

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÜYÜK AÇIKLIKLI TEK VE ÇİFT GÖZLÜ
BETONARME MENFEZ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Mehmet PATİR

**ŞUBAT 2018
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BÜYÜK AÇIKLIKLI TEK VE ÇİFT GÖZLÜ
BETONARME MENFEZ TASARIMI**

Mehmet PATIR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09 / 01 / 2018

Tezin Savunma Tarihi : 02 / 02 / 2018

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Temel TÜRKER

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Mehmet PATIR Tarafından Hazırlanan**

**BÜYÜK AÇIKLIKLI TEK VE ÇİFT GÖZLÜ
BETONARME MENFEZ TASARIMI**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 16 / 01 / 2018 gün ve 1736 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Muhammet Vefa AKPINAR

Üye : Doç. Dr. Temel TÜRKER

Üye : Doç. Dr. Tufan ÇAKIR



**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Küçük sanat yapıları olarak nitelendirilen menfezler, küçük olmasına karşın, pratik uygulanabilmeleri ve yerinde geleneksel tarzda üretilebilme esnekliğine sahip olmalarından dolayı çokça uygulama alanı bulan yapılardır. Bilim ve teknikte ilerlemelerle ortaya çıkan ileri mühendislik çözümlerine karşın, menfezler önemini korumuş ve kendilerini güncellemişlerdir. Günümüzde menfezlere olan ilgi artmaya başlamış, zorlu coğrafi koşullarda yapımı ekonomik olmayan benzeri işlev gören aynı açıklık ve genişlikte yapılara (öngerme kirişli ve çelik köprüler vb.) alternatif olarak rahat biçimde kullanılmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, ülkemizde sıklıkla uygulanan, tek gözlü büyük açıklıklı ve çift gözlü büyük açıklıklı menfezlerin statik ve dinamik etkiler altında analizleri ve projelendirme safhaları ortaya konulmaya çalışılmıştır. SAP2000 yardımıyla bu analizleri gerçekleştirip tasarım yapılırken kullanılan hesap yöntemleri ve programla ilgili bilgiler verilmiştir. Son kısımda, seçilen menfezlerin aynı açıklığa sahip prekast öngerme kirişli bir köprü ile maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Yüksek lisans çalışmamda desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Temel TÜRKER'e, yıllarca bizi yetiştirmek için emek sarf eden annem Adile PATİR'a, sabırla bu süreçte yanımda olan ve destekleyen eşim Hicran PATİR, çocuklarım Çınar ve Defne'ye teşekkür ederim.

Bu çalışmamda bu zamana kadar bana emek vermiş tüm hocalarıma maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Mehmet PATİR

Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Büyük Açıklıklı Tek ve Çift Gözlü Betonarme Menfez Tasarımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Temel TÜRKER’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 02/02/2018


Mehmet PATİR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
KISALTMALAR	XIV
SEMBOLLER	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.2. Menfezler ile İlgili Yapılan Çalışmalar ve Süreç.....	2
1.1.3. Yapılan Çalışmanın Amaç ve Önemi.....	3
1.2. Menfezler.....	4
1.2.1. Menfezlerin Sınıflandırılması.....	6
1.2.1.1. Kutu Menfezler.....	7
1.2.1.2. Kemerli Menfezler	9
1.2.1.3 Tabliyeli Menfezler	9
1.2.2. Menfez Tasarımı.....	10
1.2.2.1. Menfez Yerleşiminin Belirlenmesi	10
1.2.2.2. Menfez İşletme Koşullarının Belirlenmesi.....	14
1.2.2.3 Maksimum Akış Miktarının Belirlenmesi.....	26
1.2.3. Menfez Yüklerinin Tanımlanması ve Sistem Modeli	29
1.2.3.1. Statik Toprak Basıncı Yükleri.....	29

1.2.3.2. Dinamik Toprak Basıncı Yükleri	32
1.2.3.3. Deprem Yükleri ve Depreme Göre Hesap	36
1.2.3.4. Karayolu (Katar) Yükleri	39
1.2.3.5. Yükleme Kombinasyonları.....	42
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	47
2.1. Büyük Açıklıklı Tek Gözlü Menfez Hesap ve Tasarımı	47
2.1.1. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması	47
2.1.2. Yüklerin Tanımlanması	55
2.1.2.1. Statik ve Dinamik Toprak Yüklemeleri	55
2.1.2.2. Deprem Yükleri	62
2.1.2.3. Katar Yükleri	68
2.1.2.4. Yük Kombinasyonları	71
2.1.3. Analiz Sonuçları	75
2.2. Büyük Açıklıklı Çift Gözlü Menfez Hesap ve Tasarımı	99
2.2.1. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması	99
2.2.2. Yüklerin Tanımlanması	100
2.2.2.1. Statik ve Dinamik Toprak Yüklemeleri	100
2.2.2.2. Deprem Yükleri	101
2.2.2.3. Katar Yükleri	101
2.2.2.4. Yük Kombinasyonları	102
2.2.3. Çift Gözlü Menfez Analiz Sonuçları	102
3. BULGULAR VE İRDELEMELER	111
3.1. Öngerme Kirişli Köprü ve Menfez Maliyet Kıyaslaması	111
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	116
5. KAYNAKLAR.....	118
ÖZGEÇMİŞ	

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BÜYÜK AÇIKLIKLI TEK VE ÇİFT GÖZLÜ
BETONARME MENFEZ TASARIMI

Mehmet PATIR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Temel TÜRKER
2018, 119 Sayfa,

Bu çalışmada, karayollarında ve su yapılarında sıklıkla kullanılan, yol güzergahlarında karşılaşılan akar suların kontrol altına alınarak yol geçişlerini sağlayan ve hidrolik yapı olarak su iletimine yarayan, yurdumuzda uygulama alanı bulan tip menfezlerin statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilerek tasarımları yapılmıştır.

Öncelikle menfezlerin kullanım alanlarından bahsedilmiş, sonrasında menfez tipleri ve etkiyen yükler belirtilmiştir. Menfez hesap yöntemi ve hesap adımları ortaya konulduktan sonra tasarıma ilişkin adımlar sunulmuştur. Bu kapsamda daha önce yapılmış akademik çalışmalar irdelenmiştir. Çalışmada tek gözlü açıklığı 9,5m yüksekliği 5m olan ve çift gözlü her bir açıklığı 9m ve yüksekliği 5m olan menfezlerin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapısal çözümleme sonlu eleman yöntemini baz alan bilgisayar programı SAP2000 ile yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde, uygulamada büyük açıklıklı menfez yerine kullanımı tercih edilen öngermeli prekast kirişli köprüler ile büyük açıklıklı menfezlerin maliyet analizleri yapılmıştır. Çalışmadan, menfezlerin aynı açıklıklı köprülere göre daha ekonomik olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Köprüler, Menfezler, Statik ve Dinamik Yükler, Yapısal Tasarım

Master Thesis

SUMMARY

DESIGNING LONG-SPAN ONE AND TWO EYED
REINFORCED CONCRETE CULVERT

Mehmet PATIR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Temel TÜRKER
2018, 119 Pages

In this study, typical culvert to find the area of application commonly used in Türkiye highways and hydraulic structures which allowing the passage in water bodies and a study of such as culverts of for water transmission, static and dynamic analysis was performed.

Firstly the culverts were defined and mentioned area of usage. Then the culvert type and load combinations was specified. The culverts analysis method and calculation steps were showed. Academic studies previously conducted were referred within this framework

In this study dimensions of culverts; in one eyed culvert span 9,5m, height 5m and two eyed culvert 9m, height 5 were analysed. In the perform were used finite element method analysis program SAP2000. After commented results.

In evaluation results long span culvert and prestressed precast beam span bridge was compared for cost of building. At the end of study, the analysis has shown that amount of culverts reinforcement and concrete lower than typical culverts and same length bridge.

Key Words: Highway Culvert, Static and Dynamic Analyze, Long-Span Culvert.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Eski bir demiryolu menfezi, kemerli tip (Soyak, 2017).....	1
Şekil 2. Menfez ve köprü kıyaslaması (FHWA, 2012)	5
Şekil 3. Kompozit menfez kapağı.....	7
Şekil 4. Tipik kutu menfez	7
Şekil 5. Tipik tek ve çift gözlü kutu menfezlere ait görüntüler	8
Şekil 6. Kemerli menfez tipi (mezitli-kocayer).....	9
Şekil 7. Tabliyeli menfez.....	10
Şekil 8. Akarsu üzerinde doğru menfez yerleşimleri (KTEK, 2005)	10
Şekil 9. Menfez yerleşiminde detaylar (Armco, 1958)	11
Şekil 10. Dere yatağı dışında menfez yerleşimleri (KTEK, 2005).....	11
Şekil 11. Menfezlerde düşey yerleşim (Armco, 1958).....	12
Şekil 12. Menfezlerde düşey yerleşim (Armco, 1958).....	12
Şekil 13. Tek gözlü kutu menfezde enerji kırıcı (KGM, 2012).....	13
Şekil 14. Menfezlerde memba giriş kontrolü (FHWA, 2012).....	14
Şekil 15. Menfezlerde mansap çıkış kontrolü (FHWA, 2012).....	15
Şekil 16. Giriş kontrolünde semboller	16
Şekil 17. Çıkış kontrolünde semboller	16
Şekil 18. Çıkış Kontrollü Menfezlerde Kabarma Tayini.....	18
Şekil 19. Giriş Kontrollü Menfezlerde Kabarma (H) Tayini	19
Şekil 20. Kutu menfez b=1,0 m genişlik için abak.....	20
Şekil 21. Kutu menfez b=1,5 m genişlik için abak.....	21
Şekil 22. Kutu menfez b=2,0 m genişlik için abak.....	22
Şekil 23. Kutu menfez b=2,5 m genişlik için abak.....	23
Şekil 24. Kutu menfez b=3,0 m genişlik için abak.....	24
Şekil 25. Menfez toprak basıncı etki diyagramı, (AASHTO, 2002).	29
Şekil 26. Mononobe-Okabe zemin duvar etkileşimi sistemi.....	32
Şekil 27. Menfez duvarı deprem durumu zemin etkileşimi şematik gösterimi	33
Şekil 28. Tasarım ivme spektrumu	37
Şekil 29. Deprem hesabında dış merkezlik	39
Şekil 30. H30-S24 kamyonu gösterimi	40

Şekil 31. Menfez üstü kamyon yerleşimi tipik görünüm (a) durumu.....	40
Şekil 32. H30-S24 kamyonu dingil yükü dolgu etkileşimi (b) durumu	41
Şekil 33. Büyük açıklıklı tek gözlü menfez.....	47
Şekil 34. Tek gözlü menfez sistemi matematik modeli ve yüklemeler	49
Şekil 35. Tipik menfez boy kesiti.....	50
Şekil 36. SAP2000 ekranı model oluşturulması.....	50
Şekil 37. Menfez için oluşturulan katı model görüntü.	51
Şekil 38. SAP2000 model sistem davranışı tanım ekranı.....	51
Şekil 39. SAP2000 malzeme tanım ekranı	52
Şekil 40. SAP2000 Menfez kesitlerinin tanımlanması.....	53
Şekil 41. SAP2000 beton kesite donatı atama ekranı	54
Şekil 42. SAP2000 Assign menüsü kesit atama	54
Şekil 43. EPAS yüklemesi.....	56
Şekil 44. EQAS yüklemesi	56
Şekil 45. EP0 yüklemesi.....	57
Şekil 46. EQ0 yüklemesi	57
Şekil 47. EQXPAD dinamik aktif toprak basıncı yüklemesi	59
Şekil 48. EQXPPD dinamik duvar kütlesi yükü	59
Şekil 49. SAP2000 ekranı düzgün yayılı dolgu yükü (SDEAD).....	60
Şekil 50. Tepki spektrumu tanımlama ekranı	62
Şekil 51. SAP2000 de tasarım ivme spektrum ekranı	63
Şekil 52. SAP2000 modal analiz ekranı	64
Şekil 53. SAP2000 Spektrum tanımlama ekranı	66
Şekil 54. Spektrum detay ekranı ve eksantirisite.....	67
Şekil 55. Şerit yükü (moving load) ekranı.....	68
Şekil 56. Şerit yükü (moving load) araç tanımlama ekranı	69
Şekil 57. Moving load taşıt sınıfı ve katsayı tanımlama ekranı.....	70
Şekil 58. Tanımlanan katar yükünün yükleme durumunun belirtilmesi	71
Şekil 59. SAP2000 yük kombinasyon ekranı	72
Şekil 60. SAP2000 kombinasyon ekranı - Envelope.....	72
Şekil 61. SAP2000 Automatic frame mesh ekranı	73
Şekil 62. Frame mesh ve spring atanmış durum.....	74
Şekil 63. Frame elemanları bağlama rigid zone factor ekranı	74

Şekil 64. SAP2000 yükleme ekranı	75
Şekil 65. SAP2000 analiz ekranı	75
Şekil 66. Service I - Ia ve Load Factor I-Ia-Ib yüklemesi altında menfez davranışı.....	76
Şekil 67. EPAS, EQAS, EP0, EQ0 yüklemesi altında model davranışı.....	76
Şekil 68. EQPAD, EQXPPD yüklemesi altında menfez davranışı	77
Şekil 69. Service yüklemesi moment zarf (envelope) diyagramı.....	77
Şekil 70. SEISMIC yüklemesi moment diyagramı	78
Şekil 71. LL (H30S24MOV) yüklemesi moment diyagramı	78
Şekil 72. LL (H30S24MOV) yüklemesi kesme kuvveti diyagramı	79
Şekil 73. Load Factor I yüklemesi moment diyagramı	79
Şekil 74. Load Factor Ia yüklemesi moment diyagramı.....	80
Şekil 75. Load Factor I b yüklemesi moment diyagramı	80
Şekil 76. Service I yüklemesi moment diyagramı.....	81
Şekil 77. Service Ia yüklemesi moment diyagramı	81
Şekil 78. EP0 yüklemesi moment diyagramı.....	82
Şekil 79. EPAS yüklemesi moment diyagramı	82
Şekil 80. Load Factor Ia yüklemesi kesme kuvveti diyagramı.....	83
Şekil 81. Service yüklemesi kesme kuvveti zarf (envelope) diyagramı.....	83
Şekil 82. Load Factor Ia yüklemesi normal kuvvet diyagramı.....	84
Şekil 83. Service yüklemesi normal kuvvet zarf diyagramı	84
Şekil 84. SUPDEAD yüklemesi normal kuvvet diyagramı.....	85
Şekil 85. Service I yüklemesi S11 gerilmesi zarf diyagramı.....	85
Şekil 86. Load Factor Ia yüklemesi S11 gerilmesi.....	86
Şekil 87. EP0 yüklemesi S11 gerilmesi.....	86
Şekil 88. SUPDEAD yüklemesi S11 gerilmesi	87
Şekil 89. Modal analiz moment diyagramı mode 1 period 0,24123	87
Şekil 90. Modal analiz kesme kuvveti diyagramı mode 1 period 0,24123	88
Şekil 91. Menfez betonarme dizaynı donatı miktarları (ACI318-08) (cm ²).....	90
Şekil 92. Menfez betonarme dizaynı özet bilgi ekranı	90
Şekil 93. Menfez betonarme tasarımı pik değere göre özet bilgi ekranı	91
Şekil 94. Menfez donatı yüzdeleri gösterimi.....	92
Şekil 95. Menfez kesme donatı değerleri gösterimi cm ²	92
Şekil 96. Çift gözlü menfez tipik görünüşü.....	99

Şekil 97. Çift gözlü menfez frame (çerçeve) elemanları	100
Şekil 98. SAP2000 trafik şeridi tanımlama ekranı	101
Şekil 99. Şerit bilgisi tanımlama ekranı	102
Şekil 100. DL (Dead +Supdead) çerçeve açıklık yüklemesi	103
Şekil 101. EP0 çerçeve yan açıklıklar yüklemesi.....	103
Şekil 102. EQ0 çerçeve yan açıklıklar yüklemesi	104
Şekil 103. EPAS çerçeve yan açıklıklar yüklemesi.....	104
Şekil 104. EQAS çerçeve yan açıklıklar yüklemesi	105
Şekil 105. EQXPAD çerçeve yan açıklıklar yüklemesi	105
Şekil 106. EQXPPD çerçeve yan açıklıklar yüklemesi.....	106
Şekil 107. SUPDEAD yüklemesi şekil değiştirmesi	106
Şekil 108. EPAS yüklemesi şekil değiştirmesi.....	107
Şekil 109. EQXPPD yüklemesi şekil değiştirmesi	107
Şekil 110. Load factor envelope yüklemesi moment diyagramı	108
Şekil 111. Load factor envelope yüklemesi kesme kuvveti diyagramı	108
Şekil 112. Service envelope yüklemesi moment diyagramı.....	109
Şekil 113. Service envelope yüklemesi kesme kuvveti diyagramı.....	109
Şekil 114. Boyuna donatı alanı – cm ² (ACI318-08).....	110
Şekil 115. Boyuna donatı oranı (%) (ACI318-08)	110
Şekil 116. Köprü tabliyesi enine kesiti	111
Şekil 117. Prekast kiriş en kesiti.....	112
Şekil 118. Köprü boy kesiti ve ayak üzerindeki birleşenler	112
Şekil 119. Köprü temeli ayak ölçüleri	113

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Menfezlerin sınıflandırılması	6
Tablo 2. Kutu Menfezlerde Giriş Kaybı Katsayıları (K_e veya C_e) (Walesh, 1989).....	17
Tablo 3. Manning's ortalama sürtünme katsayısı değerleri (n),	25
Tablo 4. I 10 yıllık yinelenmeye göre 1 saat süreli yağış şiddetleri tablosu (mm/saat)	26
Tablo 5. Bir saatlik yağış düzeltme katsayıları.....	27
Tablo 6. C akış katsayısı tablosu	27
Tablo 7. Türkiye Havzalarının Akış Katsayıları (C)	27
Tablo 8. İçsel sürtünme açısı ϕ değerleri, (Barton,1973; Hoek ve Bray,1977)..	31
Tablo 9. SPT N değerlerine bağlı içsel sürtünme açısı değerleri, (Bowles, 1997).....	31
Tablo 10. Killi ve kumlu zeminlerde SPT N değerleri, (TMH,1970).	32
Tablo 11. Zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyotları, (DBYBHY, 2006). ..	35
Tablo 12. Deprem Performans Kategorileri,	35
Tablo 13. Etkin yer ivmesi katsayısı	35
Tablo 14. AASHTO yük katsayıları ve kombinasyonları	44
Tablo 15. Çeşitli zeminler düşey yatak katsayısı (ks) değerleri	48
Tablo 16. Tek açıklıklı menfeze ait kesit özellikleri	48
Tablo 17. Excel programında spektrum hesabı	65
Tablo 18. SAP2000 özet hesap değerleri çıktısı.....	89
Tablo 19. Tek gözlü menfez betonarme giriş dizaynı özet tablosu 1. ve 2. kısım	93
Tablo 20. Menfez betonarme dizaynı hesap özetleri tablosu 2. Kısım.....	97
Tablo 21. Çift gözlü menfeze ait kesit özellikleri	99
Tablo 22. Köprü ve iki açıklıklı menfez maliyet tabloları (2016 Birim Fiyatları).....	114

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute (ACI318-08)
ASTM	: American Society For Testing Materials
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
BAM	: Büyük açıklıklı menfez
EDY	: Eşdeğer Statik Deprem Yüğü Yöntemi
KTŞ	: Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
KTEK	: Karayolu Tasarım El Kitabı, 2005
MBY	: Mod Birleştirme Yöntemi (çok modlu çözüm)
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı
SPT	: Standart Penetration Testing
SVM	: Von Mises Stress / Gerilmesi – ortalama kayma değeri
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliğı
TMH	: Türkiye Mühendislik Haberleri
ZTH	: Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

SEMBOLLER

A_o	: Etkin yer ivme katsayısı
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
A_s	: Çekme donatısı alanı
b_w	: Kiriş gövde genişliği
d	: Faydalı yükseklik
F_i	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i'inci kata etkiyen deprem kuvveti
f_{ck}	: Karakteristik beton basınç dayanımı
f_{ctk}	: Karakteristik beton çekme dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi ($9,81m/s^2$)
g_i	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük
h_i	: Binanın i'inci katının yüksekliği
H_i	: Binanın i'inci katının temelden itibaren olan yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
I_c	: Kolon atalet momenti
M_w	: Moment magnitud büyüklüğü
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
N	: Toplam katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
$S(T)$: Spektrum katsayısı
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V_c	: Kesme dayanımına betonun katkısı
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_r	: Kolon, kiriş ve perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	: Hesabı yapılan deprem doğrultusunda eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapıya etkiyen toplam taban kesme kuvveti
W	: Hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan binanın toplam ağırlığı

- w_i : Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
- Δ_i : Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemesi
- $(\Delta_i)_{ort}$: Binanın i'inci katındaki ortalama görelî kat ötelemesi
- ΔF_N : Binanın en üst katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
- Δ_i : Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
- η_{bi} : Binanın i'inci katında mevcut olan burulma düzensizliği katsayısı



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Menfez; Arapça kökenli olup, girecek veya geçecek yer olarak tanımlanmıştır. Günümüzde genel anlamda bir şeyi geçirmek iletmek için kullanılan yapısal boşluklar olarak adlandırabiliriz. Menfezler tiplerine göre kutu, kemer menfezler, çeşitlerine göre; betonarme, ahşap, metal, plastik olabilirler.

Menfezler yapı türü olarak ilk yüzyıllardan itibaren karşımıza çıkmaktadır. Tarihi yapıların incelenmesi ve arkeolojik kazılar ilk menfezlerin daha çok kemer tarzı ve kâgir olduklarını göstermektedir. Tarihin ilk dönemlerinden beri birçok uygarlıkta geniş kullanım alanı bulmuşlardır. Tapınak altlarında dehliz, saraylarda gizli geçiş, tarımda su iletimi, mabetlerde temellerle birlikte yapının nem ve suya karşı korunması için hava kanalı sirkülasyon mekanizmaları, su sarnıçları için iletim kanalı vazifesi görmüşlerdir. Eski bir demiryolu menfezi Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Eski bir demiryolu menfezi, kemerli tip (Soyak, 2017)

Yüzyıllardır kullanılan menfezler tür, çeşit, kullanım alanlarına göre değişerek, yapısal teknolojik gelişmelere bağlı olarak işlevsellikleri artarak günümüzde hala pek çok

kullanım alanı bulan bir yapı türü ve yapı elemanıdır. Otoyollarda, su yapılarında, baraj enjeksiyon tünellerinde, altyapı galerileri olarak kablo ve tesisat geçişlerinde, madencilikte galeri teşkilinde, mekanik tesisat olarak hava ve gaz iletiminde birçok alanlarda kullanılan menfezler, yerli kaynaklarla üretilen bir yapı türüdür.

1.1.2. Menfezler ile İlgili Yapılan Çalışmalar ve Süreç

Menfezler günümüze değin pratik hayatta sıklıkla kullanılan inşaat yapıları olmuştur. Bu hayati yönleri ile ilk tarihlerden bu zamana kadar önemlerini korumuşlardır.

Eski çağlarda Mısır piramitlerinde kral odasına açılan dehlizler birer menfez örneğidir. Topkapı sarayında yer altından birbirine bağlanan binalar birer menfez yapısıdır. Mimar Sinan'a ait eserlerden olan Selimiye ve Süleymaniye camilerinin temellerinde, temeller boyunca devam eden hava kanalları ve ısıtma sistemi, menfez yaklaşımını sergilemektedir. Bu yapılar günümüze değin yansıyan pratik menfez uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır. Aşağıda yakın zamanda yapılan yeni nesil menfezlerle alakalı bazı akademik çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır.

Gül (1999), Enine drenaj ve karayolunda menfez tasarımı başlığı altında incelediği menfezlerin hidrolojik ve hidrolik özelliklerini ortaya koyarak incelemiş, derlediği bilgilerle alternatif bir tasarım yöntemi önermiştir. Rasyonel ve sentetik hidrolik hesap yöntemleri anlatılarak, kuyruk suyu, menfez giriş ağız suyu, menfez akışları, tam dolu, batık hal gibi kavramlar işlenmiştir. Bilgisayar programlarını kullanarak yaptığı menfez hidrolik hesaplarını elle çözümlerle kıyaslayarak sonuçları doğrulamıştır.

Öztürk (2001), menfezleri hidrolik yönden incelemiş, hesaplamalarda pik debi dışında oluşabilecek olası debilerinde dikkate alınması gerektiğini zira bu ara debilerin menfez üzerinde oyulma, yığılma, sıçrama gibi etkiler oluşturabileceği belirtmiştir. Menfez projelendirilmesinde hidrolojik ve hidrolik yaklaşımların çok güncel olmadığı, eski abaklarla menfez tahkiklerinin mahsurlu olduğunu değerlendirmiştir. Menfez projelendirmesinin doğru yapılabilmesi için havza ile ilgili verilerin bir yöntemle bağlı kalınarak değil, deterministik ve istatistikî yaklaşımları da içeren bilgisayar programları yardımıyla yapılmasını ve klasik yöntemlerle de kontrol edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Bununla ilgili olarak 14 farklı akıma göre varyasyonları hesaplayabilen Amerikan Federal Karayolları İdaresi (Federal Highway Administration) FHWA' nin geliştirdiği HY-8 bilgisayar programı kullanılmaktadır.

Kocaman (2002), Otoyolların Drenajı adlı yüksek lisans tez çalışmasında, menfezlerin ülkemizdeki otoyollarda drenaj için öneminden bahsederek, kabarma oranının 0,9 yerine 1,2 olmasına göre boyutlandırma ilkesine bir öneri getirmiştir. Ayrıca menfez ve bileşenlerini detaylıca açıklamıştır.

Öztürk vd., (2003), menfezlerin modellenmesinde kullanılan taşkın hesap metodlarının değerlendirilmesi çalışmasında, seçtikleri iki bölgede bulunan derelerdeki menfezlerin bağlantılı olduğu havzalara göre Mockus, DSİ sentetik ve Rasyonel metodlarla maksimum debileri 10 yıllık ve 100 yıllık periyotlara göre hesaplayarak yöntemleri kıyaslamışlardır. Sonuç olarak; menfez debi hesabında en uygun yöntemin Mockus yöntemi olduğunu belirtmişlerdir.

Ülgen (2011), kum içinde gömülü kutu menfezlerin dinamik hareketler altındaki davranışı üzerinde deneysel bir çalışma yaparak yer altı yapıların sismik güvenliğinin anlaşılması, bu yapılara etkiyen genel basınç bilgilerinin bir prosedüre bağlanması ve geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu amaçla oluşturulan menfez modeli üzerinde sarsma tablası ve santrifüj deneyleri yapılarak harmonik hareketler altında toplanan parametreler yardımıyla menfez modeline etkiyen basitleştirilmiş dinamik yanal basınç dağılımı ve kutu menfez ön tasarımı için yapının üzerine gelen kuvvetleri değerlendiren basitleştirilmiş çerçeve analizi yaklaşımı önerilmiştir. Yaklaşımı doğrulamak için kutu tipi menfez üzerinde santrifüj testleri yapılmış, elde edilen sonuçlar önerilen basitleştirilmiş prosedürün, makul bir yaklaşım olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Ay (2016), menfez boyut analizi için rasyonel metot ve ArcGIS bilgisayar programını kullanarak sonuçları kıyaslamıştır. Çalışma sonunda rasyonel metot verilerinin ArcGIS programı ile elde edilen sonuçlara göre daha düşük olduğunu ArcGIS programının daha gerçekçi sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

1.1.3. Yapılan Çalışmanın Amaç ve Önemi

Bir yol çalışmasında ya da bir akarsu düzenlemesinde, açıklıkları geçmek için menfez ve köprüler kullanılır. Saha çalışmalarında karşılaşılan temel problemlerin başında tasarlanacak yapının yatırım maliyeti, yapılabilirliği (büyük arazileri kaplaması, birkaç kurumun onayı, sit alanında olması veya çevresel etki değerlendirmesinde negatif sonuç vermesi) pratik ve kolay yapılabilmesidir. Coğrafi açıdan problemler (engebeler, yapının yapılacağı konumda yolların yetersiz olması, iklimsel zorluklar, kar, buzlanma vs.)

arazilerde açıklıkları geçmek için köprülerin kullanılması işleri hayli zorlaştırmakta yatırım maliyetlerini artırmaktadır. Açıklığın ve zeminin elvermesi durumunda köprüler yerine büyük açıklıklı konvansiyonel menfezlerin konumlandırılmasının yerinde olacağı öngörülmektedir. Bu öngörünün birkaç sebebi menfezlerin;

- Sismik etkilerden daha az etkilenmesi
- Bakım maliyetinin olmaması
- Düşük maliyet ve kolay yapım yönetimi
- Hızlı ve pratik yapımı, proje ve tasarımın köprüye göre çabuk sonuçlanması
- Yollarda köprülerin trafik için oluşturduğu negatif durumu (erken buzlanma, farklı oturmada kaynaklı yol bozulmaları) azaltması

gibi etkiler sıralanabilir.

Bu tezin inceleme konusu olan menfezler inşaat alanında kullanılan yerinde üretilen betonarme tip menfezlerdir. Bu menfezler ülkemizde çok yaygın kullanılmaktadır. Buna karşın prefabrik tekniğindeki ilerlemeden sonra özellikle 80'li yıllardan itibaren öngerme kirişli köprüler hızlı bir kullanım alanı bulmuştur. Yaygın kullanılan bu iki yapı tipinin kıyaslanması fikri büyük açıklıklı tek ve çift gözlü menfezlerin ülkemizde kullanım alanı bulmasıyla başlamıştır. Büyük açıklıklı menfezlerin imalatı, aynı açıklığa sahip köprülerin daha zor imal edilmelerinden dolayı artış kazanmıştır. Özellikle coğrafi koşulların zor olduğu engebeli arazilerde büyük açıklıkları geçmek için menfezlerin konumlandırılması ile menfez imalatının yapım süresi, kolaylığı, ekonomik yönünün incelenmesi tezin özünü oluşturmaktadır.

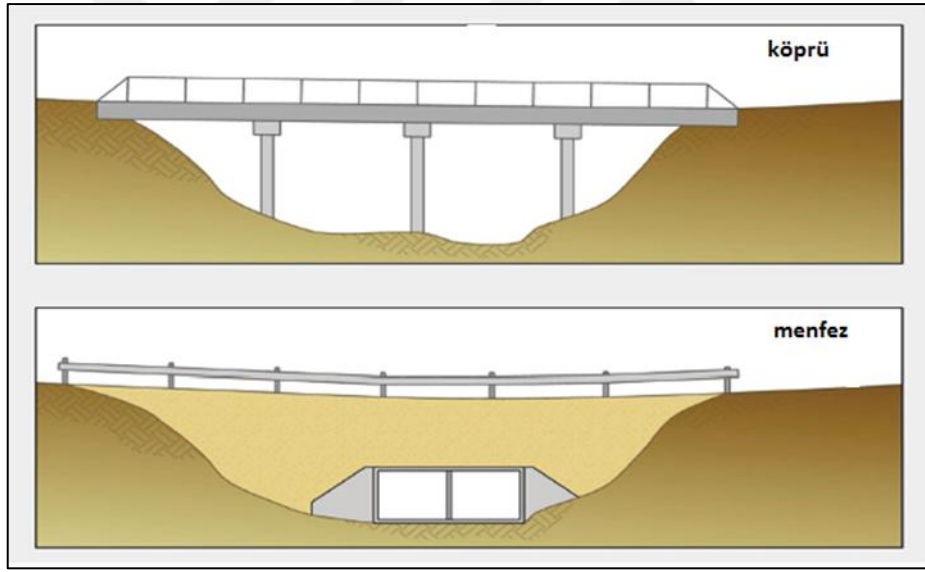
1.2. Menfezler

Menfezler, yağışlar sonucu oluşacak birikintinin veya akarsuyun bulunduğu yerden geçen yol gövdesinin engellenmesine karşın suyu, gövdenin bir tarafından diğer tarafına geçirmek için kullanılan yapılardır. Sanat yapıları olarak adlandırılan kutu menfezler, yol altlarında mevcut arazi durumuna göre yağışın akışa geçebilecek ve birikinti, göllenme yapabilecek kesimlerinin, yağış miktarı ve debiye göre kesitleri belirlenerek boyutları hesaplanan yapısal araçlardır. Tez konumuz olan betonarme kutu menfez, yol geçişi, alt sel geçidi sanat yapıları olarak adlandırılır. Statik ve dinamik yük etkileri altında irdelenerek analizler hazırlanır ve boyutlandırmaya yönelik güvenlik tedbirleri alınır.

Menfezler, sürekli olarak akan ya da yağış sonucu oluşan küçük akarsuları, yol gövdesinin bir tarafından diğer tarafına geçirmede kullanılan hidrolik sanat yapıları olarak da tanımlanır. Ayrıca yol yüzeyinden ve kafa hendeklerinden kenar hendeklere gelen sular menfez aracılığı ile toplanarak uygun yerlere ulaştırılır (Karayolları Teknik Şartnamesi-KTŞ, 2013).

Açıklığı 8 metreden küçük olan köprüler ve açıklığı ne olursa olsun imla (dolgu) altındaki bütün sanat yapılarına menfez denilmektedir. Menfezler; beton, çelik, kil veya diğer malzemelerden yapılmış olabilir. Bir menfezin şekli dikdörtgen, dairesel veya başka tiplerde olabilir (Millî Eğitim Bakanlığı-MEB, 2013).

Köprü ve menfez kıyaslaması ile ilgili görsel Şekil 2’de sunulmaktadır. Şekilden de görüleceği gibi açıklığın zemin durumu, işlevi, yapısal durumuna göre menfez ya da köprü ile geçileceğine karar verilerek tasarım aşamasına geçilir.



Şekil 2. Menfez ve köprü kıyaslaması (FHWA, 2012)

Menfezler kesitlerine göre; kutu, kemer ve tabliyeli menfezler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. (KTŞ, 2013). Ayrıca yüksek olmayan dolgu (imla) altlarında kullanılan dairesel kesitli boru menfezlerde (büz) bulunmaktadır. Büzler beton ve betonarme olarak dizayn edilip, sepet kulplu olarak da imal edilebilirler.

1.2.1. Menfezlerin Sınıflandırılması

Menfezler kullanım amacı ve türlerine göre aşağıda yer alan tabloda özetlenmiştir (Tablo 1). Boru tip menfezlerde beton ve betonarme olarak imal edilenler büz olarak adlandırılmaktadır. Koruge-hdpe borularla yaygın kullanım alanı bulan boru tip menfezler beton, plastik, betonarme gibi malzemelerden üretilerek, geçici ve pratik kullanımın amaçlandığı mecralarda kullanılır.

Plak (dalo) menfez; küçük açıklıktaki kâgir ya da beton ayaklar üstüne taş ya da beton plağın kapaklanmasıyla oluşan menfez yapısıdır. Dalo olarak yanlış terimleşen bu kelime Fransızca zaten menfez anlamına geldiğinden bu tezde parantez içinde kullanılmıştır.

Tablo 1. Menfezlerin sınıflandırılması

AMACI	TİPİ	CİNSİ
Hidrolik Amaçlı	Boru	Kâgir
Canlı Geçiş Amaçlı	Kutu	Beton
Mekanik Tesisat Amaçlı	Kemer	Betonarme
Araç Trafîği Geçiş Amaçlı	Tabliyeli	Ahşap
	Plak (Dalo)	Metal
	Kompozit	Plastik
		Cam

Kompozit menfez; taban ve duvarları bir cins tabliyesi başka bir cins malzemenin üretilen menfez yapılarıdır. Daha çok beton ve betonarme olarak imal edilen menfezlerde tabliyenin döküm, çelik ya da modifiye plastik olması gibidir. Bu menfezler ayrıca gövdesi beton, betonarme, fiberglas, çelik gibi malzemelerden, kapak kısımlarında ise kullanım amacı ve yerine göre pik döküm, sfero döküm, kompozit plastik, fiberglas, çelik gibi malzemelerden imal edilebilmektedir. Şekil 3'te gövdesi beton olup çelik kapağa sahip kompozit bir kablo menfezi görülmektedir.



Şekil 3. Kompozit menfez kapağı

1.2.1.1. Kutu Menfezler

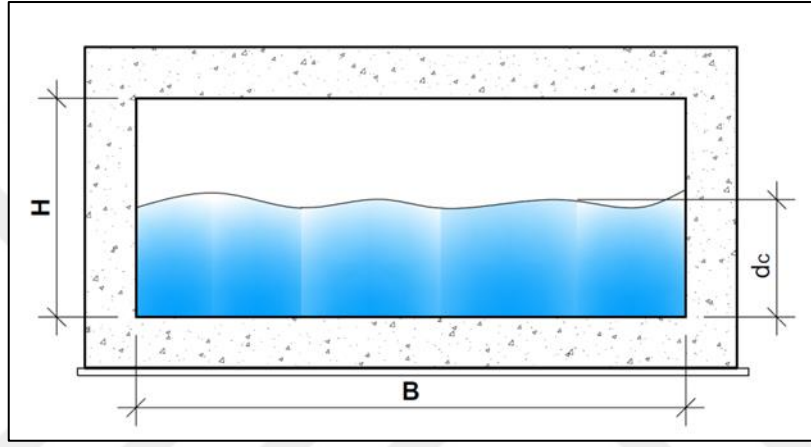
Memba ve mansap tarafında kanat duvarları bulunabilen kutu kesitli betonarme menfezlerdir (KTS, 2013). Şekil 4’te görülmektedir.



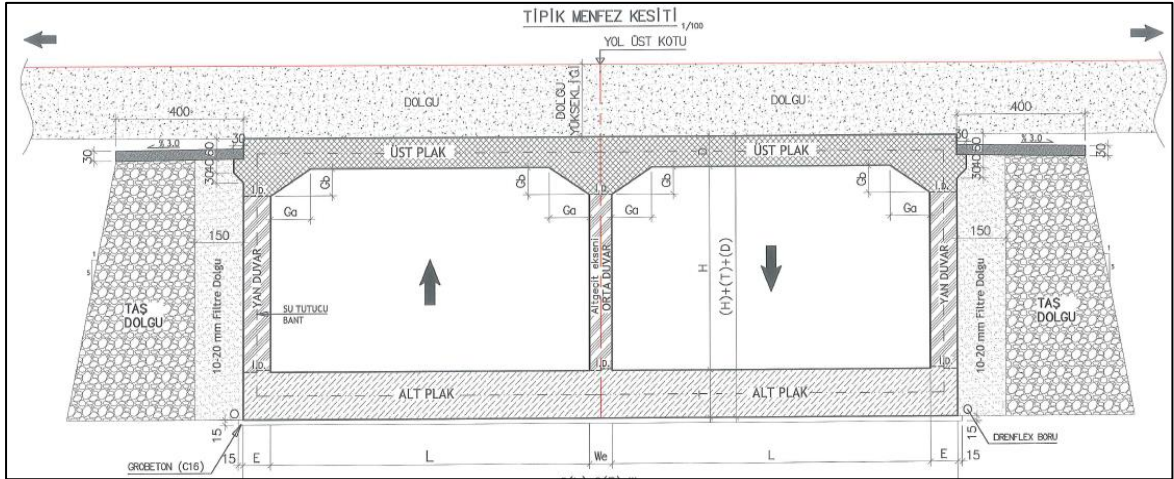
Şekil 4. Tipik kutu menfez

Ülkemizde genellikle bu tip menfezler kullanılır. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından 2005 yılında yayınlanan standart kutu menfez kitapçığı dolgu yüksekliği 0,31m ile 25m arasında serbest açıklıkları 1m ile 3m serbest yükseklikleri 1m ile 3m arasında menfez tip kesitlerine ait abak ve tablolardan oluşmaktadır.

Bu tezin konusu menfezler; 2012 yılında KGM tarafından “standart kutu menfez tipleri” kitapçığı olarak yayımlanmıştır. Bu kitapçıkta tek gözlü menfezlerin; iç açıklıkları 4m ile 9,5m arasında, yükseklikleri 4m ile 6m arasındadır. Çift gözlü menfezlerin ise açıklıkları 8m ile 9m ve yükseklikleri 5m ile 6m arasında olup, bu menfezlere ait abak ve tablolardan oluşmaktadır. Bu kitapçıkta menfez tipleri için dolgu 0m ile 6m arasında değişen yükseklikler için tanımlanmıştır. Aşağıda tek ve çift gözlü kutu menfez çizimleri yer almaktadır (Şekil 5).



a. Tek gözlü menfez



b. Çift gözlü menfez

Şekil 5. Tipik tek ve çift gözlü kutu menfezlere ait görüntüler

1.2.1.2. Kemerli Menfezler

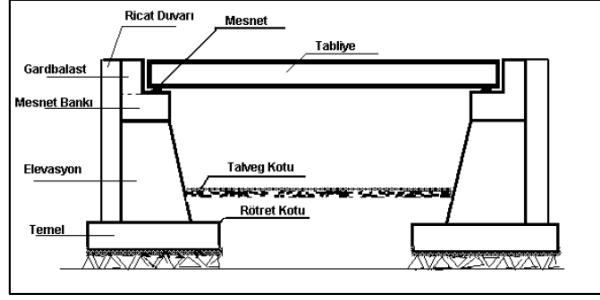
Yüksek dolgular altında kullanılan menfezlerdir. Bu menfezler kagir veya beton kemerli olarak yapılmaktadır. (KTŞ, 2013) Hidrolik durumu, dolgu yüksekliği, taban eğimine göre analiz edilerek, KGM tarafından serbest açıklığı 0,7–10m için hazırlanmış mevcut tiplere göre seçilerek ya da kendine has açıklık ve yüksekliğe bağlı olarak farklı verilere göre projelendirilebilir. Şekil 6’da kemer tipi menfez görülmektedir.



Şekil 6. Kemerli menfez tipi (mezitli-kocayer)

1.2.1.3 Tabliyeli Menfezler

Tabliyeli menfezler, beton ve kagir kenar ayaklar ve ricat duvarları ile üst tabliyeden oluşurlar (Şekil 7). Bu menfezlerde iki kenar ayak ara mesafesi 10m’den küçüktür. (KTŞ, 2013)



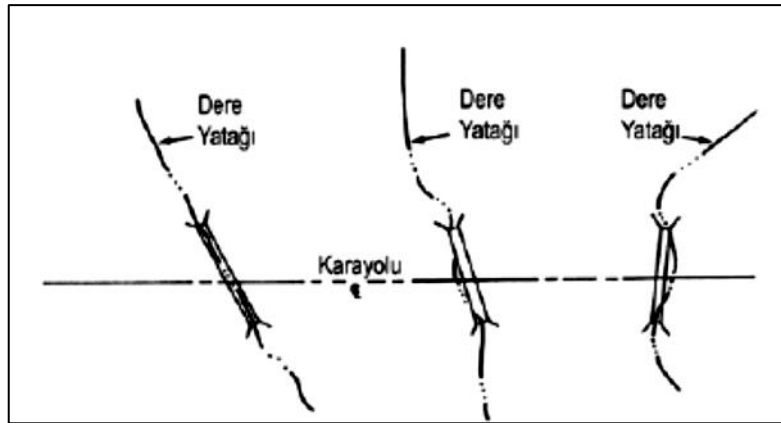
Şekil 7. Tabliyeli menfez

1.2.2. Menfez Tasarımı

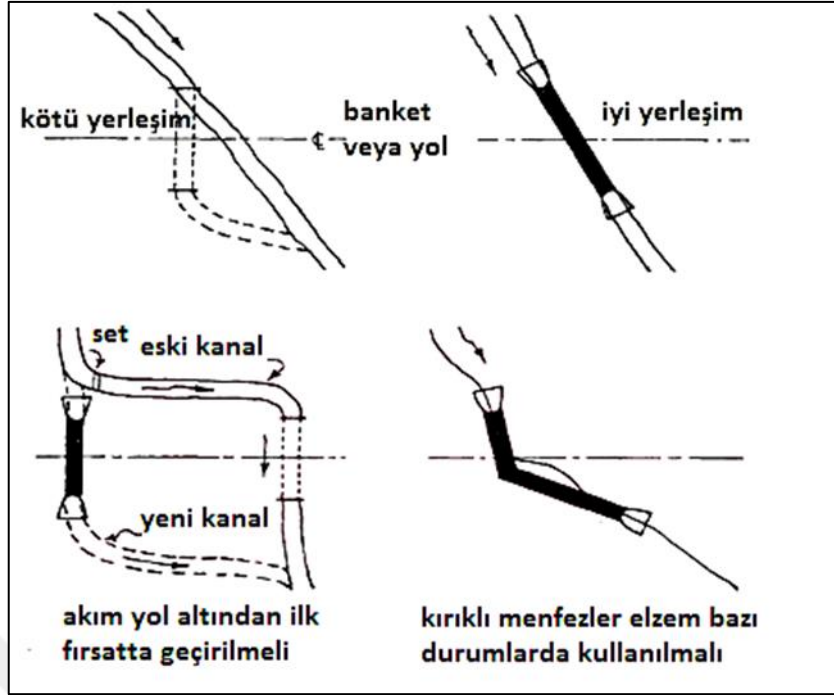
1.2.2.1. Menfez Yerleşiminin Belirlenmesi

Menfezlerin akarsu yatağında mümkün olduğu kadar akışa düz doğrultuda ve akarsu yatağı kotunda düşeyde fazla oynama yapmadan yerleştirilmeleri inşa amaçlarına uygun olacaktır. Menfez yerleşiminin yatay ve düşey için ayrı ayrı belirlenmesi gerekir.

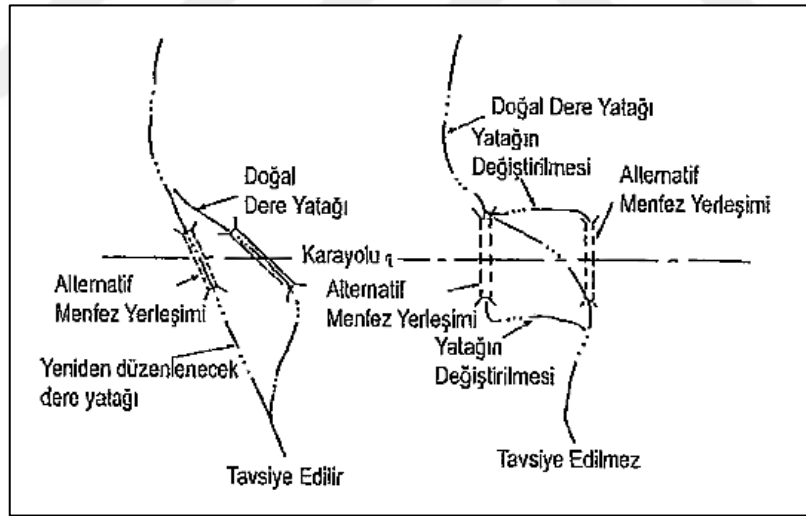
Yatayda menfez yerleşiminin belirlenmesinde, menfez doğal dere yatağına direnç oluşturmadan en kısa geçişi ve alıyman bir geçki oluşturmalıdır. Böylece rüsubat birikmesi ve su kabarması önlenmiş olacaktır. Doğru menfez geçkisine ait çizimler Karayolları Tasarım El Kitabı (KTEK, 2005) Şekil 8-10'da görülmektedir.



Şekil 8. Akarsu üzerinde doğru menfez yerleşimleri (KTEK, 2005)

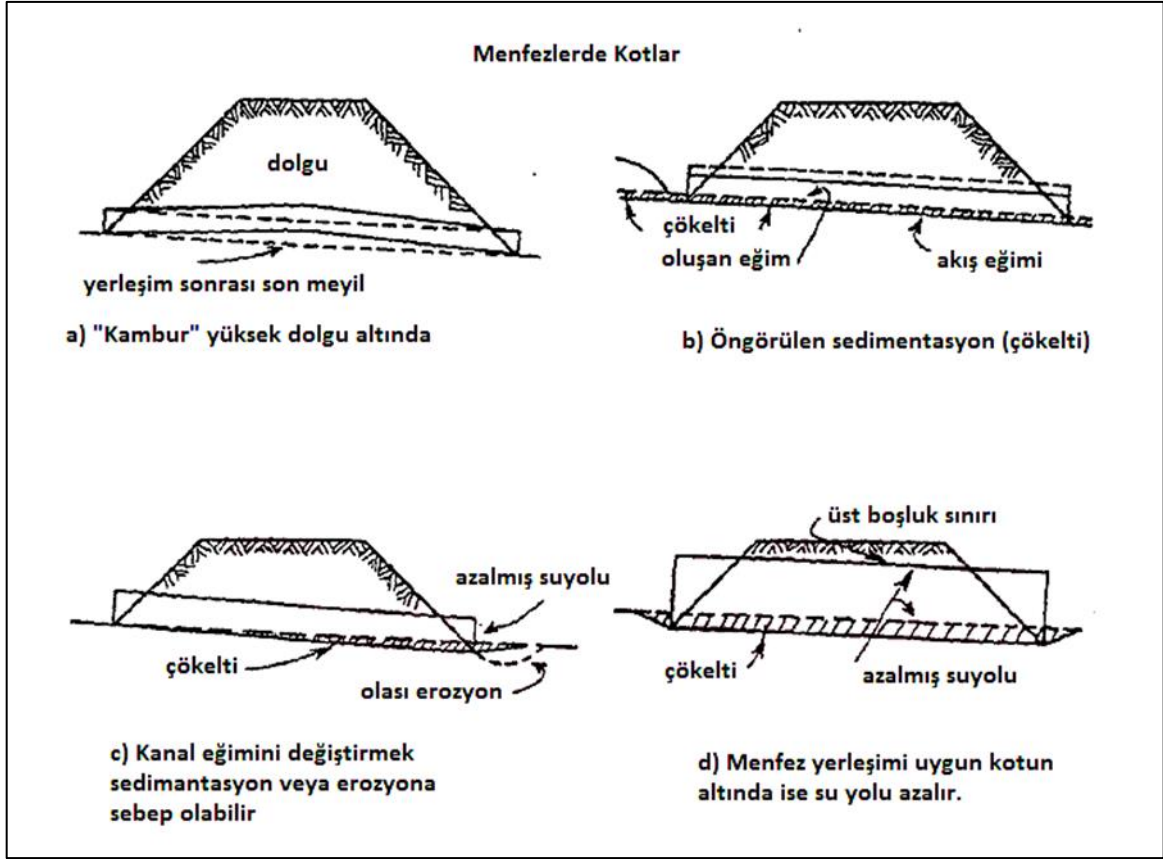


Şekil 9. Menfez yerleşiminde detaylar (Armco, 1958)

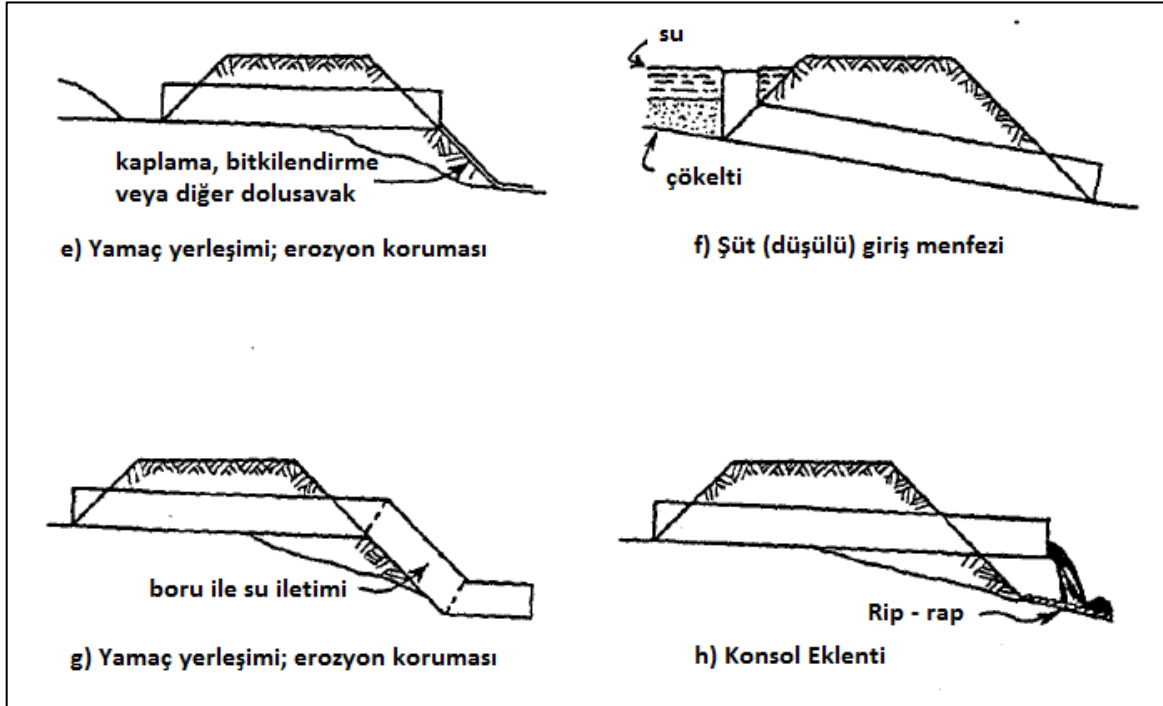


Şekil 10. Dere yatağı dışında menfez yerleşimleri (KTEK, 2005)

Düşeyde menfez yerleşiminin belirlenmesinde, menfezlerin düşey yerleşiminde doğal dere yatağının sahip olduğu düşey eksen üzerinde yapılmasına gayret edilmelidir. Şekil 11-12'de bu durum çizimlerle açıklanmıştır.



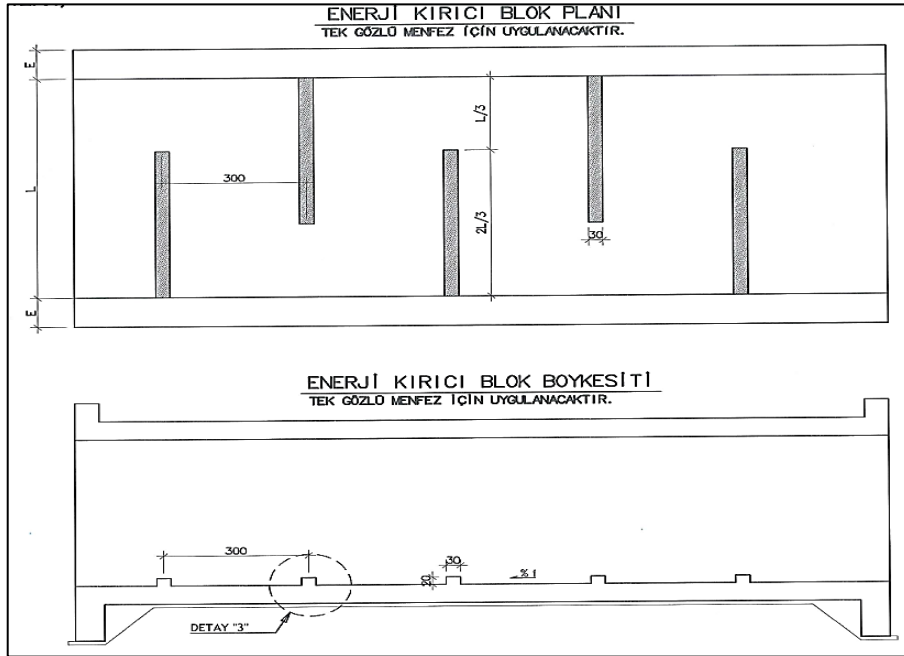
Şekil 11. Menfezlerde düşey yerleşim (Armco, 1958)



Şekil 12. Menfezlerde düşey yerleşim (Armco, 1958)

Şekillerden de görüldüğü gibi, dere yatağının talveg kotunun üstünde ve altında dizayn edilmesi durumunda menfezlerde bazı sorunlar baş göstermektedir. Bu tasarımlarla ortaya çıkacak sorunlara karşın, sırasıyla yapılması gerekenler gösterilmiştir. Şekil 11’de sırasıyla menfezin yüksek dolgu altında nihai oturması, talveg altı kazılarda sedimentin talveg kotuna ulaşana kadar menfez içinde birikmesi, menfez çıkışının mansapta dolgu üstünde kalarak erozyon tehlikesi oluşturması, kuyu girişi oluşturulması durumunda sediment birikmesi, kademeli birden fazla eğimde menfez yapılması durumunda erozyon girişiminin oluşması, menfez çıkışının mansapta dolgu üstünde kalarak erozyon tehlikesi oluşturması durumunda dolgu yamacının riprapla veya betonla korunması gösterilmiştir.

Doğal dere yatağı çok fazla eğimli ($\geq \%10$) ise suyun akış hızının artması nedeniyle menfez tabanının aşınması göz önünde tutulmalıdır. Bu durumda menfez tabanı dayanıklı yapılmalı ve memba kısmındaki dere yatağında dinlendirme çukuru, enerji kırıcı, vb. önlemler ile suyun akış hızının azaltılmasına çalışılmalıdır. Doğal dere yatağı eğiminin azaltılması gerekli ise menfezin mansabında dolgunun erozyona uğramaması için beton deşarj kanalları yapılmalıdır. Dere yatağının eğimi çok fazla ise tek gözlü menfez tabanında enerji kırıcı bloklar inşa edilir (Şekil 13). Bu bloklar menfez tabanının aşınmasını engellemektedir.

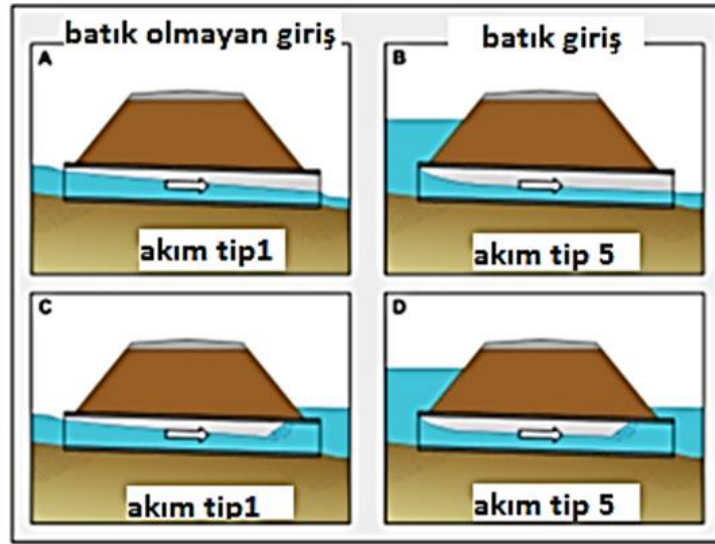


Şekil 13. Tek gözlü kutu menfezde enerji kırıcı (KGM, 2012)

1.2.2.2. Menfez İşletme Koşullarının Belirlenmesi

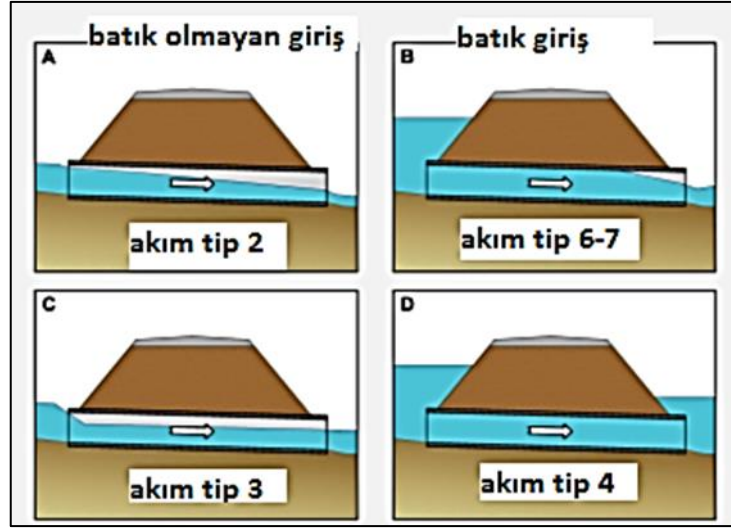
Menfezin boyutunu ve menfezdeki suyun akış hızını tespit etmek için öncelikle menfez işletme koşulunu belirlemek gerekmektedir. Bu koşullar; menfez girişindeki su kabarması (giriş kontrolü) ve çıkışındaki su kabarması (çıkış kontrolü) olarak iki kısımda incelenir. Giriş kontrolünde, HW menfez giriş ağzı su yüksekliği 10 yıllık taşkın frekansının %90'ı aşmaması, 100 yıllık frekansta $3xH$ (menfez yüksekliği) ile dolgu yüksekliği ikilisinden minimum olanı alınır.

Şekil 14'te su altında (batık) B, D skeçlerinde ve batık olmayan A, C skeçlerinde memba giriş kontrolü gösterimleri görülmektedir.



Şekil 14. Menfezlerde memba giriş kontrolü (FHWA, 2012)

Şekil 15'te su altında (batık) B, D skeçlerinde ve su altında olmayan A, C skeçlerinde mansap çıkış kontrolü gösterimleri görülmektedir.



Şekil 15. Menfezlerde mansap çıkış kontrolü (FHWA, 2012)

Zorunlu kalınmadıkça menfezin çıkışında su kabarmasına izin verilmeyecektir. Zorunlu şartlarda menfez çıkışında (akım tip4) suyun kabarmasına müsaade edilmesi durumunda menfez çıkışında gerekli önlemler alınmalıdır.

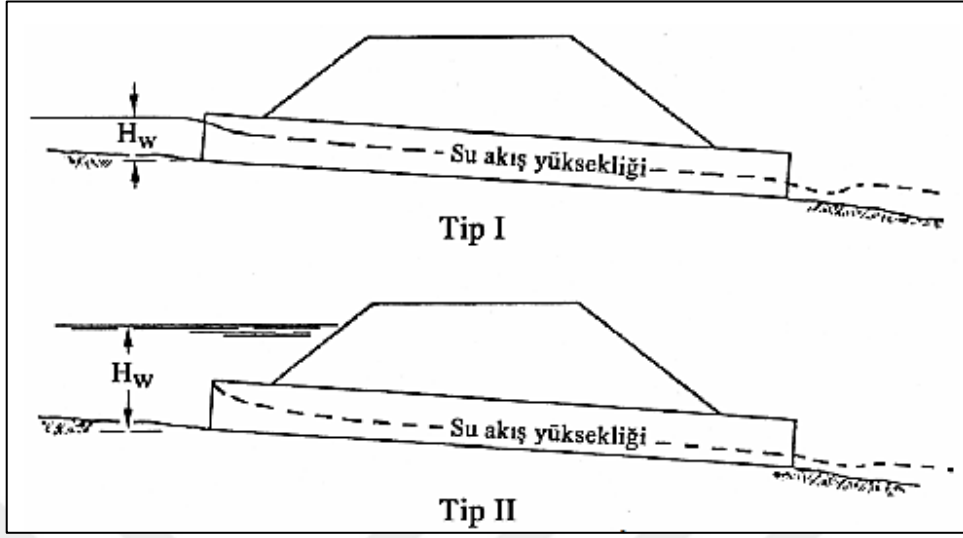
Şekil 16-17'de görüldüğü gibi giriş suyu yüksekliği (H_w); çıkış suyu yüksekliği (T_w) ve akımın kritik yüksekliği (D_K) tarafından belirlenecektir. Ayrıca menfezin debisine ve akış hızına bağlı olarak sabit akış su yüksekliğine karşılık gelen normal su yüksekliği (D_n) belirlenecektir. Menfez hidrolğine göre kritik kesitteki hız (V_K) maksimum debide oluşmaktadır. Başlıca menfez işletme şartları aşağıda verilmektedir.

Tip I için; $H_w \leq 1,2 a$ olduğundan dolayı girişte kabarma yok veya az (a = menfez yüksekliği). Doğal dere yatağının nispeten az eğimli ve geniş olduğu durumlardaki menfez akımı.

Tip II için; $H_w > 1,2 a$ olduğundan girişte kabarma var.

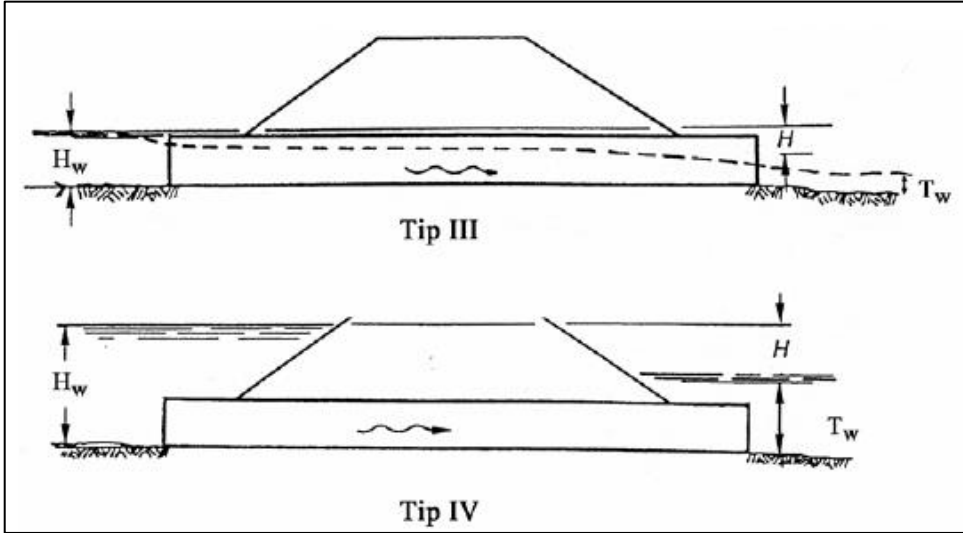
Tip III için; $H_w \leq 1,2 a$ olduğundan girişte kabarma yok veya az. Dağlık ve dalgali arazide karşılaşılan akım şeklidir.

Tip IV için; $H_w > 1,2 a$ olduğundan dolayı girişte kabarma var. $T_w > a$ olduğundan dolayı çıkışta kabarma vardır. Bu şartlar altında menfez tam dolu akmaktadır.



Şekil 16. Giriş kontrolünde semboller

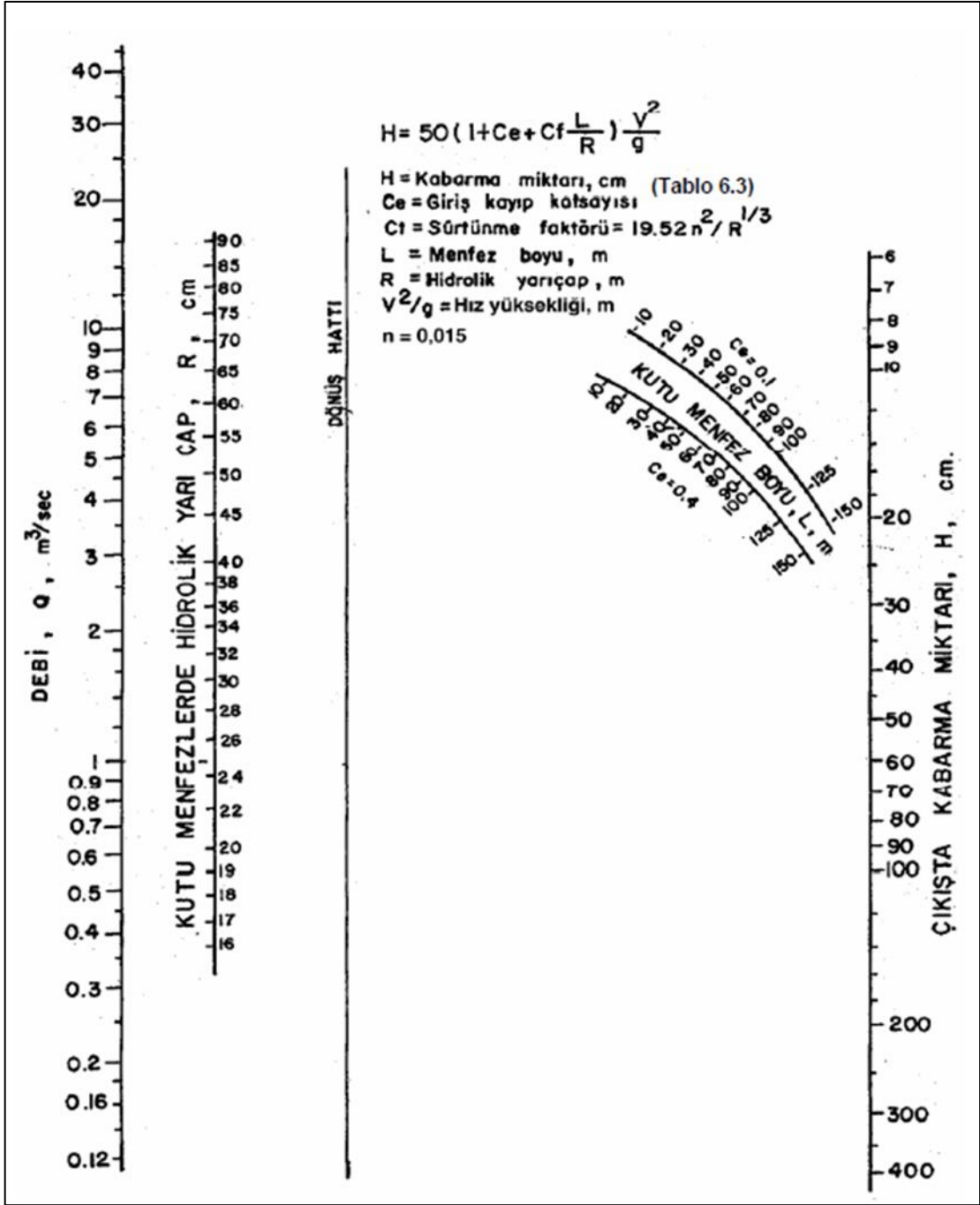
Betonarme kutu menfezlerde Giriş Kaybı Katsayıları Tablo 2’de verilmektedir. Çıkıştaki kabarma miktarı Şekil 18 ve girişteki kabarma miktarı Şekil 19’ta bulunan abaklar yardımı ile bulunur.



Şekil 17. Çıkış kontrolünde semboller

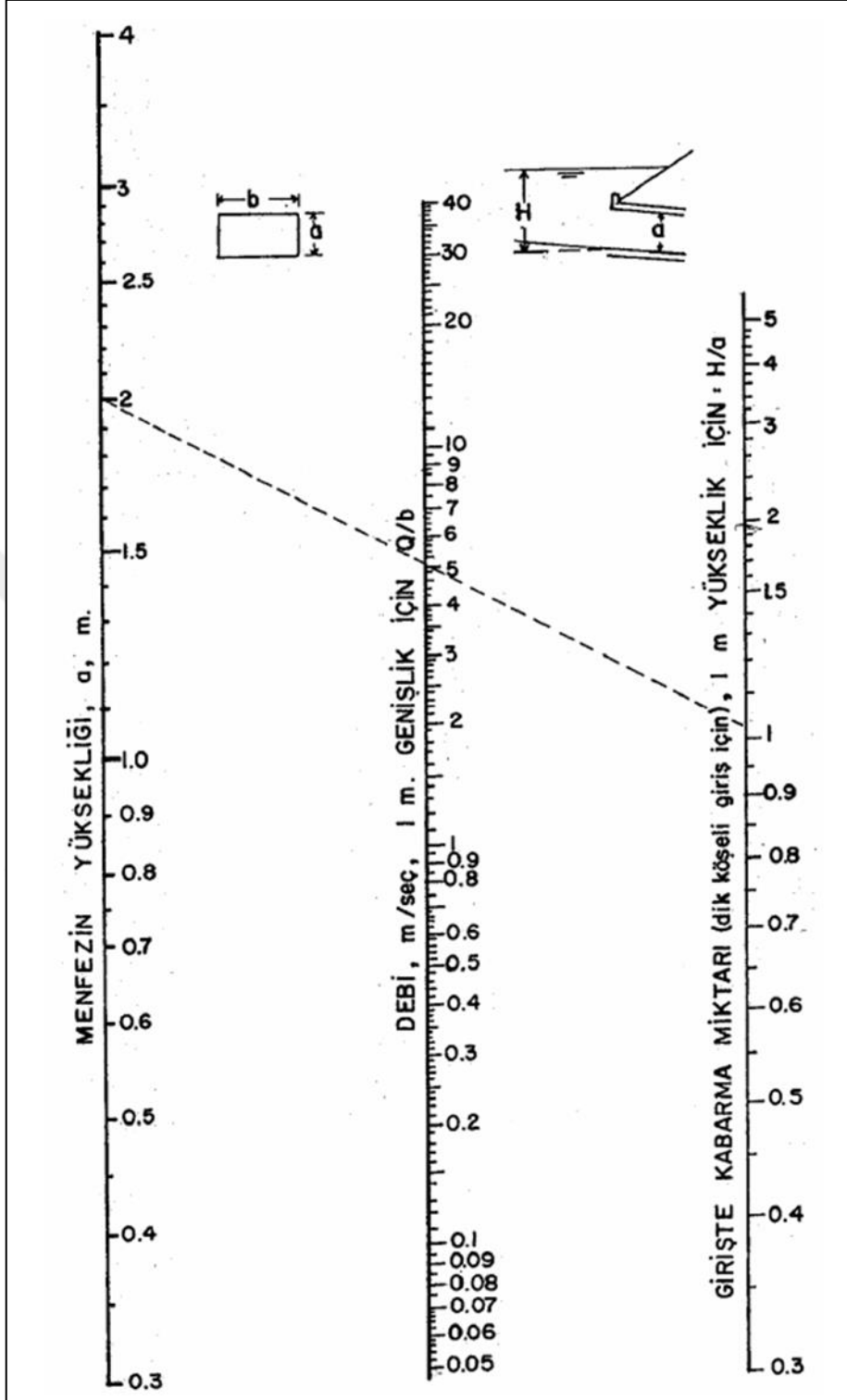
Tablo 2. Kutu Menfezlerde Giriş Kaybı Katsayıları (K_e veya C_e) (Walesh, 1989)

Drenaj Yapısı	Giriş Kaybı Katsayısı
Dolguya Paralel Kafa Duvarı (Kanat Duvarsız)	
3 Kenarı dik köşeli	0,5
Yarıçapı gövde boyutunun 1/12'si kadar olacak biçimde yuvarlanacak veya 3 kenarı pahlı olacak	0,2
Gövdeye 30°'den 75°'ye kadar açı yapan kanat duvarları	
Tepe noktası dik köşeli	0,4
Tepe kenarı yarıçap gövde boyutunun 1/12'si kadar olacak biçimde yuvarlanacak veya üst kenarı pahlı olacak	0,2
Gövdeye 10°'den 25°'ye kadar açı yapan kanat duvarları	
Tepe noktası dik köşeli	0,5
Kanat duvarları paralel (Kenarların uzaması)	
Tepe noktası dik köşeli	0,7
Kenarı veya sevi daralan giriş	0,2

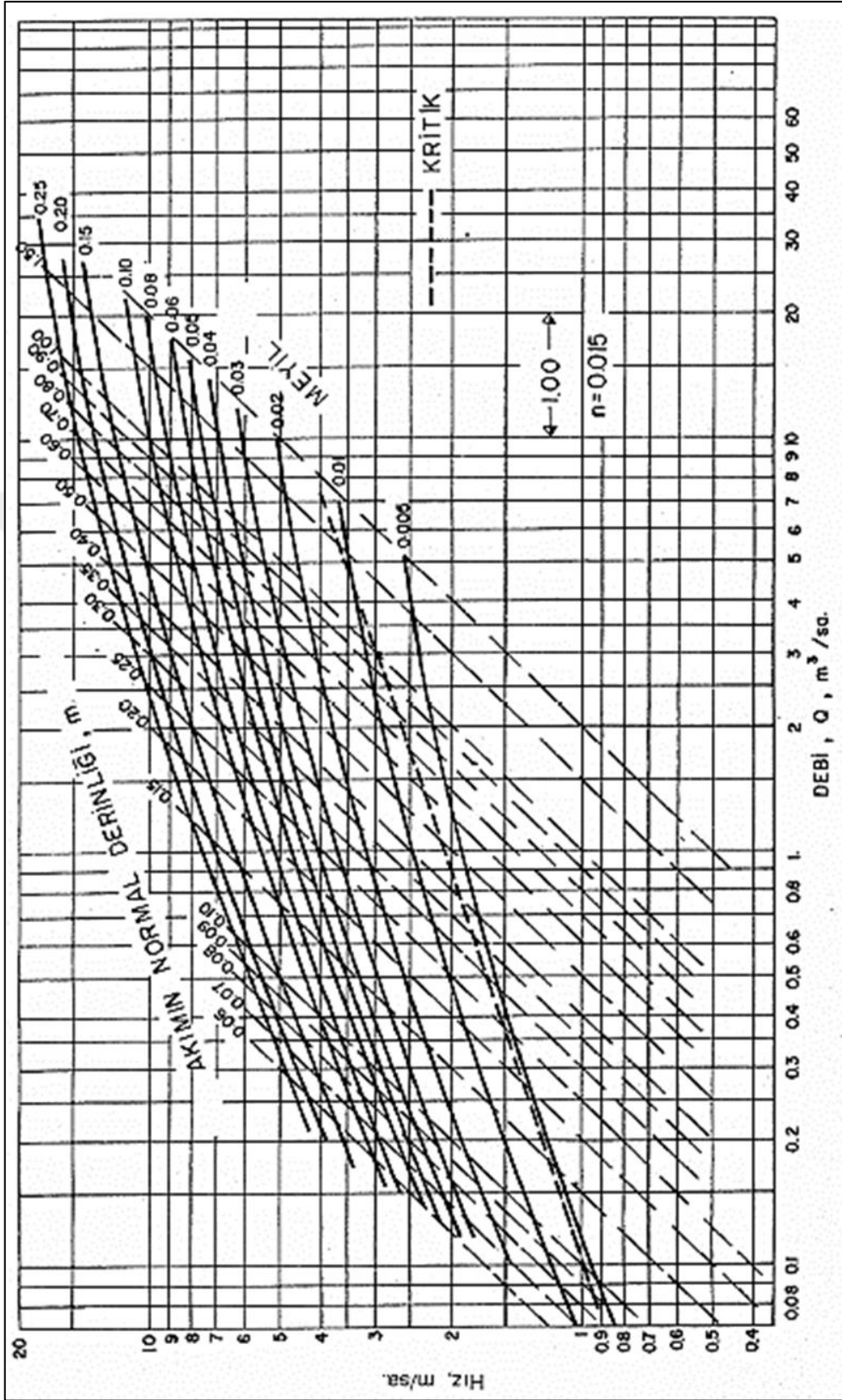


Şekil 18. Çıkış Kontrollü Menfezlerde Kabarma Tayini

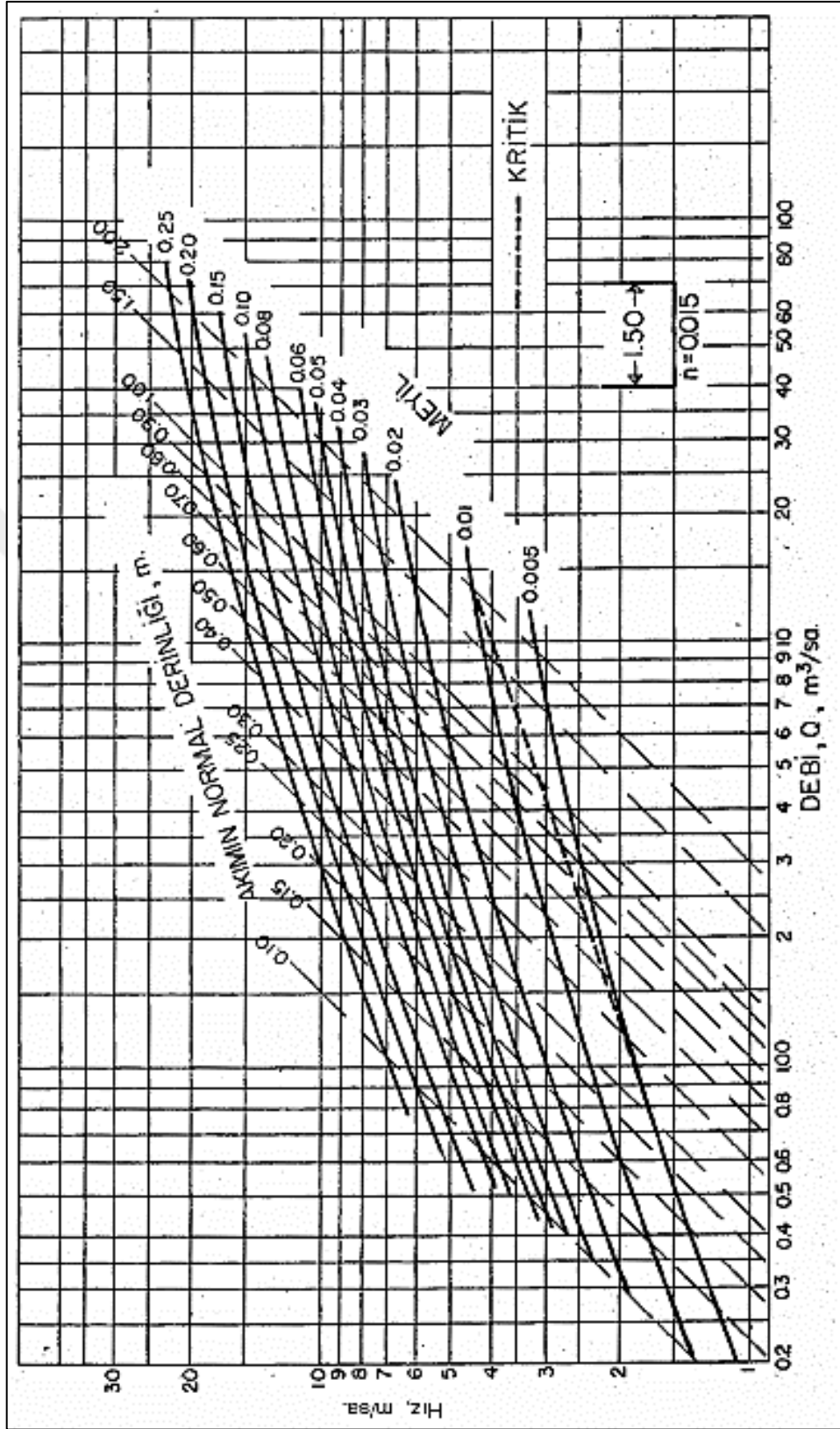
Kutu menfezlerin boyutlandırılması için Şekil 20-24'te verilen abaklar kullanılır. Abaktan menfezin geçireceği debi miktarından dik çıkılıp kritik eğimi kestiği noktadan sola gidildiğinde kritik hız (V_K) bulunacaktır. Aynı şekilde debi miktarından dik çıkılıp menfez eğimi kestirildiğinde akımın normal derinliği (D_n) ve sola gidildiğinde ise akımın normal derinlikteki normal hızı (V_n) bulunacaktır.



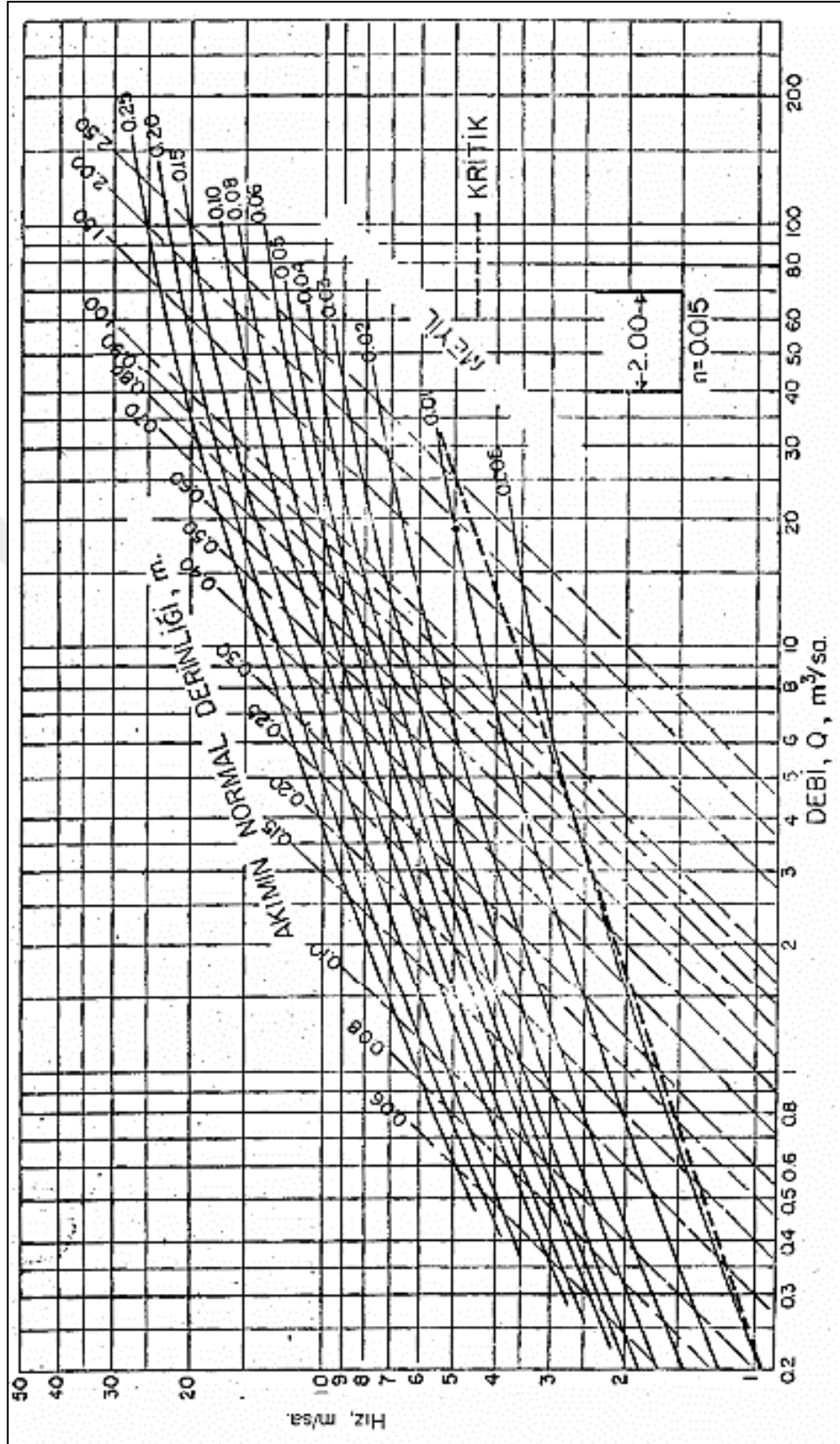
Şekil 19. Giriş Kontrollü Menfezlerde Kabarma (H) Tayini



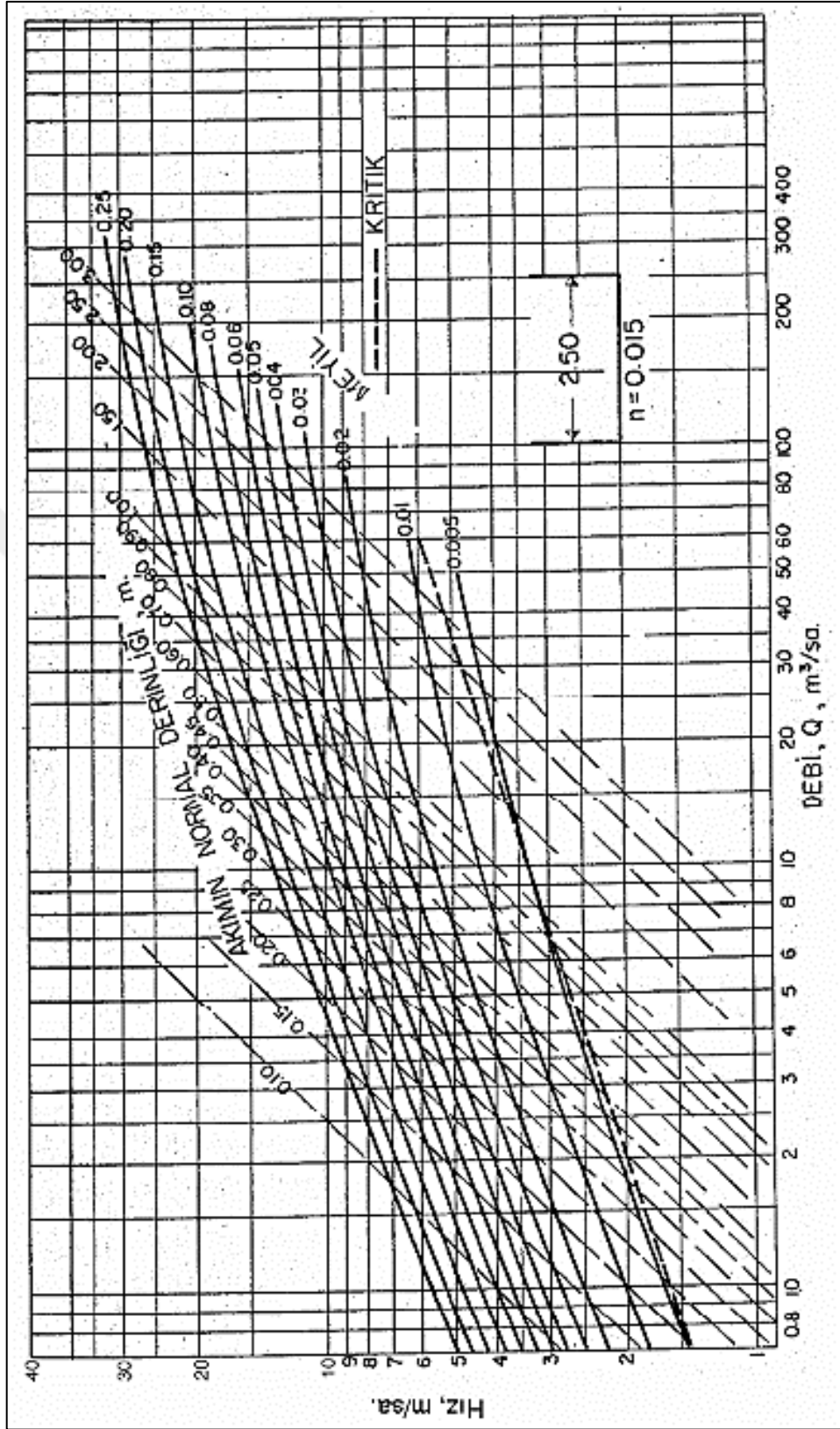
Şekil 20. Kutu menfez $b=1,0$ m genişlik için abak



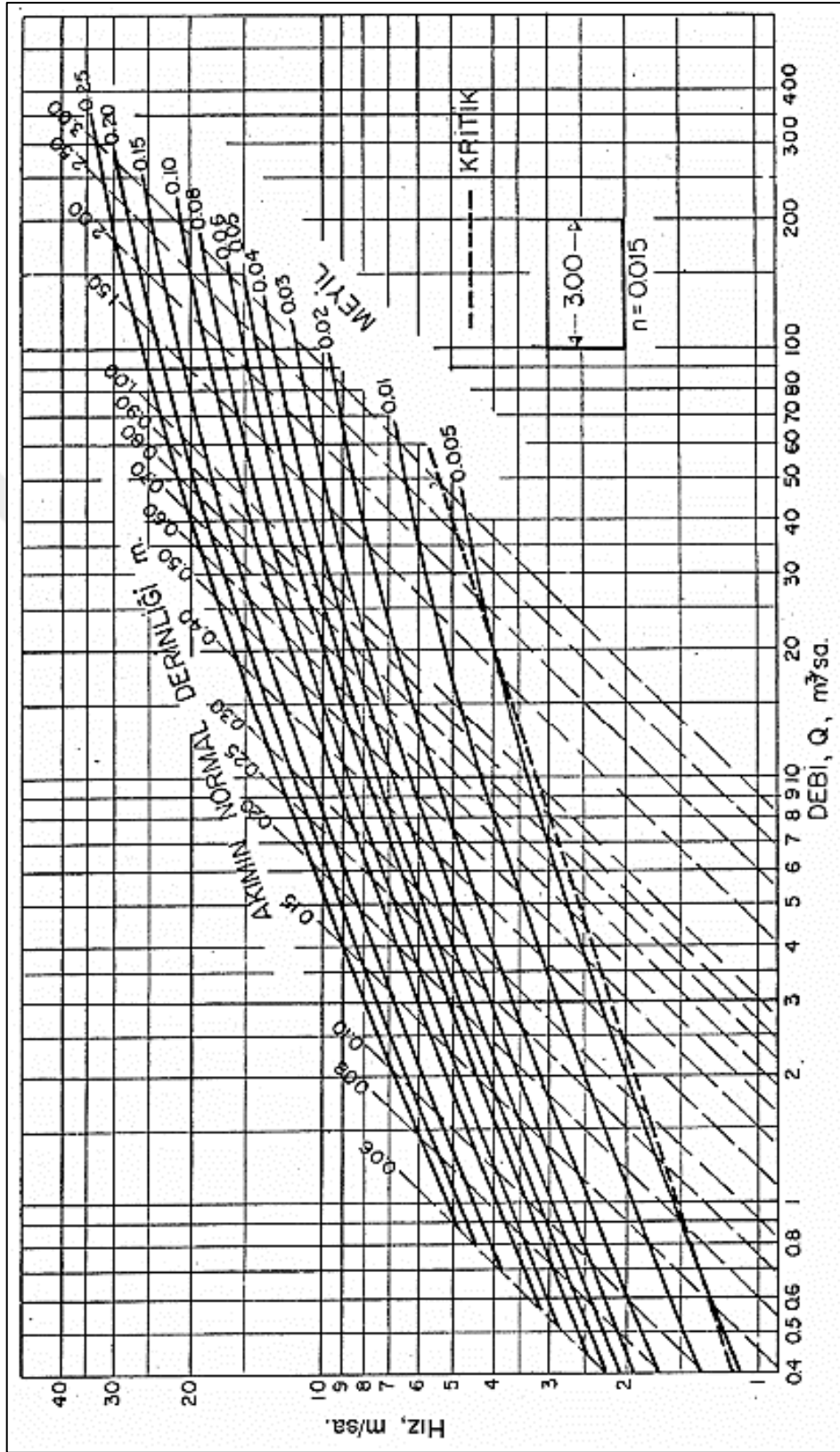
Şekil 21. Kutu menfez $b=1,5$ m genişlik için abak



Şekil 22. Kutu menfez $b=2,0$ m genişlik için abak



Şekil 23. Kutu menfez $b=2,5$ m genişlik için abak



Şekil 24. Kutu menfez $b=3,0$ m genişlik için abak

Ayrıca menfez yüksekliği ve akım hızının hesabı için Manning formülü:

$$Q=A*v = A*(R^{2/3} *m^{1/2} / n) \quad (1)$$

kullanılacaktır. Burada Q debi, A kesit alanı, R hidrolik yarıçap (kesitin ıslak alanı/ıslak çevre) m kanal eğimi, n pürüzlülük katsayısı değerini göstermektedir (Tablo 3).

Kritik akım yüksekliği Formül (2) kullanılarak bulunur.

$$D_k = \sqrt[3]{((Q/B)^2 / g)} \quad (2)$$

D_k : Kritik yükseklik (m), B : Akış genişliği (m), Q : Yüzeysel akış debisi (m^3/san)

Akımın normal derinliği kritik derinlikten küçük ise ($D_n < D_k$) menfez girişinde kabarma kontrolü gerekir. Akımın normal derinliği kritik derinlikten büyük ise ($D_n > D_k$) menfez çıkışında da kabarma kontrolü yapılması gerekmektedir.

Menfez eğiminin, minimum akım hızlarını gerçekleştirebilmesi için en az % 0,5 aşırı akım hızlarına neden olmamak için maksimum normal koşullarda % 10 eğimde olmalıdır.

Tablo 3. Manning's ortalama sürtünme katsayısı değerleri (n), (HDM, 1995).

Kanal Tipi	n değeri
Kaplamasız kanallar	
Killi balçıklı	0,023
Kumlu	0,020
Çakıllı	0,030
Kaya	0,040
Kaplmalı kanallar	
Portland çimento betonu	0,014
Az gözenekli beton (perdeli)	0,012
Az gözenekli beton (perdahi)	0,016
Az gözenekli beton (pürüzlü)	0,025
Asfalt betonu	0,018
Bozuk yüzeyli beton	0,025
Kaldırım ve oluklar	
Portland çimento betonu	0,015
Asfalt betonu	0,016
Düşük refüjler	
Toprak (bitkisiz)	0,040
Toprak (bitkili)	0,050
Çakıllı	0,055

1.2.2.3 Maksimum Akış Miktarının Belirlenmesi

Akarsu yapılarının projelendirilmesi en çok karşılaşılan problemlerden biri akarsudaki maksimum debinin belirlenmesidir. Bu çalışmaya konu olan menfezlerde akış miktarı, belirli bir süre içinde o bölgede meydana gelecek en şiddetli taşkına göre hesaplanır. Bu taşkına ait debinin hesabında en basit olan ve en çok kullanılan yöntemlerden biri Rasyonel Yöntemdir. Dolaysız akış (kar ve yağmur gibi ek akışlar) hidrografının pik debisi şöyle hesaplanır;

$$Q = \frac{1}{3,6} * C * I * A \quad (3)$$

Q menfeze gelecek maksimum akış miktarı (lt/sn), I 10 yıllık yinelenmeye göre suyun toplanma zamanına (T_c , dakika) eşdeğer sürede yağın yağışın şiddeti (mm/saat) (Tablo 4). T_c Tablo 5'te bulunan yağış düzeltme katsayılarının çarpımı olarak işleme girmektedir. A söz konusu menfeze gelecek akış ile ilgili yağış havzası alanı (dekar), C akışın yağışa oranını gösteren akış katsayısı 0,05-0,95 arasında değerler alır (Tablo 6).

Tablo 4. I 10 yıllık yinelenmeye göre 1 saat süreli yağış şiddetleri tablosu (mm/saat)

İzmir	33,5	Kemalpaşa	29,7	Manisa	41,8	Muğla	56,7
Aydın	23,0	Denizli	32,0	Mersin	38,5	Adana	36,0
Hatay	65,0	Dört Yol	58,0	Gaziantep	30,0	İslahiye	19,9
Florya	25,0	Sarıyer	34,0	Çorlu	50,0	Edirne	36,4
Ankara	30,0	Bolu	17,2	Zonguldak	68,0	Niğde	32,2
Kastamonu	40,0	İnebolu	46,0	Çankırı	25,0	Çorum	35,0
Antalya	60,0	Isparta	32,4	Konya	13,0	Diyarbakır	22,0
Ş. Urfa	28,6	Ceylanpınar	19,5	Siirt	23,0	Kayseri	23,0
Kırşehir	21,5	Yozgat	16,0	Erzurum	21,4	Erzincan	25,0
Malatya	22,5	Elazığ	28,5	Samsun	40,0	Samsun	40,0
Merzifon	25,4	Van	23,0	Sivas	21,5	Trabzon	36,0
Rize	70,0	Eskişehir	33,4	Afyon	30,3	Kütahya	29,5
Uşak	26,5	Bilecek	22,7	Bursa	28,5	Balıkesir	33,5
Bandırma	50,0	Çanakkale	52,0	Kocaeli	38,0		

Tablo 5. Bir saatlik yağış düzeltme katsayıları

Süre (dakika)	5	10	15	20	30	40	50	60
Düzeltilme Katsayısı	0,29	0,45	0,57	0,66	0,79	0,88	0,95	1,00

Belli bir yer için alınan I değeri, düzeltme katsayısı ve T_c nin saate dönüşümü ($60/T_c$) ile çarpılarak I değeri hesaplanır. T_c konsantrasyon zamanı olarak abaklarda yer almaktadır. Ana kanal uzunluğu L, menfez uygulama noktası ile mecra su toplama alanı uç noktası arasındaki kot farkı H olmak üzere, S mecra eğimi H/L olarak ifade edilir. T_c konsantrasyon zamanı L ve S ye bağlı olarak abaklardan alınabilir yada ilgili formülden hesaplanır.

$$T_c = 0,0195 \times (L^3/H)^{0,385} \quad (4)$$

Tablo 6. C akış katsayısı tablosu

Ormanlı Bölgeler	0,05-0,20
Otla Kaplı Bölgeler (Meralar)	
Kumlu zemin	0,05-0,20
Az geçirimli zemin	0,13-0,35
Yerleşim Bölgeleri	
Ayrık nizam	0,30-0,60
Bitişik nizam	0,60-0,75
İş ve Sanayi Bölgeleri	
Seyrek	0,50-0,70
Sık	0,70-0,95
Yollar	0,70-0,95

Bağlantıda geçen C akış katsayısı, yağış havzasının topoğrafik durumu, yüzeye yakın zemin cinsi, bitki örtüsü yoğunluğu gibi faktörlere bağlı olarak değişik değerler alır. Ülkemizde bulunan havzalara ait ortalama akış katsayıları (C) Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Türkiye Havzalarının Akış Katsayıları (C)

Havzanın Adı	Alanı (km ²)	Yıllık yağış Yüksekliği mm	Yıllık akış Yüksekliği mm	Akış katsayısı
Meriç-Ergene	14560	640	85,9	0,13
Marmara	24100	766	316,2	0,41
Susurluk	22399	730	238,8	0,33

Tablo 7'nin devamı

Kuzey Ege	10003	730	220	0,30
Gediz	18000	639	100,6	0,16
K. Menderes	6907	740	162,2	0,22
B. Menderes	24976	656	118,1	0,18
Batı Akdeniz	20953	865	370,3	0,43
Antalya	19577	910	574,1	0,63
Burdur (Göller)	6374	436	48,6	0,11
Akarçay	7605	472	59,2	0,13
Sakarya	58160	534	103,7	0,19
Batı Karadeniz	29598	803	339,2	0,42
Yeşilırmak	36114	556	153,4	0,28
Kızılırmak	78180	459	80,6	0,18
Konya (kapalı)	53850	437	62,4	0,14
Doğu Akdeniz	22048	669	556,5	0,83
Seyhan	20450	629	345,2	0,55
Asi	7796	837	153,9	0,18
Ceyhan	21982	758	328	0,43
Fırat	127304	582	248,2	0,43
Doğu Karadeniz	24077	1291	581,2	0,43
Çoruh	19872	540	327,1	0,61
Aras	27548	462	201,1	0,44
Van (kapalı)	19405	507	133,5	0,26
Dicle	57614	814	437,4	0,54
Ortalama		653	239,3	0,37

Şehir kanalizasyon şebekelerinin yağmur suyu debileri ile, karayollarındaki menfezlerin debileri genellikle rasyonel yöntemle hesaplanmaktadır. Türkiye'de KGM tarafından menfez boyutlandırması yapılırken; 10 yıl frekanslı taşkının menfezi doldurduktan sonra membada 20 cm'den fazla kabarmaması yani menfez girişinde su üst düzeyi kotunun menfez için üst kotundan 20 cm'den fazla olmaması, 100 yıl frekanslı taşkın da yol dolgusu üzerinden aşmaması gerektiği prensipleri esas alınmaktadır. Menfez çıkışında akım hızının 0,5-10 m/sn olması istenir. Bu minimum hız menfezin kendisini temizlemesi ve birikinti oluşturmaması için gereklidir.

Hesapla veya abaklar yardımıyla bulunan Q debisini geçirebilecek menfezin kesiti taban eğimi ve menfez pürüzlülük katsayısı gibi bazı faktörlere bağlı olarak hidrolik esaslara dayalı yöntemlerle, örneğin Manning's bağıntısı ile kesin biçimde saptanabilir. Bu kesin hesaplamadan önce, ilk boyutlandırma için kullanılacak basit bir bağıntı Talbot formülüdür.

$$S=5,791*K*\sqrt[4]{A^3} \quad (5)$$

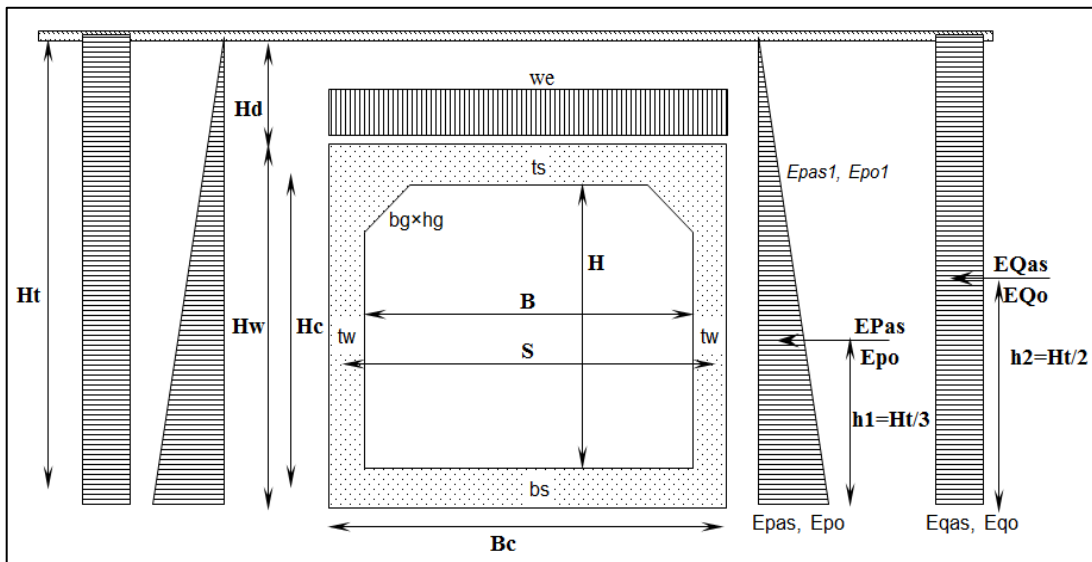
S menfezin en kesit alanı (m^2), A menfeze gelecek akış ile ilgili yağış havzası alanı (km^2), K toplanma süresine eşit süredeki yağış şiddeti (mm/st). K katsayısı, fazla düz arazilerde 1/5, az engebeli arazilerde 1/3, orta derecede engebeli arazilerde 2/3 ve fazla dik ve ayrıca çorak arazilerde 1 alınmalıdır.

1.2.3. Menfez Yüklerinin Tanımlanması ve Sistem Modeli

Menfez yüklerinin tanımlanması menfez matematik modeli üzerinde gösterilmiştir. Bu modelde yer alan yükleme değerleri AASHTO (2002) kitabında yer alan standartların, hesap tablolarında oluşturulmuş eşitliklerin hesaplanması sonucu elde edilmiştir.

1.2.3.1. Statik Toprak Basıncı Yükleri

AASHTO (2002) madde 6.2 ve 16.6 da yer alan menfez düşey ve yatay zemin basınçları zemin mekaniği ve toprak yapı etkileşimi Şekil 25'te etki diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 25. Menfez toprak basıncı etki diyagramı, (AASHTO, 2002).

Etki diyagramı üzerinde yer alan simgeler aşağıda açıklanmıştır.

H_{d-min}	Minimum dolgu yüksekliği, inşaat aşaması hesapları için (üstyapı + dolgu yüksekliği.) ≤ 2 ft (0,60m)
H_d	Nihai dolgu yüksekliği, m
B	Menfez iç genişliği, eni, m
S	Menfez statik hesap tabliye boyu, $S=B+tw$, m
H	Menfez iç yüksekliği, m
B_c	Menfezin yatayda dıştan dışa açıklıklık boyu, m
H_w	Menfezin düşeyde dıştan dışa yüksekliği, m
H_c	Menfez duvar hesap yüksekliği; $H_c=H+(ts+bs)/2$, m
H_t	Menfez toplam hesap yüksekliği; $H_t=H_w+H_d-bs/2$, m
F_{e1}	Zemin-yapı etkileşimi faktörü, $F_{e1}=1+0,2 \times H_d/B_c$, AASHTO

16.6.4.2

w_{e-min}	Menfez üstü min. dolgu yükü, $w_e = F_{e1} \times \gamma \times H_d$, $F_{e1} > 1,15$ için $F_{e1}=1,0$ alınmıştır.
w_e	Menfez üstü nihai dolgu yükü, kN/m^2
K_a	Statik aktif basınç katsayısı, $K_a = \tan^2(45 - \emptyset/2)$
K_p	Statik pasif basınç katsayısı, $K_p = 1/K_a$
K_o	Sükunetteki toprak basıncı katsayısı, $K_o = 1 - \sin \emptyset$
E_{pas1}	Statik aktif toprak basınç yükü, $E_{pas1} = K_a \times \gamma \times H_d = K_a \times \gamma \times (H_{d-min} + ts/2)$, kN/m^2
E_{pas}	Statik aktif toprak basınç yükü, $E_{pas} = K_a \times \gamma \times H_t = K_a \times \gamma \times (H_w + H_d - min - bs/2)$, kN/m^2
E_{qas}	Statik aktif sürşarj yükü, $E_{qas} = K_a \times q_s$
E_{po1}	Sükunetteki toprak basınç yükü, $E_{po1} = K_o \times \gamma \times H_d = K_o \times \gamma \times (H_d + ts/2)$
E_{po}	Sükunetteki toprak basınç yükü, $E_{po} = K_o \times \gamma \times H_t = K_o \times \gamma \times (H_w + H_d - bs/2)$
E_{qo}	Sükunetteki sürşarj yükü, $E_{qo} = K_o \times q_s$, kN/m^2
EP_{as}	Toplam statik aktif toprak basınç yükü, $EP_{as} = E_{pas} \times H_t/2$, kN/m
EQ_{as}	Toplam statik aktif sürşarj yükü, $EQ_{as} = E_{qas} \times H_t$, kN/m
EP_o	Sükunetteki Toplam toprak basınç yükü, $EP_o = E_{po} \times H_t/2$, kN/m
EQ_o	Sükunetteki Toplam sürşarj yükü, $EQ_o = E_{qo} \times H_t$, kN/m
\emptyset	Zemin içsel sürtünme açısı (Tablo 8)
γ	Zemin birim hacim ağırlığı, kN/m^3
q_s	Hareketli yük sürşarj yükü, kN/m^2 , $H_d \geq 8$ ft ($\sim 2,50$ m) için $q_s=0,0$

B _{cw}	Hesap genişliği, 1m alınmıştır.
A _p	Perde alanı, m ² , $A_p=(t_s+t_b)/2 \times B_w \cdot H_w \times B_{cw}$
G _p	Perde duvar kendi ağırlığı, kN/m ³ , $G_p=\gamma_c \times A_p \times H$

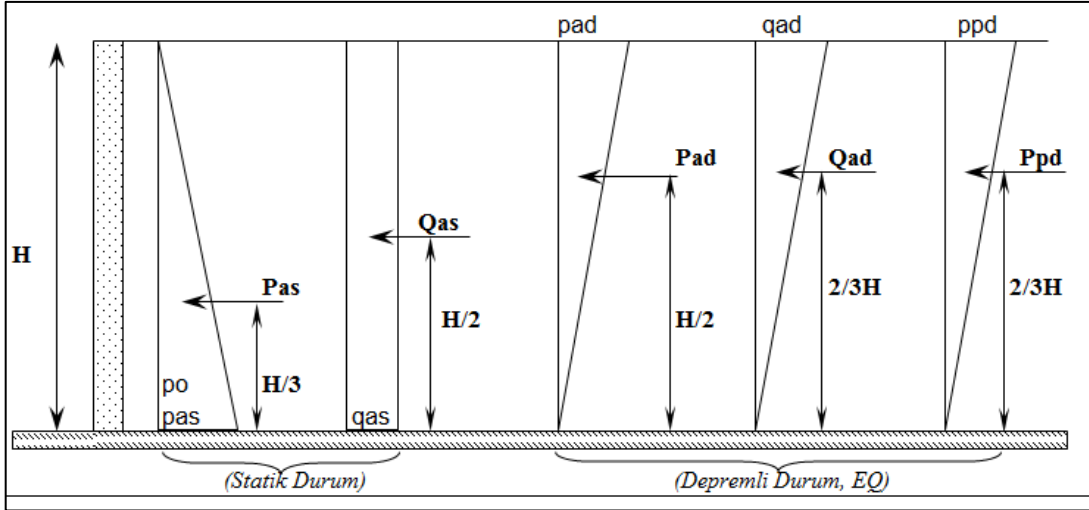
Tablo 8. İçsel sürtünme açısı ϕ değerleri, (Barton,1973; Hoek ve Bray,1977).

Kaya Türü	ϕ (derece)
Amfibolit	32
Bazalt	31-38
Konglomera	35
Tebeşir	30
Dolomit	27-31
Gnays (yapraklanmalı)	23-29
Granit (ince taneli)	29-35
Kireçtaşı	33-40
Porfiri	31
Kumtaşı	25-35
Şeyl	27
Silttaşı	27-31
Sleyt	25-30
Düşük değerler genelde ıslak kaya yüzeylerinden yapılan deneylerden sağlanmıştır	

Taneli zeminlerin standart penetrasyon (SPT) sayısına dayalı ampirik değerleri verilmiştir (Tablo 9-10). SPT deneyi ayrık taneli, nispeten iri taneli (kum, silt) zeminler için geliştirilmiştir. SPT deneyi ASTM de tarif edilen şekliyle 63,5 kg ağırlık ve 76,2 cm yükseklikten çelik bir sonda içine düşürülen tokmağın zemini 30 cm geçmesi için gerekli darbe sayısı (N) olarak tarif edilmektedir.

Tablo 9. SPT N değerlerine bağlı içsel sürtünme açısı değerleri, (Bowles, 1997)

SPT Penetrasyon, N-Değeri	ϕ (Açı)
0	25 - 30
4	27 - 32
10	30 - 35
30	35 - 40
50	38 - 43



Şekil 27. Menfez duvarı deprem durumu zemin etkileşimi şematik gösterimi

pas	Statik aktif toprak basıncı yükü, $pas = K_a \times \gamma \times H$
h'	Sürşarjın eşdeğer dolgu yüksekliği, $h' = q_s / \gamma$, q_s ; sürşarj yükü, kN/m^2
Gp	Perde duvar kendi ağırlığı, kN/m^3 , $G_p = \gamma_c \times A_p \times H$, $\gamma_c = 25 kN/m^3$
qas	Statik aktif sürşarj yükü, $qas = K_a \times q_s$
pad	Dinamik aktif toprak basıncı (EQ), $pad = K_{ad} \times \gamma \times H$, kN/m^2
qad	Sürşarjın dinamik yükü (EQ), $qad = 2 \times q_s \times K_{ad}$, kN/m^2
ppd	Duvar kütlesi dinamik yükü (EQ), $ppd = 2 \times k_h \times G_p / H$, kN/m^2
Pas	Toplam pas, $Pas = pas \times H/2$, kN
Qas	Toplam qas, $Qas = qas \times H/2$, kN
Pad	Toplam pad, $Pad = pad \times H/2$, kN
Qad	Toplam qad, $Qad = qad \times H/2$, kN
Ppd	Toplam ppd, $Ppd = k_h \times G_p$, kN

$$\theta = f(k_h; k_v) \quad (6)$$

$$\theta = \arctan(k_h / (1 - k_v)) \quad (7)$$

$$k_h \leq (1 - k_v) \cdot \tan(\theta - i) \quad (8)$$

$$\theta = 0; k_h = 0; k_v = 0 \quad (9)$$

$$K_a = \frac{\cos^2(\theta - \beta)}{\cos(\beta) \cdot (\cos\beta + \sin\theta)^2} \quad (10)$$

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\emptyset - \theta - \beta)}{\cos(\theta) \cdot \cos^2(\beta) \cdot \cos(\theta + \beta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin \emptyset \cdot \sin(\emptyset - \theta)}{\cos(\beta) \cdot \cos(\theta + \beta)}}\right]^2} \quad (11)$$

$$K_p = 1/K_a \quad (12)$$

$$K_{pe} = \frac{\cos^2(\emptyset - \theta - \beta)}{\cos(\theta) \cdot \cos^2(\beta) \cdot \cos(\theta - \beta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin \emptyset \cdot \sin(\emptyset - \theta)}{\cos(\beta) \cdot \cos(\theta - \beta)}}\right]^2} \quad (13)$$

$$K_{ad} = K_{ae} - K_a \quad (14)$$

k_h Yatay eşdeğer deprem katsayısı ($k_h \leq A/2 \leq (1 - k_v) \tan(\emptyset - i)$), A veya A_0 etkin yer ivmesi katsayısı Tablo 13.

k_v Düşey deprem katsayısı ($k_v = 0$, istinat duvarı)

θ Sismik atalet açısı

K_a Statik aktif basınç katsayısı

K_p Statik pasif basınç katsayısı

K_{ae} Toplam aktif basınç katsayısı

K_{pe} Toplam pasif basınç katsayısı

K_{ad} Dinamik aktif toprak basıncı

\emptyset İçsel sürtünme açısı

β Zeminin yatayla yaptığı eğim açısı

Tanımlanan bu eşitlikler yanında bazı zemin parametreleri de gerilme değerlerinin bulunmasında formülasyonda yer almaktadır.

Yerel zemin koşulları zemin profil tiplerine bağlı olarak göz önüne alınmaktadır.

Dört Zemin Profil Tipi tanımlanmaktadır:

- Tip I, aşağıdaki ikisinden biridir:

- Kaya (760m/sn'den daha büyük bir kayma dalgası hızı ile karakterize edilmektedir)

- Kalınlığı 60m'yi geçmeyen ve kaya üzerinde bulunan kum, çakıl ya da sert kil tabakaları içeren sert zeminler

- Tip II, sert kil ya da derin kohezyonsuz zeminlerdir. Zemin kalınlığı 60m'den fazladır ve kaya üzerinde kum, çakıl ya da sert kil tabakaları bulunmaktadır.

- Tip III, yumuşak-orta sertlikte kil ve kumdur.
- Tip IV, kalınlıkları 12m'yi aşan yumuşak kil ya da silttir.

Bu tipler, yaklaşık olarak yönetmeliğimizdeki Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin profiline karşı gelmektedir (Tablo 11).

Tablo 11. Zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyotları, (DBYBHY, 2006).

Yerel Zemin Sınıfı	T _A (saniye)	T _B (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

İvme Katsayısı (A) ve Önem Sınıfına (I) göre dört Deprem Performans Kategorisinden (DPK) birine atanır. Hesap ve tasarım kuralları, DPK tarafından belirlenir (Tablo 12).

Tablo 12. Deprem Performans Kategorileri, (AASHTO, 2002)

$A \leq 0,09$	A
$0,09 \leq A \leq 0,19$	B
$0,19 \leq A \leq 0,29$	C
$0,29 \leq A$	D

A ivme katsayısı, yapının (menfezin) bulunduğu bölgeye göre deprem risk haritasından alınır (Tablo 13).

Tablo 13. Etkin yer ivmesi katsayısı

Deprem Bölgesi	AO
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

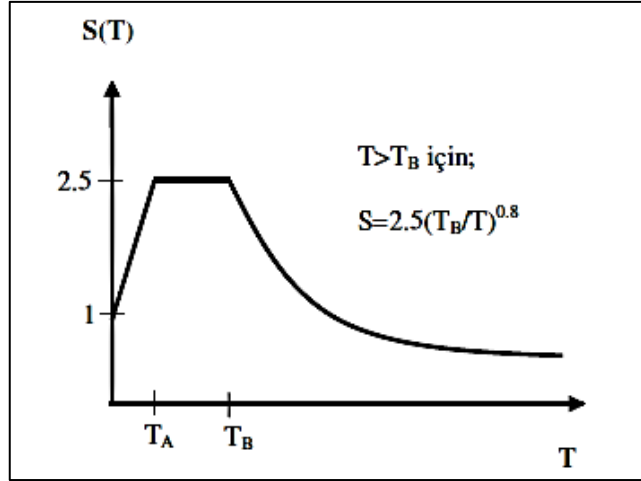
1.2.3.3. Deprem Yükleri ve Depreme Göre Hesap

Ülkemizde yapısal sistemin düşey ve yatay elemanlarına TS500 betonarme ve DBYBHY, 2006'ye göre ön boyut verilir. Yüklere göre döşeme kalınlığı, kiriş boyutları ve kolon-perde boyutları belirlenerek deprem yönetmeliğine göre uygunlukları tahkik edilir.

Analizi yapılacak menfez AASHTO kriterlerinde bütüncül olarak ele alınacağından ilgili standartta irdelenir. Önce AASHTO 2002 Madde 6.2'ye göre statik olarak yatay düşey toprak yükleri ve sistem yanal yükleri dikkate alınır. Deprem etkilerinde zemin basınçları (Mononobe-Okabe) hesabı yöntemleri dikkate alınarak dinamik olarak ayrıca hesaplanır. Daha sonra menfez hareketli yükleri; AASHTO 2002 bölüm 6 kullanılarak oluşturulur. Araç hareketli yükleri AASHTO (2002), 3.4 - 3.7 tasarım kamyon yükü (H30-S24) ve dolgu yükleri standart olarak tanımlanarak tasarım sonuçlandırılır.

Dinamik hesapta kullanılmak üzere, elastik deprem yüküne maruz yapının spektral tepkileri (DBYBHY, 2006)-Böl. 2.4 esasları dikkate alınarak belirlenecektir.

Yer hareketleri yapıyı tabanında etkileyen, yapıda atalet kuvvetlerinin doğmasına neden olan ani ve ivmeli titreşim hareketleridir. Deprem etkileri, ağırlık yüklerinden ileri gelen zorlanmalara oranla önemli mertebelere ulaşabilen oldukça karmaşık yapıda etkilerdir. Yapının belirli bir yer hareketinde modal karşı koymaları bulunarak süperpoze edilmesi yoluyla yapılan hesapların hepsine dinamik hesap denilmektedir. Mod etkilerinin eş zamanlı toplanarak yapılan hesap, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemidir. Tepkilerin maksimumlarının spektral değerlerinin belirli bir yöntemle birleştirilmesi suretiyle yapılan hesap ise Mod Birleştirme Yöntemi veya Spektral Hesap adını alır. Spektral hesaba bağlı olarak deprem spektrumları, deprem etkisine maruz tek serbestlik dereceli sistemin (TSD) davranışının (hız, ivme, yer değiştirme) serbest titreşim periyoduna bağlı olarak gösterildiği eğrilerdir (Şekil 28).



Şekil 28. Tasarım ivme spektrumu

SAP2000 programı ile taşıyıcı sistem doğal titreşim özellikleri (frekans, periyot, açısal frekans, mod vektörleri, modal katılım oranları) hesaplanabileceği gibi, spektral hesap (modal maksimumların birleştirilmesi ile hesap), zaman tanım alanında hesap yöntemi ile (time history analysis), hesap yaptırılabilir. Özel değerlerin hesabında Eigen analiz veya Ritz analizi için dikkate alınması istenen mod sayısının tanımlanmasıdır.

Deprem etkisinde kalan bir sistemi çözmek ve elastik kuvvetleri bulabilmek için öncelikle hareket denklemini ifade etmek gerekir, sönümsüz TSD sistem için hareket denklemi;

$$m\ddot{x} + kx = -m\ddot{x}_g \quad (15)$$

Çok serbestlik dereceli sistem (ÇSD) için ise tüm büyüklükler matris olarak tanımlanır,

$$[m]\{\ddot{y}\} + [k]\{y\} = -[m]\{I\}\ddot{x}_g \quad (16)$$

Bu tanım genel koordinatlar dikkate alınarak düzenlenirse diğer bir ifade şekli olarak hareket denklemi,

$$M_j\{\ddot{Y}_j\} + K_j\{Y_j\} = -\{\phi_j\}^T [m]\{I\}\ddot{x}_g \quad (17)$$

ifadesini alır. M_j , genelleştirilmiş kütle, K_j ; genelleştirilmiş rijitlik matrislerini ifade etmektedir.

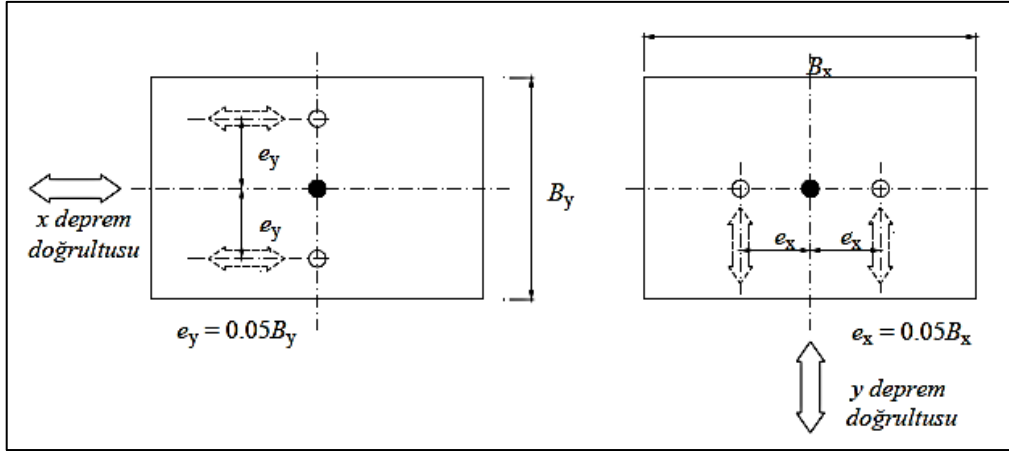
$$-\{\phi_j\}^T [m] \{I\} \ddot{x}_g / M_j$$

ifadesine q_j denilirse, - katılım çarpanı olarak ifade;

$$\{\ddot{Y}_j\} + \omega^2 \{Y_j\} = -q_j \ddot{x}_g \quad (18)$$

halini alır. ÇSD sistemin hareket denklemi her bir mod için TSD sistem gibi çözümlenerek elastik kuvvetler hesaplanabilir. TSD sistemi çözmek zor olacağından spektral hesap yöntemi uygulanır. Burada spektral tepkilerin birleştirilmesi gerekmekte fakat tepkiler eş zamanlı olmadığı için birleştirme bazı hesap metotları ile uygulanır. Bu metotlar; RMS ortalamalarının karekökü olarak adlandırılır spektral analizde sönüm oranının sıfır alınması durumunda RMS ile çakışır. SRSS'de karelerin toplamının karekökü alınır. CQC tam karesel birleştirme metodudur. RMS'de tepkilerin yakın frekanslı olması durumunda sonuçlarda hatalar çıkmaktadır. CQC geliştirilerek bu hatalar giderilmiştir. CQC sönüm oranına bağlıdır. Hesaplarda sönüm oranı genelde 0,05 olarak alınır.

SAP2000 programında yapılacak çözümlemede yapı üç boyutlu modellenerek sistem G (DL) sabit, Q (LL) hareketli, E deprem, w rüzgâr, gibi yükler için analiz edilir (SAP2000, 2008). Bu çözümlemeden elde edilen kolon normal kuvvetleri, kat ağırlıkları ($W = G + n Q$) ve kat kütleleri ($m = W / g$) ile belirlenir. Kat kütleleri modal hesap için kata ait geometrik ağırlık merkezine serbestlik derecesine bağlı olarak tanımlanır. Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her bir katta, birbirine dik doğrultularda iki yatay serbestlik derecesi ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme serbestlik derecesi göz önüne alınacaktır. Her katta modal deprem yükleri bu serbestlik dereceleri için hesaplanacak, ancak ek dış merkezlik etkisinin hesaba katılabilmesi amacı ile, deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ek bir yükleme olarak kat kütle merkezine uygulanacaktır (Şekil 29) (DBYBHY, 2006).



Şekil 29. Deprem hesabında dış merkezlik

SAP2000 ile dinamik analizin devamında modal çözüm için analiz tekrarlanır. Out uzantılı çözüm dosyasında DBYBHY, 2006'ya göre kütle katılım oranının %90 dan az olmaması istendiğinden aksi durumda mod sayısı artırılarak analiz yenilenir. Depremlilik durum için çözümde, elastik deprem yüklerinin $R_a(T)$ ye bağlı olarak azaltılmak gerekmektedir.

1.2.3.4. Karayolu (Katar) Yükleri

Hesaplamlarda menfez üstünde seyredecek araç hareketli yükleri; AASHTO 2002 3.4 ve 3.7 bölümlerinden olmak üzere, hesap kamyon yükü H30-S24 olarak kullanılacaktır (Şekil 30). Menfez hareketli yük hesaplarında AASHTO 2002 kısım 6 &16 Culverts başlığı altında yer alan şartlar dikkate alınmıştır. Buna göre yük ve dolgu şu üç durumla ifade edilmektedir;

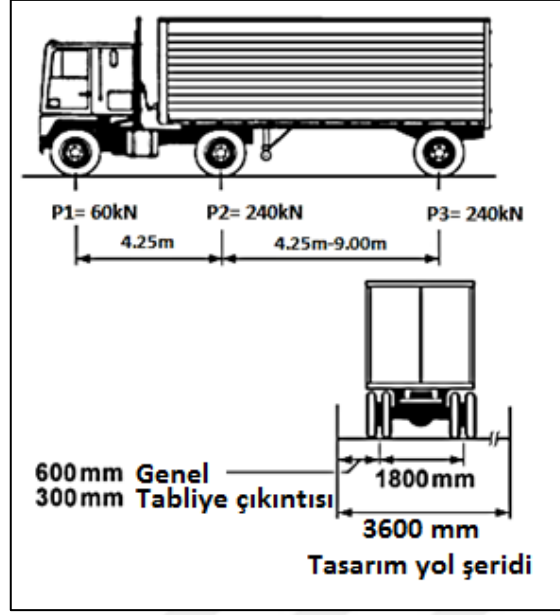
a – Üst yapı + dolgu yüksekliği ≤ 2 ft (0,60 m) \rightarrow kamyon dingil yükü alınacaktır.

Hareketli tekil yük yapı üzerinde gezdirilecektir.

b – Üst yapı + Dolgu yüksekliği > 2 ft (0,60 m) \rightarrow Eşdeğer düzgün yayılı yük alınacaktır.

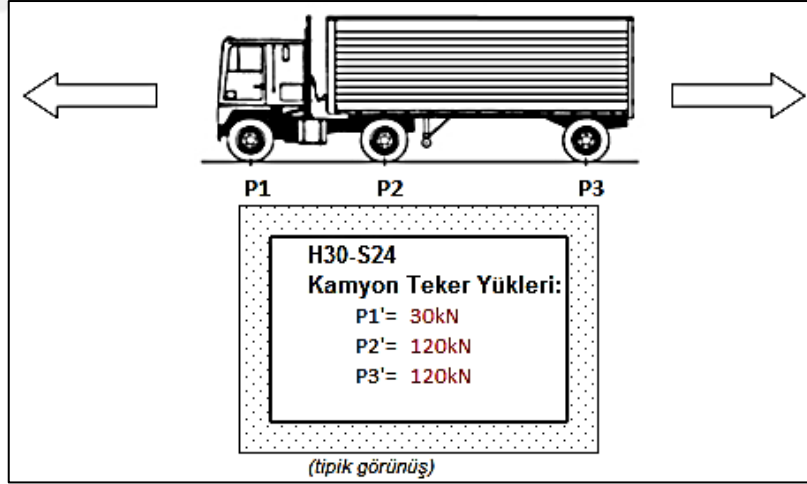
c – Üst yapı + Dolgu yüksekliği ≥ 8 ft ($\sim 2,50$ m) \rightarrow Hareketli yük alınmayacaktır.

Bu koşullar altında hesaplanacak menfezde (a) koşulunda yer alan $H_d \leq 0,60$ m yükleme hali için dizayn gerçekleştirilecektir.



Şekil 30. H30-S24 kamyonu gösterimi

AASHTO dolgu derinliği (a)'ya göre H30-S24 kamyon yükü durumu (Şekil 31) görülmektedir.



Şekil 31. Menfez üstü kamyon yerleşimi tipik görünüm (a) durumu

Durum (a)'ya göre taşıt yükü hesap formülasyonu;

C_w

Hesap genişliği (1,0 m için)

$S=B+tw$

Hesap açıklığı (Article 3.24.1)

$B_c=B+2tw$

Menfez dıştan dışa yatay açıklıklık boyu

$$E = 1,22 + 0,6 \times S$$

sonucu, değilse maksimum 2,13m ile sınırlandırılmıştır.)

I

$$L_D = C_w/E$$

$$LL_f = I \times L_D$$

Teker yükü dağılım genişliği (eşitlik $\leq 2,13m$ ise hesap

Dinamik etki katsayısı ($H_d \leq 0,3m$, $I=1,3$)

Hareketli Yük Dağılım Katsayısı

Hareketli Yük Katsayısı

H30-S24 kamyon hareketli yük hesapları;

$$P1 = P1' \times LL_f$$

$$P2-3 = P2-3' \times LL_f$$

Kamyon hareketli yük ön teker hesap yükü

Kamyon hareketli yük arka teker hesap yükü

Eşdeğer dolgu yükü hesapları;

Hd

γ

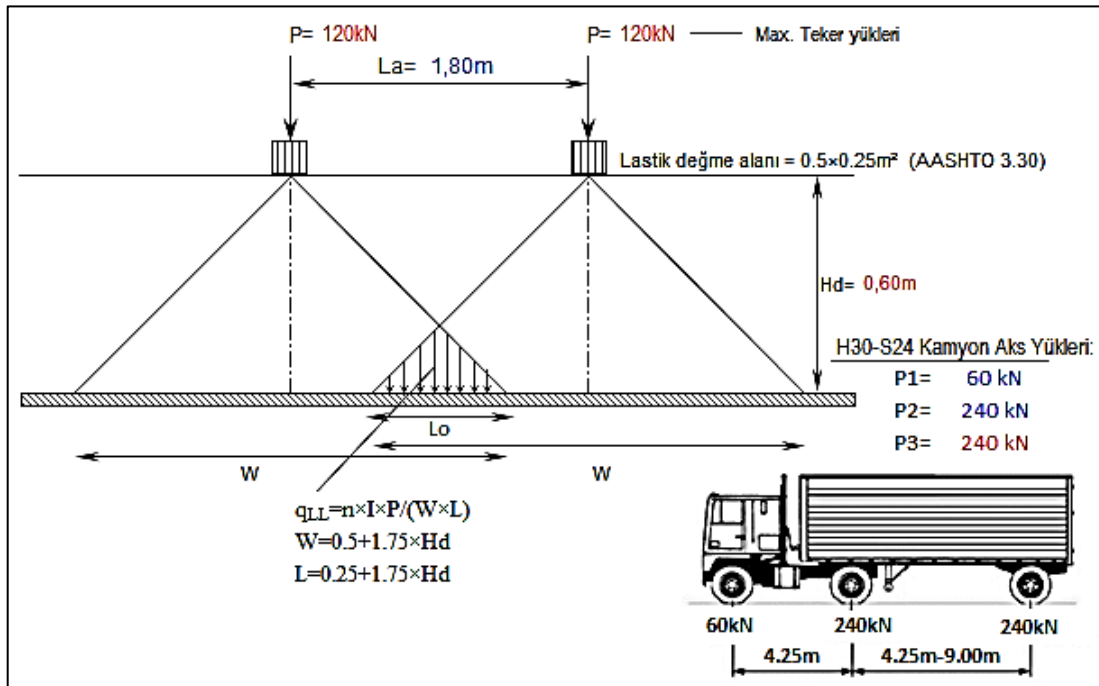
$$w_e = qDL = Fe1 \times \gamma \times Hd$$

Üstyapı+Dolgu yüksekliği

Zemin birim hacim ağırlığı

Düzgün dağıtılmış dolgu yükü

AASHTO dolgu derinliği (b)'ye göre H30-S24 kamyon dingil yükünün dolgu ile etkileşimi Şekil 32'de görülmektedir.



Şekil 32. H30-S24 kamyonu dingil yükü dolgu etkileşimi (b) durumu

Hd	Üstyapı + Dolgu yüksekliği
I	Dinamik etki katsayısı ($Hd \leq 0,3m$: $I=1,3$, $Hd \leq 0,6m$: $I=1,2$, $Hd \leq 0,9m$: $I=1,1$, $Hd > 0,9m$: $I=1,0$)
P	H30-S24 kamyonu bir tekere gelen arka dingil yükü
W	Enine yönde hareketli yük basınç bloğu genişliği, $W=0,5+1,75 \times Hd$
L	Boyuna yönde hareketli yük basınç bloğu genişliği, $L=0,25+1,75 \times Hd$
Bc	Menfez dıştan dışa yatay açıklık boyu, $Bc=B+2tw$
Lo	Hareketli yük girişim boyu, $Lo=W-1,8$, $Lo \leq Bc$
n	Hareketli yük girişim katsayısı, $n = 1+Lo/Bc$, $1 \leq n \leq 2$
qLL	Eşdeğer düzgün yayılı hareketli yük, $qLL=n \times I \times P / (W \times L)$

1.2.3.5. Yükleme Kombinasyonları

Bu çalışmada kullanılan kombinasyonlar AASHTO 2002 (Tablo 12) den alınmıştır. Öncelikle ülkemizdeki konu ile ilgili kombinasyonlar belirtilmiş akabinde analizde kullandığımız kombinasyonlar gösterilmiştir.

Exp ,Eyp : x ve y doğrultularında +%5 Ek dış merkezlik

Exn ,Eyn : x ve y doğrultularında -%5 Ek dış merkezlik olmak üzere;

- | | |
|-------------------|--|
| 1. 1,4G+1,6Q | sabit ve hareketli yük için TS500 |
| 2. G+Q+EXP+0,3EY | deprem x yönü ve y yönü %30 katılım + %5 sönüm |
| 3. G+Q+EXP-0,3EY | deprem x yönü ve - y yönü %30 katılım + %5 sönüm |
| 4. G+Q-EXP+0,3EY | |
| 5. G+Q-EXP-0,3EY | |
| 6. G+Q+EYP+0,3EX | deprem y yönü ve x yönü %30 katılım + %5 sönüm |
| 7. G+Q+EYP-0,3EY | |
| 8. G+Q-EYP+0,3EX | |
| 9. G+Q-EYP-0,3EX | |
| 10. G+Q+EXN+0,3EY | deprem x yönü ve y yönü %30 katılım - %5 sönüm |
| 11. G+Q+EXN-0,3EY | deprem x yönü ve -y yönü %30 katılım - %5 sönüm |
| 12. G+Q-EXN+0,3EY | |
| 13. G+Q-EXN-0,3EY | |
| 14. G+Q+EYN+0,3EX | |

15. $G+Q+EYN-0,3EY$

16. $G+Q-EYN+0,3EX$

17. $G+Q-EYN-0,3EX$

Tasarıma esas olacak yük birleşimleri TS500 6.2.6'da verilmektedir. Buna göre yük birleşimleri düşey yükler için;

$$F_d = 1,4G + 1,6Q \text{ (TS500 Denklem 6.3)}$$

Depremi söz konusu olduğu durumlar için;

$$F_d = G + Q \mp E \text{ (TS500 Denklem 6.7)}$$

$$F_d = 0,9G \mp E \text{ (TS500 Denklem 6.8)}$$

şeklinde oluşturulmalıdır. Burada G (veya DL-dead load, ölü yük) sabit yükleri, Q (veya LL-live load) hareketli yükleri ve E deprem yüklerini belirtmektedir. E yüklemesi olarak gösterilen deprem etkisi binaya x ve y doğrultularında etki eden depremlerin ortak etkisi ve ek dış merkezlik göz önüne alınarak belirlenmelidir. Bu durumda yük birleşimleri yukarıdakilere ek olarak;

$$0,9G \mp E_{xp} \pm 0,30E_{yp} \quad 4 \text{ Adet Yük birleşimi}$$

$$0,9G \mp E_{xp} \pm 0,30E_{yn} \quad 4 \text{ Adet Yük birleşimi}$$

$$0,9G \mp E_{xn} \pm 0,30E_{yp} \quad 4 \text{ Adet Yük birleşimi}$$

$$0,9G \mp E_{xn} \pm 0,30E_{yn} \quad 4 \text{ Adet Yük birleşimi}$$

kombinasyonları ilave edilir.

Teze konu olan menfezlerde yük kombinasyonları AASHTO Tablo 3.22.1A yük kombinasyonları şu şekilde tanımlanmıştır (Tablo 14).

Tablo 14. AASHTO yük katsayıları ve kombinasyonları

Kolon no	1	2	3	3A	4	5	66	7	8	9	10	11	12	13	14
GRUP	γ	β ÇAPRANLARI													%
		D	(L+I) _n	(L+I) _p	CF	E	B	SF	W	WL	LF	R+S+T	EQ	ICE	
SERVIS YÜKÜ	I	1	1	1	0	1	βE	1	1	0	1	0	0	0	100
	IA	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	150
	IB	1	1	0	1	1	βE	1	1	0	0	0	0	0	**
	II	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	125
	III	1	1	1	0	1	βE	1	1	1	0.3	1	0	0	125
	IV	1	1	1	0	1	βE	1	1	1	0	0	1	0	125
	V	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	140
	VI	1	1	1	0	1	βE	1	1	1	0.3	1	1	0	140
	VII	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	133
	VIII	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	140
	IX	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	150
X	1	1	1	0	0		0	0	1	0	0	0	0	100	
YÜK ÇARPANI TASARIMI	I	1.3	β	1.67*	0	1.0	βE	1	1	0	1	0	0	0	Uygulanmaz
	IA	1.3	β	2.20	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
	IB	1.3	β	0	1	1.0	βE	1	1	0	0	0	0	0	
	II	1.3	β	0	0	0	βE	1	1	1	0	0	0	0	
	III	1.3	β	1	0	1	βE	1	1	1	0.3	1	0	0	
	IV	1.3	β	1	0	1	βE	1	1	1	0	0	1	0	
	V	1.25	β	0	0	0	βE	1	1	0	1	0	0	0	
	VI	1.25	β	1	0	1	βE	1	1	1	0.3	1	1	0	
	VII	1.3	β	0	0	0	βE	1	1	0	0	0	0	1	
	VIII	1.3	β	1	0	1	βE	1	1	1	0	0	0	1	
	IX	1.20	β	0	0	0	βE	1	1	0	1	0	0	1	
X	1.30	1	1.67	0	0	βE	0	0	1	0	0	0	0	Menfez	

Service I	: DL + LL + EPAS + EQAS
Service Ia	: DL + LL + EP0 + EQ0
Load Factor I	: 1,3DL + 2,17LL + 1,69EPAS + 1,69EQAS
Load Factor Ia	: 1,3DL + 2,17LL + 1,495EP0 + 1,495EQ0
Load Factor Ib	: 1,3DL + 2,17LL + 0,65EP0 + 0,65EQ0
SEISMIC	: DL + LL + EPAS + EQXPAD+EQXPPD

Tabloda yer alan kısımlara ait açıklamalar aşağıda verilmektedir.

γ	=	Yük faktörü , bknz. AASHTO Bölüm 3.22.1A
β	=	Katsayı, bknz. AASHTO Bölüm 3.22.1A
D	=	Ölü yük ;
L	=	Hareketli yük;
I	=	Hareketli yük darbesi;
E	=	Toprak basıncı
B	=	Kaldırma kuvveti

W	=	Yapıda rüzgâr yükü;
WL	=	Hareketli yük üzerinde rüzgâr yükü-100pound/foot (148,82kg/m);
LF	=	Hareketli yükten dolayı boyuna kuvvet;
CF	=	Merkezkaç kuvvet;
R	=	Nervür kısalması
S	=	Büzülme;
T	=	Isı;
EQ	=	Deprem;
SF	=	Akarsu akımı basıncı;
ICE	=	Buz basıncı;
**Yüzde	=	Maksimum birim gerilme (İşletme oranı/Emniyetli esas birim gerilme) x100

Servis Yükü Dizaynı için:

% (Kolon 14) esas gerilme yüzdesi. Elemanlar için birim gerilmelerde veya sadece rüzgâr yüklerini taşıyan bağlantılarda hiçbir artışa müsaade edilmez.

β_E = Tüm diğer yapılarda düşey ve yanal yükler için 1.

Menfez yüklemesi hesapları için AASHTO bölüm 6.2 incelenmelidir.

β_E = Rijit çerçevelerde yanal yükler için 1 ve 0,5 (her iki yüklemeye kontrol edilerek AASHTO bölüm 3.2'ye göre hakim yük bulunur.

Yük çarpanı tasarımı için:

β_E = Rijit menfezler dışındaki istinat duvarları için ve rijit çerçevelerde yanal toprak basıncı için 1,3. Yanal sükûnetteki toprak basıncı için $\beta_E = 1,15$.

β_E = Rijit çerçevelerde pozitif momenti kontrol ederken yanal toprak basıncı AASHTO bölüm 3.2'ye göre 0,5.

β_E = Düşey toprak basıncı için 1.

β_D = Kolon dizaynı için minimum eksenel yük ve maksimum moment elemanı kontrol ederken 1

β_D = Kolon dizaynı için maksimum eksenel yük ve minimum moment veya maksimum eksantirisite için elemanı kontrol ederken 0,75

β_D = Eğilme ve çekme elemanları için 1.

β_D = Rijit menfezler için 1.

X grubu menfez yüklemeleri için β_E çarpanı yatay ve düşey yüklere uygulanmalı.

ICE = Buz basıncı (ice pressure)

(L+D)_n-AASHTO Karayolu H veya HS Yükleme için hareketli yük artı darbe yükü

(L+D)_p-İşletme firmasının aşırı yük kriterine uygun hareketli yük artı darbe yükü

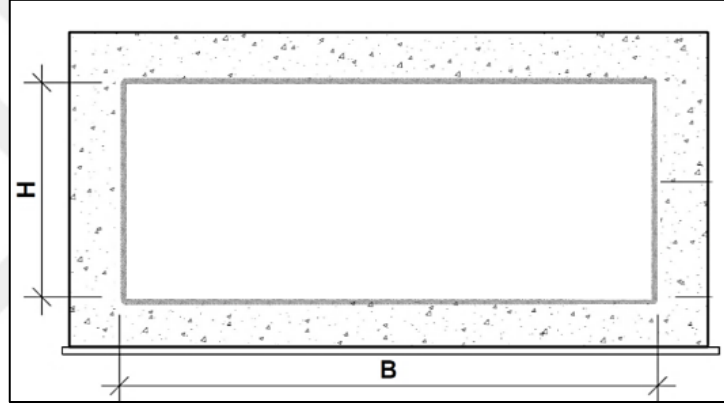
Trafik hareketli yükü kadar kaldırım hareketli yükü artı darbe yükü tasarımı belirliyorsa platform dış dizaynı için 1,25 kullanılabilir. Ancak kesit kapasitesi sadece 1,67'lik trafik faktörünü kullanan karayolu trafik hareketli yükü için gerekli olandan az olmamalıdır. AASHTO Bölüm 1 ve 3.24.2.2'de anlatılan yük kombinasyonları tabliye plağı dizaynı için kullanılabilir (AASHTO, 2002)



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Büyük Açıklıklı Tek Gözlü Menfez Hesap ve Tasarımı

Bu çalışmada açıklığı 9,5m ve yüksekliği 5m olan tek gözlü kutu menfezin statik ve dinamik tasarımı yapılacaktır (Şekil 33). Menfez modeli 1m genişlik için statik ve dinamik etkiler altında (SAP2000, 2008) programı yardımıyla analiz edilecektir. Elde edilecek değerler mevcut tip menfezler kıyaslanarak sonuçları irdelenecektir.



Şekil 33. Büyük açıklıklı tek gözlü menfez

2.1.1. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

Projelendirilmesi yapılacak tek gözlü menfeze ait bazı hesap kabulleri yapılmıştır.

1. Menfez duvarlarında su etkisi dikkate alınmamış olup gerekli tahliyenin oluşturulduğu varsayılmıştır. Zemin birim hacim ağırlığı $\gamma_d = 19 \text{ kN/m}^3$ alınmıştır.
2. Menfez duvar arkalarında içsel sürtünme açısı en az; $\phi = 30^\circ$ sağlanacaktır.
3. Temel altında düşey yatak katsayısı $k_s = 30000 \text{ kN/m}^3$, yatay yatak katsayısı; $k_h = k_s \cdot 2/3 = 20000 \text{ kN/m}^3$ alınmıştır.
4. Zemin emniyet gerilmeleri, temel tabanında oluşan hesap gerilme değerlerinden büyük ya da ona eşit olacaktır.

Kullanılacak k_s yatak katsayısı değeri Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design adlı kitap tablo 9-1'den alınmıştır. Bu değerler Tablo 15'te gösterilmiştir (Bowles, 1997).

Tablo 15. Çeşitli zeminler düşey yatak katsayısı (k_s) değerleri

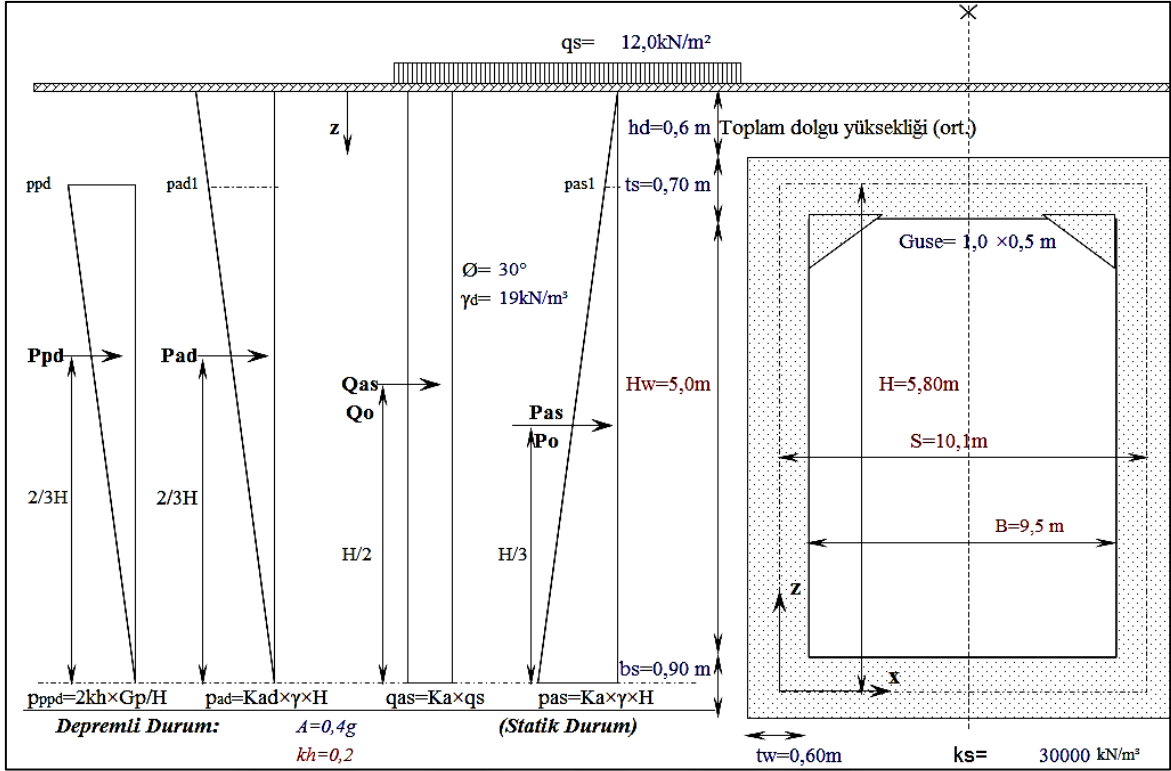
Zemin Cinsi	k_s (kN/m ³)
Gevşek kum	4800-16000
Orta sıkılıkta kum	9600-80000
Sıkı kum	64000-128000
Killi orta sıkılıkta kum	32000-80000
Siltli orta sıkılıkta kum	24000-48000
Kum-Çakıl (sıkı)	100000 – 150000
Sağlam Şist > 500000, Kaya > 2000000	

Düşey yatak katsayısı, zemini 1cm çöktürmek için tatbiki gereken gerilmedir. Düşey yatak katsayısı zeminin cinsine göre yaklaşık olarak yukarıdaki tablodan seçilebilir. Düşey Yatak Katsayısı; k_s olarak gösterilir ve birimi kN/m³ tür. Tek açıklıklı menfeze ait kesit özellikleri Tablo 16'te verilmiştir.

Tablo 16. Tek açıklıklı menfeze ait kesit özellikleri

Eleman	Boyut (cm)	Malzeme	E_c (MPa)	Donatı
Üst tabliye ts	90	C25	26875	S420
Duvar tw	60	C25	26875	S420
Alt tabliye bs	90	C25	26875	S420

Kesit özellikleri verilerek hesap kabulleri tanımlanan tek gözlü menfeze ait matematik model ve yükleme durumu Şekil 34'te, menfeze ait boy kesit Şekil 35'te gösterilmiştir.

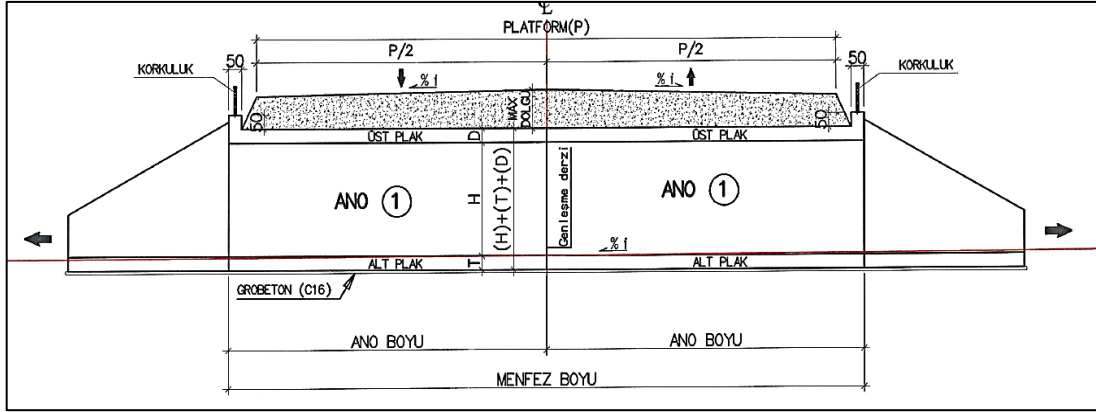


Şekil 34. Tek göznlü menfez sistemi matematik modeli ve yüklemeler

Matematik modeli üzerinde yer alan simgelerin açıklamaları şu şekildedir;

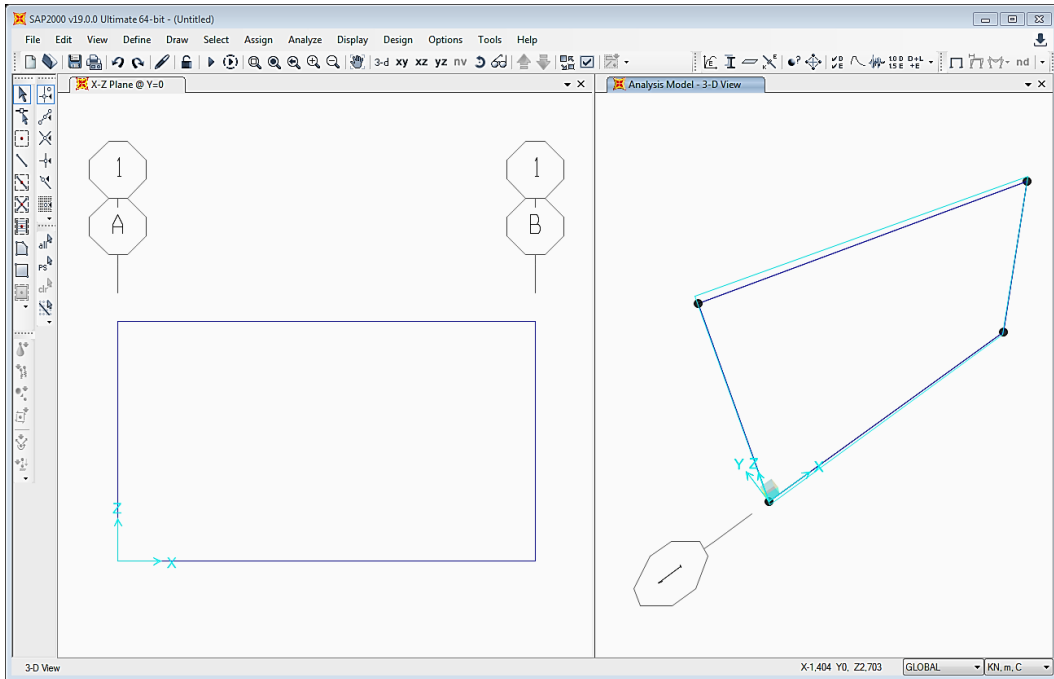
pas1	Statik aktif toprak basıncı (EPAS)	$pas=K_a \times \gamma \times H$
pas	Statik aktif toprak basıncı (EPAS)	
qas	Statik aktif sürşaj yükü (EQAS)	$qas=K_a \times q_s$
po1	Sükunetteki toprak basıncı EP0)	$po=K_o \times \gamma \times H$
po	Sükunetteki toprak basıncı EP0)	
qo	Sükunetteki sürşarj yükü (EQ0)	$qo=K_o \times q_s$
pad1	Dinamik aktif toprak basıncı (EQXPAD)	$pad=K_{ad} \times \gamma \times H$
ppd	Duvar kütlesi dinamik yükü (EQXPPD)	$ppd=2 \times kh \times G_p / H$
we-min	Üst min. dolgu yükü (SDEAD) ek ölü yük	$we=Fe_1 \times \gamma \times Hd$
we	Üst nihai dolgu yükü (SDEAD2) ek ölü y.	$Fe_1=1+0,2 \times Hd/B_c$
gd	Geri dolgu yükü (SDEAD)	$gd=\gamma_d \times (H_w+ts+hd)$

Analizde DEAD, SDEAD, SDEAD2 toplamı kombinasyonlarda geçen DL (dead loads) ölü ek yükler olarak kullanılmıştır.

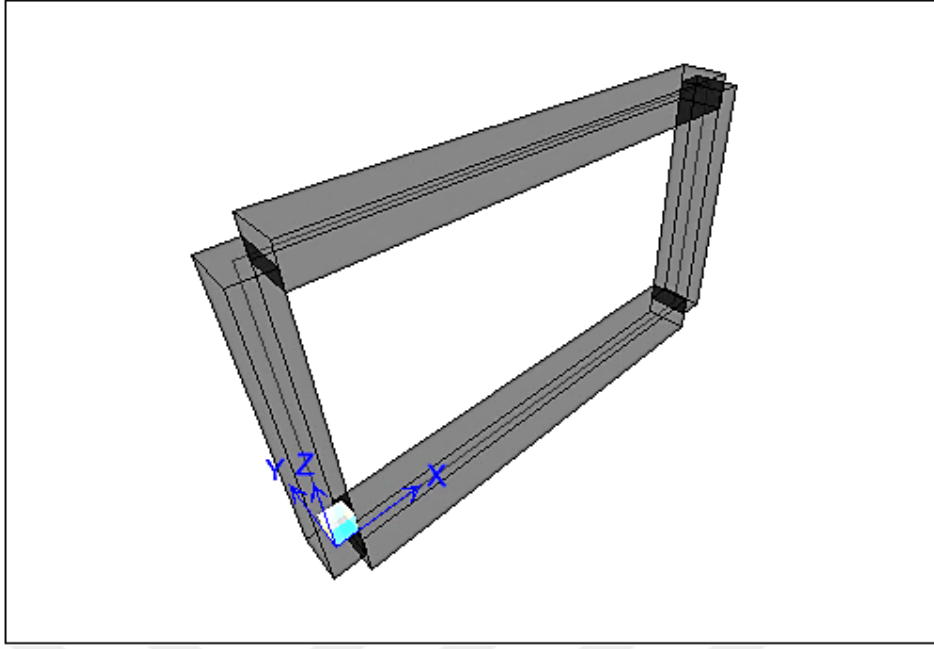


Şekil 35. Tipik menfez boy kesiti

Tanım ve yük hesaplamalarını yaptıktan sonra modelimizi SAP2000 ekranında oluşturmaya başlayabiliriz (Şekil 36-37). Hesap genişliğimiz 1 m, hesap statik açıklığı = $9,5+2 \times 0,6/2 = 10,10$ (9,5x5 tek gözlü menfez), hesap statik yüksekliği = $5+0,7/2+0,9/2 = 5,80$ m olarak belirlenir. SAP2000 ekranında File→New Model→Grid Only yönergesi izlenir. Birimlerin KN, m, C biriminde olmasına dikkat edilir. Çerçvemizi frame (çubuk) elemanlarla oluşturarak temel, tabla, perde duvar kalınlıkları, beton ve donatı özellikleri (C25, E=26875 MPa, S420 MPa) tanımlanarak model tamamlanır.

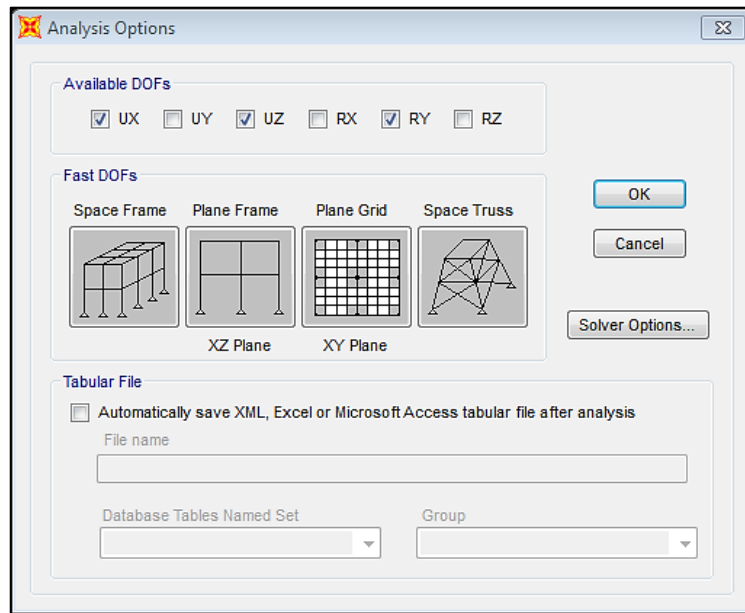


Şekil 36. SAP2000 ekranı model oluşturulması



Şekil 37. Menfez için oluşturulan katı model görüntü.

Sistem X-Z düzleminde tanımlandığından bu doğrultularda doğrusal hareket ve Y ekseninde dönme hareketi yapabilmektedir. Diğer doğrultudaki yer değiştirmelerin hesapta göz önüne alınmasına gerek yoktur. Bu sistem davranışını tanımlamak için SAP2000 programında Analyze → Set analyze options → Fast DOFs kısmından Plane Frame (X-Z Plane) tıklanır. Böylece UX, UZ, RY işaretli hale gelir (Şekil 38).



Şekil 38. SAP2000 model sistem davranışı tanım ekranı

Şekil 39'te malzeme özellikleri penceresi için Define → Materials → Add New Material kısmından hesaplanacak menfez için seçilen beton sınıfı ve donatı özellikleri tanımlanır.

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for a concrete material named 'C25'. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color is 'C25' with a green color swatch. Material Type is 'Concrete'. Material Notes has a 'Modify/Show Notes...' button.
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume is '25'. Mass per Unit Volume is '2,5472'. Units are set to 'KN, m, C'.
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E is '26875000'. Poisson, U is '0,2'. Coefficient of Thermal Expansion, A is '1,100E-05'. Shear Modulus, G is '11197917'.
- Other Properties for Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, f_c is '25000'. Expected Concrete Compressive Strength is '25000'. There is an unchecked checkbox for 'Lightweight Concrete' and a 'Shear Strength Reduction Factor' field.
- Switch To Advanced Property Display:** This checkbox is unchecked.

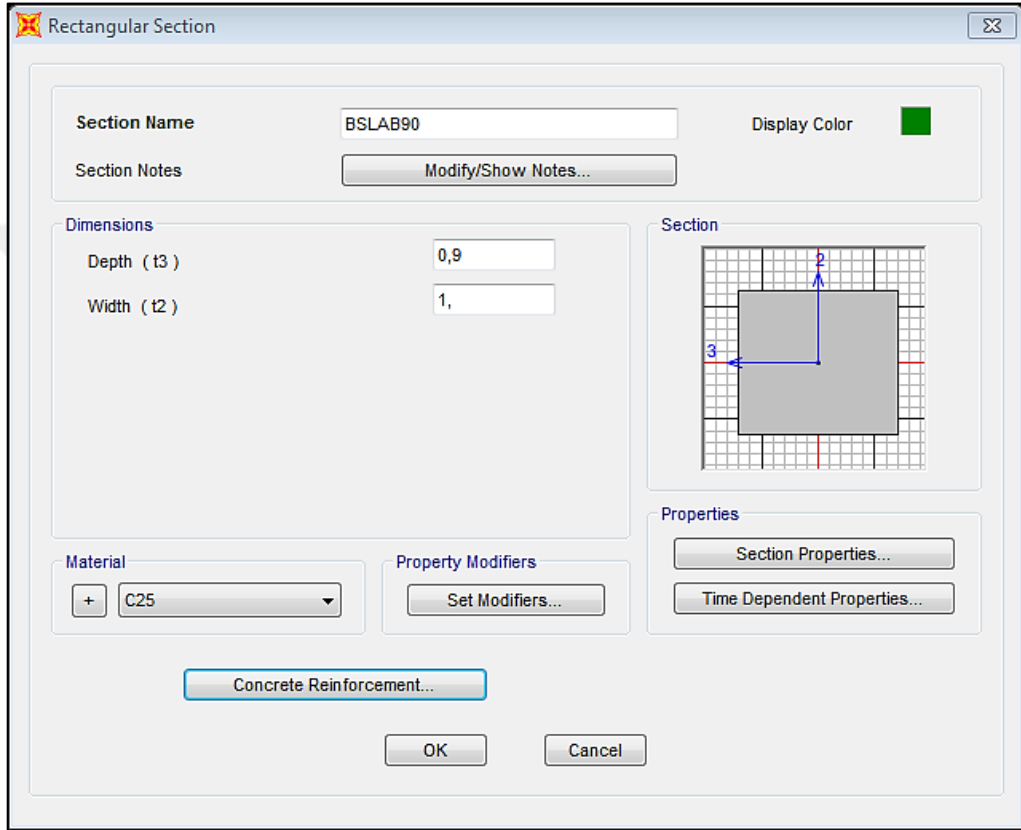
At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Şekil 39. SAP2000 malzeme tanım ekranı

Seçilen beton sınıfı C25 için Poisson oranı 0,2 ve ısı genleşme katsayısı $1,10E-5$ alınmış olup karakteristik silindirik basınç dayanımı (specified concrete compressive strength, f_c) 25000 KN/m^2 , beton birim ağırlığı 25 KN/m^3 olarak tanımlanmıştır.

Donatı sınıfı S420 için Poisson oranı 0,3 ve ısı genleşme katsayısı $1,20E-5$, E elastisite modülü $2,0E8 \text{ KN/m}^2$ alınmış olup minimum akma gerilmesi (minimum yield stress, F_y) 420000 KN/m^2 , minimum çekme gerilmesi (minimum tensile stress, F_u) 500000 KN/m^2 ve beklenen (expected) akma ve çekme gerilmeleri $F_{ye} = 420000$, $F_{ue} = 500000 \text{ KN/m}^2$, donatı birim ağırlığı 77 KN/m^3 olarak tanımlanmıştır.

Kesit özelliklerini tanımlamak için Şekil 40'ta ki ekrana ait yönerge; Define → Section Properties → Frame Sections → Add New Property → Frame Section Property Type açılır satırından → Concrete (beton) Concrete Section (beton kesiti) kısmından → Rectangular (dikdörtgen kesit) tıklanarak kesit atamaları temel için derinlik (depth) 0,9m ve hesap genişliği (width) 1m olarak atanır.

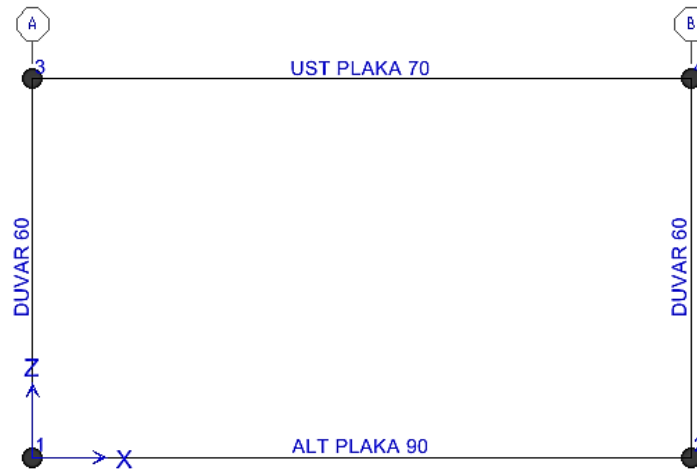


Şekil 40. SAP2000 Menfez kesitlerinin tanımlanması

Diğer kesitler bu sıraya göre tanımlanır. Betonarme hesabı için → Concrete Reinforcement tıklanarak beton örtü kalınlığı ve tanımlanan donatı S420 seçilerek, kesitin hesap türü (kolon/ kiriş) kiriş olarak işaretlenir. Beton örtü kalınlığı alt ve üst için 0,075m olarak tanımlarız (Şekil 41).

Şekil 41. SAP2000 beton kesite donatı atama ekranı

Tanımlanan kesit özelliklerini frame elemanları seçili hale getirerek atamaları yapılır. → Assign → Frame → Frame section, örneğin menfez temeli için ALT PLAKA 90 seçilir ve OK tıklanarak atamalar her bir frame için yapılır. Sistemin son hali Şekil 42’de görülmektedir.



Şekil 42. SAP2000 Assign menüsü kesit atama

2.1.2. Yüklerin Tanımlanması

2.1.2.1. Statik ve Dinamik Toprak Yüklemeleri

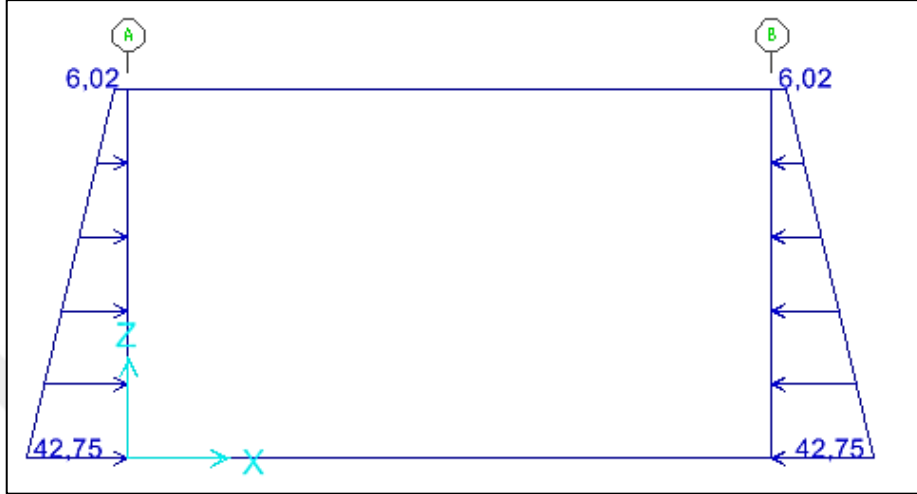
Statik durumda toprak basıncı yüklerinin hesapları;

H_{d-min}	=	0,60 m	Minimum dolgu yüksekliği, (üstyapı+dolgu) ≤ 2 ft (0.60m)	
H_d	=	0,60 m	Dolgu yüksekliği (nihai)	
B	=	9,50 m	Menfez yatay iç genişliği.	$ts=0,70m$ $bs=0,90m$
H	=	5,00 m	Menfez düşey iç yüksekliği	$tw=0,60m$ $bg=1,00m$ $\times hg=0,50m$
B_c	=	10,70 m	Menfez dıştan dışa yatay açıklıklık boyu	$S=B+tw=10,10m$ Statik tabliye boyu
H_w	=	6,60 m	Menfez duvar yüksekliği	
H_c	=	5,80 m	Menfez duvar hesap yüksekliği, $H_c=H+(ts+bs)/2$ (statik yükseklik)	
H_t	=	6,75 m	Menfez toplam hesap yüksekliği, $H_t=H_w+H_d-bs/2$	
\emptyset	=	30°	Zemin içsel sürtünme açısı (Menfez arkası geri dolgu)	
γ	=	19 kN/m ³	Zemin birim hacim ağırlığı	
q_s	=	12 kN/m ²	Hareketli yük sürşarj yükü. $H_d \geq 8$ ft (~2,50m) için => sürşarj, $q_s=0.0$	
Fe_1	=	1,01	Zemin-yapı etkileşimi faktörü	$Fe_1=1+0,2 \times H_d/B_c$
$we-min$	=	11,53 kN/m ²	Menfez üstü min. dolgu yükü	$we = Fe_1 \times \gamma \times H_d$
we	=	11,53 kN/m ²	Menfez üstü nihai dolgu yükü	$Fe_1 > 1,15$ için $Fe_1=1,0$ alınmıştır.
K_a	=	0,33	Statik aktif basınç katsayısı	$K_a=\tan^2(45-\emptyset/2)$
K_p	=	3,00	Statik pasif basınç katsayısı	$K_p=1/K_a$
K_o	=	0,50	Sükunetteki toprak basıncı katsayısı	$K_o=1-\sin\emptyset$
Ep_{as1}	=	6,02 kN/m ²	Statik aktif toprak basınç yükü	$Ep_{as1}=K_a \times \gamma \times H_d=K_a \times \gamma \times (H_d-min+ts/2)$
Ep_{as}	=	42,75 kN/m ²	Statik aktif toprak basınç yükü	$Ep_{as}=K_a \times \gamma \times H_t=K_a \times \gamma \times (H_w+H_d-min-bs/2)$
Eq_{as}	=	4,00 kN/m ²	Statik aktif sürşarj yükü	$Eq_{as}=K_a \times q_s$
Ep_{o1}	=	9,03 kN/m ²	Sükunetteki toprak basınç yükü	$Ep_{o1}=K_o \times \gamma \times H_d=K_o \times \gamma \times (H_d+ts/2)$
Ep_o	=	64,13 kN/m ²	Sükunetteki toprak basınç yükü	$Ep_o=K_o \times \gamma \times H_t=K_o \times \gamma \times (H_w+H_d-bs/2)$
Eq_o	=	6,00 kN/m ²	Sükunetteki sürşarj yükü	$Eq_o=K_o \times q_s$

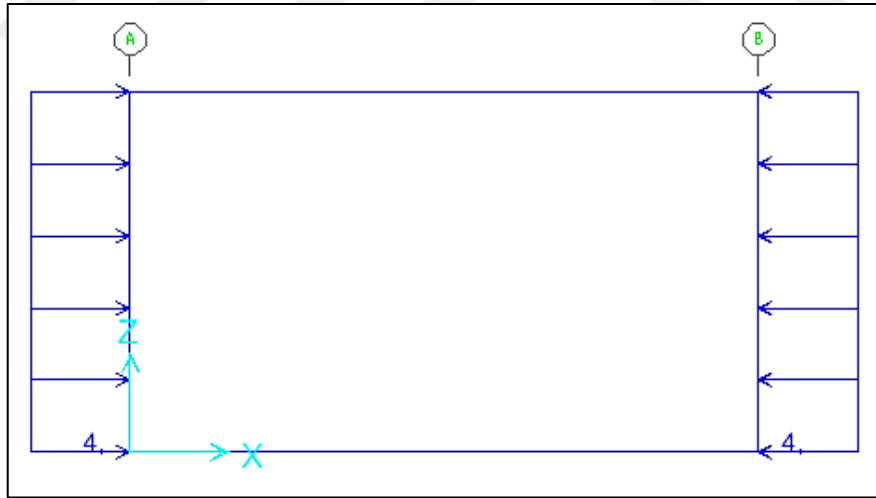
Toplam Yükler:

EP_{as}	=	144,28 kN/m	$EP_{as}=Ep_{as} \times H_t/2$	EP_o	=	216,42 kN/m	$EP_o=Ep_o \times H_t/2$
EQ_{as}	=	27,00 kN/m	$EQ_{as}=Eq_{as} \times H_t$	EQ_o	=	40,50 kN/m	$EQ_o=Eq_o \times H_t$

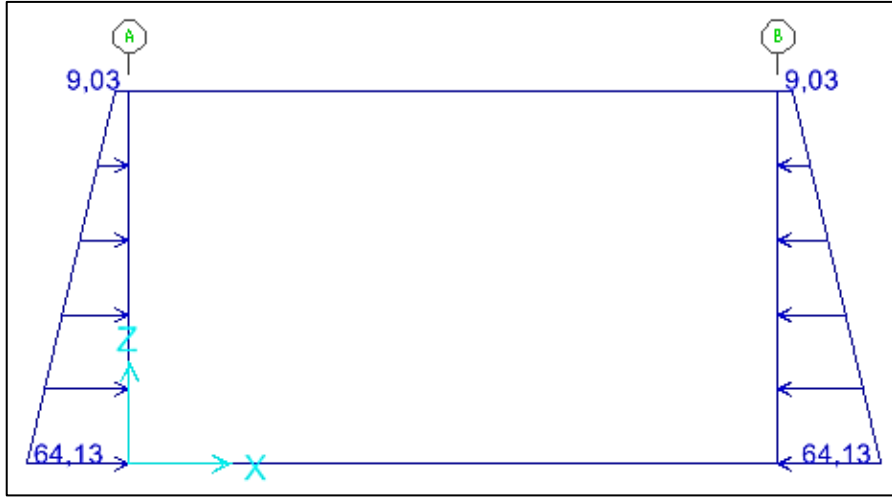
Yükleme değerleri excel ekranında tanımlanan formüller girilerek hesaplanır. Hesaplanan bu değerler SAP2000 yükleme ekranında tanımlanarak ilgili elemanlara atanır (Şekil 43-49).



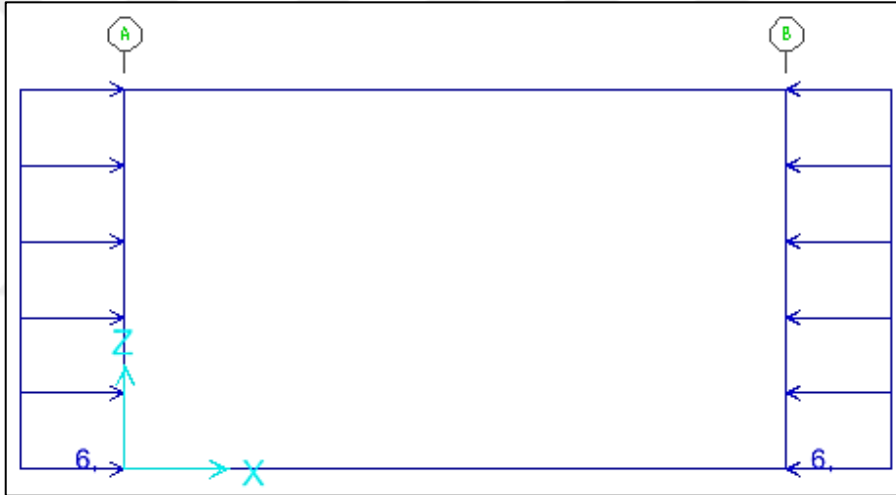
Şekil 43. EPAS yüklemesi



Şekil 44. EQAS yüklemesi



Şekil 45. EP0 yüklemesi



Şekil 46. EQ0 yüklemesi

Dinamik durumda (deprem anında) toprak basıncı yüklerinin hesapları;

B_{cw}	=	1,0 m	Hesap Genişliği	
H_w	=	5,00 m	Duvar yüksekliği	$H_d=0,60m$
H	=	6,75 m	Toplam duvar hesap yüksek	$w_e=gd= 11,4kN/m^2$
B_w	=	0,60 m	Duvar genişliği	$bs=0,90m$
G_p	=	87,0 kN	Duvar kendi ağırlı $G_p=\gamma_c \times A_p \times H$	$ts=0,70m$
\emptyset	=	30°	Zemin içsel sürtünme açısı	$\gamma_c=25kN/m^3$
γ_d	=	19 kN/m ³	Zemin birim hacim ağırlığı	$\gamma_w=10kN/m^3$
q_s	=	12 kN/m ²	Sürşarj yükü	
b	=	0°	Zemin yatayla yaptığı eğim açısı	
δ	=	0°	Zeminle iksa arasındaki sürtünme açısı	
i	=	0°		
SPR	=	I	Zemin Profil Tipi	$h_{water}= 0$ m max.
S	=	1,0	Bölge Katsayısı	$P_{water}= 0$ kN/m
A	=	0,30	Etkin Yer İvmesi Katsayısı	$K_o=1-\sin\phi= 0,50$
SPC	=	C	Sismik Kategori	$P_{o1}= 9,03$ kN/m ²
k_h	=	0,15	Yatay eşdeğer deprem katsayısı ($kh=A/2$)	$P_o= 64,13$ kN/m ²
k_v	=	0,00	Düşey deprem katsayısı ($k_v=0$, istinat duv.)	$q_o= 6,00$ kN/m ²
θ	=	8,53°	Sismik atalet açısı	$P_{as1}= 6,02$ kN/m ²
k_h	£	0,58	$kh \leq A/2 \leq (1-k_v) \tan(\theta-i)$	$P_{as}= 42,75$ kN/m ²
K_a	=	0,333	Statik aktif basınç katsayısı	$P_{ad1}= 10,98$ kN/m ²
K_p	=	3,000	Statik pasif basınç katsayısı	$P_{pd-ts}= 2,63$ kN/m ²
K_{ae}	=	0,433	Toplam aktif basınç katsayısı	
K_{pe}	=	2,727	Toplam pasif basınç katsayısı	
K_{ad}	=	0,100	Dinamik aktif toprak basıncı	
p_{as}	=	42,75 kN/m ²	Statik aktif toprak basınç yükü	$p_{as}=K_a \times \gamma \times H$
h'	=	0,63 m	Sürşajın eşdeğer dolgu yüksekliği	$h'=q_s/\gamma$
q_{as}	=	4,00 kN/m ²	Statik aktif sürşarj yükü	$q_{as}=K_a \times q_s$
p_{ad}	=	12,77 kN/m ²	Dinamik aktif toprak basıncı (EQ)	$p_{ad}=K_{ad} \times \gamma \times H$
q_{ad}	=	2,39 kN/m ²	Sürşajın dinamik yükü (EQ)	$q_{ad}=2 \times q_s \times K_{ad}$
p_{pd}	=	4,50 kN/m ²	Duvar kütlesi dinamik yükü (EQ)	$p_{pd}=2 \times kh \times G_p/H$

Toplam Yükleme

$$P_{as} = 144,28 \text{ kN}$$

$$P_{as} = p_{as} \times H/2$$

$$Q_{as} = 27,0 \text{ kN}$$

$$Q_{as} = q_{as} \times H$$

$$P_{ad} = 43,1 \text{ kN}$$

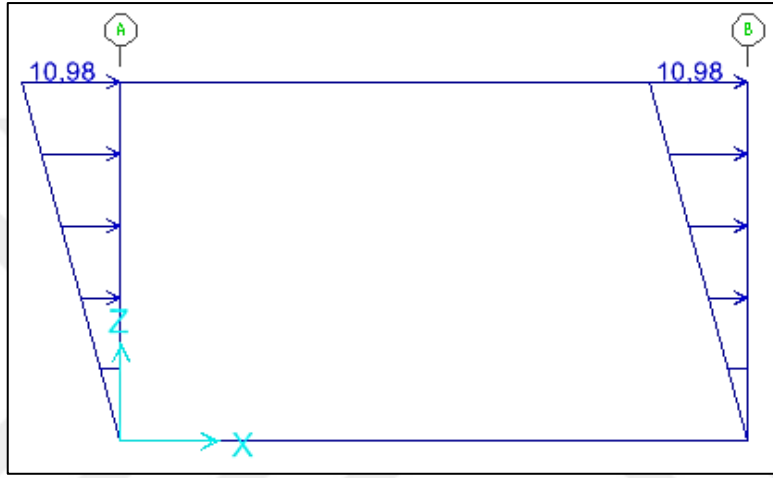
$$P_{ad} = p_{ad} \times H/2$$

$$Q_{ad} = 8,1 \text{ kN}$$

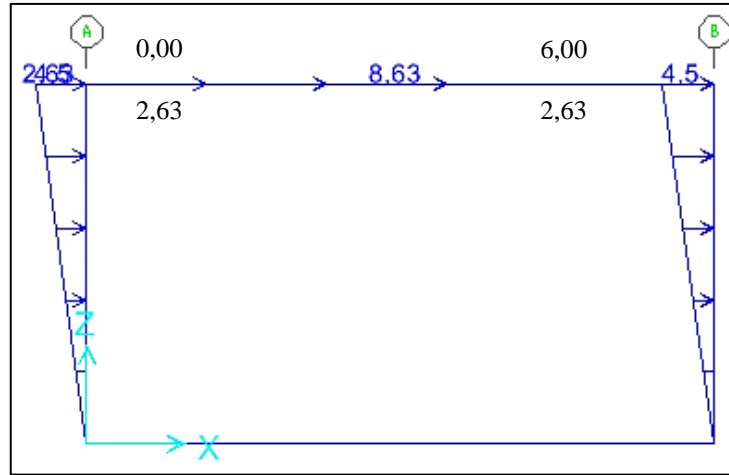
$$Q_{ad} = q_{ad} \times H/2$$

$$P_{pd} = 15,2 \text{ kN}$$

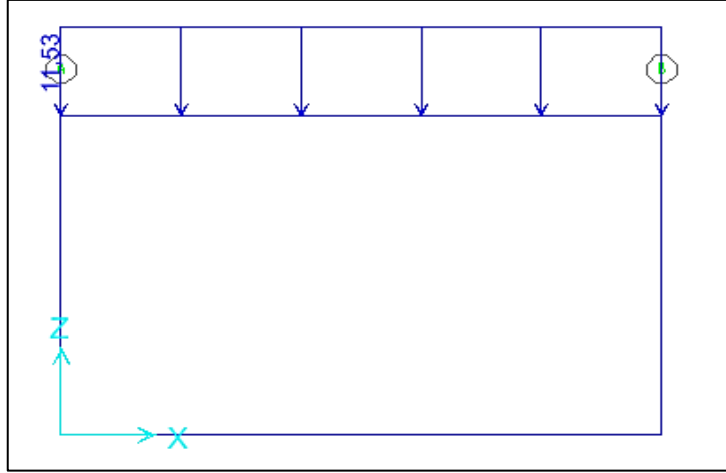
$$P_{pd} = kh \times G_p$$



Şekil 47. EQXPAD dinamik aktif toprak basıncı yüklemesi



Şekil 48. EQXPPD dinamik duvar kütlesi yükü



Şekil 49. SAP2000 ekranı düzgün yayılı dolgu yükü (SDEAD)

2. Derece deprem bölgesi ve Z2 zemin sınıfı olmak üzere $k_h=0,2$ $k_s = 30000 \text{ kN/m}^3$,
 $k_h = 20000 \text{ kN/m}^3$ $K_{ad} = K_{ae} - K_a = 0,140$ $K_a = 0,333$ $K_o = 0,50$

Bu durumda hesap özeti;

pas1	=	6,02	kN/m ²	Statik aktif toprak basıncı (EPAS)	pas=K _a ×γ×H
pas	=	42,75	kN/m ²	Statik aktif toprak basıncı (EPAS)	
qas	=	4,00	kN/m ²	Statik aktif sürşarj yükü (EQAS)	qas=K _a ×q _s
po1	=	9,03	kN/m ²	Sükunetteki toprak basıncı EP0)	po=K _o ×γ×H
po	=	64,13	kN/m ²	Sükunetteki toprak basıncı EP0)	
qo	=	6,00	kN/m ²	Sükunetteki sürşarj yükü (EQ0)	qo=K _o ×q _s
pad1	=	10,98	kN/m ²	Dinamik aktif toprak basıncı (EQXPAD)	pad=K _{ad} ×γ×H
ppd	=	4,50	kN/m ²	Duvar kütlesi dinamik yükü (EQXPPD)	ppd=2×k _h ×G _p /H
Ppd-ts	=	2,63	kN/m ²	Tabla kütlesi dinamik yükü	
we _{min}	=	11,53	kN/m ²	Üst min. dolgu yükü (SDEAD)	we=Fe ₁ ×γ×H _d
we	=	11,53	kN/m ²	Üst nihai dolgu yükü (SDEAD2)	Fe ₁ =1+0,2×H _d /B _c
gd	=	119,70	kN/m ²	Geri dolgu yükü (SDEAD inşaat aşaması)	
gd=γ _d ×(H _w +t _s +h _d)					

Fe₁>1,15 için Fe₁=1,0 alınmıştır. Fe₁=1+0,2×H_d/B_c Zemin yapı etkileşimi faktörü

Hareketli yük hesapları; durum (a) trafik ana donatıya paralel AASHTO 3.24.3.2 (AASHTO, 2002):

C_w	=	1,00 m	Hesap genişliği (1,0 m için)
$S=B+tw$	=	10,10 m	Hesap açıklığı (Article 3.24.1)
$B_c=B+2tw$	=	10,70 m	Menfez dıştan dışa yatay açıklıklık boyu
$E = 1,22+0,6 \times S$	=	2,13 \leq 2,13 m	Teker yükü dağılım genişliği
I	=	1,30	Dinamik etki katsayısı ($H_d \leq 0,3m$, $I=1,3$)
$LD = C_w/E$	=	0,469	Hareketli Yük Dağılım Katsayısı
$LL_f = I \times LD$	=	0,610	Hareketli Yük Katsayısı

H30-S24 Kamyon Hareketli Yük Hesapları:

$P_1 = P_1' \times LL_f$	=	18,31 kN	Kamyon hareketli yük ön teker hesap yükü
$P_2-3 = P_2-3' \times LL_f$	=	73,24 kN	Kamyon hareketli yük arka teker hesap yükü

Eşdeğer Düzgün Yayılı Dolgu Yükü Hesapları:

H_d	=	0,60 m	Üst yapı + Dolgu yüksekliği
γ	=	19,00 kN/m ³	Zemin birim hacim ağırlığı
w_e	=	$qDL = Fe_1 \times \gamma \times H_d = 11,53$ kN/m ²	Düzgün dağıtılmış dolgu yükü

($Fe_1=1+0,2 \times H_d/B_c$)

Eşdeğer Düzgün Yayılı Hareketli Yük Hesapları (Üst yapı + Dolgu yüksekliği > 2ft (0,6m) olması durumunda kullanılır.):

H_d	=	0,60m	Üst yapı + Dolgu yüksekliği
γ	=	19,00 kN/m ³	AASHTO 3.8.2.3
I	=	1,20	Dinamik etki katsayısı ($H_d \leq 0,3m$: $I=1,3$, $H_d \leq 0,6m$: $I=1,2$, $H_d \leq 0,9m$: $I=1,1$, $H_d > 0,9m$: $I=1,0$)

$P = 120,0$ kN H30-S24 kamyonu bir tekere gelen arka dingil yükü

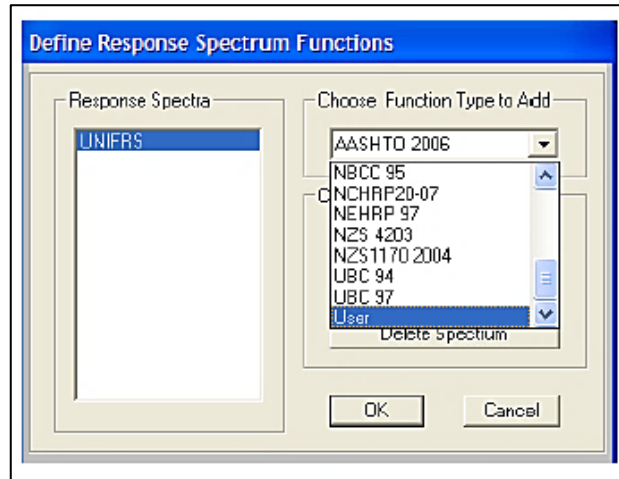
$W = 1,55$ m Enine yönde hareketli yük basınç bloğu genişliği,

$W=0.5+1.75 \times H_d$

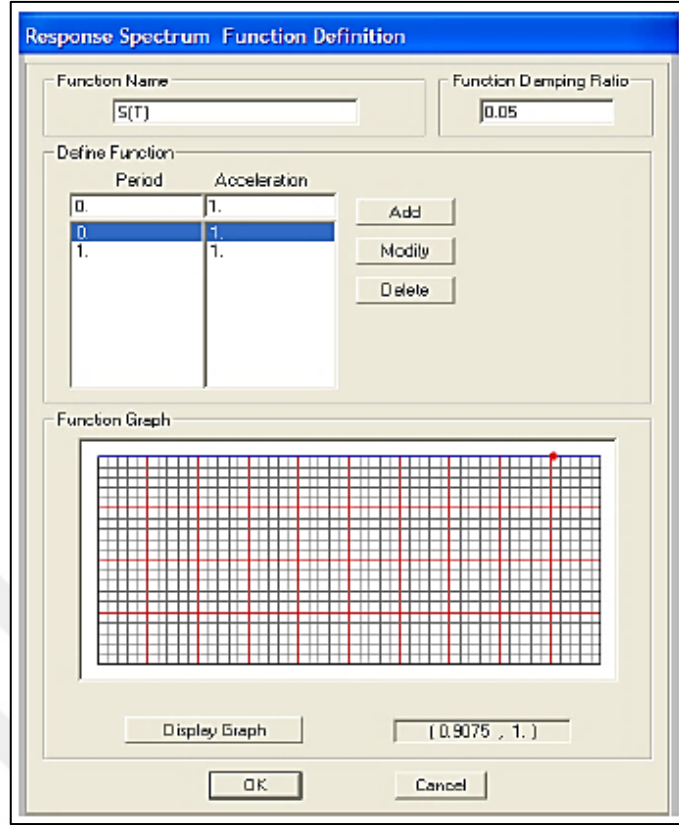
L	=	1,30m	Boyuna yönde hareketli yük basınç bloğu genişliği, $L=0.25+1.75 \times Hd$
Bc	=	10,70m	Menfez dıştan dışa yatay açıklıklık boyu, $Bc=B+2tw$
Lo	=	0,00m	Hareketli yük girişim boyu, $Lo=W-1.8$, $Lo \leq Bc$ AASHTO
6.4.2			
n	=	1,00	Hareketli yük girişim katsayısı, $n = 1+Lo/Bc$, $1 \leq n \leq 2$
qLL	=	71,46kN/m ²	Eşdeğer düzgün yayılı hareketli yük, $qLL=n \times I \times P/W^2$

2.1.2.2. Deprem Yükleri

Dinamik analizi gerçekleştirilecek olan sistem geometrik ve fiziksel olarak tanımlandıktan sonra Define-functions seçeneğinden analizin türü ilgili olan yöntem Spektral Hesap olduğundan Response Spectrum seçeneği işaretlenir. Ekranda belirecek menüde öngörülen tepki spektrum eğrisi Add New Function seçeneği aktif hale getirilir, çıkan menüde “user” seçeneği ve Modify/Show Spectrum seçilerek ivme spektrum eğrisi T-S (serbest titreşim periyodu-spektral değerler) tanımlanır (Şekil 50-51).



Şekil 50. Tepki spektrumu tanımlama ekranı



Şekil 51. SAP2000 de tasarım ivme spektrum ekranı

Tüm bu tanımlamalardan sonra çözümlenmede kullanılacak olan mod birleştirme yöntemi; maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilen bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. (Darılmaz, 2009)

SAP2000'de Mod birleştirme yönteminin uygulanabilmesi için; → Sistem modeli → Kütleler tanımlanır, → Hesaba katılacak yeterli mod sayısı belirlenir ($\geq 3 \times N$; serbestliklerin kat adedi ile çarpımı, kat döşemeleri için x ve y yönünde 2 ötelenme ve bir dönme olmak üzere 3 serbestlik bulunmakta, N kat adedi) → ivme spektrumu fonksiyonu tanımlanır. → Analiz türü Response Spectrum olan yükleme tanımlanır.

Define → Analysis Cases → MODAL analiz seçeneğinden kaç modun göz önüne alınacağı belirtilir (Şekil 52).

Şekil 52. SAP2000 modal analiz ekranı

Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir. SAP2000 de bu koşulun sağlanıp sağlanmadığı Display → Show Tables → Structure Output → Modal Information → Table: Modal Participating Mass Ratios yönergesinden bakılarak, sağlanmadığı durumda mod sayısı artırılarak çözüm tekrarlanır.

S(T) ve Ra(T) ilgili fonksiyonlar kullanılarak tanımlanır. Yeterli sayıda noktada bu fonksiyonların değerleri Define Functions Response Spectrum akışı kullanılarak SAP2000'de tanımlanmalıdır. Bir Excel sayfasında hücrelere bu hesap formüle edilir. Deprem kuvvetinin hesabına esas olacak ivme spektrumu tanımlanır (Tablo 17).

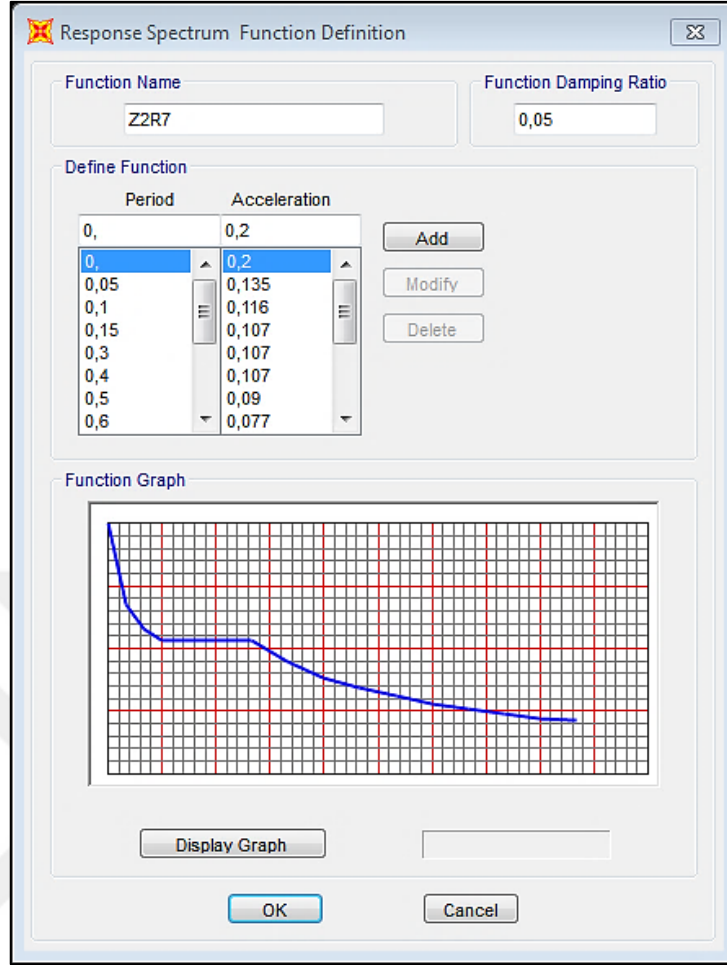
Tablo 17. Excel programında spektrum hesabı

	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1									
2	TDY 2007 GÖRE DEPREM SPEKTRUM HESABI MP								
3									
4		dep böl	Ao						
5		1	0,4		R		ZEMİN	TA	TB
6		2	0,3		7		Z1	0,1	0,3
7		3	0,2				Z2	0,15	0,4
8		4	0,1				Z3	0,15	0,6
9							Z4	0,2	0,9
10	TDY 2007								
11	T (sn)	S (T)	Ra (T)	S (T) /Ra (T)	Ao*S (T) /Ra (T)				
12	0	1	1,5	0,667	0,200				
13	0,05	1,5	3,333	0,45	0,135				
14	0,1	2	5,167	0,387	0,116				
15	0,15	2,5	7	0,357	0,107				
16	0,3	2,5	7	0,357	0,107				
17	0,4	2,5	7	0,357	0,107				
18	0,5	2,091	7	0,299	0,09				
19	0,6	1,807	7	0,258	0,077				
20	0,7	1,598	7	0,228	0,068				
21	0,8	1,436	7	0,205	0,062				
22	0,9	1,307	7	0,187	0,056				
23	1	1,201	7	0,172	0,052				
24	1,1	1,113	7	0,159	0,048				
25	1,2	1,038	7	0,148	0,044				
26	1,3	0,974	7	0,139	0,042				
27									

Spektrum Katsayısı S(T), ile tanımlanan üç satırlık koşullu hesabın bir hücrede kodlaması deprem bölgesi ve zemin parametrelerine bağlı olarak şu şekilde yapılmıştır;
 $=YUVARLA(EĞER(0 \leq U12; EĞER(U12 \leq \$AA\$7; (1+1,5*U12/\$AA\$7); EĞER(\$AA\$7 < U12; EĞER(U12 \leq \$AB\$7; 2,5; EĞER(\$AB\$7 < U12; (2,5*(\$AB\$7/U12)^{0,8}); 0))))); 3)$.

Yine aynı şekilde Deprem azaltma katsayısı Ra(T) için;
 $=YUVARLA(EĞER(0 \leq U12; EĞER(U12 \leq \$AA\$7; (1,5+(\$X\$6-1,5)*U12/\$AA\$7); EĞER(\$AA\$7 < U12; \$X\$6; 0))))); 3)$ şeklinde kodlanır.

Elde edilen değerler SAP2000' de Define → Function → Response Spectrum (User Spectrum) → Add New Function → adımları takip edilerek Response Spectrum Function Definition formunda yerlerine yazılır (Şekil 53).



Şekil 53. SAP2000 Spektrum tanımlama ekranı

Analysis Cases Data formunda analiz türü Response Spectrum olan yükleme tanımlanır. Burada Scale Factor olarak formda yer alan kısım $W = m (gA_0 I) \rightarrow$ örneğin $A_0 = 0,3$ $g = 9,81 \text{ m/sn}^2$, $I = 1$ için $SF = 2,943$ olur.

Betonarme sistemlerde sönüm oranı %5-%7, çelik yapılarda %2-%3 arasındadır. Yaygın olarak her ikisi için sönüm oranı %5 (0,05) olarak kullanılır (Şekil 54). Şekil 54'te ekranda görülen Diaphragm Eccentricity (diyafram eksantrikliği) değerinin kullanılabilmesi için rijit diyafram tanımı yapılmış olmalıdır.

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SPECX [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Response Spectrum [Design...]

Modal Combination:

- CQC
- SRSS
- Absolute
- GMC
- NRC 10 Percent
- Double Sum

 GMC f1: 1, []
 GMC f2: 0, []
 Periodic + Rigid Type: SRSS []

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

 Scale Factor: []

Mass Source: Previous (MSSSRC1)

Diaphragm Eccentricity:

- Eccentricity Ratio: 0,05 []
- Override Eccentricities: [Override...]

Modal Load Case:

- Use Modes from this Modal Load Case: MODAL []
- Standard - Acceleration Loading
- Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Z2R7	1,
Accel	U1	Z2R7	1,

[Add] [Modify] [Delete]

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

- Modal Damping: Constant at 0,05 [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Şekil 54. Spektrum detay ekranı ve eksantirisite

U1 x yönü, U2 y yönünü göstermektedir. Benzer tanımlama her iki yön içinde yapılmalıdır. SAP2000 önceki versiyonlarda var olan Angle (tahrik açısı) kısmı ise deprem kuvvetinin yatay eksenden ölçülen geliş açısının(derece) tanımlandığı kısımdır. Eğer Angle = 0° ise kuvvet X-X eksenine (U1) paralel, Angle = 90° ise kuvvet bu defa Y-Y eksenine (U2) paralel demektir. DBYBHY 2006, deprem hesabının birbirine dik iki doğrultu için (X ve Y) yapılacağını belirtir. Modal Combination türü CQC (Tam karesel birleştirme) olarak seçilir bu modal maksimumların süperpozisyonunda kullanılacak yöntemi belirler; genelde CQC yöntemi kullanılır. DBYBHY 2006-Böl.2.8.4 de bu kısım açıklanmıştır (DBYBHY, 2006)

$T_m < T_n$ olmak üzere, göz önüne alınan herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotların daima $T_m / T_n < 0,80$ koşulunu sağlaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü Kuralı uygulanabilir.

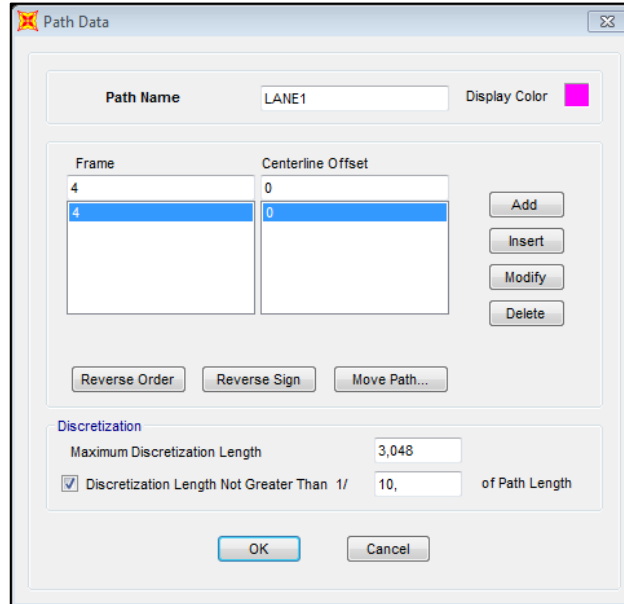
Yukarıda belirtilen koşulun sağlanamaması durumunda, maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Tam Karesel Birleştirme (CQC) Kuralı uygulanacaktır. Bu kuralın

uygulanmasında kullanılacak çapraz korelasyon katsayılarının hesabında, modal sönüm oranları bütün titreşim modları için %5 olarak alınacaktır.

2.1.2.3. Katar Yükleri

SAP2000'de taşıt yükleri yapıya trafik şeritleri aracılığıyla aktarılır. Bu nedenle eğer yapıyı hareketli taşıt yüklerine göre analiz edilecekse Trafik Şeritleri tanımlanmalıdır. Trafik Şeritleri (lanes) yerleşim çizgilerine veya mevcut olan çubuk nesnelere referans alınarak tanımlanabilir. Tek bir trafik şeridi, bir veya birden fazla yerleşim çizgisine veya bir ya da daha fazla çubuk nesnesinden referans alabilir fakat hem yerleşim çizgisi ve hem de çubuk nesnelere aynı anda referans alamaz. Trafik Şeritleri istendiğinde bir genişliği olacak şekilde tanımlanabilir. Trafik şeritleri hareketli katar yükü tipi analiz durumlarında veya statik ve dinamik çok adımlı analiz durumlarında kullanılan hareketli katar tipi yük durumlarında kullanılabilir.

Bu örnekte yükleri tanımlamak için ilk olarak, Define > Moving Load > Paths > Add New Path... (Tanımla > Trafik Şeritleri hareketli katar yükü > Yollar > Çubuk elemana tanımlı Yeni yol ekle...) komutunu kullanarak trafik şeridi tanımlanır (Şekil 55).



Şekil 55. Şerit yükü (moving load) ekranı

Hareketli katar yükünü analizde kullanmak için taşıt sınıfları tanımlanır. Taşıt sınıfı bir hareketli katar yükü analizinin yapılacağı bir ya da daha fazla taşıttan oluşturulan bir gruptur. AASHTO da tanımlı yüklere bağlı olarak taşıt yükü tanımı araç bilgisi ekranına girilir. Tüm taşıt tanımları bir ya da birden çok tekil ve/veya düzgün yayılı yükten oluşur. Hesaplamamızda HS30-S24 standart taşıtı kullanılacaktır.

Bir sonraki aşamada da bu tanımlanan taşıtlar Define > Moving Load > Vehicles Class komutuyla bir taşıt sınıfına atanır (Şekil 56).

Vehicle Data

Vehicle name: VEH1 - H30-S24

Units: KN, m, C

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Axle Load
Leading Load	Infinite		0,	0,
Leading Load	Infinite		0,	0,
Fixed Length	4,25		0,	120,
Fixed Length	4,25		0,	120,
Fixed Length	4,25		0,	30,
Trailing Load	Infinite		0,	

Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Vehicle Remains Fully In Path

Buttons: OK, Cancel

Şekil 56. Şerit yükü (moving load) araç tanımlama ekranı

Taşıt sınıfları bir ya da daha fazla sayıdaki taşıtı bir arada gruplamanıza olanak verir. Define Vehicle Classes (Taşıt Sınıfı Tanımla) formunda Add New Class (Yeni Sınıf Ekle) kutusunu tıklayarak ve açılan pencerede araç katsayısı tanımlanır. Mevcut menfezde

hesaplanan hareketli yük katsayısı LL_f bu formda scale factor olarak adlandırılır. Yapılan hesaplamada bu değer 0,61 olarak bulunarak formda yerine yazılır (Şekil 57).

The screenshot shows a software dialog box titled "Vehicle Class Data". At the top, there is a text input field for "Vehicle Class Name" containing the value "H30-S24-1". Below this, a section titled "Define Vehicle Class" contains a table with two columns: "Vehicle Name" and "Scale Factor". The table has one row with "H30-S24" in both columns. To the right of the table are three buttons: "Add", "Modify", and "Delete". At the bottom of the dialog box are "OK" and "Cancel" buttons.

Vehicle Name	Scale Factor
H30-S24	0,61

Şekil 57. Moving load taşıt sınıfı ve katsayı tanımlama ekranı

Hareketli katar yükü analiz durumları farklı değerler için tesir çizgilerini hesaplar ve maksimum ve minimum tepki değerlerini elde etmek için şerit yüklerinin tüm permütasyonlarını çözer.

Taşıt hareketli yüklerine özel birkaç çeşit analiz seçeneği vardır. Çok-adımlı statik ve çok-adımlı dinamik (doğrudan integrasyon zaman alanı) analiz durumları bir ya da birden fazla taşıtın belirli bir hızda hareket ettiği durumu analiz etmede kullanılır. Bu çok-adımlı analiz durumları özel hareketli katar yük durumu tipleriyle tanımlanır. Bunlar da Trafik şeritleri üzerinde hareket eden taşıtların doğrultusu, başlangıç zamanı ve hızlarıyla tanımlanır.

Trafik şeritleri ve taşıtları oluşturmayı tamamladıktan sonra katar yükü yükleme durumu oluşturulur. Yeni analiz durumu bir hareketli katar yükü olacak ve üzerinde Trafik şeritleri üzerine 1 ölçeğiyle uygulanan taşıt sınıfı olacaktır.

Define > Load Cases (Tanımla > Yükleme Durumları) formunda Add New Case (Yeni Durum Ekle) kutusuna tıklanır. Açılan formda Load Case Data (Analiz Durumu Bilgisi) altında, Moving Load seçilir ve H30-S24-1 taşıt tipi eklenerek OK 'e tıklanır (Şekil 58).

Load Case Data - Moving Load

Load Case Name: H30S24MOV [Set Def Name] [Modify/Show...]

Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Moving Load [Design...]

Stiffness to Use:

- Zero Initial Conditions - Unstressed State
- Stiffness at End of Nonlinear Case

 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Directional Factors: 1, [] []

MultiPath Scale Factors:

Number of Paths Loaded	Reduction Scale Factor
1	1,

 [Modify]

Loads Applied:

Assign	Vehicle Class	Scale Factor	Min Loaded Paths	Max Loaded Paths	Paths
1	H30-S24-1	1,	0	0	All

 [Add] [Modify] [Delete]

Paths Loaded for Assignment 1:

List of Path Definitions	Selected Path Definitions
[]	LANE1

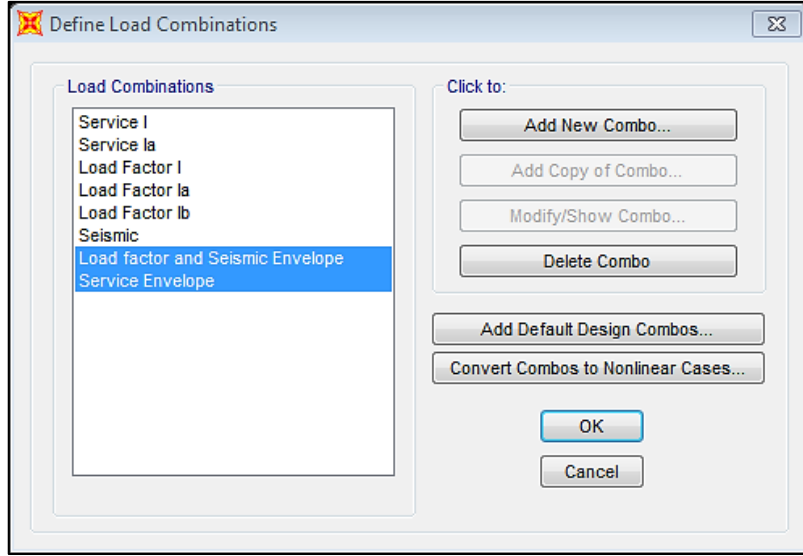
Mass Source: MSSSRC1

[OK] [Cancel]

Şekil 58. Tanımlanan katar yükünün yükleme durumunun belirtilmesi

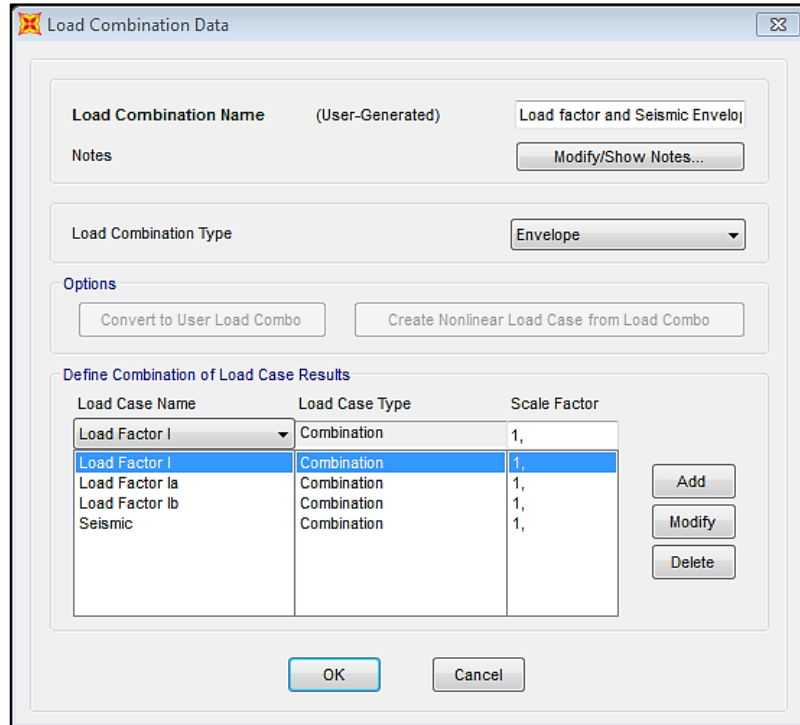
2.1.2.4. Yük Kombinasyonları

SAP20000 Define menüsü işlemlerinde daha önce tanımladığımız AASHTO kombinasyon değerleri programa girilir (Şekil 59).



Şekil 59. SAP2000 yük kombinasyon ekranı

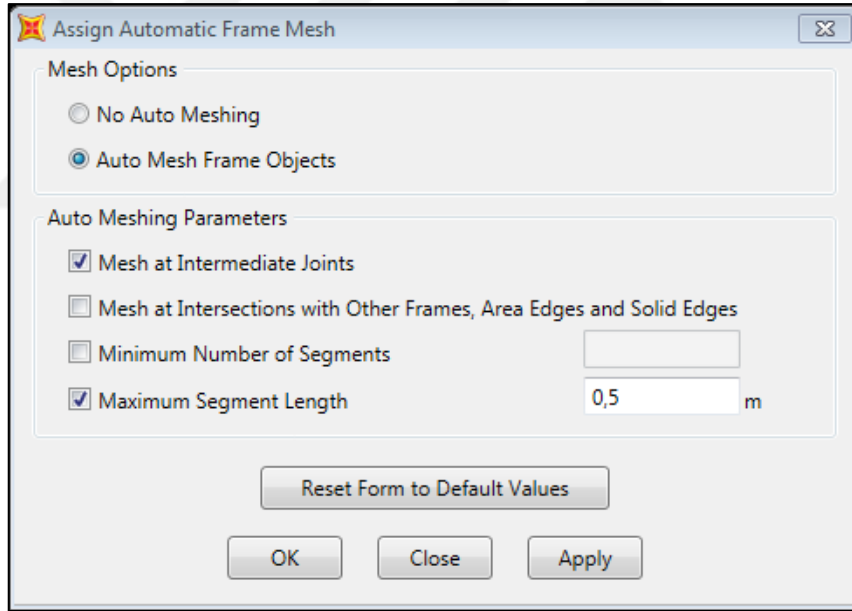
Kombinasyonlara ek olarak Service I ve Ia ile Load Factor yüklemelerine Envelope ataması yapılarak ek iki adet kombinasyon tanımlandık. Bu tanım yüklemeler içindeki maksimum ve minimum değerleri olarak içerdiği kombinasyonların bu pik değerlerini özetlemektedir. Şekil 60'ta Envelope kombinasyon ekranı görülmektedir.



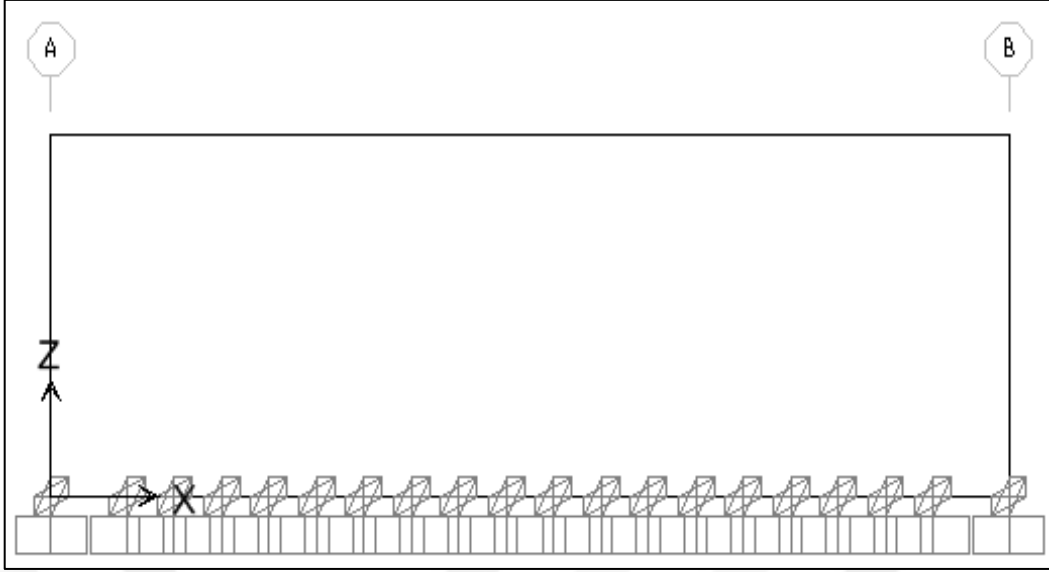
Şekil 60. SAP2000 kombinasyon ekranı - Envelope

Bu tür kombinasyon oluşturmanın sakıncası kesit tesirlerinin birlikte (N-M) anlam taşıdığı kolon gibi elemanlarda en büyük normal kuvvet ya da momentin tek başına kritik tesiri oluşturamaması durumudur. Bu durumda pik değerler etkileşim grafiğinin içinde kalıyor gözükse de aslında daha küçük bir moment ya da normal kuvvet eşleniğinin tesiriyle grafik dışında kalıyor olabilir.

Menfez temeli yani alt plaka için mesnet koşulları tanımlaması için Spring ataması yapılacaktır. Bunun için SAP2000 ekranında model üzerinde ALT PLAKA 90 adlı frame seçilerek önce 10,10m uzunluğundaki, Assign → Frame → Automatic Frame Mesh komutu ile frame elemanı 0,50m parçalar olarak tanımlıyoruz (Şekil 61). Bu işlemden sonra tüm parçayı seçili duruma getiriyoruz. Assign → Frame → Line Spring ekranında u1 düşey yatak katsayısı; $k_s = 30000 \text{ kN/m}^3$ ve u3 yatay yatak katsayısı; $k_h = 20000 \text{ kN/m}^3$ tanımlamaları yapılarak yaylar atanır (Şekil 62).

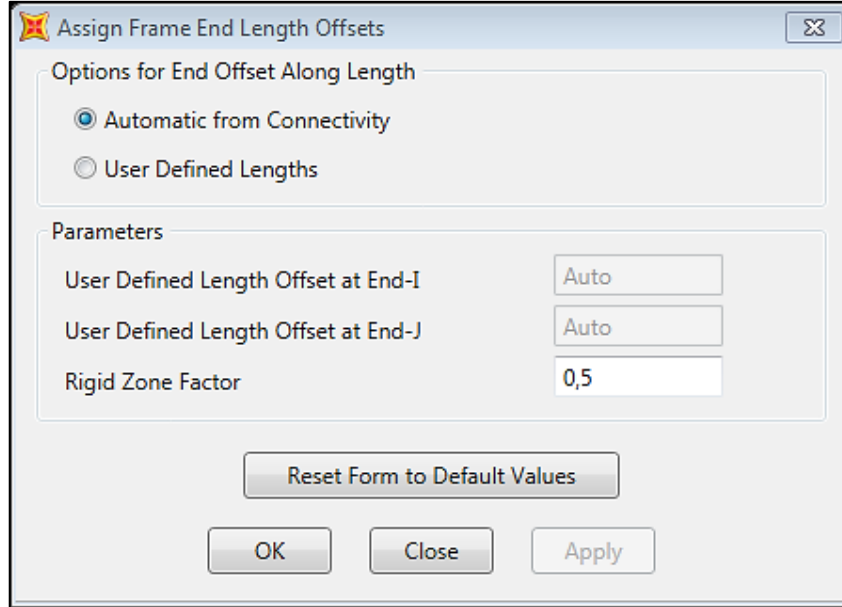


Şekil 61. SAP2000 Automatic frame mesh ekranı



Şekil 62. Frame mesh ve spring atanmış durum

Alt plakla duvarlar, üst plakla duvarlar arasında sağ ve sol plak uçlarında 0,3 m'lik kısımların sonsuz rijit davranış olarak tanımlanması için Assign → Frame → End (Length) Offset ekranında, →Automatic from connectivity seçili Rigid Zone Factor 0,5 olarak girilir. Tüm frame elemanlara bu atama yapılarak rijid birleşimler yapılır (Şekil 63).



Şekil 63. Frame elemanları bağlama rigid zone factor ekranı

Tanımlamalardan sonra yüklemelere geçilir. Assign→Frame Loads→Distributed tıklanarak yükleme ekranı açılır (Şekil 64).

	1.	2.	3.	4.
Absolute Distance	0	5,8	0	0
Loads	42,75	6,02	0	0

Şekil 64. SAP2000 yükleme ekranı

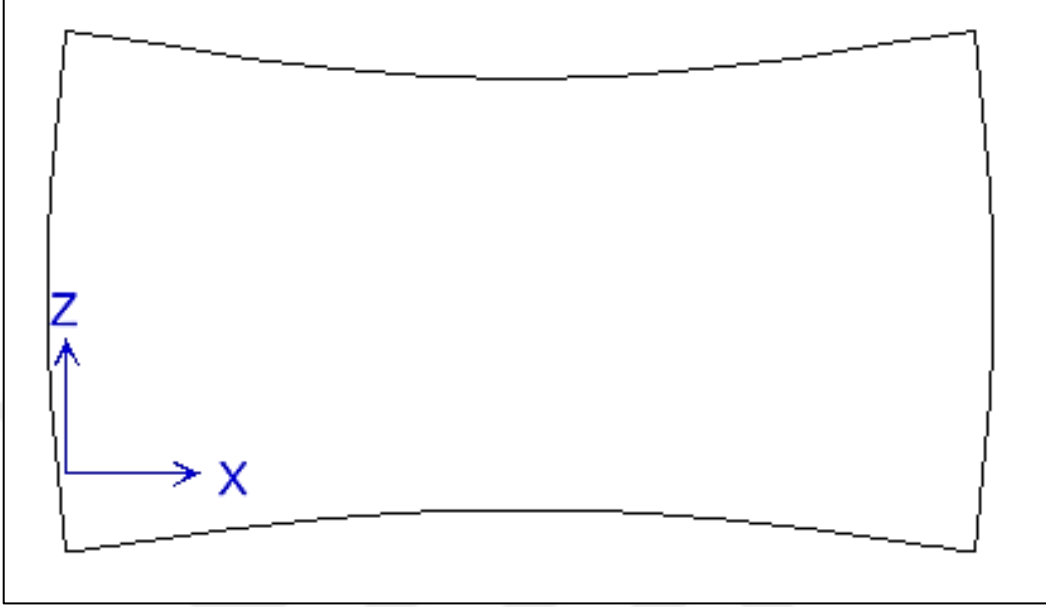
2.1.3 Analiz Sonuçları

Oluşturulan tek gözlü menfez modeli analiz edilmiştir. Analiz ekranı Şekil 65.

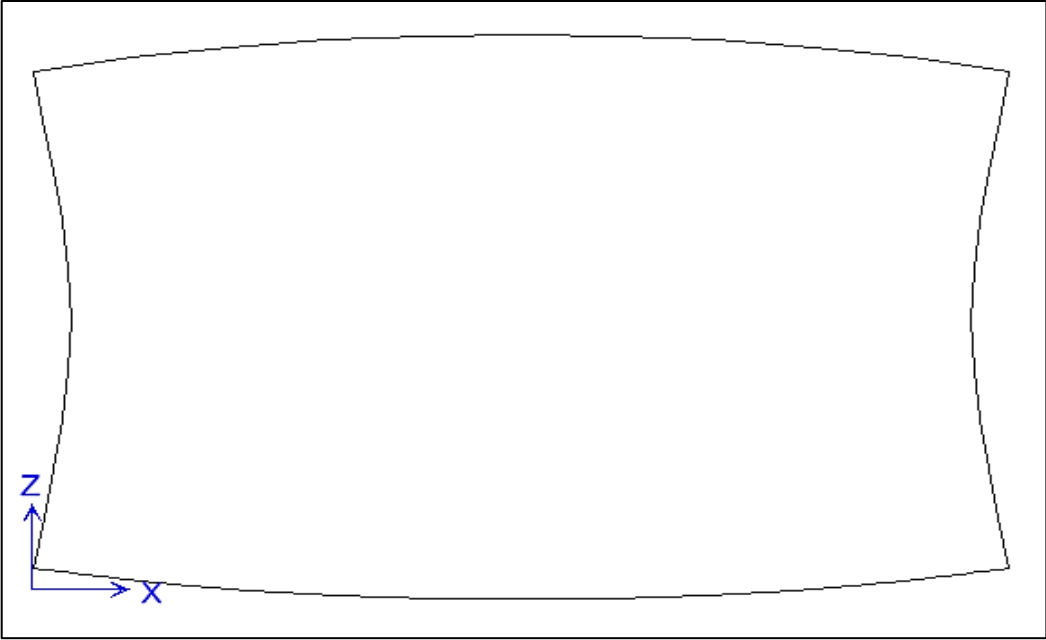
Case	Type	Status	Action
SUPDEAD	Linear Static	Not Run	Run
H30S24MOV	Moving Load	Not Run	Run
LVE	Linear Static	Not Run	Run
EPAS	Linear Static	Not Run	Run
EQAS	Linear Static	Not Run	Run
EP0	Linear Static	Not Run	Run
EQ0	Linear Static	Not Run	Run
EQXPAD	Linear Static	Not Run	Run
EQXPPD	Linear Static	Not Run	Run
MODAL	Modal	Not Run	Run
SPECX	Response Spectrum	Not Run	Run

Şekil 65. SAP2000 analiz ekranı

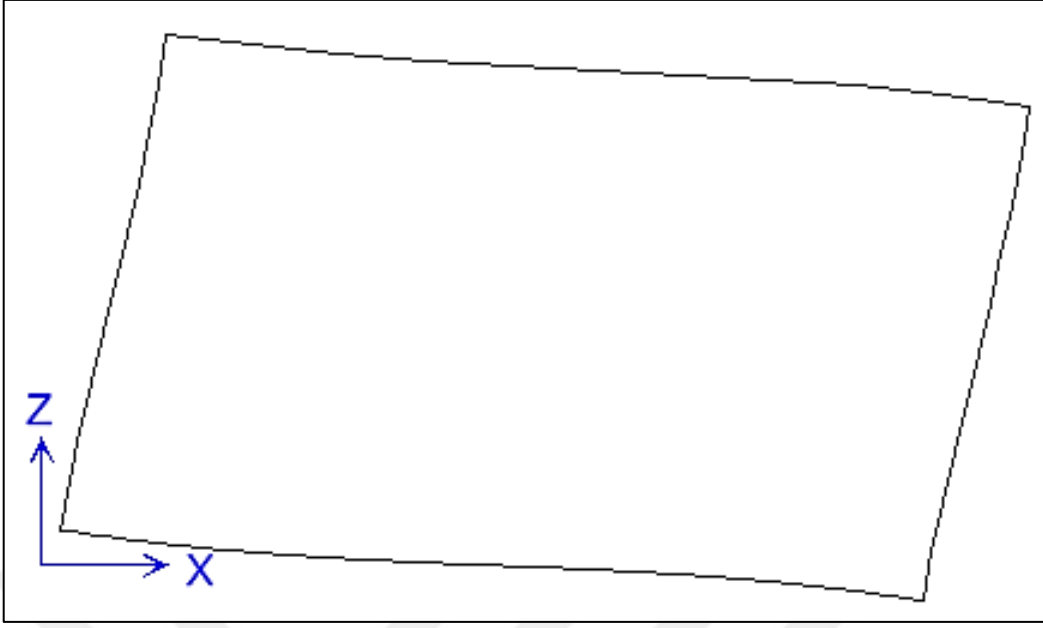
Programaya ait çözümlenme bittikten sonra yüklemelerden edilen sistem davranışları ve kesit tesirlerine ait değerler Şekil 66-90'de görülmektedir.



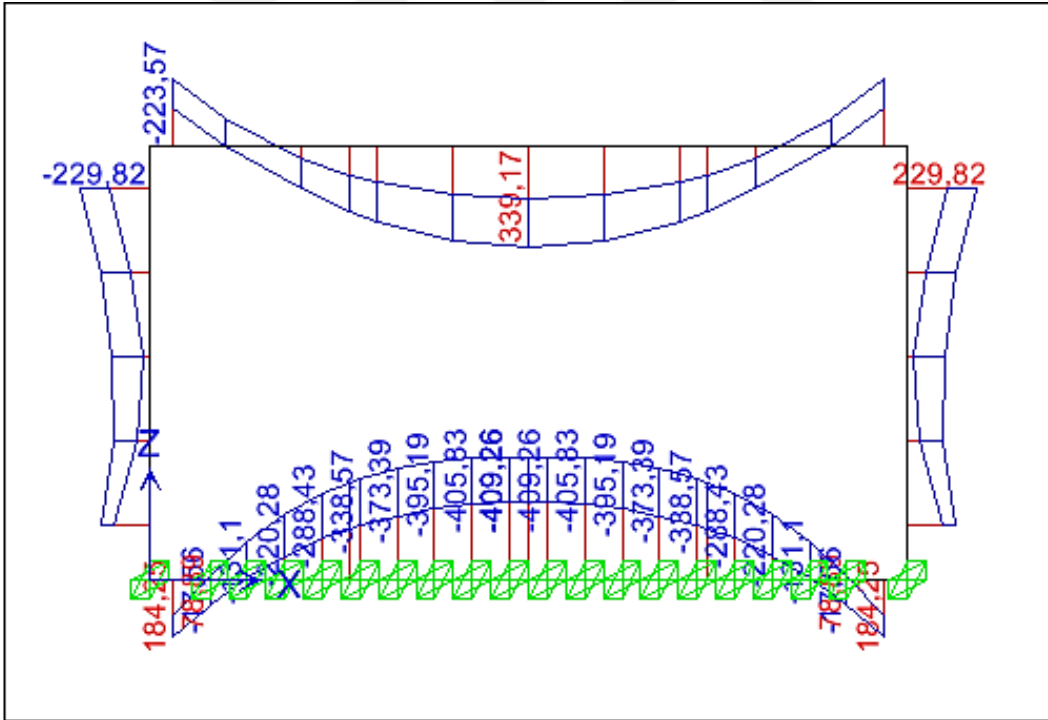
Şekil 66. Service I - Ia ve Load Factor I-Ia-Ib yüklemesi altında menfez davranışı



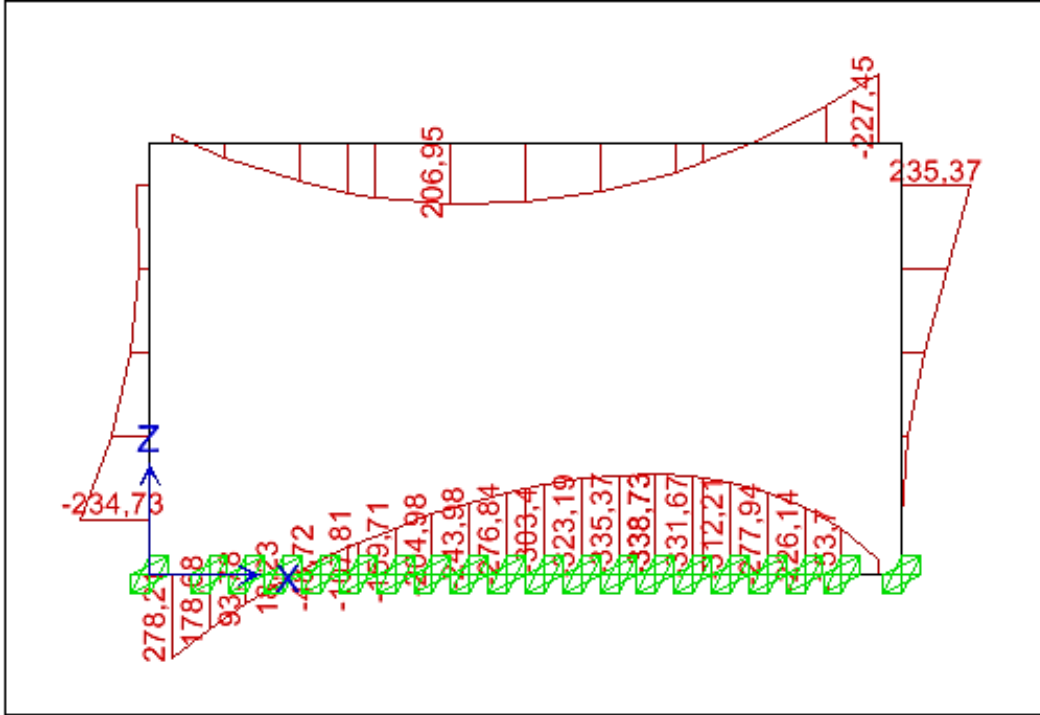
Şekil 67. EPAS, EQAS, EP0, EQ0 yüklemesi altında model davranışı



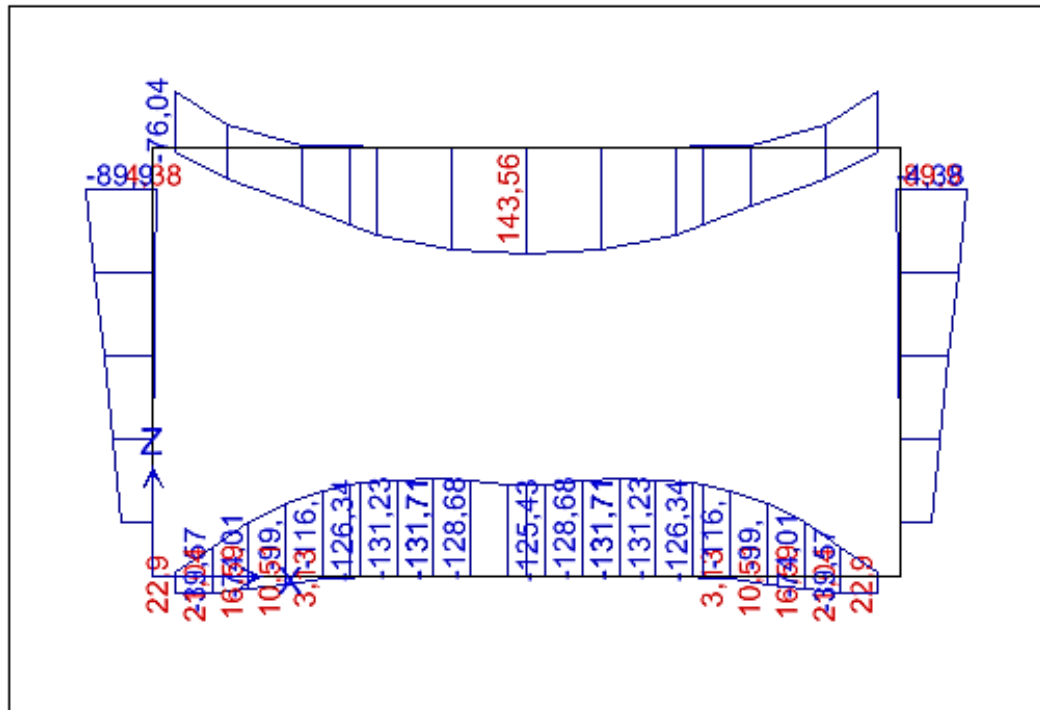
Şekil 68. EQPAD, EQXPPD yüklemesi altında menfez davranışı



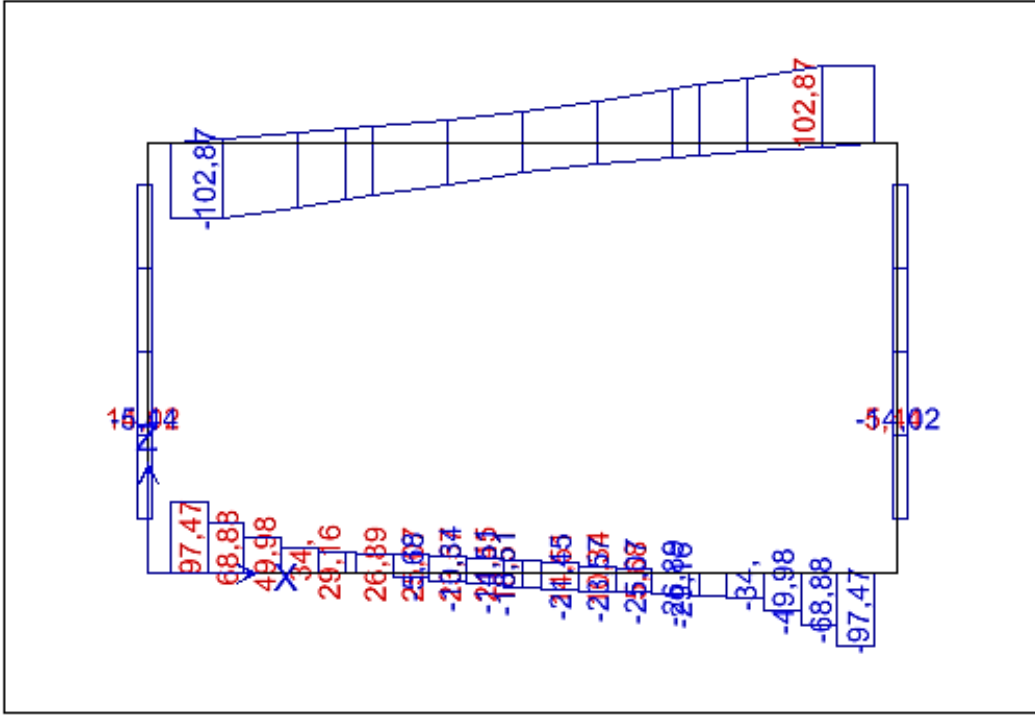
Şekil 69. Service yüklemesi moment zarf (envelope) diyagramı



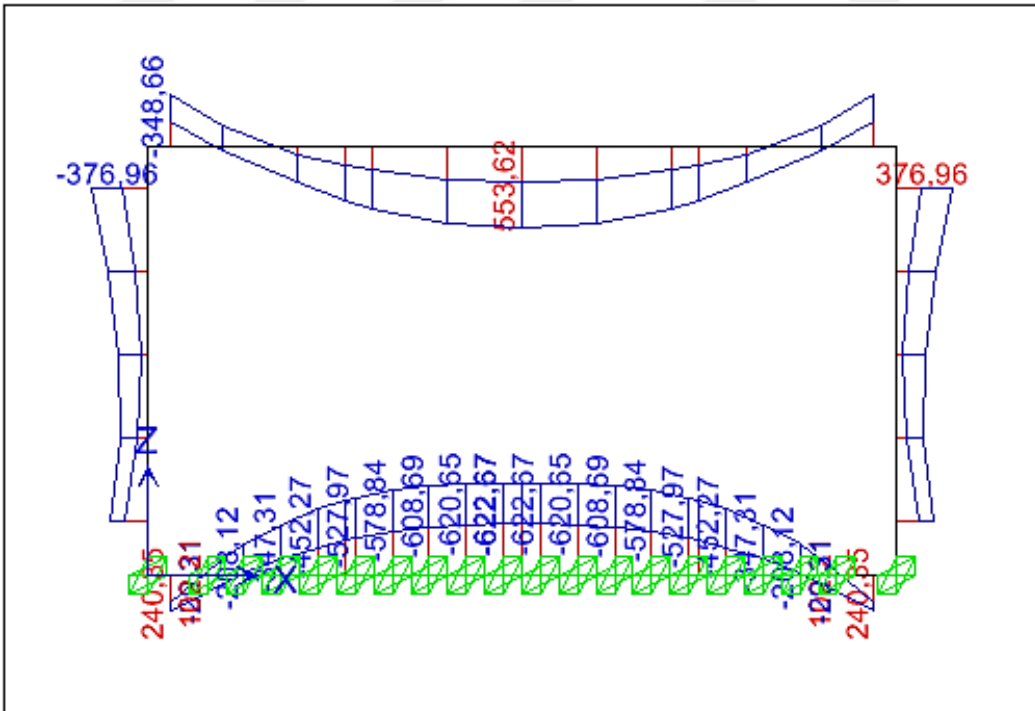
Şekil 70. SEISMIC yüklemesi moment diyagramı



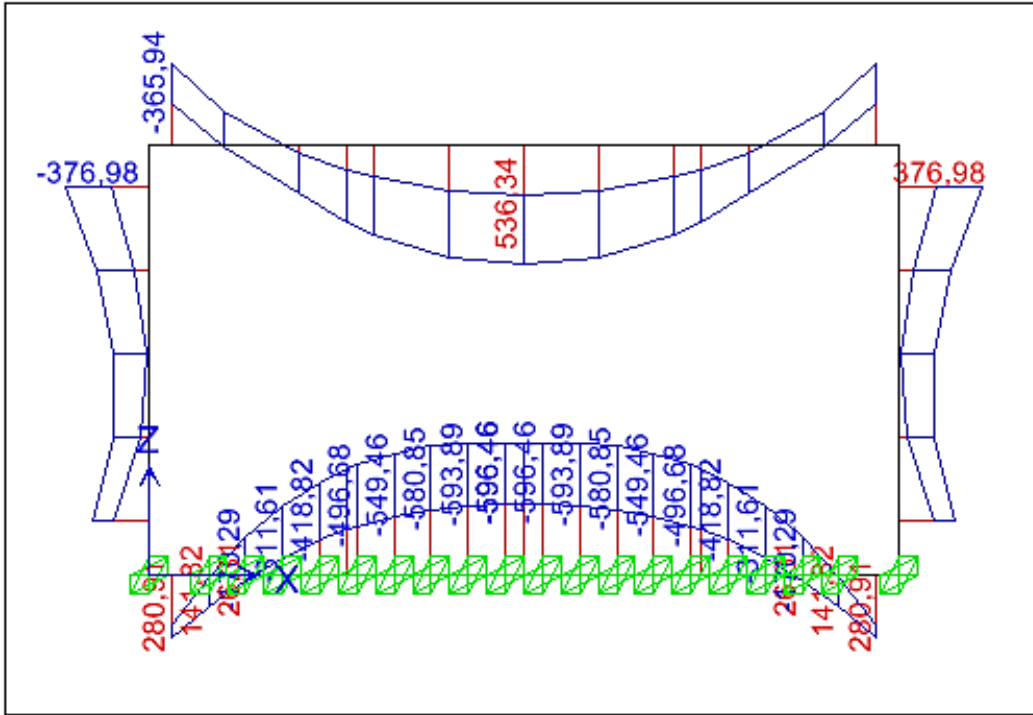
Şekil 71. LL (H30S24MOV) yüklemesi moment diyagramı



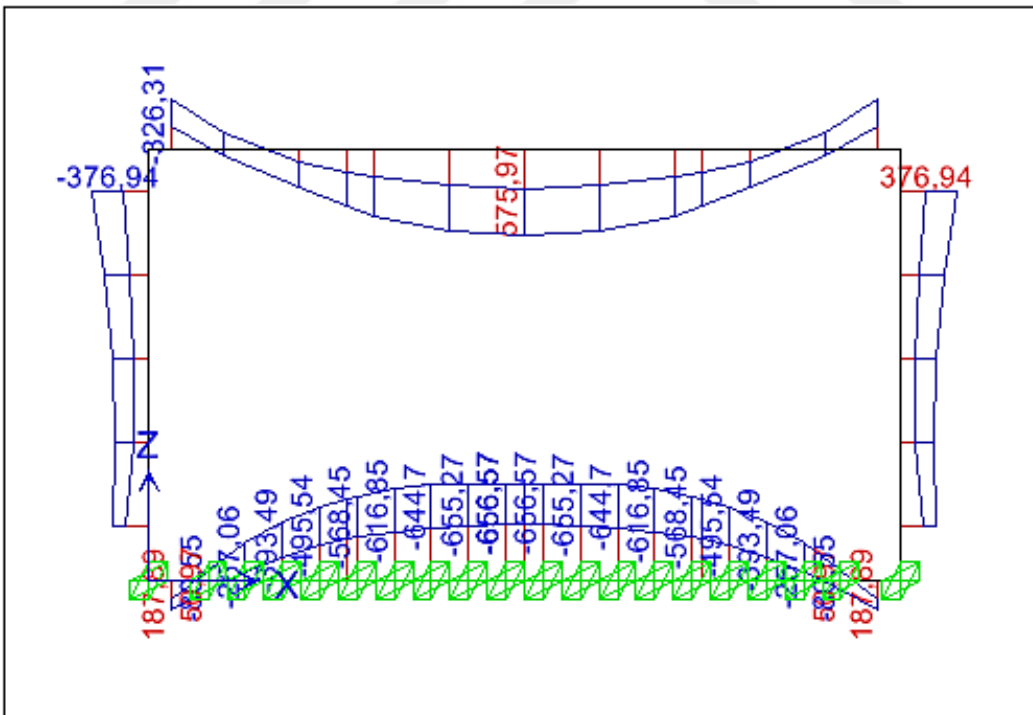
Şekil 72. LL (H30S24MOV) yüklemesi kesme kuvveti diyagramı



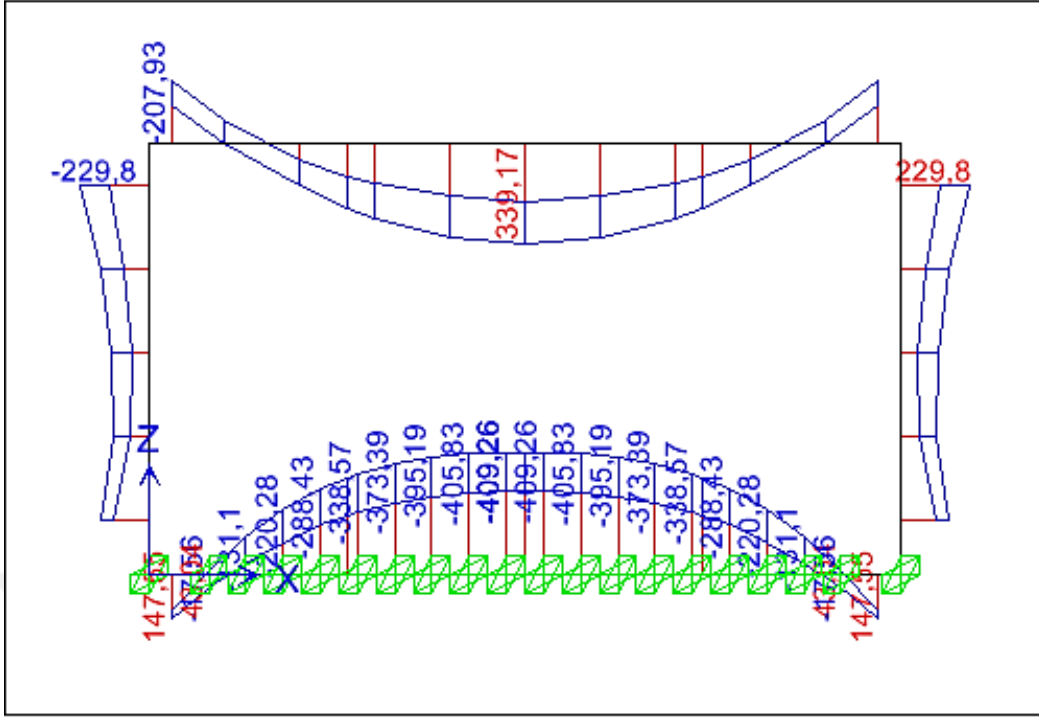
Şekil 73. Load Factor I yüklemesi moment diyagramı



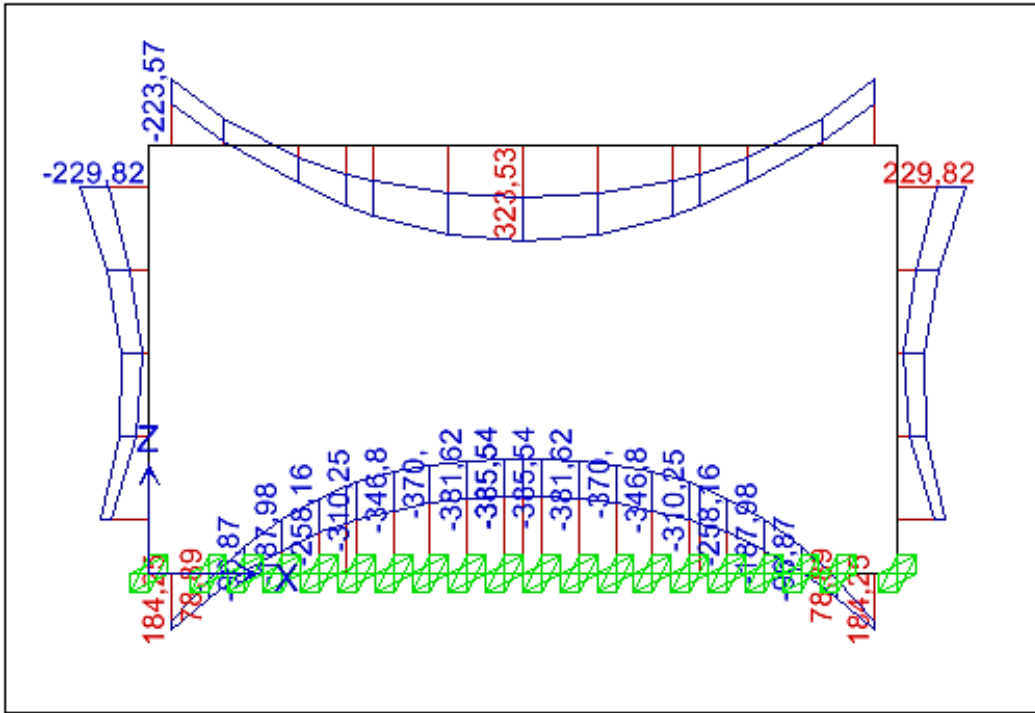
Şekil 74. Load Factor Ia yüklemesi moment diyagramı



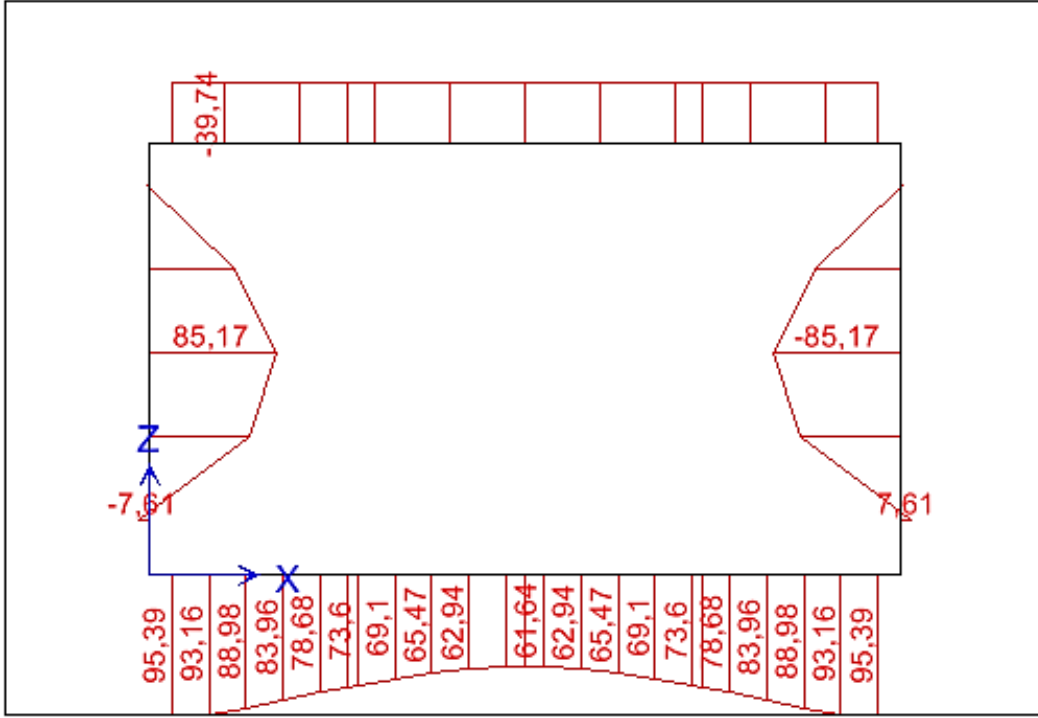
Şekil 75. Load Factor Ib yüklemesi moment diyagramı



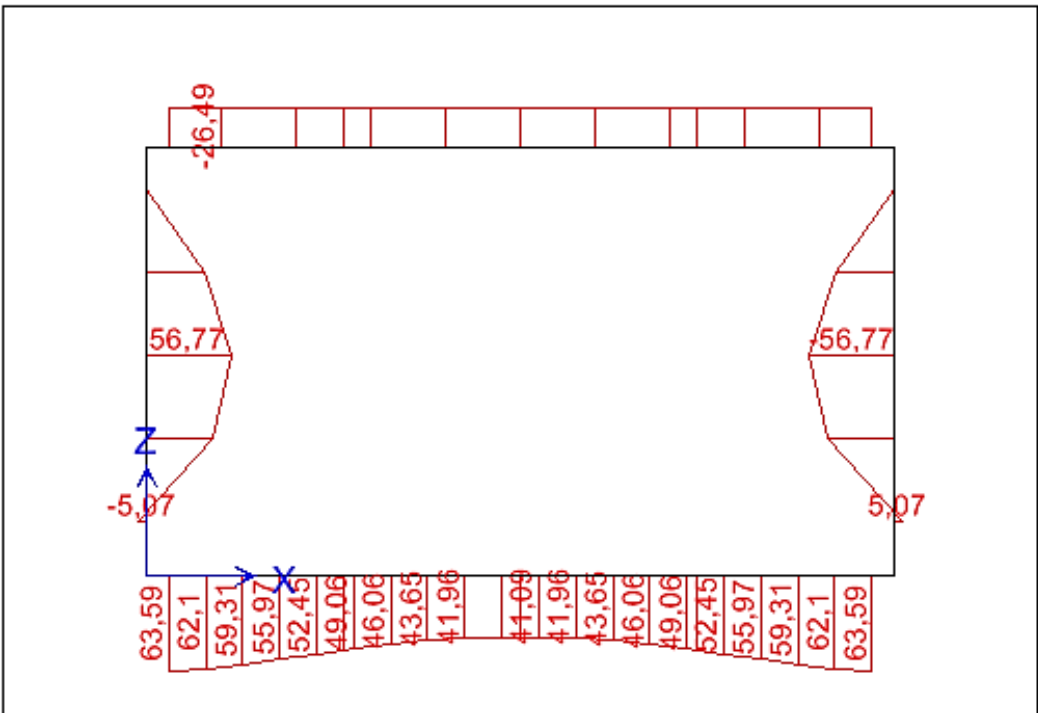
Şekil 76. Service I yüklemesi moment diyagramı



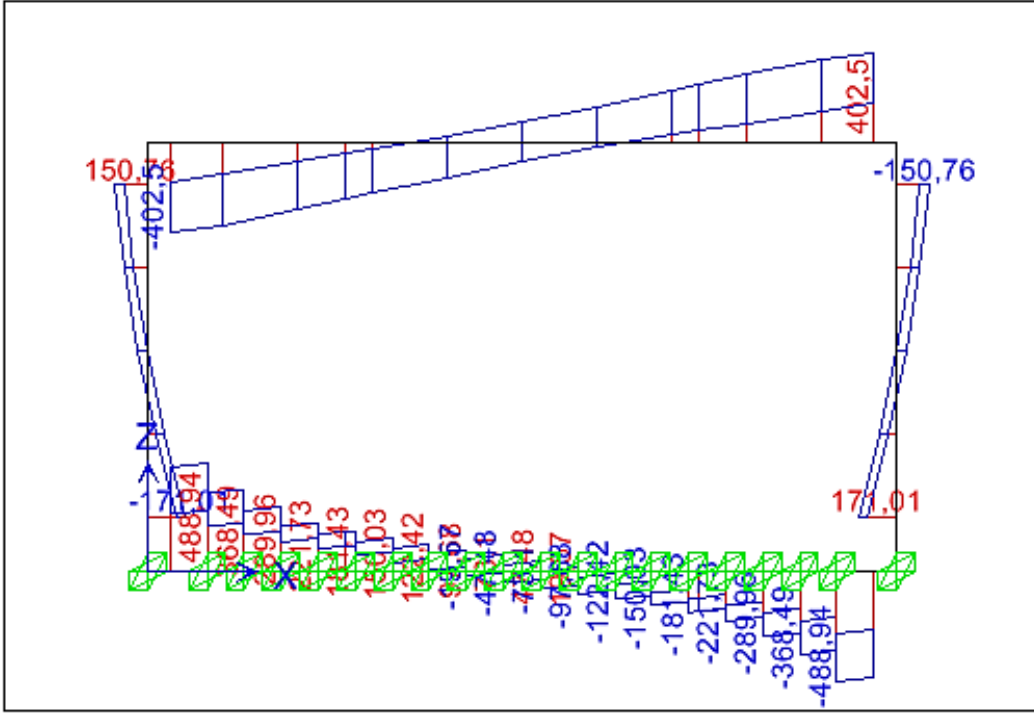
Şekil 77. Service Ia yüklemesi moment diyagramı



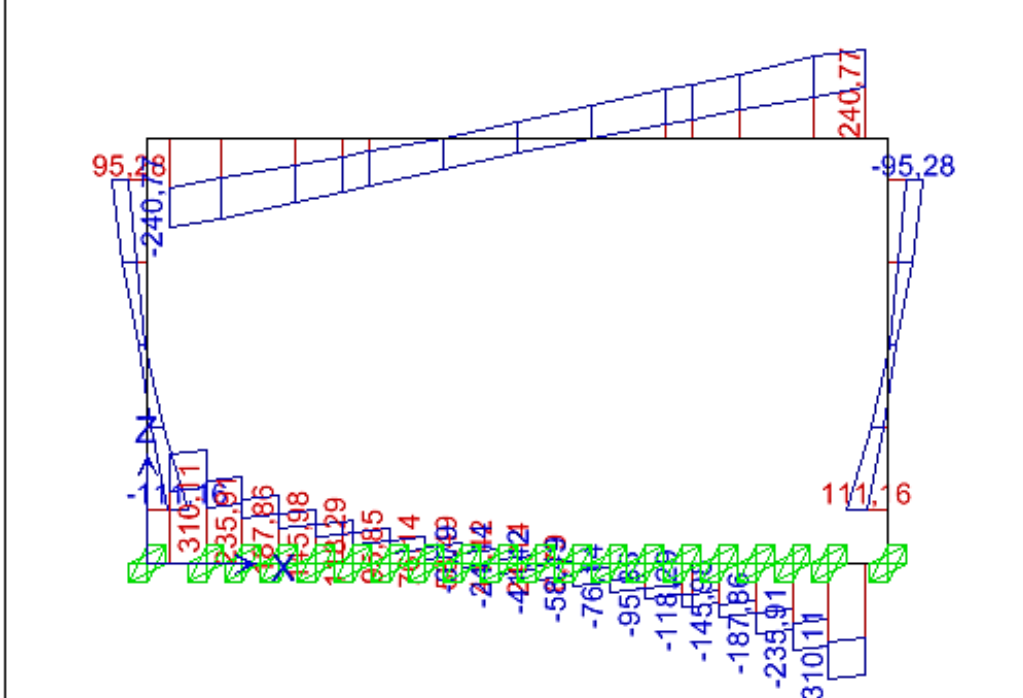
Şekil 78. EPO yüklemesi moment diyagramı



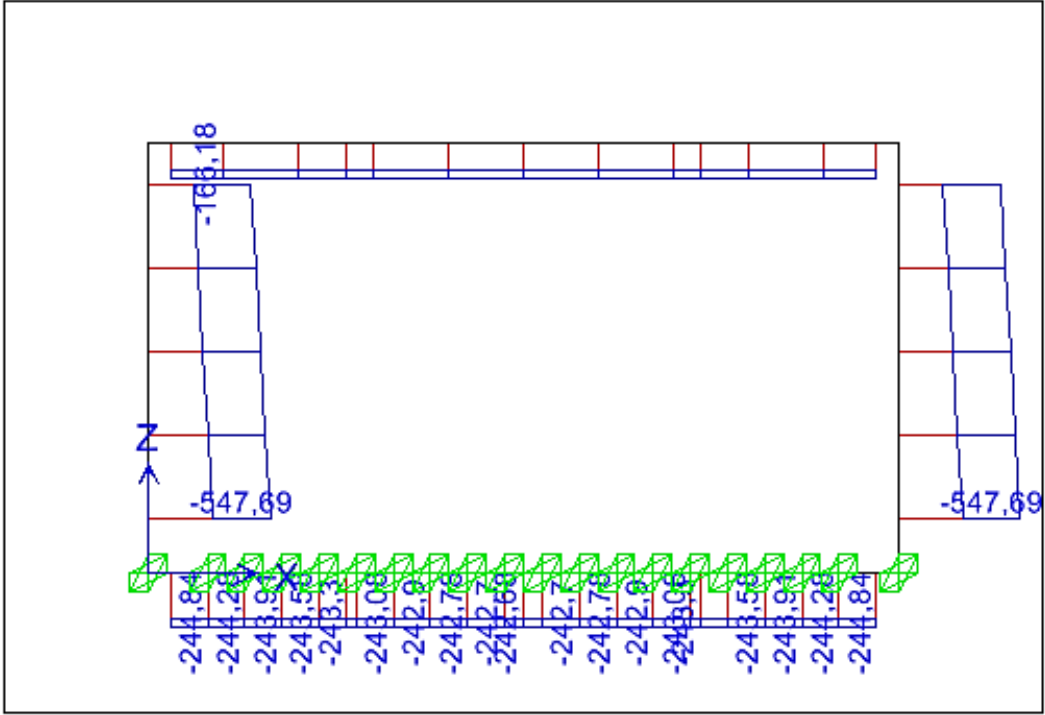
Şekil 79. EPAS yüklemesi moment diyagramı



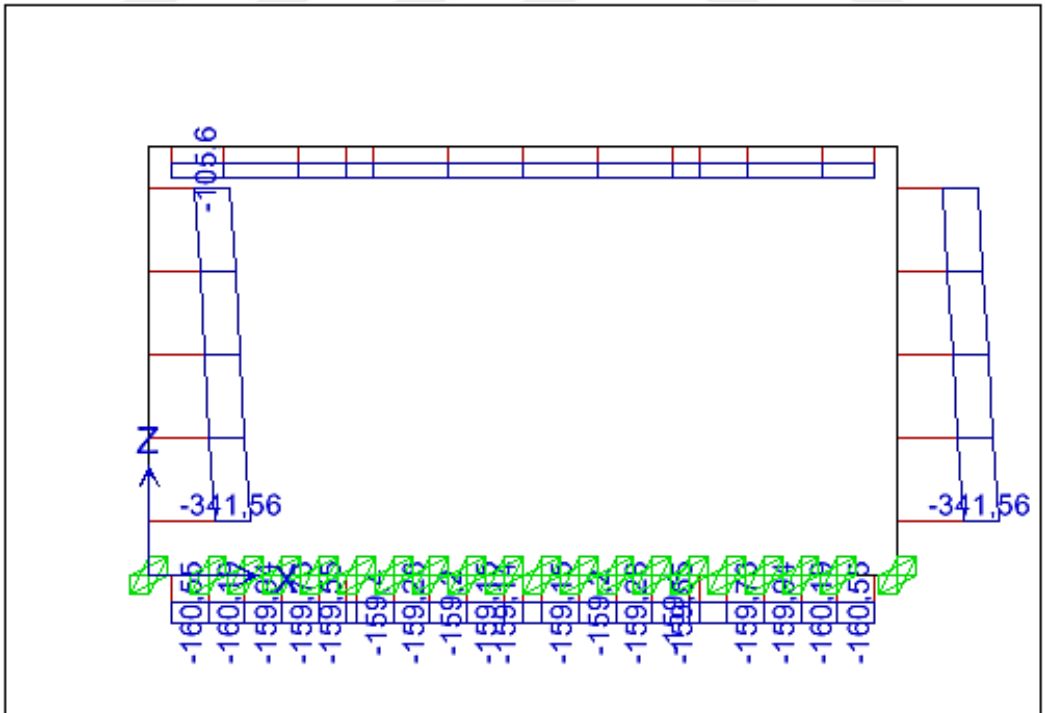
Şekil 80. Load Factor Ia yüklemesi kesme kuvveti diyagramı



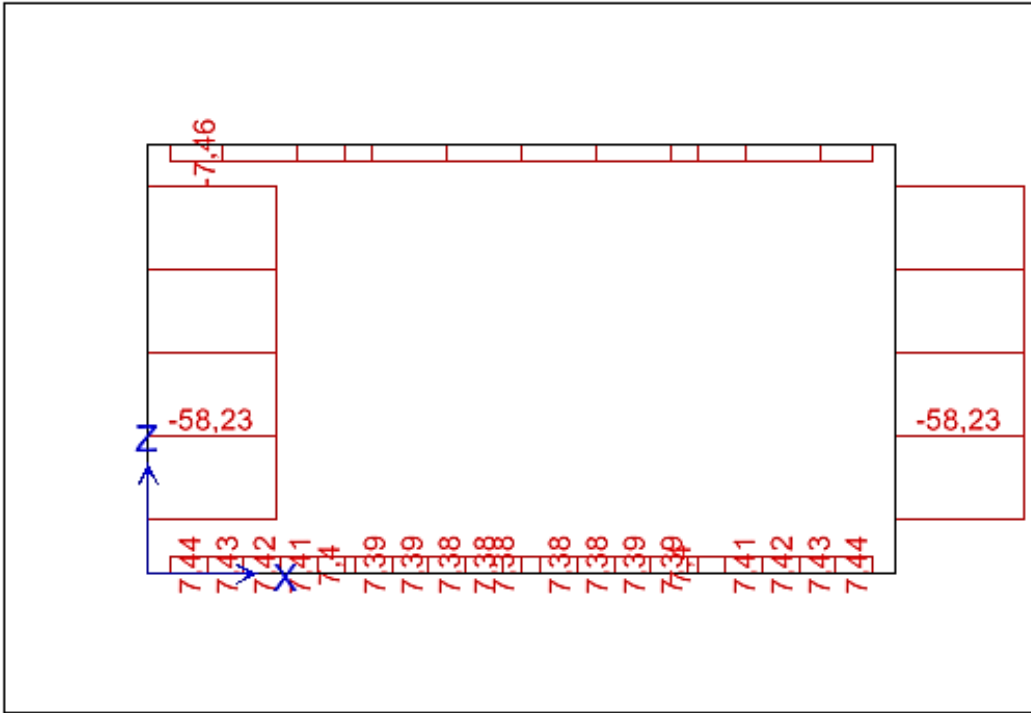
Şekil 81. Service yüklemesi kesme kuvveti zarf (envelope) diyagramı



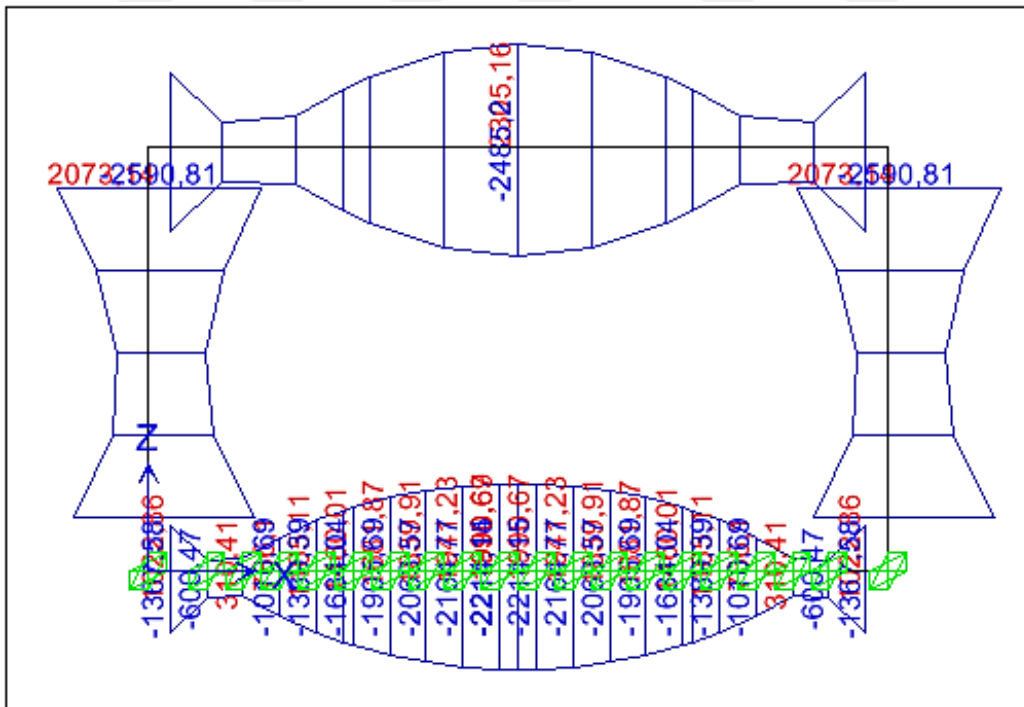
Şekil 82. Load Factor Ia yüklemesi normal kuvvet diyagramı



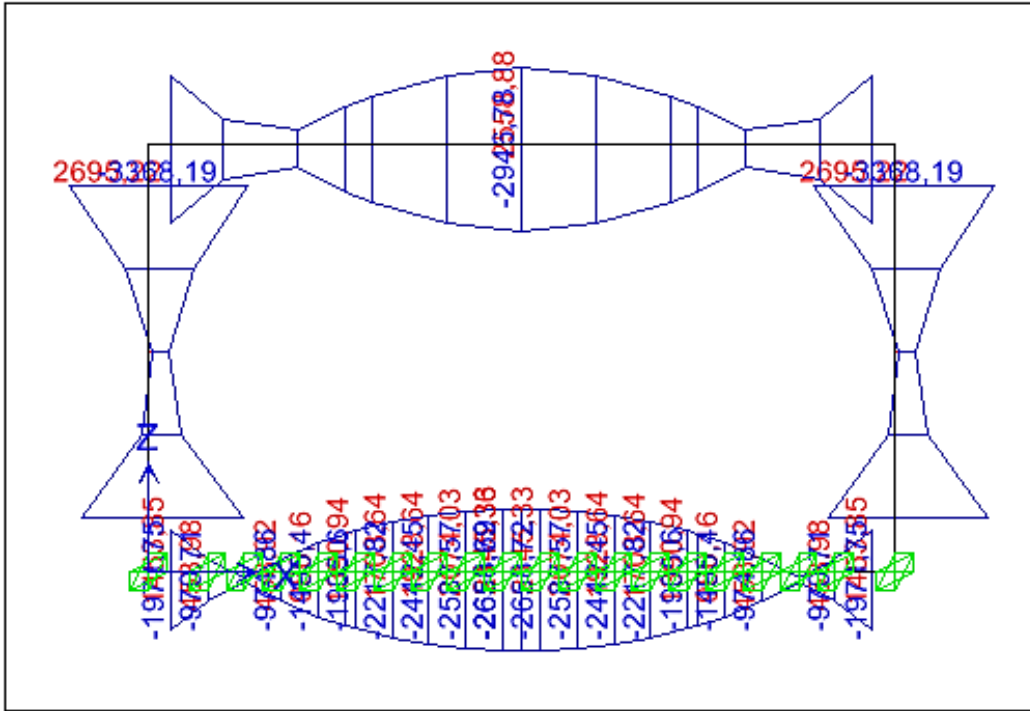
Şekil 83. Service yüklemesi normal kuvvet zarf diyagramı



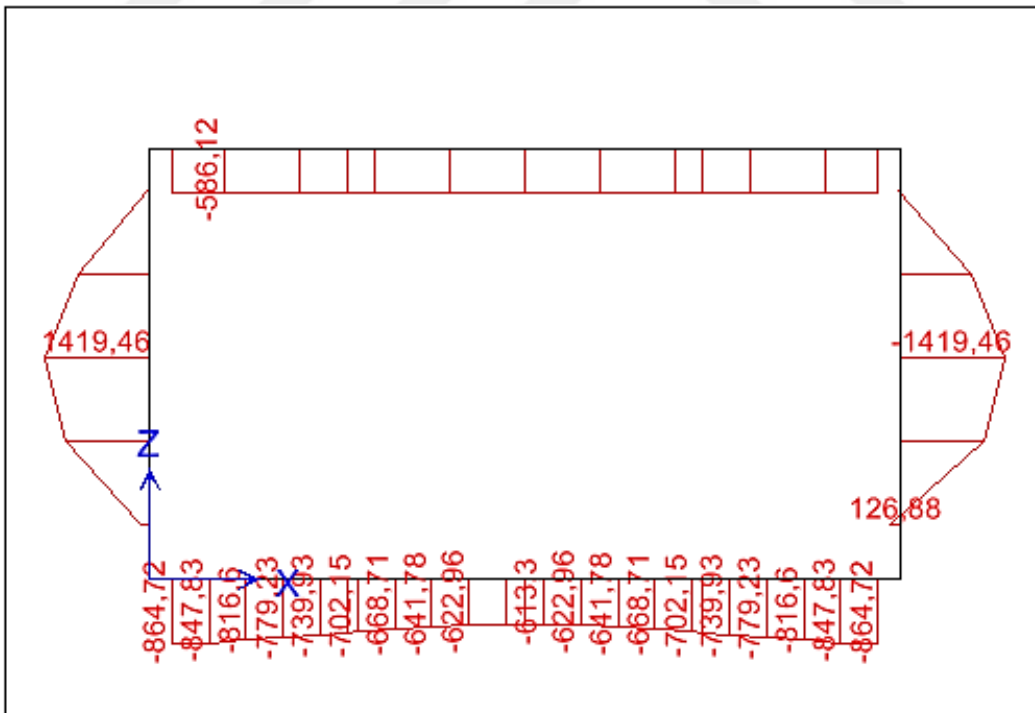
Şekil 84. SUPDEAD yüklemesi normal kuvvet diyagramı



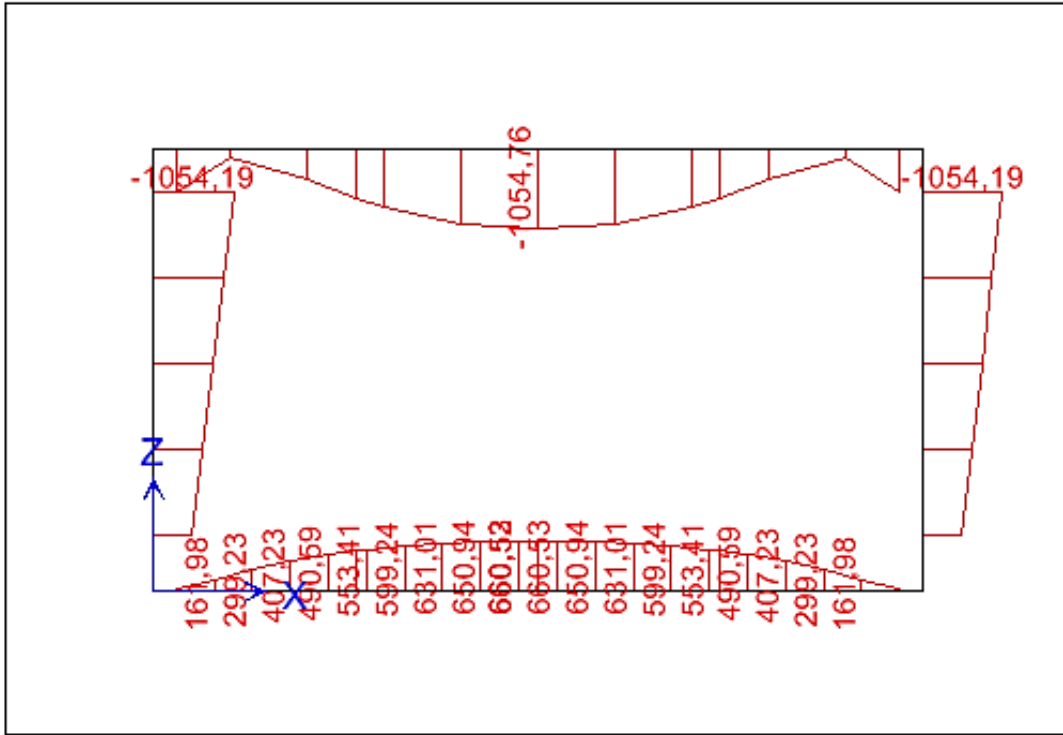
Şekil 85. Service I yüklemesi S11 gerilmesi zarf diyagramı



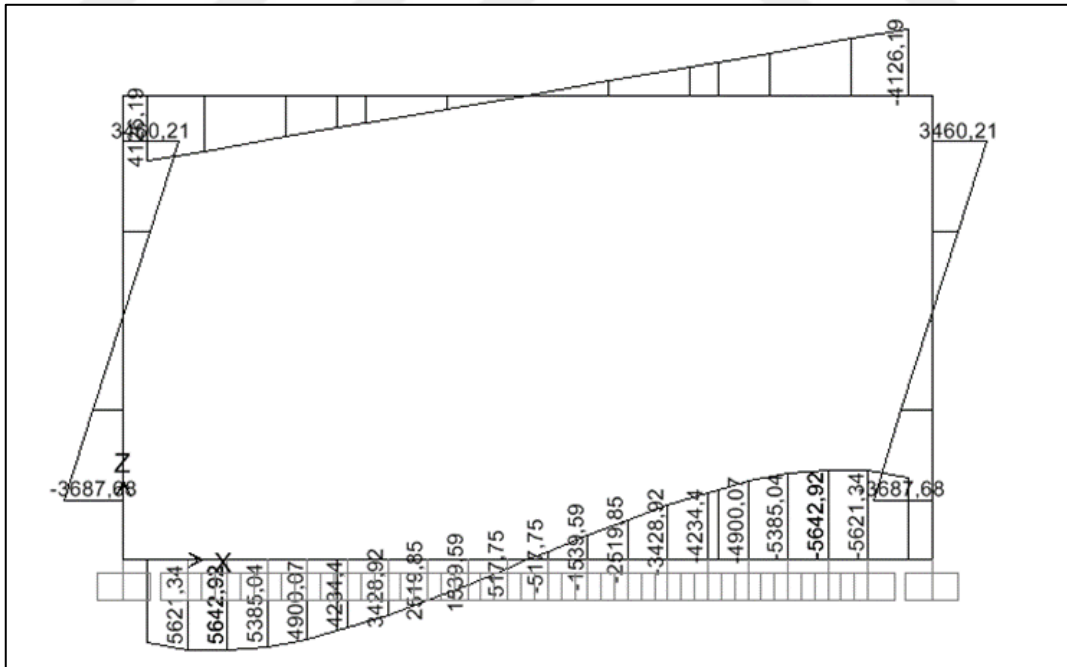
Şekil 86. Load Factor Ia yüklemesi S11 gerilmesi



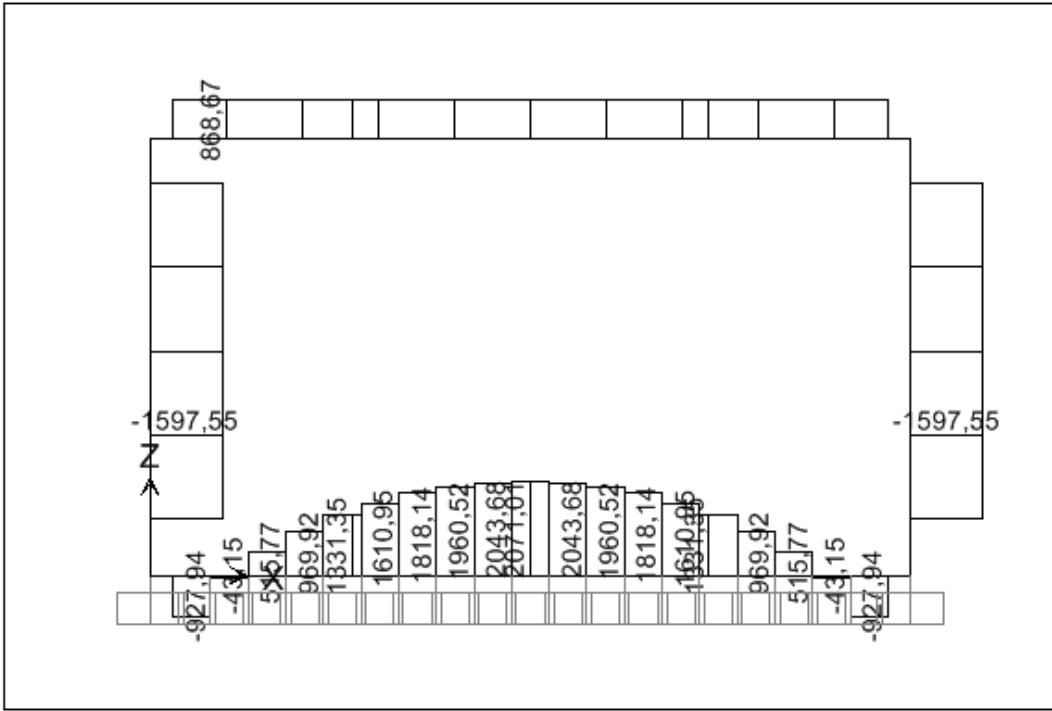
Şekil 87. EPO yüklemesi S11 gerilmesi



Şekil 88. SUPDEAD yüklemesi S11 gerilmesi



Şekil 89. Modal analiz moment diyagramı mode 1 period 0,24123



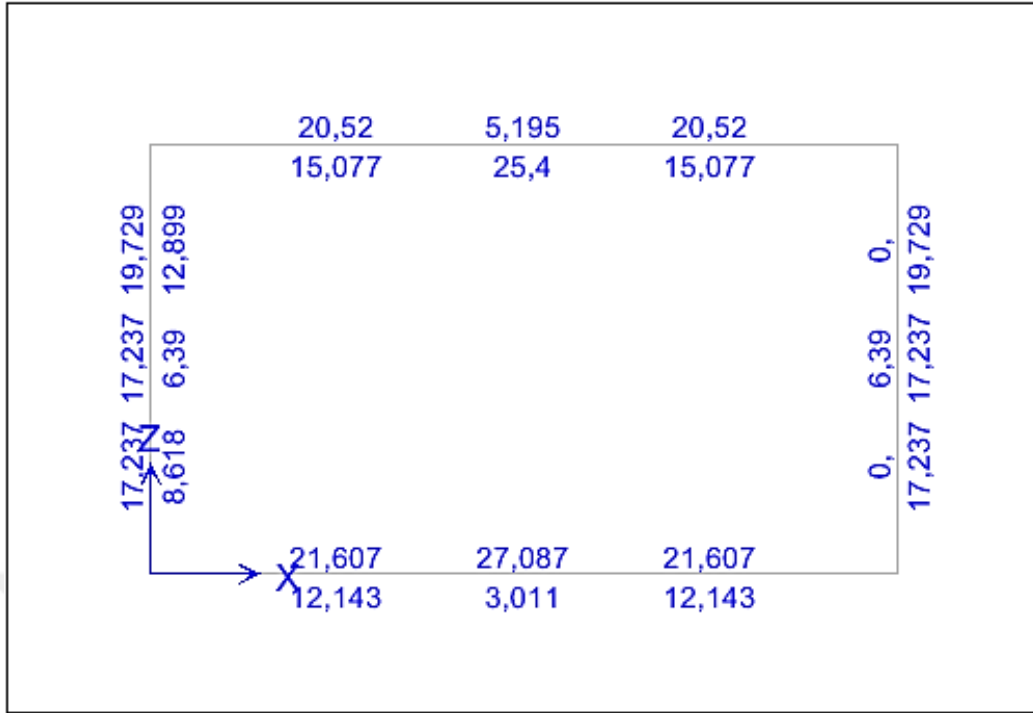
Şekil 90. Modal analiz kesme kuvveti diyagramı mode 1 period 0,24123

Sistem yük ve kombinasyonlarına ait mesnet tepkisi değerleri Tablo 18 da görülmektedir.

Sistem analizi gerçekleştirildikten sonra betonarme dizaynı için SAP2000 ekranında Design → Concrete Frame Design → Start Frame Design / Check of Structure tıklanır. Betonarme tasarımı için ilgili şartname SAP2000 ekranında Design → Concrete Frame Design → View/Revise Preferences menüsü altında malzeme özelliklerinin tanımlandığı Design Code kısmında ACI318-08 olarak belirlenir. Bu kısımda TS500-2000’de seçilebilir. Betonarme dizaynı yapıldıktan sonra menfeze ait boyuna donatı oranı ve yüzdesi ile kesme donatısı ve özet bilgi ekranları Şekil 91-95’te görülmektedir. Donatı miktarları cm^2 cinsinden verilmiştir. Alt ve üst tablalarda donatı miktarının iç kısımda yan duvarlarda dışta fazla olduğu ortaya konulmuştur. TS500-2000’de kirişler için minimum donatı oranı $0,8f_{ctd}/f_{yd}$ maksimum donatı oranı 0,02 olarak tanımlanmıştır. Kolonlar için alt ve üst sınırlar %1 (0,005 kadar inebilir) ile %4 arasında değer almaktadır. (TS500, 2000)

Tablo 18. SAP2000 özet hesap değerleri çıktısı

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMY KN-cm
SUPDEAD	LinStatic		9,319E-15	0	116,453	-58808,77
H30S24MOV	LinMoving	Max	0	0	164,7	0
H30S24MOV	LinMoving	Min	0	0	0	-119660,91
EPAS	LinStatic		-1,911E-13	0	-3,193E-12	1,732E-09
EP0	LinStatic		-2,753E-13	0	-4,784E-12	2,593E-09
Service I	Combination	Max	-2,272E-13	0	859,153	-350698,77
Service I	Combination	Min	-2,272E-13	0	694,453	-470359,67
Service Ia	Combination	Max	-3,167E-13	0	859,153	-350698,77
Service Ia	Combination	Min	-3,167E-13	0	694,453	-470359,67
Load Factor I	Combination	Max	-3,81E-13	0	1260,188	-455908,39
Load Factor I	Combination	Min	-3,81E-13	0	902,789	-715572,57
Load Factor Ia	Combination	Max	-4,719E-13	0	1260,188	-455908,39
Load Factor Ia	Combination	Min	-4,719E-13	0	902,789	-715572,57
Load Factor Ib	Combination	Max	-2,108E-13	0	1260,188	-455908,39
Load Factor Ib	Combination	Min	-2,108E-13	0	902,789	-715572,57
Seismic	Combination		-122,438	0	694,453	-404354,57
LoadF+Smc ENVLP	Combination	Max	-2,108E-13	0	1260,188	-404354,57
LoadF+Smc ENVLP	Combination	Min	-122,438	0	694,453	-715572,57
Service ENVELOPE	Combination	Max	-2,272E-13	0	859,153	-350698,77
Service ENVELOPE	Combination	Min	-3,167E-13	0	694,453	-470359,67



Şekil 91. Menfez betonarme dizaynı donatı miktarları (ACI318-08) (cm²)

Concrete Beam Design Information (ACI 318-08/IBC2009)

Frame ID: 4
Design Code: ACI 318-08/IBC2009
Analysis Section: UST PLAKA 70
Design Section: UST PLAKA 70

COMBO ID	STATION LOC	TOP STEEL	BOTTOM STEEL	SHEAR STEEL
CONCENV	267,50	5,195	20,520	0,083
CONCENV	303,04	5,195	20,520	0,083
CONCENV	303,04	5,195	20,520	0,083
CONCENV	404,02	5,195	24,138	0,083
CONCENV	404,02	5,195	24,138	0,083
CONCENV	505,00	5,195	25,400	0,083
CONCENV	505,00	5,195	25,400	0,083

Modify/Show Overwrites: Overwrites

Display Details for Selected Item: Summary, Flex. Details, Shear Details

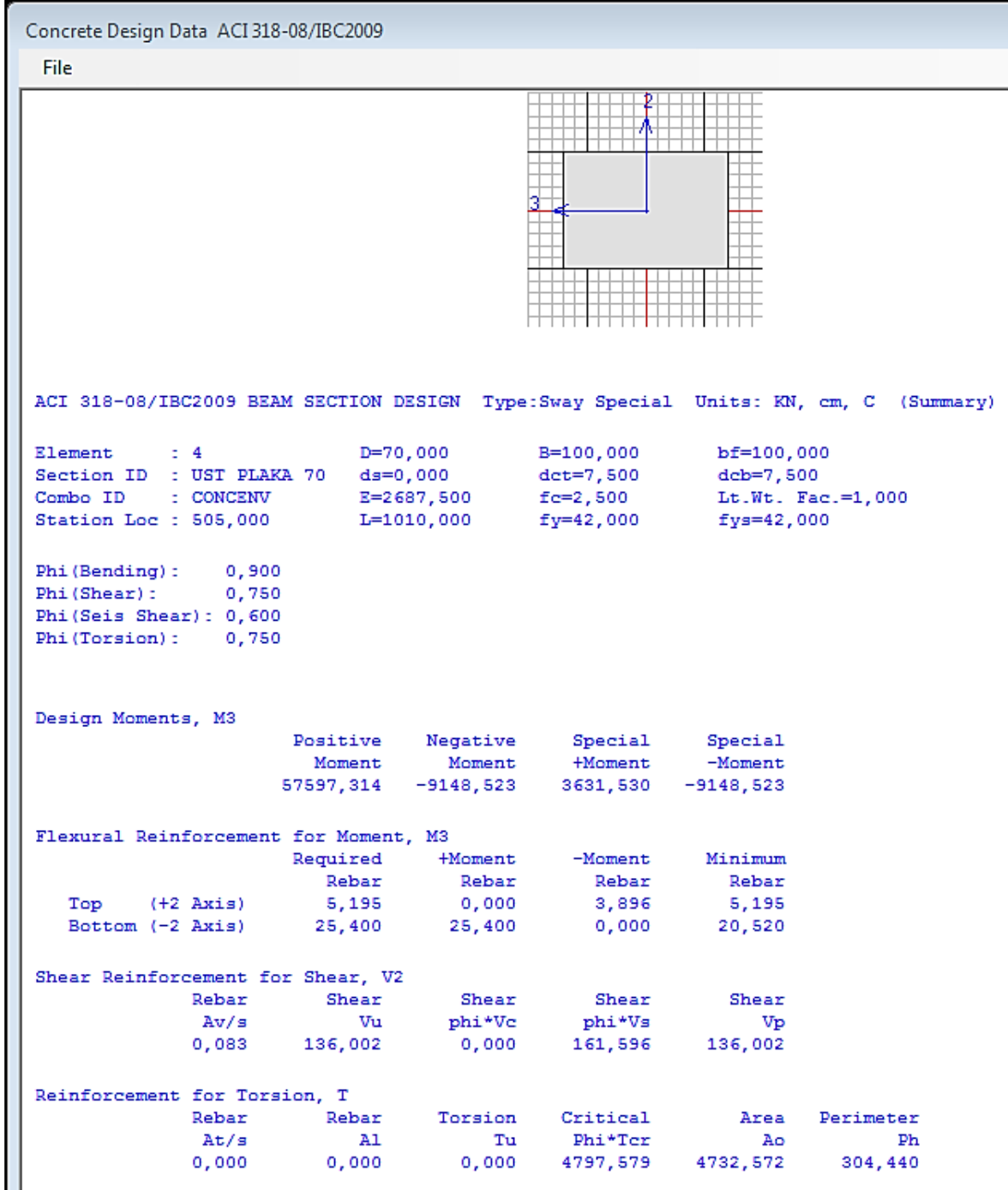
Display Complete Details: Tabular Data

Stylesheet: Default

OK, Cancel, Table Format File

Şekil 92. Menfez betonarme dizaynı özet bilgi ekranı

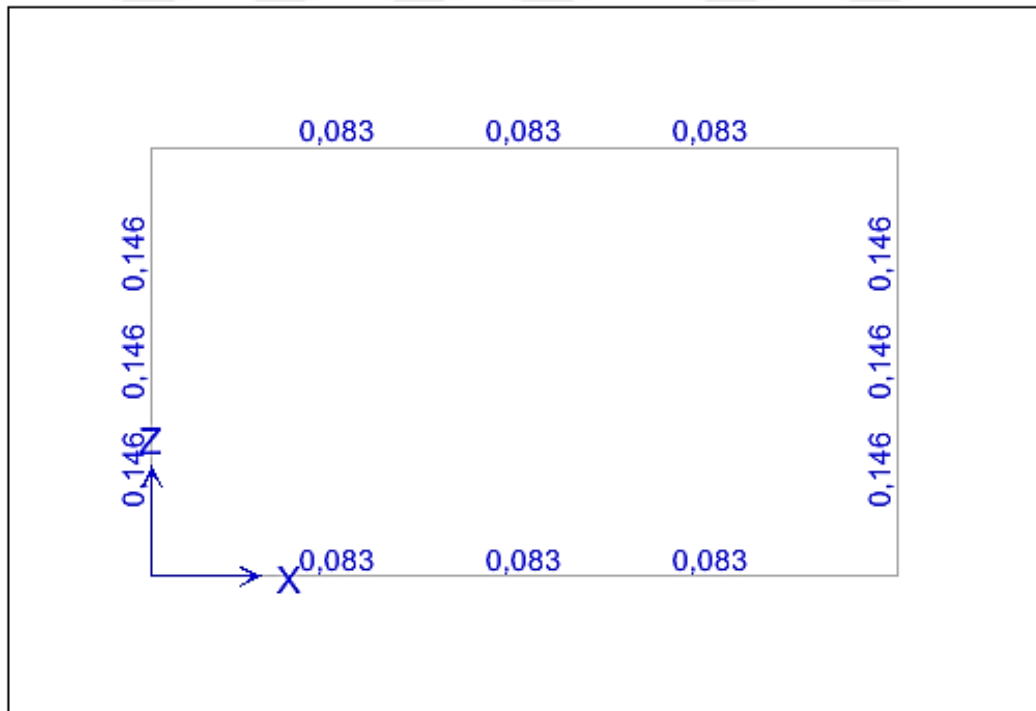
Şekil 93'te görüldüğü üzere menfez tablası için özet maksimum ve minimum gerilme değerleri, tasarım değerleri ve tüm bilgiler yer almaktadır.



Şekil 93. Menfez betonarme tasarımı pik değere göre özet bilgi ekranı



Şekil 94. Menfez donatı yüzdeleri gösterimi



Şekil 95. Menfez kesme donatı değerleri gösterimi cm²

Sonuçlar incelendikten sonra tek gözlü menfez hesap çıktıları Tablo 19-20'de yer almaktadır.

Tablo 19. Tek gözlü menfez betonarme kiriş dizaynı özet tablosu 1. ve 2. kısım

Frame	DesignSect	Design Type	Location cm	FTopCombo	FTopArea cm ²
2	WALL60	Column	74,571	Load Factor Envelope	17,2369
2	WALL60	Column	186,429	Load Factor Envelope (Sp)	15,2795
2	WALL60	Column	298,286	Load Factor Envelope (Sp)	16,7128
2	WALL60	Column	410,143	Load Factor Envelope	17,2369
2	WALL60	Column	522	Load Factor Envelope	19,7288
3	WALL60	Column	186,429	Load Factor Envelope (Sp)	6,3897
3	WALL60	Column	298,286	Load Factor Envelope (Sp)	6,3897
3	WALL60	Column	410,143	Load Factor Envelope (Sp)	6,3897
4	TSLAB70	Beam	30	Load Factor Envelope	20,5201
4	TSLAB70	Beam	101,08	Load Factor Envelope (Sp)	8,5525
4	TSLAB70	Beam	101,08	Load Factor Envelope (Sp)	8,5525
4	TSLAB70	Beam	202,06	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	202,06	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	267,5	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	303,04	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	303,04	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	404,02	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	404,02	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	505	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	505	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	605,98	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	605,98	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	706,96	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	706,96	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	742,5	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	807,94	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	807,94	Load Factor Envelope (Sp)	5,1952
4	TSLAB70	Beam	908,92	Load Factor Envelope (Sp)	8,5525
4	TSLAB70	Beam	908,92	Load Factor Envelope (Sp)	8,5525
4	TSLAB70	Beam	980	Load Factor Envelope	20,5201
1	BSLAB90	Beam	80	Load Factor Envelope (Sp)	3,4547

Tablo 19'un devamı

1	BSLAB90	Beam	80	Load Factor Envelope (Sp)	3,4547
1	BSLAB90	Beam	130	Load Factor Envelope (Sp)	11,1014
1	BSLAB90	Beam	130	Load Factor Envelope (Sp)	11,1014
1	BSLAB90	Beam	180	Load Factor Envelope (Sp)	17,0861
1	BSLAB90	Beam	180	Load Factor Envelope (Sp)	17,0861
1	BSLAB90	Beam	230	Load Factor Envelope	21,6067
1	BSLAB90	Beam	230	Load Factor Envelope	21,6067
1	BSLAB90	Beam	267,5	Load Factor Envelope	24,0139
1	BSLAB90	Beam	280	Load Factor Envelope	24,8597
1	BSLAB90	Beam	280	Load Factor Envelope	24,8597
1	BSLAB90	Beam	330	Load Factor Envelope	27,0301
1	BSLAB90	Beam	330	Load Factor Envelope	27,0301
1	BSLAB90	Beam	380	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	380	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	430	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	430	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	480	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	480	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	505	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	530	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	530	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	580	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	580	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	630	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	630	Load Factor Envelope	27,0865
1	BSLAB90	Beam	680	Load Factor Envelope	27,0301
1	BSLAB90	Beam	680	Load Factor Envelope	27,0301
1	BSLAB90	Beam	730	Load Factor Envelope	24,8597
1	BSLAB90	Beam	730	Load Factor Envelope	24,8597
1	BSLAB90	Beam	742,5	Load Factor Envelope	24,0139
1	BSLAB90	Beam	780	Load Factor Envelope	21,6067
1	BSLAB90	Beam	780	Load Factor Envelope	21,6067
1	BSLAB90	Beam	830	Load Factor Envelope	17,0861
1	BSLAB90	Beam	830	Load Factor Envelope	17,0861
1	BSLAB90	Beam	880	Load Factor Envelope (Sp)	11,1014
1	BSLAB90	Beam	880	Load Factor Envelope (Sp)	11,1014
1	BSLAB90	Beam	930	Load Factor Envelope (Sp)	5,3175
1	BSLAB90	Beam	980	Load Factor Envelope	0,8316

Tablo 19'un devamı

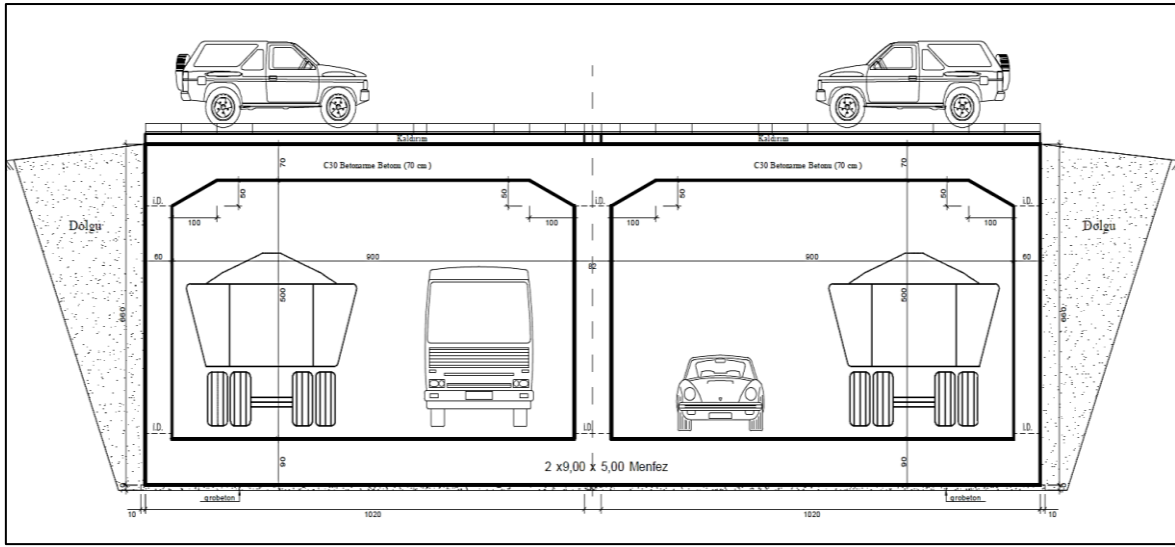
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envlp (Sp)	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envlp (Sp)	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envlp (Sp)	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envlp (Sp)	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envlp (Sp)	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envelope	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envelope	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envelope	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envelope	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope (Sp)	3,0108	L.F.Envelope	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope	6,0969	L.F.Envelope	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope	6,0969	Seismic (Sp)	0,0833	Seismic
1	Load Factor Envelope	12,143	Servenv	0,0833	Seismic

Tablo 20. Menfez betonarme dizaynı hesap özetleri tablosu 2. Kısım

Frame	FBotArea cm ²	VCombo	VRebar cm ² /cm
2	8,6176	Seismic (Sp)	0,1459
2	6,3897	Seismic (Sp)	0,1459
2	6,3897	Seismic (Sp)	0,1459
2	6,3897	Seismic (Sp)	0,1459
2	12,899	Seismic (Sp)	0,1459
3	17,2369	Seismic (Sp)	0,1459
3	15,2795	Seismic (Sp)	0,1459
3	16,7128	Seismic (Sp)	0,1459
3	17,2369	Seismic (Sp)	0,1459
3	19,7288	Seismic (Sp)	0,1459
4	10,456	Service Envelope	0,0833
4	5,1952	Service Envelope	0,0833
4	5,1952	Service Envelope	0,0833
4	15,0766	Load Factor Envelope	0,0833
4	15,0766	Load Factor Envelope	0,0833
4	20,5201	Load Factor Envelope	0,0833
4	20,5201	Load Factor Envelope	0,0833
4	20,5201	Load Factor Envelope	0,0833
4	24,1376	Load Factor Envelope	0,0833
4	24,1376	Load Factor Envelope	0,0833
4	25,3999	Load Factor Envelope (Sp)	0,0833
4	25,3999	Load Factor Envelope (Sp)	0,0833
4	24,1376	Load Factor Envelope	0,0833
4	24,1376	Load Factor Envelope	0,0833
4	20,5201	Load Factor Envelope	0,0833
4	20,5201	Load Factor Envelope	0,0833
4	20,5201	Load Factor Envelope	0,0833
4	15,0766	Load Factor Envelope	0,0833
4	15,0766	Load Factor Envelope	0,0833
4	5,1952	Service Envelope	0,0833
4	5,1952	Service Envelope	0,0833
4	10,456	Service Envelope	0,0833
1	12,143	Service Envelope	0,0833

2.2. Büyük Açıklıklı Çift Gözlü Menfez Hesap ve Tasarımı

Tek gözlü menfezde hesaplanan değerler bu menfez hesabı içinde geçerli olup iki fark vardır. İlki açıklığın büyümesi ve yükleme tipine ilave olarak burada menfez ortasından ikiyeşer şeritli gidiş ve geliş yollarına bağlı olarak mevcut trafik yükünün tanımlanacak olmasıdır. İkincisi modal analiz yapılmamış olmasıdır. Şekil 96’da çift gözlü menfez tipik görünümü yer almaktadır.



Şekil 96. Çift gözlü menfez tipik görünüşü

2.2.1. Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

Bölüm 2.1.1’de tanımlanan şekil iki gözlü menfeze ait sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Menfeze ait kesit özellikleri tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Çift gözlü menfeze ait kesit özellikleri

Eleman	Boyut (cm)	Malzeme	Ec (MPa)	Donatı
Üst tabliye ts	90	C25	26875	S420
Yan Duvarlar tw	70	C25	26875	S420
Orta Duvar tw	60	C25	26875	S420
Alt tabliye bs	90	C25	26875	S420

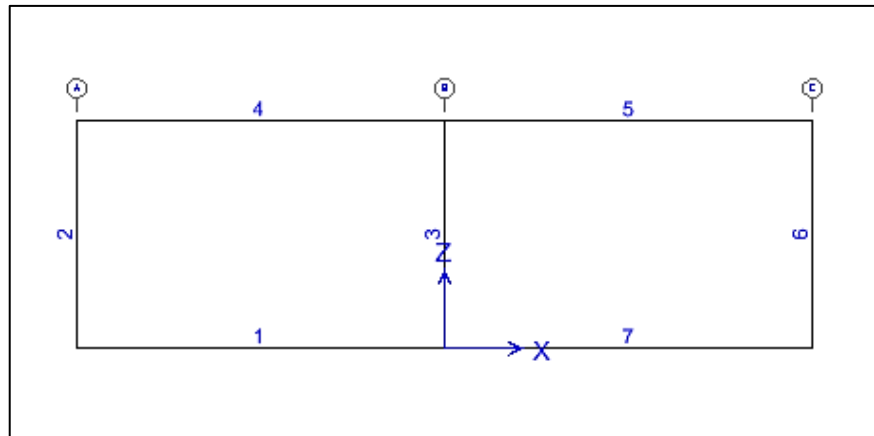
2.2.2. Yüklerin Tanımlanması

2.2.2.1. Statik ve Dinamik Toprak Yüklemeleri

Bölüm 2.1.2 de tanımlanan ve hesaplanan değerler geçerli olup aşağıda yük özetleri verilen değerler SAP2000 modelinde oluşturulan çift gözlü menfeze atanır. Şekil 97'de yüklemelerin atanacağı çift gözlü menfez modele ait frame elemanlar görülmektedir.

Yük özetleri:

pas1	=	6,65	kN/m ²	Statik aktif toprak basıncı (EPAS)
pas	=	44,33	kN/m ²	Statik aktif toprak basıncı (EPAS)
qas	=	4,00	kN/m ²	Statik aktif sürşaj yükü (EQAS)
po1	=	9,98	kN/m ²	Sükunetteki toprak basıncı EP0)
po	=	66,50	kN/m ²	Sükunetteki toprak basıncı EP0)
qo	=	6,00	kN/m ²	Sükunetteki sürşarj yükü (EQ0)
pad1	=	11,26	kN/m ²	Dinamik aktif toprak basıncı (EQXPAD)
ppd	=	5,25	kN/m ²	Duvar kütlesi dinamik yükü (EQXPPD)
Ppd-ts	=	3,38	kN/m ²	Tabla kütlesi dinamik yükü
we-min	=	11,53	kN/m ²	Üst min. dolgu yükü (SDEAD)
we	=	11,53	kN/m ²	Üst nihai dolgu yükü (SDEAD2)
gd	=	123,50	kN/m ²	Geri dolgu yükü (SDEAD)



Şekil 97. Çift gözlü menfez frame (çerçeve) elemanları

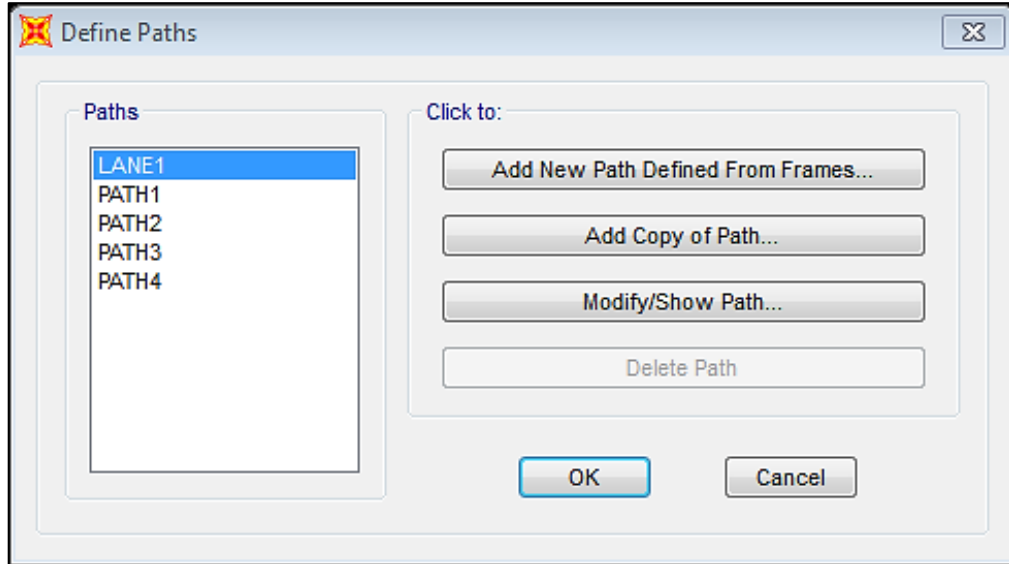
2.2.2.2. Deprem Yüklere

Bölüm 2.1.2.2'te yer alan veri ve hesapları bu bölümde geçerli olup modal analiz yapılmamıştır.

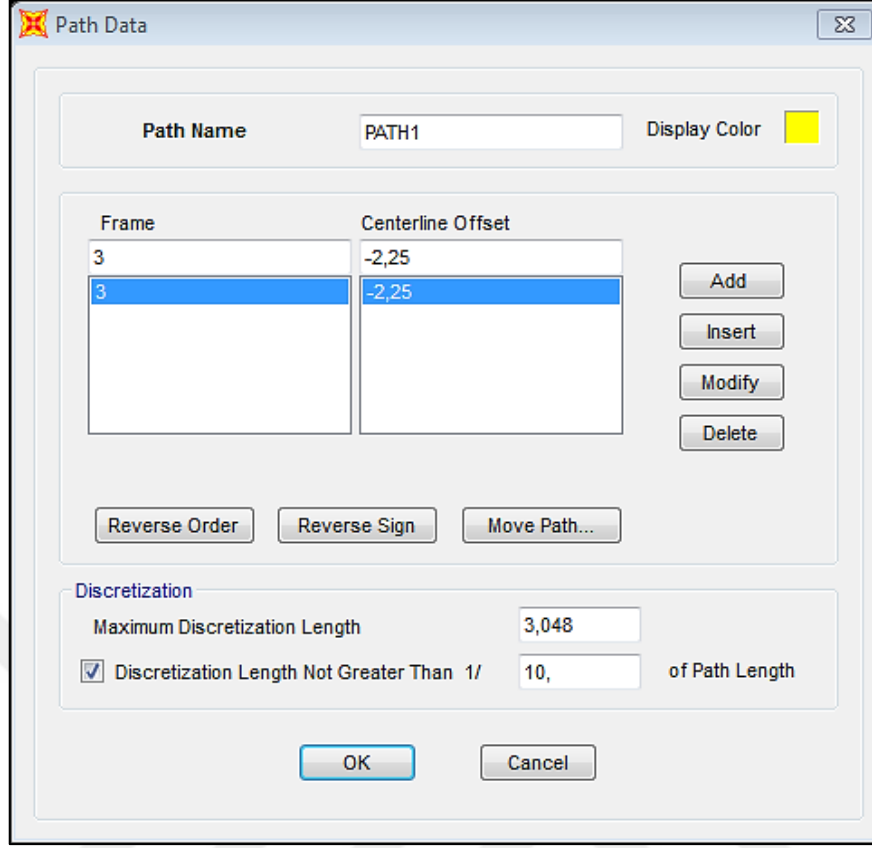
2.2.2.3. Katar Yüklere

Bölüm 2.1.2.3'teki veri ve hesapları bu bölümde geçerli olup açıklığa bağlı olarak şerit sayısı artmış ilave yük katarları tanımlanmıştır.

Yük katarı tanımlaması için 3 nolu frame elemanı referans ederek duble yol tanımına göre şeritler tanımlanır. 3 nolu frame 0 eksenine (x,z) (0,0) olarak solunda (-2,25; 0) ve (-6,75; 0) koordinat takımlarında veya uzaklıklarda iki şerit, sağında 2,25 m ve 6,75 m uzaklıklarda iki şerit tanımlanır. Menfez üstünde trafik yükü varsayımı ile 4-5 nolu frame elemanları tanımlayarak offset 0,0 alınır. Böylece 5 adet trafik şeritleri tanımlanmış olur (Şekil 98-99). Tezimize konu bu iki açıklıklı menfez analizinde sadece 4 ve 5 nolu frame elemanlar şerit tanımlama için hesap yapılmıştır.



Şekil 98. SAP2000 trafik şeridi tanımlama ekranı



Şekil 99. Şerit bilgisi tanımlama ekranı

2.2.2.4. Yük Kombinasyonları

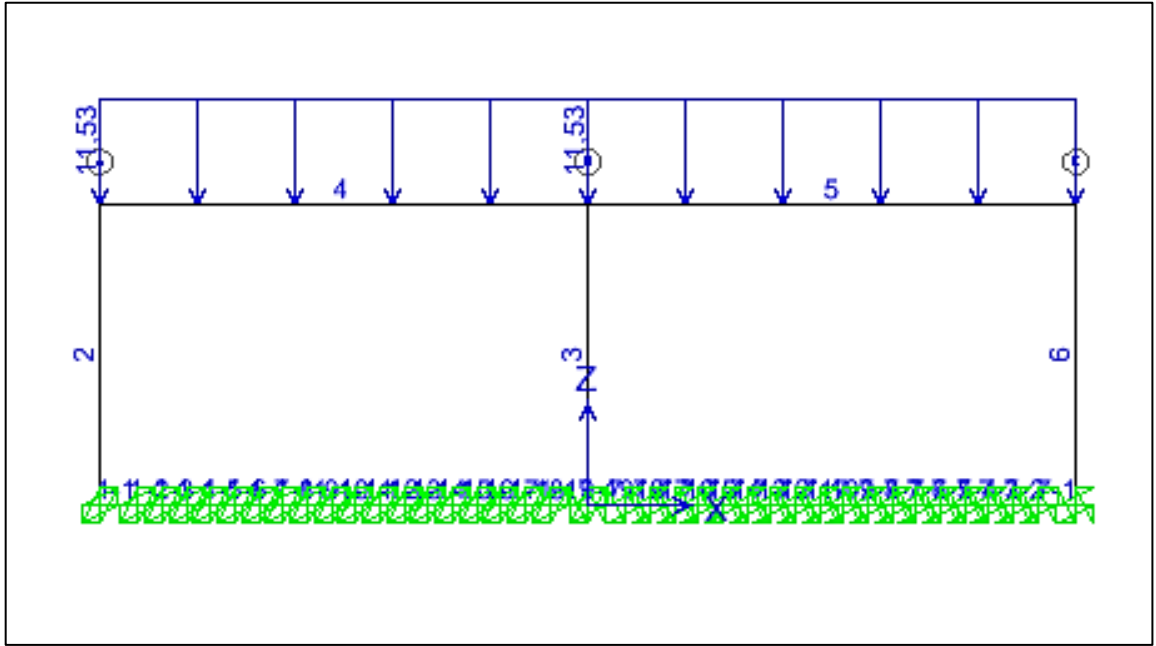
Bölüm 2.1.2.4'te tanımlanan değerler geçerli olup modal analiz yapılmamıştır. SAP20000 Define menüsü işlemlerinde daha önce tanımlanan AASHTO kombinasyon değerleri programa girilir.

2.2.3. Çift Gözlu Menfez Analiz Sonuçları

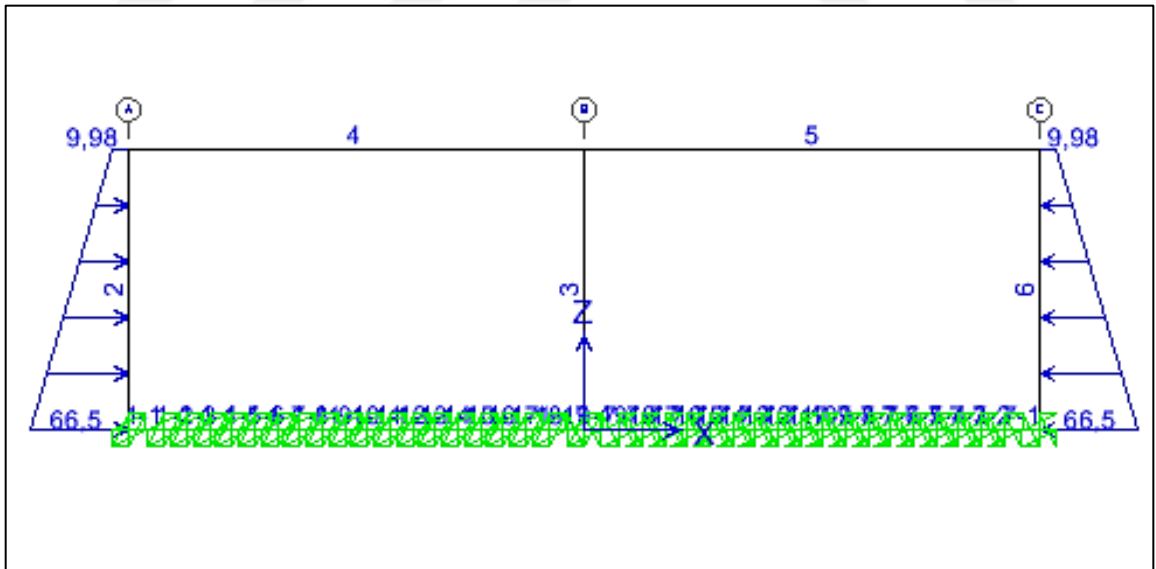
Analizden önce yükleme şekilleri gösterilmiştir (Şekil 100-106). Oluşturulan çift gözlu menfez modeli analiz edilmiştir. Analiz sonucu oluşan şekil değiştirmeler Şekil 107-109'da görülmektedir.

Yüklemeler altında oluşan tesirlerin değerlerini, etki diyagramlarını, moment, normal kuvvet ve kesme kuvveti olarak Şekil 110-113'da yer almaktadır.

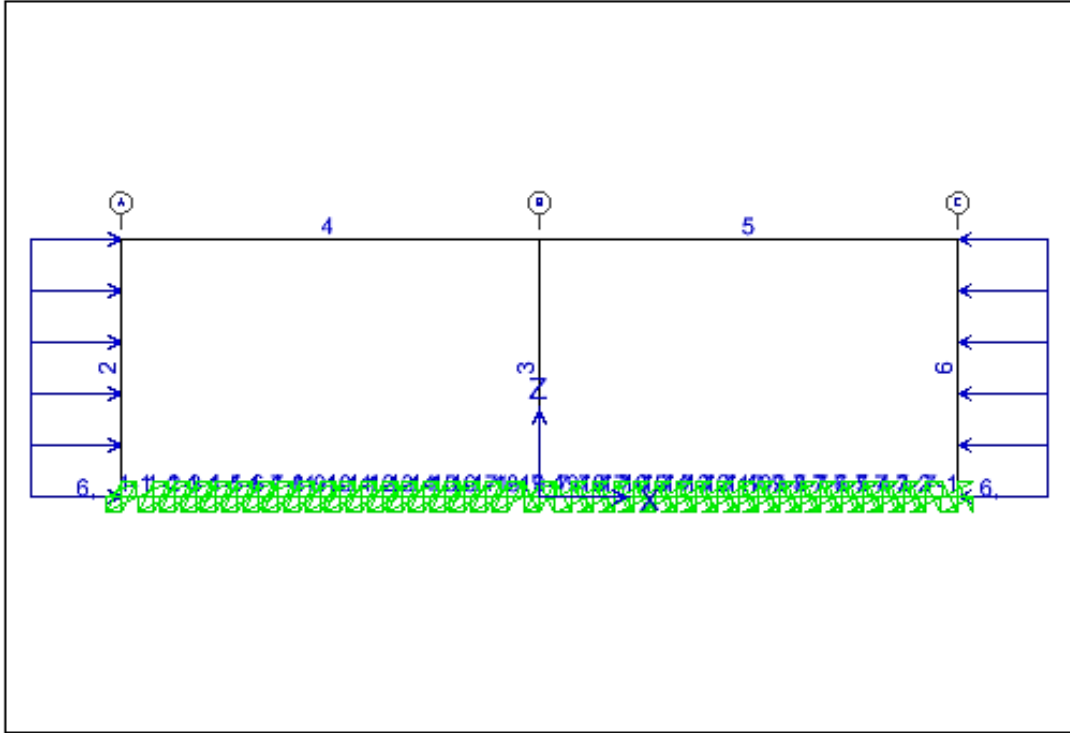
Boyuna donatı alanları ile boyuna donatı oranlarını Şekil 114-115’de verilmiştir.



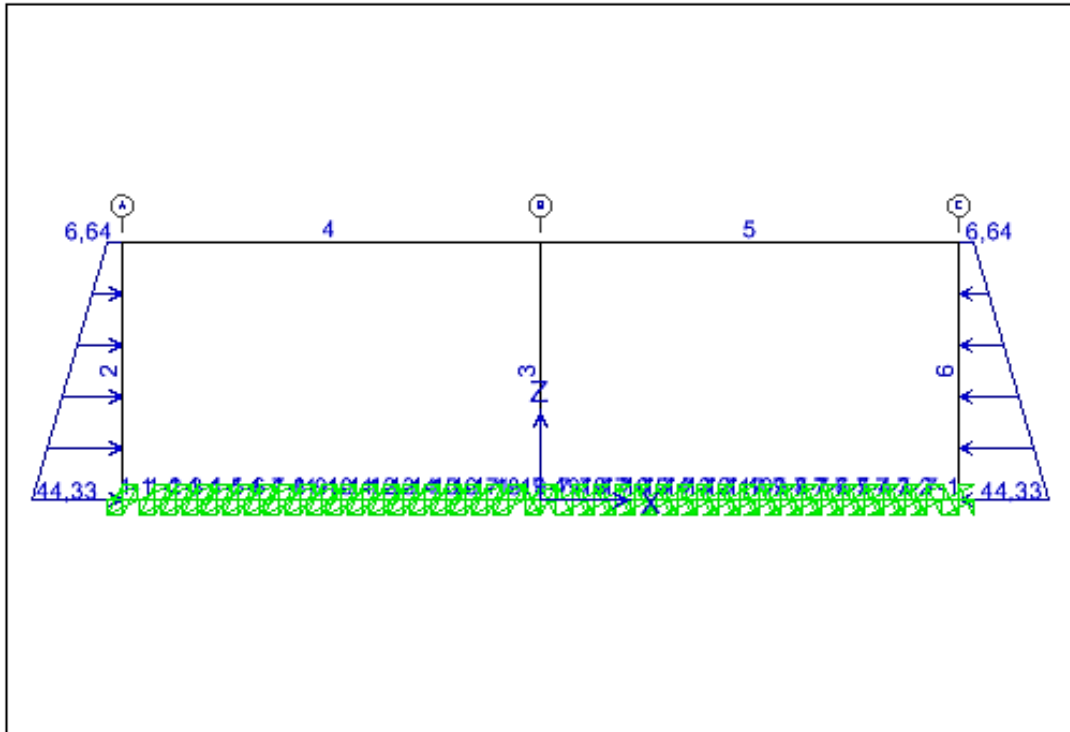
Şekil 100. DL (Dead + Supdead) çerçeve açıklık yüklemesi



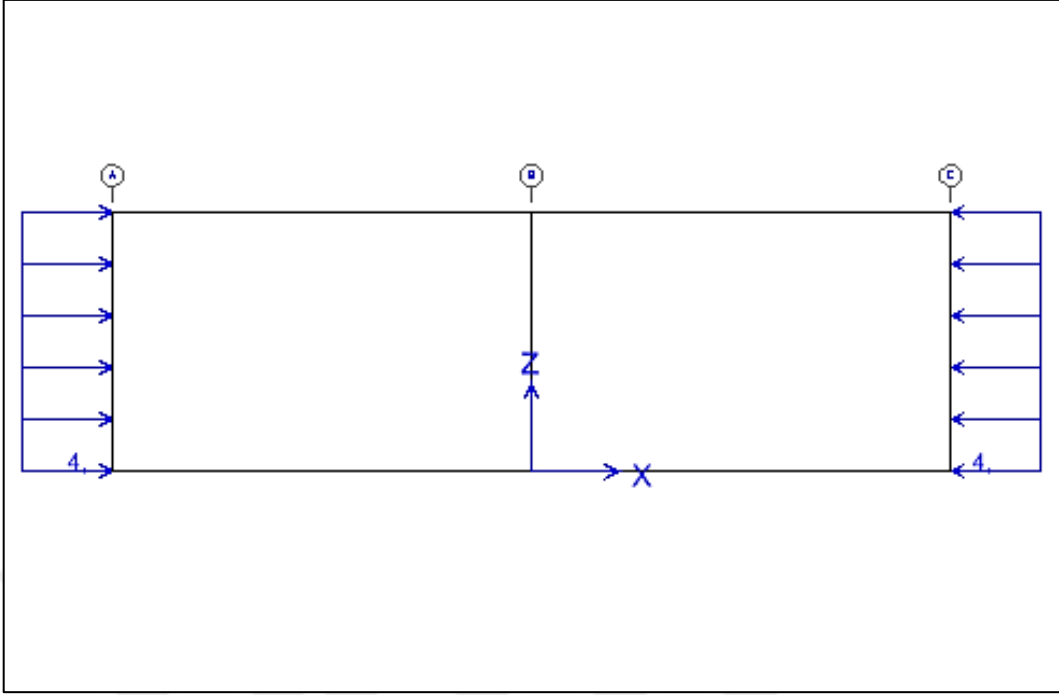
Şekil 101. EP0 çerçeve yan açıklıklar yüklemesi



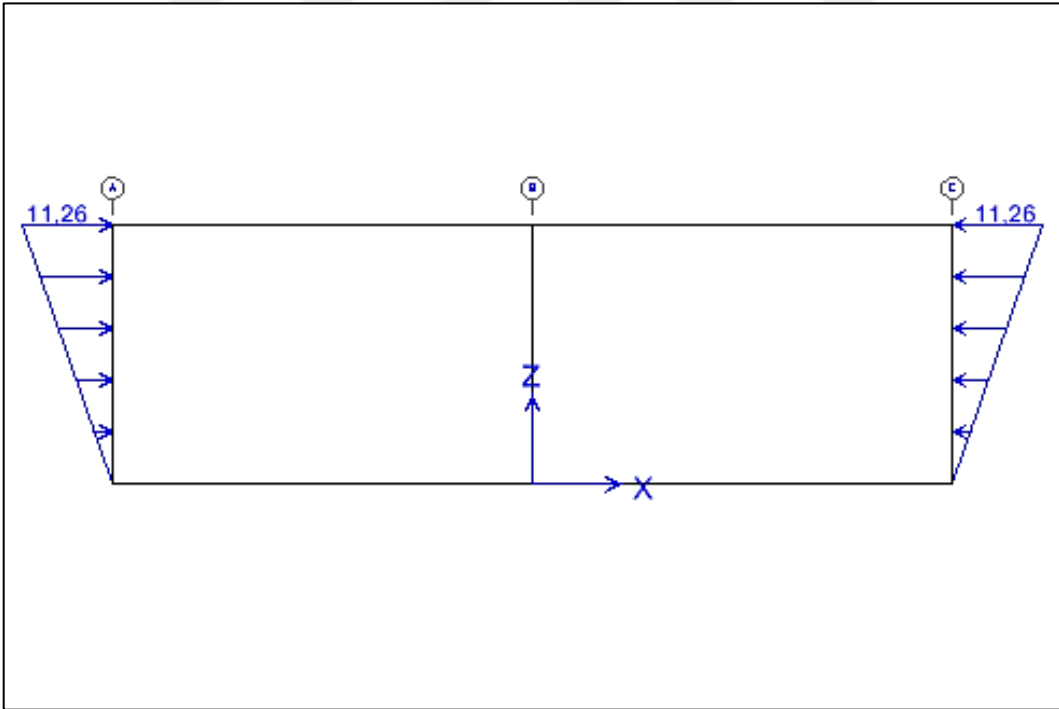
Şekil 102. EQ0 çerçeve yan açıklıklar yüklemesi



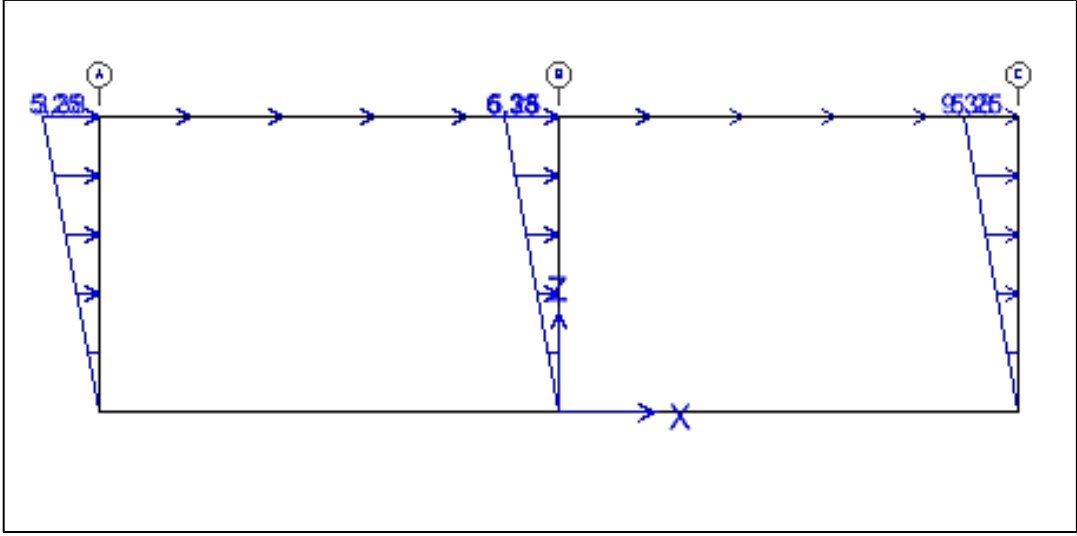
Şekil 103. EPAS çerçeve yan açıklıklar yüklemesi



Şekil 104. EQAS çerçeve yan açıklıklar yüklemesi

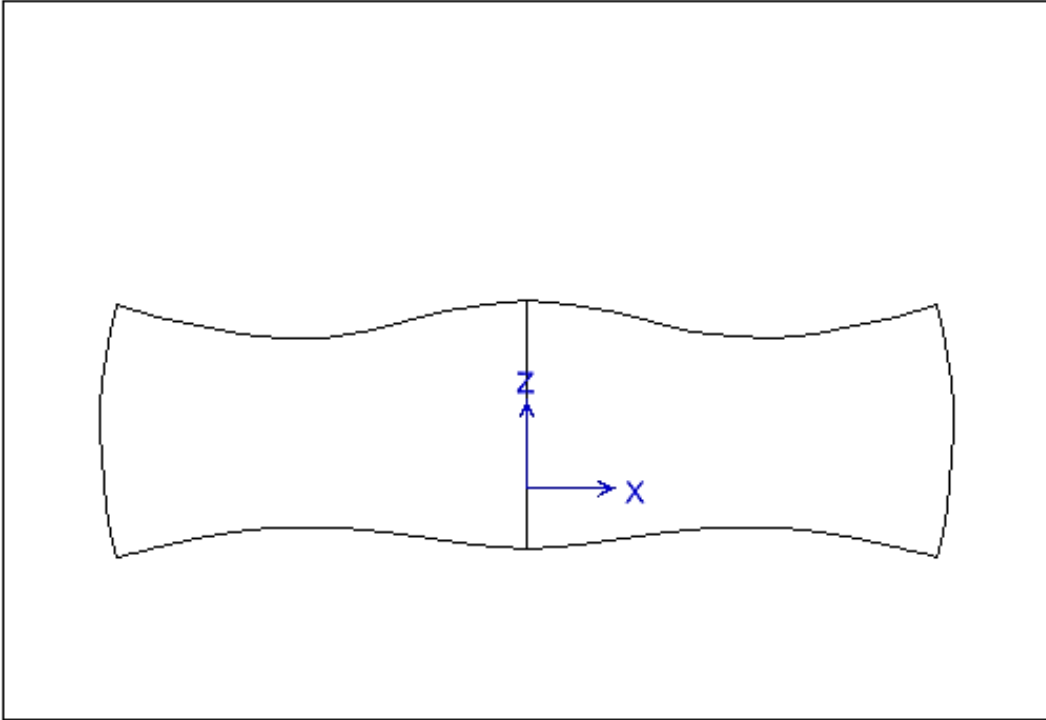


Şekil 105. EQXPAD çerçeve yan açıklıklar yüklemesi

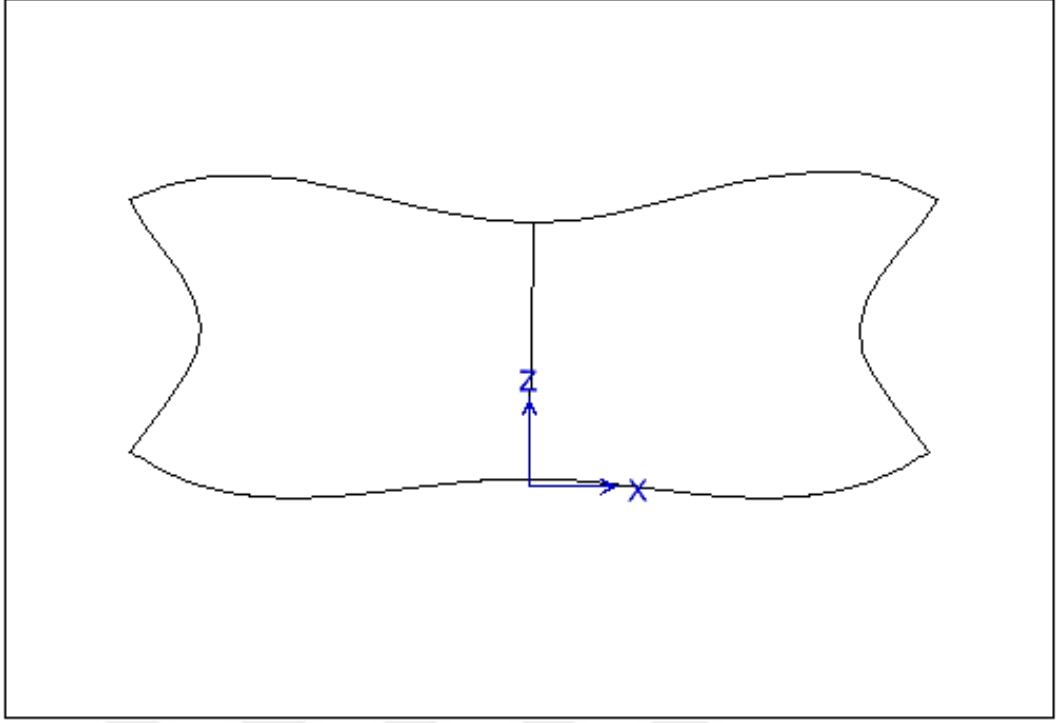


Şekil 106. EQXPPD çerçeve yan açıklıklar yüklemesi

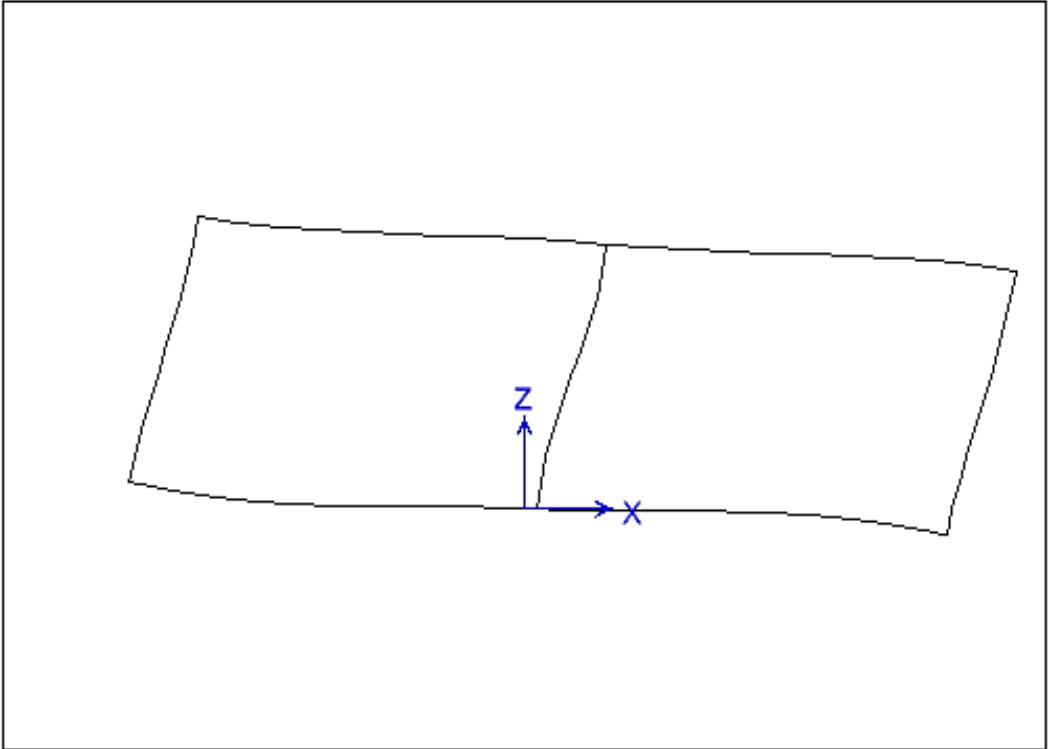
Yüklemelere Göre Menfez Şekil Değişimleri:



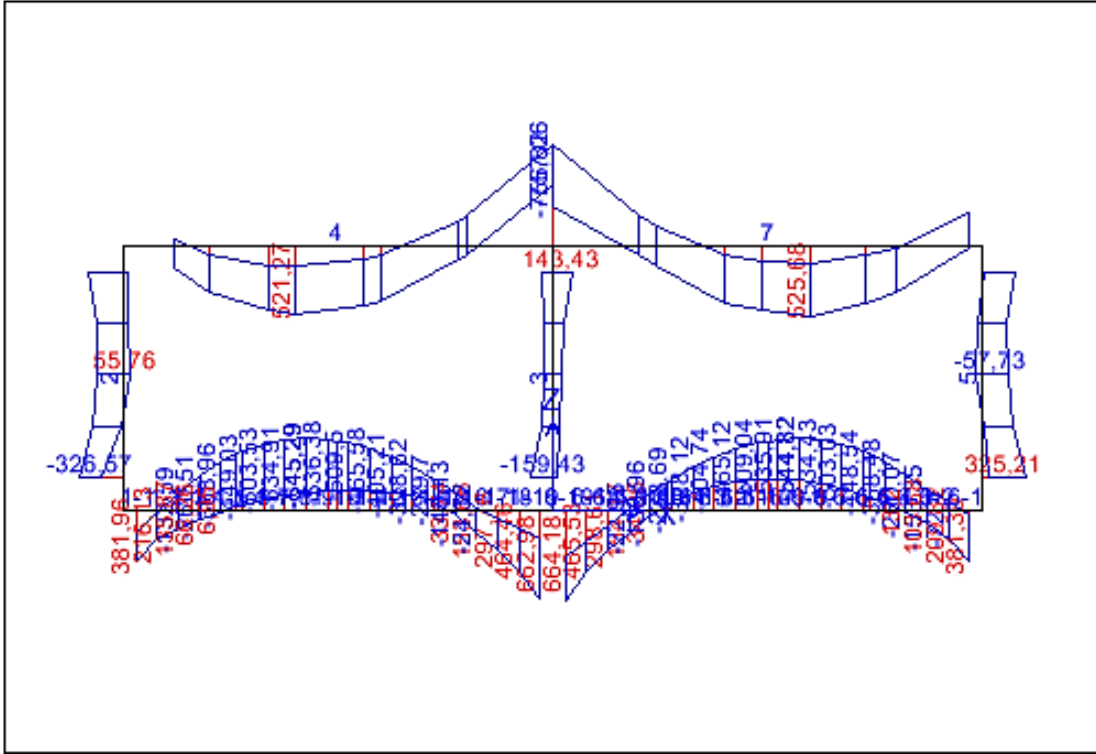
Şekil 107. SUPDEAD yüklemesi şekil değişimi



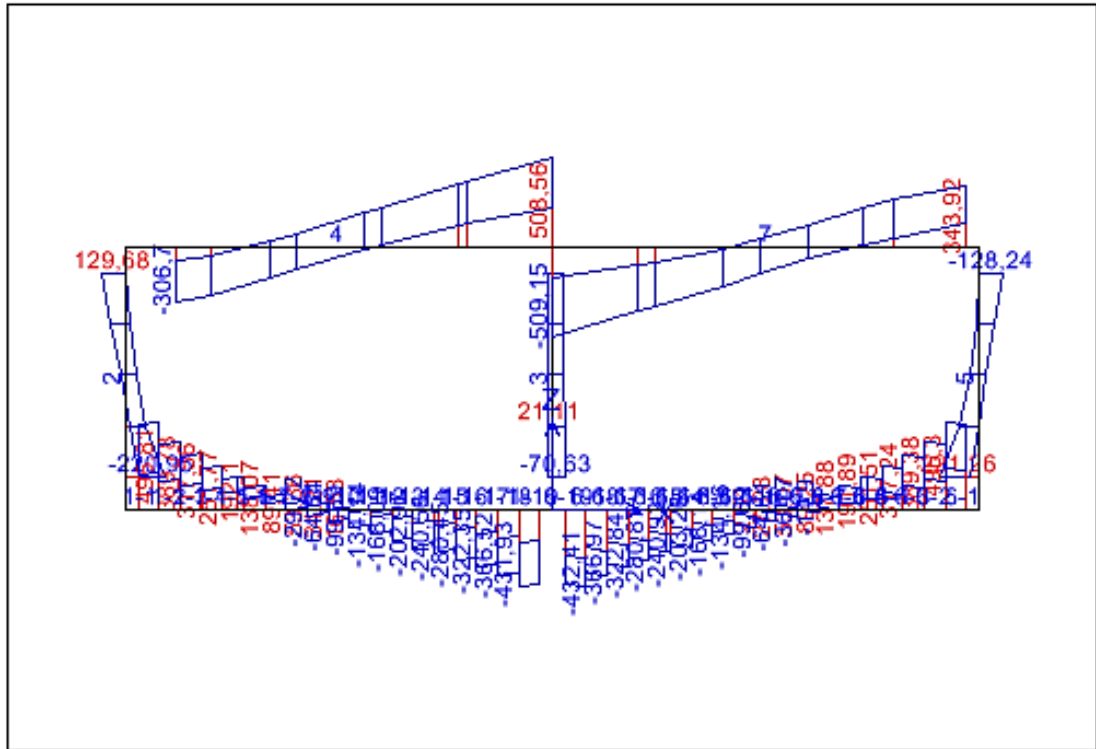
Şekil 108. EPAS yüklemesi şekil değiştirmesi



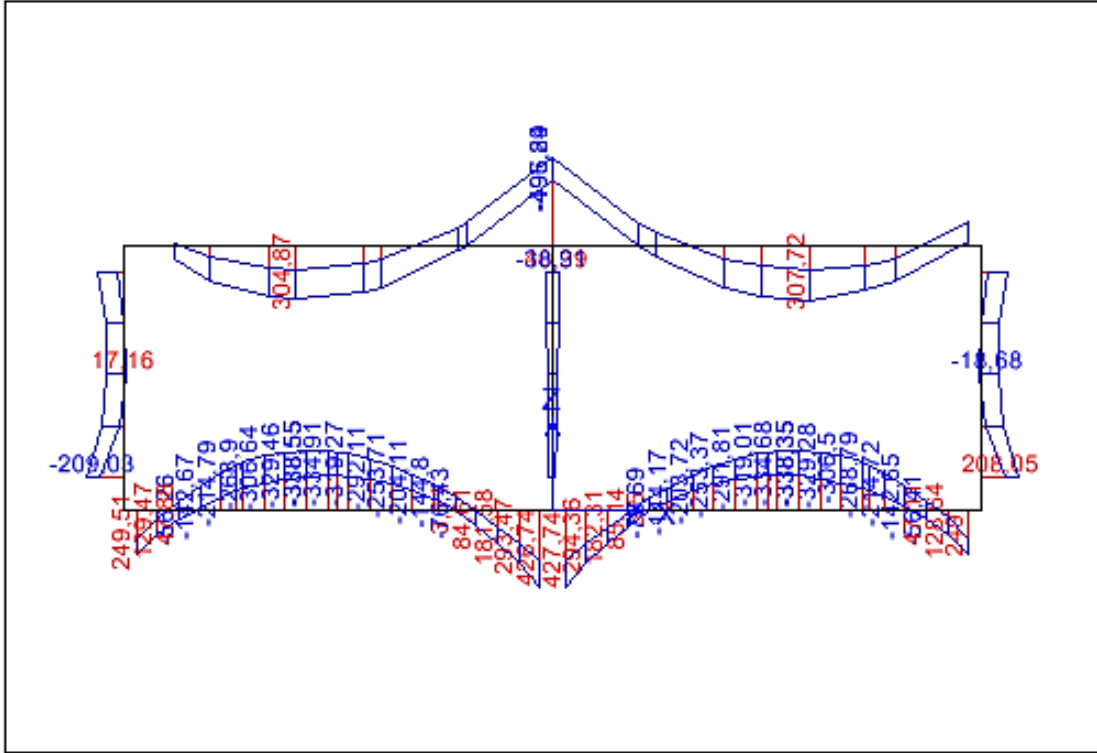
Şekil 109. EQXPPD yüklemesi şekil değiştirmesi



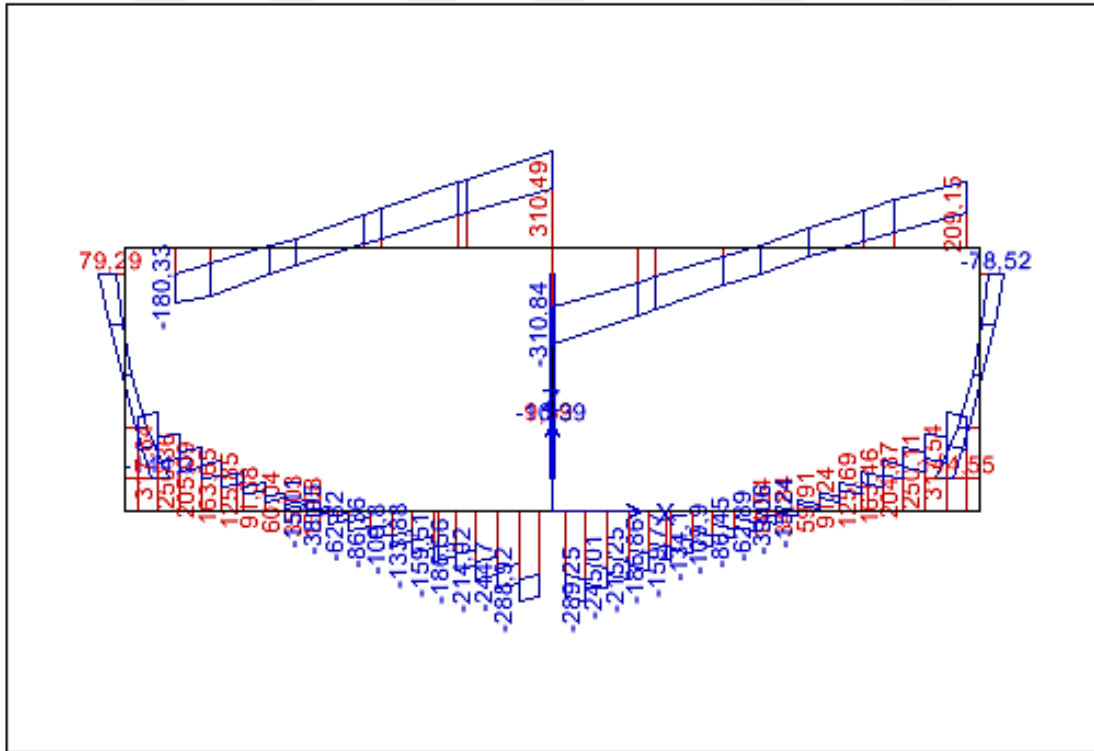
Şekil 110. Load factor envelope yüklemesi moment diyagramı



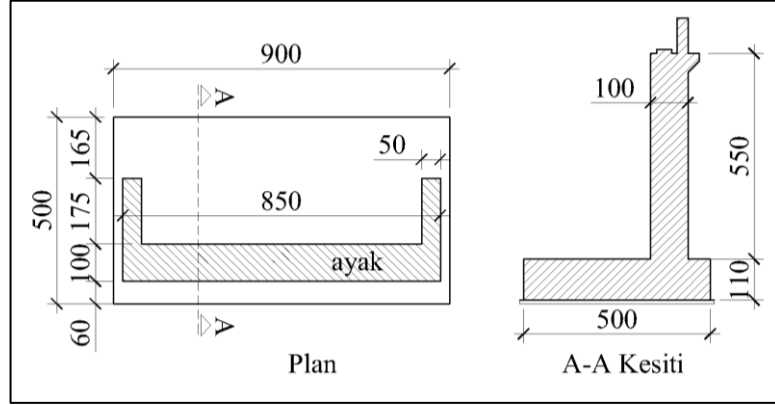
Şekil 111. Load factor envelope yüklemesi kesme kuvveti diyagramı



Şekil 112. Service envelope yüklemesi moment diyagramı



Şekil 113. Service envelope yüklemesi kesme kuvveti diyagramı



Şekil 119. Köprü temeli ayak ölçüleri

Metrajlar yapılarak kıyaslama yapılacak olan iş kalemleri için gerekli kazı, beton ve demir miktarı hesaplanmış mukayeseli keşif cetveli aşağıda gösterilmiştir. KGM beton pozlarında kalıp, beton pozu içinde hesaplanmış ve birim fiyata dahil edilmiş olarak sunulmaktadır. Beton türüne göre yıllarca tatbik edilen tecrübelerle örneğin; menfez betonu KGM/16.132/K-H pozuyla tanımlı olup içindeki kalıp miktarı KGM/21.040 pozuyla $5 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'tür. Köprü betonu pozu KGM/16.133/K-H olup içindeki kalıp poz no KGM/21.042 ve $3 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'tür.

Köprüde kullanılacak prekast kirişler için ortalama 100 km taşıma mesafesine göre yapımcı firmalardan Mayıs 2016 tarihli öngermeli prekast kiriş teklif fiyatı alınmıştır. Bu fiyatların içine kirişin nakliyesi yerine konulması, vinç ücreti, süpervizör ve elemanlarının masrafları dahildir.

Şekil 118'deki görünümünden de anlaşılacağı gibi bir köprü yapımının kazı pozları ve sonrasında köprüyü hizmete açmak için yapılacak imalatlar menfezden farklılık göstermektedir. Köprü ayaklarının oturtulması ve buna bağlı olarak yapılacak geri dolgu şevlendirme çalışmaları imalatın yapım süresini uzatacaktır.

Köprü ve iki gözlü menfez maliyeti 2016 yılı birim fiyatları ile mukayese edilerek menfez imalatı yapılması durumunda elde edilecek rantabilite değerlendirilir (Tablo 22). Her koşulda rantabl çözümün geçerli olmadığı açıktır. Tabii ki yapının ekonomik olması yapım kriterlerinin önünde yer alamaz. Topoğrafik zorlukların olduğu durumlarda işlev önem kazanacak, kesitler büyüyecek, işçilik maliyetleri artacak ve menfez lehine görünen tasarruf oranı azalma gösterecektir.

Tablo 22. Köprü ve iki açıklıklı menfez maliyet tabloları (2016 Birim Fiyatları)

(2x9x5) ÇİFT AÇIKLIKLI MENFEZ İNŞAATI						
Sıra No	Poz No	İş Kaleminin Adı ve Kısa Açıklaması	Ölçü Birim	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı
1	KGM/14.222	Makine ile su altında kazı yapılması	m ³	32,51 ₺	160	5.201,60 ₺
2	KGM/23.015/K	Betonarme demirlerin hazırlanması ve yerine konulması	ton	2.216,85 ₺	53	117.493,05 ₺
3	KGM/16.132/K-H	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan hazır beton C25	m ³	350,75 ₺	384	134.688,00 ₺
TOPLAM (KDV HARİÇ)						257.382,65 ₺
L=18m KÖPRÜ İNŞAATI						
Sıra No	Poz No	İş Kaleminin Adı ve Kısa Açıklaması	Ölçü Birimi	Birim Fiyatı	Miktarı	Tutarı
1	KGM/14.224	Makine ile su altında köprü kazısı yapılması	m ³	98,80 ₺	500	49.400,00 ₺
2	KGM/23.015/K	Betonarme demirlerin hazırlanması ve yerine konulması	ton	2.216,85 ₺	50	110.842,50 ₺
3	KGM/16.133/K-H	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan hazır beton C25	m ³	369,50 ₺	252,5	93.298,75 ₺
4	PİYASA	Prefabrik köprü kiriş bedeli ve yerine konulması L=18,90m	adet	18.000 ₺	9	162.000 ₺
5	KGM/19.022/K	Köprüde bitümlü membran ile su yalıtımı	m ²	24,18 ₺	144	3.481,92 ₺
6	KGM/3805	Neopren mesnet tertibatı (içi çelik fretli) 6,3*20*30cm	dm ³	38,76 ₺	68,04	2.637,23 ₺
TOPLAM (KDV HARİÇ)						421.660,40 ₺

Tablo 22’de görülen yaklaşık maliyetler oranlandığında ekonomik olarak yaklaşık %40 oranında menfez imalatının daha uygun olduğu görülmektedir.

Yapılan uygulamalarda, büyük açıklıklı menfez yapılarında menfez temel plağının sağlam-masif bir plak olarak davranış göstermesi nedeniyle oturmaların (z ekseni) yapının

hemen hemen tamamında aynı değerde olmaya zorlayarak oturmaları dengelemeye çalıştığı, buna karşın ötelenmelerin (x-y eksenini doğrultusunda) oluştuğu gözlenmiştir.

Gözlenen SAP2000 gerilme renk skalası değerlerinden betonda zorlanmaların orta düzeyde olduğu plak kalınlıklarının değerlendirilebileceği, donatı oranlarının kesit minimum donatı düzeyine yakın olduğu görülmüş olup donatı miktarının referans kaynaklara göre irdelenebileceği düşünülmektedir.

Büyük açıklıklı menfezlerde açıklık ve yükseklik arttıca ekonomiklik oranının arttığı ve %40 tasarruf oranlarına yaklaştığı bu tezde yapılan hesapla anlaşılmaktadır. Diğer yandan açıklığın ve yüksekliğin azalması bu oranı %20'lere çekmektedir. Ama her halkrda maliyet oranının düşmesine rağmen yapım kolaylığı, pratik uygulanmaları, kısa sürede inşaları sebebiyle konumlandırma kabiliyetlerini artırmaktadır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ülkemizde sıklıkla uygulanan, tek gözlü büyük açıklıklı ve çift gözlü büyük açıklıklı menfezlerin statik ve dinamik etkiler altında analizleri ve projelendirme safhaları ortaya konulmaya çalışılmış, belirlenen bir menfez tipinin aynı açıklığa sahip prekast öngörme kirişli bir köprü ile maliyet karşılaştırması yapılmıştır.

Öncelikle menfezlerin kullanım alanlarından bahsedilmiş, sonrasında menfez tipleri ve etkileyen yükler belirtilmiştir. Menfez hesap yöntemi ve hesap adımları ortaya konulduktan sonra tasarıma ilişkin adımlar sunulmuştur. Bu kapsamda daha önce yapılmış akademik çalışmalar irdelenmiştir.

Bu çalışmada tek gözlü açıklığı 9,5m yüksekliği 5m ve çift gözlü her bir açıklığı 9m, yüksekliği 5m olan menfezlerin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımda SAP2000 sonlu eleman programıyla gerçekleştirilen yapısal çözümlemeden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır.

Bu tez çalışmanın son bölümünde, uygulamada büyük açıklıklı menfez yerine kullanımı tercih edilen öngermeli prekast kirişli köprüler ile büyük açıklıklı menfezlerin maliyet analizleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sırasıyla verilmektedir:

Yapılan menfez analizlerinde menfez içinde ve dışında su etkisi dikkate alınmamıştır. Su etkisinin hesaplarda pozitif katkı oluşturduğu buna karşın menfezlerin inşaa edildiği yerlerde her zaman su ortamının oluşmadığı kurak havalarda suyun çekilmesinden ötürü bu etkinin ihmal edilmesi gerekmektedir.

Yapılan analizlerde mevcut donatı ve beton miktarının hesap sonucu elde edilen verilerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Gelişen beton mukavemeti ve performansına bağlı olarak mevcut eski hesaplar tekrar revize edilebilir.

- Ülkemizde yapılacak 20m açıklığa kadar olan köprülerde iki gözlü büyük açıklıklı menfez tasarımlarının konumlandırılmasının ekonomik olarak faydalı olacağı iki yapının mukayeseli keşfinden görülmektedir.

- Açıklık ortasındaki derinliği çok fazla olan, debi ve hız bakımından vahşi derelerde konumlandırmaların inşa zorluğu açısından tercih edilmemekte bu gibi yerlerde prekast kirişlerle akarsuyun geçilmesi daha yerinde olmaktadır.

- Geçilecek arazi koşullarının çok sarp ve yüksek olduğu yerlerde menfez yüksekliklerindeki kurumsal tip sınırlamalarının ve yüksekliğe bağlı olarak maliyetlerin tersinir olması köprülerin bu gibi yerlerde vazgeçilmez kılmaktadır.

- Köprü yerine konumlandırılacak büyük açıklıklı menfezlerde oturmadan kaynaklı işletme ve bakım maliyetlerinin çok az olması, inşa sürecinde daha az detay içermesinden dolayı yapım kolaylığı bu yapıların avantajları arasındadır.

- Menfezlerin ve köprülere kıyasla ekonomikliği menfezlerde açıklık ve yüksekliğe bağlı olarak artmakta %40'lara yaklaşmaktadır. Tam tersi durumda bu tasarruf oranı %20'lere kadar gerilemektedir. Buna karşın düşük tasarruf durumunda bile menfez imalatlarındaki uygulama kolaylığı tercih sebeplerini artırmaktadır.

Bu konu ile ilgili ileriki çalışmalarda aşağıdaki unsurların dikkate alınması faydalı olacaktır.

- 1- Çok derin ve geniş olmayan akarsu yataklarında 20m açıklığa kadar büyük açıklıklı menfezler kullanılabilir.
- 2- Karayollarında derin vadi ve topoğrafyanın söz konusu olmadığı yerlerde, hızlı inşa edilebilmelerinden ötürü büyük açıklıklı menfez kullanılarak yolların hızlıca trafiğe açılması sağlanabilir.
- 3- Optimum büyük açıklıklı menfez ve köprü konumlandırmasının uygun koşullar altında 10m ile 20m arası açıklıklarda yakalanabileceği bu şartlarda konumlandırmanın düşünülebileceği.
- 4- Daha büyük açıklıklı menfezler incelenerek hesap açıklığının ne kadar artırılacağı optimum ekonomik açıklığın belirlenebilmesi ilerki çalışmalar için bir fikir olarak önerilmektedir.
- 5- Büyük açıklıklı menfezlerin yerinde imal edilen çelik kirişlerle kompozit tasarımları ve daha büyük açıklıkların geçilmesi, inşaa hızının artırılması üzerinde çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir.
- 6- Bu menfezlerin prekast olarak imal edilerek uygulama sahasına nakliyeleri üzerine çalışmalar yapılabilir. Kesitlerin büyük ve ağır olması pimli birleşim detaylarının çözülmesi ve kompozit tasarımlarının irdelenmesi gerekliliğini ortaya çıkaracaktır. .

5. KAYNAKLAR

- AASHTO, 2002. American Association of State Highway and Transportation Officials, Standart Specifications of Highway Bridges, 17th Edition.
- ACI 318-08, 2008. American Concrete Institute Design Code.
- Armco, 1958. The Armco International Corporation, Handbook of Drainage and Construction Products, Iddletown, Ohio.
- Ay, M., 2016. Design of Road-Crossing Drainage Culverts Using Gis Data, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Barton, N., 1973. Review of a new shear strength criterion for rock joints, Engineering Geology, Elsevier, Amsterdam.
- Bowles, 1997. Joseph E., Foundation Analysis and Design, Fifth Edition, International Edition.
- Darılmaz, K., 2009. Yapı Mühendisliğinde SAP2000 Kullanımı, Deprem Yükleri Hesap Yöntemleri İmo İzmir.
- DBYBHY, 2006. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, 26100, Ankara.
- FHWA, 2012. Hydraulic Design of Highway Culverts, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-HIF-12-026, April.
- Gül, A., 1999. Cross-Drainage & Culvert Design on Highways, Yüksek Lisans Tezi, 9 Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- HDM, Highway Design Manual, 1995. Highway Drainage Design, 800-900
- Hoek, E. ve Bray, J.W., 1977. Rock Slope Engineering, Institution of Mining and Metallurgy (İngiltere) Edition, Londra.
- KTŞ, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2013. Karayolları Teknik Şartnamesi, Ankara.
- KTEK, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2005. Karayolları Tasarım El Kitabı, Ankara.
- KGM, Karayolları Genel Müdürlüğü, 2012. Sanat Yapıları Dairesi Başkanlığı, Standart Kutu Menfez Tipleri Kitabı, Ankara.
- Kocaman, M.G., 2002. Otoyolların Drenajı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Mononabe, N., 1924. Discussion and Consideration on Vertical Earthquake Motion and Consideration, Proc. JSCE, 10, 5, 1063-1095.
- MEB yayınları, 2013. Raylı Sistemler Teknolojisi, Köprüler, Ankara.
- Okabe, S., 1924. General Theory on Earth Pressure and SEISMIC Stability of Retaining Wall and Dam. Proc. JSCE, 10, 6, 1277-1330.
- Öztürk, A., 2001. Karayolu Menfezlerin Hidrolik Yönden İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öztürk, M., Kaya, N., ve Aşkan, A.H., 2003. Menfezlerin Projelendirilmesinde Kullanılan Taşkın Hesap Metotlarının Değerlendirilmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7, 2, Sayı, Sakarya.
- Öztürk, T., ve Öztürk, Z., 2007. Öngerilmeli Kompozit Köprü Kirişlerinin Etkin Kullanım Açıklıklarının Belirlenmesi, 1. Köprü ve Viyadükler Sempozyumu, Kasım, Antalya.
- Soyak, A., Panoramia, <https://www.panoramio.com/photo/93033121>, 11 Mart 2017
- TMH, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 1970. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları.
- TS500, 2000. Türk Standardları Enstitüsü, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Ankara.
- Ülgen, A., 2011. Kum İçinde Gömülü Kutu Tipi Menfezlerin Dinamik Hareketler Altındaki Davranışı Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Walesh, S.G., 1989. Urban Surface Water Management, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Wilson, E., 2008. Habibullah, A., SAP2000 Structural Analysis Programs, Computers and Structures, Berkeley.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet PATIR, inşaatçı bir ailede Trabzon'da doğdu. Lise öğrenimini Fatih Lisesi İngilizce Yabancı Dil Ağırlıklı kısmında tamamladı. 2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2002-2004 yılları arası kamu ve özel sektör inşaat faaliyetlerinde mühendislik yapmıştır. 2004 yılında askeri mahkemede inşaat mühendisi bilirkişi olarak kısa dönem askerliğini tamamlamıştır. 2005-2010 yılları arasında İstanbul'da proje ofisi, Kocaeli' de tersane ve endüstriyel yapı inşaatları, Çanakkale' de demir çelik fabrikası inşaatı işlerinde kontrol mühendisi, şantiye şefi ve proje müdürü olarak çalışmıştır. 2007 yılında başladığı kamu taahhüt işlerini halen sürdürmektedir. Karayolları yol yapım işleri ve Devlet Su İşleri yapım projelerini üstlenmektedir. Primavera, Sap2000, Autocad, Sta4cad, Netcad inşaat programları sertifikalı kullanıcısıdır. Evli ve iki çocuk babasıdır. İngilizce ve Arapça bilmektedir.