

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARAYOLLARINDA OTOKORKULUKLARIN KAZALARIN
ÖNLENMESİNDEKİ ÖNEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Akın Zafer DİLBEROĞLU

**ŞUBAT 2011
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KARAYOLLARINDA OTOKORKULUKLARIN KAZALARIN
ÖNLENMESİNDEKİ ÖNEMİ**

İnş. Müh. Akın Zafer DİLBEROĞLU

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İnşaat Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31.12.2010
Tezin Savunma Tarihi : 09.02.2011**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Şeref ORUÇ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fazıl ÇELİK
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hulusi ACAR**

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Trabzon 2011

ÖNSÖZ

Günümüzde koruyucu bariyer teknolojisi çok geliştirilmiştir. Çok çeşitli bariyer tipleri mevcut olup, hangi tip bariyerin nerede kullanılması gerektiği karayolunun trafik hacmine, yoldaki araçların hızına ve cinsine ve yolun tasarım özelliklerine göre değişir. Bu bariyerlerin kullanıma girmeden önce birçok çarpışma testinde belirtilen güvenlik kriterlerine uyması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye’de karayollarında seyir halinde olan araçların yoldan çıkıp daha büyük şiddette kaza yapmalarını önlemeye yönelik yapılan otokorkuluk uygulamalarını malzeme, montaj, şekil, boyut, sonuçları açısından karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Ülkemiz için büyük önem arz eden bu çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, değerli fikir ve katkılarıyla ışık tutan ve yönlendiren danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Şeref ORUÇ’a, hayatımın her anında maddi ve manevi olarak her zaman destekçim olan değerli annem ve babama teşekkürlerimi sunarım.

Akın Zafer DİLBEROĞLU
Trabzon 2011

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Araçların Yolu Terk Etme Nedenleri.....	2
1.4. Affedici Yol Kenarı.....	4
1.5. Karayolunu Terk Eden Araçlar İçin Tehlike Oluşturan Unsurlar.....	5
1.5.1. Yayılı Tehlikeler.....	5
1.5.1.1. Karayoluna Paralel Açılmış Kanallar.....	6
1.5.1.2. Yarma ve Dolgu Şevleri.....	6
1.5.1.3. Ormanlık Alanlar.....	9
1.5.1.4. İstinat Duvarları.....	9
1.5.2. Noktasal Tehlikeler.....	10
1.6. Otokorkuluk Kullanımını Gerektiren Yol Kenarı Engelleri.....	12
1.7. Türkiye Yollarında Kullanılan Otokorkuluk Tipleri.....	13
1.7.1. Basit Otokorkuluklar (U Takozlu Otokorkuluk).....	13
1.7.2. Basit Mesafeli (480 mm Takozlu) Otokorkuluklar.....	14
1.7.3. Çift Taraflı Otokorkuluklar.....	16
1.7.4. Çift Taraflı Mesafeli (780 mm Takozlu) Otokorkuluklar.....	16
1.7.5. Ağır Hizmet Tipi Otokorkuluklar.....	17
1.7.6. Betonarme Otokorkuluklar.....	19
1.8. Otokorkuluk Sistemlerinin Değerlendirme Kriterleri.....	20
1.8.1. Vasıta Cinsi, Hızı; Vuruş Şiddeti (Etki).....	21

1.9.	Otokorkulukların Çarpışma Testleri	21
1.9.1.	Çarpışma Testi Sonuç Kriterleri	22
1.9.1.1.	Otokorkuluk Yapısal Yeterliliği	22
1.9.1.2.	Araç İçindekilerin Yaralanma Riski	22
1.9.1.3.	Çarpışma Sonrası Aracın Otokorkuluktan Ayrılma Durumu	23
1.10.	Otokorkuluk Sistemlerinin Derecelendirilmesi Kriterleri	23
1.11.	Otokorkulukların Kazaları Önlemedeki İstatistiksel Veriler	26
1.12.	Gerçek Çarpışma Deneyleri	28
1.13.	Otokorkulukların Çarpışma Davranışının Sanal Ortamda İncelenmesi.....	29
1.13.1.	CAD Yazılımları	32
2.	MATERYAL VE YÖNTEM	33
2.1.	Sistemin Oluşturulmasında Kullanılan SAP2000 Programının Özellikleri	34
2.2.	4,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	34
2.3.	3,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	38
2.4.	2,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	41
2.5.	1,33 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	46
2.6.	1,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	51
2.7.	2,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,85 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	56
2.8.	2,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,95 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları.....	60
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER.....	65
3.1.	Çelik Otokorkuluklar ile Beton Otokorkulukların İşlevsel Olarak Karşılaştırılması	65
3.2.	Otokorkulukların Uygulama Hataları	67

3.3.	Basit Otokorkuluklar ile Ağır Hizmet Tipi Otokorkulukların İşlevsel Olarak Karşılaştırılması	70
3.4.	Trafik Kazaları Tespit Tutanaklarında, Otokorkulukların Kazaların Önlenmesindeki Rollerinin İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması.....	72
3.5.	SAP2000 Programı Yardımıyla EDSP-BW Tipi Otokorkulukların Yaptıkları Sehımlerinin Karşılaştırılması	73
3.5.1.	Dikme Aralıklarının Değişmesi Durumunda Otokorkulukların Yaptıkları Sehımlerin Karşılaştırılması.....	73
3.5.2.	Dikme Yüksekliklerinin Değişmesi Durumunda Otokorkulukların Yaptıkları Sehımlerin Karşılaştırılması.....	74
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	76
5.	KAYNAKLAR	78

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Karayollarımızda meydana gelen can kayıplarının azaltılması halkın ve özellikle trafik kazaları ile ilgilenen araştırmacıların temel amacıdır. Ülkemizde trafik kazaları, 15–35 yaşları arasındaki insanlar için ölüm sebeplerinin başında gelmekle beraber, sakat kalma oranları sıralamasında hastalık ve diğer kazalardan önce ilk sırada bulunmaktadır.

Tek aracın yoldan çıkmasıyla meydana gelen kazalardaki ölümler, tüm kazalarda hayatını kaybedenlerin yaklaşık %20 sini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, araçların yol dışına çıkmaları durumunda, meydana gelebilecek kayıpları en aza indirmek için uygulanabilecek otokorkuluklar irdelenmektedir. Otokorkuluklar, herhangi bir hatadan dolayı aracın yol dışına çıkarak daha büyük bir kaza yapmasını engeller. Fakat aracın yolun dışına çıkmasının engellenmesi kontrollü bir şekilde olmalıdır. Aracın yola dengesiz bir şekilde döndürülmesi yolda seyir halinde olan diğer araçlar için tehlikeli olabilir.

Yol kenarındaki kazaya sebebiyet verebilecek engellerin uygun bir şekilde korunması veya çarpma esnasında kırılacak şekilde dizayn edilmesi de önem taşımaktadır. Otokorkuluklar eğer yol platformunun etrafındaki engeller zorunlu sebeplerden dolayı kaldırılamıyor ise kullanılmalıdır. Fakat otokorkuluklar doğru bir şekilde montaj edilmezse ya da uygun otokorkuluk seçimi yapılmazsa, otokorkuluklar yol platformu kenarında tehlikeli cisim rolünü üstlenirler.

Sonuç olarak, karayollarından sorumlu birimler sistematik olarak yolların güvenliğini artırıcı önlemleri almalı ve bunu yaparken ekonomi ve bakım kriterlerini de göz önünde tutmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Otokorkuluklar, karayolundan çıkma, tek araç kazaları, çarpışma.

SUMMARY

The Importance of Guardrail Systems in Preventing Traffic Accidents

The decline in the accidents occurring on highway pavements are the main objective of the Turkish public especially the researchers. Traffic accidents in Turkey is the main contribution to deaths among ages between 15-35 and considering the injure rates it comes first before deasease and other accidents. Deaths related accidents due to vehicle deviating from the road occupys approximately 20 % of the total deaths of traffic accidents. In this study, the guardrail systems which reduces accidents related to deviation vehicles devaiting from the platform is studied. The guardrail system prevents vehicle devaiting from the road for any reasone. The devaition of the vehcile should be in an controlled manner. Uncontrolled vehicle is a treat to the other vehicles travelling on the same road.

The guardrail system should be maintained properly and should be designed to bend under crash. The guardrail system should be used when the barriers around the road platform can not be moved. If the proper guardrail system is not selected or constructed then the guardrail system itself can become a dangerous object.

As a results Transportation officers should systematically take the necessary cautions to prevent accidents while considering the economical and maintenance criterias.

Key Words: guardrail system, devaition from the road, single vehicle accident, crash

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yol kenar bölgesi kazası	1
Şekil 2. Yoğun sis	3
Şekil 3. Kaygan yüzey	3
Şekil 4. Affedici yol kenarı örneği	5
Şekil 5. Karayoluna paralel açılmış kanallar	6
Şekil 6. Yarma şevleri	7
Şekil 7. Dolgu şevleri	7
Şekil 8. Banket-şev eğimi ile kaza oranları arasındaki 7:1 eğime göre ilişki	8
Şekil 9. Banket-şev eğim güvenliğinin genel olarak değerlendirilmesi	9
Şekil 10. Yol platformuna yakın ormanlık alan	9
Şekil 11. İstinat duvarları	10
Şekil 12. Yol kenarındaki tek ağaç örneği	11
Şekil 13. Aydınlatma direği ve yol platformuna bitişik köprü kolonu	11
Şekil 14. Korunmamış köprü korkulukları	11
Şekil 15. Korumasız köprü duvarları	12
Şekil 16. Menfez duvarları ve drenaj boruları	12
Şekil 17. Basit otokorkuluk detayı	14
Şekil 18. Basit otokorkuluk (2,00 m dikme aralıklı)	14
Şekil 19. Basit mesafeli otokorkuluk detayı	15
Şekil 20. Basit mesafeli otokorkuluk (2,00 m.dikme aralıklı)	15
Şekil 21. Çift taraflı otokorkuluklar	16
Şekil 22. Çift taraflı mesafeli otokorkuluk detayı	17
Şekil 23. Çift taraflı mesafeli otokorkuluk (2,00 m dikme aralıklı)	17
Şekil 24. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar	18
Şekil 25. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar	18
Şekil 26. Beton otokorkuluklar	19
Şekil 27. Beton otokorkuluk tipleri	19
Şekil 28. 1996–2000 yılı arasında yoldan çıkan araçların çarptığı objeler ile bu kazalar sonucu meydana gelen can kayıpları	28

Şekil 29. EDSP-BW (köprü üzeri basit-mesafeli) tipi otokorkuluklar	33
Şekil 30. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum	35
Şekil 31. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim	35
Şekil 32. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	36
Şekil 33. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	36
Şekil 34. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerlerinin görünüşü	37
Şekil 35. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	37
Şekil 36. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü.....	37
Şekil 37. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri	38
Şekil 38. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	38
Şekil 39. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim.....	39
Şekil 40. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	39
Şekil 41. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	40
Şekil 42. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	40
Şekil 43. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü.....	40
Şekil 44. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	41
Şekil 45. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri	41
Şekil 46. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum	42
Şekil 47. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim.....	42
Şekil 48. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	43

Şekil 49. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	43
Şekil 50. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerlerinin görünüşü	43
Şekil 51. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda, oluşan azami kesme kuvveti değerleri	44
Şekil 52. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri	44
Şekil 53. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü	45
Şekil 54. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri	45
Şekil 55. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri	46
Şekil 56. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluk sistemine 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum	47
Şekil 57. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim	47
Şekil 58. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	48
Şekil 59. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	48
Şekil 60. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda, oluşan azami kesme kuvveti değerleri	49
Şekil 61. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri	49
Şekil 62. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü	50
Şekil 63. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri	50
Şekil 64. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri	51
Şekil 65. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim	52
Şekil 66. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	52
Şekil 67. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	53
Şekil 68. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	53

Şekil 69. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda, oluşan azami kesme kuvveti değerleri	54
Şekil 70. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	54
Şekil 71. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü.....	55
Şekil 72. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	55
Şekil 73. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri	56
Şekil 74. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum	57
Şekil 75. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim.....	57
Şekil 76. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	58
Şekil 77. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	58
Şekil 78. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami kesme kuvveti değerleri	59
Şekil 79. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	59
Şekil 80. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	60
Şekil 81. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü.....	60
Şekil 82. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum	61
Şekil 83. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim.....	61
Şekil 84. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri	62
Şekil 85. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	62
Şekil 86. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü	62
Şekil 87. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri.....	63
Şekil 88. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü.....	63

Şekil 89. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri	64
Şekil 90. Tamamen rijit bir sistem olan ve yanal deformasyonu olmayan beton otokorkuluk	66
Şekil 91. Yanal deformasyonu 0.6 - 3.5 m olan çelik otokorkuluklar.....	66
Şekil 92. Beton taş duvara araçların çarpmaması için inşa edilen çelik otokorkuluk	67
Şekil 93. Uç parçası havada bırakılmış ve araç çarpması sonucu aracın otokorkuluk sistemine saplanma riski yüksek olan otokorkuluk sistemi	68
Şekil 94. Uç parçası toprağa gömülmemiş olan sisteme saplanmış araç	69
Şekil 95. Yetersiz çelik dikeç kullanımı ve bağlantı eksikliği ile ortaya çıkan zayıf geçiş bölgesi	70
Şekil 96. Basit otokorkulukların Azaphane virajı için işlevsel yetersizlikleri	71
Şekil 97. Ağır hizmet otokorkuluğun Azaphane virajı için işlevsel yeterliliği	71

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Otokorkulukların tiplerine göre davranışları	20
Tablo 2. Araç hızı, ağırlığı, çarpma açısı ve hızına göre vuruş şiddeti	21
Tablo 3. Aracın ağırlığı-tipi, çarpma açısı ve hızına göre değerlendirilmesi	23
Tablo 4. Araçların engelleme seviyelerine göre yapılması gereken testler.....	24
Tablo 5. Otokorkuluklara yapılması gereken kabul testleri ve onayları	25
Tablo 6. Otokorkuluğun çarpışma genişliği	25
Tablo 7. Ülkemizde kullanılan otokorkuluk tiplerinin performans değerleri	26
Tablo 8. Değişik ülke trafik kaza istatistiklerinin karşılaştırılması	27
Tablo 9. 1996–2000 yılları arası ortalama tek araç kaza istatistikleri	27
Tablo 10. Gerçek çarpışma deneyleri sonuçları	29
Tablo 11. 2008 yılı Balıkcıdere Kavşağı tek araç kaza istatistikleri	72
Tablo 12. 2010 yılı Balıkcıdere Kavşağı tek araç kaza istatistikleri	72
Tablo 13. Dikme aralıklarının değişmesiyle birlikte 0,75 metre yüksekliğindeki sistemin yaptığı sehimlerdeki değişimler	73
Tablo 14. Dikme yüksekliklerinin değişmesiyle birlikte 2,00 metre dikme aralıklı sistemin yaptığı sehimlerdeki değişimler.....	75

KISALTMALAR DİZİNİ

AASHTO	: Amerikan Eyalet Karayolu ve Ulaştırma Birimleri Topluluğu
A.H.O.	: Ağır Hizmet Tipi Otokorkuluk
ASI	: Çarpışma Şiddet Katsayısı
B.O.	: Basit Otokorkuluk
B.M.O.	: Basit Mesafeli Otokorkuluk
Ç.O.	: Çift Taraflı Otokorkuluk
Ç.M.O	: Çift Taraflı Mesafeli Otokorkuluk
DIN	: Alman Standartları Enstitüsü
EDSP-BW	: Köprü Üzeri Basit Mesafeli Otokorkuluk
G4(2W)	: Dikdörtgen Kesitli Kuvvetli Dikmeler, W-ray ve Takozdan Oluşan 4. Sınıf Otokorkuluk Sistemi
NCHRP	: Amerikan Ulusal Anayol Araştırma Programı
O.S.	: Otokorkuluk Sistemi
PHD	: Çarpışma Sonrası Başın Yavaşlama İvmesi
THIV	: Başın Döşeme veya Cama Çarpma Hızı
W-ray	: Otokorkuluklarda Kullanılan 2 Boğumlu Ray

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülke altyapısının bir parçası olan karayolları, çevresindeki bölgeler ile uyumlu bir şekilde planlanır. Bu uyum düşünülmeden salt karayolu platformu inşa edilmesi sadece bir altyapı tasarım hatası olmakla kalmaz, aynı zamanda karayolunu terk eden araçlar için büyük tehlike ve güvenlik sorunları oluşturur. Gelişmiş ülke olmanın işaretlerinden bir tanesi de karayolu tasarımı yapılırken yolları çevreleyen bölgelerin de tasarıma dahil edilmesidir.

Karayolu kazaları oluş yeri itibariyle iki gruba ayrılır:

- Yol Platformu İçerisinde Meydana Gelen Kazalar
- Yol Platformu Dışında Meydana Gelen Kazalar

Karayolu platformunu terk eden araçların içerisine girdiği bölgeye literatürde “yol kenar bölgesi” denir.

Ülkemizde meydana gelen her üç ölümlü kazadan bir tanesinin tek aracın yoldan çıkması ile meydana geldiği düşünülecek olursa, bu konunun üzerine ivedilikle giderek kazaların oluş nedenleri ve çözümü için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Şekil 1’de yol kenar bölgesi kazalarından örnekler gösterilmektedir.



Şekil 1. Yol kenar bölgesi kazası

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de karayollarında seyir halinde olan araçların yoldan çıkıp daha büyük şiddette kaza yapmalarını önlemeye yönelik yapılan otokorkuluk uygulamalarını malzeme, montaj, şekil, boyut, dikme aralıklarının ve dikme yüksekliklerinin kaza sonuçlarına etkisi açısından karşılaştırmalı olarak araştırmaktır. Dikme aralıklarının ve dikme yüksekliklerinin kazaların sonuçlarına etkisini incelemek için, EDSP-BW tipi otokorkuluklar SAP2000 programı yardımıyla modellenmiş, farklı dikme aralıklarına ve farklı dikme yüksekliklerine sahip otokorkulukların yaptıkları sehimler ortaya konularak irdelenmiştir. Karayollarının değişik bölgelerde araçların yoldan çıkmaları durumunda çarpabilecekleri objeler çok değişiklikler göstermektedir. Bu çarpılabilecek objelerin tiplerine ve tehlike durumlarına göre doğru otokorkuluk seçimi yapılması gerekmektedir. Ayrıca bir diğer amaç da otokorkulukların minimum hata ile üretilip monte edilmesidir. Aksi halde kaza şiddetini azaltmak için çok paralar harcayıp inşa edilen otokorkuluklar daha şiddetli kazalara neden olabilirler.

1.3. Araçların Yolu Terk Etme Nedenleri

Araçların yolu terk etme sebepleri şu nedenlerden kaynaklanır:

- Sürücü yorgunluğu veya dikkatsizliği
- Aşırı hız yapma
- Alkol veya uyuşturucu etkisinde araç kullanma
- Bir nesneye çapmamak için manevra yapma
- Yol üst yapı ve tasarım yetersizlikleri
- Araç teknik sorunları
- Yetersiz görüş
- Hava koşulları

Şekil 2’ de araçların yoğun sis altındaki tehlikeli seyirleri görülmektedir.



Şekil 2. Yoğun sis

Şekil 3' te kaygan yüzeyli yollara örnek gösterilmektedir.



Şekil 3.Kaygan yüzey (URL-6, 2010)

1.4. Affedici Yol Kenarı

Yoldan çıkma nedeni ne olursa olsun, tehlike yaratabilecek rijit engel, dik eğimli şev gibi tehlikelerin yol kenarlarında bulunmaması, yoldan çıkan araçlar için can ve mal kaybı riskini büyük ölçüde azaltacaktır. Gerçekçi düşünüldüğünde bu şartları sağlayan bir yolkenarı çoğu zaman olmayacaktır. Bu durumlarda, güvenliği artırmak için affedici yol kenarı dizaynı uygulanabilir (Atahan, 2001)

Bu dizaynda yapılabilecek olasılıklar;

- Yol kenarından belirli bir mesafeye kadar tüm engeller kaldırılarak temiz yol kenarı oluşturulması,
- Engellerin üzerinden araç geçebilecek şekilde tasarlanması,
- Engelin yol kenarlarından uzağa alınması,
- Engele çarpma kaçınılmaz ise, çarpmanın şiddetini azaltmak için engellerin kırılabilir yapılması,
- Engelin önünün otokorkuluk ile kapatılarak aracın engele ulaşmasının önlenmesi,
- Otokorkuluk çakılamıyorsa en son çare olarak engelin aydınlatılarak dikkat çekmesinin sağlanması,

şeklinde sıralanabilir.

Temiz yol kenarı, yol platformunu terk eden araçların hiç bir engele rastlamadan güven içerisinde seyredebileceği yol kenar bölgesidir. Tüm engellerden arındırılmış olduğu için bu isimle anılmaktadır. Pratikte böyle bir bölge oluşturulması ek maliyetler getireceği için ekonomi ile ters orantılıdır. Şekil 4'te affedici yol kenarına bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 4. Affedici yol kenarı örneği

1.5. Karayolunu Terk Eden Araçlar İçin Tehlike Oluşturan Unsurlar

Karayolunu terk eden araçlar için temiz yol kenarı sağlanamadığı durumlarda bu bölgede insan yapımı veya doğal tehlikeler mevcut olabilir. Bu tehlikeleri 2 ana grupta toplamak mümkündür:

- Yayılı tehlikeler
- Noktasal tehlikeler

1.5.1. Yayılı Tehlikeler

Karayollarındaki yayılı tehlikeleri aşağıdaki gibi sıralandırabiliriz:

- Karayoluna paralel açılmış kanallar,
- Yarma veya doldu şevleri,
- Ormanlık alanlar,
- İstinat duvarları

1.5.1.1. Karayoluna Paralel Açılmış Kanallar

Karayoluna paralel açılmış kanallar, araçların kontrolünü kaybetmelerine, takla atmalarına ve yol platformu dışındaki sabit cisimlere dengesiz çarpıp daha şiddetli kazalar meydana gelmesine sebebiyet vermektedirler. Özellikle Şekil 5'te görüldüğü gibi kanal orta refüjde ise, kontrolünü kaybeden araç kanala düşmesiyle birlikte kontrolünü tamamen yitirecek ve muhtemelen karşı şerite geçecektir. Böylelikle oluşabilecek kazanın şiddeti çok daha büyük olacaktır.



Şekil 5. Karayoluna paralel açılmış kanallar

1.5.1.2. Yarma ve Dolgu Şevleri

Şev veya banket gibi yola yakın ve eğimi dik olan yapıların dizaynı da karayolları güvenliği için önem taşımaktadır. Birçok bölge sürücülere arz ettiği tehlikenin farkına varılmadığından veya başka sebeplerden dolayı hiç bir önlem alınmadan bırakılmıştır.

Şekil 6 ve 7’de araçların çarpmaları veya düşmeleri halinde kontrolünü kaybedebileceği ya da takla atabileceği eğimli banket-şeve bir örnek gösterilmektedir.



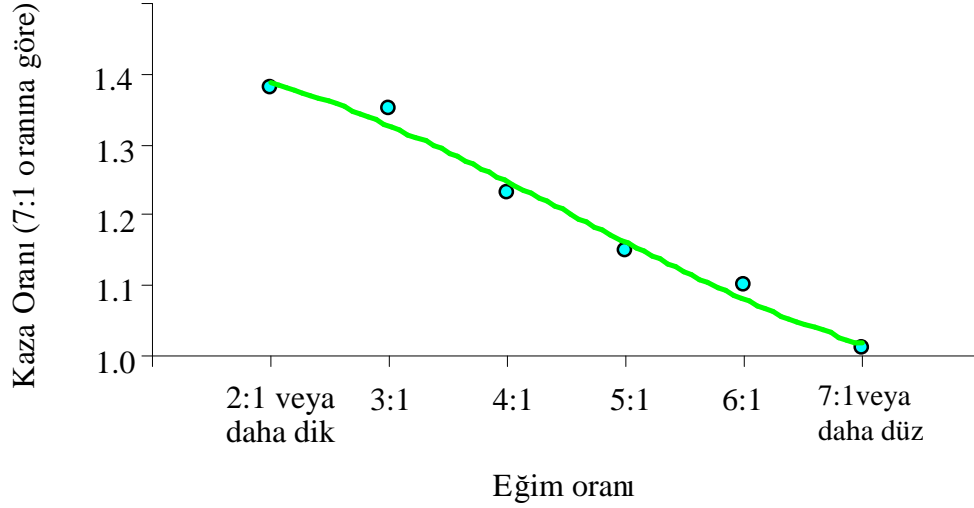
Şekil 6. Yarma şevleri



Şekil 7. Dolgu şevleri

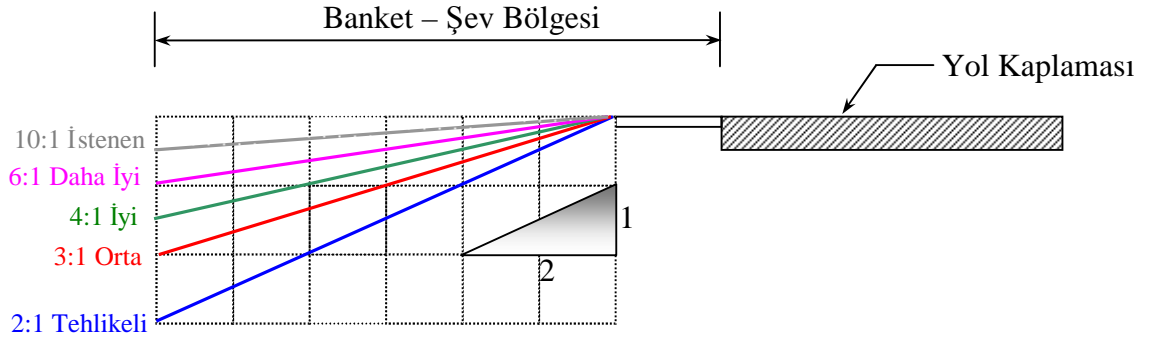
Temel olarak, temiz yol kenarı sağlanabilmesi için banket-şev eğimin en az 4:1 olması ve yolun her iki tarafındaki 7 ila 10 metrelik bir alanın doğal ve yapay engellerden temizlenmesi gerekmektedir. Eğer bu alanlar herhangi bir şekilde engellerden arındırılmıyor ise bu araçların bu engellere çarpması bariyerlerle önlenmeli veya bu engeller olası bir çarpışma durumunda kınılabılır şekilde yapılmalıdır. (Atahan, 2001)

Banket veya şevlerin eğimi yol kenarlarının güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Eğimin mümkün oldukça yataya yaklaştırılmasına çalışılmalıdır. Şekil 8’de banket-şev eğimine bağlı olarak kaza oranları verilmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi 6:1 veya daha büyük eğimlerde kaza oranları çok azalmaktadır.



Şekil 8. Banket-şev eğimi ile kaza oranları arasındaki 7:1 eğime göre ilişki (Atahan, 2001)

Genel olarak banket-şev eğimlerinin güvenliğinin değerlendirilmesi Şekil 9’da verilmektedir. Eğimin Şekil 9’da belirtildiği gibi tehlikeli veya orta çıkması durumunda banket-şev bölgesi mutlaka bariyer ile korunmalıdır (Atahan, 2001).



Şekil 9. Banket-şev eğim güvenliğinin genel olarak değerlendirilmesi (Atahan, 2001)

1.5.1.3. Ormanlık Alanlar

Yol kenarlarında bulunan ağaçların yola güzel görünüm sağladığı düşünülürse bunların bulunduğu yerlerden kaldırılması olasılığı hemen hemen imkansızdır. Yerel otoritelerce, en azından yol çevresine ağaç dikilmesinin önlenmesi bu tip kazaların olma olasılığını azaltacaktır. Şekil 10'da ağaçların yolun kenarında nasıl yayılı tehlike oluşturdukları gözlenmektedir.



Şekil 10. Yol platformuna yakın ormanlık alan

1.5.1.4. İstinat Duvarları

İstinat duvarları, karayollarında en sık inşa edilen sanat yapılarından birisidir. Rijit yapılarıyla, karayolunu terk eden araçlar için büyük tehlike oluştururlar. Ayrıca taş

duvarlar ile yol platformu arasında genelde beton su kanalları olduğu için, araç duvara çarpmadan önce aracın dengesi kanalda bozulmaktadır ve araç duvara dengesiz biçimde çarpmaktadır. Böylece oluşan kazanın şiddeti artmaktadır. Şekil 11’ de karayollarında sık rastladığımız yayılı tehlikelerden birisi olan istinat duvarları görülmektedir.



Şekil 11. İstinat duvarları (Yomra/Trabzon çıkış kavşağı yanı, 2010)

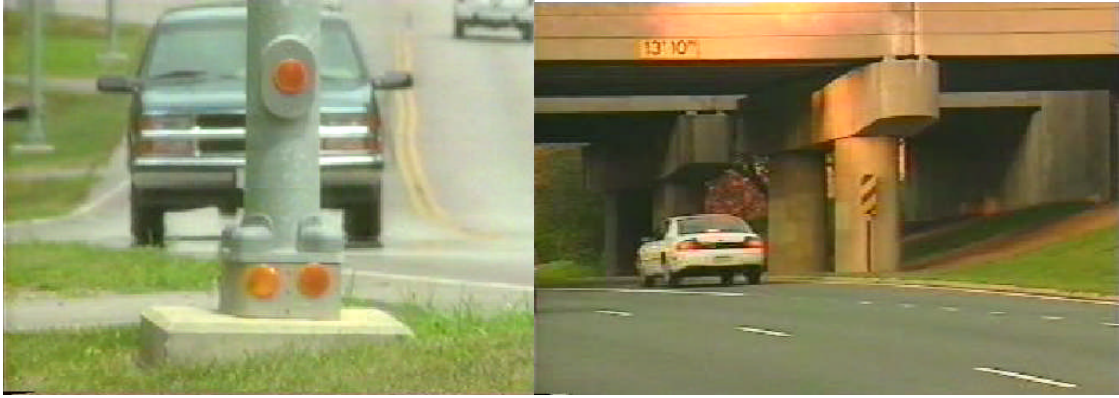
1.5.2. Noktasal Tehlikeler

Karayollarındaki noktasal tehlikeleri aşağıdaki gibi sıralandırabiliriz:

- Tek ağaçlar (Şekil 12)
- Yığma yapılar (Şekil 14)
- Elektrik, ışıklandırma direkleri (Şekil 13)
- Köprü duvarı, kolonları ve otokorkulukları (Şekil 15)
- Menfez, drenaj boruları (Şekil 16) (Sabey, B.e ve Taylor, H., 1980)



Şekil 12. Yol kenarındaki tek ağaç örneği



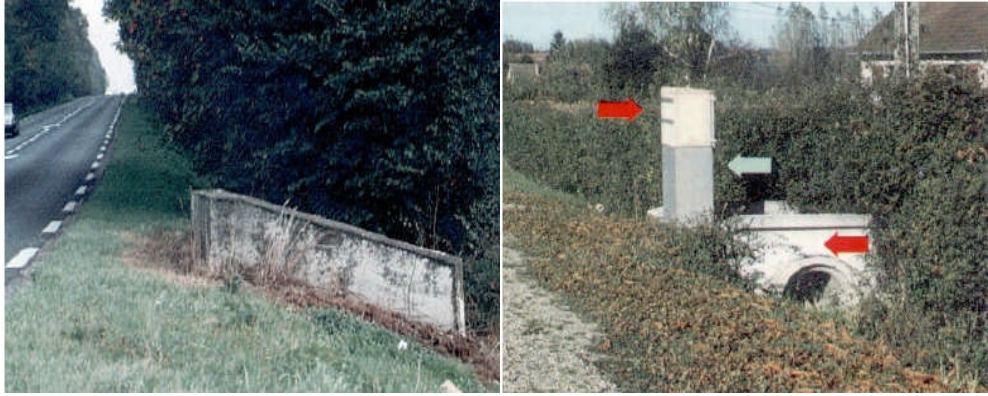
Şekil 13. Aydınlatma direği ve yol platformuna bitişik köprü kolonu



Şekil 14. Korunmamış köprü korkulukları



Şekil 15. Korumasız köprü duvarları



Şekil 16. Menfez duvarları ve drenaj boruları

1.6. Otokorkuluk Kullanımını Gerektiren Yol Kenarı Engelleri

Otokorkuluklar, etki tarzları bakımından, çarpan aracı yola geri döndüren ve çarpma etkisini sönmleyen koruma tertibatlarıdır. Otokorkuluklar kendileri de yol platformuna uygulanan yapay engeller olduğu için sadece engele çarpmanın otokorkuluğa çarpmadan daha tehlikeli olduğu durumlarda kullanılmalıdır. Herhangi bir yere otokorkuluk kullanılmasına karar verirken aşağıdaki durumlar göz önüne alınmalı:

- Temiz yol kenar mesafesi içerisinde engel bulunması
- Bu engelin kaldırılamaz ve kırılmaz olması
- Yol kenarındaki şevlerin tehlikeli oranda olması
- Yoldaki araç hacminin yoğun olması

- Kaza noktasındaki kaza sayısının yüksek olması (AASHTO, 1996).

Otokorkuluk kullanımını gerektiren yol kenarı engelleri:

- Dik dolgu şevleri 1D:3Y yüksek dik şevler ve tabii zemin kotu ile yol kotu arasındaki 3 m.'den fazla yüksekliğin bulunması
- Kayalık yarmalar
- Derinliği 0,60 m.'nin üzerindeki su birikintileri
- Çapı 0,10 m.'den büyük olan ağaçlar
- Derinliği 0,60 m.'den fazla ve 1D:1Y'den daha dik olan banket kenar düşmeleri
- Köprü ayaklar, köprü yaklaşım dolguları
- İstinat duvarları
- Sabit işaret dikmelerinin mesnetleri
- Yan yolda bulunan menfez ve köprü açıklıkları
- Menfezlerin ya da büzlerin başlık duvarları ve uç kısımları
- Yüksekliği 0,25m.'den büyük kaya parçaları (AASHTO, 1996).

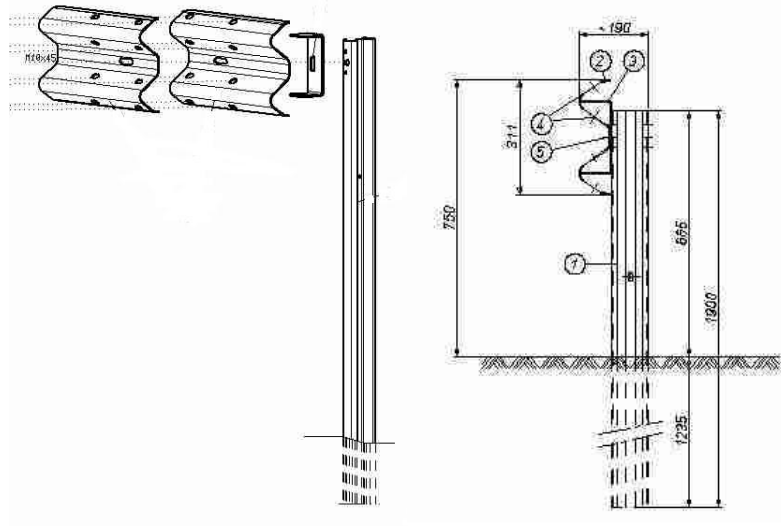
1.7. Türkiye Yollarında Kullanılan Otokorkuluk Tipleri

- Basit Otokorkuluk
- Basit Mesafeli (takozlu) Otokorkuluk
- Çift Taraflı Otokorkuluk
- Çift Taraflı Mesafeli(takozlu) Otokorkuluk
- Ağır Hizmet Otokorkuluklar
- Çelik Halatlı Otokorkuluk
- Betonarme Otokorkuluk (T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolları Teknik Şartnamesi, 2006)

1.7.1. Basit Otokorkuluklar (U Takozlu Otokorkuluk)

Otokorkuluk tipleri içerisindeki en basit sistemdir. Daha çok binek otomobillere ve küçük araçlara hitap etmektedir. Otokorkuluk sisteminin birim ağırlığı 18,7 kg /m'dir. Şekil 17'de basit otokorkuluk sisteminin detayı görülmektedir. Otokorkuluk üst kotu ile yol platformu üst kaplaması arasındaki mesafe 75 cm'dir. Otokorkuluk rayı ile otokorkuluk

dikmesi arasında u takozu vardır ve ray dikmeye yapışık görüntüsündedir. Otokorkuluk dikmesinin toprağa gömülü kısmı 123,5 cm'dir(European Committee for Standardization, 1998). Türkiye'de yollarımızda sıkça kullanılan basit otokorkuluk Şekil 18'de gösterilmektedir.



Şekil 17. Basit otokorkuluk detayı (URL-1, 2010)

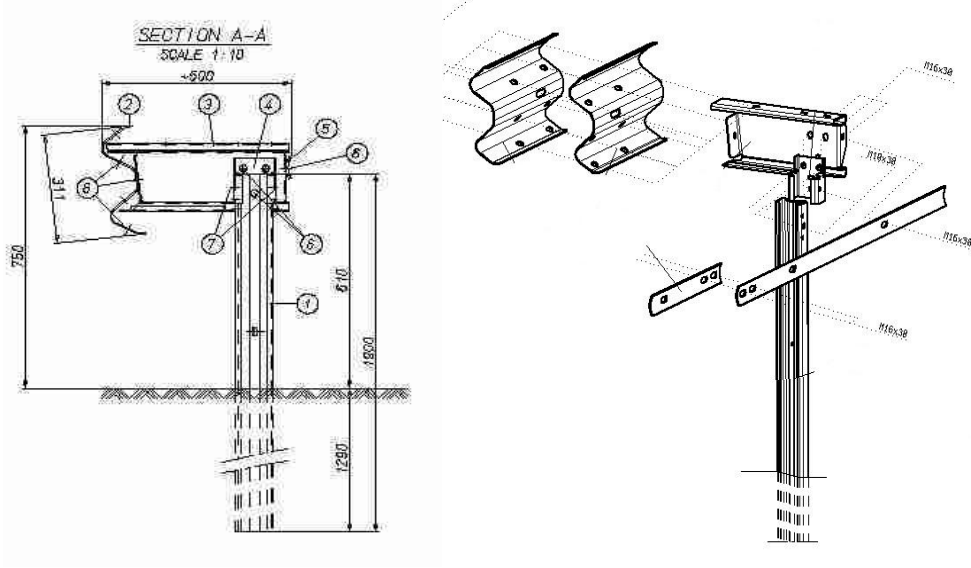


Şekil 18. Basit otokorkuluk (2,00 m dikme aralıklı) (URL-5, 2010)

1.7.2. Basit Mesafeli (480 mm Takozlu) Otokorkuluklar

Basit mesafeli otokorkuluğun sistem olarak u takozlu otokorkuluktan farkı dikme ile ray arasındaki mesafedir. Basit mesafeli otokorkuluğun detayı Şekil 19'da

gösterilmektedir. Bu mesafe 480 mm' lik takoz ile sağlanmaktadır. Ayrıca otokorkuluğun arkasında ikinci bir kiriş görevi gören kuşak bulunmaktadır. Bu kuşak sayesinde sistem çok daha esnek ve dayanıklı bir yapı haline gelmektedir. Bu sisteminde kaplamadan yüksekliği 75 cm'dir. Bu otokorkuluk sisteminin birim ağırlığı 24,4 kg'dır(European Committee for Standardization, 1998). Türkiye'de, yollarımızda sıkça rastladığımız basit mesafeli otokorkuluk Şekil 20'de gösterilmektedir.



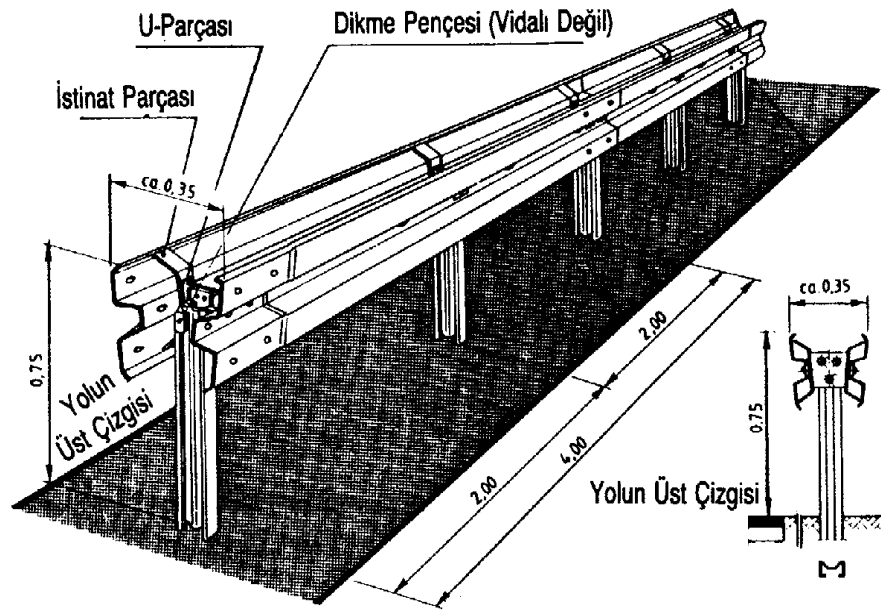
Şekil 19. Basit mesafeli otokorkuluk detayı (URL-2, 2010)



Şekil 20. Basit mesafeli otokorkuluk (2,00 m.dikme aralıklı) (URL-8, 2010)

1.7.3. Çift Taraflı Otokorkuluklar

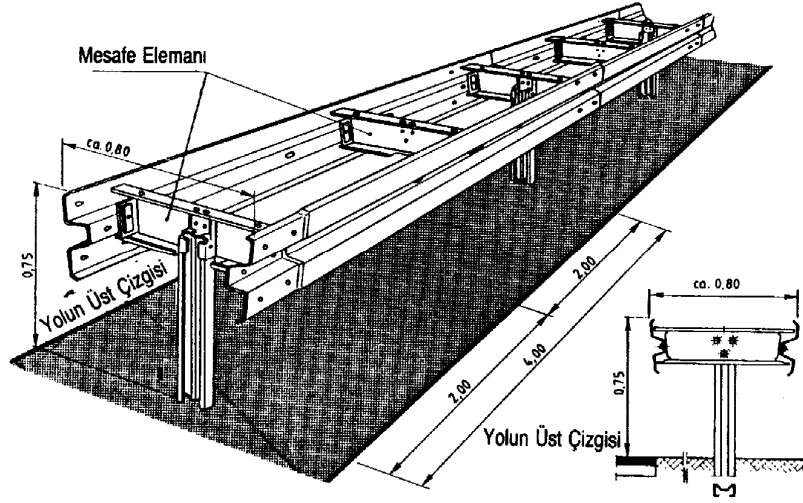
Bir dikmenin iki yanına da birer tane u takozu monte edilip bu takozlara otokorkuluk rayı bağlanmasıyla oluşan otokorkuluk sistemleridir. Bu sistemin detayı Şekil 21’de gösterilmektedir. Bu sistemin de yol kaplama yüzeyinden yüksekliği 75 cm’dir(European Committee sor Standardization, 1998). Bu sistem yalnızca refüjlerde ya da yol platformunu ikiye bölen bölgelerde kullanılır. Otokorkuluk sisteminin ön tarafı da arka tarafı da darbeye çalışır.



Şekil 21. Çift taraflı otokorkuluklar (URL-3, 2010)

1.7.4. Çift Taraflı Mesafeli (780 mm Takozlu) Otokorkuluklar

780 mm’lik takozun bağlantı elemanı ile birlikte dikmeye bağlanıp, takozun her iki yanına da otokorkuluk bağlanmasıyla oluşan otokorkuluk sistemidir. Bu sistemin detayı Şekil 22’de gösterilmektedir. Bu sistemde yerden yüksekliği 75 cm’dir. Sistemin birim ağırlığı 40,4 kg/m’dir. Bu sistem takozsuz çift taraflı otokorkuluklara göre daha esnek bir yapıya sahiptir(European Committee sor Standardization, 1998). Bu sistem yalnızca refüjlerde ya da yolu ikiye bölen bölgelerde kullanılır. Otokorkuluk sisteminin her iki tarafı da darbeye çalışır. Şekil 23’de çift taraflı mesafeli otokorkuluklar gösterilmektedir.



Şekil 22. Çift taraflı mesafeli otokorkuluk detayı (URL-4, 2010)



Şekil 23. Çift taraflı mesafeli otokorkuluk (2,00 m dikme aralıklı)

1.7.5. Ağır Hizmet Tipi Otokorkuluklar

Bu sistem trafikte büyük araçların yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde ve otokorkuluk gerektiren yerlerde kullanılır. Bu sistem diğer otokorkuluk sistemlerine göre daha rijit bir sistemdir. Diğer sistemlerde dikme boyları 1,90 cm iken bu sistemin dikme boyları 2,40 cm'dir. Diğer sistemlerin rayları iki boğumlu raylardır. Ağır hizmet tipi otokorkulukların rayları ise 3 boğumlu raydan oluşur. Otokorkuluk sisteminin yüksekliği 117 cm'dir(European Committee for Standardization, 1998). Otokorkuluk sistemi yüksek olduğundan; araçların dikmelere çarpıp tekerleri kopmasını önlemek için rayların alt

kısından u kirişı denilen bir kiriş sistemi geçmektedir. Şekil 24 ve 25'te ağır hizmet tipi otokorkuluklar gösterilmektedir.



Şekil 24. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar (Hopa, 2007)



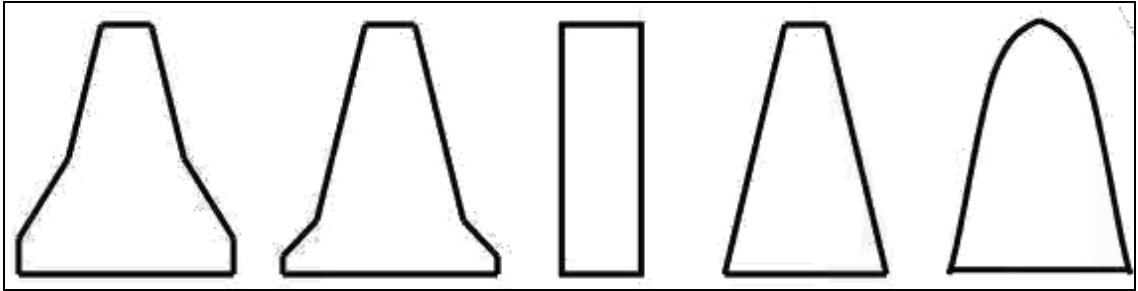
Şekil 25. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar (Hopa, 2007)

1.7.6. Betonarme Otokorkuluklar

Betonarme otokorkuluklar çarpmaya karşı çok rijit otokorkuluklardır. Şekil 26'da beton otokorkuluklar gösterilmektedir. Bu rijit davranışlarından dolayı beton otokorkuluklar çelik otokorkuluklara göre çok daha az tercih edilen bir otokorkuluk tipidir. Şekil 27'de beton otokorkuluk tipleri gösterilmektedir.



Şekil 26. Beton otokorkuluklar

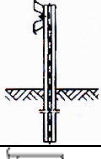

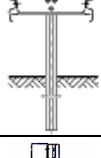

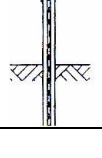


Şekil 27. Beton otokorkuluk tipleri (TC. KGM. Bakım Dairesi Başkanlığı Trafik Şb.Müd., 2002)

1.8. Otokorkuluk Sistemlerinin Değerlendirme Kriterleri

Otokorkulukların tiplerine göre davranışları değişiklik göstermektedir. Araç cinslerine göre hangi tip otokorkulukların kullanılacakları ve bu otokorkulukların tesir dereceleri Tablo 1’ de gösterilmektedir.

Tablo 1. Otokorkulukların tiplerine göre davranışları (DIN EN 1317)

Otokorkuluk tipi	Dikme aralığı	Otokorkuluk Kesiti	Araç cinsi	Tesir bölgesi	Tesir derecesi
Basit Otokorkuluk Basit Otokorkuluk	4.00 2.00		N2 N2	W5 W4	$W \leq 1,7$ $W \leq 1,3$
Basit Mesafeli Otokor. Basit Mesafeli Otokor.	2.00 1.33		H1 H1	W5 W4	$W \leq 1,7$ $W \leq 1,3$
Çift Mesafeli Otokor. Çift Mesafeli Otokor.	4.00 1.33		H1 H2	W6 W7	$W \leq 2,1$ $W \leq 2,5$
Yandan Açık Kutu Profilli Otokorkuluk	2.00		H1	W5	$W \leq 1,7$
Altan Açık Kutu Profilli Otokorkuluk	2.00		H1	W3	$W \leq 1,0$

DIN EN 1317’ye göre:

- Vasıta cinsi, hızı ve vuruş şiddeti (etki)
- Otokorkuluk üzerinde oluşan tesir derecesi (tepki)
- Oluşan ivmeden dolayı taşıt içindekiler üzerindeki tahribat
- Fiyat
- Tamirat İmkânları
- Bakım Masrafları
 - Süpürge ile temizlik
 - Kar temizliği

- Karşı tarafın göz kamaştırma tehlikesi

1.8.1. Vasıta Cinsi, Hızı; Vuruş Şiddeti (Etki)

Araçlar cinslerine, ağırlıklarına, çarpma açlarına ve çarpışma hızlarına göre sınıflara ayrılırlar. Bu sınıflandırma Tablo 2' de görülmektedir.

Tablo 2. Araç hızı, ağırlığı, çarpma açısı ve hızına göre vuruş şiddeti (Ross, H.E. JR., Sicking, D.L., Zimmer, R.A. ve Michie, J.D., 1993)

	Araç Cinsi	Ağırlığı	Çarpma Açısı	Çarpma Hızı
T1	Otomobil	1,3 ton	80	80 Km/Saat
T2	Otomobil	1,3 ton	150	80 Km/Saat
T3	Kamyon	10 ton	80	70 Km/Saat
N1	Otomobil	1,5 ton	200	80 Km/Saat
N2	Otomobil	1,5 ton	200	110 Km/Saat
H1	Kamyon	10 ton	150	70 Km/Saat
H2	Otobüs	13 ton	200	70 Km/Saat
H	Kamyon	16 ton	200	80 Km/Saat
H4a	Kamyon	30 ton	200	65 Km/Saat
H4b	Kamyon	38 ton	200	65 Km/Saat

1.9. Otokorkulukların Çarpışma Testleri

Çarpışma testleri genel olarak, bir aracın belirli bir hız ve açı ile dayanıklılığı belirlenmek istenen otokorkuluğa çarptırılmasından ibarettir. 1500 kg ağırlığın altındaki araçlar 50-110 km/h hız ve 8-20 derece açı ile, 10 ton ağırlığın üstündeki araçlar ise 65-80 km/h ve 8-15 derece açı ile otokorkuluğa çarptırılırlar. 1500 kg lık araç testi düşük ve normal engelleme otokorkuluklar için gereken, 10 ton luk araç testi yüksek ve çok yüksek engelleme düzeyine sahip ağır otokorkulukları içindir. Bu testler en çok otokorkulukların dayanımını ölçmede kullanılır ve en gayri müsait şartlardır(Plaxico, C.A., Ray, M.H. ve Hiranmayee, K., 2000).

Otokorkuluk sistemleri için şu anda dünyada kabul edilen iki çarpışma testi standardı bulunmaktadır. Bunlar; Amerika'da kullanılan NCHRP Report 350 ve Avrupa'da kullanılan EN 1317'dir (Coon, B.A., Reid, J.D. ve Rohde, J.R., 1999).

Her iki standartta çarpışma testlerinin nasıl yapılacağını, araç tiplerini, hızlarını ve sonuçların nasıl değerlendirileceğini ve daha birçok detayı içermektedir. İki test standardı genelde birbirine benzemekle birlikte bazı küçük eklemeleri ve çıkartmaları vardır.

Çarpışma testlerinin sonuçları genel olarak üç ana başlıkta değerlendirilir.

- Otokorkuluğun yapısal yeterliliği
- Araç içindekilerin yaralanma riski
- Çarpışma sonrası aracın otokorkuluktan ayrılma durumu (Kullgren, A., 1998)

1.9.1. Çarpışma Testi Sonuç Kriterleri

1.9.1.1. Otokorkuluk Yapısal Yeterliliği

Otokorkuluğun kopmaması, rayın yırtılmaması ve güvenli bir şekilde aracın enerjisini absorbe ederek hızını yavaşlatması ile trafiğin içine göndermemesi kriterleri gözlenir.

1.9.1.2. Araç İçindekilerin Yaralanma Riski

Bunlar çarpışma şiddetiyle araç içindekilerin yaralanmaması, sıkışmaması kriterleri gözlenir. Bu derecelendirme EN 1317 standardında üç parametreye göre değerlendiriliyor.

1. THIV (Theoretical Head Impact Velocity – Başın döşeme veya cama çarpma hızı) Bu değer 33 km/h aşağı olması gerekiyor.

2. PHD (Post Impact Head Deceleration – Çarpışma sonrası başın yavaşlama ivmesi) Bu değer 20 g yi geçmesini gerekiyor.

3. ASI(Accident Severity Index – Çarpışma şiddet katsayısı) Bu değer 1 den küçük olması isteniyor.

Ölçülen değer;

ASI < 1.0 ise A olarak tanımlanıyor.

1.0 ≤ ASI < 1.4 ise B olarak tanımlanıyor.

$1.4 \leq ASI < 1.6$ ise C olarak tanımlanıyor.
(European Committee for Standardization, 1998)

1.9.1.3. Çarpışma Sonrası Aracın Otokorkuluktan Ayrılma Durumu

Çarpma sonrasında otokorkuluktan ayrılma açısı, devrilme riskinin olup olmadığı, araçtan kopan parçaların trafiği engellememesi, aracın dört tekeri üzerinde kalması gibi kriterleri gözlenir ve değerlendirilir (European Committee for Standardization, 1998).

1.10. Otokorkuluk Sistemlerinin Derecelendirilmesi Kriterleri

İlgili firma tarafından üretilen otokorkuluklar sistemlerin hitap edeceği araç kompozisyonunun dolayısıyla da dayanabileceği enerjinin tespiti amacıyla sistemler TB11, TB21... vb. gibi testlere tabi tutulurlar. Bu testlerin TB... numarası değiştikçe de çarpan aracın tipi, ağırlığı, çarpma hızı ve çarpma açısı gibi değerler farklılık gösterir. Otokorkulukların derecelendirilme kriterleri Tablo 3' te gösterilmiştir.

Tablo 3. Aracın ağırlığı-tipi, çarpma açısı ve hızına göre değerlendirilmesi (Delannoy, A., Langford, J., Corben, B.F., Newstead, S.V. ve Jacques, N., 2002)

Test kodu	Araç ağırlığı ve tipi	Çarpma açısı
TB11	900 kg otomobil	20 derece 100 km/saat
TB21	1300 kg otomobil	8 derece 80 km/saat
TB22	1300 kg otomobil	15 derece 80 km/saat
TB31	1500 kg otomobil	20 derece 110 km/saat
TB32	1500 kg otomobil	20 derece 110 km/saat
TB41	10000 kg kamyon	8 derece 70 km/saat
TB42	10000 kg kamyon	15 derece 70 km/saat
TB51	13000 kg otobüs	20 derece 70 km/saat
TB61	16000 kg kamyon	20 derece 80 km/saat
TB71	30000 kg kamyon	20 derece 65 km/saat
TB81	38000 kg yan rem a.(tır)	20 derece 65 km/saat

Çarpışma testlerinin sonuçları değerlendirilerek ilgili firmanın tasarımı otokorkuluk sisteminin;

1. Çarpan aracı engelleme seviyesi: Otokorkulukların çarpışma esnasında dayanabilecekleri enerji seviyesi (T1, T2, N1, H4b vb. değerleri)
2. Çarpışma indeks katsayısı: (ASI değeri A,B,C ve THIV ve PHD değerleri)
3. Çarpışma genişliği: (Yanal deformasyon) W1, W2, W3 vb. gibi değerler)

Yapılan bu testler sonucunda otokorkuluklar sınıflandırılırlar. Araçların engelleme seviyelerine göre yapılması gereken testler Tablo 4' te görülmektedir.

Tablo 4. Araçların engelleme seviyelerine göre yapılması gereken testler(European Committee sor Standardization, 1998)

Engelleme Seviyesi		Kabul Testleri (Yapılması Gereken Sağlaması Gereken Testler)
Açık Düşük Koruması	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 ve TB21
Normal Hizmet	N1	TB31
	N2	TB32 ve TB11
Ağır Hizmet	H1	TB42 ve TB11
	H2	TB51 ve TB11
	H3	TB61 ve TB11
Çok Ağır Hizmet	H4a	TB71 ve TB11
	H4b	TB81 ve TB11

Otokorkuluklara yapılması gereken kabul testleri ve onayları Tablo 5' te görülmektedir.

Tablo 5. Otokorkuluklara yapılması gereken kabul testleri ve onayları (European Committee for Standardization, 1998)

Engelleme Seviyesi		Sisteme Yapılması Gereken Kabul Testleri Ve Onayları				
		Testin Kodu	Sisteme Çarpan Aracın			
			Cinci	Ağırlığı	Çarpma Açısı	Çarpma Hızı (Km/saat)
Düşük Açık Koruması	T1	TB21	Otomobil	1.3 Ton	8°	50
	T2	TB22	Otomobil	1.3 Ton	15°	80
	T3	TB21	Otomobil	1.3 Ton	8°	50
		TB41	Kamyon	10.0 Ton	8°	70
Normal Hizmet	N1	TB31	Otomobil	1.5 Ton	20°	80
	N2	TB11	Otomobil	0.9 Ton	20°	100
		TB32	Otomobil	1.5 Ton	20°	110
Ağır Hizmet	H1	TB42	Kamyon	10.0 Ton	150°	70
	H2	TB11	Otomobil	0.9 Ton	20°	100
		TB51	Otobüs	1.3 Ton	20	70
	H3	TB11	Otomobil	0.9 Ton	20°	100
		TB61	Kamyon	16.0 Ton	20°	80
Çok Ağır Hizmet	H4a	TB11	Otomobil	0.9 Ton	20°	100
		TB71	Kamyon	30.0 Ton	20°	65
	H4b	TB11	Otomobil	0.9 Ton	20°	100
		TB81	Otomobil	38.0 Ton	20°	65

Otokorkulukta çarpışma testi sonrasında uğradığı esneme ve deforme miktarı (çalışma genişliği) dinamik deformasyon olarak nitelendirilir. Meydana gelen deformasyon miktarını sistemin kullanılacağı yerde arkasında bulunan engelin uzaklığı ile uyumlu olmalıdır. Otokorkulukların deformasyon genişlikleri Tablo 6' da görülmektedir.

Tablo 6. Otokorkuluğun çarpışma genişliği (Rizer, 2003)

Eformasyon (Working Witch)	Deformasyon Derinliği (Yanal Deformasyon Mik.)
W1	$W \leq 0,6$ m.
W2	$W \leq 0,8$ m.
W3	$W \leq 1,0$ m.
W4	$W \leq 1,3$ m.
W5	$W \leq 1,7$ m.
W6	$W \leq 2,1$ m.
W7	$W \leq 2,5$ m.
W8	$W \leq 3,5$ m.

Örnek: Otokorkuluğun hizmet seviyesinin tespiti

Araç Ağırlığı = 30.000 kg

Araç Hızı = 65 km/saat = 18.05 mt/saniye

Çarpma Açısı = 20 derece

Otokorkuluğun çarpışma esnasında maruz kaldığı enerjinin hesabı:

$$E = \frac{1}{2} M (V \sin\theta)^2 = 0,5 (30) \times ((18.05 \times \sin 20))^2 = 572 \text{ kJ.}$$

İhtiyacımız olan otokorkuluk tipinin hesapladığımız bu enerji değerini karşılaması gerekmektedir. Bu değeri abaklardan kontrol ederek ihtiyacımız olan otokorkuluk tipini bulabiliriz. Bu örnekte ihtiyacımız olan otokorkuluk tipinin H4a tipi ağır hizmet otokorkuluğu olduğunu tespit edebiliriz (TB71 ve TB11 testi yapılmalıdır).

Ülkemizde kullanılan basit otokorkuluklar, basit mesafeli otokorkuluklar, çift taraflı otokorkuluklar ve ağır hizmet tipi otokorkulukların performans değerleri Tablo 7’de görülmektedir.

Tablo 7. Ülkemizde kullanılan otokorkuluk tiplerinin performans değerleri (TC. KGM Trafik Şb.Müd., 2002)

Tip	Engelleme Seviyesi	Çarpışma Şiddet Katsayısı (As1) (A)	Deformasyon	
			Kodu (Working With)	Derinliği (Yanal Deformasyon mik.)
B.O/4.00	N2	A	W5	W5=1,6 M.
B.O/2.00	N2	A	W4	W4=1,6 M.
B.M.O/2.00	H1	A	W5	W5=1,6 M.
B.M.O/1.33	H1	A	W4	W4=1,2 M.
Ç.M.O/4.00	H1	A	W5	W6=1,9 M.
Ağır hizmet Tipi	H2	A	W4	W4=1,3 M.

1.11. Otokorkulukların Kazaları Önlemedeki İstatistiksel Veriler

Atahan (2001), tek araç kazaları ve önleme metotlarını incelemiştir. Trafik kazalarının ülkemizdeki en önemli sağlık problemlerinden birini oluşturduğunu ve

ülkemize ekonomik olarak da büyük darbe vurduğunu belirtmiştir. Türkiye’de yollarda hayatını kaybeden insanları istatistiksel olarak incelemiş ve çıkan sonucu diğer ülkelerdeki durumlar ile karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma Tablo 8’ de gösterilmektedir.

Tablo 8. Değişik ülke trafik kaza istatistiklerinin karşılaştırılması (Devlet İstatistik Enstitüsü, 2000)

Ülke	Toplam Can Kaybı (30 gün içerisinde)				Araç Sayısı (x 1000)				Milyon Araç km Başına Can Kaybı			
	1980	1990	2000	% 00/80	1980	1990	2000	% 00/80	1980	1990	2000	% 00/80
AB	69,456	72,786	79,180	14	93,780	165,450	225,072	140	5.2	3.0	2.1	-60
Amerika	43,635	43,825	41,234	-5	132,962	171,653	193,299	45	2.2	1.3	0.7	-68
Japonya	14,030	12,039	12,285	-12	28,935	48,268	62,962	118	0.6	0.4	0.2	-67
Türkiye	2,564	4,145	9,765	277	1,380	4,150	10,090	631	28	19	17	-39

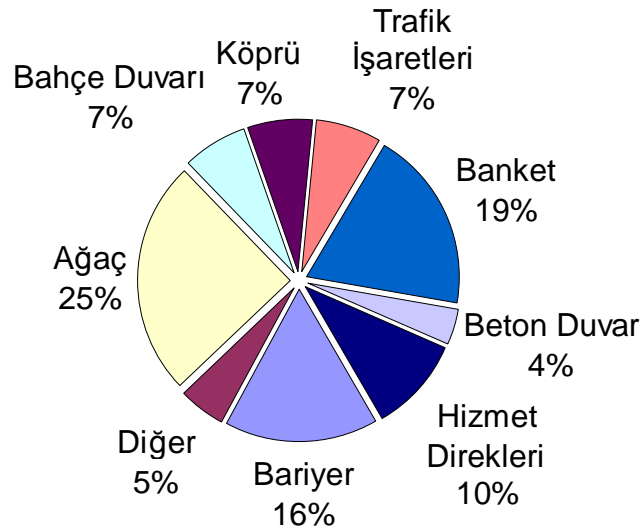
Karayollarımızda otokorkuluk kullanımı, emniyet kemer takma mecburiyeti, yol platformunda yapılan uygun dizayn çalışmaları kat edilen milyon araç kilometresi bazında can kayıplarında bir düşüş olduğunu gösterse de bu oran yeterli olmaktan çok uzaktır. Ayrıca, tek araçların neden olduğu trafik kazalarındaki ölümler, diğer kazalara paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır.

Atahan (2001), istatistiksel çalışmasında 1996–2000 yılları arasında ortalama olarak tek araçların neden olduğu kazalardaki can kaybı, tüm trafik kazalarında meydana gelen can kaybının yaklaşık % 20 sini oluşturduğunu belirtmiştir. Tablo 9’da görüleceği gibi, tek araç kazaları içerisinde en çok can kaybına sebep olan kaza, aracın karayolunu bir sebepten dolayı terk etmesi ile meydana gelmektedir.

Tablo 9. 1996–2000 yılları arası ortalama tek araç kaza istatistikleri (Devlet İstatistik Enstitüsü, 2000)

Kaza Şekli	Tüm Kazalara Oranı (%)	Can Kaybı	Can Kaybı%
Tek araç -Sabit cisme çarpma	7	476	5
Tek araç – Devrilme	3	490	5
Tek araç – Yoldan çıkma	5	1075	11
TOPLAM	15	2,041	21

Karayollarının değişik bölgelerden geçtiği için, araçların yoldan çıkmaları durumunda çarpabilecekleri objeler çok değişiklikler göstermektedir. Şekil 29’da 1996–2000 yılları arasında karayolunu terk eden araçların çarptığı objeler ile bu kazalar sonucu meydana gelen can kayıplarını gösteren bir grafik verilmiştir. Buradan da görüleceği gibi en çok kazaya sebebiyet veren nedenler bariyerler (otokorkuluklar), ağaçlar, banketler ve hizmet direkleridir. Bu sonuçlar, bu objelerin ne kadar sık karayollarında bulunduğunu, yapısal rijitliğini ve bunlarla ilgili dizayn problemlerini ortaya koymaktadır. Şekil 28’de görüldüğü üzere yoldan çıkan araçların % 16’sı otokorkuluklara çarpmaktadır. Yani doğru monte edilmiş ve uygun tipi seçilmiş bir otokorkuluk ile kazaların %16’sını, minimum hasar ile ve can kaybı olmadan atlabileceğimiz gösterilmektedir.



Şekil 28. 1996–2000 yılı arasında yoldan çıkan araçların çarptığı objeler ile bu kazalar sonucu meydana gelen can kayıpları (Devlet İstatistik Enstitüsü, 2000)

1.12. Gerçek Çarpışma Deneyleri

Mak ve Menges (1994), 2000-kg’lık aracı kullanarak yaptıkları deney ile güçlü dikmeli otokorkuluk sistemlerinin performansını yorumladılar. Aracın hızı 100 km/saat ve çarpışma açısı 25 derece olarak tasarlanmıştır. G4(2W) standart otokorkuluk sistemi ile G4 (1S) standart otokorkuluk sistemi deney düzeneklerinde kullanılmıştır. İlk test olan G4(2W) sistemin kullanıldığı deneyde aracın ön sol tekerinin dikmeye takıldığı ve araçtan

ayrıldığı gözlenmiştir. G4(1S) sisteminin performansının gözlemlendiği deney sonucunda ise ön sol tekerin dikmeye takıldığı ve bundan dolayı aracın spin attığı görülmektedir. Araç rayın sonuna geldiğinde yuvarlanmaktadır. Burada otokorkuluk yüksekliği 866-mm ve dikmenin kesiti 150-mm X 200-mm olarak modellenmiştir.

Stout ve ark. (1988), dikme-zemin etkileşiminin üzerinde çalışmalar yaptılar ve bu etkileşimin çarpma olaylarını etkilediğini gösterdiler. 2134-mm dikme uzunluğuna sahip iki çeşit otokorkuluk sisteminin performansını test etmeyi amaçlamışlardır. Dikme uzunluğunu değiştirerek 4 adet gerçek çarpışma deneyi yapmışlardır. Bu deneyin sonuçları Tablo 10'da gösterilmektedir.

Tablo 10. Gerçek çarpışma deneyleri sonuçları (Stout ve ark., 1988)

Deney	O.S.	Uzunluk (mm)	Hız (km/s)	Çarpma Açısı (derece)	Sonuçlar
1717-1-88	G4(1S)	2134	97.6	26	Tekrar yönlendirme yok. Rayda penetrasyon var.
1717-2-88	G4(1S)	1829	97.9	27	Tekrar yönlendirme var. Rayda penetrasyon var.
1717-3-88	G2	2134	97.3	25	Tekrar yönlendirme var. Çok yüksek hız değişimi var
1717-4-88	G2	1600	97.9	26	Tekrar yönlendirme var. Rayda penetrasyon var ve teker dikmeye takılıyor.

1.13. Otokorkulukların Çarpışma Davranışının Sanal Ortamda İncelenmesi

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle artık karmaşık problemlerin analiz süreci ANSYS, NASTRAN, LS-DYNA, ABAQUS, PATRAN gibi çok sayıda ticari yazılımlar kullanılmaktadır. Bu paket programlar kompleks tasarımlardan, meydana gelen non-linear (doğrusal olmayan) ve dinamik analizlerin kısa zamanda doğru ve etkin olarak çözülmesinde kolaylık sağlamıştır. Ticari yazılımlar sayesinde çarpma simülasyonları sanal ortamda araç ve insan prototipi kullanılmadan birçok kez analiz yapılarak doğru sonuca hem ekonomik hemde zamandan tasarruf sağlanarak hızlı bir şekilde ulaşılmaktadır.

Gerçek çarpışma testleri yaklaşık 900 kg ağırlığındaki karayolu vasıtası kullanılarak, belli bir açıyla, yaklaşık 100 km/h hızla çelik otokorkuluk sistemine çaptırılmasıyla

gerçekleşir. Deney sonuçlarında, araç cinsi, çarpma hızı ve açısı, otokorkuluk yanal deformasyonu, çarpışma şiddet derecesi, EN 1317-2 (Avrupa Standardı Karayolu Güvenliği Aracı Yolda Tutma Sistemleri Bölüm 2) minimum standardı sağlayacak düzeyde olduğu takdirde vasıtaların yol içerisinde kaldığı görülmektedir (Atahan, 2006). Böylece otokorkuluk tipi ve yapı elemanlarının nasıl üretilmesi gerektiği ve çarpışma testinin derecesinin klasmanı ve tipi belirlenecektir.

Çelik otokorkulukların çarpışma davranışının sanal ortamda incelenmesi, bilgisayar destekli analiz ve simülasyon programlarından faydalanılarak oluşturulmuştur. Bunlar ticari yazılım LS-DYNA ve yazılım ailesidir. Programlarda çarpışma deney düzenekleri bilgisayar ortamında modellenmektedir. Bu modeller LS-DYNA' da analiz edildikten sonra gerçek çarpışma deneylerine çok yakın sonuçlar elde edilmektedir. Böylece gerçek çarpışma deneylerinden oluşan maliyet ve zaman giderleri minimuma indirgenerek doğru ve etkin sonuçlara ulaşılma amaçlanmıştır.

Gelişmiş ülkelerde karayolu güvenlik sistemlerinin çarpışma durumlarına göre performansının belirlenmesinde gerek deneysel gerekse sanal ortamda yapılan çalışmalarla performans belirlenmesi yapılmaktadır. Sanal ortamda yapılan çarpışmaların doğruluğu uzun süren araştırmalar ve gerçek çarpışma testleri yapılarak kanıtlanmıştır. Bu çalışma özel bir şirket için hazırlanan üç tip farklı dikme mesafesine sahip otokorkulukların üç boyutlu LS-DYNA (Livermore Software Dynamic) deneysel metodların pahalı olması ve imkânların yetersizliğinden dolayı LS-DYNA paket programı kullanılarak otokorkuluklar ve çarpıştırılacak araçlar modellenmiş ve bunların çarpışmalar sırasındaki davranışları incelenmiştir. Bu geliştirilmiş yöntemle çarpışma testleri maliyetleri en aza indirilmektedir.

Bilgisayar destekli simülasyon ve analiz programı LS-DYNA ticari yazılımı kullanılmak suretiyle non-linear (doğrusal olmayan) sonlu elemanlar metoduyla Amerika karayolu güvenliği standartlarına uygun yarı rijit çelik otokorkuluk önüne monte edilen enerji emici kuvvet saptırıcı plakaya üç tip farklı ağırlıktaki araç ve farklı açılarda çarpışma testleri uygulanmıştır. Bu çarpışma testlerinden elde edilen veriler ışığında otokorkuluk elemanı olan W-ray' in x yönündeki deformasyonu ve yer değiştirmesi incelenmiştir (Reid ve Sicking, 1998)

Gelişen teknolojiyle beraber otokorkuluk yapımında da farklı malzemeler kullanılmış ve üretilen otokorkuluklar üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Fiber takviyeli polimer (FRP) kompozit malzemeli otokorkuluklar prototipleri geliştirilmiş ve bu otokorkuluklar deneysel ortamda ve bilgisayar destekli simülasyon ve analiz yazılımı LS-DYNA kullanılarak statik

ve dinamik yüklemelere maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak çelik otokorkuluklara oranla düşük kapasiteye sahip fakat enerji absorpsiyonu iyi fakat elastik ve plastik deformasyonda zayıf olduğu gözlemlenmiştir (Bank ve Gentry, 2001).

Coon ve Reid tarafından yayınlanan bu çalışmada otokorkulukların sonlarına yerleştirilen enerji yutucu başlıklar ve bunların çarpışma davranışları incelenmiştir. Çarpışmadan sonra meydana gelen deformasyonlardan yola çıkarak çarpışmanın yeniden oluşturulması için bir metod önerilmiştir. Yeniden oluşturma yöntemi için momentumun ve enerjinin korunumu yasaları kullanılmıştır. Yazarlar gerçek kazaların şartlarının belirlenmesinin ve davranışın tahmin edilmesinin daha efektif sistemlerin üretilmesinin yanında kazaların şiddet ve sayılarının azaltılmasını da sağlayacağını vurgulamaktadır (Coon ve Reid, 2005).

Atahan (2009) New Jersey tipi beton otokorkulukların yüksekliğinin araç stabilizesine etkisinin araştırmıştır. 10 ve 30 tonluk ağır vasıtalar kullanılarak yapılan bu çalışmada LS-DYNA simülasyonları kullanılarak optimum otokorkuluk yüksekliği 1050 mm olarak belirlenmiştir. Bu yükseklikten daha alçak inşa edilen beton otokorkulukların 30 tonluk ağır vasıtaları tutmada yetersiz olacağı belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada dikkat çeken W - kirişli otokorkuluk sisteminin modellenmesi ve bilgisayar destekli analiz yazılımı MADYMO (Mathematical Dynamic Model) yazılımı kullanılarak motosikletin 45 derece ve 90 derece açıyla ve değişik hızlarda hazırlanan çarpışma senaryolarıyla otokorkuluğa çarptırılması simüle edilmiştir. Bu yazılımda hem otokorkuluk hemde motosiklet için ASCII metin dosyası oluşturulmuş ve simüle edilmiştir. Çıkan sonuçlar doğrultusunda otokorkuluğun çarpışmada otokorkuluktaki korunmasız kenarların durumu, motosiklet tarafından çarpan yüzeydeki elementlerin yer değiştirilmesi, enerji yayan alternatif malzemelerin kullanımı ve sağlam bariyer sistemleri arşivine önerilmesi olarak değerlendirilmiştir (Ibitoye, Hamouda, Wong ve Radin, 2004).

Atahan ve Bonin (2006) çalışmalarında Amerika'da kullanılmakta olan otokorkuluk geçiş dizaynının Avrupa çarpışma standardına göre incelemişlerdir. 810 mm yükseklikteki geçiş dizaynını 30,000 kg ağırlığındaki kamyon darbesine karşı yetersiz olduğunu belirlemiş ve geçiş otokorkuluğunun H4a seviyesini sağlayabilmesi için minimum 1050 mm yükseklikte olması gerektiğini vurgulamıştır. Çalışmada gerçek çarpışma testlerinin yanında LS-DYNA simülasyon sonuçları da kullanılmıştır.

1.13.1. CAD Yazılımları

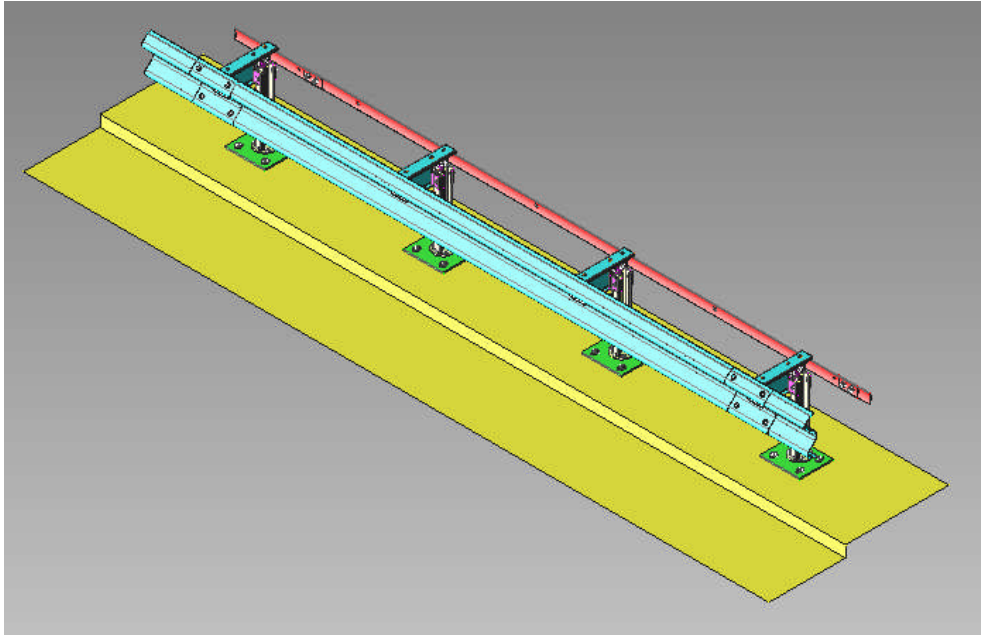
Otokorkulukların çarpışma davranışının sanal ortamda incelenmesinde, yarı rijit ve dikme mesafeleri birbirinden farklı olan otokorkulukların tasarımlarının hazırlanmasında ve simülasyonlarının yapılmasında kullanılan ticari yazılımların en önemlileri Autodesk, Desault System ve Livermore Software Technology Corporation şirketlerine ait olan yazılımlardır. En sık kullanılan program ise LS – DYNA ticari yazılımlarıdır.

LS-DYNA, açık (ekspilisit) çözüm kullanan bir sonlu elemanlar modelleme ve simülasyon yazılımı olup; düşme testleri, çarpışma gibi kısa süreli-yüksek frekanslı ve yüksek derecede nonlinear dinamik-quazistatik benzeşimlerin gerçekleştirilmesinde kullanılır. LS-DYNA, mühendislere sanal ortamında model oluşturma imkânlarını sağlayarak, LS-DYNA çözücüsünü daha verimli bir şekilde kullanma olanağı sunmaktadır.

LS-PREPOST, bu yazılımlar çoğunlukla LS-DYNA çatısı altında birlikte kullanılan yazılımlardandır. Bu yazılımla sonlu elamanlar modelinin oluşturulduğu, sınır şartlarının ve yüklemelerin tanımlandığı, sonuçların ve simülasyonun değerlendirildiği yazılımdır. Bu yazılımlar analiz programlarının en önemli yardımcı yazılımlarıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada otokorkulukları temsil eden 12 metrelik otokorkuluk sistemini SAP2000 programı (Sistem Analiz Programı) yardımıyla oluşturuldu. SAP2000 programında EDSP-BW tipi (Köprü üzeri basit-mesafeli tipi) otokorkuluk sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistemde 4 metrelik üç adet W-raylar birbirlerine bağlanmıştır ve bu raylar da 480 mm' lik takozlarla tablalı dikmelere bağlanmıştır. Tablalı dikme kullanılmasındaki amaç, tablalı dikmelerin betona ankrajlar yardımıyla sabitlenmesidir ve ankastre mesnet gibi çalışmalarıdır. Tablalı dikmeler betona 4 adet ankraj yardımıyla sabitlenirler. Bu sistem otokorkuluklar genellikle köprü ya da viyadük üzerlerinde, beton trotuarlara çakım yapılamayacağı durumlarda kullanılırlar. Takozların arka taraflarından bağlanan gergi kuşakları da W-raylar gibi 4 metrelik parçalardır ve sistem için ikinci bir giriş görevi üstlenmektedir. EDSP-BW tipi otokorkuluklar Şekil 29' da görülmektedir.



Şekil 29. EDSP-BW (köprü üzeri basit-mesafeli) tipi otokorkuluklar

SAP2000'de bu sisteme 1,3 tonluk otomobil yükü 2 metrelik yayılı yük olarak yüklenmiştir. Yükleme sonucunda oluşan sehimler, kesme kuvvetleri ve gerilmeler incelenmiştir.

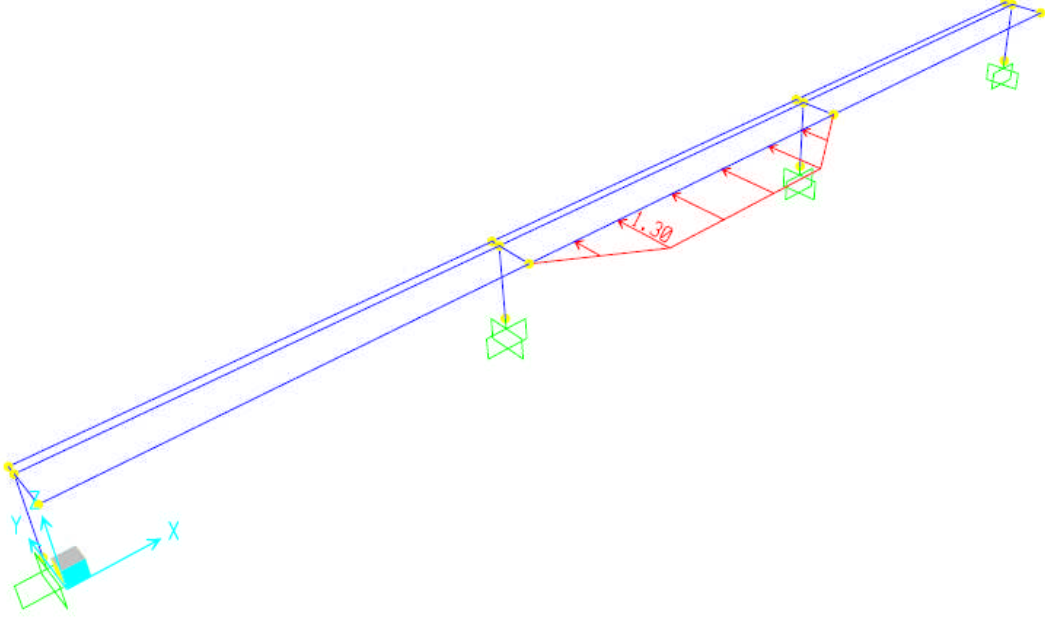
2.1. Sistemin Oluşturulmasında Kullanılan SAP2000 Programının Özellikleri

SAP, merkezi Walldorf, Almanya'da bulunan, Avrupa'nın en büyük yazılım şirketidir. 1972 yılında beş eski IBM çalışanı tarafından Systemanalyse und Programmentwicklung (Systems Analysis and Program Development) adı altında Mannheim, Almanya'da kurulmuştur. SAP2000 komplike bir yapısal analiz programıdır. SAP2000 hem çelik, hem de betonarme yapıların boyutlaması için güçlü ve tümüyle bütünleştirilmiş program modülleri sunmaktadır (CSI 1998a, 1998b, 1997). Program kullanıcıya, tümü aynı kullanıcı arabirimi içinde olmak üzere, yapısal modeller oluşturma, değiştirme, çözümlenme ve boyutlama seçenekleri sağlar. Program betonarme çerçeve elemanlarının otomatik boyutlaması için çok sayıda şartnameyi destekleyebilen bir yapıya sahiptir. Şu anda programın desteklediği şartnameler şunlardır: A.B.D. (ACI 1999, AASHTO 1997), Kanada (CSA 1994), İngiliz (BSI 1989), Avrupa (CEN 1992) ve Yeni Zelanda (NSZ 3101-95). Sap2000, her türden yapı ve köprülerin sonlu elemanlar metodu kullanılarak Lineer ve Lineer-Olmayan 3D Statik ve 3D Dinamik çözüm ve boyutlandırılması açısından etkili bir programdır. SAP2000 de sadece beton yapılar değil çelik konstrüksiyon yapılar, köprüler gibi özel yapıların da dizaynını ve hesapları yapılabilmektedir. Programla birlikte betonarme çerçeve modelleri oluşturarak boyutlama algoritması, mesnetlenme koşulları, yük kombinasyonlarının oluşturulması ve yapısal analizlerin yaptırılması sağlanabilmektedir. Program ile 2 boyutlu olarak oluşturulacak çelik makas modellerinin farklı yük kombinasyonları altında yapısal çözümleri yapılabilmektedir. Ayrıca 3 boyutlu yapı modellerinin oluşturulması, mesnet koşullarının tanımlanması, yapısal yüklerin sisteme aktarılması ve farklı yüklemeler altında yapısal değişimler ve analizleri sistem tarafından oluşturulmaktadır. Oluşturulan modeller üzerinde deprem ve rüzgar yüklemeleri gibi yatay yüklemelerin de analizlerini yapmaktadır.

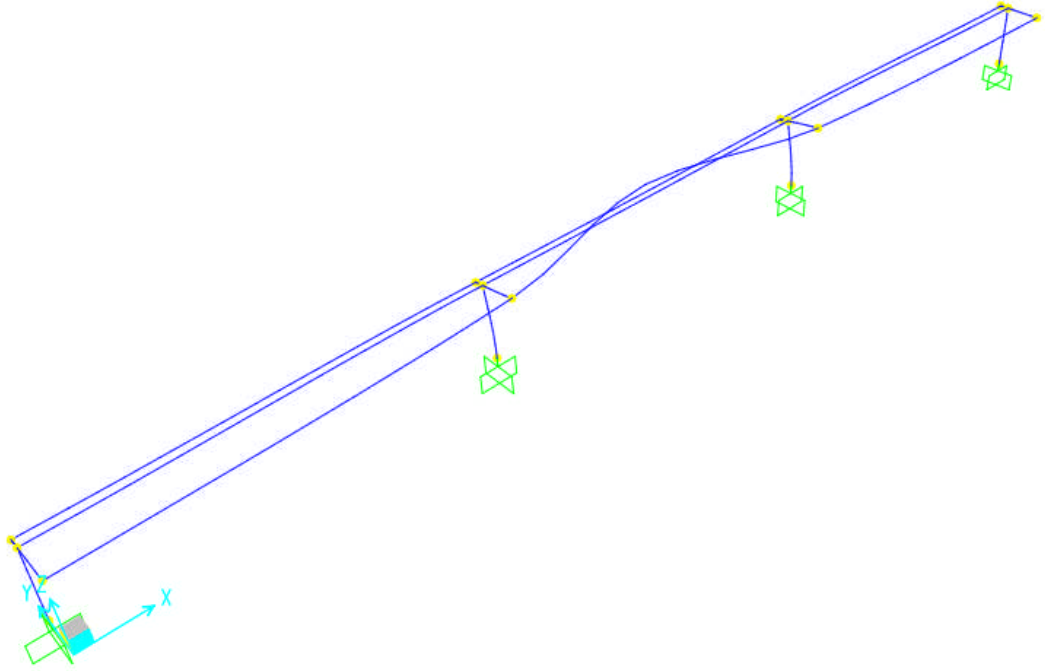
2.2. 4,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

Bu durumda sistemde oluşan azami sehim 0,02104 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 4,00 metre aralıklı otokorkuluk sistemine

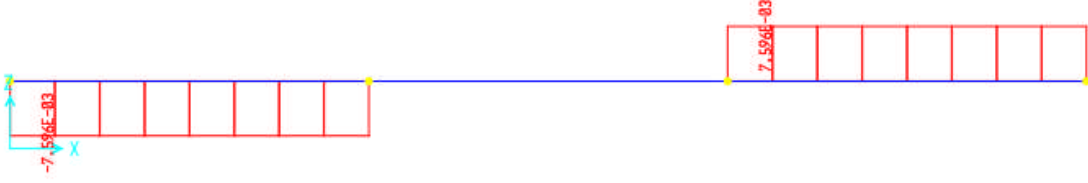
yüklenmesi durumunda sistemde oluşan sehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38' de gösterilmiştir.



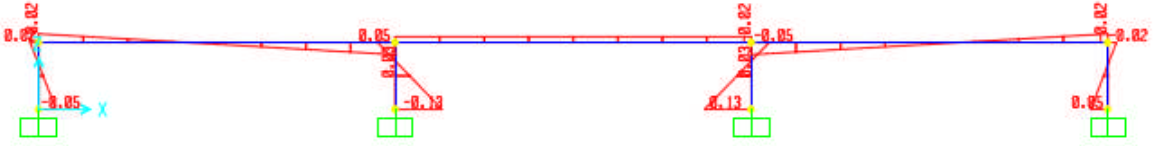
Şekil 30. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum



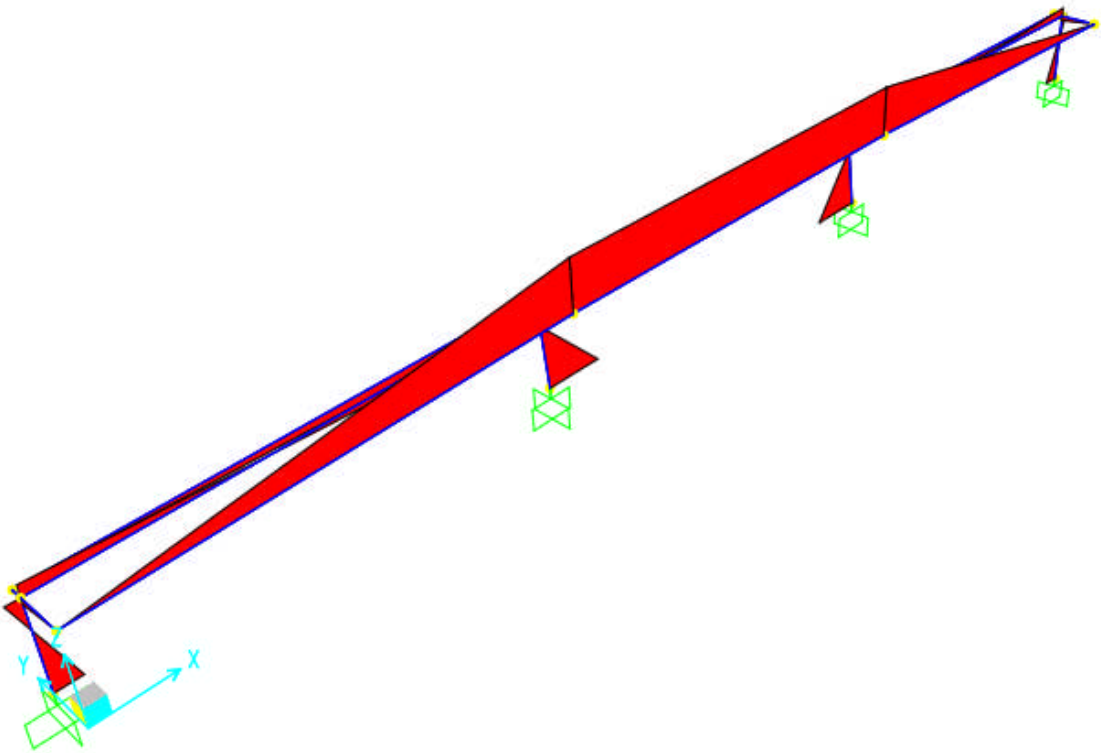
Şekil 31. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



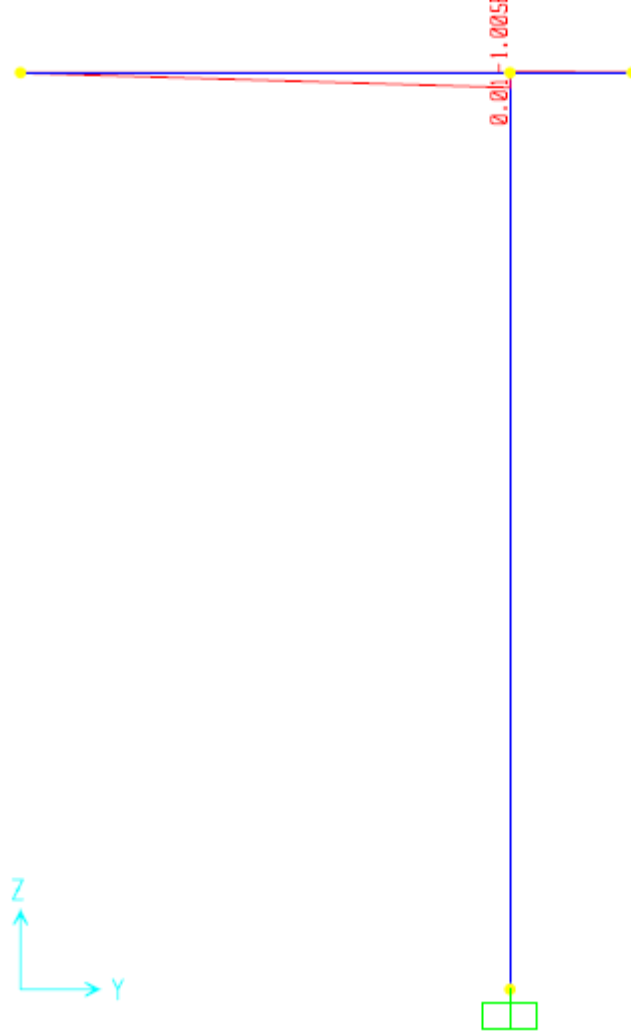
Şekil 34. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerlerinin görünüşü



Şekil 35. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



Şekil 36. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü



Şekil 37. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri

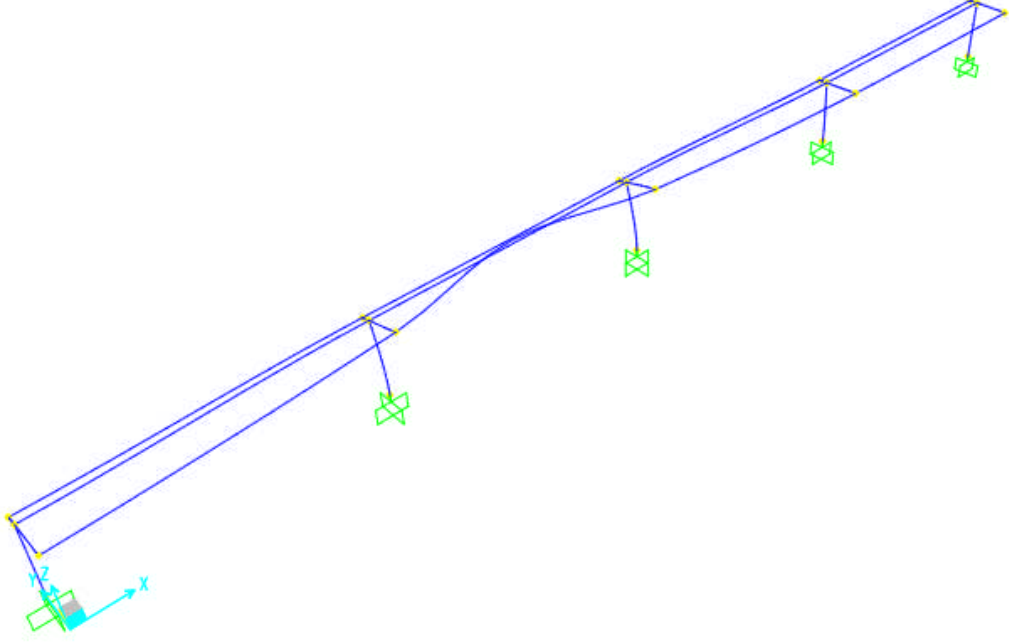


Şekil 38. 4,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri

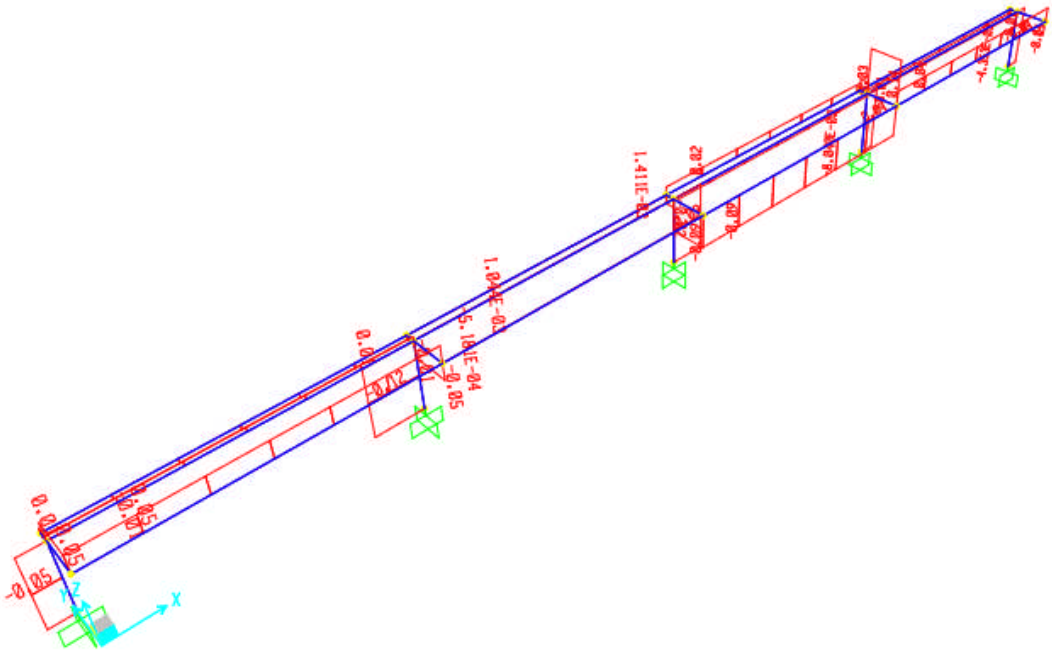
2.3. 3,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

Bu durumda sistemde oluşan azami sehim 0,01421 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 3,00 metre aralıklı otokorkuluk sistemine

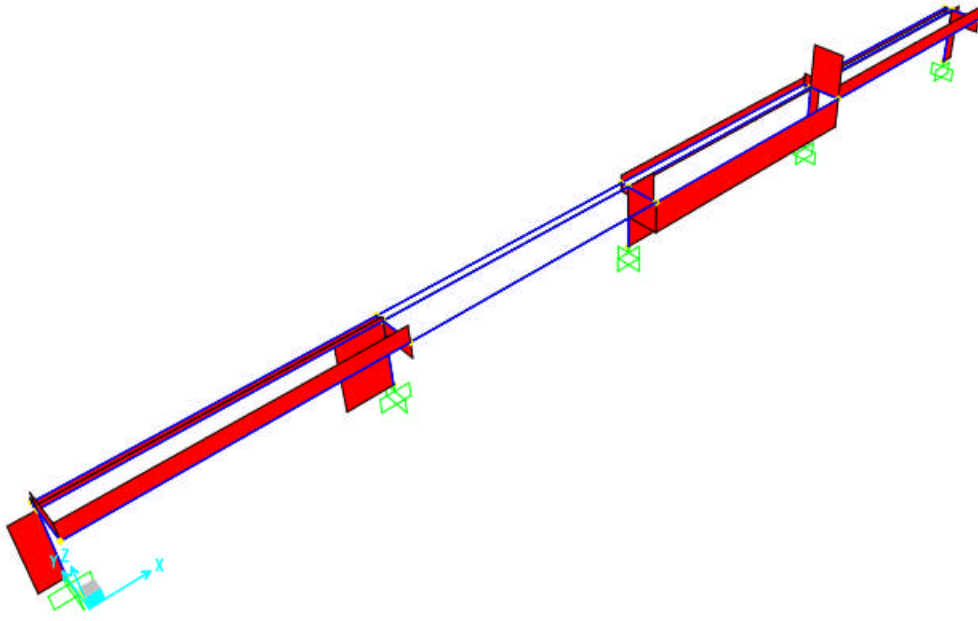
yüklenmesi durumunda sistemde oluşan sehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45' te gösterilmektedir.



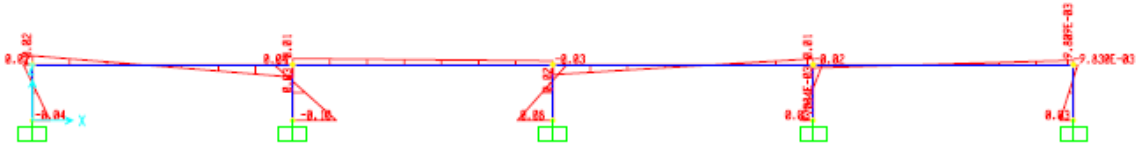
Şekil 39. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



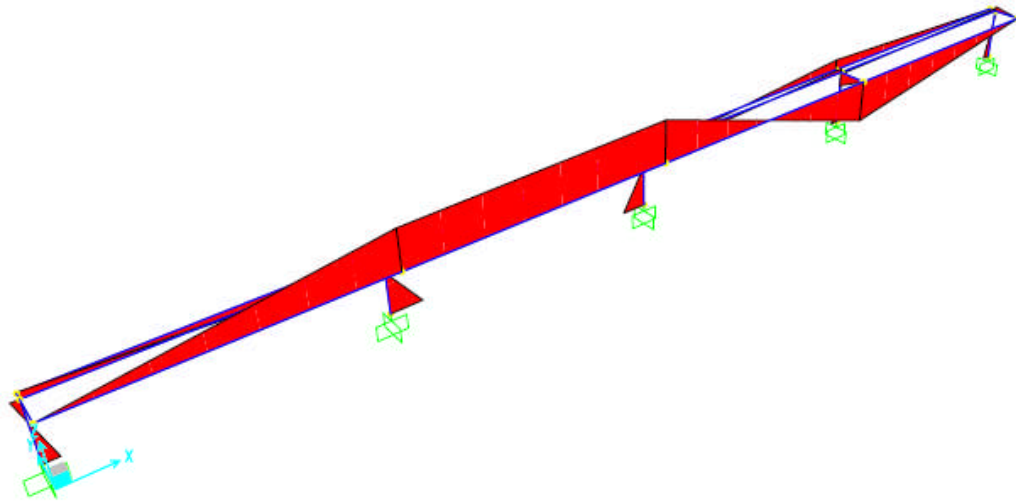
Şekil 40. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



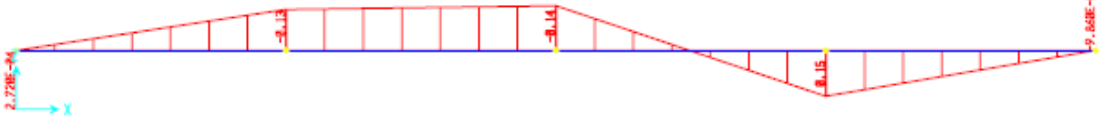
Şekil 41. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



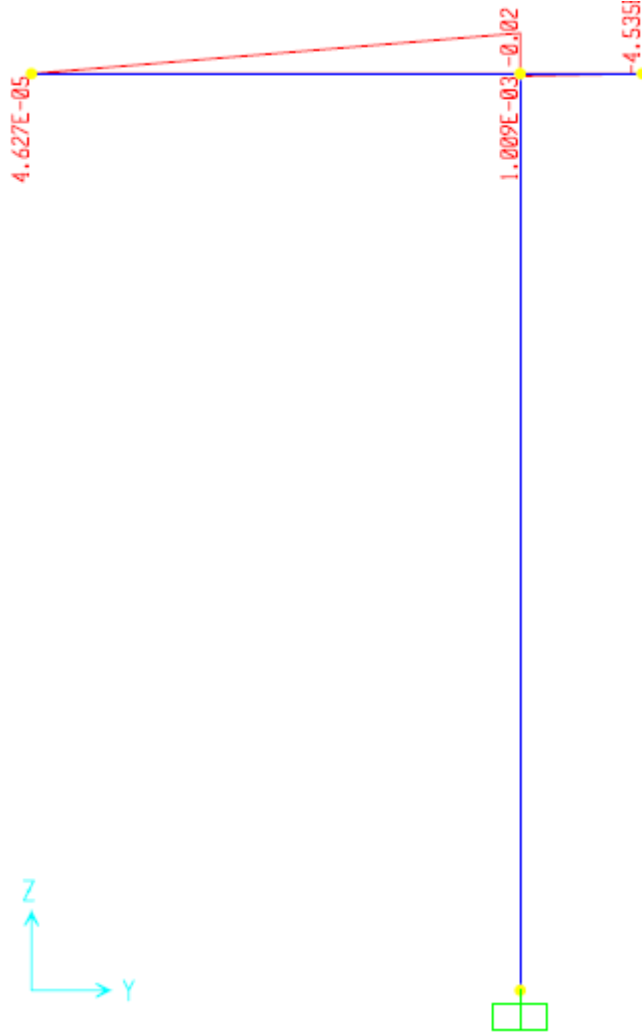
Şekil 42. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



Şekil 43. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü



Şekil 44. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri

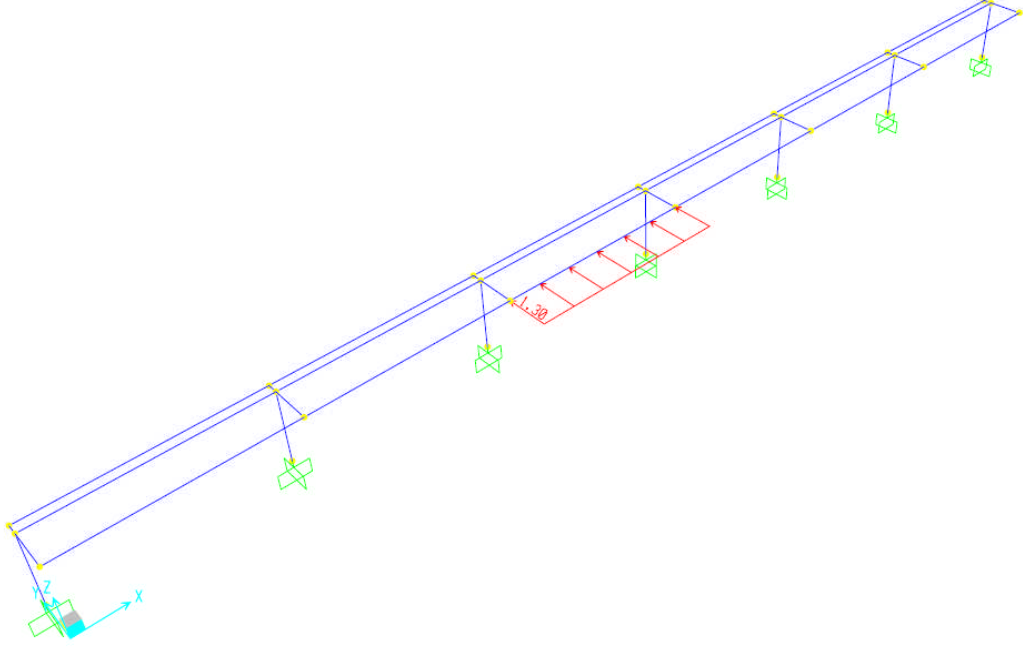


Şekil 45. 3,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan azami moment değerleri

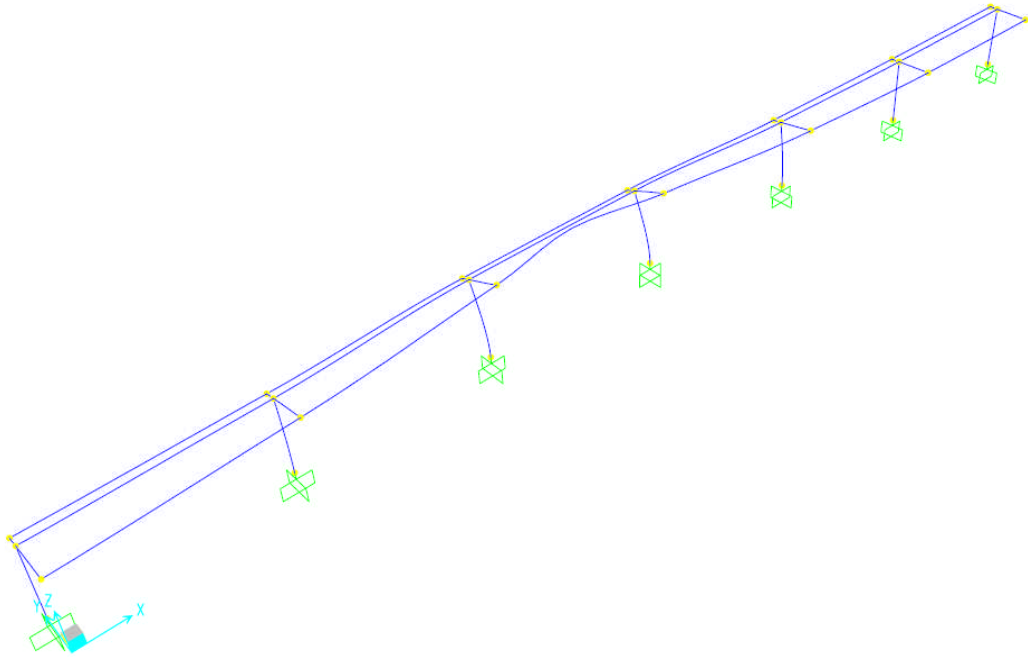
2.4. 2,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Şehimdeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

Bu durumda sistemde oluşan azami şehim 0,01042 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 2,00 metre aralıklı otokorkuluk sistemine

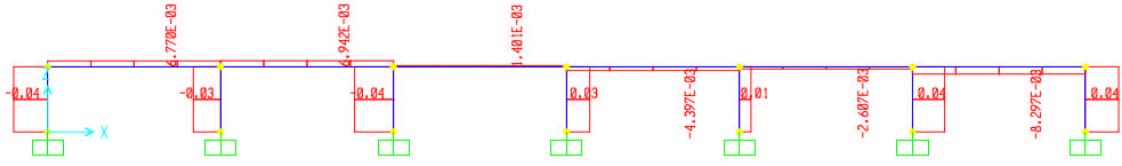
yüklenmesi durumunda sistemde oluşan sehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55' te gösterilmiştir.



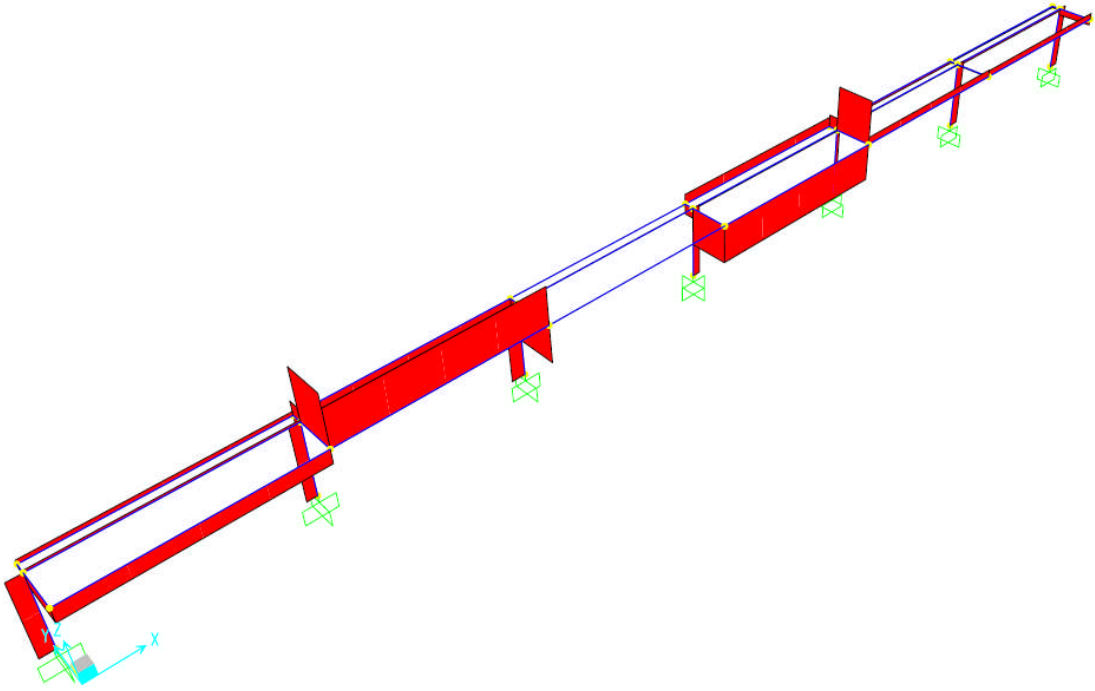
Şekil 46. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum



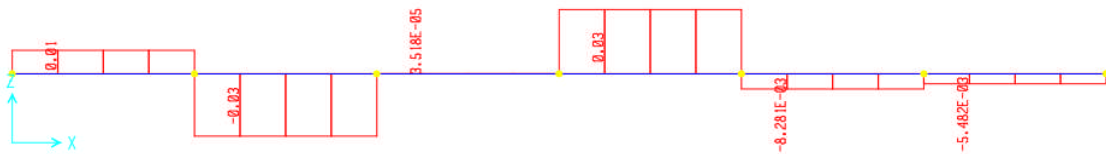
Şekil 47. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



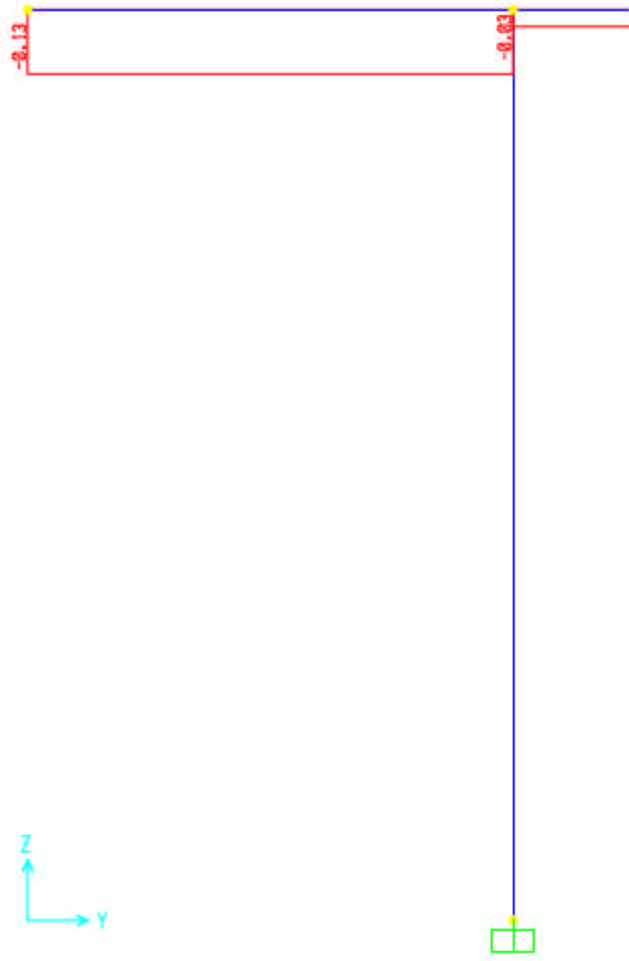
Şekil 48. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



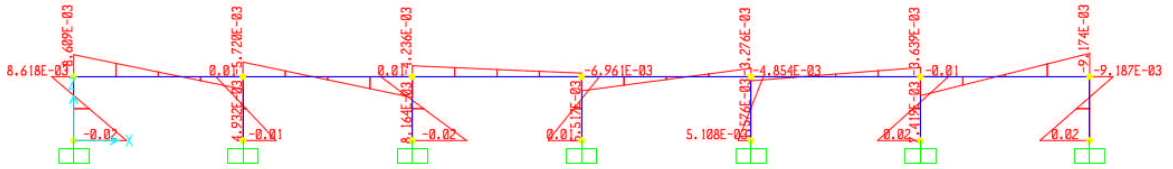
Şekil 49. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



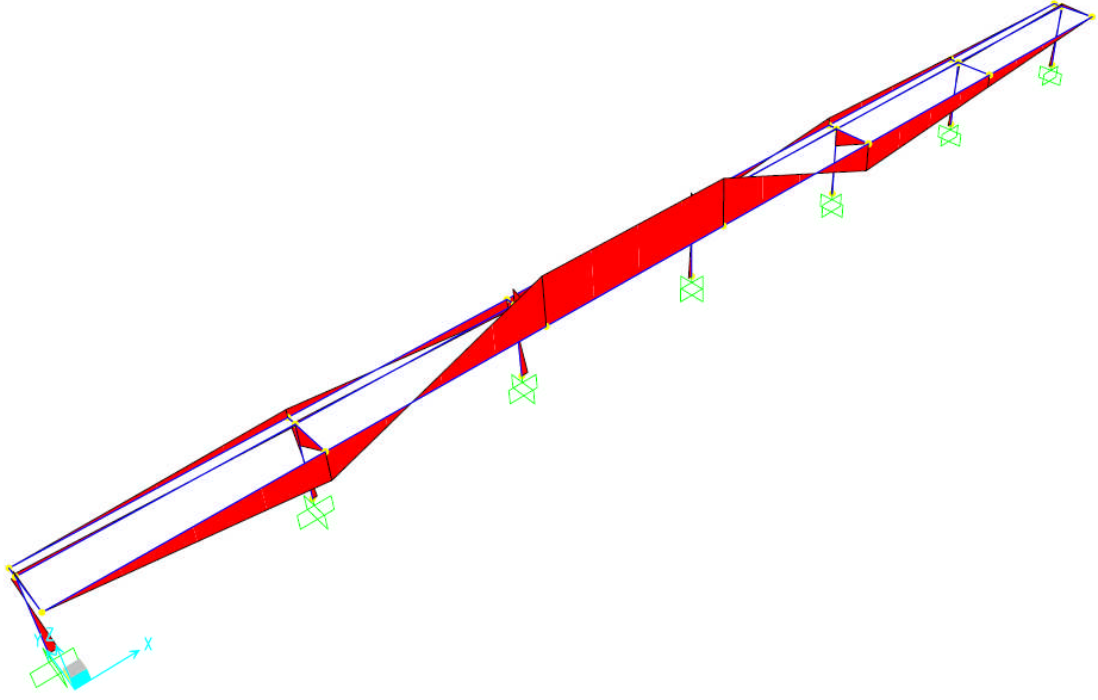
Şekil 50. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerlerinin görünüşü



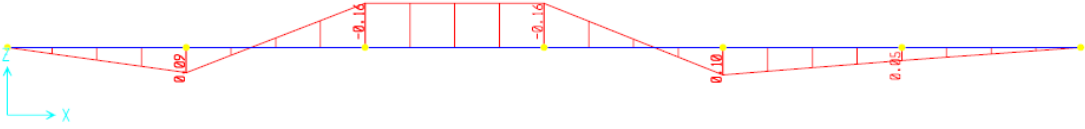
Şekil 51. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda, oluşan azami kesme kuvveti değerleri



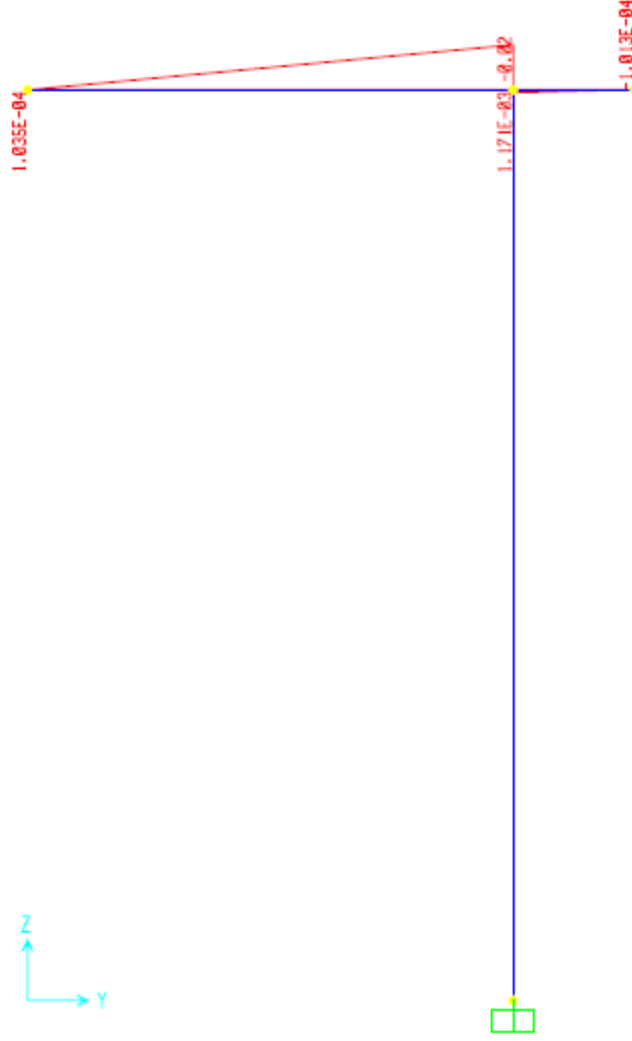
Şekil 52. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



Şekil 53. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü



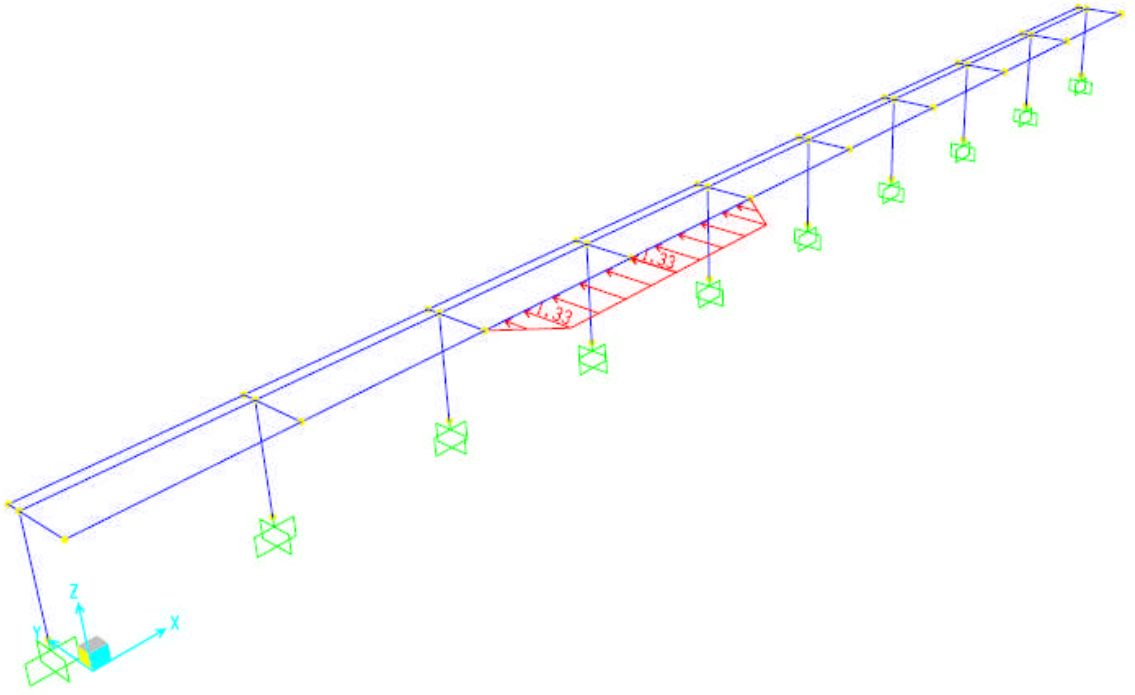
Şekil 54. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



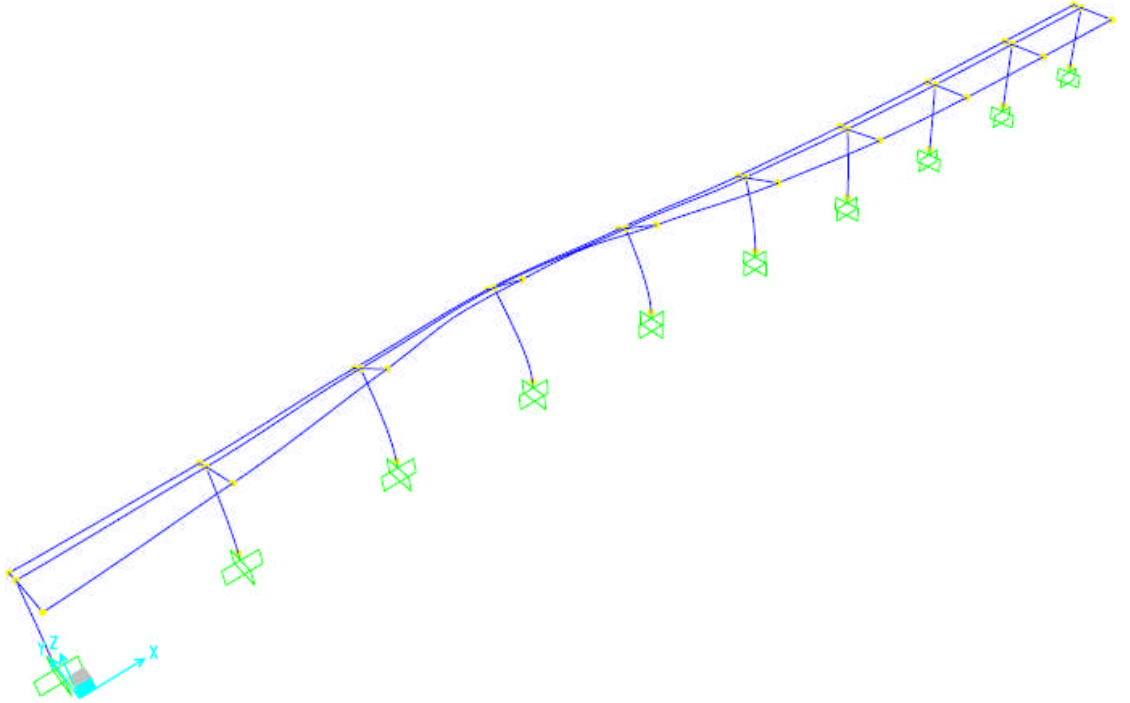
Şekil 55. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri

2.5. 1,33 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Şehimdeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

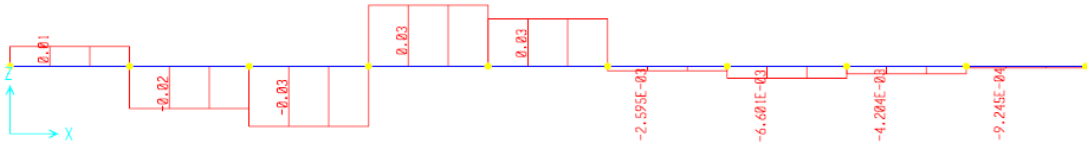
Bu durumda sistemde oluşan azami şehim 0,01006 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 1,33 metre aralıklı otokorkuluk sistemine yüklenmesi durumunda sistemde oluşan şehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64' te gösterilmiştir.



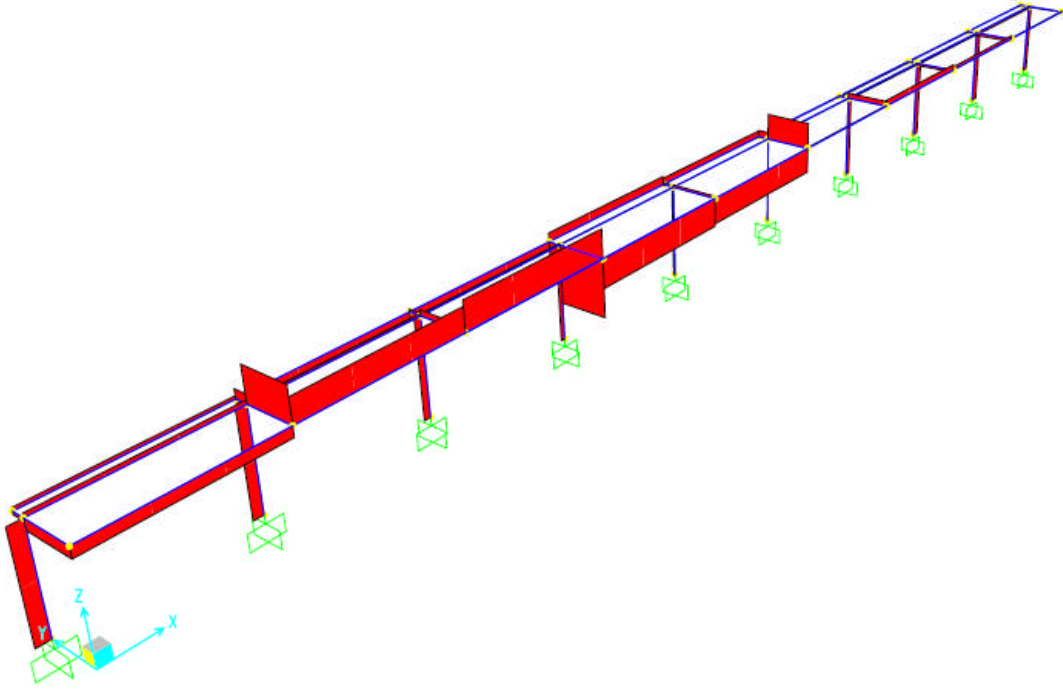
Şekil 56. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluk sistemine 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum



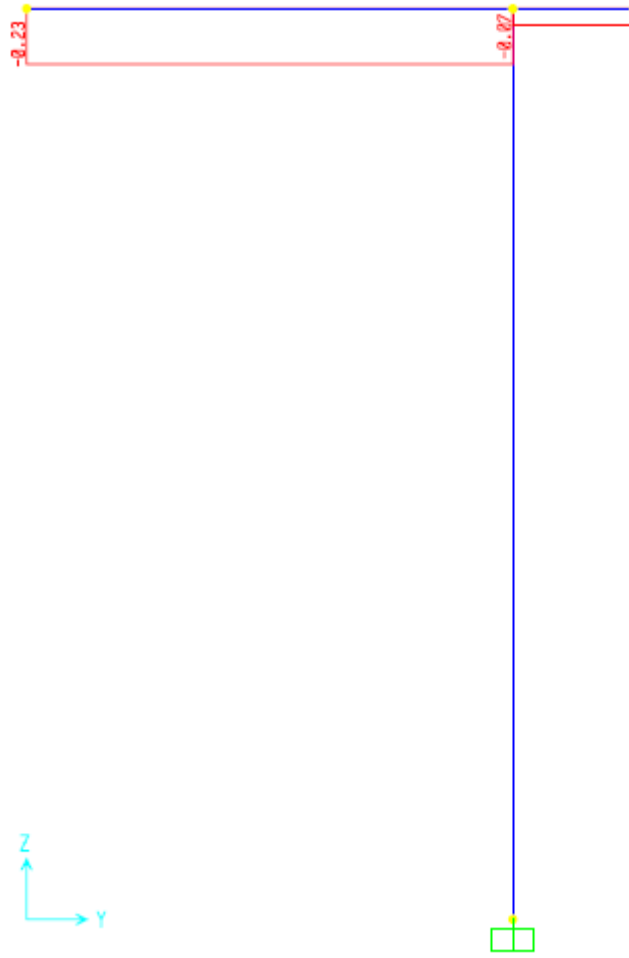
Şekil 57. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



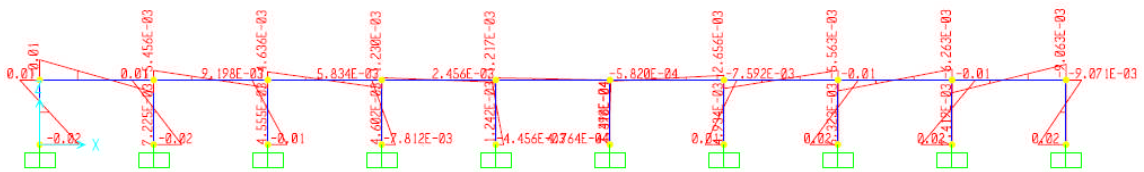
Şekil 58. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



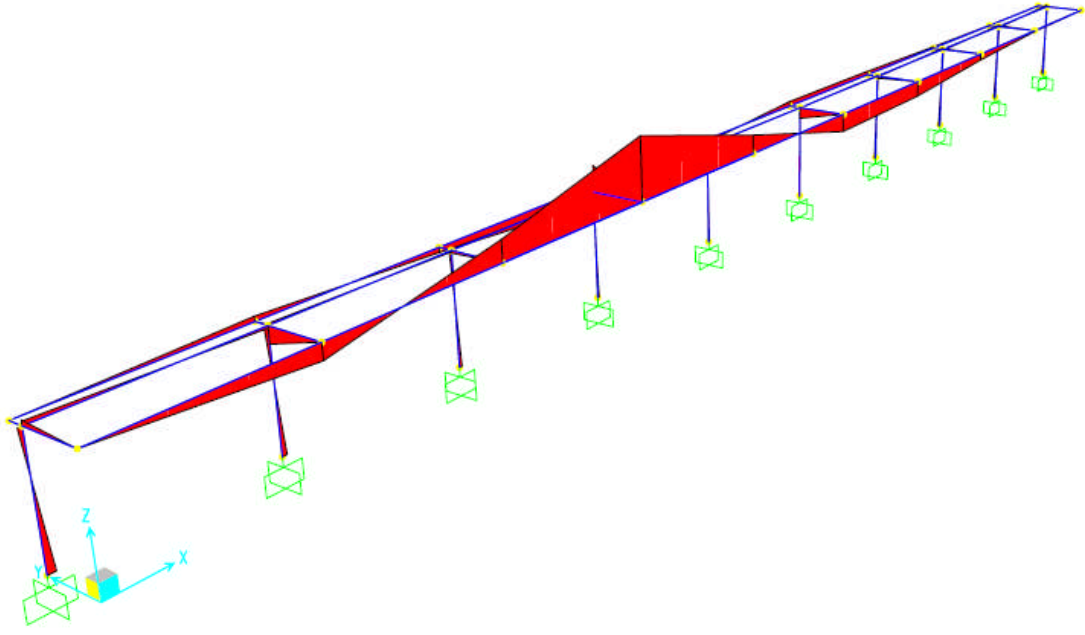
Şekil 59. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



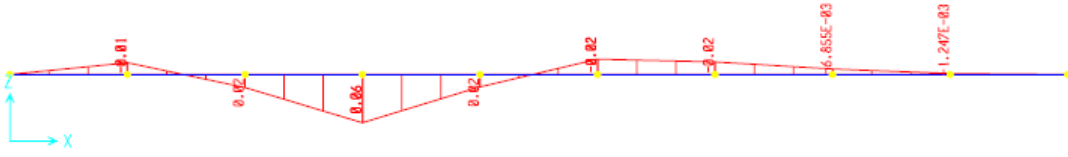
Şekil 60. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda, oluşan azami kesme kuvveti değerleri



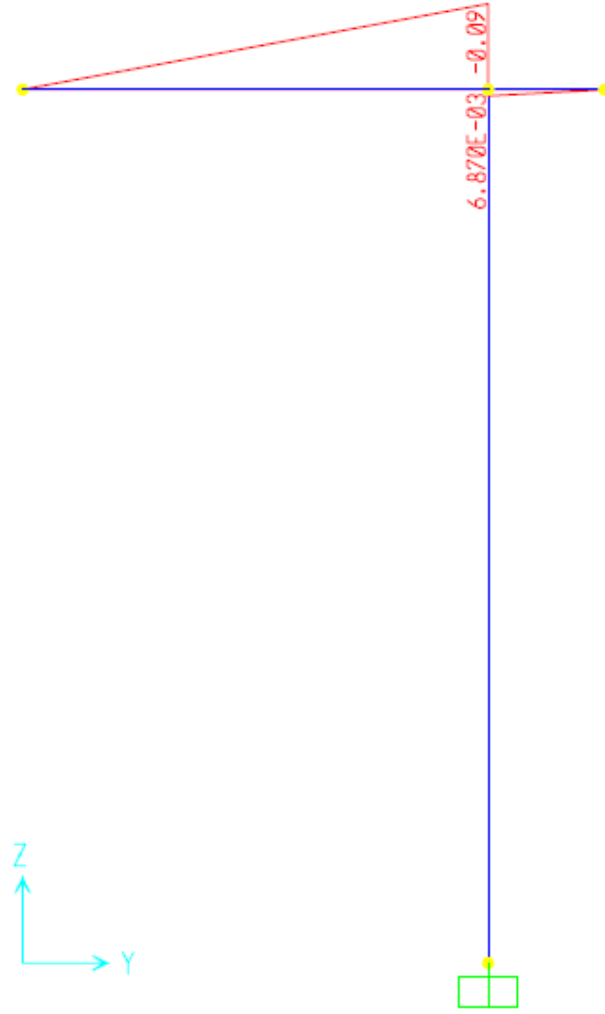
Şekil 61. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



Şekil 62. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü



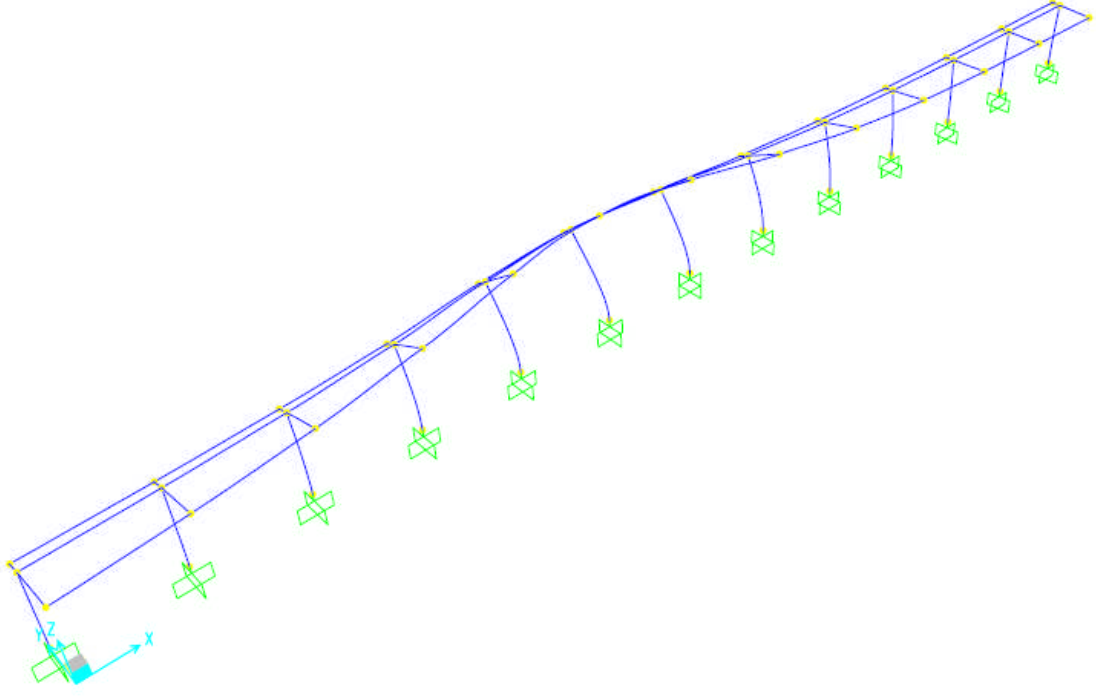
Şekil 63. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



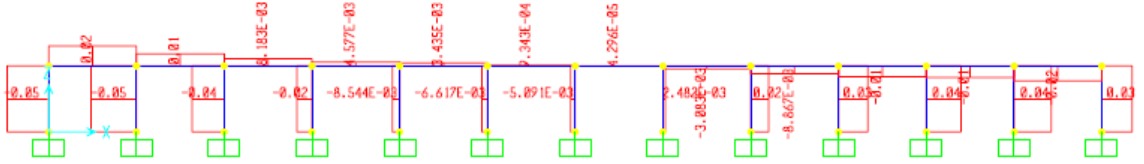
Şekil 64. 1,33 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri

2.6. 1,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,75 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Şehimdeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

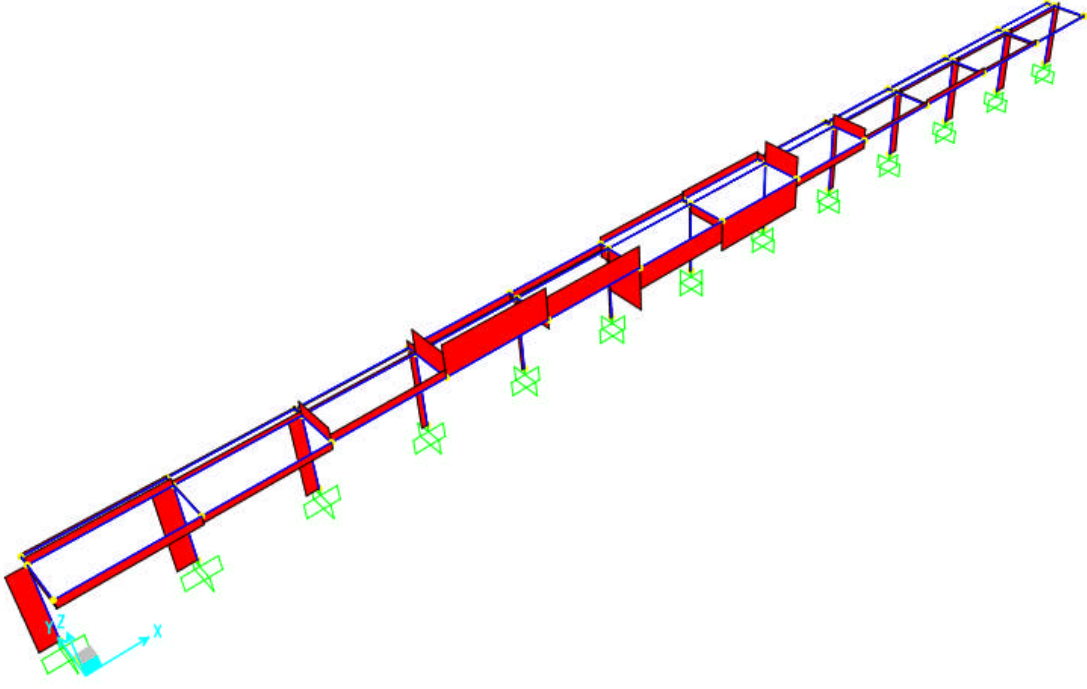
Bu durumda sistemde oluşan azami şehim 0,00662 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 1,00 metre aralıklı otokorkuluk sistemine yüklenmesi durumunda sistemde oluşan şehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73' te gösterilmiştir.



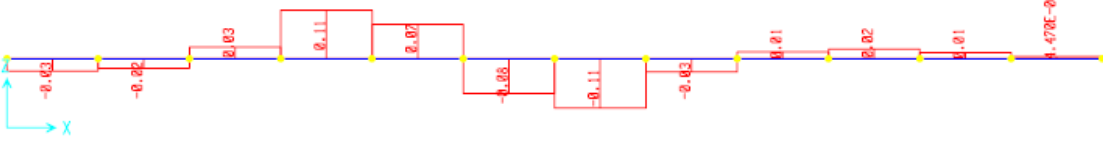
Şekil 65. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



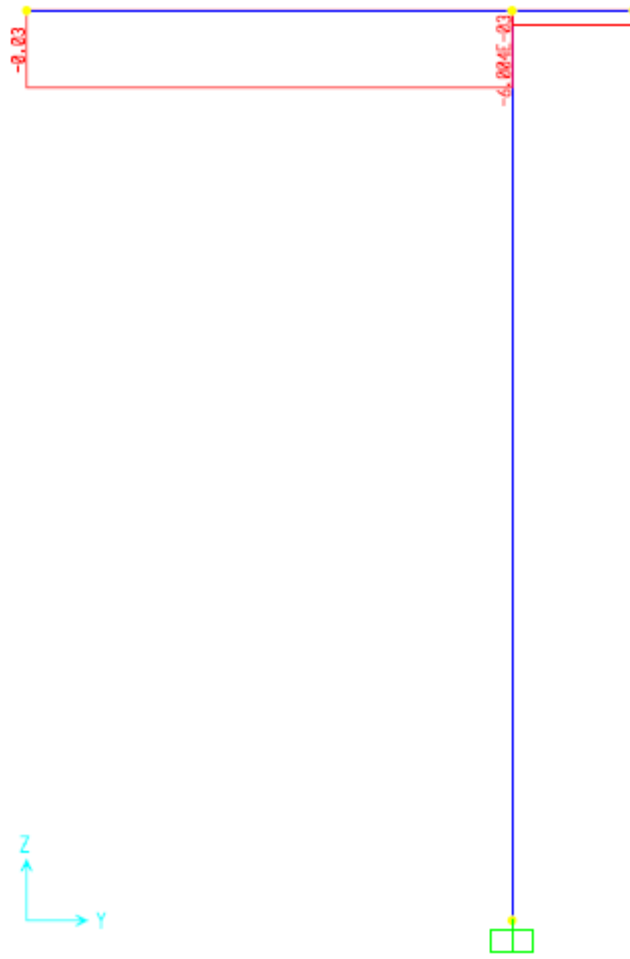
Şekil 66. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



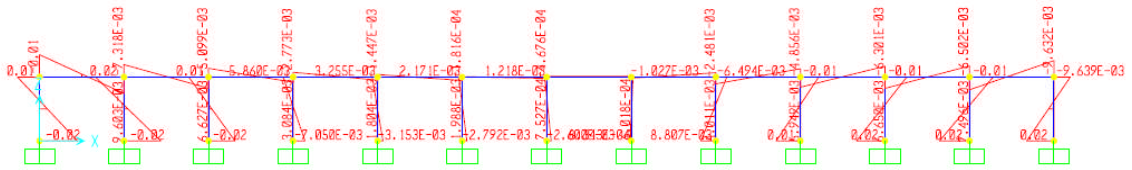
Şekil 67. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



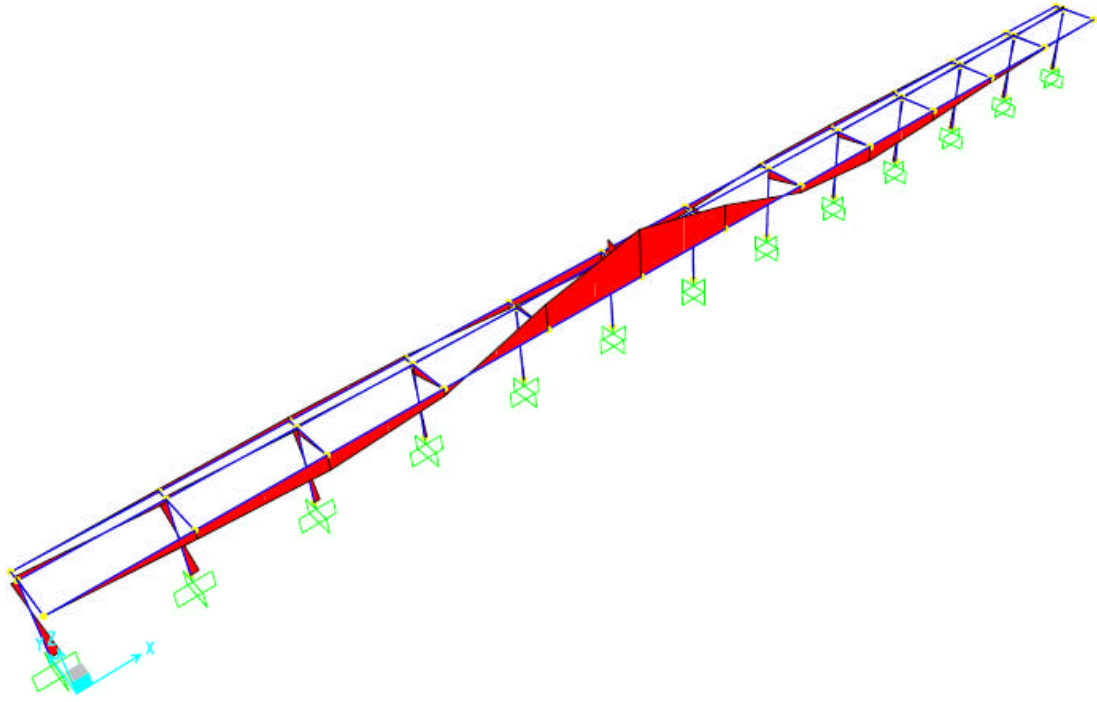
Şekil 68. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



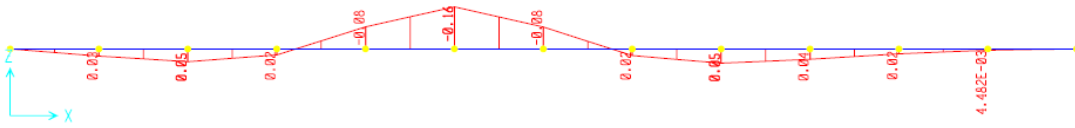
Şekil 69. 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda, oluşan azami kesme kuvveti değerleri



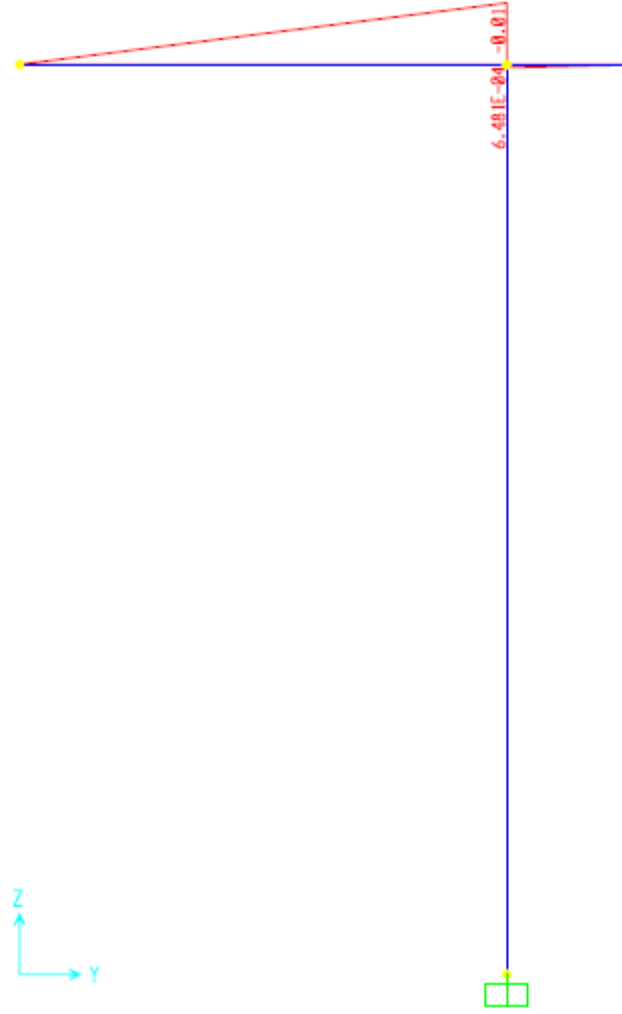
Şekil 70. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



Şekil 71. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü



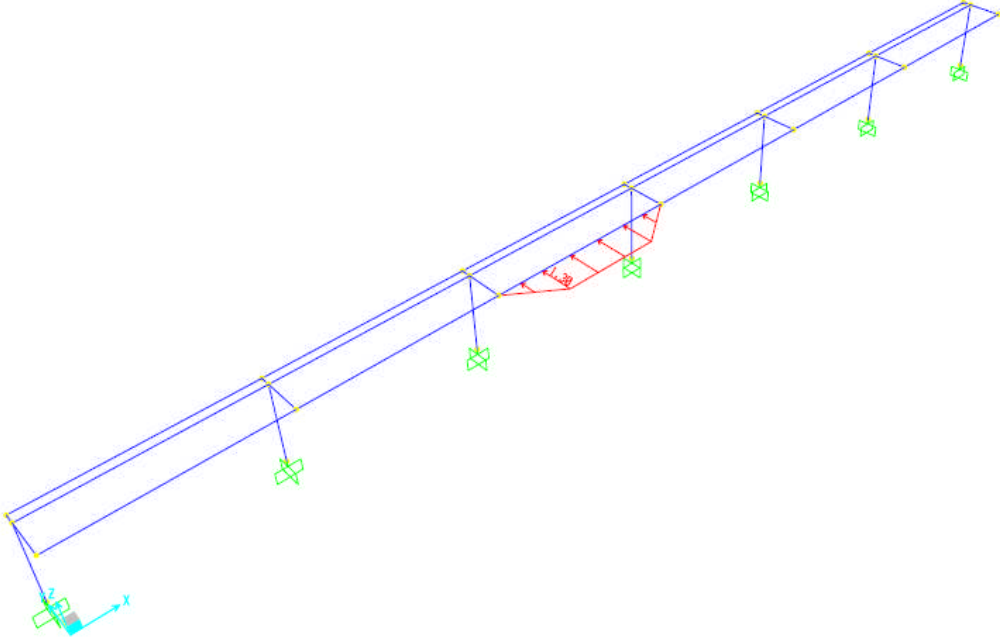
Şekil 72. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



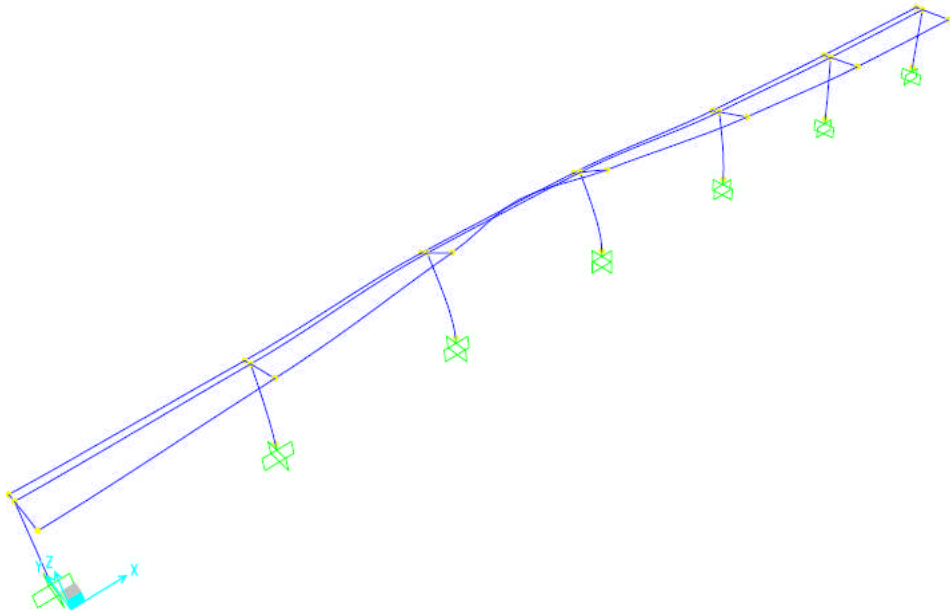
Şekil 73. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri

2.7. 2,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,85 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Şehimdeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

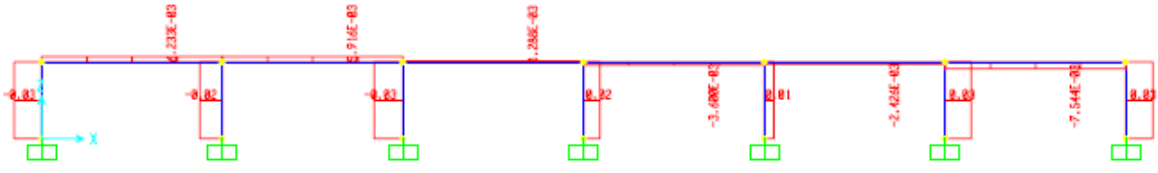
Bu durumda sistemde oluşan azami şehim 0,01066 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 2,00 metre aralıklı otokorkuluk sistemine yüklenmesi durumunda sistemde oluşan şehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81' de gösterilmiştir.



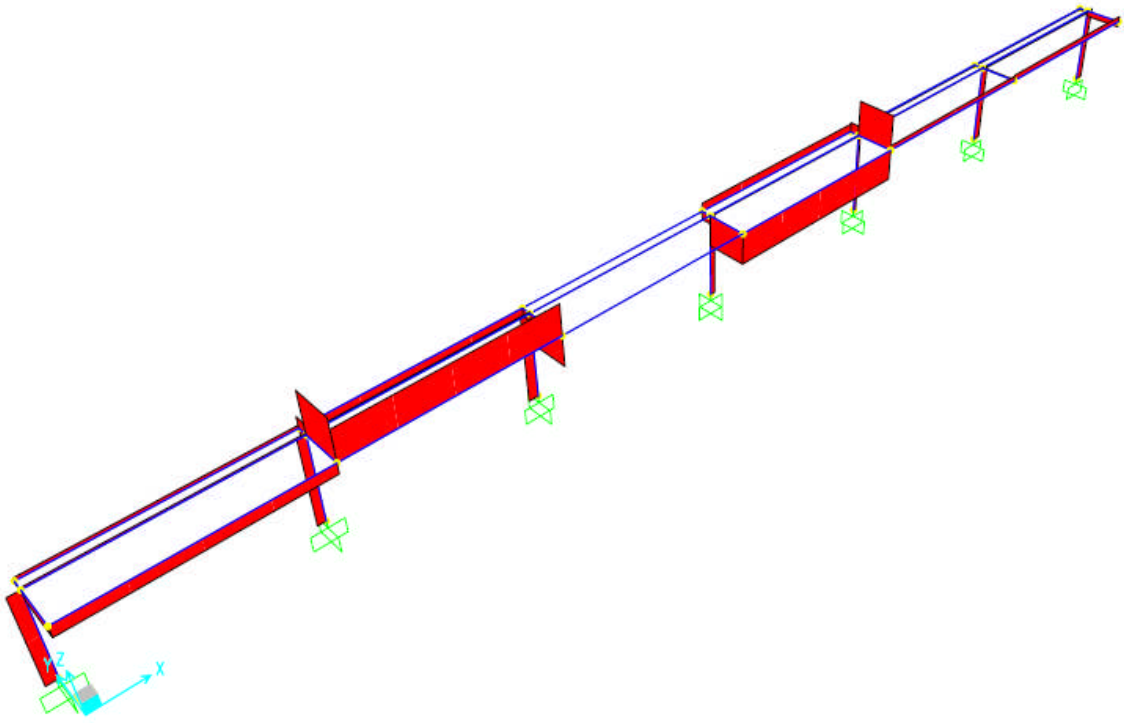
Şekil 74. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum



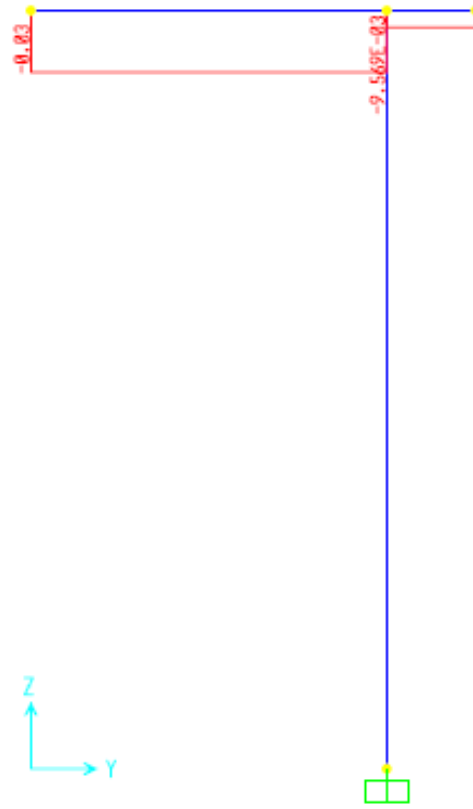
Şekil 75. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



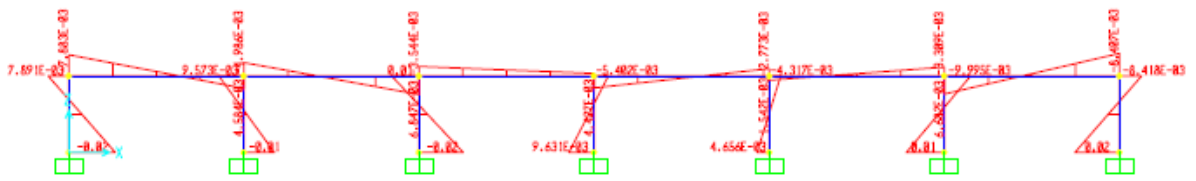
Şekil 76. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



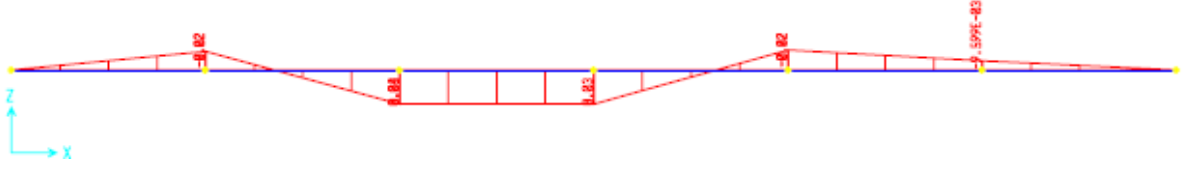
Şekil 77. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



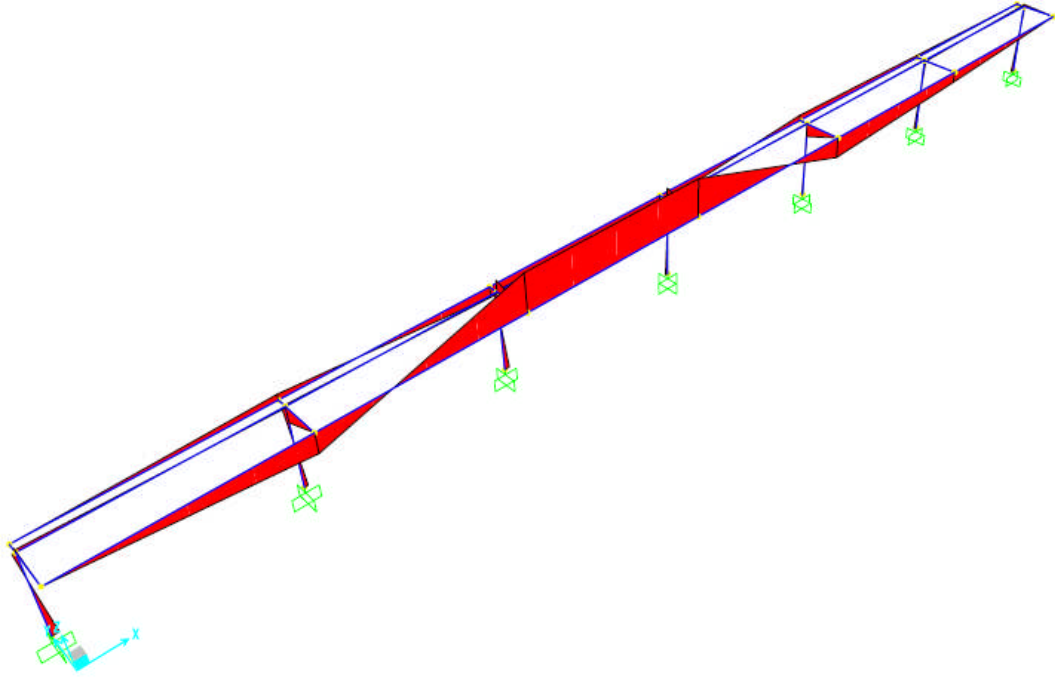
Şekil 78. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami kesme kuvveti değerleri



Şekil 79. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



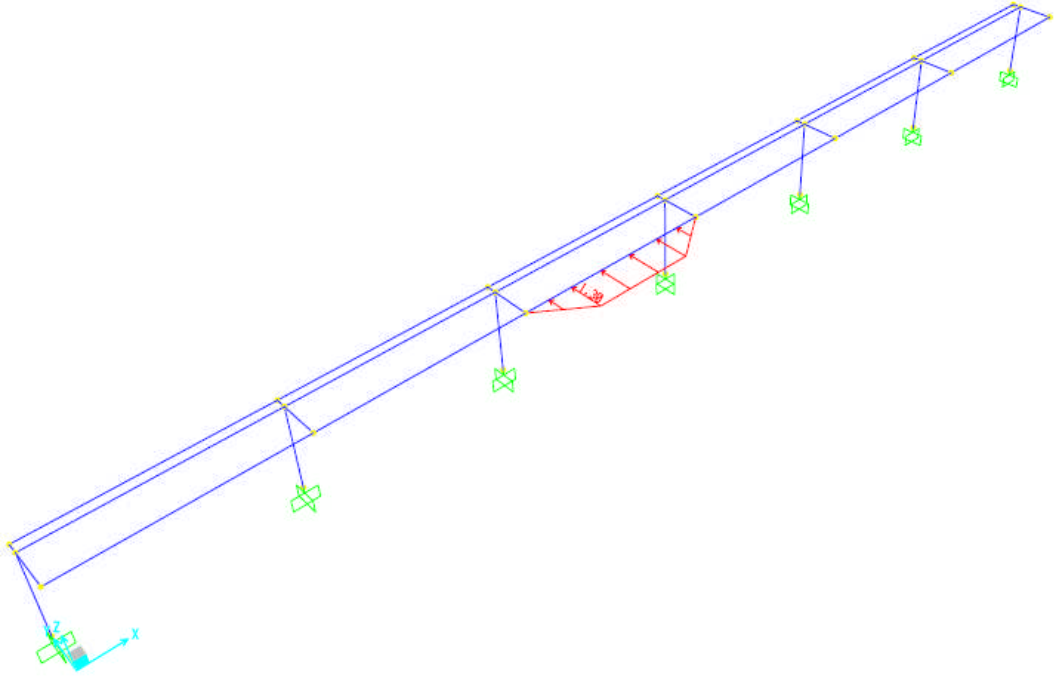
Şekil 80. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



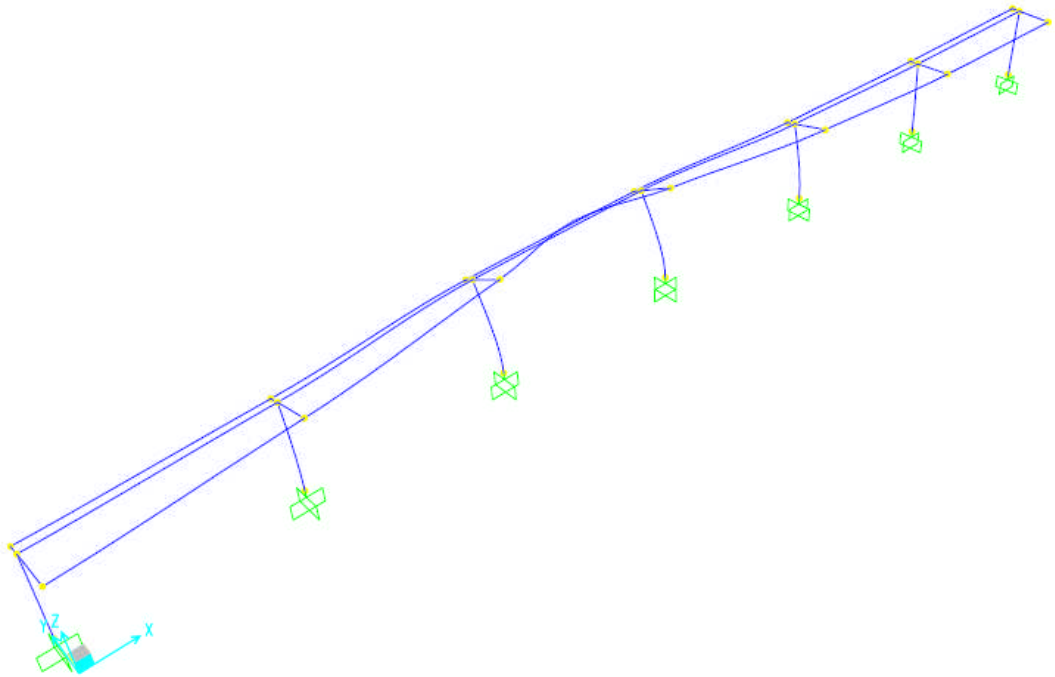
Şekil 81. 0,85 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü

2.8. 2,00 Metre Dikme Aralıklı ve 0,95 Metre Yüksekliğindeki EDSP-BW Tipi Otokorkuluklara Yükleme Yapıldığında Meydana Gelen Maksimum Sehindeki Kesme Kuvvetleri ve Moment Diyagramları

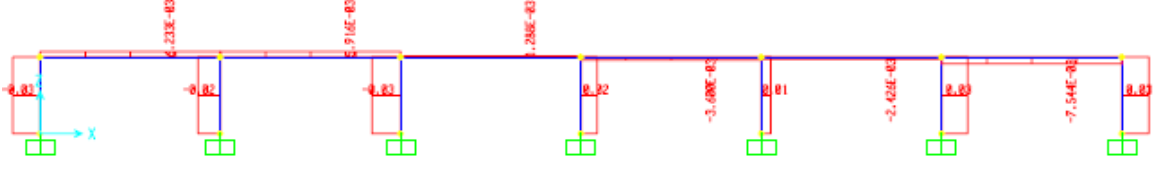
Bu durumda sistemde oluşan azami sehim 0,01071 metredir. 1,3 tonluk yükün 2 metrelik yayılı yük şeklinde ve 90° açıyla, 2,00 metre aralıklı otokorkuluk sistemine yüklenmesi durumunda sistemde oluşan sehim, kesme kuvvetleri ve moment diyagramları Şekil 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89' da gösterilmiştir.



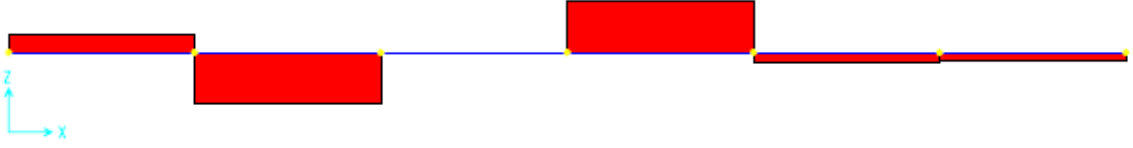
Şekil 82. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durum



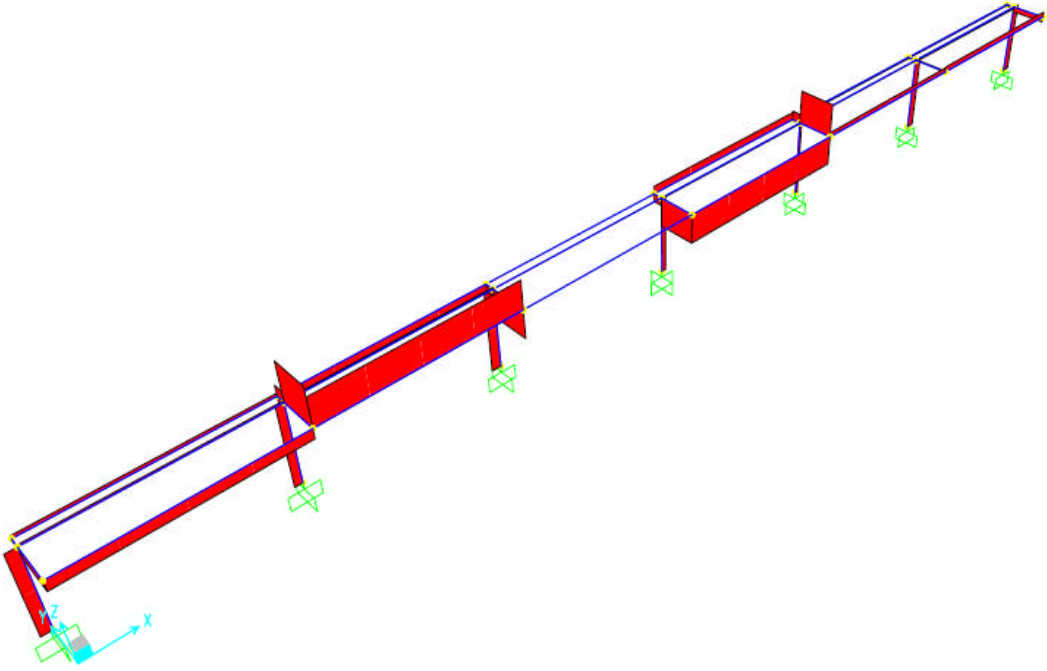
Şekil 83. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan maksimum sehim



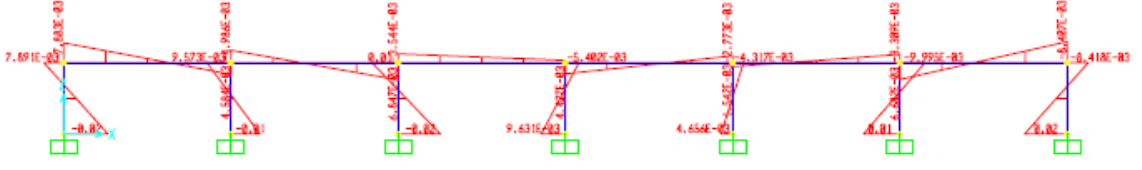
Şekil 84. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvveti değerleri



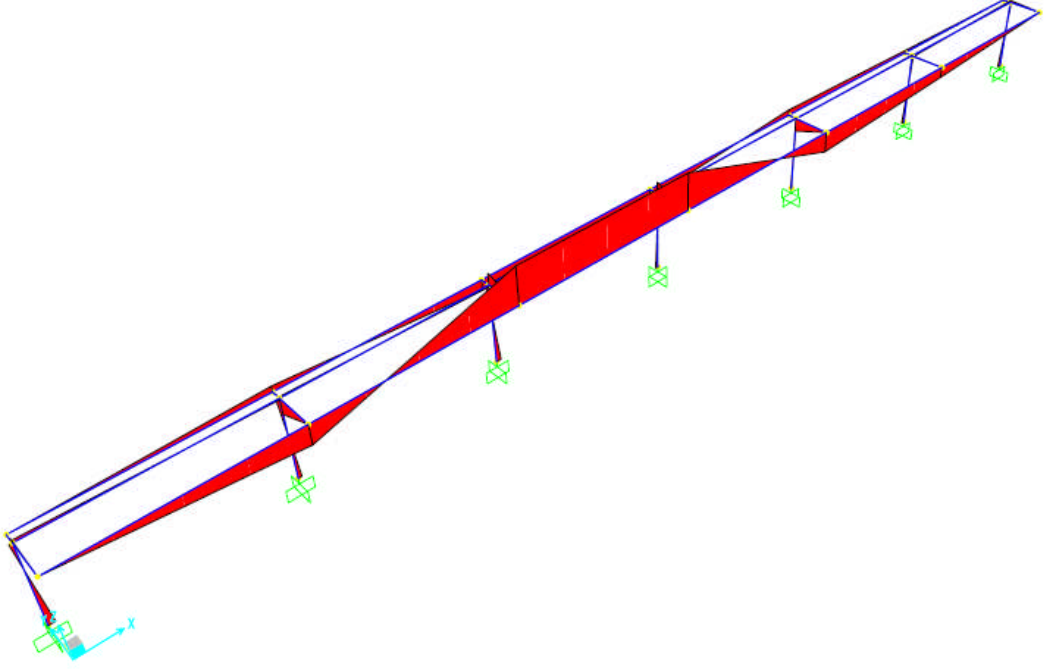
Şekil 85. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



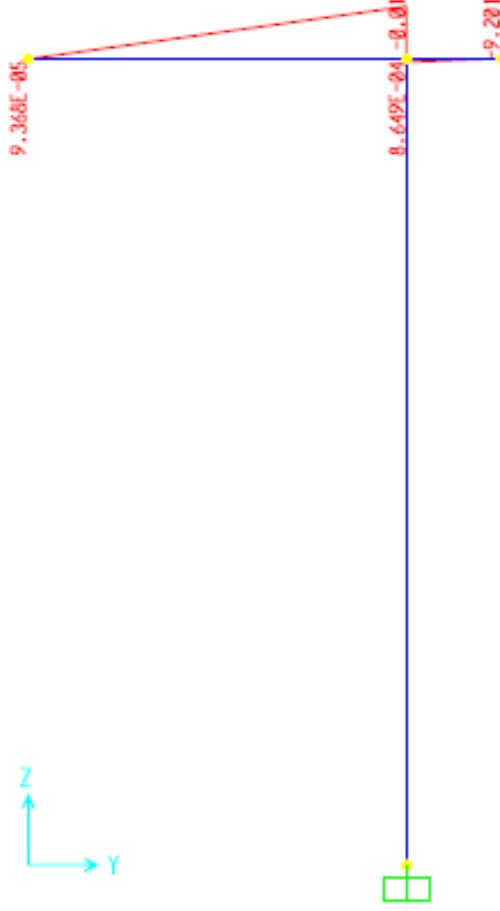
Şekil 86. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan kesme kuvvetlerinin şekilsel görünüşü



Şekil 87. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan moment değerleri



Şekil 88. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumdaki oluşan momentlerin şekilsel görünüşü



Şekil 89. 0,95 metre yüksekliğindeki otokorkuluklara 2 metrelik yayılı yük yüklendiği durumda oluşan azami moment değerleri

EDSP-BW tipi otokorkuluklar 1,00 metre dikme aralıklarla modellendiklerinde yapmış oldukları sehimlerin ciddi şekilde düştükleri gözlenmiştir. 2,00 metreden fazla açıklıklı sistemlerin yaptıkları sehimlerin büyük ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Dikme yüksekliklerinin artırılmasıyla birlikte sistemin yaptığı sehimlerde çok düşük derecede artışlar meydana geldiği gözlenmiştir. Bu değişimler yok denecek kadar azdır.

3. BULGULAR VE İRDELEMELE

Bu çalışmada, araçların yol dışına çıkmaları durumunda, meydana gelebilecek kayıpları en aza indirmek için uygulanabilecek çeşitli yöntemlerden birisi olan otokorkulukların malzeme, montaj, şekil, boyut, dikme aralıklarının ve dikme yüksekliklerinin kaza sonuçlarına etkisi açısından karşılaştırmalı olarak irdelenmektedir.

3.1. Çelik Otokorkuluklar ile Beton Otokorkulukların İşlevsel Olarak Karşılaştırılması

Yurt dışında ve ülkemizde çelik otokorkuluklar, beton otokorkuluklara göre çok daha yaygın olarak kullanılırlar. Bunun en büyük nedeni çelik otokorkulukların rijitliklerinin beton otokorkuluklara göre daha düşük olmasıdır. Ayrıca ülkemizde otokorkuluk ile ilgili bir standart ve otokorkuluklara uygulanan çarpışma testlerinin olmayışından dolayı ülkemizde kullanılan otokorkuluk çeşitleri Avrupa'dan hiç değiştirilmeden alınmıştır. Avrupa'da da genellikle çelik otokorkuluklar kullanıldığı için ülkemizde de daha yaygın olarak çelik otokorkuluklar kullanılmıştır.

Araçlar beton otokorkuluklara çarptıklarında, araç ve içerisindeki canlılar ciddi hasarlar alabilirler. Bunun için beton otokorkuluklar, ancak hiç telafisi olmayan yol kenar bölgelerinde kullanılmalıdır. Örneğin çok dik dolgu şevlerinde, su birikintilerinin kenarındaki dolgu şevlerinde veya refüj bölgesi kısıtlı yollarda bariyerdeki ufak bir yanal esnemenin karşı şeritteki araçlara müdahalesinin mümkün olduğu durumlarda beton otokorkuluklar kullanılabilir. Şekil 90' da beton otokorkuluklara örnek gösterilmektedir. Beton otokorkulukların işlevsel bir esnekliği yoktur. Ancak gösterdiği mukavemetten daha fazla bir yük ile karşılaştıklarında yapılarının bozulması ve montaj bağlarının kopmasıyla birlikte esneklik gösterebilirler.



Şekil 90. Tamamen rijit bir sistem olan ve yanal deformasyonu olmayan beton otokorkuluk

Şekil 91’ de çelik otokorkuluk tiplerinden olan ağır hizmet tipi otokorkuluk ve basit mesafeli otokorkuluk görülmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere ağır hizmet tipi otokorkuluk kademeli yolun üst refüjünde kullanılmıştır. Amaç araçların kotu yüksek olan yol platformundan aşağı uçup aşağıda seyir halinde olan diğer araçların üzerlerine düşüp ölümcül kazaya sebebiyet vermelerini önlemektir. Bunun içindir ki araçların otokorkuluk sistemini delip geçmelerinin en güç olduğu çelik otokorkuluk tipi olan ağır hizmet otokorkuluk kullanılmıştır.



Şekil 91. Yanal deformasyonu 0.6 - 3.5 m olan çelik otokorkuluklar (Hopa, 2007)

Şekil 92' de ise beton taş duvara araçların çarpmasını önlemek amacıyla çelik otokorkuluk inşa edildiği gözlenmektedir. Yani buradan da beton blokların araçlar için nasıl bir tehlike oluşturdukları gözlenmektedir. Burada amaç beton duvara araçların çarpıp kaza şiddetini artırmasını önlemektir. Beton otokorkulukların beton duvarlardan rijitlik olarak ve araçlara verdikleri tepkiler açısından pek farkları yoktur. Sadece beton otokorkuluklar beton duvarlara göre daha küçük kitlelerdir; yapısal ve işlevsel olarak farklılıkları yoktur. Bunun için araçların yol platformunu terk etmesi neticesinde telafisinin hiç olmadığı durumlarda beton otokorkuluğa başvurulmalıdır.



Şekil 92. Beton taş duvara araçların çarpmaması için inşa edilen çelik otokorkuluk (Hopa, 2007)

3.2. Otokorkulukların Uygulama Hataları

Otokorkuluklar, çeşitli nedenlerle yollarını terk eden araçların yol dışına çıkararak daha büyük bir kazaya neden olmasını engelleyen güvenlik elemanlarıdır. Fakat otokorkulukların yanlış uygulanması ya da yanlış yere uygulanması bazen hiç uygulanmamasından daha kötü sonuçlar doğurabilir. Otokorkuluklar üretim ve uygulama maliyetleri yüksek güvenlik elemanlarıdır.

Karayolları teknik şartnamesi otokorkulukların başlangıç ve bitiş noktalarının (uç parçalarının) doğal zemine gömülmesini, yalnızca uç parçalarının 5 cm' lik bir kısmının göz ile görülebileceğini şart koşturmuştur. Fakat buna rağmen uygulama hatalarının

neticesinde, ülkemizde çok acı kazalar ve can kayıpları yaşanmaktadır. Uç parçası havada askıda bırakılmış ve araç çarpması sonucu aracın otokorkuluk sistemine saplanma riski yüksek olan otokorkuluk sistemi aşağıdaki Şekil 93'te gösterilmektedir.



Şekil 93. Uç parçası havada bırakılmış ve araç çarpması sonucu aracın otokorkuluk sistemine saplanma riski yüksek olan otokorkuluk sistemi

Burada uç parçası toprağa gömülmesi gerekirken, otokorkuluğun bitiş noktası askıda bırakılmıştır. Askıda bırakılan uç parçalarına araçlar saplanabilir ve ölümlerle sonuçlanabilecek kazalar meydana gelebilir. Uç parçası toprağa gömülmemiş olan sisteme saplanmış araç da Şekil 94'te görülmektedir.



Şekil 94. Uç parçası toprağa gömülmemiş olan sisteme saplanmış araç (URL-7, 2010)

Bariyerler ile ilgili problemler genelde kötü dizayn, yanlış bariyer seçimi, kötü işçilik ve yetersiz bakımdan kaynaklanmaktadır. Çevremizde kötü işçilik kullanılarak yapılmış bariyerler görmek hiçte zor değildir. Bazı durumlarda yanlış bariyer seçimi kaza şiddetini artırıcı etki etmektedir. Şekil 95 ' te gösterildiği gibi rijit bir engele çarpmaları önlemek için çelik ve beton bariyerler birlikte kullanılmıştır. Bu sistem, yoldan çıkan bir aracın güvenli bir şekilde durdurulması için tasarlanmıştır. Fakat burada unutulmuş, çelikten betona geçiş bölgesinde yeterli sayıda çelik dikeç olmaması sebebiyle, çelik bariyerin 2 ila 3 metre yanıl deformasyon yapabileceğidir. Bu ise bariyerin çelik bölümüne çarpan aracı kontrolsüz bir şekilde rijit kolon ile karşılaştıracaktır. Ayrıca çelik otokorkuluk ve beton otokorkuluk bağlantısı yapılmadığından ve çelik otokorkuluğun ucu askıda bırakıldığından, araçların otokorkuluğa kamikaze gibi saplanma riskleri büyüktür. Bu bariyerin kullanılması kullanılmamasından daha fazla tehlike yaratmaktadır.



Şekil 95. Yetersiz çelik dikeç kullanımı ve bağlantı eksikliği ile ortaya çıkan zayıf geçiş bölgesi

3.3. Basit Otokorkuluklar ile Ağır Hizmet Tipi Otokorkulukların İşlevsel Olarak Karşılaştırılması

Türkiye’ de yollarda en çok kullanılan otokorkuluk tipi basit otokorkuluklar olup basit otokorkulukları yollarımızın her kesiminde görmemiz mümkündür. Ağır hizmet otokorkuluklar ise basit otokorkulukların işlevsel olarak yetersiz kaldığı noktalarda kullanılır. Bu noktalar, genelde araçların yol platformunu terk etmesi durumunda otokorkuluğun araçları yol platformuna geri yönlendirmesinin mümkün olamadığı yerlerdir. Böyle bir durumda kazanın şiddeti çok daha büyük olmaktadır. Basit otokorkuluklar otomobiller için güvence verirken ağır vasıta araçlar için çarpışma açısına, araç hızına ve araç ağırlıklarına göre yetersiz kalabilmektedirler. Ağır vasıtaların yoğun olduğu yollarda kesinlikle ağır hizmet tipi otokorkuluk kullanılmalıdır. Şekil 96’ da Kızılcıhamam-Gerede arasında Azaphane mevkiindeki bir viraj gözükmektedir. 2007 yılının sonuna kadar bu mevkide basit otokorkuluklar kullanılıyordu ve bu virajda ağır vasıtalar çok sık kaza yapıyorlardı. Genellikle kazalar tek aracın yoldan çıkmasıyla oluşuyordu. Şekil 96’ da görüldüğü üzere basit otokorkuluğa çarpan araçları otokorkuluk tutamıyordu; araçlar 3 basit otokorkuluk hattını delip (2 orta refüj ve 1 banket) duvara çarpıyorlardı ve ölümlü kazalar meydana geliyordu Fakat 2008 yılının hemen başında Azaphane’ de refüje ağır hizmet otokorkuluk inşa edildi. Kamyon refüjdeki ağır hizmet tipi otokorkuluğa çarptı, yükünün bir kısmını refüje boşalttı ve tam yan yatmadan tekerlerinin üzerine düştü. Kaza sonunda kamyondaki şoför yaralanmamıştı ve kamyon kendi kendine

gidebilir durumdaydı. Şekil 97' de kamyonun çarptığı ağır hizmet tipi otokorkuluklar görülmektedir.



Şekil 96. Basit otokorkulukların Azaphane virajı için işlevsel yetersizlikleri (Azaphane, 2007)



Şekil 97. Ağır hizmet otokorkuluğunun Azaphane virajı için işlevsel yeterliliği (Azaphane, 2008)

3.4. Trafik Kazaları Tespit Tutanaklarında, Otokorkulukların Kazaların Önlenmesindeki Rollerinin İstatistiksel Olarak Karşılaştırılması

2008 yılında Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü yol ağı içerisindeki en fazla kaza olan noktalardan birisi Çayeli-Pazar arasındaki Balıkçidere Kavşağıdır. Bu bölge kaza kara noktası kapsamına alınarak bölgeye 2009'da otokorkuluk inşa edildi. 2008 yılında Balıkçidere Kavşağı'ndaki toplam kaza sayısı, kazaların şekilleri ve bu kazalar sonucundaki yaralanma ve ölü sayıları Tablo 11'de görülmektedir.

Tablo 11. 2008 yılı Balıkçidere Kavşağı tek araç kaza istatistikleri (Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü Trafik Başmühendisliği trafik kazaları tespit tutanakları, 2010)

Kaza şekli	Kaza sayısı	Yaralı sayısı	Ölü sayısı
Tek araç -Sabit cisme çarpma	2	3	2
Tek araç – Devrilme	3	3	1
Tek araç – Yoldan çıkma	5	4	-
TOPLAM	10	10	3

Otokorkuluk inşa edildikten sonra kaza sayıları ve şekilleri, bu kazalar sonucundaki yaralanma ve ölü sayıları da Tablo 12'de verilmektedir.

Tablo 12. 2010 yılı Balıkçidere Kavşağı tek araç kaza istatistikleri (Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü Trafik Başmühendisliği trafik kazaları tespit tutanakları, 2010)

Kaza şekli	Kaza sayısı	Yaralı sayısı	Ölü sayısı
Tek araç -Sabit cisme çarpma	-	-	-
Tek araç – Devrilme	2	2	-
Tek araç – Otokorkuluğa çarpıp tekrar yola dönme	4	-	-
TOPLAM	6	2	-

Balıkçidere Kavşağı, Trabzon-Hopa arası karayolunun en fazla buzlanan ve en fazla yağış alan noktalarından birisidir. 2008 yılında bu noktada otokorkuluk yoktu ve bu bölgede 2008 yılı içerisinde toplam 10 kaza meydana gelmiştir. Bu kazalar sonucunda 3 kişi hayatını kaybetmiş ve 10 kişi yaralanmıştır. 2009 yılında bu bölge kaza kara noktası kapsamına alındıktan sonra tek araç trafik kazaları şekillerinde yoldan çıkma gözükmemektedir. Yol platformunu terk eden araçlar otokorkuluğa çarpıp güvenli bir şekilde yola yönlendirilmektedirler. 2010 yılında ölümcül kaza hiç meydana gelmezken

yaralı sayısında % 80' lik bir azalma meydana gelmiştir. Bu istatistik otokorkulukların insan can ve mal güvenliği için ne derece önemli olduğunu göstermektedir.

3.5. SAP2000 Programı Yardımıyla EDSP-BW Tipi Otokorkulukların Yaptıkları Sehımlerinin Karşılaştırılması

SAP2000 programında modellenen 12 metrelik EDSP-BW tipi otokorkuluğa 90° açıyla, 1,3 tonluk, 2 metrelik yayılı yükleme yapılmıştır. Otokorkuluk sisteminin dikme aralıkları ve dikme boyları değiştirilerek sistemin yaptığı sehımler karşılaştırılmıştır.

3.5.1. Dikme Aralıklarının Değişmesi Durumunda Otokorkulukların Yaptıkları Sehımlerin Karşılaştırılması

Bu yükleme 0,75 metre yüksekliğindeki otokorkuluklar için 4 metre, 3 metre, 2 metre, 1,33 metre ve 1 metre dikme aralıklı olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Dikme aralıklarının değişmesi durumunda, yüklemeler sonucunda sehımlerin nasıl değiştiği Tablo 13' te gösterilmektedir.

Tablo 13. Dikme aralıklarının değişmesiyle birlikte 0,75 metre yüksekliğindeki sistemin yaptığı sehımlerdeki değişimler

Dikme aralıkları	Azami sehım (metre)
4,00 metre dikme aralıklı sistem	0.02104
3,00 metre dikme aralıklı sistem	0.01421
2,00 metre dikme aralıklı sistem	0,01042
1,33 metre dikme aralıklı sistem	0,01006
1,00 metre dikme aralıklı sistem	0,00662

Ülkemizde ve yurt dışında EDSP tipi otokorkuluklar köprü ve tretuar üzerlerinde 2,00 metre ve 1,33 metre dikme aralıklı olarak kullanılırlar.4,00, 3,00 ve 1,00 metre aralıklı EDSP tipi otokorkuluk sistemleri kullanılmamaktadır. SAP2000 programı yardımıyla EDSP tipi otokorkulukları 4, 3, 2, 1,33 ve 1 metre dikme aralıklı olarak tasarladık ve bu sistemlerde oluşan sehımleri gözlemledik.

Günümüzde EDSP tipi otokorkuluklarda 2,00 metre dikme aralığından daha büyük dikme aralıklı sistemler kullanılmamaktadır. EDSP-BW tipi otokorkulukları köprü ya da viyadük üzerlerinde kullanılabileceğini de düşünülürse, bu sistemler için 3,00 ve 4,00 metre dikme aralıkları düşünülmesi tehlikeli olabilir. Otokorkuluk sisteminde dikmeler 2,00 metre aralıklarla yerleştirildiğinde, sistem 0,01042 metre sehim yapmaktadır. Dikme aralığını 1,33 metreye düşürdüğümüzde sistemde oluşan azami sehim 0,01006 metreye inmektedir. Fakat 2,00 metre dikme aralıklı sistem ile 1,33 metre dikme aralıklı sistem arasında fazla bir fark oluşmamaktadır. Dikme aralıkları 2,00 metreden 1,33 metreye düşürüldüğünde sadece % 3,45' lik bir azalma gözlenmektedir. Fakat dikme aralıkları 1,33 metreden 1,00 metreye düşürüldüğünde, sistemin sehimindeki azalmanın % 34,1 olduğu gözlenmiştir. Yani dikme aralıklarını 2,00 metreden 1,33 metreye indirmek sistemin yaptığı sehimi fazla düşürmemektedir. Eğer ki otokorkuluk yapılacak yer, araçların yol platformunu terk etmesi durumunda çok tehlikeli sonuçlar doğurabilecek bir yer ise; 1 metre dikme aralıklı otokorkuluk sistemi kullanılabilir. Fakat böyle bir durum söz konusu değilse kullanılmamasında fayda olabilir. Çünkü 1 metre dikme aralıklı sistem çok az sehim yaptığından ve çok rijit bir özellik gösterdiğinden, araçların bu sisteme çarpmaları durumunda araç içerisindekilerin yaralanma riskleri de diğer sistemlere göre daha fazla olacaktır. Bu sistem asma köprü üzerlerinde, çok yüksek viyadüklerde ya da çok dik dolgu şevleri kenarlarında uygulanabilir. Ancak bu sistemin uygulanması için zeminin beton tretuar ya da beton hatıl olması gerekmektedir.

Tabiki bu değerlendirmeleri 1,3 tonluk araçlar için yapabiliriz. Eğer ki ağır vasıta araçların yoğun olduğu bir yol düşünülürse bu sistemin uygulanması doğru olmaz. Bu durumda aynı ankrajlı sistemde ağır hizmet otokorkuluklar kullanmak gerekecektir.

3.5.2. Dikme Yüksekliklerinin Değişmesi Durumunda Otokorkulukların Yaptıkları Sehilerin Karşılaştırılması

Bu yükleme 2,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklar için 0,75 metre, 0,85 metre ve 0,95 metre yüksekliğinde olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Dikme yüksekliklerinin değişmesi durumunda, yüklemeler sonucunda sehilerin nasıl değiştiği Tablo 14' de gösterilmektedir.

Tablo 14. Dikme yüksekliklerinin değişmesiyle birlikte 2,00 metre dikme aralıklı sistemin yaptığı sehimlerdeki değişimler

Dikme yüksekliği	Azami sehim (metre)
0.75 metre	0.01042
0,85 metre	0.01066
0,95 metre	0,01071

Ülkemizde ve yurt dışında EDSP tipi otokorkulukların yükseklikleri 0,75 metredir. 0,85 metre ve 0,95 metre yüksekliğinde EDSP tipi otokorkuluk sistemleri kullanılmamaktadır. SAP2000 programı yardımıyla EDSP tipi otokorkulukları 0,75 metre, 0,85 metre ve 0,95 metre yüksekliğinde tasarladık ve bu sistemlerde oluşan sehimleri gözlemledik.

Dikme yüksekliklerinin değiştirilmesiyle birlikte sehimlerdeki değişimler çok az fark etmektedir. 2,00 metre dikme aralıklı ve 0,75 metre yüksekliğindeki sistemin yapmış olduğu sehim 0,01042' dir. Sistemin yüksekliği 0,85 metreye çıkarıldığında sistemin yapmış olduğu sehim 0,01066' dır. Sistemin yüksekliğini 0,75 metreden 0,85 metreye çıkarttığımızda sisteminde % 2,30' luk bir sehim artışı olmaktadır. Yüksekliği 0,85 metreden 0,95 metreye çıkarttığımızda ise sistemde % 0,46' lık bir sehim artışı olmaktadır.

Sistemin yüksekliğinin değişmesiyle birlikte sistemin yaptığı sehimlerdeki değişim oldukça düşük değerlerdir. Sistem betona ankrajlar ile sabitlenmeseydi, dikme yüksekliklerini değiştirdiğimizde dikmelerin toprağa gömülü kısımları da değişecekti. Böylece sistemin mukavemetinde çok ciddi değişiklikler olabilirdi. Fakat bu sistemde dikmelerin boylarını değiştirdiğimizde sistemin yapmış olduğu sehimlerde büyük değişiklikler gözlemlenmemiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karayollarımızın daha güvenli alanlar olması, tek araç kazalarının minimuma indirilmesi, doğru tipte ve şartnamelere uygun inşa edilmiş otokorkulukların doğru yerlere uygulanması ile mümkündür.

Otokorkuluklar doğru yere ve doğru tipte uygulanmalıdırlar. Ağır vasıtaların çok az geçtiği yollara ağır hizmet tipi otokorkuluk uygularsak, hem ülke kaynaklarını cömertçe harcamış oluruz; hem de o paralarla kurtarabileceğimiz başka canların hayatlarını tehlikeye atmış oluruz. Böyle yerlerde basit mesafeli otokorkuluklar kullanılmalıdır. Ağır vasıta araçların yoğun olduğu yollarda da ağır hizmet tipi otokorkuluklar kullanılmalıdır. Otokorkuluk gerektirmeyen ve affedici yol kenar bölgesi olan yerlere de otokorkuluk yaparsak, otokorkuluk ihtiyacı olan yollarımızın kaynaklarını boşa harcamış oluruz.

Ülkemizde otokorkuluklar için bir şartname bulunmamaktadır. Avrupa’ da yapılan çalışmalarda değişiklik yapılmadan aynı otokorkuluk sistemleri Türkiye’de uygulanmaktadır. Bu otokorkuluk sistemlerinin çarpışma testleri ve otokorkuluk elemanlarının tasarlanması yurt dışında yapılmaktadır. Ülkemizde otokorkuluklar için çarpışma testleri yapıp, ülkemiz yolları için en uygun otokorkuluk tiplerinin araştırılması konusunda daha fazla inceleme yapılmalıdır ve bu incelemeler sonucunda ülkemizde otokorkuluklar için standartlar belirlenmelidir. Ülke yollarımıza en uygun otokorkuluk tiplerini ülke şartlarımıza göre biz tasarlamalıyız.

Otokorkulukların inşa edilmesinde, her bir otokorkuluk tipinin teknik şartnamesinden taviz verilmemelidir. Aksi halde otokorkuluklar kazaların şiddetini azaltıcı güvenlik elemanları sıfatından çıkarak; kazaların şiddetini artıran tehlikeli cisim sınıfına bürünürler. Özellikle sık rastlanan problemlerin başında otokorkulukların uç parçalarının gömülmemesi ve sıfırlama yapılmadan havada bırakılması gelmektedir. Otokorkulukların uç parçaları toprağa gömülmeli ve otokorkuluk uç parçalarının azami 5 cm’ sinin görünmesine müsaade edilmektedir. Ayrıca otokorkulukların yükseklikleri de tiplerine göre belirtilen yükseklikte olmalıdırlar. Düşük olması halinde araçlar otokorkuluğun üzerinden tırmanıp takla atabilirler. Yüksek olması durumunda ise araçların tamponları otokorkuluk panelinin altına girmekte ve araç tekerlekleri otokorkuluk dikmeleri tarafından kesilmektedir. Ayrıca yüksek olması durumunda otokorkuluk dikmeleri zemine daha az gireceği için otokorkuluk sisteminin mukavemeti daha da düşecektir.

Ülkemizde yollarımızda işlevsel olarak en iyi performans gösteren otokorkuluk çeşiti çelik otokorkuluklardır ve en fazla yollarımızda inşa edilen otokorkuluk çeşiti de çelik otokorkuluklardır. Fakat günümüz teknoloji ve yaşam standartlarına göre çelik otokorkuluklar da yetersiz kalmaktadır. Artık çelik otokorkuluklardan daha esnek ve daha az zarar verici sistemler geliştirilmelidir. Bu esneklik plastik hammaddeli malzemelerde sağlanabilir ya da plastik hammaddeli malzemeler çeliğe giydirilerek çeliğin esnekliği artırılabilir ve çeliğin araçlara verdiği zararlar azaltılabilir.

Karayolları 10. Bölge Trafik Başmühendisliği kaza kara noktalarında tutulmuş olan trafik raporları sonuçlarına göre otokorkulukların kazaların şiddetlerini ciddi derecelerde düşürdüğü gözlenmiştir. En fazla kaza olan noktalardan birisi olan Balıkcıdere Kavşağı'nda tutulan trafik kazaları raporlarında, otokorkuluk inşa edildikten sonra bu kavşaktaki ölü sayısında % 100 bir azalma gözlenirken yaralı sayısında da % 80' lik bir azalma gözlenmiştir. Karayollarında otokorkuluk inşa edilecek yerlerin başında kaza kara noktası olarak tespit edilen yerler gelmelidir.

Köprü üzerlerinde kullanılan EDSP tipi otokorkuluklar 1,00 metre dikme aralıklarla modellendiklerinde yapmış oldukları sehimlerin ciddi şekilde düştükleri gözlenmiştir. Otomobil trafiğinin yoğun olduğu yerdelerde ve otokorkulukların fazla esnek olmalarının ciddi sorunlar yaratabileceği yerlerde 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklar kullanılabilir. 1,00 metre dikme aralıklı otokorkuluklar ülkemizde ve yurt dışında hiç kullanılmamıştır. Bu sistemin gerçek çarpışma deneyleriyle test edilip ülkemizde kullanılabilir. Fakat ilk önce ülkemizde otokorkuklara uygulanan gerçek çarpışma testlerini yapmamız gerekmektedir ve bu testler sonucunda otokorkuluklarımız için bir şartname oluşturmamız gerekmektedir. Sistem betona ankrajlar ile sabitlendiğinden, dikme yüksekliklerinin değişmesiyle birlikte sistemin yapmış olduğu sehimlerde büyük değişimler gözlenmemiştir. Toprak zeminlere çakılarak inşa edilen EDSP tipi otokorkulukların dikme boyları değiştirilerek yapılacak olan çalışmaların sonuçlarında, sistemde oluşacak sehimlerde ciddi değişimler gözlenebilir.

Karayollarından sorumlu birimler de sistematik olarak yolların güvenliğini artırıcı önlemleri almalı ve bunu yaparken ekonomi ve bakım kriterlerini de göz önünde tutmalıdır. Unutulmamalıdır ki, var olan kaynakların daha etkili olması teknolojinin ilerlemesine yardımcı olacak programların uygulanması, uygun eğitim ve öğretim imkanlarının oluşturulması ve karşılıklı bilgi alış verişleri ile mümkün olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Atahan, A.O. ve Ross, H.E., 2002. "Computer Simulation of Recycled Content Guardrail Post." *Journal of Transportation Engineering, ASCE*
- Atahan, A.O. ve Cansiz, O.F., 2002. "Improvements to G4(RW) Strong-Post Round-WoodW-BeamGuardrail." *Journal of Transportation Engineering, ASCE*.
- Atahan, 2008. Effect of permanent jersey-shaped concrete barrier height on heavy vehicle post-impact stability, *Int. J. Heavy Vehicle Systems*, Vol. 16, Nos. 1/2, 2009, Inderscience Enterprises Ltd.
- AASHTO-AGC-ARTBA, 1996. Joint Committee. "A Standardized Guide to Highway Barrier Hardware." American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- Alberson, D.C., Bligh, R.P., Buth, C.E. ve Bullard, D.L., 2003. "Cable and Wire Rope Barrier Design Considerations." *Transportation Research Board 2003 Annual Meeting*.
- Berglund, A., 2002. On associations between different factors and whiplash injury. "Epidemiological studies on risk of initial and future complains." Doctor in Medical Science Thesis, Karolinska Institutet, Stockholm.
- Bligh, R.P., Menges, W.L. ve Alberson, D.C., 2001. "Testing and evaluation of recycled materials in roadside safety devices." *Research Report 1458-3*. Texas Transportation Institute, College Station, Texas.
- Cansız O.F., 2003. Kuvvetli ahşap dikmelere sahip otokorkuluk sistemlerinde çarpışma deneyi davranışının sanal ortamda iyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Corben, B., Hamish, D., Mullan, N., ve Dyte, D., 1997. "The general effectiveness of countermeasures for crashes into fixed roadside objects." *Monash University Accident Research Centre, Melbourne*.
- Coon, B.A., Reid, J.D. ve Rohde, J.R., 1999. "Dynamic Impact Testing of Guardrail Posts Embedded In Soil." *Transportation Research Report No. TRP-03-77-98*, Midwest Roadside Safety Facility, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska.
- Delannoy, A., Langford, J., Corben, B.F., Newstead, S.V. ve Jacques, N., 2002. "Roadside environment safety." *Monash University Accident Research Centre, Melbourne, Australia*.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, 1996-2000 yılları arasındaki kaza istatistikleri, Ankara.

- EuroNCAP, 2009. Assessment protocol-adult occupant protection.
- European Committee for Standardization, 1998. Road restraint systems-Part 1. "Terminology and general criteria for test methods European Standard EN 1317-1."
- European Committee for Standardization, 1998. Road restraint systems-Part 2. "Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers European Standard EN 1317-2."
- Commission, E., 2003. Road infrastructure safety management, European Commission, Brussels, Belgium.
- Commission, E., 2001. White Paper-European transport policy for 2010: Time to decide, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, Netherlands.
- Kenyon, W.D., 1985. "Cable Guardrail Tension." Research Report 124, New York State Department of Transportation, Albany, New York.
- Kullgren, A., 1998. Validity and Reliability of Vehicle Collision Data. "Crash Pulse Recorders for Impact Severity and Injury Risk Assessments in Real-Life Frontal Collisions.", Doctor in Medical Science Thesis, Karolinska Institute, Stockholm.
- Mak, K. K. ve Menges, W. C., 1994. "Crash Testing Evaluation Strong-post, W-beam Guardrail System.", Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station.
- Norin, H., 1995. Evaluating the crash safety level components in cars. Doctor in Philosophy Thesis, Karolinska Institute, Stockholm.
- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mohan, D. Hyder, A.A., Jarawan, E. ve Mathers, C., 2004. "World report on road traffic injury prevention.", World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Plaxico, C.A, Ray, M.H. ve Hiranmayee, K., 2000. "Comparison of the Impact Performance of the G4(1W) and G4(2W) Guardrail Systems under NCHRP Report 350 Test 3-11 Conditions." Transportation Research Record, Paper No. 00-0525, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Reid J.D., Kuipers B.D., Sicking D.L. ve Faller R.K., 2008. Impact performance of W-beam guardrail installed at various flare rates, International Journal of Impact Engineering, Elsevier Ltd.
- Rizer, 2003. Road infrastructure for safer European roads. "D05 Summary of European design guidelines for roadside infrastructure." Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.

- Ross, H.E. JR., Sicking, D.L., Zimmer, R.A. ve Michie, J.D., 1993. "Recommended procedures for the safety performance evaluation of highway features." NCHRP Report 350, National Research Council, Washington, D.C.
- Sabey, B.e. ve Taylor, H., 1980. "The known risks we run the highway.", Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berks.
- Sherwin, R. ve Kerr J.D., 1979. " National Highway Traffic Safety Administration.", Washington, D.C.
- Stigson, H., 2009. A safe road transport system-Factors influencing injury outcome for car occupants. Doctor's Thesis, Karolinska Institute, Stockholm.
- Stout, D., Hinch, J. ve Yang, T-L. 1988. "Force-Deflection Characteristics of Guardrail Posts." ReportFHWA A-88-193,FHWA,US Departmentof Transportation, Washington, D.C.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayolları Teknik Şartnamesi 2006. Yayın No:267, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı Trafik Şube Müdürlüğü, 2002. Otokorkuluklar Hakkında Yönetmelik, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı, 2002. Trafik Güvenliği Kontrolü El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı, 2006. Trafik Şube Müdürlüğü, Trafik Kazaları Özeti 2005, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- URL-1, <http://www.alkagroup.com.tr/EN/products/N2/ESP-2.0.php>, 9 Aralık 2010.
- URL-2, http://www.alkagroup.com.tr/EN/Highway_Safety_System.php, 5 Ekim 2010.
- URL-3, <http://www.cepas.com.tr/Cepas/Products/HeavyDutyGuardrial.aspx>, 25 Mayıs 2010.
- URL-4, <http://www.cepas.com.tr/Cepas/Products/DoubleDistanceGuardrial.aspx>, 17 Haziran 2010.
- URL-5, http://www.alkagroup.com.tr/EN/products/N2/Super_Rail_ES-1_N2.php, 15 Mart 2010.
- URL-6, <http://www.thomasnet.com/articles/plant-facility-equipment/guardrail-buying-guide>, 21 Ocak 2010.

URL-7, http://www.iihs.org/research/fatality_facts/roadsidehazards.html#sec3, 7 Mayıs 2010.

URL-8, http://www.ecplaza.net/search/1s1nf5sell/guardrail_for_road.html, 10 Eylül 2010.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Trabzon'un Arsin ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Arsin'de, lise öğrenimi Trabzon Lisesi'nde tamamladı. Üniversite öğrenimini Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, 2002-2006 yılları arasında tamamladı. 2006 yılı Haziran döneminde İnşaat Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Alka İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de işe başladı. 4 yıl otokorkulukların imalatında ve karayollarında otokorkulukların inşa edilmesinde kontrolör olarak çalıştı. Yurt içinde otokorkuluklar hakkında karayolları ve özel firmaların düzenlediği çeşitli seminerlerde görev aldı ve katılımcı olarak bulundu. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Lisans programına başladı. 2010 yılında Alka İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.'deki görevinden istifa etti ve Arsin Belediyesi'nde göreve başladı. Halen bu görevini sürdürmekte olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.