 | 870 | 760 | 670 | 780 | 680 | 600 |
| | 20 | 900 | 780 | 690 | 770 | 670 | 590 | 690 | 600 | 530 |
| | 40 | 770 | 670 | 590 | 660 | 580 | 510 | 590 | 520 | 450 |
| Dalgalı | 20 | 900 | 640 | 500 | 770 | 550 | 430 | 690 | 490 | 380 |
| | 40 | 770 | 550 | 430 | 660 | 470 | 370 | 590 | 420 | 330 |
| | 60 | 620 | 440 | 350 | 530 | 380 | 300 | 480 | 340 | 270 |
| | 80 | 440 | 310 | 250 | 380 | 270 | 220 | 340 | 240 | 190 |
| Dağlık | 40 | 770 | 410 | 280 | 660 | 350 | 240 | 590 | 320 | 220 |
| | 60 | 620 | 330 | 220 | 530 | 280 | 190 | 480 | 250 | 170 |
| | 80 | 440 | 230 | 160 | 380 | 200 | 140 | 340 | 180 | 120 |

Not : 1)- Mümkün kapasiteyi elde etmek için görüş mesafesi kısıtlamasına ait sıfır değeri alınır ve bunlar şerit genişlikleri 3,60 m. 3,30 m. için 1,74 , 1,78 , 1,83 ile çarpılırlar.

2)- Tablodaki değerlerde yan açıklığın kısıtlayıcı etkileri dikkate alınmamıştır. 1,80 m.den dar yan açıklıklar için bu değerler Tablo:21 deki katsayılar ile çarpılır.

3)- Kamyon eşdeğeri ot.mobil sayısı J, düz arazide 2,5 dalgalı arazide 5, dağlık arazide 10 alınmıştır.

Tablo 13.22 Tablo:6- ORTALAMA SEYİR HIZI 56-64 km/s. İÇİN İKİ ŞERİTLİ İKİ YÖNLÜ KARAYOLLARINDA TAŞIT/SAAT CİNSİNDEN PROJE KAPASİTELERİ :

Şehir sahası içinde akımı kesiksiz iki şeritli yollara ve yüksek seyir hızının tatbik edilemediği dağlık arazideki iki şeritli yollara uygulanabil

| Arazi | Alinyiman görüş mesafesi 450 m.den az kesimlerin toplam yol uzunluğuna % si. | Her iki yönde toplam olarak 2 şeritli karayolunun proje kapasitesi. | | | | | | | | |
|---------|--|---|---------|------|---|---------|-----|--|-----|-----|
| | | L=Şerit genişliği(m) | | | T=Pik saatteki kamyon % si. | | | | | |
| | | L=3,60 m. | | | L=3,30 m. | | | L=3,00 m. | | |
| T= | | | T= | | | T= | | | | |
| 0 10 20 | | | 0 10 20 | | | 0 10 20 | | | | |
| | | 1.Proje hızı 104-112 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1500 | 1300 | 1160 | 3,30 ve 3,00 m.lik şerit genişlikleri büyük trafik hacimli yüksek proje hızı için uygun değildir. | | | | | |
| | 20 | 1450 | 1260 | 1120 | | | | | | |
| | 40 | 1400 | 1220 | 1080 | | | | | | |
| Dalgali | 20 | 1450 | 1030 | 820 | | | | | | |
| | 40 | 1400 | 1000 | 780 | | | | | | |
| | 60 | 1350 | 960 | 750 | | | | | | |
| | | 2.Proje hızı 96 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1500 | 1300 | 1160 | 1290 | 1120 | 990 | 3,00 m.lik şerit genişlikleri büyük trafik hacimli 96 km/s.proje hızı için uygun değildir. | | |
| | 20 | 1410 | 1230 | 1080 | 1210 | 1050 | 930 | | | |
| | 40 | 1320 | 1150 | 1020 | 1140 | 990 | 880 | | | |
| | 60 | 1220 | 1060 | 940 | 1050 | 910 | 810 | | | |
| Dalgali | 20 | 1410 | 1000 | 790 | 1210 | 860 | 680 | | | |
| | 40 | 1320 | 940 | 740 | 1140 | 810 | 640 | | | |
| | 60 | 1220 | 870 | 680 | 1050 | 750 | 590 | | | |
| | 80 | 1110 | 790 | 620 | 950 | 680 | 520 | | | |
| Dağlık | 40 | 1320 | 700 | 480 | 1140 | 600 | 410 | | | |
| | 60 | 1220 | 650 | 440 | 1050 | 560 | 380 | | | |
| | 80 | 1110 | 590 | 400 | 950 | 500 | 340 | | | |
| | | 3.Proje hızı:80 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1450 | 1260 | 1120 | 1250 | 1080 | 960 | 1120 | 990 | 860 |
| | 20 | 1340 | 1160 | 1040 | 1150 | 1000 | 890 | 1040 | 910 | 800 |
| | 40 | 1200 | 1040 | 930 | 1040 | 900 | 800 | 930 | 810 | 720 |
| Dalgali | 20 | 1340 | 950 | 750 | 1150 | 820 | 640 | 1030 | 730 | 410 |
| | 40 | 1200 | 850 | 670 | 1040 | 740 | 580 | 930 | 660 | 520 |
| | 60 | 1050 | 750 | 590 | 900 | 640 | 500 | 810 | 580 | 450 |
| Dağlık | 40 | 1200 | 640 | 430 | 1040 | 550 | 380 | 930 | 490 | 330 |
| | 60 | 1050 | 560 | 380 | 900 | 480 | 320 | 810 | 430 | 290 |
| | 80 | 900 | 480 | 320 | 770 | 410 | 280 | 700 | 370 | 250 |
| | | 4.Proje hızı:64 km/s. | | | | | | | | |
| Düz | 0 | 1020 | 1040 | 930 | 1040 | 900 | 800 | 930 | 820 | 720 |
| | 20 | 1070 | 930 | 820 | 920 | 800 | 710 | 820 | 720 | 630 |
| | 40 | 900 | 780 | 690 | 770 | 670 | 590 | 700 | 610 | 540 |
| Dalgali | 20 | 1070 | 760 | 600 | 920 | 650 | 520 | 820 | 580 | 460 |
| | 40 | 900 | 640 | 500 | 770 | 550 | 430 | 700 | 500 | 390 |
| | 60 | 720 | 510 | 400 | 620 | 440 | 350 | 560 | 400 | 310 |
| | 80 | 460 | 330 | 260 | 400 | 280 | 220 | 350 | 250 | 200 |
| Dağlık | 40 | 900 | 480 | 320 | 770 | 410 | 280 | 700 | 370 | 250 |
| | 60 | 720 | 380 | 260 | 620 | 330 | 220 | 560 | 300 | 200 |
| | 80 | 460 | 240 | 170 | 400 | 210 | 140 | 350 | 180 | 130 |

Tablo:4- ORTALAMA SEYİR HIZI 72-80. KM/S. İÇİN İKİ ŞERİTLİ 2 YÖNLÜ KARAYOLLARINA AİT TAŞIT/SAAT CİNSİNDEN PROJE KAPASİTELERİ :

Düz ve dalgalı arazide iki şeritli karayollarının ekserisine tatbik edilebilir.

| Arazi | Alinyiman görüş mesafesi 450 m. den az kesimlerin toplam yol uzunluğuna göre % si. | Her iki istikamet toplamı olarak 2 şeritli karayolunun proje kapasitesi. | | | | | |
|---------|--|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | | L=Şerit genişliği (m) | | | T=Pik saatte kamyon % si. | | |
| | | L=3,60 m. | | | L=3,30 m. | | |
| | | T= | | | T= | | |
| | | 0 | 10 | 20 | 0 | 10 | 20 |
| | | 1.Proje hızı 104 veya 112 km/s. | | | | | |
| Düz | 0 20 40 | 900 860 800 | 780 750 700 | 690 660 620 | 3,30 m.lik şerit genişlikleri büyük trafik hacimli yüksek proje hızları için uygun değildir. | | |
| Dalgalı | 20 40 60 | 860 800 720 | 615 570 510 | 485 450 400 | | | |
| | | | | | | | |
| | | 2.Proje hızı 96 km/s. | | | | | |
| Düz | 0 20 40 60 | 900 810 700 585 | 780 705 610 510 | 690 625 540 450 | 775 700 600 500 | 670 605 625 440 | 590 540 465 390 |
| Dalgalı | 20 40 60 80 | 810 700 585 480 | 580 500 420 340 | 450 390 325 270 | 700 600 500 410 | 500 430 360 290 | 390 340 280 230 |
| | | 3.Proje hızı 80 km/s. | | | | | |
| | | Proje hızı 80 km/s.ten yüksek olmayan karayolları trafik hacminin az olduğu zaman hariç 72-80 km/s.lik bir seyir hızını temin edemezler. | | | | | |

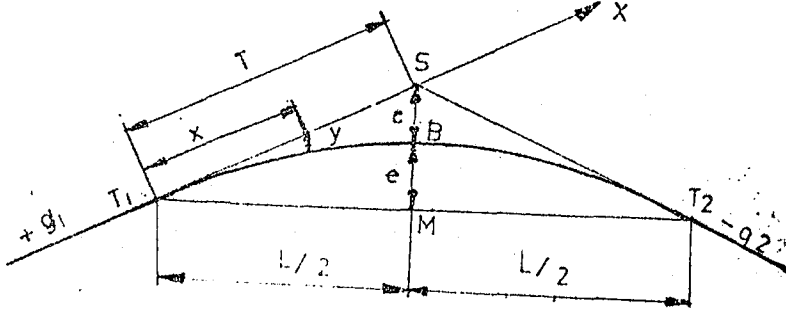
Not : 1 - Mümkün kapasiteyi temin etmek için tablodaki görüşmesafesi kısıtlama sına ait sınır değeri kullanılır ve bulunan değerler 3,60 m.lik şerit genişliği için 2,22 ile 3,30 m.lik şerit genişliği için 2,27 ile çarpılırlar.

2 - Tablodaki değerlerde yan açıklıkların kısıtlayıcı durumları dikkate alınmamıştır.1,80 m.den dar banketler veya şerit kenarından engele o açıklık 1,80 m.den az ise yukarıdaki kapasite değerleri Tablo:21 dek katsayı ile çarpılır.

3 - Kamyon eşdeğeri otomobil sayısı J bu tabloda düz arazide 2,5 dalgalı arazide 5, dağlık arazide 10 alınarak kamyonun kapasiteye etkisi hesaplanmıştır.

13.3 DÜŞEY KURB TIPLERİ

13.31 Düşey kurb elemanları :



Parabol düşey kurbu elemanları

13.32. Parabol düşey kurb elemanları :

1- Yol ekseni boyunca yapılan ölçmeler yatay bir düzlem boyunca yapıldığı kabul edilecektir.

$$\overline{T_1S} = \overline{T_1B} = \overline{T_1M} \quad \text{alınacaktır.}$$

2- Bir parabolde eğri S noktası ile $\overline{T_1T_2}$ kirişinin M orta noktasını birleştiren doğrunun ortasından geçer.

$$\overline{SB} = \overline{BM} = \frac{\overline{SM}}{2} \quad \text{dır.}$$

3- Teğet üzerindeki bir noktadan kurba kadar olan düşey Y yükseklik, bu noktanın teğet başlangıcına olan yatay X mesafesinin karesi ile orantılıdır.

4- Parabolun başlangıç teğetini X ekseni, T noktasından \overline{SM} doğrultusuna çizilen paralel doğru Y eksenini olarak alındığında parabolün denklemi $y = kx^2$ dir.

5- Düşey kurlar genellikle some noktasına göre simetriktir.

$$x = \frac{L}{2} \quad \text{için } y = e \quad \text{dir.}$$

$$y = kx^2 \quad e = k \frac{L^2}{4} \quad k = \frac{4e}{L^2}$$

$$y = 4e \frac{x^2}{L^2} \quad \text{dir.}$$

$$S \text{ nin kotu} = T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{2} \cdot 9_1$$

$$T_2 \text{ nin kotu} = T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{2} \cdot 9_1 - \frac{L}{2} \cdot 9_2$$

$$T_2 \text{ nin kotu} = T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{2} (9_1 - 9_2)$$

$$M \text{ nin kotu} = \frac{T_1 \text{ kotu} + T_2 \text{ kotu}}{2}$$

$$M \text{ nin kotu} = \frac{1}{2} \left[T_1 \text{ kotu} + T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{2} (9_1 - 9_2) \right]$$

$$M \text{ nin kotu} = T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{4} (9_1 - 9_2)$$

$$\overline{SM} = 2e = S \text{ nin kotu} - M \text{ nin kotu}$$

$$2e = T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{2} \cdot 9_1 - \left[T_1 \text{ kotu} + \frac{L}{4} (9_1 - 9_2) \right]$$

$$e = \frac{L}{4} \cdot 9_1 - \frac{L}{8} \cdot 9_1 + \frac{L}{8} \cdot 9_2 \quad e = \frac{L(9_1 + 9_2)}{8} \quad e = \frac{L \cdot 9_1 + (-9_1)}{8}$$

$$e = \frac{L(9_1 - 9_2)}{8} \quad 9 = 9_1 - 9_2 \text{ ise } e = \frac{L \cdot 9}{8} \text{ dir.}$$

$$y = 4e \frac{x^2}{L^2} \text{ den } y = 4 \cdot \frac{L \cdot 9}{8} \frac{x^2}{L^2}$$

$$y = \frac{9 \cdot x^2}{2L} \text{ Parabolik düşey kurbun denklemini bulunmuş olur.}$$

13.33 PARABOL DÜŞEY KURB UZUNLUĞUNUN BULUNMASI

Kapalı düşey kurblarda iki kırmızı çizgi arasındaki eğim farkı fazla ise görüş mesafesi azalır. Düşey kurb üzerinde iki şeritli yollarda minimum görüş mesafesi, sollama ile geçme mesafesine çok şeritli kollarda ise durma görüş mesafesine eşit olmalıdır.

Sürücülerin yolcu taşıtlarında gözlerinin yol yüzeyinden yüksekliği 1,14 metre olduğu kabul edilir. Düşey kurb üzerinde bulunan engelin yüksekliği en uygunu sıfır olmalıdır. Minimum durma görüş mesafesi içerisinde bütün yolcunun yüzeyi sürücüye görünmelidir. Yüksek bir engele göre düşey kurb hesaplanırsa boyu kısa çıkar. Yol yüzeyinde daha küçük engeller, örneğin; Küçük

hayvanlar, sevden düşen taşlar, bir kamyondan düşen yükler bulunabilir. Bu nedenle düşey engelin yüksekliği 0.15m alınmalıdır.

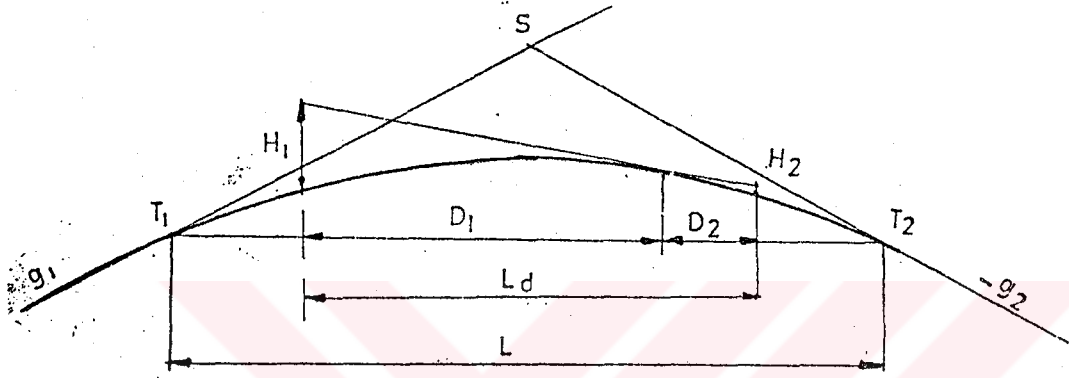
13.34 KAPALI DÜŞEY KURB UZUNLUĞUNUN BULUNMASI

1- Görüş mesafesinin düşey kurb uzunluğundan küçük olması hali: ($L_d < L$)

L_d = Görüş mesafesi

H_1 = Sürücünün gözünün yerden yüksekliği

H_2 = Yol yüzeyindeki düşey engelin yüksekliği



Parabol düşey kurbada $L_d < L$ durumu

13.35 PARABOL DÜŞEY KURBDA $L_d < L$ durumu:

$$H_1 = k \cdot D_1^2 \quad H_2 = K \cdot D_2 \quad K = \frac{4e}{L^2} \quad e = \frac{L \cdot q}{8}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{H_1}{K}}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{H_2}{K}}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{H_1}{\frac{4e}{L^2}}} = \sqrt{\frac{H_1 \cdot L^2}{4e}} = \sqrt{\frac{H_1 \cdot L^2}{4 \cdot \frac{L \cdot q}{8}}} = \sqrt{\frac{2H_1 \cdot L}{q}}$$

$$D_2 = \sqrt{\frac{H_2}{\frac{4e}{L^2}}} = \sqrt{\frac{H_2 \cdot L^2}{4e}} = \sqrt{\frac{H_2 \cdot L^2}{4 \cdot \frac{L \cdot q}{8}}} = \sqrt{\frac{2H_2 \cdot L}{q}}$$

$$L_d = D_1 + D_2 = 1.414 \sqrt{\frac{L}{q}} (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})$$

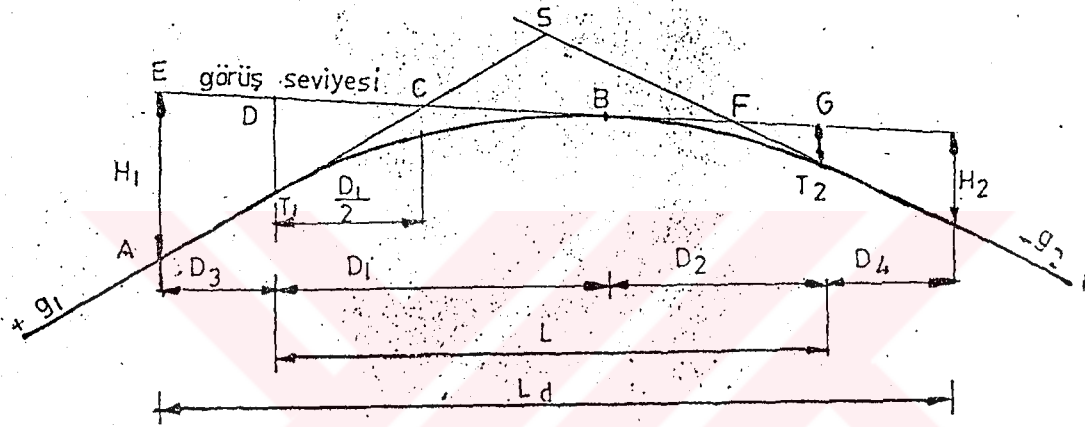
$H_1 = 1.14\text{m}$ $H_2 = 0.15\text{m}$ olarak kabul edildiğinde

$$L_d = 1.414 \sqrt{\frac{L}{q}} (\sqrt{1.14} + \sqrt{0.15})$$

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{4.2} \quad \text{düşey kurb uzunluğu ile görüş mesafesi arasındaki bağıntı bulunur.}$$

2- Görüş mesafesinin düşey kurb uzunluğundan büyük olması

hali : $L_d > L$



Parabolik düşey kurbada $L_d > L$ durumu ;

$$L_d = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = L + D_3 + D_4$$

$$\overline{DT}_1 = kD_1^2$$

$$\triangle CDT_1 \sim \triangle ACE \text{ den}$$

$$\overline{GT}_2 = k \cdot D_2^2$$

$$\frac{k \cdot D_1^2}{H_1} = \frac{\frac{D_1}{2}}{\frac{D_1}{2} + D_3}$$

$$\frac{kD_1}{H_1} = \frac{1}{D_1 + 2D_3} \text{ buradan ;}$$

$$D_3 = \frac{H_1}{2kD_1} - \frac{D_1}{2} \text{ dir.}$$

$$Ld = L + \frac{H_1}{2kD_1} - \frac{D_1}{2} + \frac{H_2}{2kD_2} - \frac{D_2}{2}$$

$$Ld = L - \frac{D_1 + D_2}{2} + \frac{H_1}{2kD_1} + \frac{H_2}{2kD_2}$$

$$Ld = \frac{L}{2} + \frac{H_1}{2kD_1} + \frac{H_2}{2kD_2}$$

$$Ld = \frac{L}{2} + \frac{H_1}{2kD_1} + \frac{H_2}{2k(L-D_1)}$$

Minimum görüş mesafesi için D_1 'e göre türev alınarak sıfıra eşitlenir.

$$\frac{-H_1}{2kD_1^2} + \frac{H_2}{2k(L-D_1)^2} = 0 \text{ buradan}$$

$$D_1 = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}} \cdot L \quad D_2 = L - D_1 \text{ den}$$

$$D_2 = L - \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}} \cdot L$$

$$Ld = \frac{L}{2} + \frac{H_1}{2k} \cdot \frac{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1} \cdot L} + \frac{H_2}{2k} \cdot \frac{(\sqrt{H_1}) + \sqrt{H_2}}{L \cdot \sqrt{H_2}}$$

$$K = \frac{4\epsilon}{L^2} \quad e = \frac{L \cdot q}{8}$$

$$k = \frac{4L \cdot q}{8 \cdot L^2} = \frac{q}{2L} \text{ değeri yerine konulursa ;}$$

$$Ld = \frac{L}{2} + \frac{L_1 H_1}{9} \cdot \frac{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1} \cdot L} + \frac{L H_2}{9} \cdot \frac{\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}}{L \cdot \sqrt{H_2}}$$

$$L_d = \frac{L}{2} + \frac{H_1 + H_2 + 2 \sqrt{H_1 H_2}}{9} \text{ olacaktır.}$$

$$H_1 = 1.14 \text{ m} \quad H_2 = 0.15 \text{ m için :}$$

$$L_d = \frac{L}{2} + \frac{1.14 + 0.15 + 2 \sqrt{1.14 \times 0.15}}{9}$$

$$L = 2L_d - \frac{4.2}{9} \text{ formülü elde edilir.}$$

$L =$ Düşey kurbun uzunluğu (m)

$L_d =$ Görüş mesafesi (m)

$q =$ Meyillerin cebrik farkı (9/100)

Düşey kurbun uzunluğu $L_d < L$ veya $L_d > L$ ye göre bulunur. Çıkan sonuç bunlardan birine uygun olacaktır.

13.36 AÇIK DÜŞEY KURB UZUNLUĞUNUN BULUNMASI

Açık düşey kurblarda gündüz görüş sorunu yoktur. Gece ise far ışığı ile sağlanan görüş uzunluğu üzerinde düşey kurb uzunluğu etkilidir. Far görüş mesafesinin tayini için farlar yol üzerinden 0.75 metre yüksekte olduğu ve ışın şualarının aracın doğrultusundan yukarıya doğru 1° düşey açı yaptığı kabul edilir.

Yapılan hesapların sonucunda ;

$$L_d < L \text{ için } L = \frac{q \cdot L_d^2}{1.52 + 0.035 L_d}$$

Bağıntıları bulunmuştur.

$$L_d > L \text{ için } L = 2L_d - \frac{1.52 + 0.035 L_d}{9}$$

13.4 DEĞİŞİK YOL KAPLAMALARINA AİT SÜRTÜNME KATSAYILARI

| <u>YOL KAPLAMASININ TİPİ</u> | <u>YOL DÜZEYİNİN DURUMU</u> | <u>SÜRTÜNME KAT</u> |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| ASFALT | KURU | 0.60 |
| | İSLAK | 0.35 |
| PARKE | KURU | 0.60 |
| | İSLAK | 0.40 |
| BAZALT K.PARKE | KURU | 0.45 |
| | İSLAK | 0.25 |
| BETON | KURU | 0.75 |
| | İSLAK | 0.55 |
| PENETRASYON MAKADAM | KURU | 0.50 |
| | İSLAK | 0.35 |
| SİLİNDİRLENMİŞ BALAST | KURU | 0.70 |
| | İSLAK | 0.50 |
| KAR | KURU | 0.45 |
| | YAŞ | 0.10 |
| BUZ | KURU | 0.15 |
| | YAŞ | 0.05 |

Durma görüş mesafesi L_d ile gösterilirse $L_d = L_r + L_f$ ve

$$L_d = V \cdot t_r + \frac{V^2}{2g} \frac{1}{f + S} \text{ olur.}$$

$$L_d = \frac{V}{3.6} t_r + \frac{V^2}{2 \times 9.81 \times (3.6)^2} \frac{1}{f + S} \text{ ve buradan}$$

$$L_d = 0.278 V t_r + 0.00394 \frac{V^2}{f + S} \text{ olarak bulunur.}$$

$$(V = \frac{V}{3.6} \text{ (km/S)} \text{ ve } g = 9.81 \text{ m/sn}^2 \text{ olarak alınmıştır.)}$$

13.5 ÖST GEÇİT İLE İLGİLİ DÜŞEY KURP HESAPLARI

13.51. 1 nolu Yolun Düşey Kurp Hesabı

$$\text{Meyil: } m_1 = -0/00 \ 9.5$$

$$m_2 = \frac{4.68-12.996}{80^{50}} = -\% \ 10.3$$

$$q = m_1 - m_2 = -0.0095 + 0.103 = 0.0938$$

1. KAPALI DÜŞEY KURP

$$L_d = 0.278 \cdot 38 \cdot 2,5 + 0.00394 \frac{38^2}{0.55-0.103} = 39$$

$L_d < L$ Hali :

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{4.2} = 34$$

1. Koşul Sağlamadı

$L_d > L$ Hali :

$$L = 2 L_d - \frac{4.2}{9} = 33$$

39 > 33 olduğundan $L = 40$ olarak alınmıştır.

2. AÇIK DÜŞEY KURP

$$m_1 = -\% \ 10.3$$

$$m_2 = -\% \ 01.5$$

$$q = m_1 - m_2 = -0.1030 + 0.0015 = -0.1015$$

$$L_d = 0.278 \cdot 38 \cdot 2,5 + 0.00394 \frac{38^2}{0.55-0.103} = 39$$

$L_d < L$ Hali :

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{1.52+0.035 L_d} = 53$$

1. Koşul sağladığından $L = 40$ olarak alınmıştır.

$L = 53$ çıktığından L 'nin değeri 50-60 arasında alınabilir. Ancak Projeye uygunluk açısından $L = 40$ olarak seçilmiştir.

13.52 2 NOLU YOL DÜŞEY KURP HESAPLARI

1. KAPALI DÜŞEY KURP

$$\text{Meyil : } m_1 = -0/009.5$$

$$m_2 = -\% 6.49$$

$$q = m_1 m_2 = -0.0095 + 0.0649 = 0.0554$$

$$L_d = 0.278.56.2,5 + 0.00394 \frac{56^2}{0.55-0,0649} = 64.4$$

$$L_d < L \text{ Hali :}$$

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{4.2} = 55$$

1. Koşul sağlamadı ,

$$L_d > L \text{ Hali :}$$

$$L = 2 L_d - \frac{4.2}{9} = 53$$

64.4 > 53 olduğundan L = 60 alınmıştır.

2. AÇIK DÜŞEY KURP

$$\text{Meyil : } m_1 = -\% 6.49$$

$$m_2 = +\% 01.5$$

$$q = m_1 m_2 = 0.0649 - 0.0015 = -0.0664$$

$$L_d = 0.278.56.2,5 + 0.00394 \frac{56^2}{0.55-0.0649} = 64.4$$

$$L_d < L \text{ Hali :}$$

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{1.52 + 0.035 L_d} = 73$$

64.4 < 73 olduğundan L = 60 alınmıştır.

L = 73 çıktığından L'nin değeri normalde 70 olarak seçilmesi gerekir. Fakat Projemize uygunluk açısından L = 60 olarak alınmıştır.

13.53.3 NOLU YOLUN EĞİM VE DÜŞEY KURP HESAPLARI

13.531 EĞİM HESAPLARI

1. AÇIK DÜŞEY KURP

Meyil $m_1 = -\% 3$ (Tanjant yolu Projesinden)

$$m_2 = \frac{960 - 13.60}{420^{88}} = -\% 9.5$$

2. KAPALI DÜŞEY KURP

Meyil $m_1 = -\% 09.5$

$$m_2 = \frac{4.34 - 9.60}{249^{12}} = -\% 2.1$$

3. AÇIK DÜŞEY KURP

Meyil $m_1 = -\% 2.1$

$m_2 = -\% 00.5$ (Mevcut Devlet yolu eğimi)

HESAPLAMA İÇİN GEREKLİ FORMÜLLERKAPALI DÜŞEY KURP

$Ld < L$ Hali :

$Ld > L$ Hali ;

$$L = \frac{q \cdot Ld^2}{4.2}$$

$$L = 2Ld - \frac{4.2}{9}$$

AÇIK DÜŞEY KURP

$Ld < L$ Hali ;

$Ld > L$ Hali;

$$L = \frac{q \cdot Ld^2}{1.52 + 0.035 Ld}$$

$$L = 2Ld - \frac{1.52 + 0.035 Ld}{9}$$

$$Ld = 0.278 v.tr + 0.00394 \frac{v^2}{f \pm s}$$

13.532.1 AÇIK DÜŞEY KURP HESABI

$$m_1 = -\%3$$

$$m_2 = -0/009.5$$

$$q = m_1 - m_2 = -0.03 + 0.0095 = -0.0205$$

f: Sürtünme katsayısı : 0.55

tr: Reaksiyon süresi (sn): 2.5 Tablo 2.2/s.14 den.

V: km/h - Proje hızı : 65

$$L_d = 0.278.65. 2.5 + 0.00394 \frac{65^2}{0.55-0.03} : 77.18$$

$$L_d < L \quad L = \frac{q \cdot L_d^2}{1.52+0.035L_d} = -28.93$$

1. Koşul sağlamadı

$$L_d > L \quad L = 2L_d - \frac{1.52+0.035 L_d}{9} = 360.28$$

2. Koşulda sağlamadığından

Lmin = 150m olarak Seçilir.

13.533 2.KAPALI DÜŞEY KURP HESABI

$$m_1 = -\% 0.9.5$$

$$m_2 = -\% 2.1$$

$$q = m_1 - m_2 = -0.0095 + 0.021 = 0.0115$$

$$L_d = 0.278.65, 2.5+0.00394 \frac{65^2}{0.55-0.021} = 76.64$$

Ld < L Hali

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{4.2} = 16.08$$

1. Koşul sağlamadı

Ld > L Hali :

$$L = 2L_d - \frac{4.2}{9} = -211.94$$

2. Koşulda sağlamadığından Lmin = 150m alınır.

13.534 3 AÇIK DÜŞEY KURP HESABI

$$m_1 = -\% 2.1$$

$$q = m_1 - m_2 = -0.021 + 0.0005 = -0.0205$$

$$m_2 = -\% 00.5$$

$$L_d = 0.278 \cdot 65 \cdot 2,5 + 0.00394 \frac{65^2}{0.55 - 0.021} = 76.64$$

$L_d < L_{\text{Hali}}$;

$$L = \frac{L_d^2}{1.52 + 0.035 L_d} = -28.65$$

1. Koşul sağlamadı

$L_d > L_{\text{Hali}}$;

$$L = 2L_d - \frac{1.52 + 0.035 L_d}{q} = 358.28$$

2. Koşulda sağlamadığından $L_{\text{min}} = 150\text{m}$ olarak seçilir.

13.54. 4NOLU YOL DÜŞEY KURP HESAPLARI1. KAPALI DÜŞEY KURP

$$m_1 = -\% 095$$

$$m_2 = -\% 8.8$$

$$q = m_1 - m_2 = -0.0095 + 0.088 = 0.0785$$

$$L_d = 0.278 \cdot 42 \cdot 2,5 + 0.00394 \frac{42^2}{0.55 - 0.088} = 44.23$$

$L_d < L_{\text{Hali}}$,

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{4.2} = 36.56$$

$44.23 > 36.56$ olmadığından 1. hal sağlamamıştır.

$L_d > L_{\text{Hali}}$

$$L = 2L_d - \frac{4.2}{9} = 35$$

44.23 > 35.00 olduğundan L = 40 olarak alınmıştır.

2. ACIK DÜŞEY KURP

$$m_1 = -\% 8.8$$

$$m_2 = \% 00.5$$

$$q = m_1 m_2 = -0.0880 - 0.0005 = 0.0875$$

$$L_d = 0.278 \cdot 42.2,5 + 0.00394 \frac{42^2}{0.55 - 0.088} = 44.23$$

$L_d < L$ hali ;

$$L = \frac{q \cdot L_d^2}{1.52 + 0.035 L_d} = 56$$

44.23 < 56 olduğundan L = 60 olarak alınması gerekirken Projemizde L = 40 olarak alınmıştır. Bunun sebebi eğimin fazla olmasından dolayıdır.

13.6 ÜST GEÇİTE AIT KLOTOİD HESAPLARI

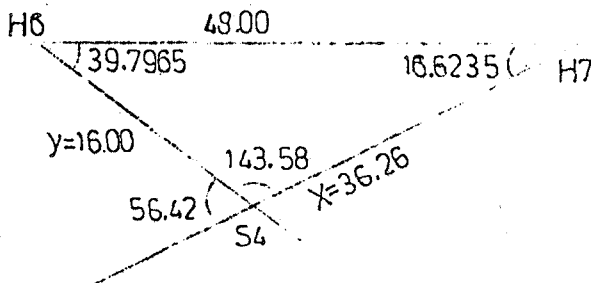
3 NOLU KLOTOİD HESAPLARI

$$\begin{aligned} R &= 107.37\text{m} & A &= \sqrt{107.37 \cdot 28} = 54.83 & L &= \frac{65}{18.66 \cdot 107.37} \approx 28\text{m} \\ \Delta &= 56.42 \\ T &= 50.96\text{m} & l &= \frac{28}{54.83} = 0.511 & \tau &= 8.31174^{\circ} \\ V &= 65 \text{ m/h} \end{aligned}$$

L = 28m yay üzerinden işaretlendi. Buna bağlı olarak çizilen teğetlerle açılar tesbit edildi.

$$K = \frac{2.0 \cdot 0.02 \cdot 28}{0.05 - 0.02} = 37.33 \approx 38\text{m}$$

$$2\tau = 2 \cdot 8.31174 = 16.6235^{\circ} \text{ Buna göre; } 0.05 - 0.02$$



| Teğetler |
|--------------|
| 2.66 = 13.30 |
| 5.30 = 26.50 |

Buna göre $\tau = 16.6235$ olan açının t_k ve t_L si bulunmuş olur.

$$s = \Delta - 2\tau \quad 2\tau = \tau'$$

$$s = 56.42 - 16.6235 = 39.7965$$

$$\frac{48}{\sin 143.58} = \frac{X}{\sin 39.7965} \quad X = 36.26 \text{ m}$$

$$\frac{48}{\sin 143.58} = \frac{Y}{\sin 16.6235} \quad Y = 16.00 \text{ m}$$

2 Nolu Klotoid Hesapları

$$\Delta = 109.18 \quad \delta: 87.542$$

$$R : 100$$

$$T : 115.57 \quad A = R.L = 59.15 \cong 60$$

$$L : 172.48$$

$$L = \frac{40^3}{18.66.100} = 34.29 = 35 \text{ m}$$

$$K = \frac{2.0.02.35}{0.05.0.02} = 46.67 \cong 47 \text{ m}$$

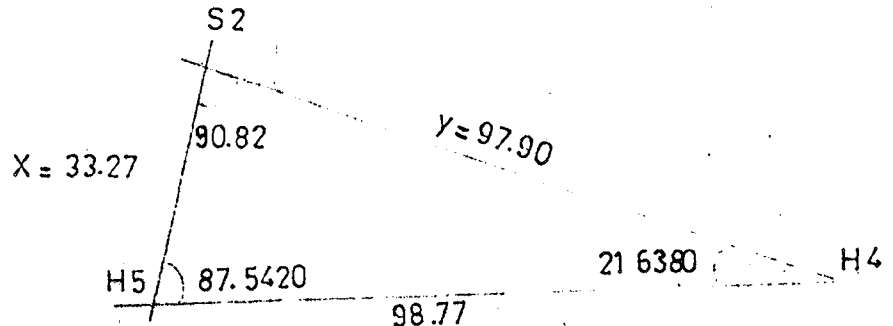
$$\text{Teğetler : } t_k = 16.65$$

$$t_l = 33.15$$

$$\Delta = \delta - 2\tau =$$

$$2\tau = \Delta - \delta = 109.18 - 87.542$$

$$\tau = 10.819$$



$$\frac{98.27}{\sin 90.82} = \frac{X}{\sin 21.6380} \quad X = 33.27 \text{ m}$$

$$\frac{98.27}{\sin 90.82} = \frac{Y}{\sin 87.5420} \quad Y = 97.90 \text{ m}$$

1 NOLU KLOTOİD HESAPLARI

$$L = \frac{65^3}{18.66.400} = 36.79 \sim 37m$$

$$K = \frac{2.0.02.37}{0.05-0.02} = 49.33 \sim 50m$$

$$A = 400.37 = 121.66 \sim 122$$

$$C = \frac{37}{122} = 0.303 \rightarrow 2.92237 = \tau'$$

Teğetler

$$tk = 17.35$$

$$tl = 31.65$$

$$\delta = 31.94 - 2.2.92237 = 26.10 \text{ sağlamadığından}$$

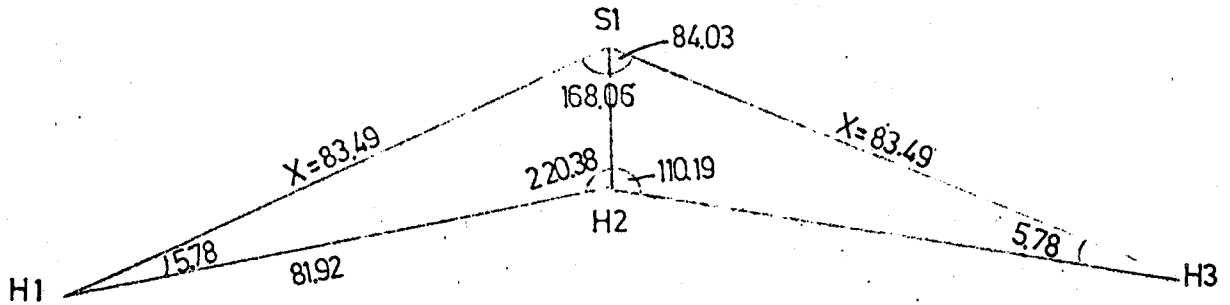
Parametre değiştirilmelidir. Bunun için sapmasını tesbit edelim kiriş uzunluğu $25.5m = 127.50 m$ olduğundan ;

$$127.50 = 2.400 \sin \frac{\delta}{2} \quad \delta = 20.38 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$T = R \tan \frac{\delta}{2} = 400 \tan \frac{20.38}{2} = 64.58 = 12.92 \text{ cm.}$$

$$\delta = A - 2\tau$$

$$31.94 - 20.38 = 2\tau \quad \tau = 5.78$$



$$\frac{81.92}{\sin 84.03} = \frac{X}{\sin 110.19}$$

X= 83.49 olması gereklidir.

2 NOLU KOLDAKİ KLOTOİD HESAPLARI

$$v = 30 \text{ km/h}$$

$$L = \frac{30^3}{18.66.47.29} = 30.60 \sim 31 \text{ m}$$

$$K = \frac{2.0.02.31}{0.05-0.02} = 41.33 \approx 42 \text{ m}$$

$$A = \sqrt{31.47.29} = 38.29 \sim 40$$

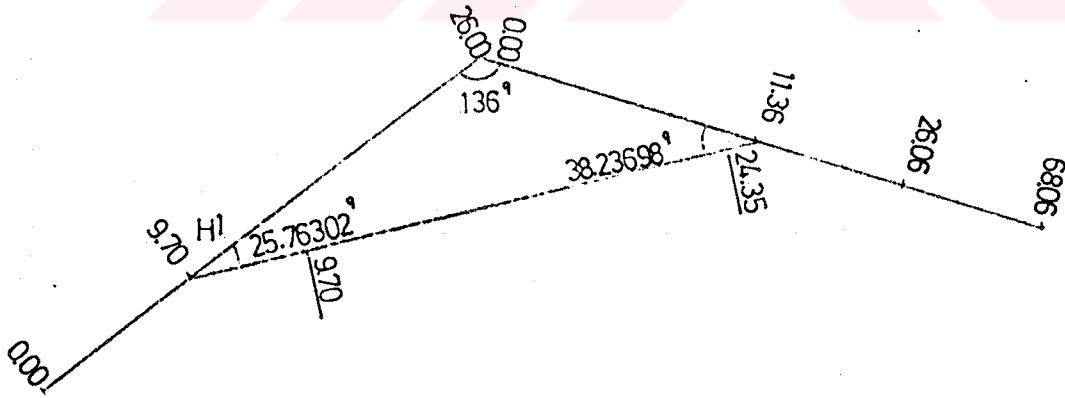
$$l = \frac{31}{40} = 0.775 \quad \tau = 19.11899^\circ$$

$$\delta = 64 - 2 \cdot 2.19.11849 = 25.76^\circ$$

$2\tau = 38.23698$ olan açının tk ve t1 değerlerine birim klotoid tablosundan bakalım

$$tk = 0.377186 \times 40 = 15.09$$

$$t1 = 0.742768 \times 40 = 29.71$$



$$\frac{X}{\sin 25.76302^\circ} = \frac{16.30}{\sin 38.23698^\circ} \quad X = 11.36$$

$$\frac{Y}{\sin 136^\circ} = \frac{16.30}{\sin 38.23698^\circ} \quad Y = 24.35$$

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
10..... Mühürüğü

13.61-NOKTA KÖORDİNAT HESAPLARI
KÖORDİNAT HESAP CETVELİ

Yolun Adı : YAVUZ SULTAN SELİM
Hesap Eden : Gürül MARZOĞLU
Kontrol Eden :

| P.N | Ara Uzaklık Δ L (2) | Topoğrafya Açısı (3) | Sampa açısı (4) | | Jizman (5) | Semt (6) | Cos (7) | Sin (8) | $\Delta X = \Delta L \cdot \cos$ N + S - (9) | $\Delta Y = \Delta L \cdot \sin$ E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|-----|---------------------------|----------------------------|-----------------|-----|------------|----------|---------|---------|--|---|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| F | 12.00 | | | | | 283.3718 | | | | | 4420.39 | 1287.39 |
| KB | 14.70 | | | | | 283.3718 | | | | | 4417.29 | 1275.80 |
| H7 | 36.26 | | | | | 283.3718 | | | | | 4413.49 | 1261.60 |
| S4 | 16.00 | | | | | 339.7918 | | | | | 4404.13 | 1226.57 |
| H6 | 34.96 | | | | | 339.7918 | | | | | 4413.49 | 1213.60 |
| D1 | 60.40 | | | | | 339.7918 | | | | | 4433.95 | 1185.24 |
| S3 | 60.40 | | | | | 397.1018 | | | | | 4469.29 | 1136.26 |
| C1 | 82.30 | | | | | 397.1018 | | | | | 4529.63 | 1133.51 |
| H5 | | | | | | | | | | | 4611.84 | 1129.76 |

Yolun Adı : YAYUZ SULTAN SELİM.....
 Hesap Eden : GÜROL MARZİOĞLU.....
 Kontrol Eden :

- 37 -

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
 10..... Müdürlüğü

KOORDİNAT HESAP CETVELİ

| P.N | Ara Uzaklık AL (2) | Topoğrafya Açısı (3) | Sampa açısı (4) | | Jizman (5) | Semt (6) | Cos (7) | Sin (8) | Ax=AL Cos N + S - (9) | AY = AL Sin E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|-----|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|------------|----------|---------|---------|-----------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| H5 | 3327 | | | | | 397.1018 | | | | | 4611.84 | 1129.76 |
| S2 | | | | | | | | | | | 4645.08 | 1128.25 |
| H4 | 17.35 | | | | | 106.2818 | | | | | 4635.43 | 1225.67 |
| KB2 | 47.00 | | | | | 106.2818 | | | | | 4633.72 | 1242.94 |
| C | 26.67 | | | | | 106.2818 | | | | | 4629.06 | 1290.03 |
| B | 50 m | | | | | 106.2818 | | | | | 4626.43 | 1316.57 |
| KB1 | 19.65 | | | | | 106.2818 | | | | | 4621.50 | 1366.33 |
| H3 | 83.49 | | | | | 106.2818 | | | | | 4619.59 | 1385.88 |
| S1 | | | | | | | | | | | 4611.40 | 1468.33 |

Form Stok No : 7582607

| P.N | Ara Uzaklık AL (2) | Topografya Açısı (3) | Sampın açısı (4) | | Jizman (5) | Semt (6) | Cos (7) | Sin (8) | Ax = AL Cos N + S - (9) | Ay = AL Sin E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|-----|-----------------------|-------------------------|------------------|-----|------------|----------|---------|---------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| SI | 83.49 | | | | | 74.3418 | | | | | 4511.40 | 1468.33 |
| HI | | | | | | | | | | | 4544.15 | 1545.13 |
| H3 | 17.35 | | | | | 100.5018 | | | | | 4619.59 | 1385.88 |
| KSI | | | | | | | | | | | 4619.42 | 1403.23 |
| HI | 19.65 | | | | | 74.3418 | | | | | 4644.15 | 1545.13 |
| KB | | | | | | | | | | | 4651.60 | 1562.62 |

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
10. Müdürlüğü

KOORDİNAT HESAP CETVELİ

31

Yolun Adı : YAVUZ SULTAN SELİM
Hesap Eden : Gürol MARZİOĞLU
Kontrol Eden :

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

10. Nispetiye

KOORDİNAT HESAP CETVELİ

Yolun Adı

YAVUZ SULTAN SELİM

Hesap Eden

Gürül MARZİOĞLU

Kontrol Eden

| P.N | Ara Uzaklık A.L. (2) | Topografya Açısı (3) | Sampya açısı (4) | | Jizman (5) | Semt (6) | Cos (7) | Sin (8) | A = ΔL Cos N + S - (9) | | ΔY = ΔL Sin E + W - (10) | | (X) (11) | Y (12) |
|-----|----------------------------|----------------------------|------------------|-----|------------|----------|---------|---------|------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | | | |
| KB2 | 62.00 | | | | | 106 2818 | | | | | | | 4533.72 | 1242.94 |
| S2 | | | | | | | | | | | | | 4627.51 | 1304.54 |
| S2 | 62.00 | | | | | 205 7718 | | | | | | | 4627.61 | 1304.64 |
| B | | | | | | | | | | | | | 4555.86 | 1299.03 |

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

10. Müdürlüğe

KOORDİNAT HESAP CETVELİ

- 38 -

Yolun Adı

YAVUZ SULTAN SELİM

Hesap Eden

Gürol MARZIOĞLU

Kontrol Eden

| P.N | Ara Uzaklık AL (2) | Topografya Açısı (3) | Sampya açısı (4) | | Jizman (5) | Semt (6) | Cos (7) | Sin (8) | Ax = AL Cos N + S - (9) | Ay = AL Sin E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|-----|-----------------------|-------------------------|------------------|-----|------------|----------|---------|---------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| KSI | 64,58 | | | | | | | | | | 4519,42 | 1403,23 |
| H2 | 54,58 | | | | | 80,1218 | | | | | 4618,91 | 1467,81 |
| KS | | | | | | | | | | | 4638,75 | 1529,27 |
| B1 | 5,20 | | | | | 305,7718 | | | | | 4565,36 | 1299,03 |
| C1 | 9,70 | | | | | 205,7718 | | | | | 4566,33 | 1293,85 |
| H1 | | | | | | | | | | | 4555,67 | 1297,97 |

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
10. Müdürlüğü

COORDİNAT HESAP CETVELİ

22

Yolun Adı

: YAVUZ SULTAN SELİM

Hesap Eden

: GÜROL MARZİOĞLU

Kontrol Eden

| P.N | Ara Uzaklık AL (2) | Topografya Açısı (3) | Sampa açısı (4) | | Jizman (5) | Sant (6) | Cos (7) | Sin (8) | Δx = AL Cos N + S - (9) | Δy = AL Sin E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|-----|--------------------------|----------------------------|-----------------|-----|------------|----------|---------|---------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| H1 | 9.70 | | | | | 231.5348 | | | | | 4556.67 | 1292.97 |
| K51 | | | | | | | | | | | 4510.14 | 1288.36 |
| H | 14.70 | | | | | 269.7718 | | | | | 4535.25 | 1281.40 |
| K91 | | | | | | | | | | | 4528.55 | 1268.38 |
| F | 8.70 | | | | | 383.3718 | | | | | 4420.39 | 1287.39 |
| F5 | | | | | | | | | | | 4428.79 | 1285.14 |

Form Stok No : 7582607

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

10 Müdürlüğü

KOORDİNAT HESAP CETVELİ

281

Hesap Eden
Kontrol EdenYAVUZ SULTAN SELİM
Gürol MARZİOĞLU

| P.N | Ara Uzaklık ΔL (2) | Topografya Açısı (3) | Sampa açısı (4) | | Jizman (5) | Semt (6) | Cos (7) | Sin (8) | Δx = ΔL Cos N + S - (9) | Δy = ΔL Sin E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|-----|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----|------------|----------|---------|---------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| SS | 34.16 | | | | | 233.3713 | | | | | 4428.73 | 1285.14 |
| SS | 34.16 | | | | | 321.5418 | | | | | 4413.97 | 1252.14 |
| ES | | | | | | | | | | | 4431.31 | 1219.92 |

1. Ara noktası ölçülen noktalar

4

Sema Anlatı: Erişilebilirlik

5

İzmaniye Dir. Anlatı: Her nokta için

8

Harita: Çamaşçı

Form Stok No : 7582607

| P.N | Ara Uzaklık AL (2) | Topografya Açısı (3) | Sampya açısı (4) | | Jizman (5) | Semit (6) | Cos (7) | Sin (8) | Δx = AL Cos N + S - (9) | Δy = AL Sin E + W - (10) | (X) (11) | Y (12) |
|------|--------------------------|----------------------------|------------------|-----|---------------|-----------|---------|---------|-------------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|
| | | | Sol | Sağ | | | | | | | | |
| H' | 16.30 | | | | | 205.7718 | | | | | 4556.67 | 1292.97 |
| SI' | 11.36 | | | | | 269.7718 | | | | | 4540.44 | 1291.50 |
| H | | | | | | | | | | | 4538.25 | 1281.40 |
| KB' | 42.00 | | | | | 259.7718 | | | | | 4528.55 | 1258.38 |
| A' | | | | | | | | | | | 4509.35 | 1231.03 |
| F5' | 72.82 | | | | | 321.5418 | | | | | 4431.31 | 1219.92 |
| S2' | 72.82. | | | | | 74.0418 | | | | | 4455.48 | 1151.23 |
| F2'' | | | | | | | | | | | 4484.36 | 1218.08 |

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

10. Müdürlüğü

KOORDİNAT HESAP CETVELİ

- 29 -

Yolun Adı

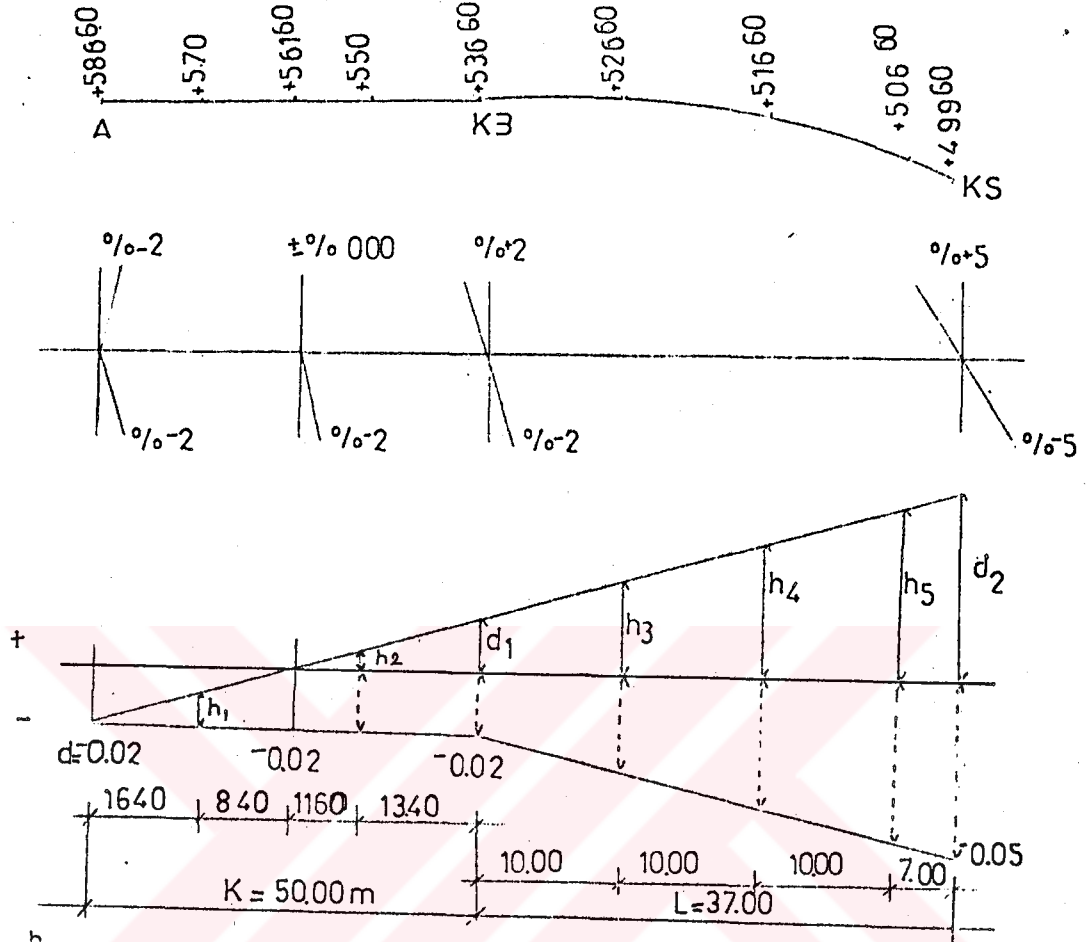
YAVUZ SULTAN SELİM

Hesap Eden

GÜRÖL MARZİOĞLU

Kontrol Eden

13.7 KLOTOİDLERDE DEVER HESAPLARI
13.71.1 NOLU KLOTOİDDE DEVER HESABI

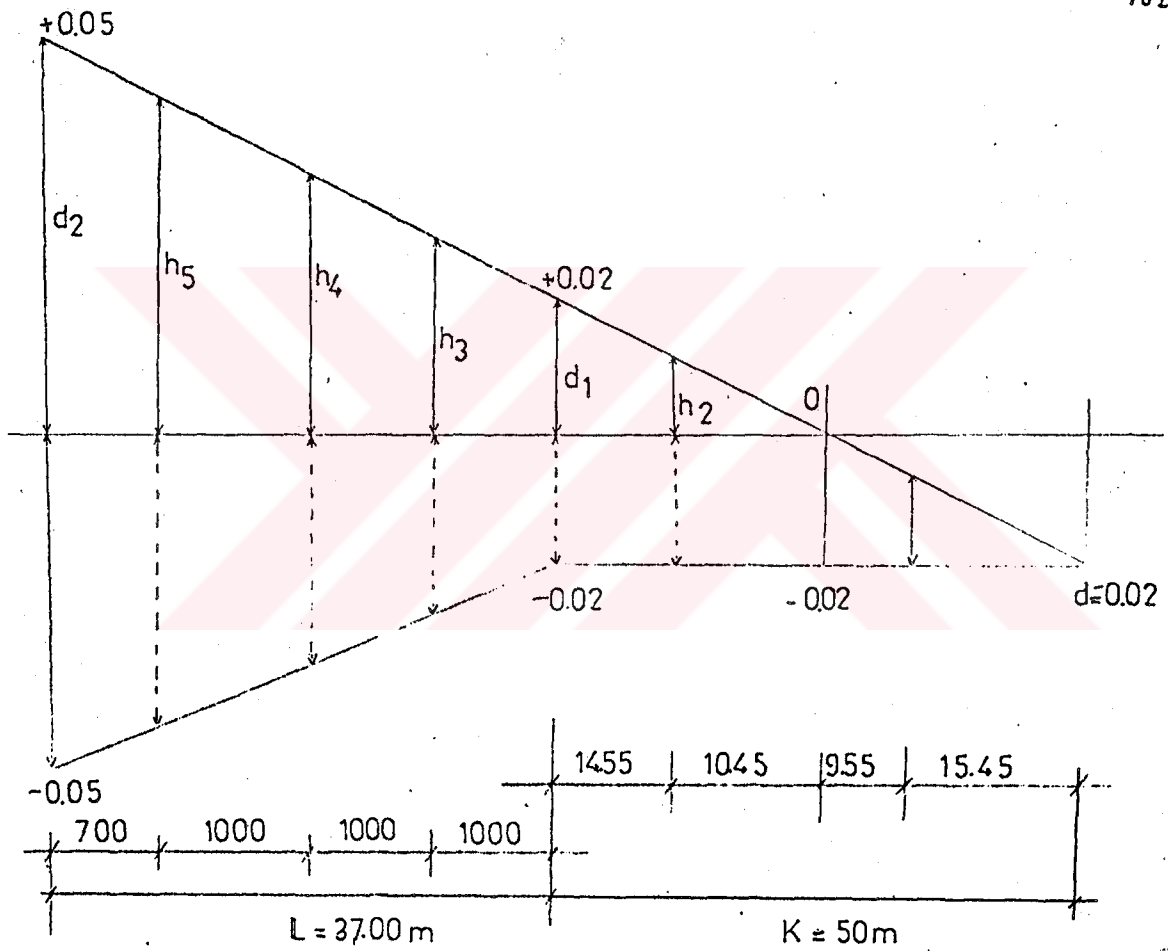
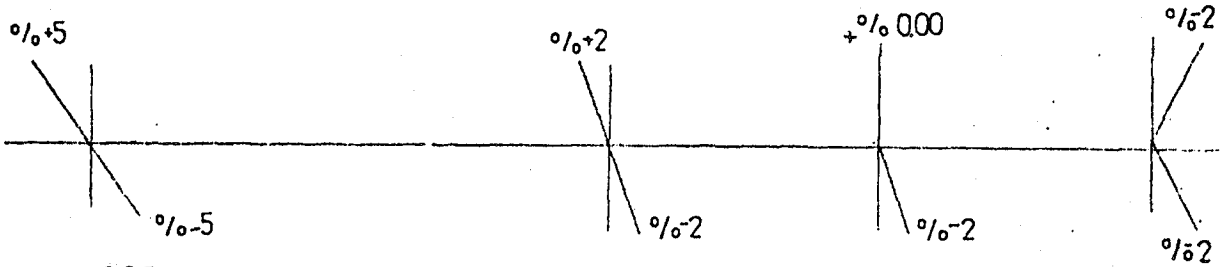
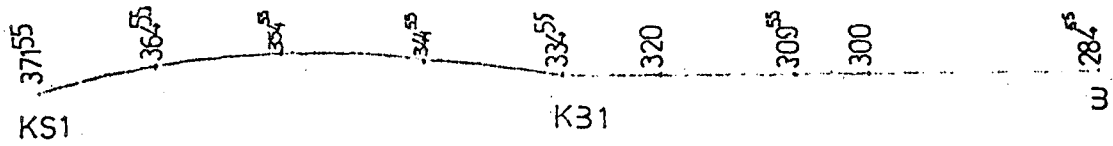


$$h_1 = \frac{0.02}{16.60 - 16.60 + 8.40} = h_1 = \% 1.5 (-) \quad \text{Not: Max dever \% 5 olarak alınacak.}$$

$$h_2 = \frac{0.02}{1.60 - 16.60 + 13.40} = h_2 = \% 1 (+) \quad h_3 = \frac{0.02}{11.60 + 13.40 + 10.00} = \frac{0.02}{11.60 + 13.40} = h_3 = \% (+)$$

$$h_4 = \frac{0.02}{.00 - 25} = h_4 = \% 4 (+) \quad h_5 = \frac{0.02}{55.00 - 25} = h_5 = \% 4.5 (+)$$

| | DEVER % | | DÜŞÜNCELER | |
|----|--------------------|-------------|------------|-----------------------|
| | K.M. Sİ | SOL TARAFTA | | SAĞ TARAFTA |
| A | +158 ⁶⁰ | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALINYMANDA) |
| | +570 | -1.5 | -2.0 | |
| | +561 | 0 | -2.0 | |
| | +550 | +1.0 | -2.0 | |
| KB | +536 ⁶⁰ | +0.2 | -0.2 | MAX. DEVER |
| | +526 ⁶⁰ | +3.0 | -3.0 | |
| | +516 ⁶⁰ | +4.0 | -4.0 | |
| | +506 ⁶⁰ | +4.5 | -4.5 | |
| KS | +499 ⁶⁰ | +5.0 | -5.0 | |



$$\frac{h_1}{15.45} = \frac{0.02}{25.00} = h_1 = \% 1.5 (-) \quad \frac{h_2}{10.45} = \frac{0.02}{25.00} = h_2 = \% 1 (+)$$

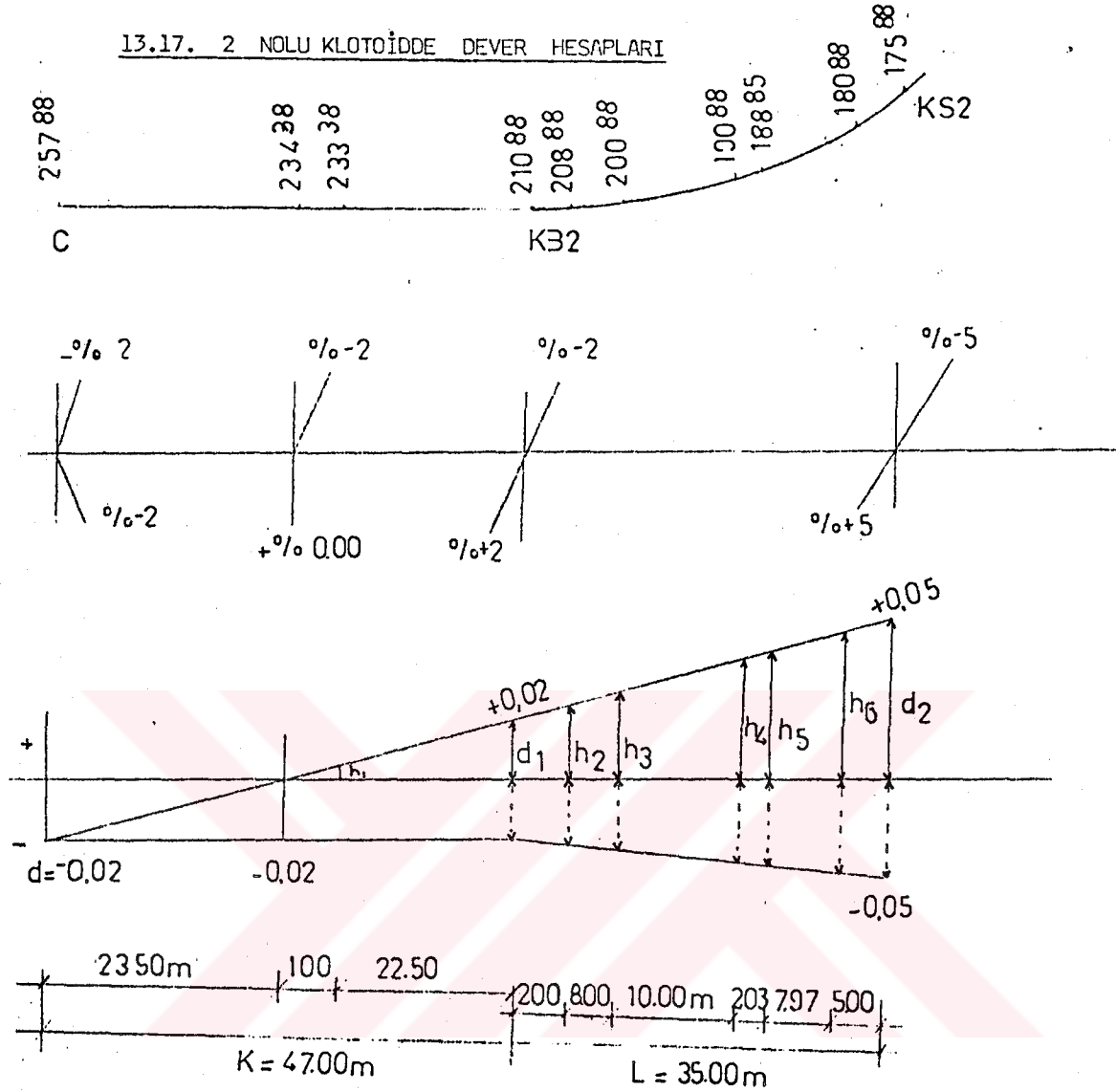
$$\frac{h_5}{55.00} = \frac{0.02}{25.00} = h_5 = \% 4.5 (+) \quad \frac{h_3}{35.00} = \frac{0.02}{25.00} = h_3 = \% 3 (\pm)$$

$$\frac{h_4}{45.00} = \frac{0.02}{25.00} = h_4 = \% 4 (\pm)$$

| DEVER (%) | | | D Ü Ş Ü N C E L E R |
|-------------------|-----------|-----------|---------------------|
| KM'Sİ | SOL TARAF | SAĞ TARAF | |
| B +284 <u>55</u> | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALINYMANDA) |
| +300 | -1.5 | -2.0 | |
| +309 <u>55</u> | 0 | -2.0 | |
| +320 | +1.0 | -2.0 | |
| KB1+334 <u>55</u> | +2.0 | -2.0 | |
| +344 <u>55</u> | +3.0 | -3.0 | |
| +354 <u>55</u> | +4.0 | -4.0 | |
| +364 <u>55</u> | +4.5 | -4.5 | |
| KS1+371 <u>55</u> | +5.0 | -5.0 | MAX. DEVER |



13.17. 2 NOLU KLOTOİDDE DEVER HESAPLARI



$$\frac{h_1}{1.00} = \frac{0.02}{23.50} = h_1 = \% 0.00 \quad \frac{h_2}{25.50} = \frac{0.02}{23.50} = h_2 = \% 2 (\bar{+})$$

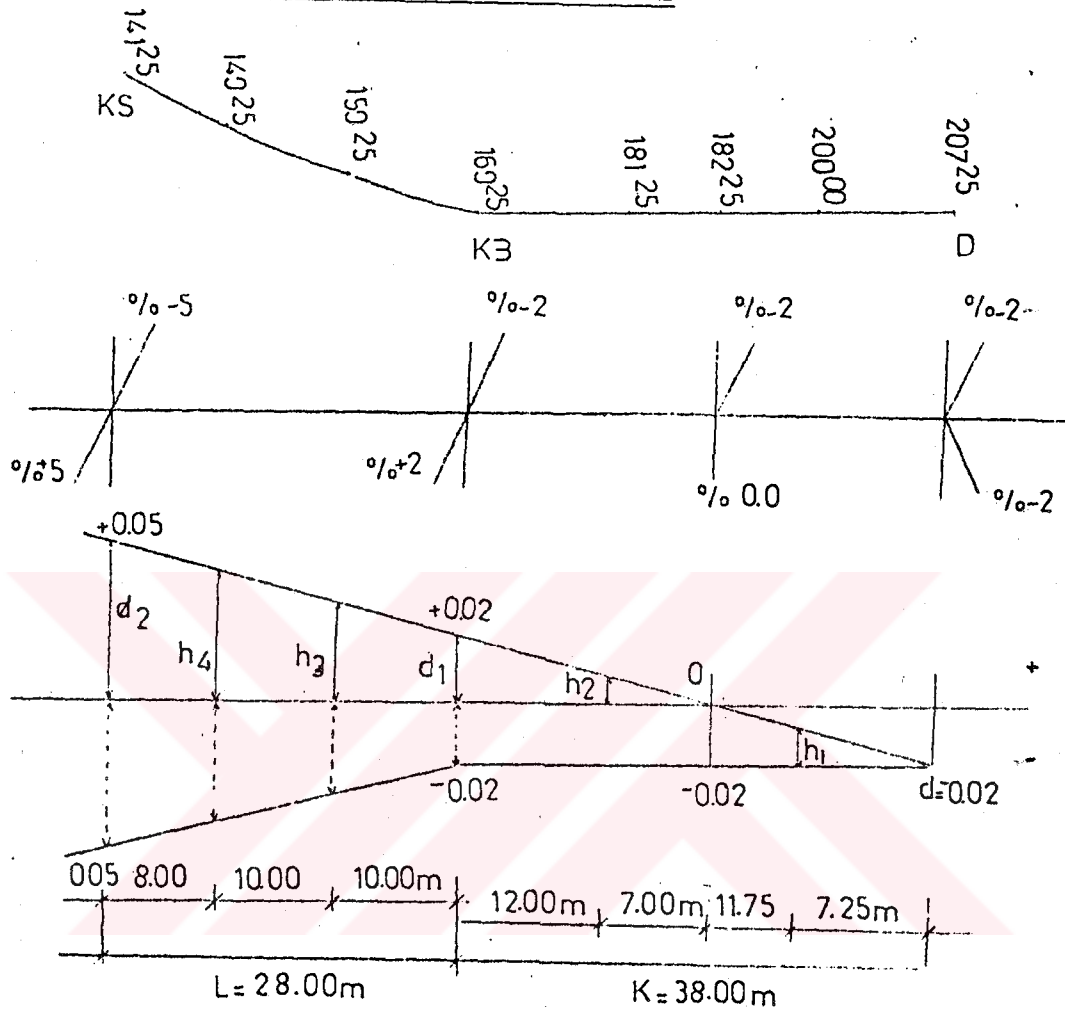
$$\frac{h_3}{23.50} = \frac{0.02}{23.50} = h_3 = \% 3 (\bar{+}) \quad \frac{h_5}{45.53} = \frac{0.02}{23.50} = h_5 = \% 4 (\bar{+})$$

$$\frac{h_4}{43.50} = \frac{0.02}{23.50} = h_4 = \% 4 (\bar{+})$$

$$\frac{h_6}{63.50} = \frac{0.02}{23.50} = h_6 = \% 4.5 (\bar{+})$$

| DEVER (%) | | | D Ü Ş Ü N C E L E R |
|--------------------------------|-----------|-------------|---------------------|
| KM'Sİ | SOL TARAF | S A Ğ TARAF | |
| C +257 <u>88</u> | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALİNYMANDA) |
| +234 <u>38</u> | -2.0 | 0 | |
| +233 <u>38</u> | -2.0 | 0 | |
| KB ₂ +210 <u>88</u> | -2.0 | +2.0 | |
| +208 <u>88</u> | -2.0 | +2.0 | |
| +200 <u>88</u> | -3.0 | +3.0 | |
| +190 <u>88</u> | -4.0 | +4.0 | |
| +188 <u>85</u> | -4.0 | +4.0 | |
| +180 <u>88</u> | -4.5 | +4.5 | |
| KS ₂ +175 <u>88</u> | -5.0 | +5.0 | MAX. DEVER |

13.73. 3 NOLU KLOTOİDDE DEVER HESAPLARI



$$\frac{h_1}{7.51 - 19.00} = \frac{0.02}{-19.00} = h_1 = \% 1 (-)$$

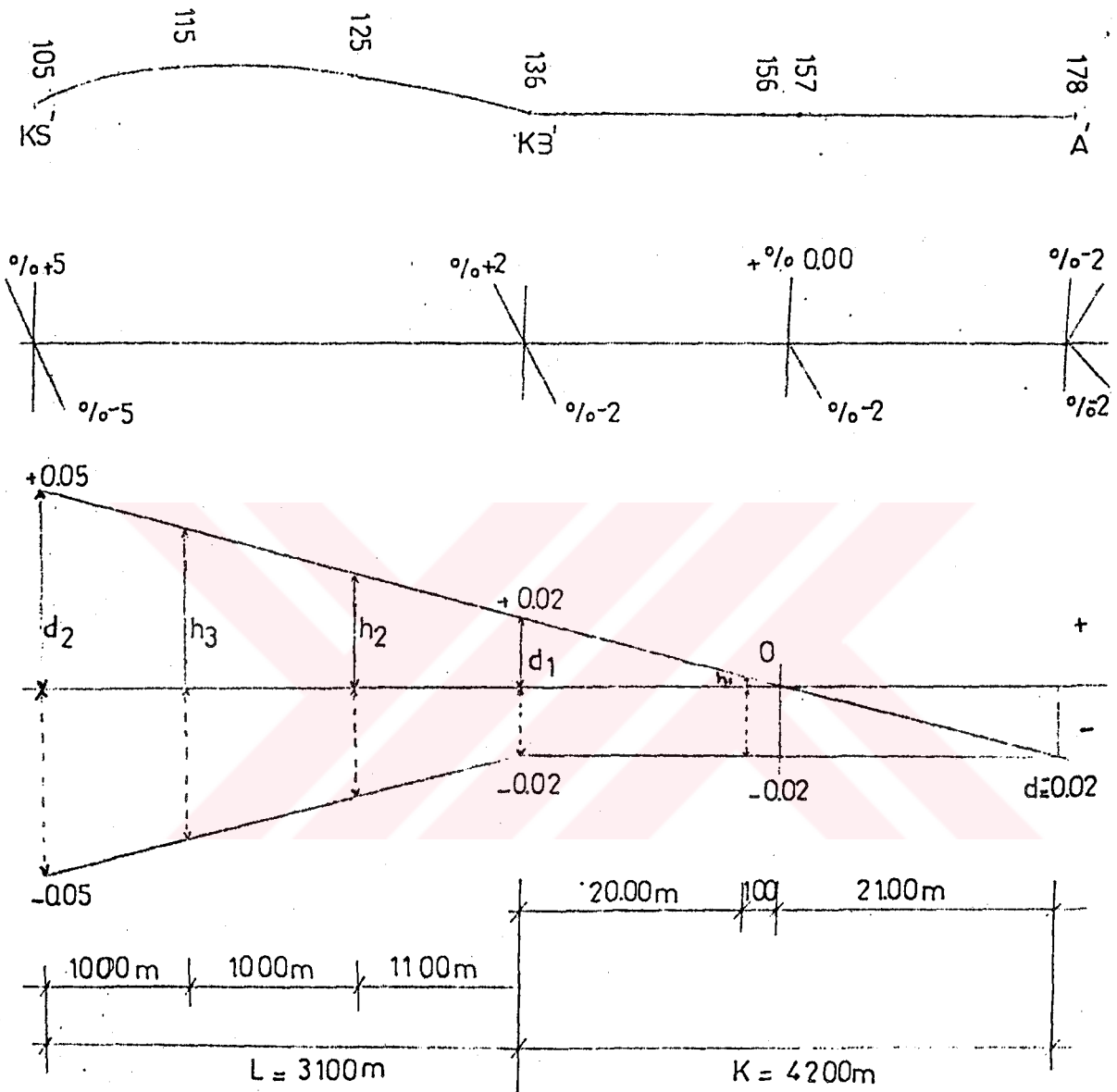
$$\frac{h_2}{7.00 - 19.00} = \frac{0.02}{-19.00} = h_2 = \% 1 (+)$$

$$\frac{h_3}{29.00 - 19.00} = \frac{0.02}{19.00} = h_3 = \% 3 (+)$$

$$\frac{h_4}{39.00 - 19.00} = \frac{0.02}{20.00} = h_4 = \% 4 (+)$$

| DEVER (%) | | | D Ü Ş Ü N C E L E R |
|------------------|-----------|-----------|---------------------|
| KM'Sİ | SOL TARAF | SAĞ TARAF | |
| KS+141 <u>25</u> | -5.0 | +5.0 | MAX. DEVER |
| +149 <u>25</u> | -4.0 | +4.0 | |
| +159 <u>25</u> | -3.0 | +3.0 | |
| KB+169 <u>25</u> | -2.0 | +2.0 | |
| +181 <u>25</u> | -2.0 | +1.0 | |
| +188 <u>25</u> | -2.0 | 0 | |
| +200 | -2.0 | -1.0 | |
| D+207 <u>25</u> | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALINYMANDA) |

13.74 2 NOLU KOLDAKI KLOTOİDİN DEVER HESAPLARI

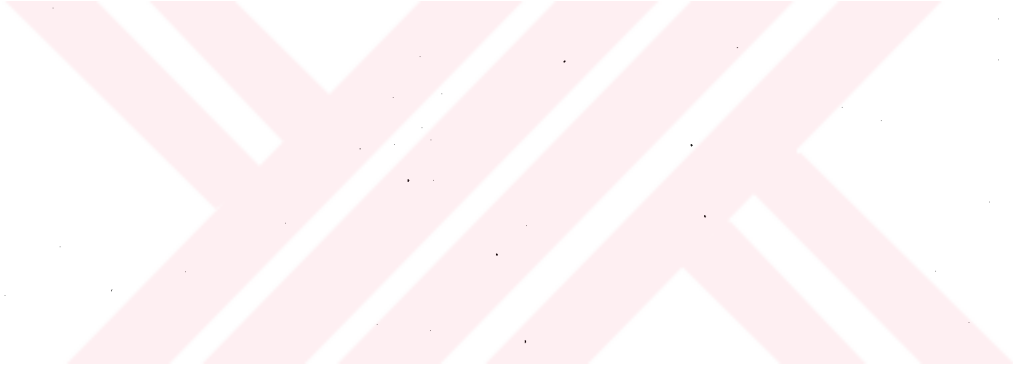


$$\frac{h_1}{1.00} = \frac{0.02}{21.00} = h_1 = \% 0.00$$

$$\frac{h_2}{32.00} = \frac{0.02}{21.00} = h_2 = \% 3 (\bar{+})$$

$$\frac{h_3}{42.00} = \frac{0.02}{21.00} = h_3 = \% 4 (\bar{+})$$

| DEVER (%) | | | D Ü Ş Ü N C E L E R |
|-----------|-------------|-------------|---------------------|
| KM'Sİ | SOL TARAFTA | SAĞ TARAFTA | |
| A 0+178 | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALINYMANDA) |
| +157 | 0.0 | -2.0 | |
| +156 | 0.0 | -2.0 | |
| KB +136 | +2.0 | -2.0 | |
| +125 | +3.0 | -3.0 | |
| +115 | +4.0 | -4.0 | |
| KS +105 | +5.0 | -5.0 | MAX DEVER |



13.75. TÜM KLOTOİD NOKTALARININ DEVER HESAPLARININ ÖZETİ

| KM'Sİ | DEVER(%) | | DÜŞÜNCELER |
|-----------------------|------------|------------|-------------------|
| | SOL TARAFI | SAĞ TARAFI | |
| 0+735 | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALİYMANDA) |
| +720 | -2.0 | -2.0 | |
| +705 | -2.0 | -2.0 | |
| +690 | -2.0 | -2.0 | |
| +675 | -2.0 | -2.0 | |
| +660 | -2.0 | -2.0 | |
| +645 | -2.0 | -2.0 | |
| +630 | -2.0 | -2.0 | |
| +615 | -2.0 | -2.0 | |
| +600 | -2.0 | -2.0 | |
| A+586 ⁶⁰ | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALİYMANDA) |
| +570 | -1.5 | -2.0 | |
| +550 | +1.0 | -2.0 | |
| KB+536 ⁶⁰ | +2.0 | -2.0 | |
| KS+449 ⁶⁰ | +5.0 | -5.0 | MAX DEVER |
| +480 | +5.0 | -5.0 | " |
| +465 | +5.0 | -5.0 | " |
| +450 | +5.0 | -5.0 | " |
| +435 | +5.0 | -5.0 | " |
| +420 | +5.0 | -5.0 | " |
| +405 | +5.0 | -5.0 | " |
| +390 | +5.0 | -5.0 | " |
| KS1+371 ⁵⁵ | +5.0 | -5.0 | " |
| KB1+334 ⁵⁵ | +2.0 | -2.0 | |
| +320 | +1.0 | -2.0 | |
| +300 | -1.5 | -2.0 | |
| B+284 ⁵⁵ | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALİYMANDA) |
| +275 | -2.0 | -2.0 | " " |
| C+257 ⁸⁸ | -2.0 | -2.0 | BOMBE (ALİYMANDA) |

| KM'Sİ | DEVER(%) | | DÜŞÜNCELER |
|----------------------|------------|------------|--------------------|
| | SOL TARAFI | SAĞ TARAFI | |
| 0+070 ⁵⁰ | -5.0 | +5.0 | MAX. DEVER |
| +050 ²⁵ | -5.0 | +5.0 | |
| +038 ⁴⁰ | -5.0 | +5.0 | |
| +030 ¹² | -5.0 | +5.0 | |
| +010 ¹² | -5.0 | +5.0 | |
| +009 ³⁸ | -5.0 | +5.0 | |
| +026 ⁸⁸ | -5.0 | +5.0 | |
| +044 ⁸⁸ | -5.0 | +5.0 | |
| +060 ⁶³ | -5.0 | +5.0 | |
| +074 ¹³ | -5.0 | +5.0 | |
| +084 ⁷⁵ | -5.0 | +5.0 | |
| +099 ⁷⁵ | -5.0 | +5.0 | |
| +114 ⁷⁵ | -5.0 | +5.0 | |
| +129 ⁷⁵ | -5.0 | +5.0 | |
| +135 | -5.0 | +5.0 | |
| KS+141 ²⁵ | -5.0 | +5.0 | MAX. DEVER |
| KB+169 ²⁵ | -2.0 | +2.0 | |
| +181 ²⁵ | -2.0 | +1.0 | |
| +200 | -2.0 | +1.0 | |
| D+207 ²⁵ | -2.0 | +2.0 | BOMBE (AL İYMANDA) |
| +215 | -2.0 | -2.0 | |
| +230 | -2.0 | -2.0 | |
| +245 | -2.0 | -2.0 | |
| +260 | -2.0 | -2.0 | |
| +275 | -2.0 | -2.0 | |
| +285 | -2.0 | -2.0 | |
| +300 | -2.0 | -2.0 | |
| +315 | -2.0 | -2.0 | |
| +330 | -2.0 | -2.0 | |

13.78 4 NOLU YOLUN NORMAL KURP DEVER HESABI

| KM | Dever Oranı (d) % | |
|----------------------|----------------------|------|
| | SAG | SOL |
| A +185 | -2,0 | -2,0 |
| +174 | -2,0 | +0,5 |
| +155 | -2,5 | +2,5 |
| +144 | -4,5 | -4,5 |
| B +140 | -5,0 | +5,0 |
| +135 | -5,0 | +5,0 |
| B +126 | -5,0 | +5,0 |
| +127 | -5,0 | +5,0 |
| +111 | -2,5 | +2,5 |
| +097 | -2,0 | +0,5 |
| +091 | -2,0 | -0,5 |
| A +081 | -2,0 | -2,0 |
| +071 | +0,5 | -2,0 |
| +066 | +0,5 | -2,0 |
| +051 | +2,5 | -2,5 |
| +044 ⁵⁰ | +0,4 | -0,4 |
| +036 | +5,0 | -5,0 |
| +030 ⁵⁰ | +5,0 | -5,0 |
| B +017 ⁵⁰ | +5,0 | -5,0 |
| +016 ⁵⁰ | +5,0 | -5,0 |
| +002 ⁵⁰ | +2,5 | -2,5 |
| +000 | +2,5 | -2,5 |
| A +027 ⁵⁰ | -2,0 | -2,0 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
10. BÖLGE..... Müdürlüğü

7582611 - KÜBAJ CETVELİ

SAYFA NO.

PROJE VE YOL NO. ...3. NOLU.....

HAZIRLAYAN : G. MARZİOĞLU
KONTROL EDEN :

| DEVER % | SAG | Genişleme (E) | KILOMETRE | ARA İNCELEME (m) | SIVAH KOT | DÜŞEY KURPT EĞİM % | KIRMIZI KOT | DÜŞEY KURPTA | | STABİLİZE Kalınlığı (E) | A L A N (m ²) | | SIKIŞMA % | Kabaçma % | H A C İ M (m ³) | | BİRİNER DEĞERİ (m ³) |
|---------|-----|---------------|-----------|------------------|-----------|--------------------|-------------|--------------|-------|-------------------------|---------------------------|-------|-----------|-----------|-----------------------------|-------|----------------------------------|
| | | | | | | | | FARK (m) | KOT | | YARMA | DOLMA | | | YARMA | DOLMA | |
| | | | 0+284,55 | | | | 8.05 | 0.00 | 8.05 | | | | | | | | |
| | | | +257,88 | | | | 8.61 | 0.03 | 8.58 | | | | | | | | |
| | | | +234,38 | | | | 9.11 | 0.10 | 9.01 | | | | | | | | |
| | | | +210,88 | | +210,88 | | 9.60 | 0.22 | 9.38 | | | | | | | | |
| | | | +208,88 | | | | 9.62 | 0.20 | 9.42 | | | | | | | | |
| | | | +188,85 | | | | 9.81 | 0.11 | 9.70 | | | | | | | | |
| | | | +175,88 | | | | 9.93 | 0.06 | 9.87 | | | | | | | | |
| | | | +168,85 | | | | 10.00 | 0.04 | 9.96 | | | | | | | | |
| | | | +148,80 | | | | 10.19 | 0.01 | 10.18 | | | | | | | | |
| | | | +129,25 | | +135,88 | | 10.31 | 0.00 | 10.31 | | | | | | | | |
| | | | +109,70 | | | | 10.56 | | | | | | | | | | |
| | | | +090,15 | | | | 10.75 | | | | | | | | | | |
| | | | +070,50 | | | | 10.93 | | | | | | | | | | |
| | | | +050,95 | | | | 11.12 | | | | | | | | | | |
| | | | +038,40 | | | | 11.24 | | | | | | | | | | |
| | | | +030,12 | | | | 11.32 | | | | | | | | | | |
| | | | +010,12 | | | | 11.51 | | | | | | | | | | |
| | | | +009,38 | | | | 11.65 | | | | | | | | | | |
| | | | +028,88 | | | | 11.86 | | | | | | | | | | |

13.9 KLOTOİDİN ARA NOKTALARININ APLİKASYONU

13.91 Teğetten Aplikasyon

1-Birim Klotoide göre :

$$\begin{aligned}
 V &= 65 \text{ km/h} & L &= 28 \text{ m} \\
 R &= 107.37 \text{ m} & A &= 54.83 \\
 \Delta &= 56.42 & \tau &= 8.31174^\circ \\
 T &= 50.96 & \delta &= 39.7965
 \end{aligned}$$

Tablo 13.911

| L | (L/A) | X | Y | X(m) | Y(m) |
|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 7 | 0.128 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.00 | 0.02 |
| 14 | 0.255 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.98 | 0.15 |
| 21 | 0.383 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.99 | 0.51 |
| 28 | 0.511 | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.97 | 1.22 |

A PARAMETRESİNE GÖRE :

A= 54.83 = 55 olarak düşünülürse ;

Tablo. 13.912

| L | X | Y |
|----|-------|------|
| 7 | 7.00 | 0.02 |
| 14 | 14.00 | 0.16 |
| 21 | 20.99 | 0.52 |
| 28 | 27.95 | 1.21 |

Tablo.13.913

Tablodaki değerleri A= 55

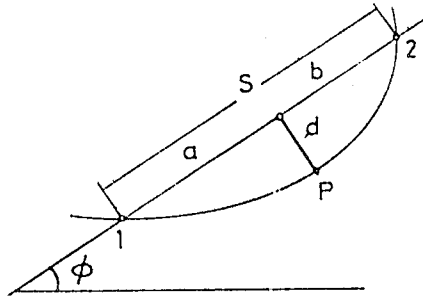
| L | X | Y | L | X | Y |
|----|--------|-------|----|--------|-------|
| 4 | 4.000 | 0.004 | 32 | 31.908 | 1.802 |
| 8 | 8.000 | 0.028 | 36 | 35.835 | 2.562 |
| 12 | 11.999 | 0.095 | 40 | 39.721 | 3.509 |
| 16 | 15.997 | 0.226 | 44 | 43.552 | 4.659 |
| 20 | 19.991 | 0.441 | 48 | 47.309 | 6.030 |
| 24 | 23.973 | 0.761 | 52 | 50.971 | 7.637 |
| 28 | 27.953 | 1.208 | 56 | 54.514 | 9.492 |

olarak bulunur. Şöyleki,

L= 7 için ;

Enterpolasyon yapılırsa;

13.92. KIRIŞTEN APLİKASYON



$$A = 54.83 \quad L_1 = 0, \quad L_2 = 7, \quad L_3 = 14, \quad L_4 = 21, \quad L_5 = 28$$

Tablo 13.921

| NOK | L | L/A | x | y | X | Y |
|-----|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00 | 0.00 |
| N | 7 | 0.128 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.02 | 0.02 |
| K | 14 | 0.255 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.98 | 0.15 |
| L | 21 | 0.383 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.99 | 0.51 |
| 2 | 28 | 0.511 | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.97 | 1.22 |

$$X_2 - X_1 = 27.97, \quad Y_2 - Y_1 = 1.22, \quad S = 27.996$$

$$\cos \phi = (X_2 - X_1) / S$$

$$\sin \phi = (Y_2 - Y_1) / S$$

$$\cos \phi = 0.9990713$$

$$\sin \phi = 0.0435776$$

$$a = (X - X_1) \cos \phi + (Y - Y_1) \sin \phi$$

$$b = (X_2 - X) \cos \phi + (Y_2 - Y) \sin \phi$$

$$S = a + b$$

$$d = -(Y - Y_1) \cos \phi + (X - X_1) \sin \phi$$

$$= (Y_2 - Y) \cos \phi - (X_2 - X) \sin \phi$$

$$a_1 = 7.00 \times 0.9990713 + 0.02 \times 0.0435776 = 6.994$$

$$b_1 = 20.97 \times 0.9990713 + 1.20 \times 0.0435776 = \underline{21.00}$$

27.994 Kontrol

$$a_2 = 13.98 \times 0.9990713 + 0.15 \times 0.0435776 = 13.974$$

$$b_2 = 13.99 \times 0.9990713 + 1.07 \times 0.0435776 = \underline{14.024}$$

27.998 Kontrol

$$a_3 = 20.99 \times 0.9990713 + 0.51 \times 0.0435776 = 20.993$$

$$b_3 = 6.98 \times 0.9990713 + 0.71 \times 0.0435776 = \underline{7.004}$$

27.997 Kontrol

$$d_1 = -0.02 \times 0.9990713 + 7.00 \times 0.0435776 = 0.285$$

Kontrol

$$d_1 = 1.20 \times 0.9990713 - 20.97 \times 0.0435776 = 0.285$$

$$d_2 = -0.15 \times 0.9990713 + 13.98 \times 0.0435776 = 0.459$$

Kontrol

$$d_2 = 1.07 \times 0.9990713 + 13.99 \times 0.0435776 = 0.459$$

$$d_3 = 0.51 \times 0.9990713 + 20.99 \times 0.0435776 = 0.405$$

Kontrol

$$d_3 = 0.71 \times 0.9990713 - 6.98 \times 0.0435776 = 0.405$$

Hesaplamaları daha basit hale getirmek amacıyla ;

$$a = L - L_1$$

$$b = L_2 - L$$

kabulleri yapılarak, d sehimi L'ler cinsinden ;

$$d = \frac{(L - L_1)(L_2 - L)(L_1 + L_2 - L)}{6A^2}$$

bağıntısıyla belirlenir.

Örneğin bu bağıntıyla çözersek;

$$a_1 = 7$$

$$b_1 = 19$$

$$d_1 = \frac{(7-0)(28-7)(28+0+7)}{6 \cdot (54.83)^2} = 0.285 \text{ ..}$$

$$a_2 = 14$$

$$b_2 = 14$$

$$a_3 = 21$$

$$b_3 = 7$$

$$d_2 = \frac{(14-0)(28-14)(28+0+14)}{6 \cdot (54.83)^2} = 0.456$$

$$d_3 = \frac{(21-0)(28-21)(28+0+21)}{6 \cdot (54.83)^2} = 0.399 \text{ ''}$$

olarak bulunur.

13.93 KIRIŞ UZATIMINDAN APLİKASYON



Sek.13.93

$L > L_2 > L_1$ için :

$$e = (X - X_2) \cos \phi + (Y - Y_2) \sin \phi$$

$$d = (Y - Y_1) \cos \phi - (X - X_1) \sin \phi$$

$$= (Y - Y_2) \cos \phi - (X - X_2) \sin \phi$$

Tablo 13.931

| NOK | L | L/A | x | y | X | Y |
|-----|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 1 | 0 | 0 | 0.00000 | 0.00000 | 0.00 | 0.00 |
| N | 7 | 0.128 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.00 | 0.02 |
| K | 14 | 0.255 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.98 | 0.15 |
| L | 21 | 0.383 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.99 | 0.51 |
| 2 | 28 | 0.511 | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.97 | 1.22 |

$$X_2 - X_1 = 7.00$$

$$Y_2 - Y_1 = 0.02 \quad S = 7.00$$

$$\cos \phi = 1$$

$$\sin \phi = 0.00285714$$

$$e_1 = 6.98 \times 1 + 0.13 \times 0.00285714 = 6.98$$

$$d_1 = 0.15 \times 1 - 13.98 \times 0.00285714 = 0.11$$

$$= 0.13 \times 1 - 6.98 \times 0.00285714 = 0.11 \quad \text{Kontrol}$$

$$e_2 = 13.99 \times 1 + 0.49 \times 0.00285714 = 13.991$$

$$d_2 = 0.51 \times 1 - 20.99 \times 0.00285714 = 0.45$$

$$= 0.49 \times 1 - 13.99 \times 0.00285714 = 0.45 \quad \text{Kontrol}$$

$$e_3 = 20.97 \times 1 + 1.20 \times 0.00285714 = 20.973$$

$$d_3 = 1.22 \times 1 - 27.97 \times 0.00285714 = 1.14$$

$$= 1.20 \times 1 - 20.97 \times 0.00285714 = 1.14 \quad \text{Kontrol}$$

Aynı değerler yay uzunluklarına göre;

$$e = L - L_2$$

$$d = \frac{(L - L_1)(L - L_2)(L_1 + L_2 + L)}{6A^2}$$

$$e_1 = 14 - 7 = 7$$

$$d_1 = \frac{(14 - 0)(14 - 7)(0 + 7 + 14)}{6A^2} = 0.11 \quad "$$

$$e_2 = 21 - 7 = 14$$

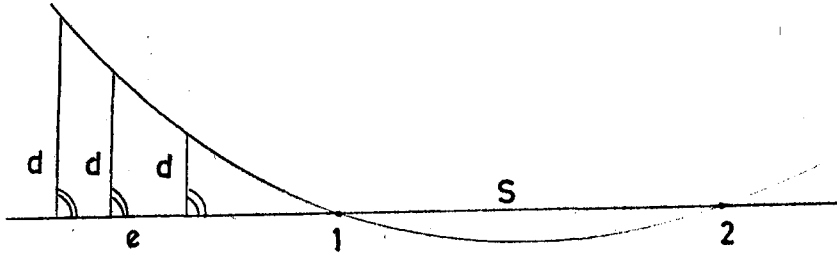
$$d_2 = \frac{(21 - 0)(21 - 7)(0 + 7 + 21)}{6A^2} = 0.456 \quad "$$

$$e_3 = 28 - 7 = 21$$

$$d_3 = \frac{(28 - 0)(28 - 7)(0 + 7 + 28)}{6A^2} = 1.14 \quad "$$

$L = 28,2$ Nokta

$L_1 = 21,1$ "



Şek.13.931

$$X_2 - X_1 = 6,98$$

$$Y_2 - Y_1 = 0,71 \quad S = 7,016$$

$$\cos \phi = 0,9948688$$

$$\sin \phi = 0,1011972$$

II - $L < L_1 < L_2$ için ;

$$e = (X_1 - X) \cos \phi + (Y_1 - Y) \sin \phi$$

$$d = -(Y_1 - Y) \cos \phi + (X_1 - X) \sin \phi$$

$$= -(Y_2 - Y) \cos \phi + (X_2 - X) \sin \phi$$

$$e_1 = 7,01 \times 0,9948688 + 0,36 \times 0,1011972 = 7,01$$

$$d_1 = 0,36 \times 0,9948688 + 7,01 \times 0,1011972 = 0,351$$

kontrol

$$= 1,07 \times 0,9948688 + 13,99 \times 0,1011972 = 0,351$$

$$e_2 = 13,99 \times 0,9948688 + 0,49 \times 0,1011972 = 13,968$$

$$d_2 = 0,49 \times 0,9948688 + 13,99 \times 0,1011972 = 0,928$$

Kontrol

$$= -1,20 \times 0,9948688 + 20,97 \times 0,1011972 = 0,928$$

$$e_3 = 20,99 \times 0,9948688 + 0,51 \times 0,1011972 = 20,934$$

$$d_3 = 0,51 \times 0,9948688 + 20,99 \times 0,1011972 = 1,617$$

Kontrol

$$= -1,22 \times 0,9948688 + 27,97 \times 0,1011972 = 1,617$$

Aynı değerler yay uzunluklarına göre :

$$e = L_1 - L$$

$$d = \frac{(L_1 - L)(L_2 - L)(L_1 + L_2 + L)}{6A^2}$$

$$6A^2$$

$$e_1 = 21 - 14 = 7$$

$$d_1 = \frac{(21-14)(28-14)(21+28+14)}{6A^2} = 0.342$$

$$e_2 = 21 - 7 = 14$$

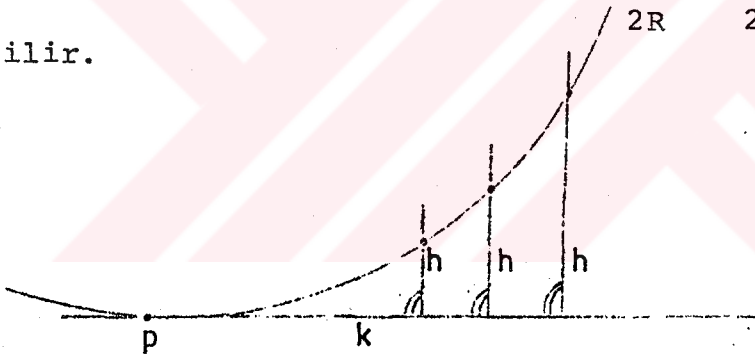
$$d_2 = \frac{(21-7)(28-7)(21+28+7)}{6A^2} = 0.913$$

$$e_3 = 21 - 0 = 21$$

$$d_3 = \frac{(21-0)(28-0)(21+28+0)}{6A^2} = 1.597$$

13.94 Herhangi bir noktadaki Teğetten Aplikasyon

Eğer klotoid üzerindeki Bir P noktasının teğeti belli ise bu teğetten faydalanılarak, P noktasının ilerisinde veya gerisinde yeni noktalar belirlemek mümkün olur. P noktasındaki teğet açısı τ gerekli bağıntıdan ($\tau = \frac{L}{2R} = \frac{L^2}{2A^2} = \frac{A^2}{2R^2}$) bulunabilir.



Şek.13.94

Tablo 13.941

| L | L/A | X | Y | X(m) | Y(m) |
|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 7 | 0.128 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.00 | 0.02 |
| 14 | 0.255 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.98 | 0.15 |
| 21 | 0.383 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.99 | 0.51 |
| 28 | 0.511 | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.97 | 1.22 |

P noktasında: $L = 7$ olduğundan :

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} \text{ bağıntısından } \tau = 0.5188118$$

$$\cos \tau = 0.9999667 \quad \sin \tau = 0.00814938$$

I- $L > L_1$ için L_1 :P noktasındaki L değeri

$$k = (x-x_1) \cos \tau_1 + (y-y_1) \sin \tau_1$$

$$h = (y-y_1) \cos \tau_1 - (x-x_1) \sin \tau_1$$

$$k = 6.98 \times 0.9999667 + 0.13 \times 0.00814938 = 6.981$$

$$h = 0.13 \times 0.9999667 - 6.98 \times 0.00814938 = 0.073$$

$$k = 13.99 \times 0.9999667 + 0.49 \times 0.00814938 = 13.994$$

$$h = 0.49 \times 0.9999667 - 13.99 \times 0.00814938 = 0.376$$

$$k = 20.97 \times 0.9999667 + 1.20 \times 0.00814938 = 20.98$$

$$h = 1.20 \times 0.9999667 - 20.97 \times 0.00814938 = 1.029$$

Aynı değerlerle yaylara göre hesaplama yapılırsa :

$$K = L - L_1$$

$$h = \frac{(L-L_1)^2 (2L_1+L)}{6A^2}$$

$$K = 14.7 - 7 = 7$$

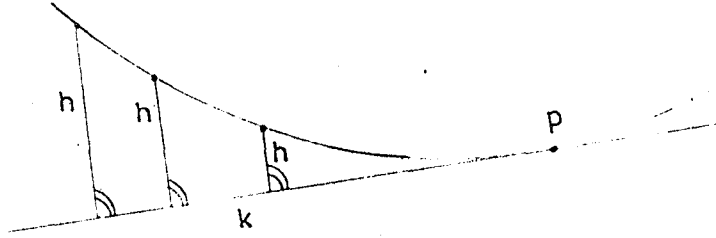
$$h = \frac{(14.7-7)^2 (2.7+14)}{6A^2} = 0.080,$$

$$k = 21 - 7 = 14$$

$$h = \frac{(21-7)^2 (2.7+21)}{6A^2} = 0.380 ,,$$

$$K = 28 - 7 = 21$$

$$h = \frac{(28-7)^2 (2.7+28)}{6A^2} = 1.027 ,,$$



Şek.13.941

II $L < L_1$ için

Aplikasyon değerleri ,

$$k = (X_1 - X) \cos \gamma_1 + (Y_1 - Y) \sin \gamma_1$$

$$h = (Y_1 - Y) \cos \gamma_1 + (X_1 - X) \sin \gamma_1$$

P noktasında $l = 28$ olduğundan ;

$$Z = \frac{L^2}{2A^2} \text{ bağıntısından } Z = 8.3010$$

$$\cos Z = 0.991511$$

$$\sin Z = 0.1300226$$

$$k = 6.98 \times 0.991511 + 0.71 \times 0.1300226 = 7.013$$

$$h = 0.71 \times 0.991511 + 6.98 \times 0.1300226 = 0.204$$

$$k = 13.99 \times 0.991511 + 1.07 \times 0.1300226 = 14.010$$

$$h = -1.07 \times 0.991511 + 13.99 \times 0.1300226 = 0.758$$

$$k = 20.97 \times 0.991511 + 1.20 \times 0.1300226 = 20.948$$

$$h = -1.20 \times 0.991511 + 20.97 \times 0.1300226 = 1.537$$

$$k = 27.97 \times 0.991511 + 1.22 \times 0.1300226 = 27.891$$

$$h = -1.22 \times 0.991511 + 27.97 \times 0.1300226 = 2.427$$

Aynı değerlerle yaylara göre hesaplama yapılırsa ;

$$k = L_1 - L$$

$$h = \frac{(L_1 - L)^2 / 2L_1 + L}{6A^2}$$

$$K = 28-21 = 7.00$$

$$h = \frac{(28-21)^2 (2 \cdot 28 + 21)}{6A^2} = 0.209 \text{ ''}$$

$$K = 28-14 = 14$$

$$h = \frac{(28-14)^2 (2 \cdot 28 + 14)}{6A^2} = 0.761 \text{ ''}$$

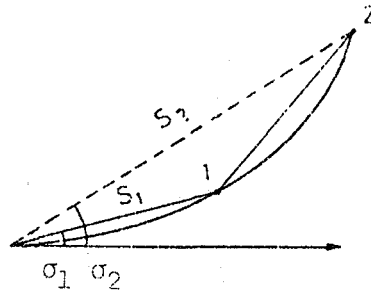
$$k = 28-7 = 21$$

$$h = \frac{(28-7)^2 (2 \cdot 28 + 7)}{6A^2} = 1.540 \text{ ,,}$$

$$k = 28-0 = 28$$

$$h = \frac{(28-0)^2 (2 \cdot 28 + 0)}{6A^2} = 2.434 \text{ ''}$$

13.95 KUTUPSAL KOORDİNAT METODU :



Şek.13.95

Kutupsal koordinat Metoduna göre yapılan aplikasyonda bilinen doğrutu olarak teğet doğrultusu alınır, aplikasyon için gerekli olan S boyu ve σ açısı hesaplanır. Bu hesaplama kullanılan cetvele göre iki şekilde olur.

a) Aplike edilecek noktanın yay boyuna göre önce bu noktaların dik koordinatları (X,Y) hesaplanır, sonra bu değerlerden faydalanarak;

$$S = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\tan \phi = \frac{Y}{X}, \quad \phi = \arctan \frac{Y}{X}$$

bağıntılarından S ve ϕ bulunur.

Tablo 13.951

| L | L/A | X | Y | x(M) | y(M) |
|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 7 | 0.128 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.00 | 0.02 |
| 14 | 0.255 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.98 | 0.15 |
| 21 | 0.383 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.99 | 0.51 |
| 28 | 0.511 | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.97 | 1.22 |

$$S = 7.02 \text{ m}$$

$$\phi = \arctan \frac{0.019163}{7.0181961} = 0.1738^{\circ}$$

$$S = 13.98 \text{ m}$$

$$\phi = \arctan \frac{0.1515172}{13.980175} = 0.6899^{\circ}$$

$$S = 20.99 \text{ m}$$

$$\phi = \arctan \frac{0.5132088}{20.988595} = 1.5563^{\circ}$$

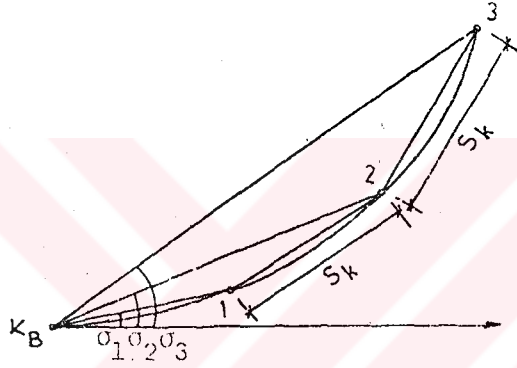
$$S = 28.00 \text{ m}$$

$$\phi = \arctan \frac{1.217873}{27.970406} = 2.7702^{\circ}$$

b) Bazı cetvellerde S ve δ 'yi doğrudan verir. Bunun için önce L boyu birim klotoide indirgenir. S ve δ değerleri bulunur. Elde edilen S boyu A ile çarpılır, δ aynen alınır.

| L | A/L | S | Y | X | S (M) | δ |
|----|-------|----------|-----------|-----------|-------|----------|
| 7 | 0.128 | 0.128 | 0.0003495 | 0.1279992 | 7.02 | 0.1728 |
| 14 | 0.255 | 0.254988 | 0.0027634 | 0.2549731 | 13.98 | 0.6899 |
| 21 | 0.383 | 0.382908 | 0.0093600 | 0.3827940 | 20.99 | 1.5563 |
| 28 | 0.511 | 0.510613 | 0.0222118 | 0.5101296 | 28.00 | 2.7702 |

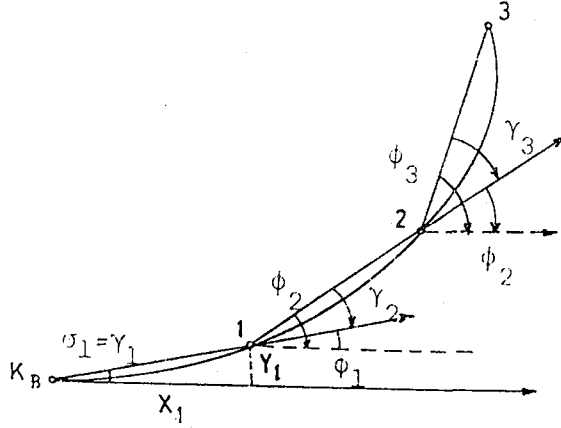
13.96 KIRIŞ AÇI METODU



Şek.13.96

Kutupsal koordinat metodu için elde edilen değerlerle, ara noktalar kiriş açı metodu ile belirlenir. Bunun için 1.nokta kutupsal koordinat metodu ile belirlenir. İkinci noktayı belirlemek için K_B deki teodolitle 2 noktasının doğrultusu belirlenir. Bu doğrultu ile 1'den itibaren şeritle belirlenen S_k yarıçaplı dairenin kesim noktası 2'yi verir. 3 noktası ve diğerleri için aynı işlem yapılır. Yalnız S_k değeri bir evvelki noktadan alınır. Kiriş boyları alınırken, yay boyları alınmaktadır. Bu nedenle yapılacak hatanın belirli değeri aşmaması için yay boylarının kısa tutulması gerekir.

13.97 YAKLAŞMA METODU



Şek. 13.97

Yaklaşma metodu için önce noktaların koordinatlarının bilinmesi gerekir. Noktaların koordinatları hesaplandıktan sonra bunlardan faydalanarak $\phi_1, \phi_2, \phi_3 \dots \phi_n$ açıları bulunur. Aynı açılar :

$$\phi = \frac{f}{6A^2} (L_1^2 + L_1 L_2 + L_2^2) \text{ bağıntısında bulunabilir.}$$

Eğer şartlar uygun değilse, her aplike edilen noktada doğrultu değiştirilebilir. Bu doğrultuda noktayı belirleyen doğrultunun uzantısıdır. Böylece eğriden fazla uzaklaşmaksızın aplikasyon yapma imkanı doğar. Aplikasyon için, 1 numaralı nokta aplike edildikten sonra teodolit 1 numaralı noktaya kaldırılır. ϕ_2 açısını aplike etmek için KB-1 doğrultusu alınır ve

$$\gamma_{i+1} = \phi_{i+1} - \phi_i$$

bağıntısından bulunan γ açısı tatbik edilerek 2'nin doğrultusu bulunur.

Bu doğrultu üzerinde Sk uzunluğu kadar alınarak 2 numaralı nokta bulunur. 3 numaralı nokta için alet 2'ye kaldırılır ve aynı işlem tekrarlanır.

$$A = 54.83$$

7'şer metre ara ile,

$$L = 28$$

Tablo 13.971

| NOKTA | 7 | X | Y | x(m) | y(m) |
|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| KB | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1 | 0.128 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.018196 | 0.019163 |
| 2 | 0.255 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.980175 | 0.1515172 |
| 3 | 0.383 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.988595 | 0.5132088 |
| 4 | 0.511 | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.970406 | 1.217873 |

olarak elde edilir. Açılar ise ;

$$\theta_1 = 0.1738$$

$$\theta_2 = 1.2101$$

$$\theta_3 = 3.2826$$

$$\theta_4 = 6.4036$$

$$\gamma_1 = 1.0363$$

$$\gamma_2 = 2.0725$$

$$\gamma_3 = 3.1210$$

$$2\tau_1 = 1.0376$$

$$4\tau_2 = 2.0752$$

$$6\tau_3 = 3.1128$$

Yaklaşma metodunda aplikasyon elemanı olarak kullanılan γ açısı şu şekilde de bulunabilir.

Klotoid üzerindeki bir noktanın teğetinin açısı ;

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2}$$

Kiriş açısı ise ;

$$\theta = K (L_1^2 + L_1L_2 + L_2^2)$$

idi. Başlangıçtaki σ açısı :

$$\delta = \frac{f}{6A^2} (L_1^2 + L_1L_2 + L_2^2)$$

bağıntısında L_1 yerine sıfır konulmasıyla elde edilebilir.

$$\delta = \frac{\tau}{3}$$

Yay boylarına göre δ açılarını hesaplırsak ;

$$\delta = K (L_1^2 + L_1L_2 + L_2^2)$$

$$\delta_1 = (0 + 0 + 49)/6 \cdot (54.83)^2 = 0.1729$$

$$\delta_2 = (49 + 98 + 196)/6 \cdot (54.83)^2 = 1.2106$$

$$\delta_3 = (196 + 294 + 441)/6 \cdot (54.83)^2 = 3.2858$$

$$\delta_4 = (441 + 588 + 784)/6 \cdot (54.83)^2 = 6.3987,,$$

$$\gamma_1 = 1.0377$$

$$2\tau_1 = 1.0376$$

$$\gamma_2 = 2.0752$$

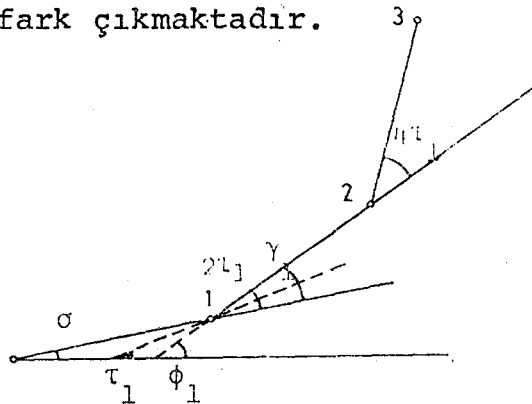
$$4\tau_2 = 2.0752$$

$$\gamma_3 = 3.1129$$

$$6\tau_3 = 3.1128$$

Şekilde değerler bulunur.

Görüldüğü üzere iki sisteme göre yapılan hesaplar sonucunda bir miktar fark çıkmaktadır.



Şekilde 1 numaralı noktadaki kirişler arasındaki açı, noktalar arasındaki yay uzunluğu eşit olarak (ΔL) alınırsa ,

$$\tau_1 = \frac{L^2}{2A^2} = \frac{3\Delta L^2}{6A^2} = 3K\Delta L^2$$

$$\phi_1 = K (L_1^2 + L_1L_2 + L_2^2) = K (\Delta L^2 + 2\Delta L^2 + 4\Delta L^2) = 7K\Delta L^2$$

olur. ϕ açısı

$$\phi = \frac{\tau_1}{3} = K\Delta L^2$$

olduğundan, kirişler arasındaki açı

$$\gamma_1 = 2\tau_1$$

olur. Aynı düşünceden hareket edilerek ;

$$\phi_2 = K (4\Delta L^2 + 6\Delta L^2 + 9\Delta L^2) = 19\Delta L^2$$

$$\phi_1 = 7K\Delta L^2$$

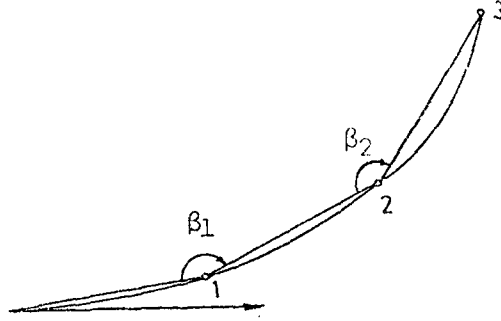
$$\gamma_2 = \phi_2 - \phi_1 = 12 K\Delta L^2 = 4\tau_1$$

olarak bulunur, n numaralı noktadaki γ açısı

$$\gamma_n = 2n\tau_1$$

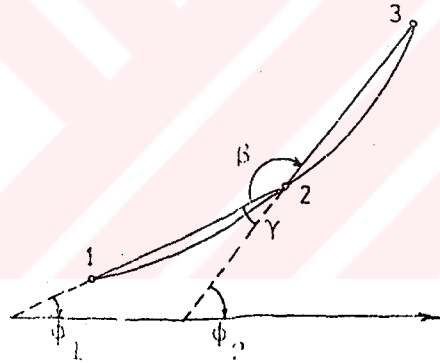
bağıntısından bulunur.

13.98 KIRIŞLER POLİGONU YARDIMIYLA APLİKASYON



Şek. 13.98

Şekilde görüldüğü gibi bir kirişler poligonu meydana gelir. Bu poligonun kenarları yay olarak alınır, yapılacak olan hata yay boylarının uygun bir şekilde seçimi ile küçük tutulabilir. Kırılma açıları β 'lar şöyle hesaplanır .:



Şek.13.981

$$\beta = 200^g - \gamma$$

$$\gamma = \phi_2 - \phi_1$$

yazılabilir.

$$\phi_2 = K (L_2^2 + L_2 L_3 + L_3^2)$$

$$\phi_1 = K (L_1^2 + L_2 L_1 + L_2^2)$$

yazılıp, farkları alınır;

$$\gamma = K (3L_2 + \Delta L_2 - \Delta L_1) (\Delta L_1 + \Delta L_2)$$

olur . β ise:

$\beta_2 = 200^\circ - K (3L_2 + \Delta L_2 - \Delta L_1) (\Delta L_1 + \Delta L_2)$
olarak elde edilir. Eğer

$$\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta L$$

kabulü yapılırsa ;

$$\beta_1 = 200^\circ - 6KL_1 \Delta L$$

dir. Burada L, β açısının bulunduğu noktanın yay boyudur.

Poligonun başlangıç semti ise ilk noktanın δ sının bulunması ile elde edilir. ζ ise daha önceki ;

$$\zeta = \frac{f}{6A^2} (L_1^2 + L_1 L_2 + L_2^2)$$

eşitliğinde ilk noktanın L 'si yerine sıfır koymakla bulunur.

$$\zeta = \frac{L_1^2}{6A^2}$$

Bu da bu noktadaki teğet açısının $1/3$ üne eşittir.

Başlangıç semti : $t = 100 - \zeta$ dan elde edilir. K ise ;

$$K = \frac{f}{6A^2}$$

dır.

$$A = 54.83$$

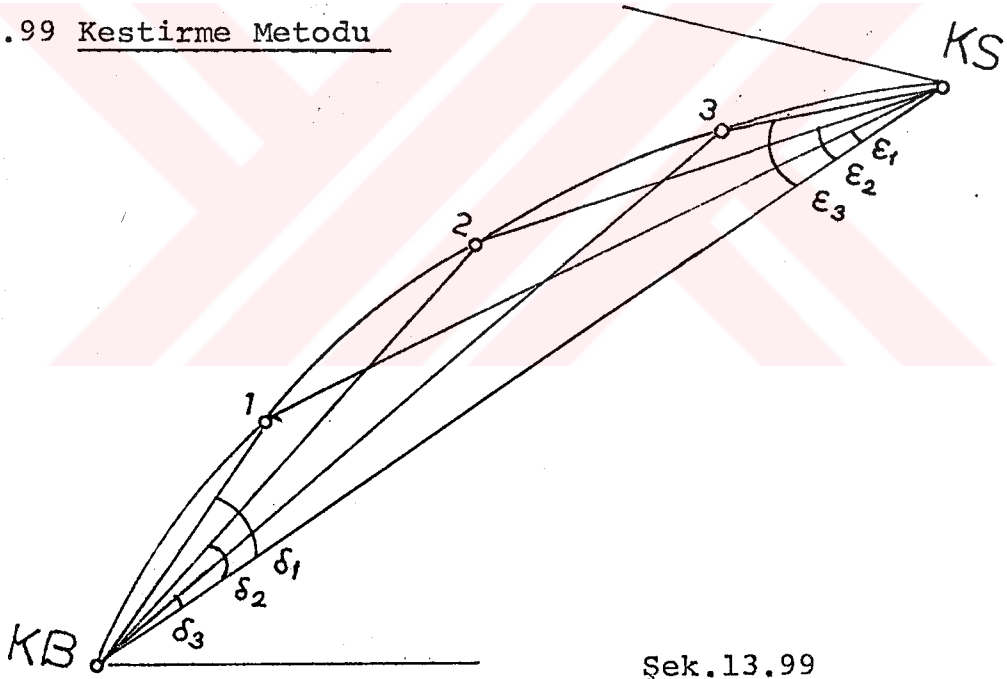
$L = 28$ olan klotoid 7şer'in aralıklarla bir kirişler poligonu yardımıyla aplike edilmek istenirse;

$$\begin{aligned} \zeta_1 &= K \cdot 7^2 &= 0.1729 & t &= 99.8271 \\ \gamma_1 &= 6 \cdot K \cdot 7 \cdot 7 &= 1.0380 & \beta_1 &= 198.9620 \\ \gamma_2 &= 6 \cdot K \cdot 14 \cdot 7 &= 2.0752 & \beta_2 &= 197.9248 \\ \gamma_3 &= 6 \cdot K \cdot 21 \cdot 7 &= 3.1129 & \beta_3 &= 196.8871 \end{aligned}$$

$\zeta, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ açıları ve 7 mlik yay uzunluklarından faydalanılarak noktalar aplike edilir. Eğer şartlar zorluysa, bu noktaların dik koordinatları poligon çözümlere de bulunabilir.

Tablo 13,981

| β | t | S | Y | X | Y | X |
|----------|---------|------|-------|-------|--------|-------|
| | 99.8271 | 7.00 | 7.00 | 0.020 | 0.00 | 0.00 |
| 198.9620 | 98.7891 | 7.00 | 6.999 | 0.133 | 7.00 | 0.02 |
| 197.9248 | 36.7135 | 7.00 | 6.991 | 0.361 | 13.999 | 0.153 |
| 196.8871 | 93.6010 | 7.00 | 6.965 | 0.702 | 20.99 | 0.514 |
| | | | | | 27.955 | 1.216 |

13.99 Kestirme Metodu

Şek.13.99

Kestirme metodu ile yapılan aplikasyon, uzunluk ölçüsünü gerektirmediği için ve ayrıca yüksek presizyon sağladığı için tercih edilebilir. Ancak iki teodolit gerektirmesi metodun dezavantajlı yönüdür. Metodun uygulaması için gerekli olan açılar hesaplayabilmek için önce noktaların koordinatları hesaplanmalıdır. Bundan sonra bu koordinatlardan faydalanarak gerekli olan $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ ve $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ açıları bulunur.

A= 54.83

L =28

Tablo 13.991

| NOKTA | X | Y | X(m) | Y(m) |
|-------|-----------|-----------|--------|-------|
| KB | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 0.1279992 | 0.0003495 | 7.018 | 0.019 |
| 2 | 0.2549731 | 0.0027634 | 13.980 | 0.152 |
| 3 | 0.3827940 | 0.0093600 | 20.989 | 0.513 |
| KS | 0.5101296 | 0.0222118 | 27.970 | 1.218 |

$$(KBKS) = 2.7705$$

$$\delta_1 = 2.7705 - 0.1724 = 2.5981$$

$$(KB-1) = 0.1724$$

$$\delta_2 = 2.7705 - 0.6921 = 2.0784$$

$$(KB-2) = 0.6921$$

$$\delta_3 = 2.7705 - 1.5568 = 1.2137$$

$$(KB-3) = 1.5568$$

$$(KS-1) = 203.6392$$

$$\epsilon_1 = 203.6392 - 202.7705 = 0.8687$$

$$(KS-2) = 204.8415$$

$$\epsilon_2 = 204.8415 - 202.7705 = 2.0710$$

$$(KS-3) = 206.4074$$

$$\epsilon_3 = 206.4074 - 202.7705 = 3.6369$$

$$(KS-KB) = 202.7705$$

13.910 2 NÖLÜ KLOTOİD ARA NOKTALARININ APLİKASYONU

13.9101. Birim klotoide göre :

$$\begin{aligned} \Delta &= 109.18 & A &= 60 \\ R &= 100 & \delta &= 87.5420^\circ \\ L &= 35 & \tau &= 21.6380^\circ \\ K &= 47 \end{aligned}$$

| L | 1/A | X | Y | x(m) | y(m) |
|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 7 | 0.117 | 0.1169995 | 0.0002670 | 7.02 | 0.02 |
| 14 | 0.233 | 0.2329828 | 0.0021081 | 13.98 | 0.13 |
| 21 | 0.350 | 0.3498687 | 0.0071439 | 20.99 | 0.43 |
| 28 | 0.467 | 0.4664450 | 0.0169602 | 27.99 | 1.02 |
| 35 | 0.583 | 0.5813185 | 0.0329578 | 34.88 | 1.98 |

13.9102. A Parametresine göre :13.9102. A Parametresine göre:

| L | X | Y |
|----|-------|-------|
| 7 | 7.00 | 0.02 |
| 14 | 14.00 | 0.135 |
| 21 | 20.99 | 0.44 |
| 28 | 27.97 | 1.02 |
| 35 | 34.90 | 1.995 |

Hesaplanan bu değerler aşağıda belirtilen tablodan alınmıştır.

| L | X | Y | L | X | Y | L | X | Y |
|----|--------|-------|----|--------|-------|----|--------|-------|
| 4 | 4.000 | 0.003 | 16 | 15.998 | 0.190 | 28 | 27.967 | 1.015 |
| 8 | 8.000 | 0.024 | 20 | 19.994 | 0.370 | 32 | 31.935 | 1.515 |
| 12 | 12.000 | 0.080 | 24 | 23.985 | 0.640 | 36 | 35.884 | 2.155 |

13.911 2 NOLU KOLUN ARA NOKTALARININ APLİKASYONU13.911. Birim klotoidine göre

$$\begin{aligned} A &= 40 & L &= 31 \\ R &= 47.29 & K &= 42 \\ \delta &= 25.76^\circ & \Delta &= 64 \\ \tau &= 19.11849^\circ & T &= 26 \end{aligned}$$

| L | 1/A | X | Y | x(m) | y(m) |
|----|-------|-----------|-----------|-------|-------|
| 6 | 0.15 | 0.1499981 | 0.0005625 | 6.00 | 0.023 |
| 12 | 0.30 | 0.2999393 | 0.0044994 | 12.00 | 0.18 |
| 18 | 0.45 | 0.4495389 | 0.0151764 | 17.98 | 0.61 |
| 24 | 0.60 | 0.5980589 | 0.0359168 | 23.92 | 1.44 |
| 31 | 0.775 | 0.7680396 | 0.0770824 | 30.72 | 3.08 |

13.9102. A Parametresine göre:

$$A=40$$

| L | X | Y |
|----|--------|-------|
| 6 | 6.00 | 0.03 |
| 12 | 11.998 | 0.18 |
| 18 | 17.98 | 0.63 |
| 24 | 23.92 | 1.44 |
| 31 | 30.72 | 3.095 |

Hesaplanan bu değerler aşağıda belirtilen tablodan alınmıştır.

| L | X | Y | L | X | Y | L | X | Y |
|----|--------|-------|----|--------|-------|----|--------|--------|
| 4 | 4.000 | 0.007 | 26 | 25.884 | 1.825 | 40 | 39.012 | 6.549 |
| 8 | 8.000 | 0.053 | 28 | 27.832 | 2.277 | 42 | 40.742 | 7.552 |
| 12 | 11.998 | 0.180 | 30 | 29.764 | 2.797 | 44 | 42.417 | 8.644 |
| 16 | 15.590 | 0.426 | 32 | 31.674 | 3.388 | 46 | 44.029 | 9.827 |
| 20 | 19.969 | 0.832 | 34 | 33.559 | 4.056 | 48 | 45.571 | 11.100 |
| 22 | 21.950 | 1.107 | 36 | 35.414 | 4.803 | 50 | 47.033 | 12.464 |
| 24 | 23.922 | 1.437 | 38 | 37.233 | 5.633 | | | |

13.912 1 NOLU KLOTOİD ARA NOKTALARININ APLİKASYONU

13.9121. Birim klotoidine göre:

$$\begin{aligned} \Delta &= 31.94^\circ & L &= 37 \\ T &= 102.50 & K &= 50 \\ R &= 400 & A &= 122 \\ \tau &= 20.38^\circ \end{aligned}$$

| L | 1/A | X | Y | x(m) | y(m) |
|----|-------|-----------|-----------|-------|------|
| 9 | 0.074 | 0.0739999 | 0.0000675 | 9.03 | 0.01 |
| 18 | 0.148 | 0.1479982 | 0.0005403 | 18.06 | 0.07 |
| 27 | 0.221 | 0.2209868 | 0.0017989 | 26.96 | 0.22 |
| 37 | 0.303 | 0.3029362 | 0.0046357 | 36.96 | 0.57 |

13.9122. A Parametresine göre:

$$A=120$$

| L | X | Y |
|----|-------|------|
| 9 | 9.00 | 0.01 |
| 18 | 18.00 | 0.07 |
| 27 | 27.00 | 0.23 |
| 37 | 36.99 | 0.59 |

Hesaplanan bu değerler ; A=122 Parametresinin ilgili tabloda bulunmadığından en yakın A=120 parametresine göre bulunmuştur.

| L | X | Y | L | X | Y | L | X | Y |
|----|--------|-------|----|--------|-------|-----|---------|--------|
| 5 | 5.000 | 0.001 | 50 | 49.962 | 1.446 | 95 | 94.071 | 9.854 |
| 10 | 10.000 | 0.012 | 55 | 54.939 | 1.924 | 100 | 98.801 | 11.475 |
| 15 | 15.000 | 0.039 | 60 | 59.906 | 2.497 | 105 | 103.472 | 13.259 |
| 20 | 20.000 | 0.093 | 65 | 64.860 | 3.174 | 110 | 108.749 | 15.212 |
| 25 | 24.999 | 0.181 | 70 | 69.698 | 3.962 | 115 | 112.599 | 17.339 |
| 30 | 29.997 | 0.312 | 75 | 74.714 | 4.870 | 120 | 117.035 | 19.646 |
| 35 | 34.994 | 0.496 | 80 | 79.606 | 5.905 | 125 | 121.371 | 22.135 |
| 40 | 39.988 | 0.741 | 85 | 84.467 | 7.706 | 130 | 125.594 | 24.810 |
| 45 | 44.987 | 1.054 | 90 | 89.291 | 8.390 | 135 | | |

| KM | 13.102.2. KOL ENKESİT DEĞERLERİ | | | | | | | | K.K | SOL | SAĞ | | |
|--------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| | Deniz tarafı | | | | Yol tarafı | | | | | | | | |
| | -6,40 | | | | | | | | | | | | |
| 0+000 | 0,00 | | | | | | | | | | | | |
| | 4,48 | +4,82 | -5,05 | -5,20 | -5,30 | -5,60 | -6,14 | -6,48 | | | | | |
| +022 | 20,00 | 17,70 | 7,70 | 5,20 | 0,00 | 4,50 | 10,00 | 15,00 | 8,95 | +5,0 | -5,0 | | |
| | -0,23 | 2,34 | 4,50 | 1,08 | -5,05 | -5,22 | -5,37 | | | | | | |
| +044 | 19,00 | 12,50 | 7,70 | 5,20 | 0,00 | 10,00 | 20,00 | | 8,07 | +5,0 | -5,0 | | |
| | 0,05 | 1,29 | 2,32 | 3,98 | 1,77 | -2,95 | -3,20 | -3,41 | | | | | |
| +067 | 25,00 | 20,00 | 15,00 | 7,70 | 5,20 | 0,00 | 10,00 | 20,00 | 6,69 | +5,0 | -5,0 | | |
| | 0,15 | 1,20 | 2,98 | 4,07 | 4,50 | 2,05 | 0,10 | 0,06 | 0,04 | | | | |
| +088 ⁵⁰ | 25,00 | 20,00 | 12,00 | 7,70 | 5,20 | 0,00 | 7,00 | 1500 | 12, | 5,46 | +0,5 | -5,0 | |
| | 0,14 | 1,74 | 4,24 | 4,49 | 3,05 | 2,00 | 1,05 | 2,58 | 4,61 | | | | |
| +097 ⁵⁰ | 23,00 | 17,00 | 7,70 | 5,20 | 0,00 | 10,00 | 19,00 | 25,00 | 33,00 | 5,08 | +5,0 | -5,0 | |
| | 0,11 | 1,60 | 4,51 | 4,66 | 4,80 | 4,73 | 4,67 | 4,63 | 4,56 | | | | |
| +115 ⁵⁰ | 17,50 | 11,00 | 8,00 | 5,20 | 0,00 | 7,50 | 13,50 | 18,00 | 25,50 | 4,62 | +5,0 | -5,0 | |
| | 0,11 | 0,62 | 4,31 | 4,28 | 4,25 | 4,35 | 4,40 | 4,43 | 4,46 | 4,49 | 4,53 | | |
| +131 ⁵⁰ | 23,00 | 19,00 | 13,00 | 9,50 | 7,00 | 0,00 | 7,00 | 1150 | 15,50 | 28,50 | 4,50 | +2,5 | -2,5 |
| | 0,11 | 0,72 | 4,29 | 4,27 | 4,25 | 4,27 | 4,37 | 4,42 | 4,48 | 4,54 | | | |
| +147 ⁵⁰ | 20,50 | 16,00 | 12,00 | 7,50 | 4,50 | 0,00 | 7,50 | 11,00 | 15,00 | 19,50 | 4,52 | +1,0 | -2,0 |
| | 0,00 | 0,78 | 4,46 | 4,40 | 4,24 | 4,24 | 4,31 | 4,34 | 4,39 | 4,42 | | | |
| +167 ⁵⁰ | 21,50 | 17,00 | 11,50 | 9,50 | 4,00 | 0,00 | 7,50 | 11,50 | 17,00 | 20,00 | 4,55 | +0,0 | -2,0 |
| | 0,00 | 0,83 | 4,47 | 4,26 | 3,45 | 4,23 | 4,29 | 4,33 | 4,37 | 4,40 | | | |
| +189 ⁵⁰ | 24,50 | 19,00 | 13,00 | 10,50 | 4,50 | 0,00 | 7,50 | 11,50 | 16,00 | 20,00 | 4,59 | -2,0 | -2,0 |
| | 0,00 | 1,24 | 4,80 | 4,79 | 4,26 | 4,34 | 4,38 | 4,46 | | | | | |
| +209 ⁵⁰ | 25,00 | 19,00 | 14,00 | 9,50 | 0,00 | 8,00 | 12,00 | 19,50 | | 4,62 | -2,0 | -2,0 | |
| | 0,83 | 4,42 | 4,63 | 4,47 | 4,29 | 4,37 | 4,41 | 4,47 | | | | | |
| +229 ⁵⁰ | 18,50 | 13,00 | 10,00 | 4,50 | 0,00 | 8,00 | 11,50 | 18,00 | | 4,65 | -2,0 | -2,0 | |
| | 0,81 | 4,83 | 4,48 | 4,20 | 4,31 | 4,40 | 4,44 | 4,52 | | | | | |
| +244 ⁵⁰ | 18,50 | 14,00 | 10,00 | 5,50 | 0,00 | 8,00 | 11,50 | 18,50 | | 4,67 | -2,0 | -2,0 | |
| | 1,00 | 4,92 | 4,42 | 4,38 | 4,34 | 4,69 | 4,72 | 4,63 | | | | | |
| +259 ⁵⁰ | 18,00 | 13,00 | 10,00 | 6,00 | 0,00 | 8,50 | 11,50 | 16,00 | | 4,69 | -2,0 | -2,0 | |

| KM | 13.103. 4. KOL ENKESİT HESAPLARI | | | | | | | | K.K | DEVER | |
|--------------------|----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| | | | | | | | | | | SOL | SAĞ |
| 0+000 | 9.22 | 9.08 | 8.07 | 11.22 | 13.59 | 14.33 | 14.62 | | 13.23 | -2.5 | +2.5 |
| +002 ⁵⁰ | 8.25 | 7.87 | 11.10 | 13.52 | 14.08 | | | | 13.20 | -2,5 | +2.5 |
| +016 ⁵⁰ | 9.69 | 9.18 | 8.45 | 10.73 | 10.11 | 11.09 | | | 12.90 | -5,0 | +5,0 |
| +030 ⁵⁰ | 7.51 | 7.17 | 9.96 | 10.17 | 11.34 | 12.74 | | | 12.14 | -5,0 | +5,0 |
| +044 ⁵⁰ | 6.19 | 6.01 | 5.91 | 8.51 | 9.45 | 11.50 | | | 11.05 | -4.0 | +4,0 |
| +051 ⁵⁰ | 6.00 | 5.82 | 5.72 | 8.32 | 9.26 | 11.33 | | | 10.50 | 2.5 | +2.5 |
| +071 ⁵⁰ | 5.36 | 5.34 | 5.31 | 5.37 | 5.38 | 5.45 | | | 8.69 | -2.0 | +5,0 |
| +091 | 5.28 | 5.25 | 5.15 | | | | | | 6.88 | -0.5 | -2,0 |
| +111 | 5.25 | 5.20 | 5.15 | 5.77 | 5.31 | 5.38 | 5.59 | | 5.33 | +2.5 | -2.5 |
| +127 | 5.23 | 5.13 | 4.67 | 5.15 | 5.21 | 5.31 | | | 4.73 | +5.0 | -5.0 |
| +135 ⁵⁰ | 4.67 | 4.52 | 4.85 | 4.50 | 4.80 | 4.76 | 4.71 | | 4.65 | +5.0 | -5.0 |
| +144 | 4.90 | 4.68 | 4.74 | 4.51 | 4.92 | 4.97 | 5.74 | | 4.65 | +4.5 | -4.5 |
| +155 | 4.50 | 4.67 | 4.72 | 4.53 | 4.90 | 4.96 | 5.03 | 5.18 | 4.66 | +2.5 | -2.5 |
| +174 ³³ | 4.59 | 4.74 | 4.59 | 4.44 | 4.71 | 4.75 | 4.84 | B.K | 4.67 | -0.5 | -2 |
| +194 ³³ | 4.51 | 4.60 | 4.69 | 4.57 | 4.45 | 4.85 | 4.91 | 4.93 | 4.68 | -2.0 | -2.0 |
| +214 ³³ | 4.86 | 4.38 | 4.46 | 4.97 | 4.98 | 5.26 | | | 4.69 | -2.0 | -2.0 |
| +234 ³³ | 4.76 | 4.46 | 4.47 | 4.94 | 5.19 | 5.62 | 6.55 | | 4.70 | -2.0 | -2.0 |

| KM | 13.104. AYAK NOKTALARI ENKESİT DEĞERLERİ | | | | | | | | | K.K | DEVER | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| | YOL TARAFI | | | | | DENİZ TARAFI | | | | | SOL | SAĞ | | | | | | | | | |
| +210 ⁸⁸ | -5.46 | -5.78 | -5.93 | -6.02 | -6.40 | -6.68 | -6.77 | -6.93 | -7.18 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 9.38 | -2.0 | +2.0 |
| +208 ⁸⁸ | -5.50 | -5.81 | -5.96 | -6.14 | -6.45 | -6.60 | -6.91 | -7.06 | -7.22 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 9.42 | -2.0 | +2.0 |
| +188 ⁸⁵ | -5.63 | -5.90 | -6.03 | -6.18 | -6.55 | -6.76 | -7.01 | -7.07 | -7.38 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 9.70 | -4.0 | +4.0 |
| +175 ⁸⁸ | -6.05 | -6.36 | -6.53 | -6.71 | -7.05 | -7.36 | -7.46 | -7.70 | -8.08 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | -5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 9.87 | -5.0 | +5.0 |
| +168 ⁸⁵ | -6.49 | -6.98 | -7.15 | -7.50 | -7.74 | -7.95 | -8.37 | 15.00 | 7.50 | 5.50 | 0.00 | 5.50 | 7.50 | 15.00 | 9.96 | -5.0 | +5.0 | | | | |
| +148 ⁸⁰ | -5.79 | -6.20 | -6.36 | -6.70 | -7.00 | -7.20 | -7.60 | 15.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.50 | 7.50 | 15.00 | 10.18 | -5.0 | +5.0 | | | | |
| +129 ²⁵ | -5.36 | -5.48 | -5.57 | -5.62 | -5.75 | -5.98 | -6.05 | -6.19 | -6.30 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 10.38 | -5.0 | +5.0 |
| +109 ⁷⁰ | -3.94 | -4.00 | -4.07 | -4.15 | -4.30 | -4.38 | -4.55 | -4.65 | -4.77 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 10.56 | -5.0 | +5.0 |
| +090 ¹⁵ | -2.97 | -3.00 | -3.15 | -3.25 | -3.35 | -3.65 | -3.71 | -3.75 | -3.90 | 15.00 | 10.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 10.75 | -5.0 | +5.0 |
| +070 ⁵⁰ | -2.55 | -2.70 | -2.87 | -2.95 | -3.12 | -3.30 | -3.51 | 15.00 | 7.70 | 5.20 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 10.93 | -5.0 | +5.0 | | | | |
| +050 ⁹⁵ | -1.79 | -1.81 | -2.02 | -2.10 | -2.26 | -2.45 | -2.59 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.00 | 10.00 | 15.00 | 12.12 | -5.0 | +5.0 | | | | |
| +038 ⁴⁰ | -1.53 | -1.57 | -1.66 | -1.68 | -1.75 | -1.81 | -1.92 | -2.15 | -2.21 | 15.00 | 12.50 | 7.50 | 5.50 | 0.00 | 5.50 | 7.50 | 10.00 | 15.00 | 11.245 | -5.0 | +5.0 |
| +030 ¹² | -1.20 | -1.27 | -1.30 | -1.33 | -1.40 | -1.40 | -1.43 | -1.47 | -1.57 | 15.00 | 10.00 | 7.50 | 5.50 | 0.00 | 5.50 | 7.70 | 10.00 | 15.00 | 11.32 | -5.0 | +5.0 |
| +010 ¹² | -0.14 | -0.13 | -0.10 | -0.08 | -0.07 | -0.07 | -0.00 | -0.05 | 15.00 | 10.00 | 7.50 | 5.50 | 0.00 | 5.00 | 11.00 | 15.00 | 11.51 | -0.5 | +5.0 | | |
| +009 ³⁸ | 4.37 | 4.44 | 4.51 | 4.56 | 4.60 | 4.63 | 4.70 | 16.00 | 11.00 | 5.50 | 0.00 | 7.70 | 12.50 | 16.00 | 11.69 | -5.0 | +5.0 | | | | |
| +026 ⁸⁸ | 4.69 | 4.70 | 4.69 | 4.71 | 4.72 | 4.73 | 4.73 | 20.00 | 15.00 | 10.00 | 0.00 | 7.50 | 12.50 | 15.00 | 11.86 | -5.0 | +5.0 | | | | |
| +044 ⁸⁸ | 5.25 | 5.20 | 5.12 | 5.08 | 5.00 | 5.38 | 5.21 | 5.03 | 4.91 | 15.00 | 12.50 | 7.50 | 5.00 | 0.00 | 10.00 | 15.00 | 20.00 | 23.50 | 12.03 | -5.0 | +5.0 |
| +060 ⁶³ | 5.19 | 5.17 | 5.15 | 5.13 | 5.10 | 5.11 | 5.11 | 5.12 | 5.13 | 15.00 | 12.50 | 8.00 | 5.00 | 0.00 | 5.00 | 7.50 | 15.00 | 30.00 | 12.18 | -5.0 | +5.0 |

| KM | YOL TARAFI DENİZ TARAFI | | | | | | | | K.K | DEVER | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| | | | | | | | | | | SOL | SAĞ | | | | | | | | | |
| +234 ⁸⁸ | -4.56 | -4.98 | -5.19 | -5.60 | -5.94 | -6.15 | -6.67 | 16.00 | 10.00 | 7.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 9.01 | -2.0 | 0.0 | | | |
| +257 ⁸⁸ | -4.45 | -4.83 | -5.22 | -5.60 | -5.98 | -6.21 | -6.75 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 8.58 | -2.0 | -2.0 | | | |
| +284 ⁵⁵ | -3.18 | -3.52 | -3.68 | -4.20 | -4.54 | -4.71 | -5.40 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 8.05 | -2.0 | -2.0 | | | |
| +300 | -3.05 | -3.44 | -3.82 | -4.20 | -4.58 | -4.77 | -5.35 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 7.72 | -1.5 | -2.0 | | | |
| +320 | -2.73 | -3.19 | -3.64 | -4.10 | -4.56 | -4.78 | -5.47 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 7.30 | +1.0 | -2.0 | | | |
| +334 ⁵⁵ | -2.42 | -2.95 | -3.47 | -4.00 | -4.52 | -4.79 | -5.58 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.50 | 7.00 | +1.0 | -2.0 | | | |
| +371 ⁵⁵ | -0.62 | -1.32 | -2.01 | -2.70 | -3.39 | -3.74 | -4.78 | 15.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 6.21 | +5.0 | -5.0 | | | |
| +390 | 1.51 | 0.00 | -0.44 | -1.55 | -2.65 | -3.75 | -4.31 | 15.00 | 11.00 | 10.00 | 5.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 12.50 | 15.00 | 5.82 | +5.0 | -5.0 | |
| +405 | 4.53 | 1.51 | 0.00 | -2.10 | -3.54 | -4.20 | -6.04 | 14.00 | 10.00 | 8.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 15.00 | 5.53 | +5.0 | -5.0 | | | |
| +420 | 4.41 | 4.53 | 2.59 | 0.00 | -1.35 | -2.85 | -3.60 | 18.00 | 11.00 | 8.00 | 4.00 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 12.50 | 15.00 | 5.27 | +5.0 | -5.0 | |
| +435 | 4.58 | 4.51 | 4.45 | 4.19 | 4.52 | 0.00 | -1.67 | 33.50 | 25.50 | 13.50 | 3.50 | 0.00 | 5.20 | 7.70 | 12.50 | 15.00 | 5.05 | +5.0 | -5.0 | |
| +450 | 4.51 | 4.41 | 4.33 | 4.21 | 4.51 | -0.45 | -1.38 | 22.50 | 18.50 | 15.00 | 9.00 | 0.00 | 5.00 | 7.70 | 12.50 | 15.00 | 4.85 | +5.0 | -5.0 | |
| +465 | 4.52 | 4.28 | 4.52 | 4.43 | 4.22 | 4.46 | 1.96 | 30.50 | 27.00 | 19.50 | 15.50 | 7.50 | 0.00 | 5.00 | 7.70 | 13.00 | 16.00 | 4.69 | +5.0 | -5.0 |
| +480 | 4.53 | 4.28 | 4.51 | 4.42 | 4.20 | 4.45 | 4.49 | 28.00 | 24.00 | 16.50 | 13.00 | 5.00 | 0.00 | 8.00 | 10.50 | 15.00 | 4.57 | +5.0 | -5.0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SONUÇLAR :

Geçki elemanı olarak kullanılan rakordman kurbu, inşaat tekniği yapım ve organizasyon gerekleri, daire yaylarında tam sayılı yarıçapların seçimi gibi mümkün mertebe hasit bir matematik formun seçimini ve kurb sabitlerinin açık ve kesin bir şekilde normlanması getirmiştir.

Hareket dinamiği ile ilgili düşünceler ve merkezkaç kuvvetin ani değişimlerini önleme hususu, yarıçapları büyük olmayan kurplarda rakordman kurbunun uygulanmasını zorunlu kılmıştır.

Geçkide, klotoidi mümkün olduğu kadar basit ve ekonomik bir şekilde uygulayabilmek için proje hazırlanmasında ve hesaplarda kolay anlaşılır sayı tablolarının, uygun aplikasyon metodlarının kullanılması gerekir. Önemli olan husus, klotoidler için normlanmış A değerlerinin klotoidler bitişik daireler içinde normlanmış R değerlerinin kullanılmasına ilgi gösterilmesidir. Çünkü bu değerler için hazır tablo ve cetveller elde olup bunlar problemlerin büyük çoğunluğuna yeterli olmakta, çalışmalarını esaslı şekilde kısaltmakta ve kolaylaştırmaktadır. Bunun için proje hesaplarında klotoid tablosundan yararlanılmış ve ara noktalarının aplikasyonlarında kartezyen koordinatlara göre aplikasyon yöntemi ve inceleme açısından olmak üzere sadece bir klotoid üzerinde diğer yöntemler kullanılmıştır. Uygulamada eğrilik artışının yavaş ve parametresinin büyük olmasının önemli olduğu anlaşılmıştır. Bu durum hareket tekniği yönünden gerekse dahi, bir güzergah sağlamak bakımından önem arz etmektedir.

Klotoidli olarak yapılan çalışma trafik yollarının geçkisinde akıcılık, hareket tekniği bakımından müsait ve hareket psikolojisi yönünden inandırıcılık getirmiştir. Böyle bir çözüm estetik yönden tatminkâr olduğu gibi yumuşaklığı ile aracıyı ve mevcut yapılara iyi bir uyum sağlayacaktır. Böylelikle motörlü taşıtlar ekonomik bakımdan uygun bir hareket kazanacak ve mahalî şartlara iyi bir uyum ile inşaat maliyetinde ekonomilere ulaşılacaktır.

KAYNAKLAR

- Atalay, F., Arıca, Ş., Kalender, N., Tamer, Ş., Ölçen, H., Durutürk, S. Yelesen, L. (1977). Yol yapım notları, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü - Yol Yapım Fen Heyeti Müdürlüğü, Ankara, s.258-278.
- Kasper, H., Schürba, W., Lorenz, H. (1968). Die klothoide als trassierungselement, Ferd Dümmersverlag, Bonn-Hannover-München, s.12-101 2-345.
- Kasper, H., Schürba, W., Lorenz, H. (1978). Gizergah elemanı olarak klothoid, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü yayın no. 222, Ankara, s.17-191.
- Oerley, L. (1937). Übergangsbogen bei strassen krümmungen, Berlin, s.20-46.
- Osterloh, H. (1965). Strassenplanung mit klothoiden Bauverlag, Wiesbaden-Berlin, s.32-167.
- Tüdeş, T. (1979). Aplikasyon özel ölçmeler, K.T.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü, Trabzon, s.110-131.
- Yıldırım, B. (1948). Yol inşaatı, F.Ü. Mühendislik Fakültesi inşaat Bölümü, Elazığ, s.18-24, 98-110.

ÖZGEŞMİŞ :

1962 yılında Trabzon'da doğdu ilk, Orta Okul ve Lise tahsilini Trabzon'da tamamladıktan sonra 1979 yılında K.T.Ü. nin Jeodezi ve Fotogrametri bölümüne girdi. 1985 yılında bölümü bitirdikten sonra açılan yüksek lisans sınavını kazandı. Halen Karayolları 10.Bölge Müdürlüğü Etüd Proje servisinde Etüt Ekip Müh. olarak görevini sürdürmektedir.

Y. E.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi