



T. C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**3N AĞIR HİZMET OTOKORKULUK SİSTEMİNİN STATİK YÜKLEME
ANALİZİNİN ÇARPIŞMA TEST SONUÇLARIYLA KARŞILAŞTIRMASI**

MEHMET MAHİR YÜNCÜOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

HAZİRAN-2012

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**3N AĞIR HİZMET OTOKORKULUK SİSTEMİNİN STATİK YÜKLEME
ANALİZİNİN ÇARPIŞMA TEST SONUÇLARIYLA KARŞILAŞTIRMASI**

MEHMET MAHİR YÜNCÜOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN danışmanlığında hazırlanan bu tez 28/06/2012 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN
Başkan

Doç. Dr. Ahmet YAPICI
Üye

Yrd. Doç. Dr. Selçuk KAÇIN
Üye

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	III
ABSTRACT	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Karayolu Güvenliğine Genel Bakış.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı	2
1.3. Karayolu Yolkenar Güvenliği.....	3
1.3.1. Araçların Yolu Terk Etme Nedenleri	3
1.4. Affedici Yol Kenarı.....	5
1.5. Karayolunu Terk Eden Araçlar İçin Tehlike Oluşturan Unsurlar	6
1.5.1. Yayılı Tehlikeler.....	6
1.5.1.1. Karayoluna Paralel Açılmış Kanallar	7
1.5.1.2. Yarma ve Dolgu Şevleri	7
1.5.1.3. Ormanlık Alanlar	10
1.5.1.4. İstinat Duvarları	11
1.5.2. Noktasal Tehlikeler.....	11
1.6. Otokorkuluk Kullanımını Gerektiren Yol Kenarı Engelleri	13
1.7. Türkiye Yollarında Kullanılan Otokorkuluk Tipleri.....	14
1.7.1. Basit Otokorkuluklar (U Takozlu Otokorkuluk)	14
1.7.2. Basit Mesafeli (480 mm Takozlu) Otokorkuluklar	16
1.7.3. Çift Taraflı Otokorkuluklar	17
1.7.4. Çift Taraflı Mesafeli (780 mm Takozlu) Otokorkuluklar	18
1.7.5. Ağır Hizmet Tipi Otokorkuluklar.....	19
1.7.6. Betonarme Otokorkuluklar	22
1.8. Otokorkuluk Sistemlerinin Değerlendirme Kriterleri	23
1.8.1. Vasıta Cinsi, Hızı; Vuruş Şiddeti (Etki)	24
1.9. Otokorkulukların Çarpışma Testleri.....	24

1.9.1. Çarpışma Testi Sonuç Kriterleri.....	25
1.9.1.1. Otokorkuluk Yapısal Yeterliliği	25
1.9.1.2. Araç İçindekilerin Yaralanma Riski	25
1.9.1.3. Çarpışma Sonrası Aracın Otokorkuluktan Ayrılma Durumu	26
1.10. Otokorkuluk Sistemlerinin Derecelendirilmesi Kriterleri	26
1.11. Otokorkulukların Kazaları Önlemedeki İstatistiksel Veriler	28
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. Modelin SAP2000’ de Hazırlanması Aşamaları ve Analizi	35
3.2. Eşdeğer Statik Yük Hesaplama Metodu.....	56
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	58
4.1. TB11 Durumu	58
4.1. TB51 Durumu	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
5.1. Sonuç	70
5.2. Öneriler	71
KAYNAKLAR.....	72
TEŞEKKÜR	74
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ÖZET

3N AĞIR HİZMET OTOKORKULUK SİSTEMİNİN STATİK YÜKLEME ANALİZİNİN ÇARPIŞMA TEST SONUÇLARIYLA KARŞILAŞTIRMASI

Bu çalışmada, karayollarında sıkça kullanılmakta olan 3N ağır hizmet otokorkuluğunun araç çarpması durumundaki davranışını bilgisayar programı kullanarak simüle etmektir. Bu dinamik etkileşimi modelleyebilen dinamik analiz tabanlı programlar mevcut olsa da bu tür analizler yapabilen sayısının azlığı ve analiz sürelerinin uzunluğu yüzünden dezavantajlar içermektedir. Bu çalışmada bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için 3N AHO tipi otokorkuluk statik yapısal analiz yapan SAP2000 programı yardımıyla modellenmiş ve analiz edilmiştir. 3N AHO modeli üzerine dinamik araç darbesi yerine eşdeğer statik yükler hesaplanarak yüklenmiştir. Farklı varyasyonlarla yapılan statik yükleme şekilleri ile dinamik etkileşim çok hızlı bir şekilde elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar 3N AHO üzerinde yapılan gerçek çarpışma test sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Testte elde edilen sonucu veren statik eşdeğer yükün geometrisi ve hangi aralıklara etki ettiği belirlenerek irdelenmiştir.

2012, 86 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karayolu Güvenliği, Otokorkuluk, Ağır Hizmet, 3N, SAP2000, Analiz, Eşdeğer Statik Yük, Dinamik

ABSTRACT**COMPARISON OF EQUIVALENT STATIC LOADING ANALYSIS WITH
CRASH TEST RESULTS FOR 3N HEAVY CONTAINMENT LEVEL
GUARDRAIL**

In this study, crash test performance of a frequently used heavy containment guardrail, 3N AHO, was simulated with a computer program. Even though there are a numerous dynamic based computer programs that can assess this interaction they have disadvantages due to large computational times. To overcome this drawback, in this study, Structural Analysis Program, SAP2000, was used to model and analyze the 3N AHO. Dynamic vehicle impact loads were replaced with equivalent static loads. The magnitude and shape of equivalent static loads were determined using crash test impact conditions. Crash test results of 3N AHO guardrail was used to validate and compare the accuracy of the equivalent static load analysis. Based on the analyses the magnitude and shape of the equivalent static loads that represent two different vehicle impact conditions were determined.

2012, 86 pages

Keywords: Road Safety, Guardrail, Heavy Containment, 3N, SAP2000, Analysis, Equivalent Static Load, Dynamic.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AHO	Ağır Hizmet Otokorkuluğu
3N	3 Boğumlu Ray
AASHTO	Amerikan Eyalet Karayolu ve Ulaştırma Birimleri Topluluğu
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
EN1317	Avrupa arpışma Test Standardı
THIV	Başın Döşeme veya Cama arpma Hızı
PHD	arpışma Sonrası Başın Yavaşlama İvmesi
ASI	arpışma Şiddeti Endeksi
kj	Kilojoule
sin	Sinüs
E	arpışma Esnasında Ortaya ıkan Enerji
km	Kilometre
kg	Kilogram
m	Kütle
V	Hız
θ	Açı
R	Yarıçap
ms	Milisaniye
cm	Saniye

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Otokorkulukların tiplerine göre davranışları	23
Çizelge 1.2. Otokorkuluklara yapılması gereken kabul testleri ve onayları	24
Çizelge 1.3. Araçların engelleme seviyelerine göre yapılması gereken testler.....	27
Çizelge 1.4. Otokorkuluğun çarpışma genişliği	27
Çizelge 1.5. Ülkemizde kullanılan otokorkuluk tiplerinin performans değerleri.....	28
Çizelge 1.6. Değişik ülke trafik kaza istatistiklerinin karşılaştırılması	28
Çizelge 1.7. 1996–2000 yılları arası ortalama tek araç kaza istatistikleri.....	29
Çizelge 4.1. TB11'e göre çeşitli yüklemeler ve gerçek çarpışma testi sonucu oluşan yatay deformasyonlar	59
Çizelge 4.2. Yükleme çeşitlerine göre sistem elemanlarında meydana gelen yatay deformasyonun büyüklüğü	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. 3N Ağır hizmet otokorkuluğu uygulamalarından resimler.....	2
Şekil 1.2. Yoğun sis	4
Şekil 1.3. Kaygan yüzey.....	4
Şekil 1.4. Affedici yol kenarı örneği.....	6
Şekil 1.5. Karayoluna paralel açılmış kanallar	7
Şekil 1.6. Yarma şevleri	8
Şekil 1.7. Dolgu şevleri.....	9
Şekil 1.8. Banket-şev eğimi ile kaza oranları arasındaki 7:1	9
Şekil 1.9. Banket-şev eğim güvenliğinin genel olarak değerlendirilmesi.....	10
Şekil 1.10. Yol platformuna yakın ormanlık alan	10
Şekil 1.11. İstinat duvarları	11
Şekil 1.12. Yol kenarındaki tek ağaç örneği	12
Şekil 1.13. Aydınlatma direği ve yol platformuna bitişik köprü kolonu	12
Şekil 1.14. Korunmamış köprü korkulukları.....	12
Şekil 1.15. Korumasız köprü duvarları	13
Şekil 1.16. Menfez duvarları ve drenaj boruları.....	13
Şekil 1.17. Basit otokorkuluk detayı.....	15
Şekil 1.19. Basit mesafeli otokorkuluk detayı.....	16
Şekil 1.20. Basit mesafeli otokorkuluk	17
Şekil 1.21. Çift taraflı otokorkuluklar	17
Şekil 1.22. Çift taraflı mesafeli otokorkuluk detayı	18
Şekil 1.23. Çift taraflı mesafeli otokorkuluk	18
Şekil 1.24. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar	19
Şekil 1.25. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar	20
Şekil 1.26. 3N AHO sistemi çizimleri	21
Şekil 1.27. Beton otokorkuluklar.....	22
Şekil 1.28. Beton otokorkuluk tipleri.....	22
Şekil 1.29. 1996–2000 yılı arasında yoldan çıkan araçların çarptığı objeler ile bu kazalar sonucu meydana gelen can kayıpları	30

Şekil 3.1. Otokorkuluk işleyiş döngüsü	34
Şekil 3.2. Uzunluk ve ağırlık birimlerinin seçilmesi	35
Şekil 3.3. Model oluşturma yönteminin seçilmesi.....	35
Şekil 3.4. Aks koordinatlarının tanımlanması	36
Şekil 3.5. Aksların düzenlenmesi	36
Şekil 3.6. Malzeme tanımlama girişi	37
Şekil 3.7. Yeni malzeme tanımlama	37
Şekil 3.8. St37 çeliği malzeme özelliklerini tanımlama.....	38
Şekil 3.9. Bulonların malzeme özelliklerini tanımlama.....	39
Şekil 3.10. Yeni eleman kesiti tanımlama.....	40
Şekil 3.11. Bulon kesitinin tanımlanması	41
Şekil 3.12. C130 profilinin tanımlanması	41
Şekil 3.13. C1150 profilinin tanımlanması	42
Şekil 3.14. C1350 profilinin tanımlanması	42
Şekil 3.15. 3N ray ölçülerini gösteren enkesit çizimi	43
Şekil 3.16. 3N ray tanımlama	43
Şekil 3.17. 3N ray kesit tanımlama seçeneği.....	44
Şekil 3.18. 3N ray malzeme tipi seçimi.....	44
Şekil 3.19. 3N ray enkesit çizim ekranı	45
Şekil 3.20. Dikmelerin akslara atanması.....	45
Şekil 3.21. 3N takozun atanması	46
Şekil 3.22. Dikme ile takoz bağlantı bulonunun atanması.....	46
Şekil 3.23. U giriş elemanının atanması	46
Şekil 3.24. Diğer bağlantı elemanlarının tanımlanması.....	47
Şekil 3.25. 1, 2 ve 3 doğrultularındaki hareketleri kısıtlanacak elemanların seçilmesi.....	48
Şekil 3.26. Mesnet özellikleri seçimi	48
Şekil 3.27. Dönme ve deplasmana karşı kısıtlama	49
Şekil 3.28. Tekil yük atama.....	50
Şekil 3.29. Tekil yük değeri tanımlama ekranı.....	50
Şekil 3.30. Yayılı yük atama	51
Şekil 3.31. Yayılı yük değeri tanımlama ekranı	52

Şekil 3.32. Trapez yük tanımlama ekranı.....	53
Şekil 3.33. Analiz başlatma	53
Şekil 3.34. Analiz başlatma ekranı	54
Şekil 3.35. Deplasman değerlerini okuma	55
Şekil 3.36. Çarpışma testi sonucu elemanların yanal deplasman okumaları	55
Şekil 3.37. Çarpışma testi sırasında araç ağırlık merkezindeki ivme ölçerden elde edilen ivme grafikleri.....	57
Şekil 4.1. TB11 Testinin eşdeğer statik yükleme durumları ve meydana gelen deformasyonlar.....	58
Şekil 4.2. Tüm deformasyonları gösteren radar grafik	60
Şekil 4.3. Çarpışma testi ve 8 nolu yükleme sonucu oluşan deformasyonları gösteren radar grafik.....	60
Şekil 4.4. TB11 testi sonrası oluşan deformasyonların karşılaştırılması, a) gerçek test b) sap2000 analizi.....	61
Şekil 4.5. TB11 Testi Sonrası Deforme Olmuş 3N AHO Otokorkuluğunun Yan Görüntüsü.....	61
Şekil 4.6. TB11 testinin saniye saniye karelendirilmesi	63
Şekil 4.7. TB51 testinin eşdeğer statik yükleme durumları ve meydana gelen deformasyonlar.....	64
Şekil 4.8. Tüm deformasyonları gösteren radar grafik	66
Şekil 4.9. Çarpışma testi ve 5 nolu yükleme sonucu oluşan deformasyonları gösteren radar grafik.....	66
Şekil 4.10. TB51 yüklemesi testinin saniye saniye karelendirilmesi	69

1. GİRİŞ

1.1. Karayolu Güvenliğine Genel Bakış

Ülkemizde ulaşım modlarının önemlilerinden olan karayolları ulaşımı, yolkenarları ile uyumlu bir şekilde tasarlanmalıdır. 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. Yolkenar güvenlik sistemlerine olan ihtiyaç bu noktada başlamaktadır. Yolkenar güvenlik sistemleri, yol platformuna paralel olarak yerleştirilen ve araç içindeki canlıları korumak için tasarlanan pasif güvenlik tertibatlarıdır.

Genel olarak Türkiye’de ve dünyada yol kenar güvenliği için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler kullanıldığı yerlerde gerek kullanımından dolayı gerekse sürücülerin dikkatsizliği sebebiyle çarpan araçlar için tehlike arz edebilirler. Bu yüzden karayolunda kullanılan bu sistemlerin çarpmalara karşı genel performansı önceden bilinmeli, olası bir çarpışma durumunda araca veya araç yolcularına verebileceği zararlar en aza indirilmelidir.

Gelişmiş ülkeler, oluşabilecek muhtemel kazalarda araçların yolu terk ederek yolkenarında tehlike arz edecek durumlara maruz kalmamaları için yolkenar güvenliğine yönelik tasarımlara hassasiyet göstermektedirler. Son yıllarda hızla artan araç satışı ve yolkenarlarında meydana gelen kaza sayıları yolkenar güvenliği tertibatlarının güvenliğe katkısını önemli hale getirmiştir.

Karayolu kazaları oluş yeri itibariyle iki gruba ayrılır:

- Yol platformu içerisinde meydana gelen kazalar ve
- Yol platformu dışında meydana gelen kazalar

Karayolu platformunu terk eden araçların içerisine girdiği bölgeye literatürde “yol kenar bölgesi” denir (AASHTO, 2002).

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.

Karayolu yol kenarlarında kullanılan pasif güvenlik tertibatlarından bir tanesi otokorkuluklardır. Otokorkulukların asli görevi herhangi bir sebeple araçların yol

dışarısına çıkararak büyük bir kaza yapmasını engellemektir (Cansız, 2003). Çarpma araçları karayolu içerisinde, mümkünse güvenlik şeridinde tutmak ve araçları yavaşlatarak durdurmak üzere tasarlanırlar (AASHTO, 2002). Otokorkuluğa çarpma aracın seyir halindeki diğer araçlar için tehlike arz etmemesi için trafiğin içerisinde dönmemesi istenir. En hafifinden en ağırına kadar birçok araç sınıfına göre koruma seviyeleri bulunan bu tertibatların en yüksek seviye koruma sağlayan tipine literatürde ağır hizmet otokorkuluğu (AHO) denmektedir.

Ülkemizde kullanılan ilk AHO Alman patentli Süper Rail'dir (BASt, 2001). Bu sistem birçok yerde hala kullanılmakta olup oldukça pahalı bir sistemdir. Otoyollar ülkemizde ilk yapılmaya başlandığı yıllarda Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, Süper Rail'e alternatif olacak bir sistemin tasarlanmasını istemiştir. 1987 yılında ALKA şirketi Amerikan AASHTO standartlarına uyumlu olacak şekilde 3N AHO olarak adlandırılan ve bugün hala kullanılmakta olan sistemi geliştirmiştir (AASHTO, 2002). 3N AHO ülkemizde ilk defa 1987 yılında Sakarya-Gerede otoyolunda kullanılmıştır. İlk kullanım tarihinden bu zamana kadar sistem, Türkiye'nin birçok bölgesinde AHO gerektiren köprü üstü, dik şev ve yoğun ağır vasıta trafiği bulunan yollarda güvenle kullanılmıştır. (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. 3N Ağır hizmet otokorkuluğu uygulamalarından resimler (Atahan, 2001)

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, karayollarında sıkça kullanılmakta olan 3N ağır hizmet otokorkuluğunun araç çarpması durumundaki davranışını bilgisayar programı

kullanarak simüle etmektir. Araç çarpması olayı karmaşık dinamik bir etkileşim olayı olduğundan matematiksel olarak çözülmesi mümkün değildir. Bu dinamik etkileşimi modelleyebilen dinamik analiz tabanlı programlar mevcut olsa da bu tür analizler yapabilen sayısının azlığı ve analiz sürelerinin uzunluğu yüzünden dezavantajlar içermektedir. Bu çalışmada bu olumsuzlukları ortadan kaldırabilmek için 3N AHO tipi otokorkuluk statik yapısal analiz yapan SAP2000 programı yardımıyla modellenmiş ve analiz edilmiştir (CSI, 2009). 3N AHO modeli üzerine dinamik araç darbesi yerine eşdeğer statik yükler hesaplanarak yüklenmiştir. Farklı varyasyonlarla yapılan statik yükleme şekilleri ile dinamik etkileşim çok hızlı bir şekilde elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar 3N AHO üzerinde yapılan gerçek çarpışma test sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Testte elde edilen sonucu veren statik eşdeğer yükün geometrisi ve hangi aralıklara etki ettiği belirlenerek irdelenmiştir.

1.3. Karayolu Yolkenar Güvenliği

Karayollarının değişik noktalarında, çarpışma sonucunda ya da başka nedenlerle araçların yoldan çıkmaları durumunda yolkenarlarında çarpabilecekleri objeler çok değişiklikler göstermektedir. Oluşabilecek muhtemel tehlikelerin 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.

1.3.1. 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 1.2.' de araçların yoğun sis altındaki tehlikeli seyirleri görülmektedir.



Şekil 1.2. Yoğun sis (Dilberoğlu, 2011)

Şekil 1.3.' te kaygan yüzeyli yollara örnek gösterilmektedir.



Şekil 1.3. 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 1.4.' te affedici yol kenarına bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Affedici yol kenarı örneği (Atahan, 2001)

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 dolu 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 1.5.' 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 1.5. Karayoluna paralel açılmış kanallar (Dilberoğlu, 2011)

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 1.6. ve 1.7.' de araçların çarpmaları veya düşmeleri halinde kontrolünü kaybedebileceği ya da takla atabileceği eğimli banket-şeve bir örnek gösterilmektedir.



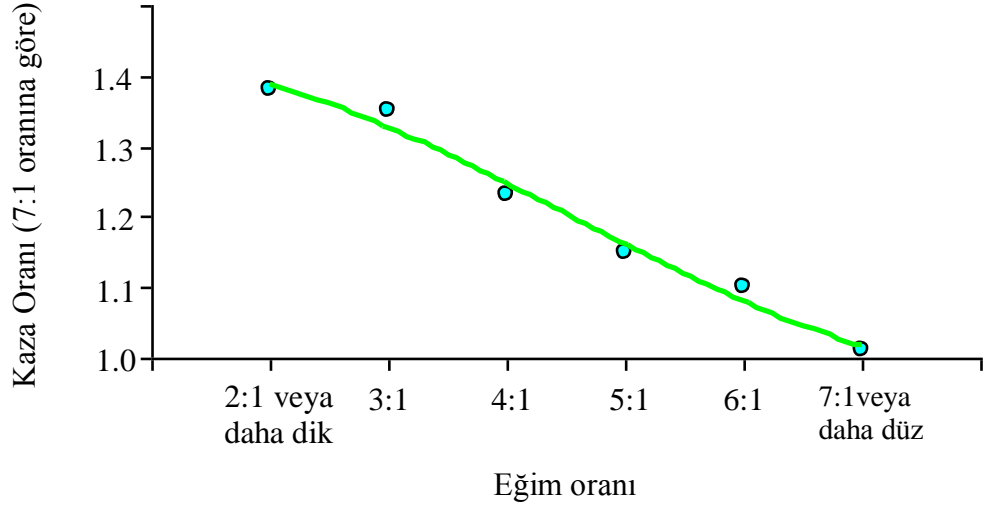
Şekil 1.6. Yarma şevleri (Dilberoğlu, 2011)



Şekil 1.7. Dolgu şevleri (Dilberoğlu, 2011)

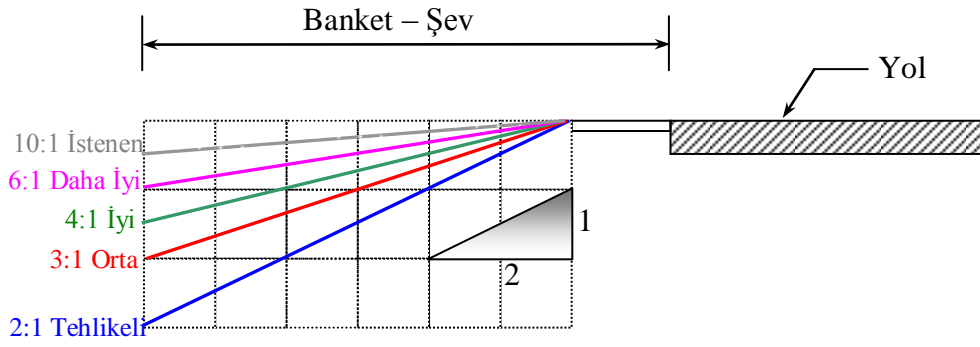
Temel olarak, temiz yol kenarı sağlanabilmesi için banket-şev eğimin en az 4:1 olması ve yolun her iki tarafındaki 7 ila 10 metrelik bir alanın doğal ve yapay engellerden temizlenmesi gerekmektedir. Eğer bu alanlar herhangi bir şekilde engellerden arındırılmıyor ise bu araçların bu engellere çarpması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

Banket veya şevlerin eğimi yol kenarlarının güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Eğimin mümkün oldukça yataya yaklaştırılmasına çalışılmalıdır. Şekil 1.8.' de banket-şev eğimine bağlı olarak kaza oranları verilmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi 6:1 veya daha büyük eğimlerde kaza oranları çok azalmaktadır.



Şekil 1.8. Banket-şev eğimi ile kaza oranları arasındaki 7:1 eğime göre ilişki (Atahan, 2001)

Genel olarak banket-şev eğimlerinin güvenliğinin değerlendirilmesi Şekil 1.9.' da verilmektedir. Eğimin Şekil 1.9.' da belirtildiği gibi tehlikeli veya orta çıkması durumunda banket-şev bölgesi mutlaka bariyer ile korunmalıdır (Atahan, 2001).



Şekil 1.9. 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 1.10'da ağaçların yolun kenarında nasıl yayılı tehlike oluşturdukları gözlenmektedir.



Şekil 1.10. Yol platformuna yakın ormanlık alan (Atahan, 2001)

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 1.11’ de karayollarında sık rastladığımız yayılı tehlikelerden birisi olan istinat duvarları görülmektedir.



Şekil 1.11. İstinat duvarları (Yomra/Trabzon çıkış kavşağı yanı) (Dİlberoğlu, 2011)

1.5.2. Noktasal Tehlikeler

Karayollarındaki noktasal tehlikeleri aşağıdaki gibi sıralandırabiliriz:

- Tek ağaçlar (Şekil 1.12.)
- Yığma yapılar (Şekil 1.14.)
- Elektrik, ışıklandırma direkleri (Şekil 1.13.)
- Köprü duvarı, kolonları ve otokorkulukları (Şekil 1.15.)
- Menfez, drenaj boruları (Şekil 1.16.) (Sabey, B.e ve Taylor, H., 1980)



Şekil 1.12. Yol kenarındaki tek ağaç örneği (Atahan, 2001)



Şekil 1.13. Aydınlatma direği ve yol platformuna bitişik köprü kolonu (Atahan, 2001)



Şekil 1.14. Korunmamış köprü korkulukları (Atahan, 2001)



Şekil 1.15. Korumasız köprü duvarları (Atahan, 2001)



Şekil 1.16. Menfez duvarları ve drenaj boruları (Atahan, 2001)

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).

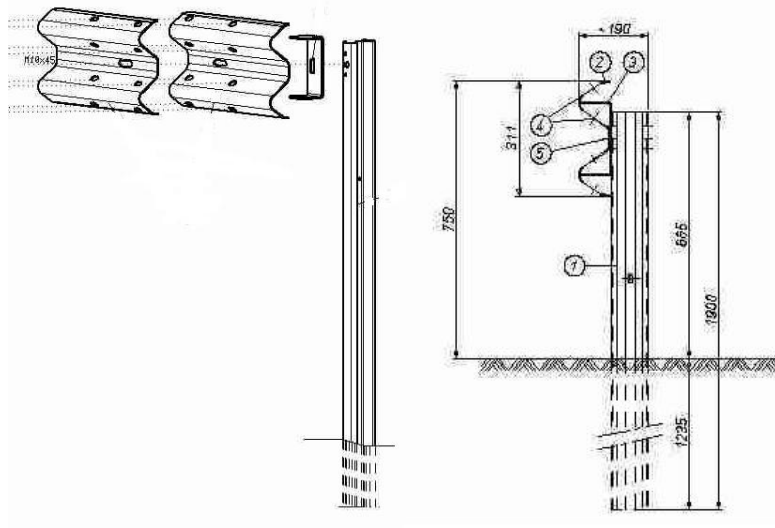
1.7. Türkiye Yollarında Kullanılan Otokorkuluk Tipleri

- 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 1.17.' de basit otokorkuluk sisteminin detayı görünmektedir. 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 (CEN 2010). Türkiye'de yollarımızda sıkça kullanılan basit otokorkuluk Şekil 1.18.' de gösterilmektedir.



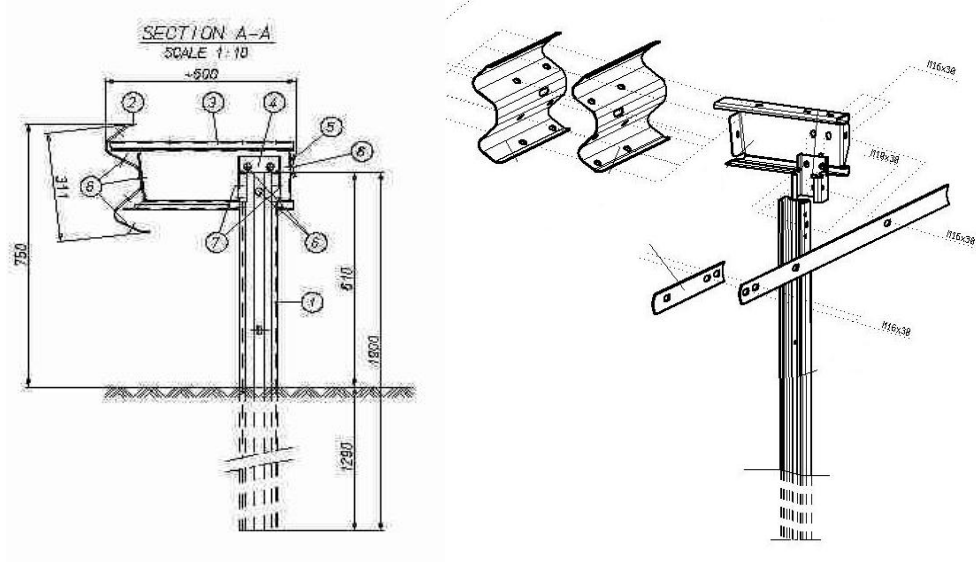
Şekil 1.17. Basit otokorkuluk detayı (URL-1, 2010)



Şekil 1.18. 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 1.19.' 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 (CEN, 2010). Türkiye'de, yollarımızda sıkça rastladığımız basit mesafeli otokorkuluk Şekil 1.20.' de gösterilmektedir.



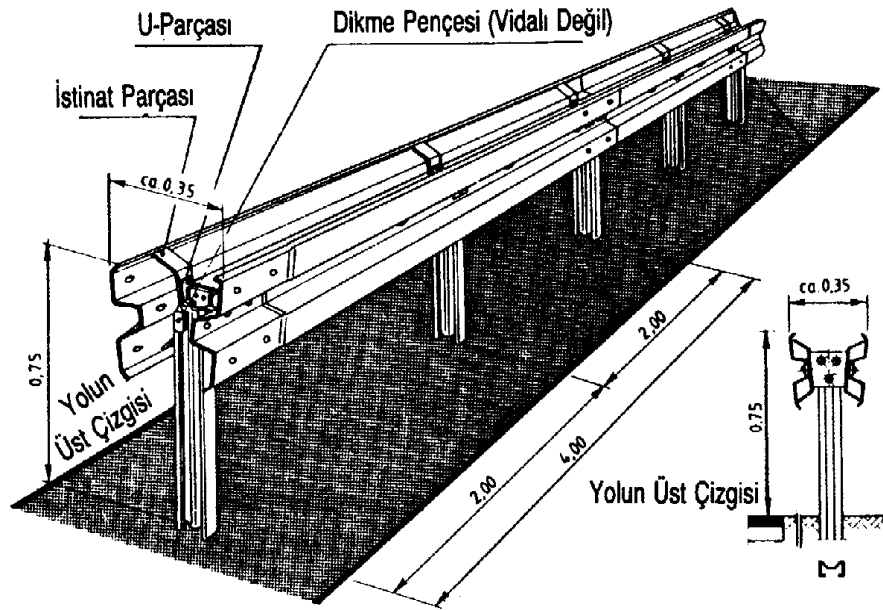
Şekil 1.19. Basit mesafeli otokorkuluk detayı (URL-2, 2010)



Şekil 1.20. Basit mesafeli otokorkuluk (2,00 m.dikme aralıklı) (URL-8, 2010)

1.7.3. Çift Taraflı Otokorkuluklar

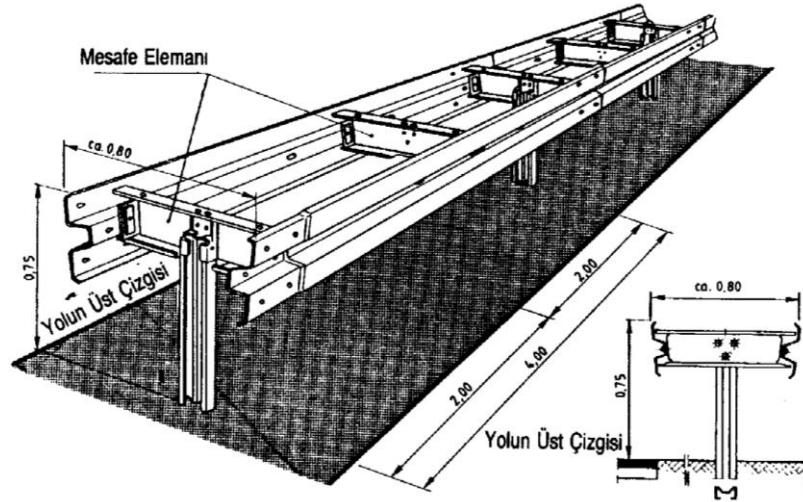
Bir dikmenin iki yanına da birer tane u takozu monte edilip bu takozlara otokorkuluk rayı bağlanmasıyla oluşan otokorkuluk sistemleridir. Bu sistemin detayı Şekil 1.21.' de gösterilmektedir. Bu sistemin de yol kaplama yüzeyinden yüksekliği 75 cm'dir (CEN, 2010). Bu sistem yalnızca refüjlerde ya da yol platformunu ikiye bölen bölgelerde kullanılır. Otokorkuluk sisteminin ön tarafı da arka tarafı da darbeye çalışır.



Şekil 1.21. Çift taraflı otokorkuluklar (URL-3, 2010)

1.7.4. Çift Tarafli 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 1.22.' de gösterilmektedir. Bu sistemde yerden yüksekliği 75 cm'dir. Sistemin birim ağırlığı 40,4 kg/m'dir. Bu sistem takozsuz çift tarafli otokorkuluklara göre daha esnek bir yapıya sahiptir (CEN, 2010). Bu sistem yalnızca refüjlerde ya da yolu ikiye bölen bölgelerde kullanılır. Otokorkuluk sisteminin her iki tarafı da darbeye çalışır. Şekil 1.23.' de çift tarafli mesafeli otokorkuluklar gösterilmektedir.



Şekil 1.22. Çift tarafli mesafeli otokorkuluk detayı (URL-4, 2010)



Şekil 1.23. Çift tarafli mesafeli otokorkuluk (2,00 m dikme aralıklı) (Dilberoğlu, 2011)

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 (CEN, 2010). Otokorkuluk sistemi yüksek olduğundan; araçların dikmelere çarpıp tekerleri kopmasını önlemek için rayların alt kısmından u kirişi denilen bir kiriş sistemi geçmektedir. Şekil 1.24. ve 1.25.' te ağır hizmet tipi otokorkuluklar gösterilmektedir.



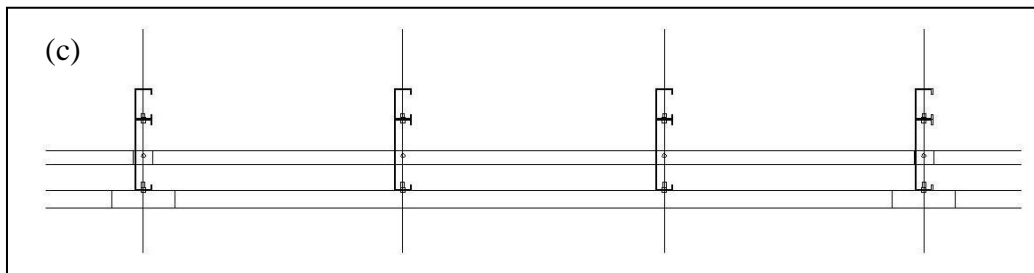
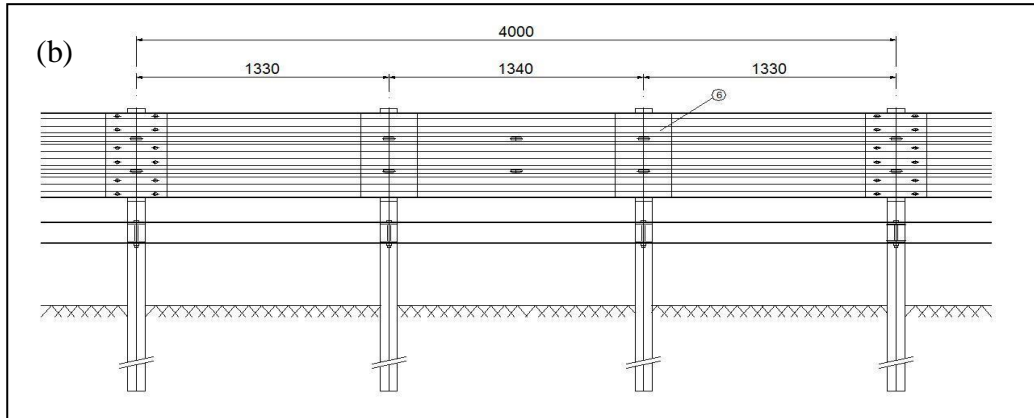
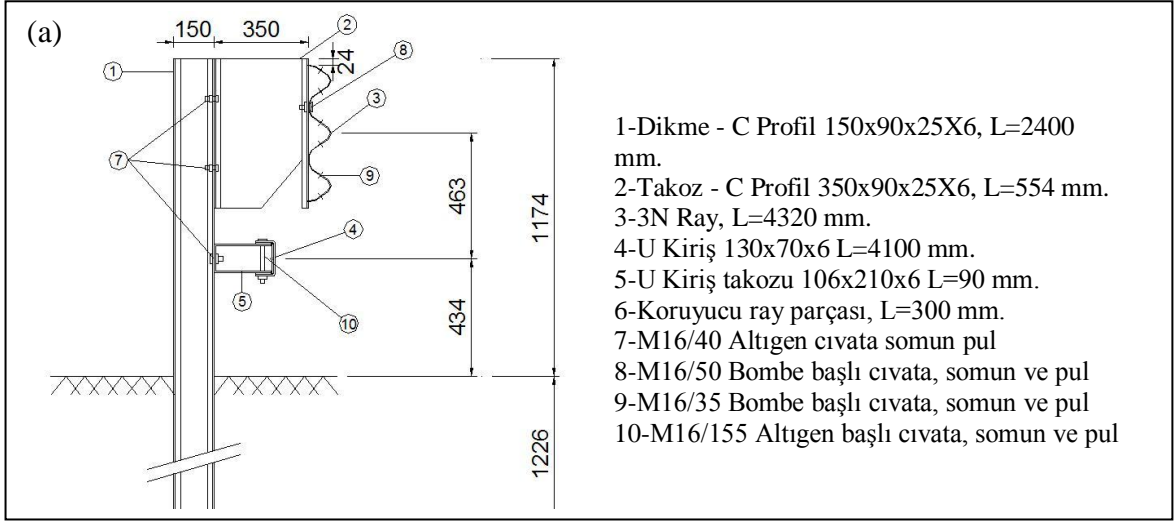
Şekil 1.24. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar (Dilberoğlu, 2011)



Şekil 1.25. Ağır hizmet tipi otokorkuluklar (Dilberoğlu, 2011)

Yukarıdaki şekillerde gösterilen 3N AHO sistemi 5 temel parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar; 6 mm. kalınlığında, 2400 mm. uzunluğunda ve 150x90x25 boyutlarındaki C profilden yapılmış dikme, 253 mm. yüksekliğindeki 3N ray, 130x70x6 boyutlarındaki U ray kirişi ve rayları dikmeye bağlayan 2 adet takozdur. 3N AHO sisteminin tepe noktasının zemin seviyesinden yüksekliği 1174 mm. ve dikmeler arası mesafe 1330 mm. dir. Şekil 1.26.' da gösterildiği gibi çakmalı sistemlerde dikmenin 1226 mm. si toprak altında bulunmaktadır. Binek araçlar ve motosiklet gibi düşük seviyede otokorkuluğa çarpma ihtimali olan araçları güvenle durdurabilmek için U kirişi kullanılmaktadır. U kirişin standart uzunluğu 4100 mm. dir. Bu kirişlerin birbirine bağlantı bölgelerinde büzülerek iç içe geçme detayı kullanılmaktadır. Bu bölgede bindirme boyu 100 mm. olup M10x45x4.6 bulon ile 2 parça birbirine bağlanmaktadır. U kiriş takozunun genişliği 90 mm. ve boyutları 106x210x6 dır. 3N ray elemanının standart uzunluğu 4320 mm olup bindirme bölgesi 320 mm. genişliğindedir. Bindirme bölgesinde bağlantı 12 adet M16x45x8.8 bulonla yapılmaktadır. 3N rayın bağlı olduğu takoz elemanı 6 mm. kalınlığında, 554 mm. yüksekliğinde ve 350x90x25 boyutundaki C profilden yapıştır. Bu takoz darbe yüklerini sönmölemek amacıyla sisteme konulmuştur. Hafif araçların darbe şiddetini azaltabilmek için bu takozun alt köşesinde

üçgen bir boşluk oluşturulmuş ve bu kesite denk gelen 3N ray ile bağlantısı yapılmamıştır.



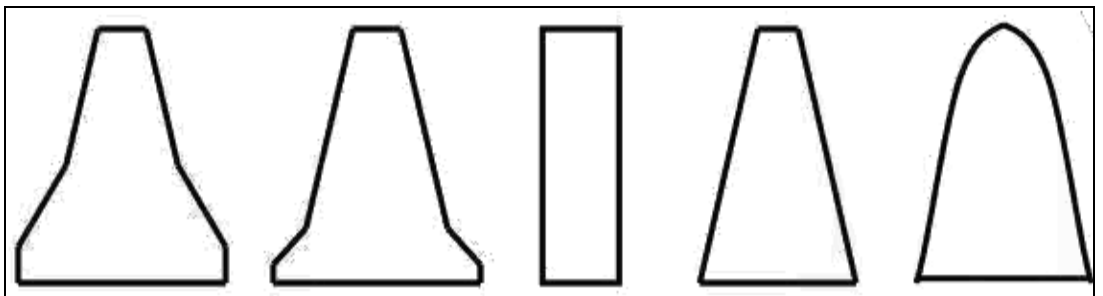
Şekil 1.26. 3N AHO sistemi çizimleri: (a) en kesit görünümü, (b) önden görünüm ve (c) plan görüntüsü

1.7.6. Betonarme Otokorkuluklar

Betonarme otokorkuluklar çarpmaya karşı çok rijit otokorkuluklardır. Şekil 1.27’ de beton otokorkuluklar gösterilmektedir. Bu rijit davranışlarından dolayı beton otokorkuluklar çelik otokorkuluklara göre çok daha az tercih edilen bir otokorkuluk tipidir. Şekil 1.28’ de beton otokorkuluk tipleri gösterilmektedir.



Şekil 1.27. Beton otokorkuluklar (Atahan, 2001)

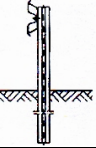
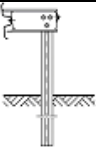

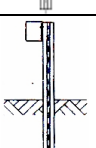
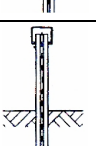


Şekil 1.28. Beton otokorkuluk tipleri (TC. KGM. Bakım Dairesi Başkanlığı Trafik Şb.Müd., 2002)

1.8. Otokorkuluk Sistemlerinin Değerlendirme Kriterleri

Otokorkulukların tiplerine göre davranışları değişiklik göstermektedir. Araç cinslerine göre hangi tip otokorkulukların kullanılacakları ve bu otokorkulukların tesir dereceleri Çizelge 1.1’ de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Otokorkulukların tiplerine göre davranışları (CEN, 2010)

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	$W \leq 1,7$
Alttan 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 ve Vuruş Şiddeti (Etki)

Araçlar cinslerine, ağırlıklarına, çarpma açılarına ve çarpışma hızlarına göre sınıflara ayrılırlar. Bu sınıflandırma Çizelge 1.2' de görölmektedir.

Çizelge 1.2. Otokorkuluklara yapılması gereken kabul testleri ve onayları (CEN, 2010)

Sisteme Yapılması Gereken Kabul Testleri Ve Onayları				
Testin Kodu	Sisteme Çarpan Aracın			
	Cinci	Ağırlığı	Çarpma Açısı	Çarpma Hızı (Km/saat)
TB11	Otomobil	0.9 Ton	20°	100
TB21	Otomobil	1.3 Ton	8°	50
TB22	Otomobil	1.3 Ton	15°	80
TB31	Otomobil	1.5 Ton	20°	80
TB32	Otomobil	1.5 Ton	20°	110
TB41	Kamyon	10.0 Ton	8°	70
TB42	Kamyon	10.0 Ton	150°	70
TB51	Otobüs	1.3 Ton	20	70
TB61	Kamyon	16.0 Ton	20°	80
TB71	Kamyon	30.0 Ton	20°	65
TB81	Otomobil	38.0 Ton	20°	65

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/sa hız ve 8-20 derece açı ile, 10 ton ağırlığın üstündeki araçlar ise 65-80 km/sa 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 ve ark., 2000).

Otokorkuluk sistemleri için Şu anda dŐnyada kabul edilen iki çarpışma testi standardı bulunmaktadır. Bunlar; Amerika'da kullanılan NCHRP Report 350 ve Avrupa'da kullanılan EN 1317'dir (Coon ve ark., 1999; CEN, 2010).

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 kŐk eklemeleri ve çıkartmaları vardır.

Çarpışma testlerinin sonuçları genel olarak Ő ana baŐlıkta değerlendirilir (CEN, 2010):

- Otokorkuluğun yapısal yeterliliği
- Araç içindekilerin yaralanma riski
- Çarpışma sonrası aracın otokorkuluktan ayrılma durumu

1.9.1. Çarpışma Testi Sonuç Kriterleri

1.9.1.1. Otokorkuluk Yapısal Yeterliliği

Otokorkuluğun kopmaması, rayın yırtılmaması ve gŐvenli bir Şekilde aracın enerjisini absorbe ederek hızını yavaŐlatması ile trafiğin içine gŐndermemesi kriterleri gözlenir.

1.9.1.2. Araç İçindekilerin Yaralanma Riski

Bunlar arpıŐma Őiddetiyle araç içindekilerin yaralanmaması, sıkıŐmaması kriterleri gözlenir. Bu derecelendirme EN 1317 standardında Ő parametreye göre değerlendirilir (CEN, 2010).

1. THIV (Theoretical Head Impact Velocity – BaŐın dŐŐeme veya cama çarpma hızı) Bu değerin 33 km/h aŐađı olması gerekiyor.

2. PHD (Post Impact Head Deceleration – arpıŐma sonrası baŐın yavaŐlama ivmesi) Bu değerin 20 g yi geçmesini gerekiyor.

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

Ölçülen değer;

$ASI \leq 1.0$ ise A olarak tanımlanır,

$1.0 < ASI \leq 1.4$ ise B olarak tanımlanır,

$1.4 < ASI \leq 1.9$ ise C olarak tanımlanır.

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 (CEN, 2010).

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 değıştikçe de çarpan aracın tipi, ağırlığı, çarpma hızı ve çarpma açısı gibi değerler farklılık gösterir. Otokorkulukların derecelendirilme kriterleri Çizelge 1.2' de gösterilmiştir.

Çarpışma testlerinin sonuçları değerlendirilerek ilgili firmanın tasarımıladığı 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 değeri)

3. Çarpışma genişliği: (Yanal deformasyon) W1, W2, W3 vb. gibi değerler)

Yapılan bu testler sonucunda otokorkuluklar sınıflandırılırlar. Araçların engelleme seviyelerine göre yapılması gereken testler Çizelge 1.3' te görülmektedir.

Çizelge 1.3. Araçların engelleme seviyelerine göre yapılması gereken testler (CEN, 2010)

Engelleme Seviyesi		Kabul Testleri (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

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 Çizelge 1.4' te görülmektedir.

Çizelge 1.4. Otokorkuluğun çarpışma genişliği (CEN, 2010)

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

Ülkemizde kullanılan basit otokorkuluklar, basit mesafeli otokorkuluklar, çift taraflı otokorkuluklar ve ağır hizmet tipi otokorkulukların performans değerleri Çizelge 1.5' te görülmektedir.

Çizelge 1.5. Ülkemizde kullanılan otokorkuluk tiplerinin performans değerleri (TC. KGM Trafik Şb.Müd., 2002)

Tip	Engelleme Seviyesi	Çarpışma Şiddet Katsayısı (Ası) (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 Çizelge 1.6’ da gösterilmektedir.

Çizelge 1.6. 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

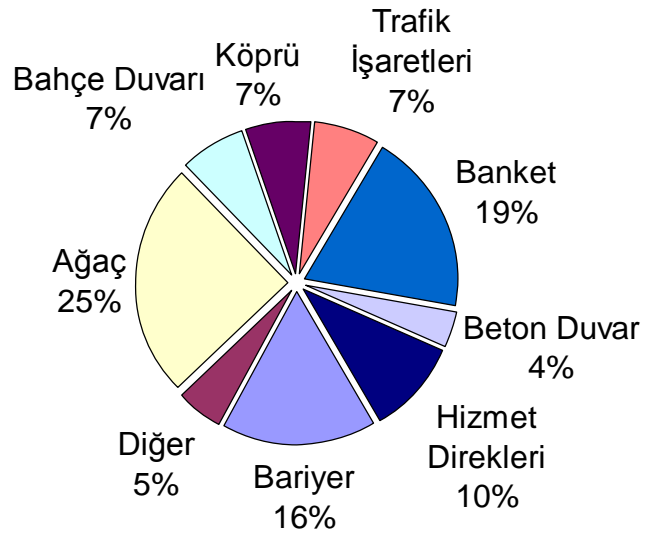
Karayollarımızda otokorkuluk kullanımı, emniyet kemer takma mecburiyeti, yol platformunda yapılan uygun dizayn çalışmaları kat edilen milyon araç kilometresi bazında can kayıplarında bir düşüş olduğunu gösterse de bu oran yeterli olmaktan çok uzaktır. Ayrıca, tek araçların neden olduğu trafik kazalarındaki 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. Çizelge 1. 7’ de görüleceği gibi, tek araç kazaları içerisinde en çok can kaybına sebep olan kaza, aracın karayolunu bir sebepten dolayı terk etmesi ile meydana gelmektedir.

Çizelge 1.7. 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 1.29.’ 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 1.29.’ da 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 atlatabileceğimiz gösterilmektedir.



Şekil 1.29. 1996–2000 yılı arasında yoldan çıkan araçların çarptığı objeler ile bu kazalar sonucu meydana gelen can kayıpları (Devlet İstatistik Enstitüsü, 2000).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde otokorkulukların çarpışma davranışının belirlenmesi üzerine birçok yapılmış çalışma mevcuttur. Bu araştırmaların bir kısmı gerçek çarpışma testleri ile diğer bir kısmı ise bilgisayar programları kullanılarak yapılmıştır. Son yıllara kadar sadece çarpışma testleri ve mühendislik öngörüsüyle yapılan bu çalışmalar günümüzde teknolojinin ilerlemesi, bilgisayar hızlarının ve kullanılan programların gelişmesi ile sanal olarak yapılmaya başlanmıştır. Literatürde otokorkuluklarla ilgili olarak yapılan çalışmalara örnekler aşağıda sunulmuştur.

Mak ve Menges (1994), 2000-kg'lık pikap kamyonu kullanarak yaptıkları çarpışma testlerinde güçlü dikmeli ahşap otokorkuluk sistemlerinin performansını incelemişlerdir. 100 km/saat hız ve 25 derece çarpışma açısı ile yapılan deneylerde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu testlerde 150mm x 200 mm ebatındaki dikdörtgen dikmeli G4(2W) standart otokorkuluk sistemi ile IPE100 boyutundaki çelik dikmeli G4 (1S) standart otokorkuluk sistemler incelenmiştir. Her iki sistemde de dikmeler arası 1900mm ve otokorkuluk rayının yüksekliği 866-mm'dir.

Stout ve ark. (1988), dikme-zemin etkileşiminin çarpışma davranışına olan etkisini incelemişlerdir. 2134-mm dikme yüksekliğine sahip iki değişik otokorkuluk sisteminin performansını belirlemeyi amaçlamışlardır. Dikme uzunluğunu değiştirerek 4 adet gerçek çarpışma deneyi yapmışlardır. Deney sonuçlarına göre zemin özelliklerinin sistem davranışına etkileri üzerinde yorumlar yapmışlardır.

Günümüz teknolojisinin gelişmesiyle çarpışma testleri yapılmadan önce bilgisayarlar kullanılarak sonuçların yaklaşık olarak tahmin edilmesi mümkün olmaktadır. ANSYS, NASTRAN, LS-DYNA, ABAQUS, PATRAN gibi çok sayıda ticari yazılımlar bu amaçla kullanılmaktadır. Bu paket programlar çarpışma olayı esnasında meydana gelen non-linear (doğrusal olmayan) etkileşimlerin kısa zamanda doğru ve etkin olarak çözümlenmesinde kolaylık sağlamıştır. Böylece çarpma simülasyonları sayesinde istenen sonuçlara hızlı ve ekonomik olarak ulaşılması sağlanmıştır (Atahan, 2009).

Reid ve Sicking (2008) bilgisayar destekli simülasyon ve analiz programı LS-DYNA ticari yazılımını kullanılarak non-linear (doğrusal olmayan) çarpışma testi simülasyonları yapmıştır. Bu çalışmada, Amerika karayolu güvenliği standartlarına

uygun yarı rijit bir çelik otokorkuluk önüne monte edilen enerji emici terminale üç tip farklı ağırlıktaki araç ve farklı açılarda çarpışma testleri uygulanmıştır. Bu çarpışma testlerinden elde edilen veriler ışığında otokorkuluk elemanı olan 2N rayın x yönündeki deformasyonu ve yer değiştirmesi incelenmiştir.

Gelişen teknolojiyle beraber otokorkuluk yapımında da farklı malzemeler kullanılmış ve üretilen otokorkuluklar üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Bank ve Gentry (2001) fiber takviyeli polimer (FRP) kompozit malzemeli otokorkuluklar prototipleri geliştirmiş 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.

Holdridge ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada Amerika'nın Washington eyaletinde meydana gelen yolkenar kazalarının istatistiksel modellenmesi ve yaralanma şiddetleri incelenmiştir. Bu sayede yolkenarlarında meydana gelen kazalar hakkında detaylı bilgiler toplanacak ve alınabilecek önlemler ortaya konabilecektir. Çalışmada yolkenar bölgelerinde sıklıkla bulunan otokorkuluklar, köprü otokorkulukları, direkler, ağaçlar ve diğer bariyerlerin kazalara sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Ayrıca surucu, yol ve araç özelliklerinin istatistiksel çalışmada etkileri incelenmiştir (Holdridge, 2005).

Diğer bir çalışmada otokorkulukların sonlarına yerleştirilen enerji yutucu başlıklar ve bunların çarpışma davranışları incelenmiştir (Coon ve Reid, 2005). 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.

Atahan (2009) New Jersey tipi beton otokorkulukların yüksekliğinin araç stabilizesine etkisini 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 Ibitoye ve ark. (2004) 2N raylı bir otokorkuluğa motosiklet çarpması durumunda otokorkulukta ve sürücüde neler olduğunu incelemiştir. Sistem bilgisayar destekli analiz yazılımı MADYMO (Mathematical Dynamic Model) yazılımı kullanılarak modellenmiş ve motosikletin 45 derece ve 90 derece açıyla ve değişik hızlarda hazırlanan çarpışma senaryolarıyla otokorkuluğa çarptırılması simüle edilmiştir. Çıkan sonuçlar doğrultusunda otokorkuluğun korunmasız kenarların durumu, motosiklet tarafından çarpan yüzeydeki elementlerin yer değiştirilmesi, enerji yayan alternatif malzemelerin kullanımı değerlendirilmiştir.

Atahan ve Bonin (2006) çalışmalarında Amerika'da kullanılmakta olan otokorkuluk geçiş dizaynının Avrupa çarpışma standardına göre incelemiştir. 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.

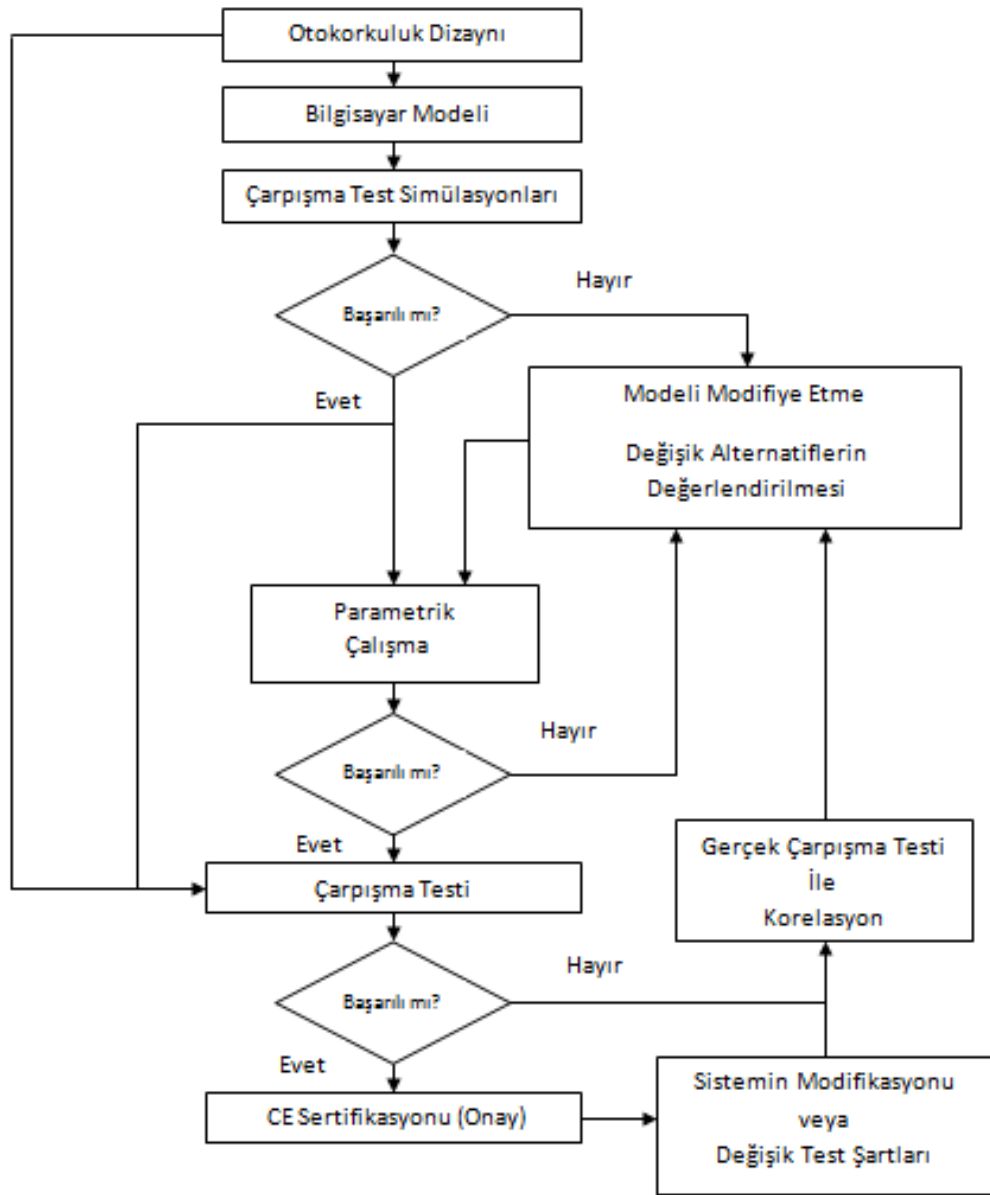
Literatürde dikkat çeken bir özellik de, rijit bir köprü otokorkuluğundan daha esnek standart otokorkuluğa geçiş otokorkuluğunun davranışı hem gerçek çarpışma test sonuçları ve hemde bilgisayar simülasyonları kullanılarak incelenmiştir. Amerika'da yapılan bir çarpışma testinde anılan geçiş otokorkuluğu çarpan aracın takla atmasına ve testin başarısız olmasına sebep olmuştur.

İlk aşamada sorunu belirlemek için aynı çarpışma sonlu elemanlar ile modellenmiş ve modellerin doğruluğu karşılaştırmalı olarak teyit edilmiştir. Takla atma sebebinin düşük yükseklikteki ray olduğuna karar ve ikinci simülasyonda ray yüksekliği 685 mm den 810mm ye çıkarılmıştır. Yeni tasarım üzerinde yapılan simülasyon sonuçları sistemde oldukça iyileşmeler gerçekleştiğini gözler önüne sermiştir. Yazarlar yenilenmiş sistemin kullanılmasını önermektedir (Atahan ve Cansız, 2004).

Bir başka çalışmada çelik otokorkuluk yapılarında kullanılan W – ray' in civata bağlantısının, ağır hizmet taşıtı kamyon kullanılarak, farklı metotlarda mesh yapılarak LS-DYNA yazılımında simülasyon sonucunda meydana gelen x ve y yönünde uygulanan kuvvetlerin ve yer değiştirmenin zamana göre değişimi ve çarpışma sonucunda otokorkulukta meydana gelen uzama ve kısalma araştırılmıştır (Tabiei ve Wu, 2000).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

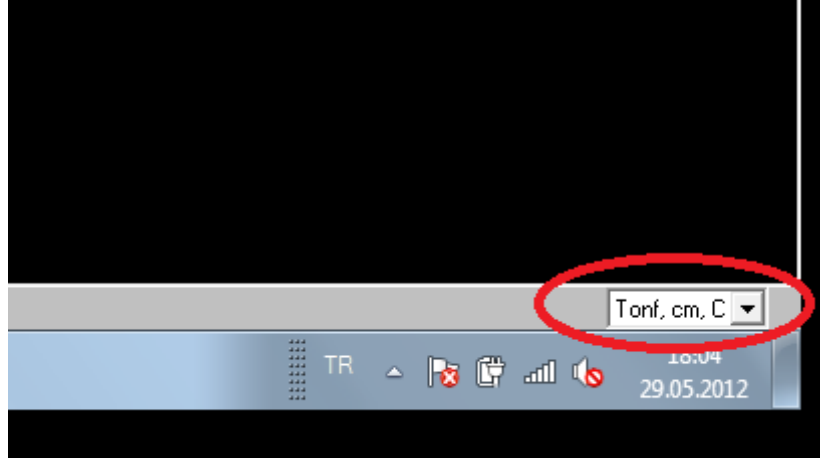
Bu çalışmada 3N ağır hizmet otokorkuluğunun modeli SAP2000 programında oluşturulduktan sonra sistemin üzerine etkiyen eşdeğer statik yükler TB11 ve TB51 çarpışma testlerinde elde edilmiştir (CSI, 2009). Yükün sistemin üzerine uygulanma şekli ve uygulama genişliği belirlenmiştir. Aşağıdaki şekilde bir otokorkuluk sisteminin dizaynından onay almasına kadar olan döngü gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Otokorkuluk işleyiş döngüsü

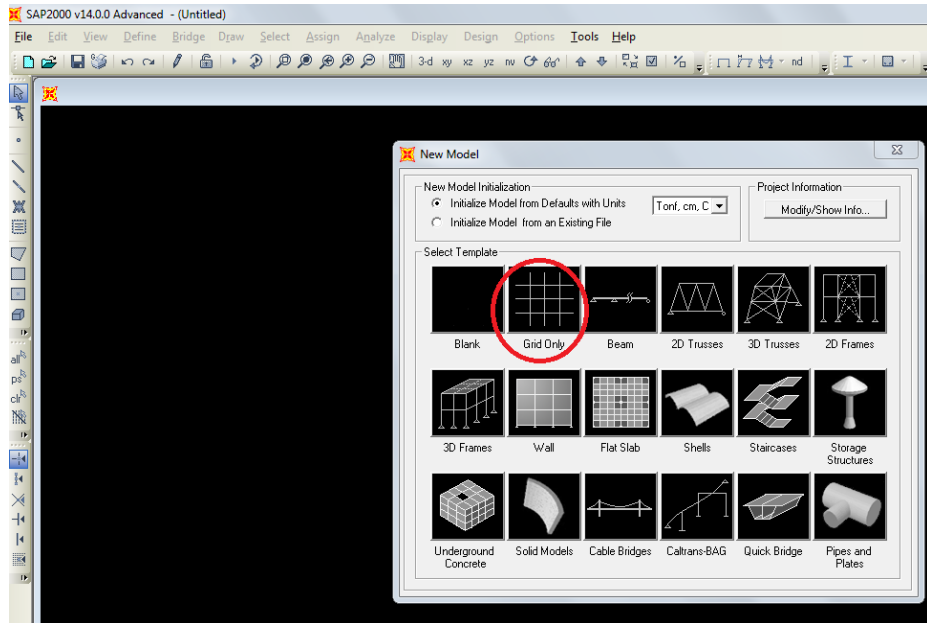
3.1. Modelin SAP2000' de Hazırlanması Aşamaları ve Analizi

İlk olarak modelde kullanılacak olan sistem elemanlarının kütle, uzunluk ve sıcaklık birimleri ekranın sağ alt köşesinden Şekil 3.2.' deki gibi Tonforce (Tonf), santimetre (cm) ve Santigrad (C) olarak seçilmiştir.



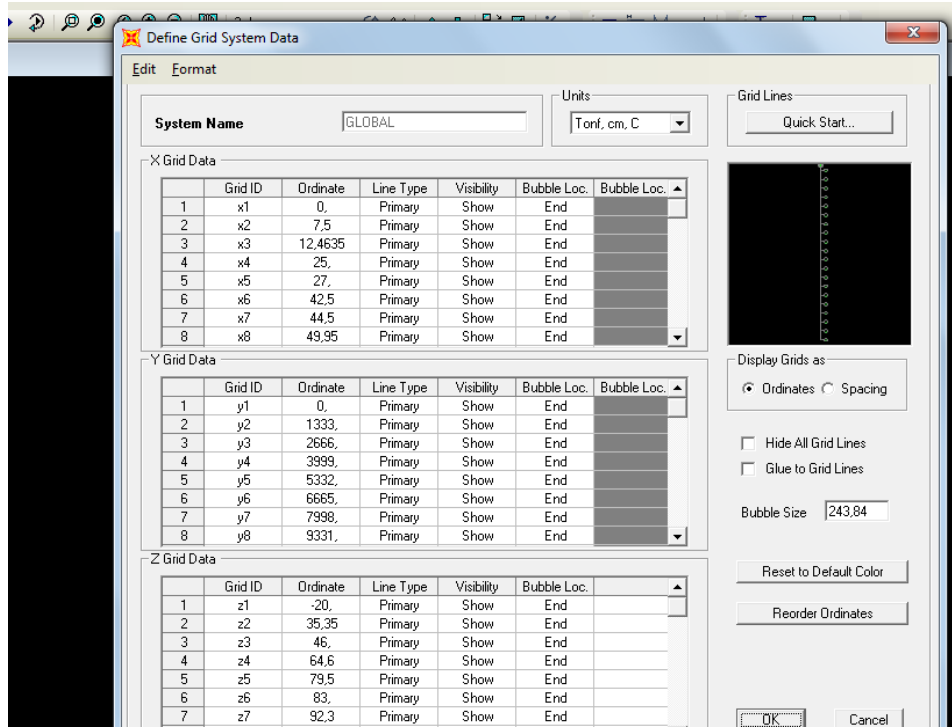
Şekil 3.2. Uzunluk ve ağırlık birimlerinin seçilmesi

Birimler seçildikten sonra yeni model penceresi açılmış ve çıkan pencerede Şekil 3.3.' deki gibi 'Grid Only' sekmesi seçilmiştir.

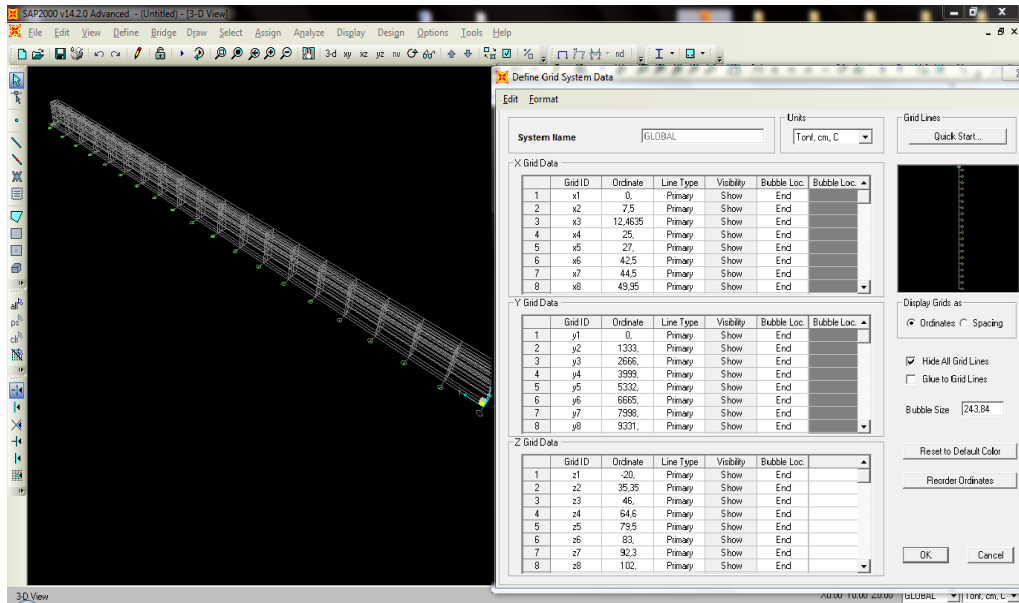


Şekil.3.3. Model oluşturma yönteminin seçilmesi

Daha sonra açılan pencerede sağ tıklanılarak 'Edit grid data > Modify /Show system' seçilerek akslar düzenlenmiştir (Şekil 3.4. ve 3.5.).

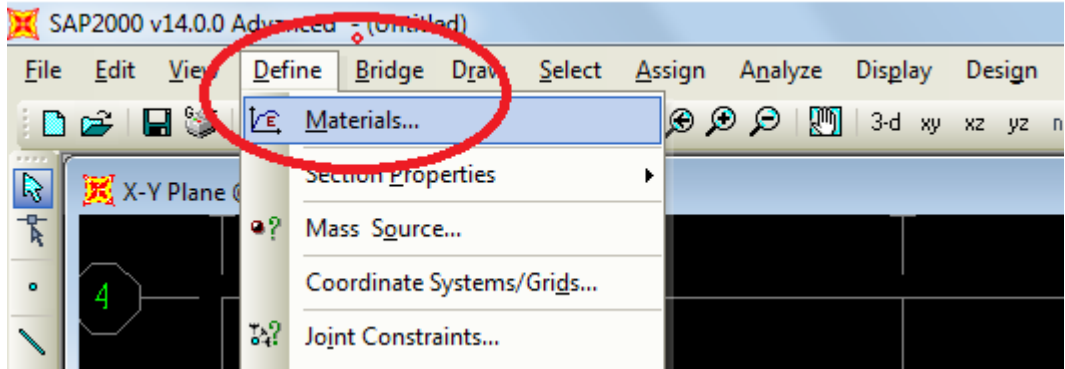


Şekil 3.4. Aks koordinatlarının tanımlanması

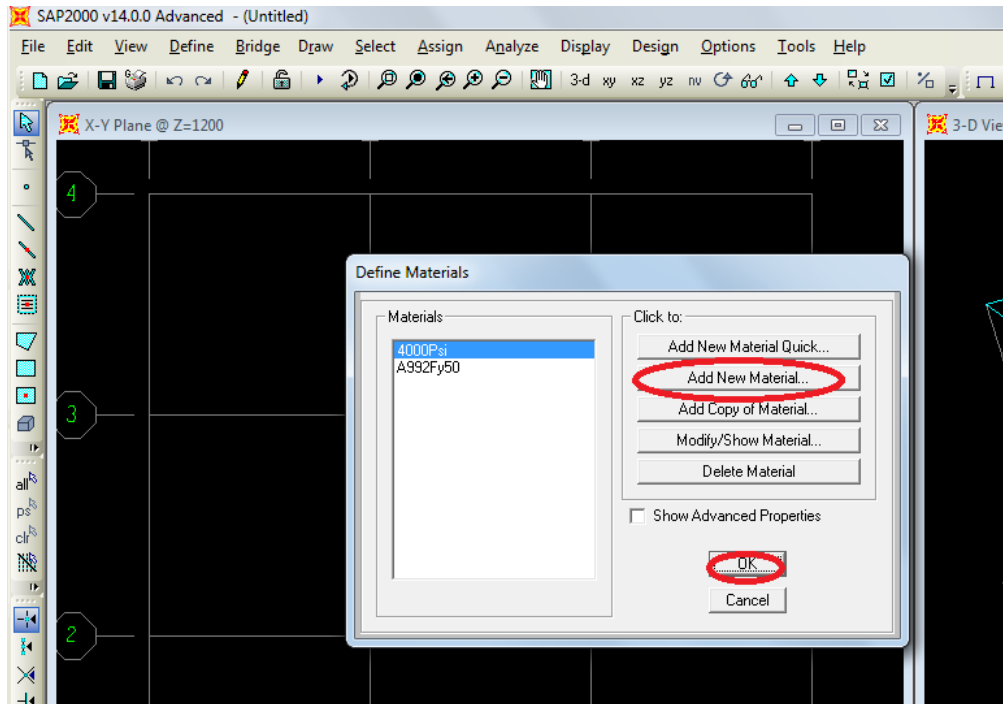


Şekil 3.5. Aksların düzenlenmesi

Analizleri yapılacak olan modeli oluşturmak için akslar düzenlendikten sonra kullanılacak elemanların malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Şekil 3.6.'daki gibi 'Define > materials' seçilmiş ve Şekil 3.7.'deki gibi 'Add New Material' seçeneğinden malzeme tanımlama sayfasına girilmiştir ve sırasıyla kullanılacak olan tüm elemanlar belirlenmiştir.



Şekil 3.6. Malzeme tanımlama girişi



Şekil 3.7. Yeni malzeme tanımlama

Kullanılan malzemelerin tümü St37 çeliktir. Malzemenin özellikleri Şekil 3.8.’teki gibi ‘Material Property Data’ sayfasında değerler girilerek belirlenmiştir. Şekil 3.9.’ta girilmiş olan bu değerler St37 çeliğinin malzeme özellikleridir.

General Data	
Material Name and Display Color	st37
Material Type	Steel
Material Notes	Modify/Show Notes...

Weight and Mass		Units
Weight per Unit Volume	7.849E-06	Tonf. cm, C
Mass per Unit Volume	8.004E-09	

Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2000.
Poisson's Ratio, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.
Shear Modulus, G	769.2308

Other Properties for Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	2.35
Minimum Tensile Stress, Fu	3.7
Effective Yield Stress, Fye	2.35
Effective Tensile Stress, Fue	3.7

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Şekil 3.8. St37 çeliği malzeme özelliklerini tanımlama

İkinci olarak bulonun malzemesi tanımlanmıştır. Aynı şekilde bulonun malzeme özellikleri de yukarıda yöntem izlenerek tanımlanmıştır (Şekil 3.9.).

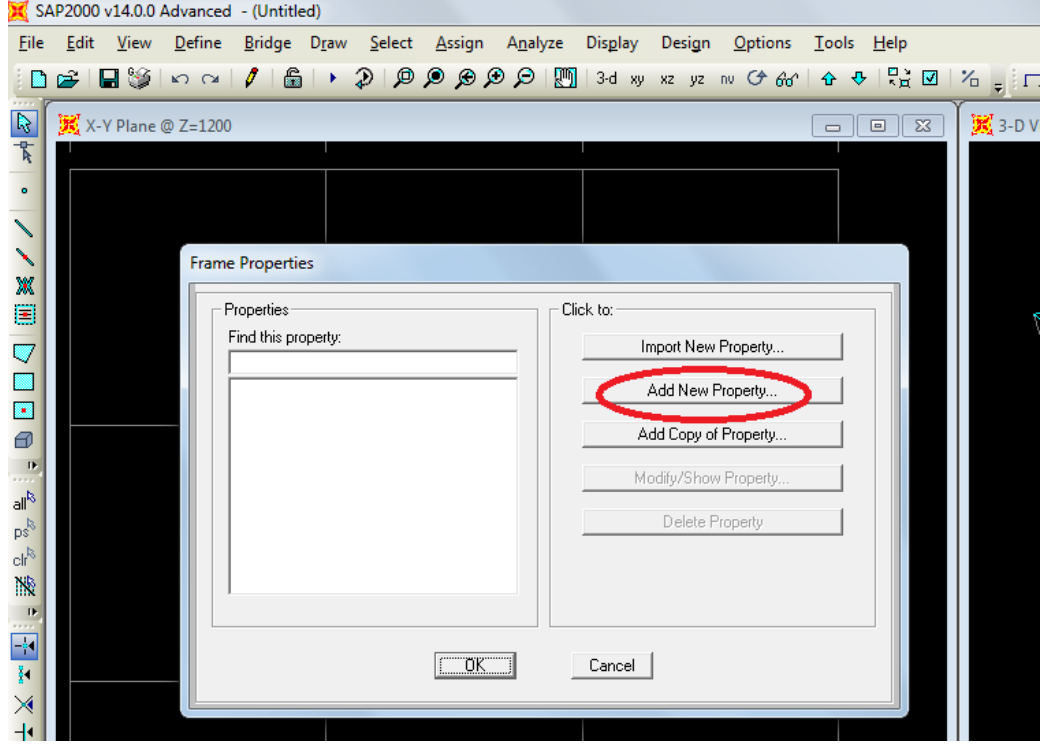
The image shows a 'Material Property Data' dialog box with the following fields and values:

General Data	
Material Name and Display Color	bulon
Material Type	Steel
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	7,849E-06
Mass per Unit Volume	8,004E-09
Units: Tonf, cm, C	
Isotropic Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2000,
Poisson's Ratio, U	0,3
Coefficient of Thermal Expansion, A	0,
Shear Modulus, G	769,2308
Other Properties for Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	15,
Minimum Tensile Stress, Fu	17,
Effective Yield Stress, Fye	15,
Effective Tensile Stress, Fue	17,

At the bottom, there is a checkbox for 'Switch To Advanced Property Display' (unchecked), and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Şekil 3.9. Bulonların malzeme özelliklerini tanımlama

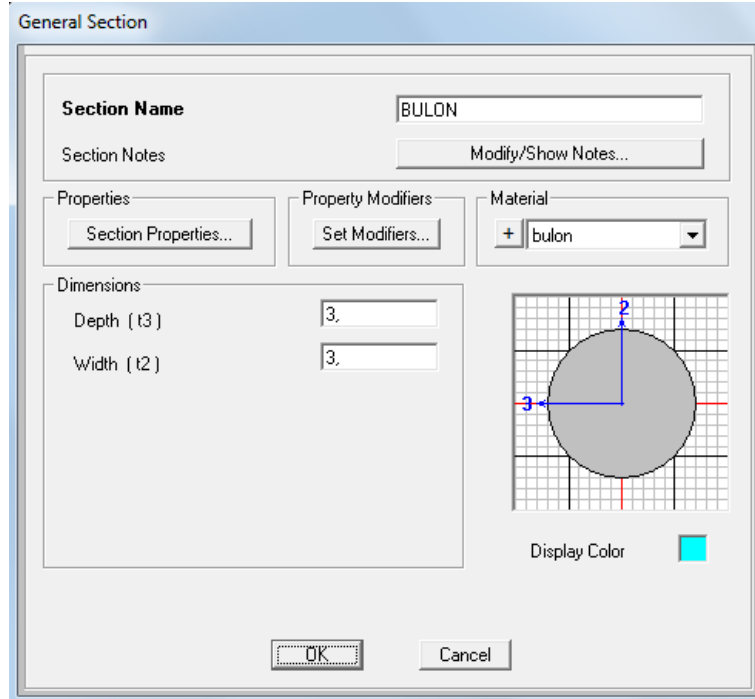
Sistemde kullanılmış olan elemanların malzeme özellikleri belirlendikten sonra sırasıyla tüm elemanların kesitleri tanımlanmıştır. Bu işlem 'Define > section properties >Frame Sections' seçeneği kullanılarak Şekil 3.10.'daki arayüz açılmıştır.



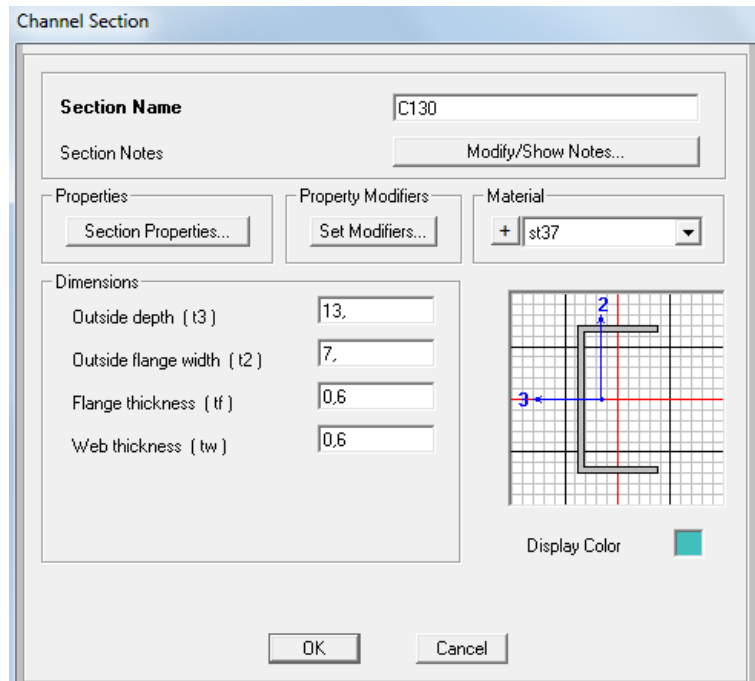
Şekil 3.10. Yeni eleman kesiti tanımlama

Çıkan pencerede ‘Add New Property’ seçeneği ile yeni kesit ekleme arayüzü açılmaktadır. Sırasıyla tüm elemanların kesit özelliklerini tanımlamak için her defasında bu işlem tekrarlanmıştır.

Tanımlanmış olduğumuz kesitler; bulon, bariyer rayları, C130, C1150 ve C1350 profilleridir. Bu elemanların geometrik özellikleri sırasıyla girilmiştir (Şekil 3.11., 3.12., 3.13. ve 3.14.).



Şekil 3.11. Bulon kesitinin tanımlanması



Şekil 3.12. C130 profilinin tanımlanması

Cold Formed C Section

Section Name C1150

Section Notes

Properties Property Modifiers Material st37

Dimensions

Outside Height (A') 15.

Outside Width (B') 9.

Thickness (t) 0,6

Radius (R) 0,635

Lip Depth (C') 2,5

Display Color

Şekil 3.13. C1150 profilinin tanımlanması

Cold Formed C Section

Section Name C1350

Section Notes

Properties Property Modifiers Material st37

Dimensions

Outside Height (A') 35.

Outside Width (B') 9.

Thickness (t) 0,6

Radius (R) 0,635

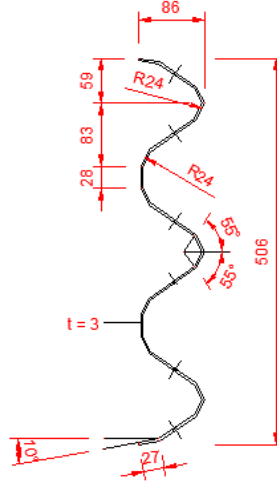
Lip Depth (C') 2,5

Display Color

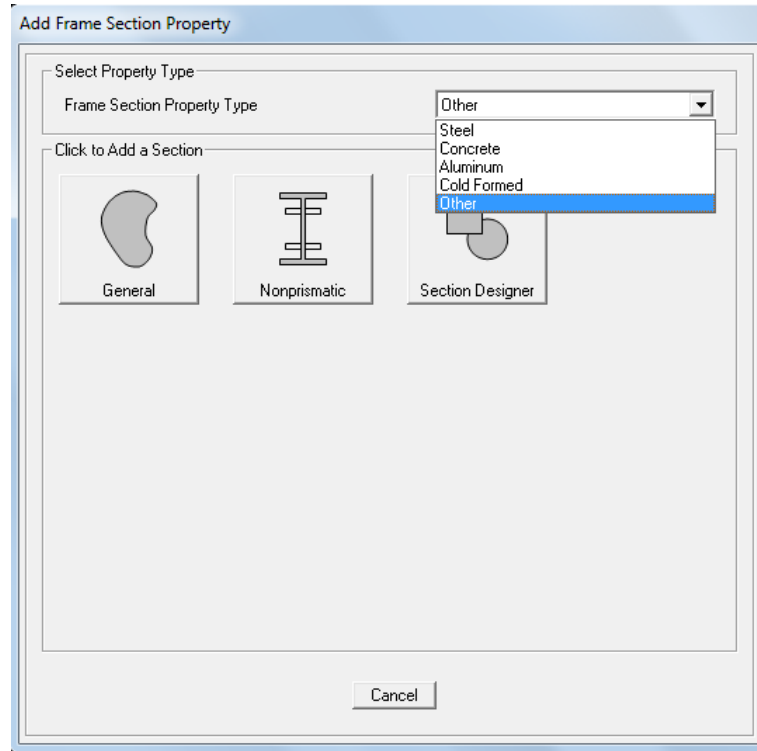
Şekil 3.14. C1350 profilinin tanımlanması

Son olarak bariyerin rayları özel dizayn gerekmektedir.SAP 2000 programında böyle profil kesiti bulunmamaktadır. Bu nedenle aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi

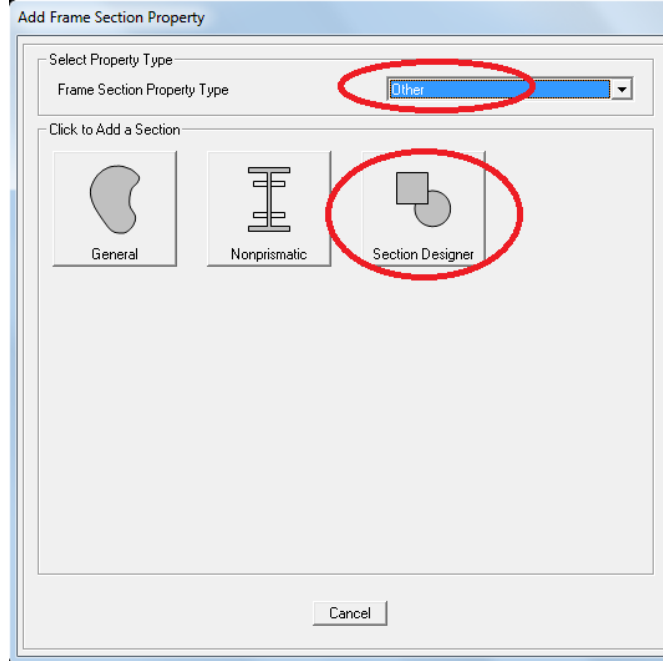
bariyerin çizimi Şekil 3.15.' teki autocad çizimlerinden alınan uzunluk değerleri kullanılarak ray enkesidi oluşturulmuştur. Ray enkesidinin oluşturulma aşamaları sırasıyla Şekil 3.16., Şekil 3.17., Şekil 3.18 ve Şekil 3.19.' daki adımlar izlenerek yapılmıştır. Ray modeli enkesiti oluşturulurken uzunluklar x-y koordinat sisteminde el ile girilmiştir.



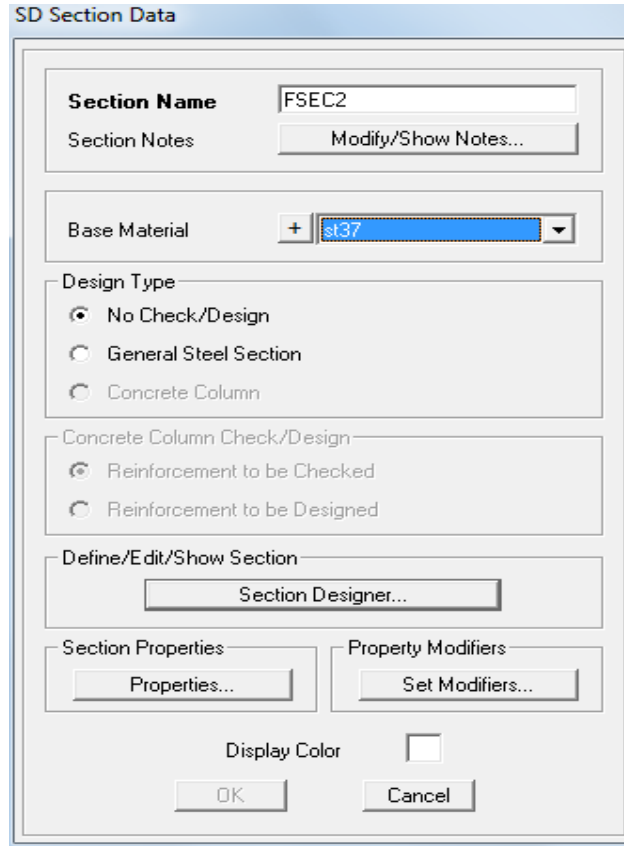
Şekil 3.15. 3N ray ölçülerini gösteren enkesit çizimi



Şekil 3.16. 3N ray tanımlama

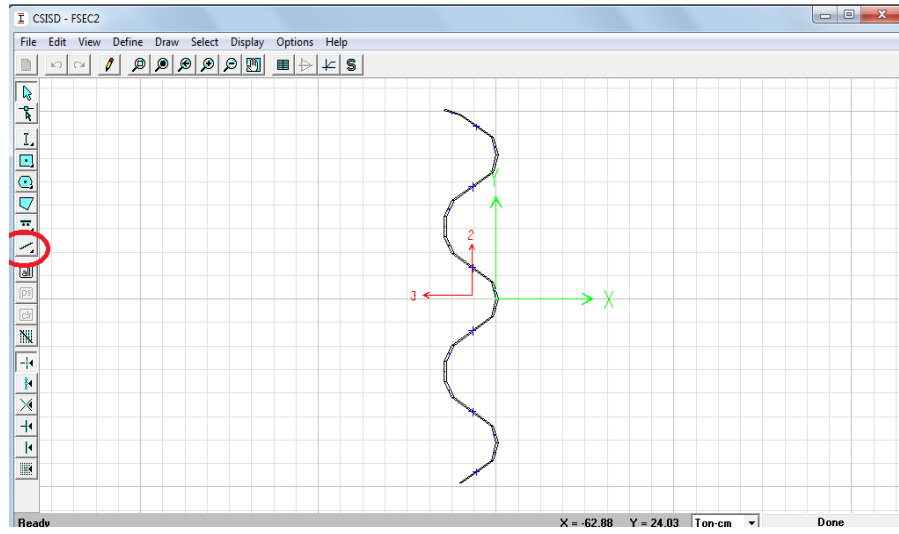


Şekil 3.17. 3N ray kesit tanımlama seçeneği



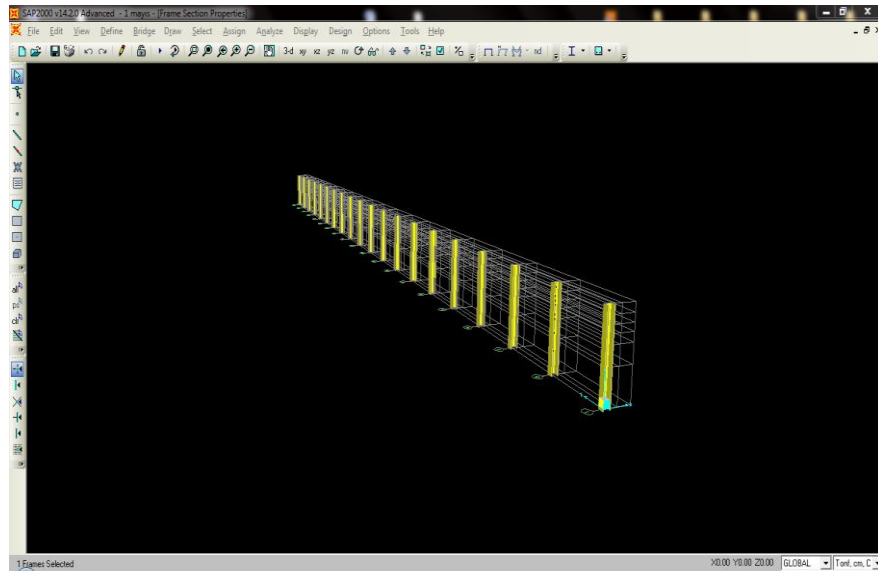
Şekil 3.18. 3N ray mazlame tipi seçimi

Base material > section designer adımları uygulanmıştır (Şekil 3.18.).

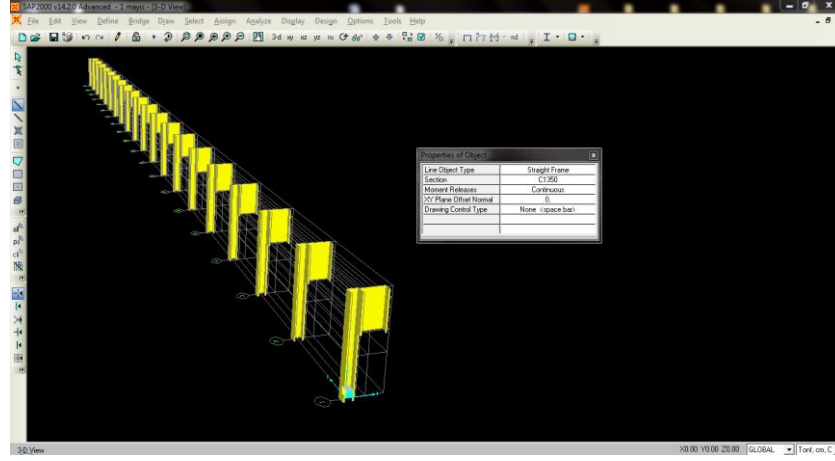


Şekil 3.19. 3N ray enkesit çizim ekranı

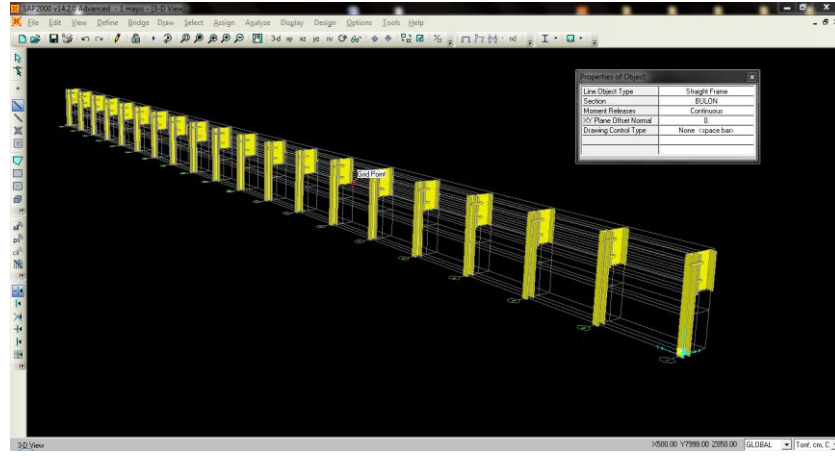
Tanımlanan profiller daha önce oluşturulmuş olan akslarda belirlenen yerlerine aşağıdaki gibi yerleştirilmiştir. Aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi C1150 dikmesi, C1350 takozu, bulon, C130 U kirişi ve ray 'Draw Frame / Cable Element' seçeneği kullanılarak ilgili akslara atanmıştır (Şekil 3.20., Şekil 3.21., Şekil 3.22., Şekil 3.23. ve Şekil 3.24.).



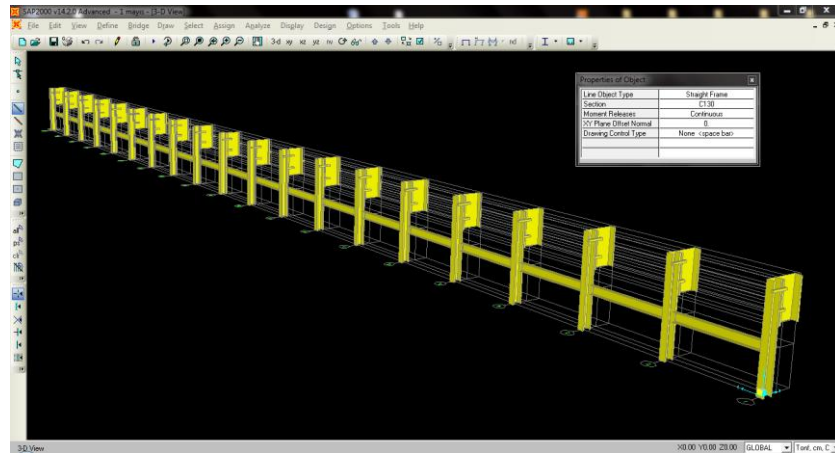
Şekil 3.20. Dikmelerin akslara atanması



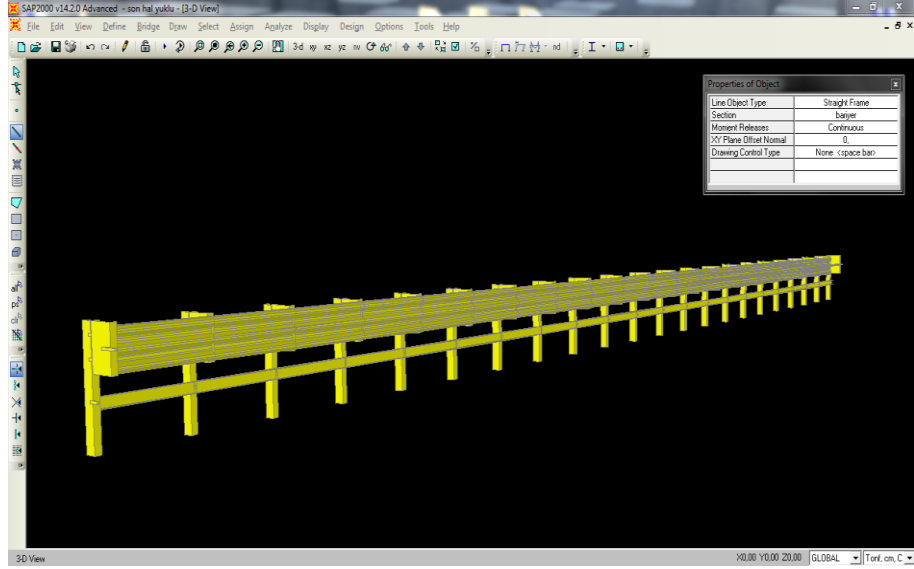
Şekil 3.21. 3N takozun atanması



Şekil 3.22. Dikme ile takoz bağlantı bulonunun atanması



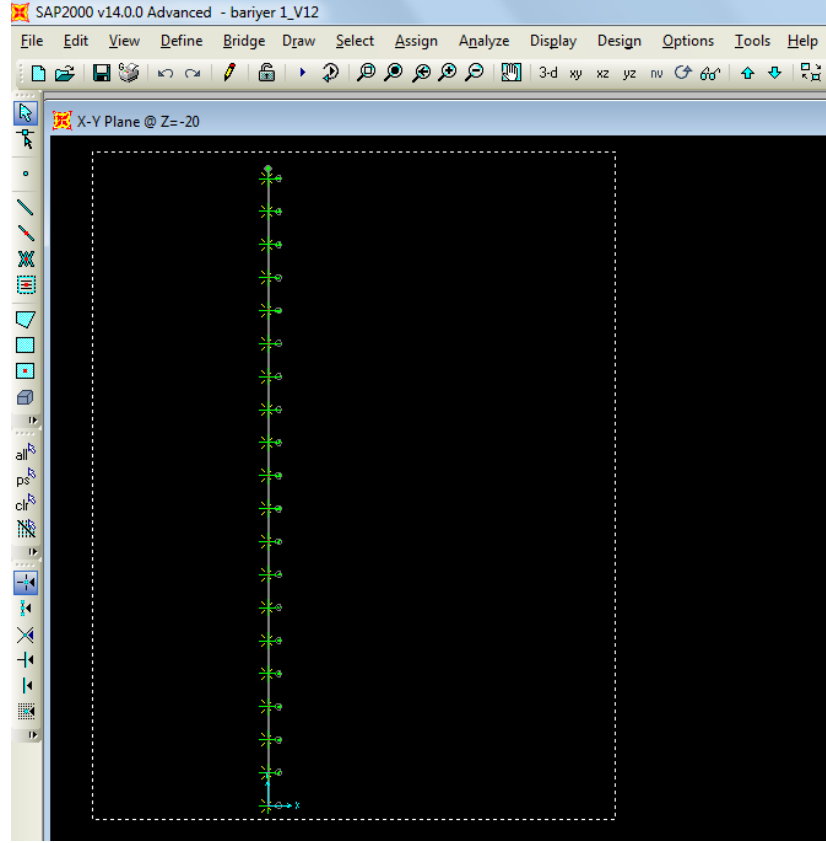
Şekil 3.23. U kiriş elemanının atanması



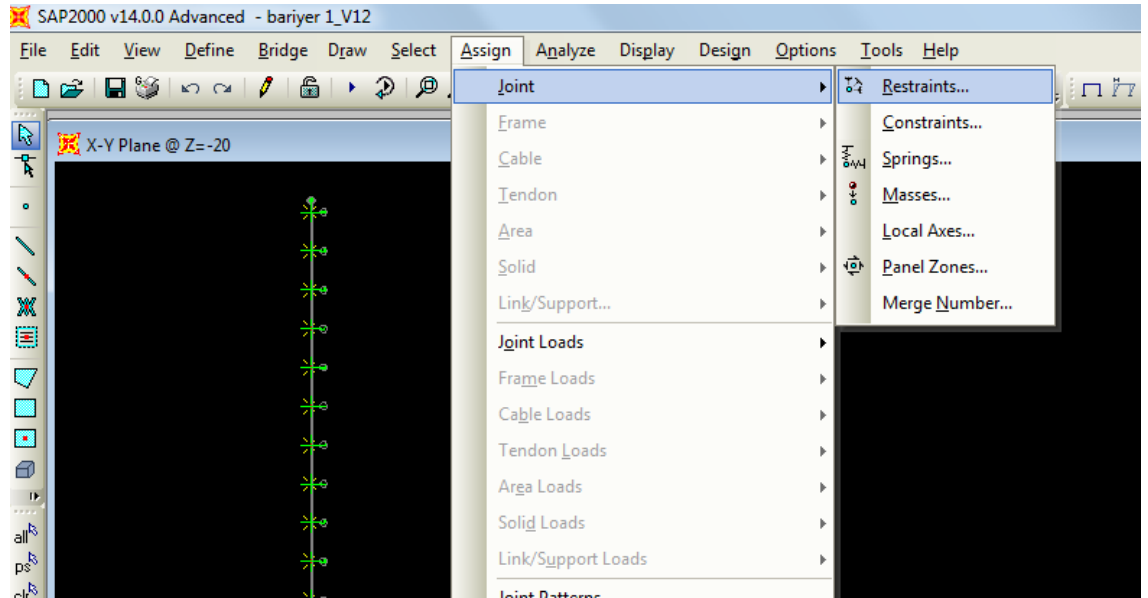
Şekil 3.24. Diğer bağlantı elemanlarının tanımlanması

3N AHO sistemi için yapılan çarpışma testlerinde dikmenin zemin seviyesinden yukarıda olan kısmının çalıştığı ve toprak altında kalan kısmının çok az bir bölümünün hareket ettiği görülmüştür. Bu nedenle modeldeki tüm dikmelerin x,y ve z yönlerindeki hareketi zemin seviyesinin 20 cm altından sabitlenmiştir.

Şekil 3.25.' teki gibi x-y düzleminde, Z=-20 kotuna gelinmiş ve tüm sistem kutu içine alınıp bütün noktalar seçilmiştir.

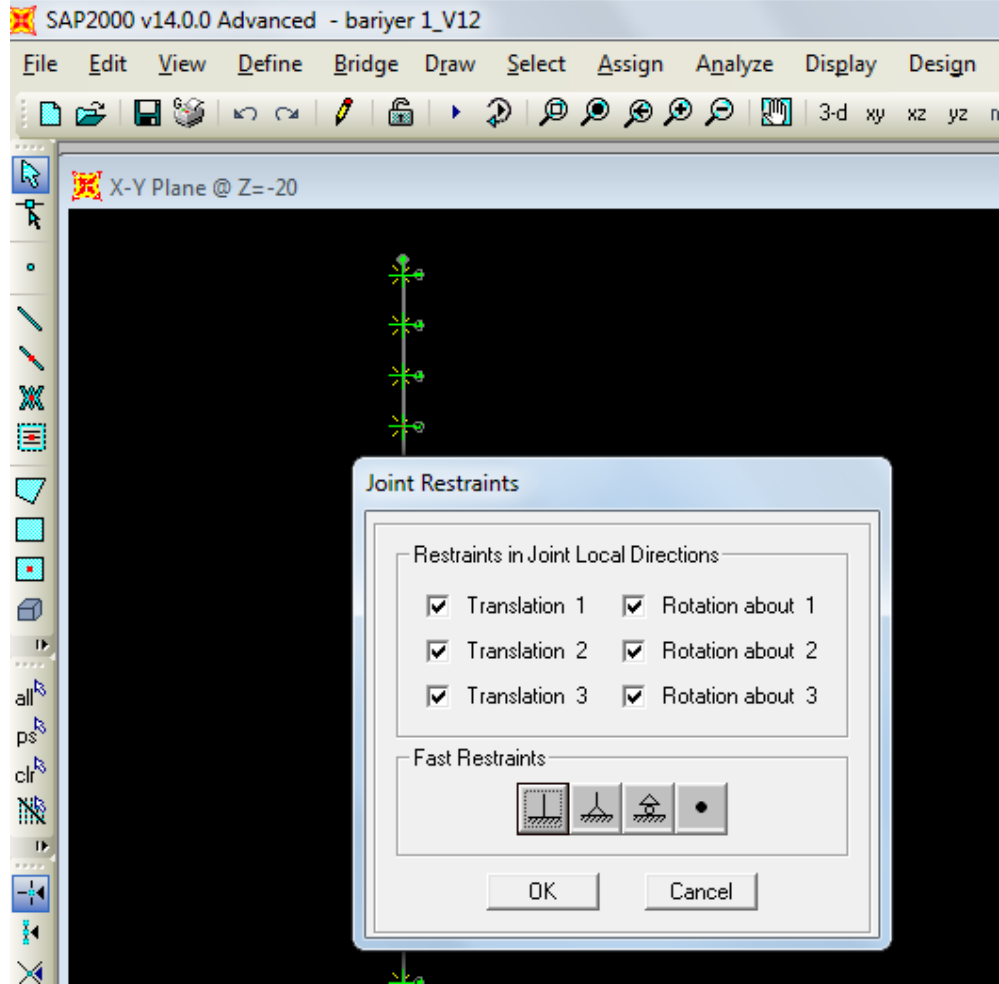


Şekil 3.25. 1, 2 ve 3 doğrultularındaki hareketleri kısıtlanacak elemanların seçilmesi
 ‘Assign > joint > restraints’ yolu izlenerek mesnet özelliği belirlenir (Şekil 3.25.).



Şekil 3.26. Mesnet özellikleri seçimi

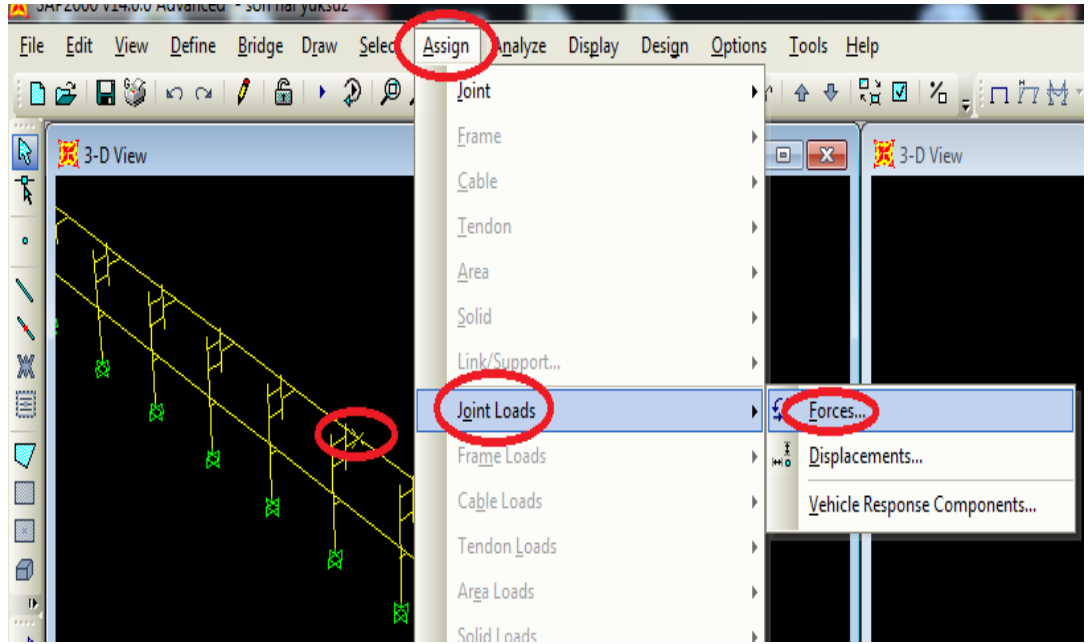
Burada yaptığımız kabule göre mesnetler yer seviyesinin 20 cm altında yapılmış fakat buna karşılık mesnette dönme ve deplasmana izin verilmemiştir (Şekil 3.27.).



Şekil 3.27. Dönme ve deplasmana karşı kısıtlama

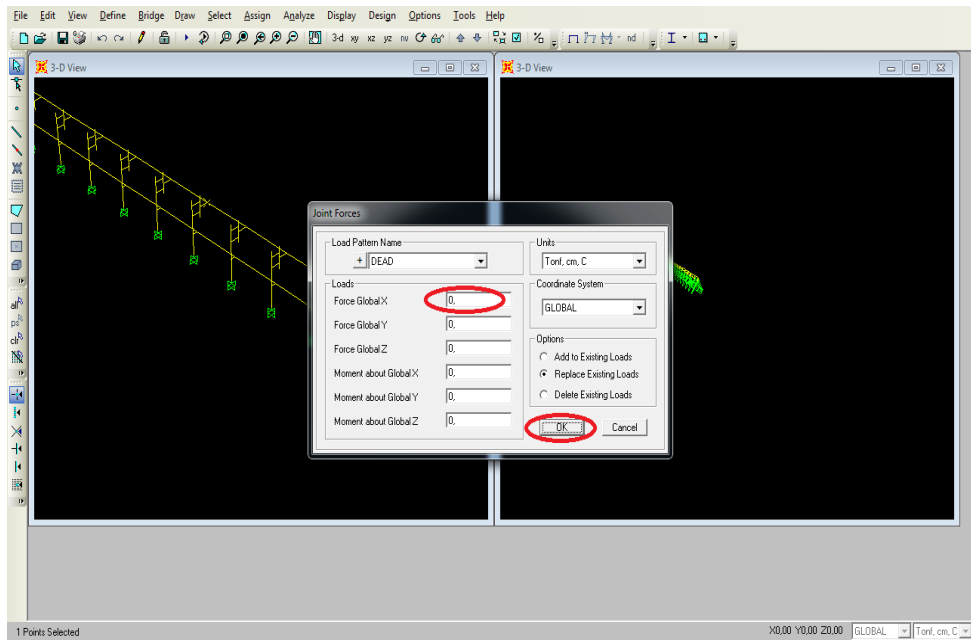
Bariyer sisteminin tüm profil elemanları, takozu ve rayı tanımlanıp ilgili yerlerine yerleştirilmiş, tüm dikmeler mesnetlenmiş olduğundan sıra yükleri tanımlayıp analiz etmeye gelmiştir.

Sisteme tekil yük veya yükler tanımlamak için Şekil 3.28.' te gösterildiği gibi öncelikle yükleme yapılacak olan nokta ya da noktalar seçilmiştir. Ardından 'Assign>JointLoads>Forces' adımları izlenerek Şekil 3.28.' teki 'Joint Forces' komut ekranına girilmiştir.



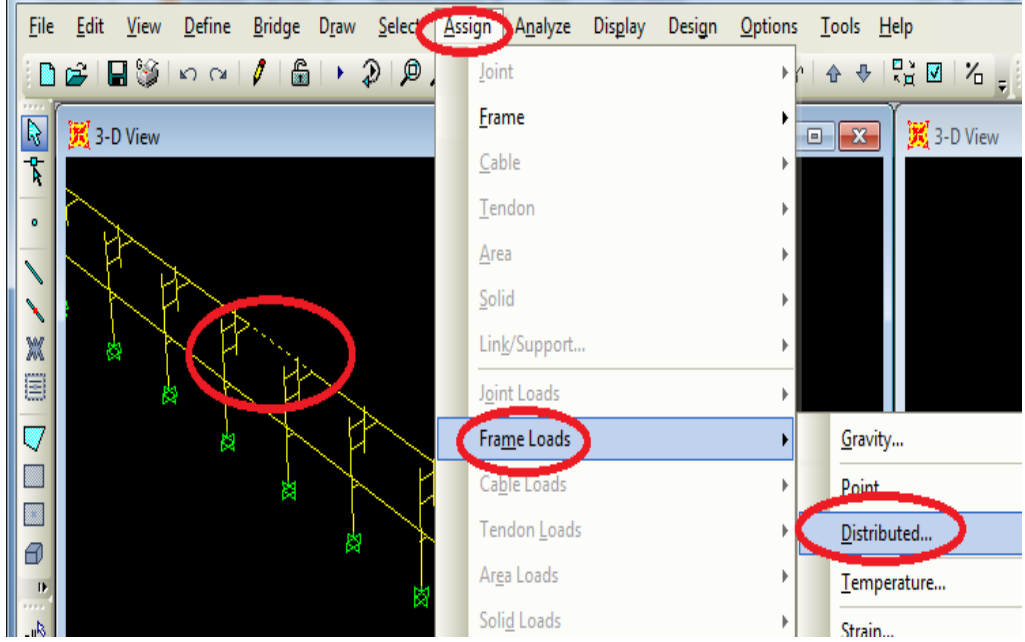
Şekil 3.28. Tekil yük atama

Şekil 3.29.'daki gibi 'Joint Forces' komut ekranında ilgili nokta ya da noktalara yerleştirilecek olan yükümüz 'Force GlobalX' kutucuğunun içine yazılmıştır. Yükler sistemin 'x' doğrultusunda ve sisteme dik olduğundan kutucuğun içine yazılmış olan sayılar başına eksi (-) işareti konularak girilmiştir.



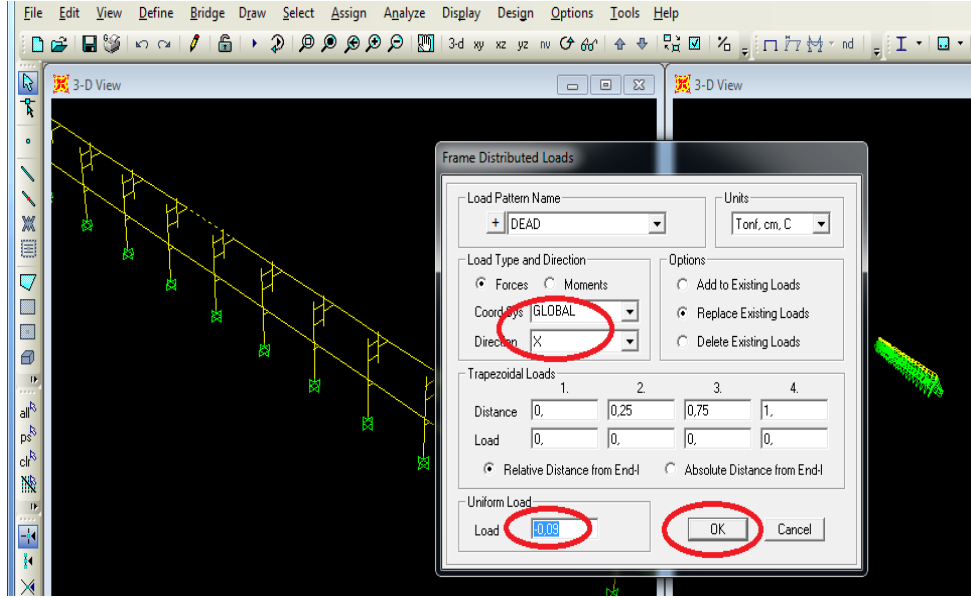
Şekil 3.29. Tekil yük değeri tanımlama ekranı

Sisteme yayılı yük atamak için dikme aralık ya da aralıkları seçilmiş ve ‘Assign>Frame Loads>Distributed’ adımları izlenerek yük büyüklüğü ve cinsinin girilebileceği komut ekranına ulaşılmıştır (Şekil 3.30.).



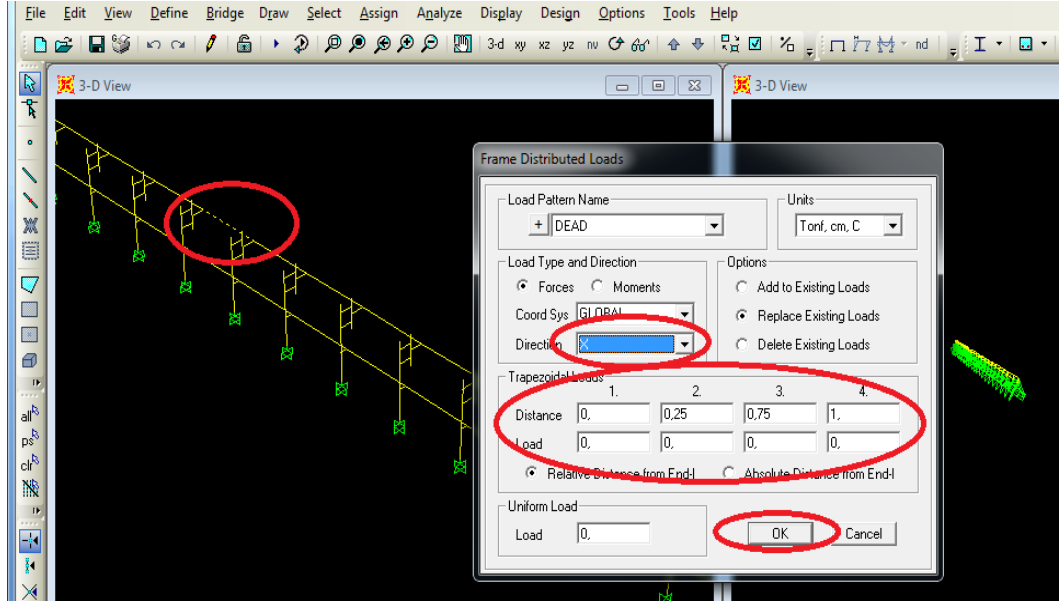
Şekil 3.30. Yayılı yük atama

Sisteme üniform yük yükleneceğinde öncelikle kuvvetin etki edeceği yönü belirlemek için ‘Direction’ kutucuğundan ‘X’ doğrultusu seçilmiştir. Atayacağımız yük üniform olduğundan ekranın sol alt köşesinde bulunan ‘Uniform Load’ çerçevesinin içinde bulunan ‘Load’ kutucuğuna yükün değeri başına eksi (-) işareti konularak girilmiştir (Şekil 3.31.).



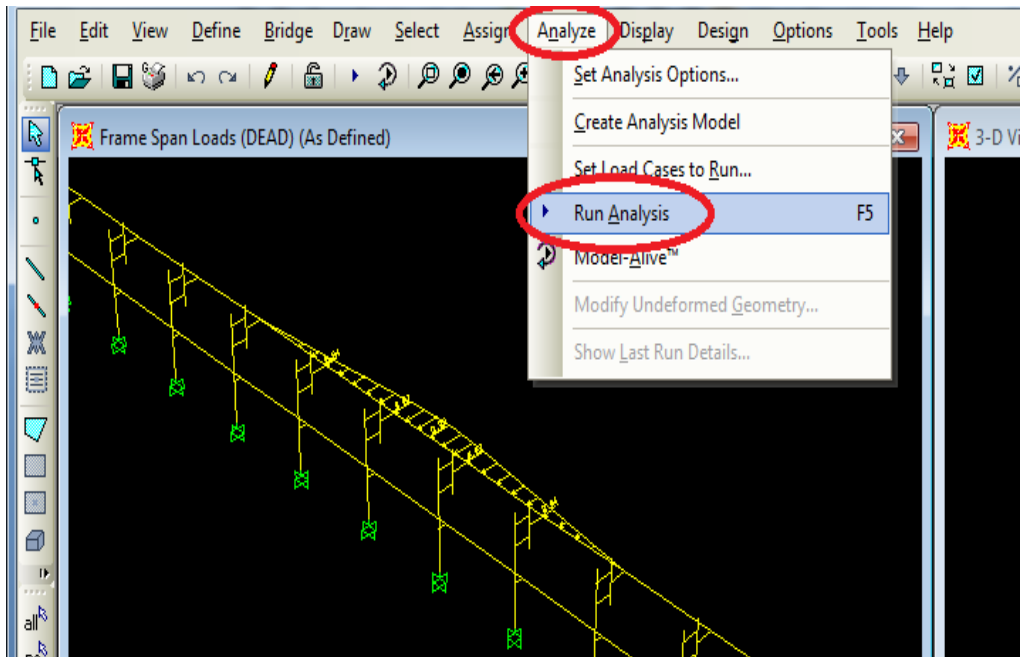
Şekil 3.31. Yayılı yük değeri tanımlama ekranı

Sisteme üçgen yayılı ya da trapezoidal yük yüklemek için yine iki dikme arası açıklık seçildikten sonra 'Assign>Frame Loads>Distributed' adımları izlenmiş, açılan komut ekranına yükün cinsi ve büyüklüğü girilmiştir. Öncelikle 'Direction' kutucuğunda yine kuvvetin yönü 'X' doğrultusu olarak seçilmiştir. Yükümüz düzgün doğrusal geometriye sahip olmadığından 'Trapezoidal Loads' çerçevesinin içinde bulunan kutucuklara değerler girilmiştir. Yükün büyüklükleri 'Distance' kutucuğuna, yükün açıklığın hangi mesafesine etki ettiği ise '1, 2, 3, 4' rakamlarına karşılık gelen ilgili 'Load' kutucuğuna girilmiştir (Şekil 3.32).



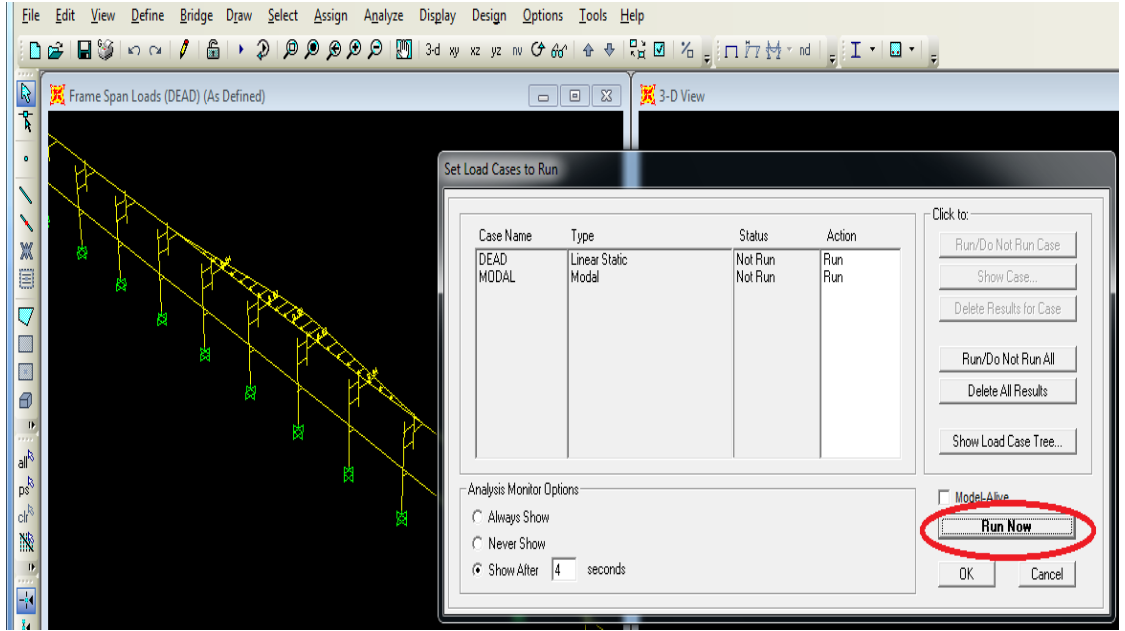
Şekil 3.32. Trapez yük tanımlama ekranı

Yükleme işlemleri tamamlandıktan sonra analiz işlemine geçilmiştir. Analiz için; 'Analyze' menüsünden 'Run Analysis' seçilmiştir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Analiz başlatma

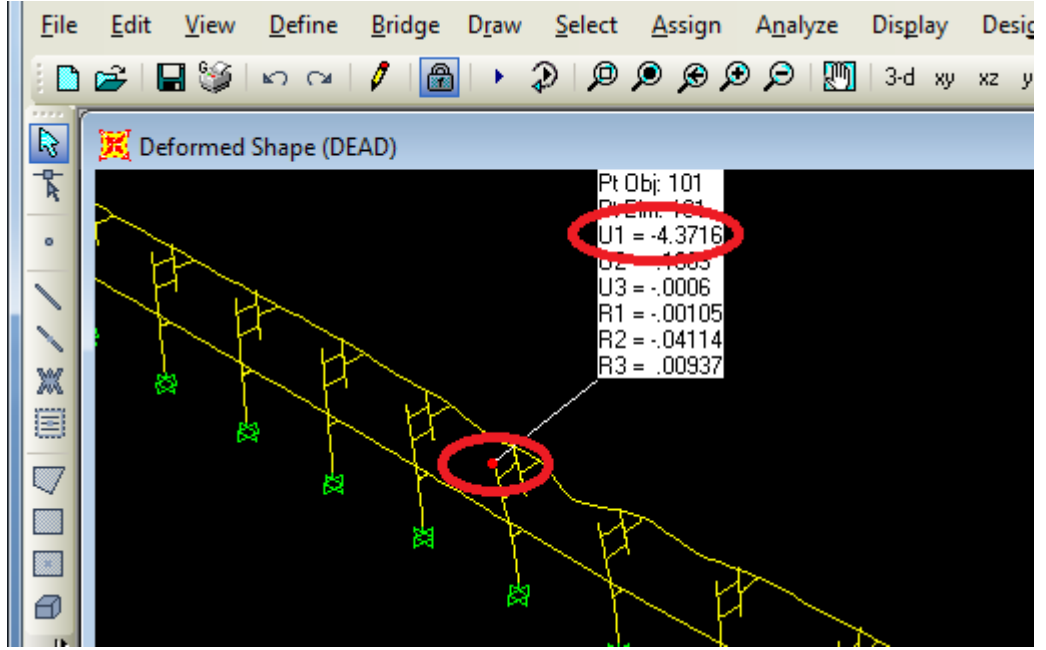
Şekil 3.34' teki gösterildiği gibi açılan pencereden 'Run Now' tuşu ile analiz başlatılmıştır.



Şekil 3.34. Analiz başlatma ekranı

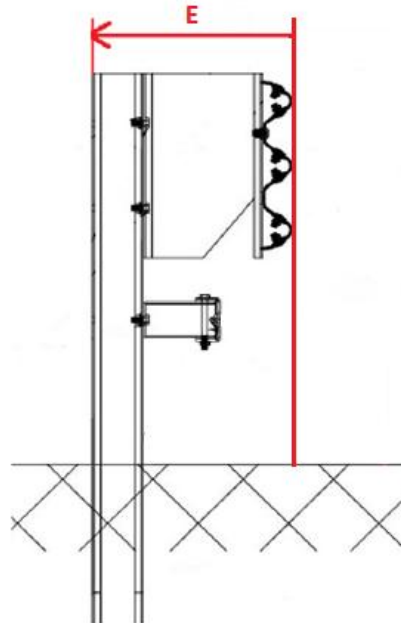
Her yükleme tipi için tek tek aynı işlem adımları izlenmiş ve analizleri yaptırılmıştır.

Analizlerin sonucunda sistemin deforme olmuş şekilleri ekrana gelmiştir. Ekrandan dikmelerin üzerinde bulunan ilgili yere ok işareti getirilerek 'U1' değeri tek tek her bir dikme için okunmuştur (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Deplasman değerlerini okuma

SAP 2000’de yapılmış olan analizlerden elde edilmiş olan deplasman değerleri 3N AHO çarpışma test rapor sonuçlarındaki ‘E’ değeri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. Çarpışma testi sonucu elemanların yanal deplasman okumaları

3.2. Eşdeğer Statik Yük Hesaplama Metodu

Çarpışma esnasında araçlar otokorkuluğa dinamik yükler uygulamaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi bu çalışmada, otokorkuluk üzerine etkiyen dinamik yükleme statik eşdeğer yükleme ile temsil edilmeye çalışılmıştır. Bu sebeple, hem TB11 hem de TB51 testinde araçların otokorkuluğa uyguladığı kuvvetlerin hesaplanması gerekmektedir. Bunun için, dinamikte sıkça kullanılmakta olan ve çarpışma olaylarını analitik olarak ifade eden Newton'un 2. kanunu kullanılmıştır. Bu formülde kuvvet, kütle ile ivmenin çarpımına eşittir. Newton'un ikinci kanunundan başlayarak eşdeğer statik yükün hesabı aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a}$$

Burada:

F : Otokorkuluğa aracın uyguladığı eşdeğer statik kuvvet ($\text{kg.m/sn}^2 = \text{Newton}$)

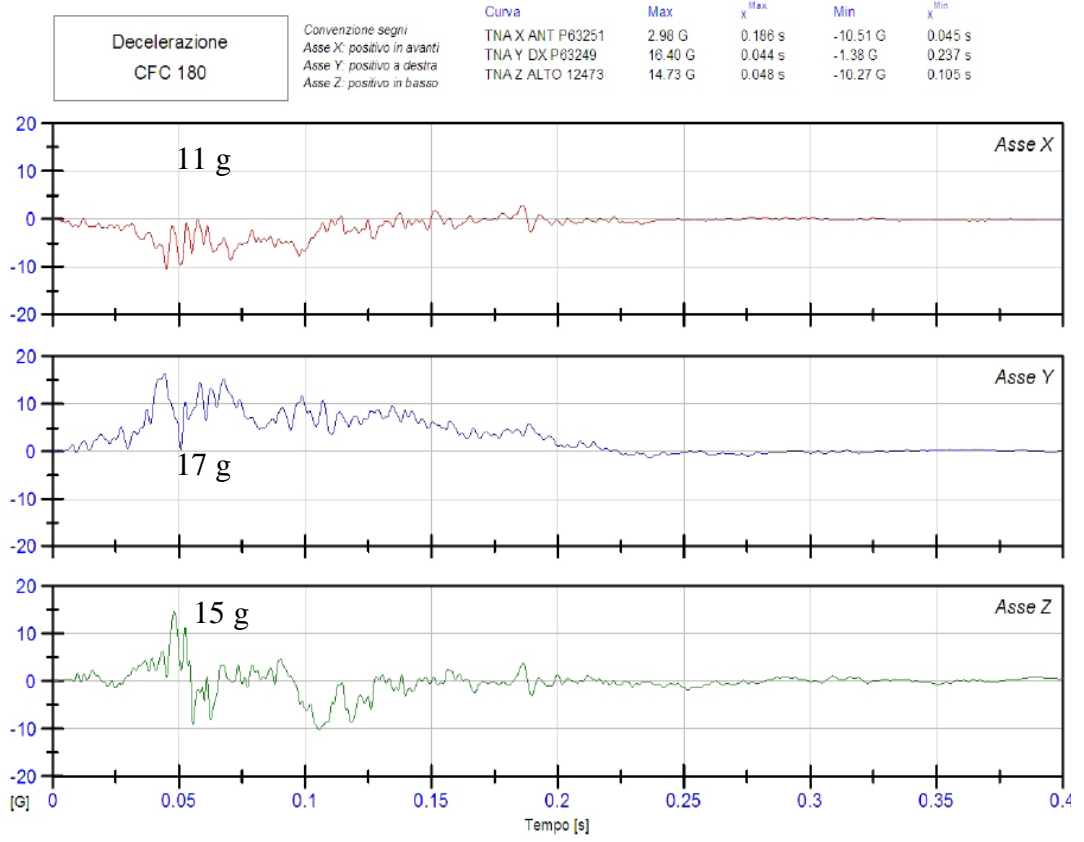
m : Araç kütlesi (kg)

a : İvme (metre/saniye^2)

Bu durumda, otokorkuluğa etkiyen eşdeğer statik yük çarpışma esnasında oluşan x,y ve z doğrultularında oluşan en büyük ivme değerleri ile aracın kütlesinin çarpımına eşit olmaktadır. Şekil 3.37' de çarpışma testi sırasında araç ağırlık merkezindeki ivme ölçerden elde edilen ivme grafikleri gösterilmektedir. Maksimum ivme değerlerinden elde edilen sonuç:

$$a_{\text{eşdeğer}} = (a_{x\text{max}}^2 + a_{y\text{max}}^2 + a_{z\text{max}}^2)^{0.5} = (11^2 + 17^2 + 15^2)^{0.5} = 25 \text{ g}$$

Eşdeğer statik yükün büyüklüğü hesaplandıktan sonra bu yük otokorkuluğa dik gelecek şekilde etkilmiştir. $F = m \times a$ formülünden TB11 testine karşılık gelen eşdeğer statik yük 23 tonf ve TB51 testine karşılık gelen eşdeğer statik yük ise 1210,3 tonf olarak hesaplanmıştır.

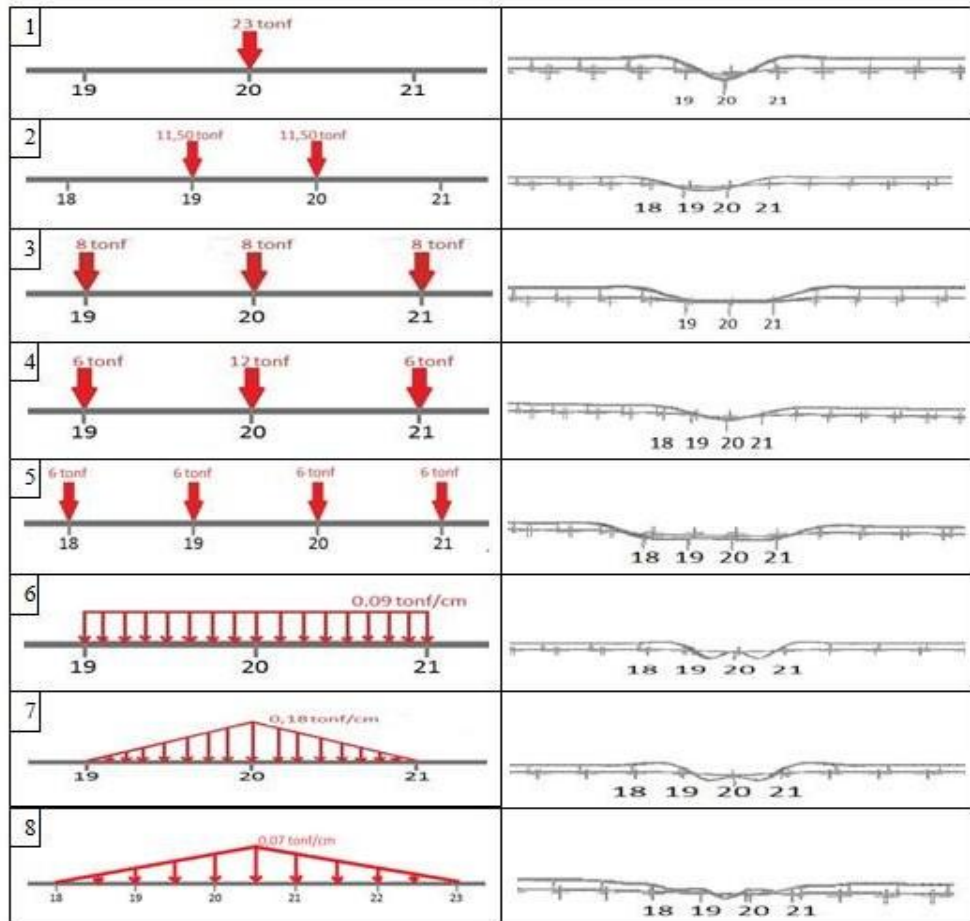


Şekil 3.37. Çarpışma testi sırasında araç ağırlık merkezindeki ivme ölçerden elde edilen ivme grafikleri (CSI 2011).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 TB11 Durumu

900 kg kütleli aracın sisteme uyguladığı toplam eşdeğer statik yük olan 23 tonf, SAP2000 programında modellenmiş olan sistem üzerindeki açıklıklara değişik şekillerde yüklenmiştir. Şekil 4.1’de SAP2000 programında tanımlanan 8 yükleme tipi ve oluşan deformasyonlar gösterilmiştir. Bu alternatif yüklemeler, hangi yükleme durumunun TB11 testinden elde edilen sonuçlara daha iyi uyum göstereceğini belirlemek için yapılmıştır. 3N AHO üzerinde yapılan TB11 testi incelendiğinde, en belirgin deformasyonların aracın çarptığı 19-21 dikmeleri arasındaki iki açıklık üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (CSI 2011).

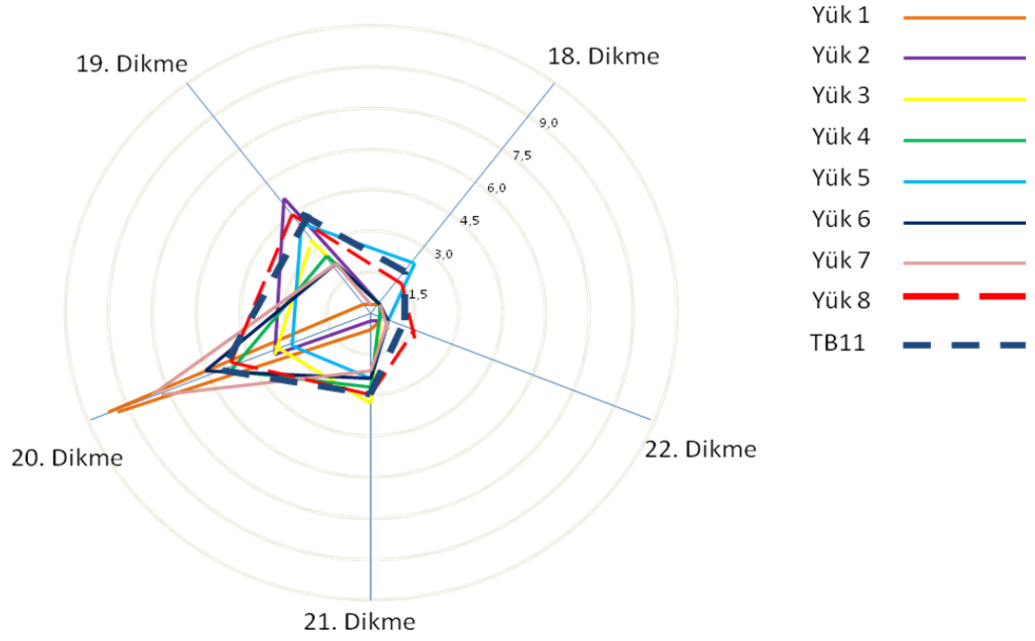


Şekil 4.1. TB11 Testinin eşdeğer statik yükleme durumları ve meydana gelen deformasyonlar, SAP2000 de yükleme çeşitleri (sol) ve Yükleme Sonrası Oluşan Deformasyon (sağ)

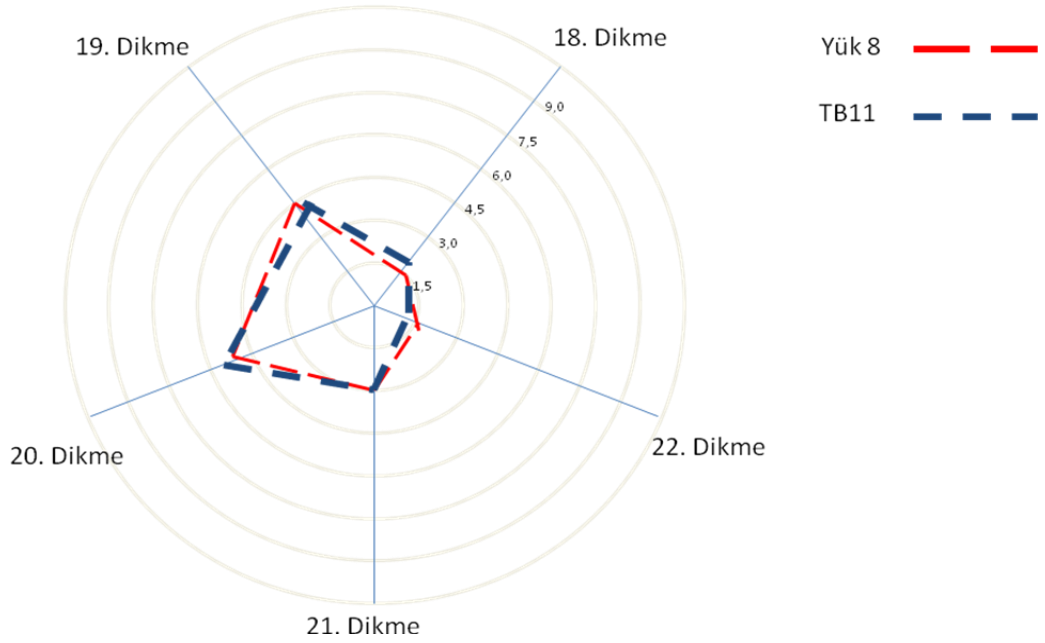
Çizelge 4.1’de tüm yükleme durumlarında ve çarpışma testinde dikmelerde oluşan yatay deformasyonlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu çizelgeye ve Şekil 4.1.’ e göre 8 değişik yükleme şekline en uygun sonucu 8 numaralı yüklemenin verdiği belirlenmiştir. Bu aynı zamanda, üçgen yaylı statik eşdeğer yükleme şeklinin 900 kg’lık araba etkisini en iyi şekilde temsil ettiğini göstermektedir. Şekil 4.2’de Çizelge 4.1’de verilen değerlerin radar grafiği görüntüsü sunulmaktadır. Bu şekil, 8 numaralı yüklemenin en yakın sonucu verdiğini göstermektedir. 8 numaralı yükleme ve gerçek çarpışma testi sonucunda oluşan deformasyonları gösteren grafik Şekil 4.3’te verilmiştir. Şekil 4.4’te TB11 çarpışma testinden elde edilen deforme olmuş sistem şekli ile SAP2000 programından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, SAP2000 programının çarpışma testinden elde edilen sonuçları hızlı ve gerçekçi bir şekilde belirlemede etkili bir program olduğu belirlenmiştir (CSI, 2009).

Çizelge 4.1. TB11’e göre çeşitli yüklemeler ve gerçek çarpışma testi sonucu oluşan yatay deformasyonlar

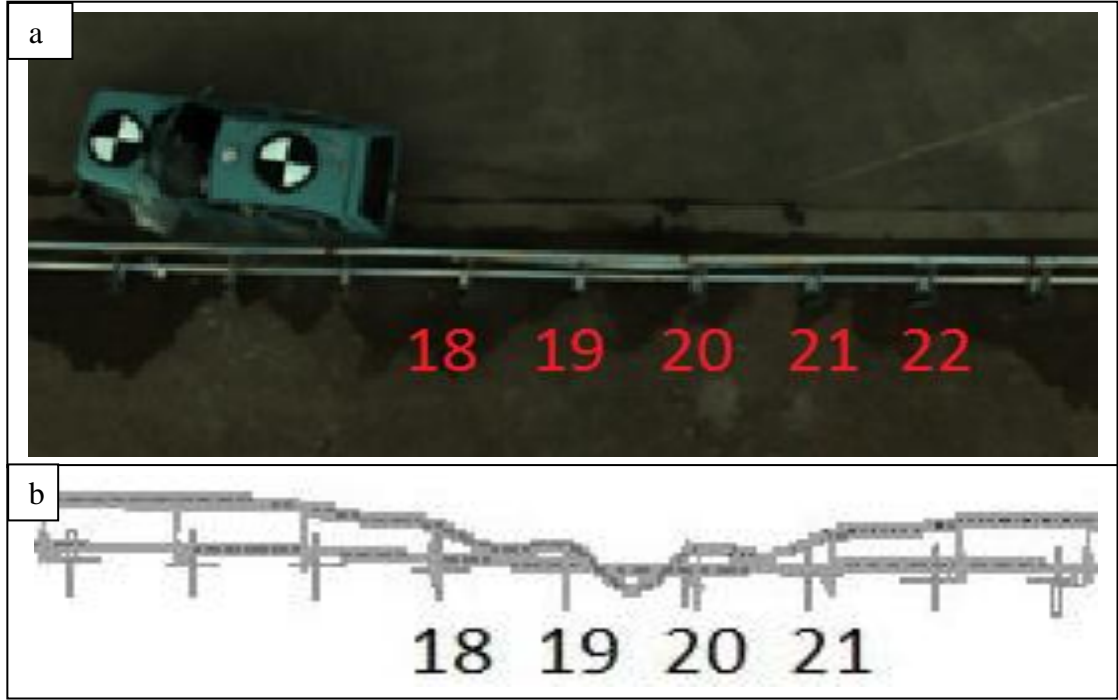
Yükleme No	18.Dikmedeki Deformasyon (cm)	19.Dikmedeki Deformasyon (cm)	20.Dikmedeki Deformasyon (cm)	21.Dikmedeki Deformasyon (cm)	22.Dikmedeki Deformasyon (cm)
1	0,1264	0,6805	9,6668	0,6805	0,1264
2	0,2771	5,1737	5,1737	0,2771	0,0488
3	0,2029	3,5553	3,8360	3,5553	0,2029
4	0,1193	2,8441	5,3988	2,8441	0,1193
5	2,6740	2,8441	2,8441	2,6740	0,1482
6	0,1809	2,7908	6,0161	2,7908	0,1809
7	0,2222	1,9502	7,7632	1,9502	0,2222
8	1,5439	3,1308	4,0418	3,1308	1,5439
TB11 Testi	2	3	4	3	1



Şekil 4.2. Tüm deformasyonları gösteren radar grafik



Şekil 4.3. Çarpışma testi ve 8 nolu yükleme sonucu oluşan deformasyonları gösteren radar grafik



Şekil 4.4. TB11 testi sonrası oluşan deformasyonların karşılaştırılması, a) gerçek test b) SAP2000 analizi

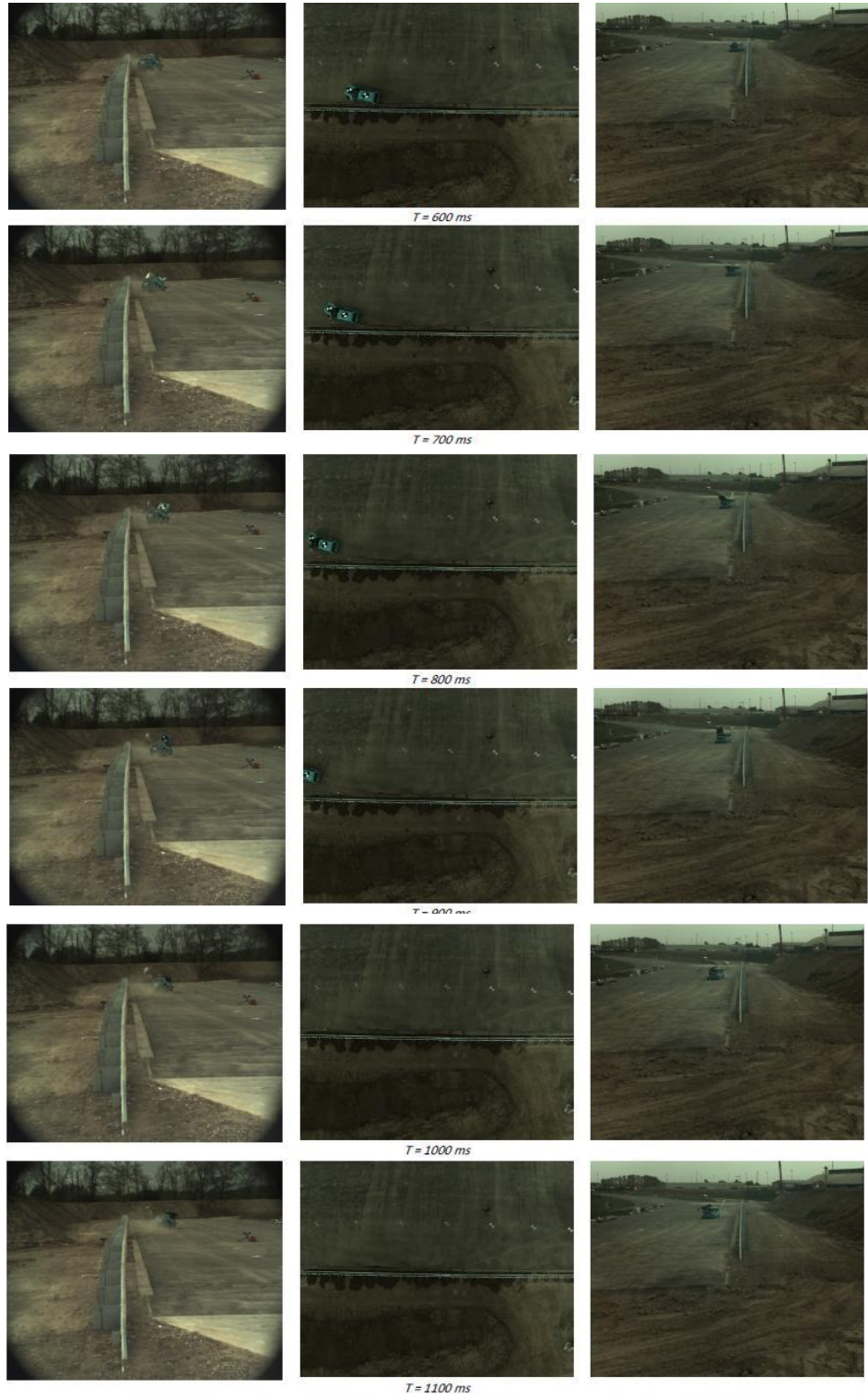
TB11 testi sonucunda oluşan yanıl deformasyonları gösteren fotoğraflar Şekil 4.5'te verilmiştir (CSI 2011).



Şekil 4.5. TB11 Testi Sonrası Deforme Olmuş 3N AHO Otokorkuluğunun Yan Görüntüsü

Şekil 4.6'da test merkezinde 900 kg'lık otomobilin 3N AHO tipi otokorkuluğa çarpışma test fotoğrafları üç farklı açıdan gösterilmiştir.

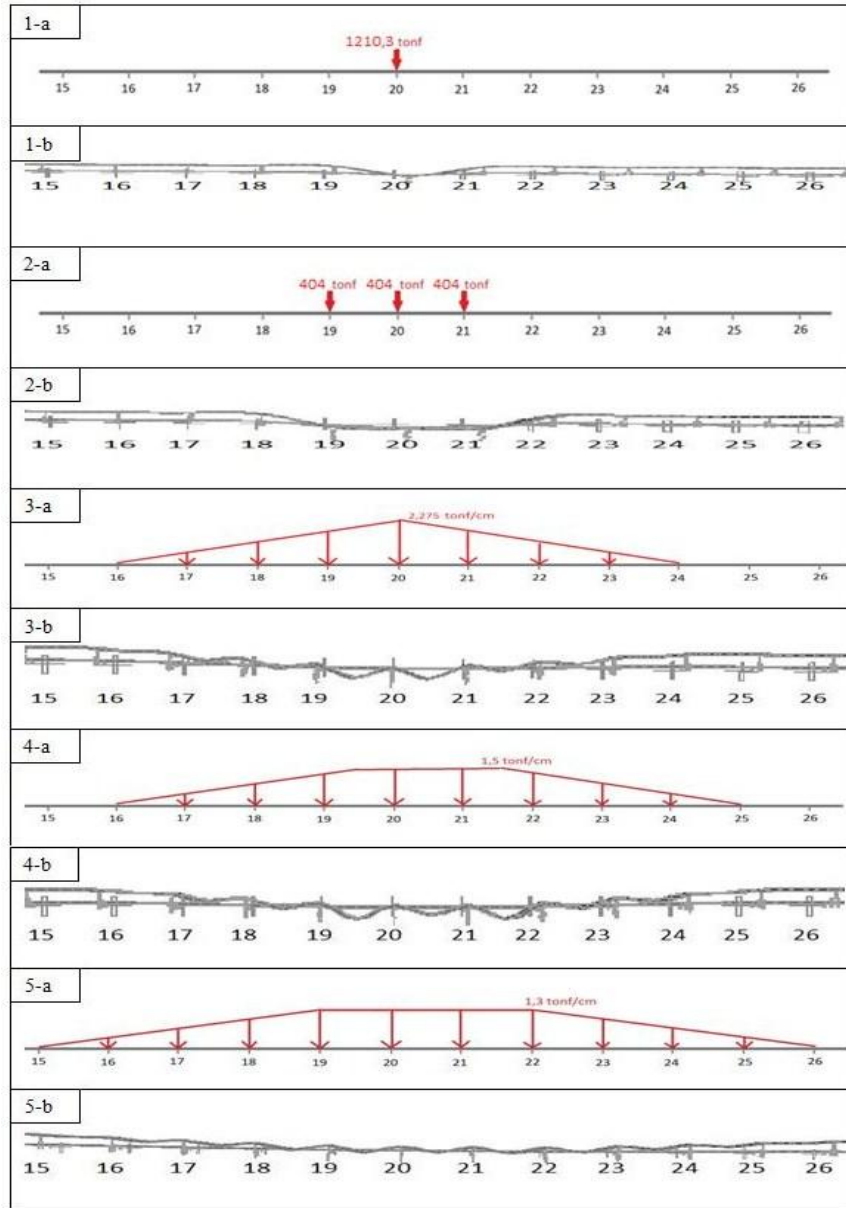




Şekil 4.6. TB11 testinin saniye saniye karelendirilmesi

4.2. TB51 Durumu

TB11 testine benzer olarak yapılan hesaplama sonucu TB51 testi için eşdeğer yükün 1210,3 tonf olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.7’de SAP2000 programında tanımlanan 5 değişik eşdeğer statik yükleme durumu ve bu yüklerin uygulanması sonucu sistemde oluşan deformasyonlar gösterilmiştir. Alternatif yüklemeler, hangi yükleme durumunun TB51 testinden elde edilen sonuçlara daha iyi uyum göstereceğini belirlemek için yapılmıştır.

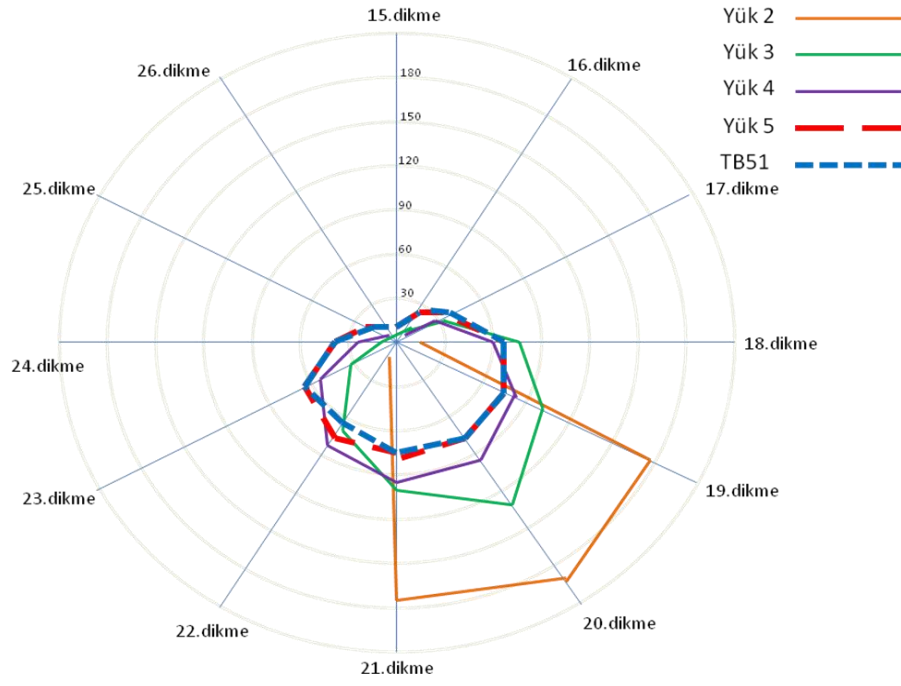


Şekil 4.7. TB51 testinin eşdeğer statik yükleme durumları ve meydana gelen deformasyonlar

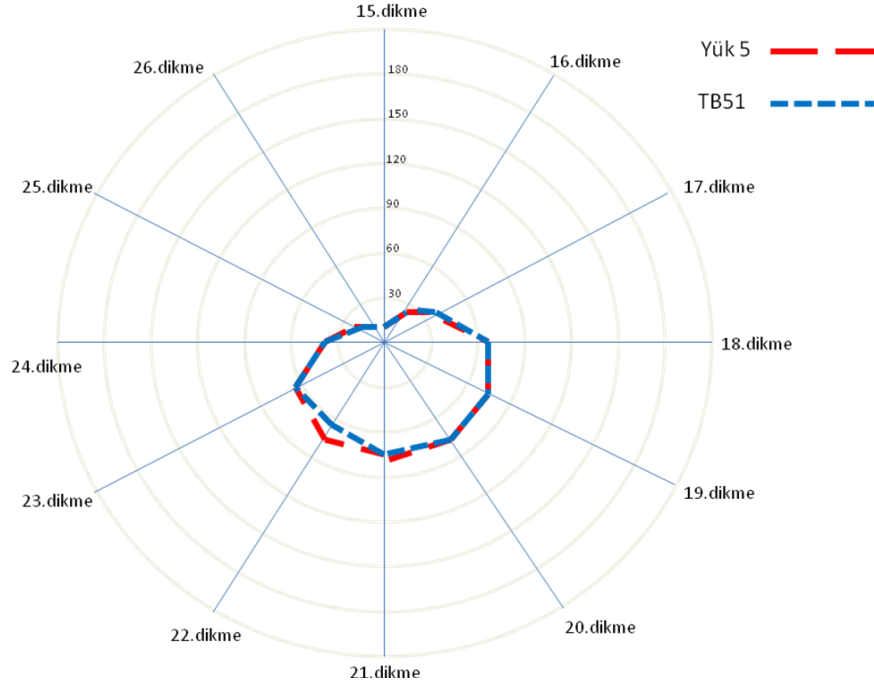
3N AHO ile yapılan TB51 çarpışma testi incelendiğinde oldukça geniş bir bölgede deformasyon oluştuğu belirlenmiştir. Bu deformasyon yaklaşık olarak 11 açıklığa yayılmıştır. Çizelge 4.2’de tüm yükleme durumunda ve çarpışma testinde dikmelerde oluşan deformasyonlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu çizelgeye ve Şekil 4.7’ye göre 5 değişik yükleme şekline en uygun sonucu 5. yüklemenin verdiği belirlenmiştir. Bu aynı zamanda, trapez yayılı statik eşdeğer yükleme şeklinin 13000 kg’lık otobüs etkisini en iyi şekilde temsil ettiğini göstermektedir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, TB11 çalışmasına benzer olarak SAP2000 programının TB51 testinden elde edilen sonuçları hızlı ve gerçekçi bir şekilde belirlemede etkili bir program olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.8’ de Çizelge 4.2’ de verilen değerlerin radar grafiği görüntüsü sunulmaktadır. Bu şekil, 5 numaralı yüklemenin en yakın sonucu verdiğini göstermektedir. 5 numaralı yükleme ve gerçek çarpışma testi sonucunda oluşan deformasyonları gösteren grafik Şekil 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yükleme çeşitlerine göre sistem elemanlarında meydana gelen yatay deformasyonun büyüklüğü

Yükl. No	15. Dik. Defr. (cm)	16. Dik. Defr. (cm)	17. Dik. Defr. (cm)	18. Dik. Defr. (cm)	19. Dik. Defr. (cm)	20. Dik. Defr. (cm)	21. Dik. Defr. (cm)	22. Dik. Defr. (cm)	23. Dik. Defr. (cm)	24. Dik. Defr. (cm)	25. Dik. Defr. (cm)	26. Dik. Defr. (cm)
1	-	-	-	-	36,06	508,93	36,06	-	-	-	-	-
2	-	-	-	10,47	179,53	193,68	179,53	10,47	-	-	-	-
3	-	5,03	35,26	71,39	108,19	132,78	108,19	71,39	35,26	5,03	-	-
4	-	3,76	26,68	54,61	81,52	94,37	81,52	54,61	26,68	3,76	-	-
5	3,59	23,83	44,02	63,02	79,01	81,91	81,91	79,01	63,02	44,02	23,83	3,59
TB51 Testi	5	17	40	63	82	80	76	65	62	41	20	7



Şekil 4.8. Tüm deformasyonları gösteren radar grafik



Şekil 4.9. Çarpışma testi ve 5 nolu yükleme sonucu oluşan deformasyonları gösteren radar grafik

Şekil 4.10.' da test merkezinde 13000 kg' lık otobüsün 3N AHO tipi otokorkuluğa çarpışma test fotoğrafları üç farklı açıdan gösterilmiştir.





T = 600 ms



T = 700 ms



T = 800 ms



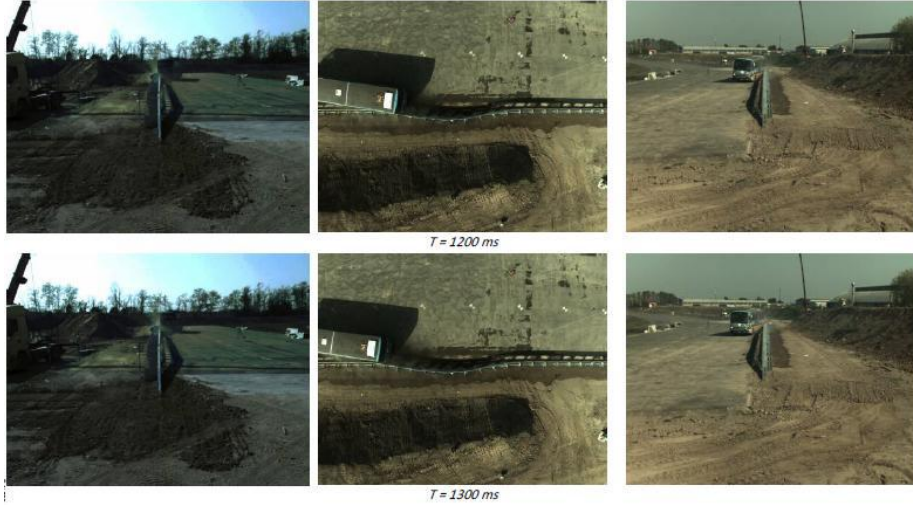
T = 900 ms



T = 1000 ms



T = 1100 ms



Şekil 4.10. TB51 yüklemesi testinin saniye saniye karelendirilmesi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Bu çalışma dinamik çarpışma testlerinden elde edilen bazı bulguların statik analizler yapılarak belirlenmesine yönelik yapılan ilk çalışmadır.
- Statik eşdeğer yüklemeler ilk olarak 3N AHO otokorkuluğuna 900 kg'lık araba ve 13000 kg'lık otobüs testleri için yapılmıştır. Sonuçların oldukça ümit verici olduğu gerçek test ve SAP2000 analiz sonuçları incelendiğinde görülmektedir.
- Otokorkuluklarda meydana gelebilecek deformasyonların hızlı ve güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi hem ekonomik ve hem de zaman açısından büyük avantajlar sağlayacaktır.
- TB11 ve TB51 testleri için belirlenen eşdeğer statik yükler her bir durum için gerçek testten elde edilmiş sonuçlara göre etkilenmiş olan dikme ve açıklıklara yayılı yük olarak uygulanmıştır.
- Dikmelerin gerçek test sonucu elde edilen deplasman değerleri ile analiz sonucunda elde edilen deplasman değerleri çok yakın değerler çıkmıştır.
- Dinamik analizleri temsil eden statik eşdeğer yüklerin büyüklüğü Newton'un ikinci kanunu kullanılarak bulunmuştur.
- Denklemlerde kullanılan değerler gerçek test verilerinden alınmıştır ve analiz sonucu elde edilen sonuçların gerçek test ile tutarlı olması doğru verileri kullandığımızı göstermiştir.
- TB11 durumu için eşdeğer statik yük belirlenmiş ve üçgen yayılı yük ile temsil edilmiştir.
- TB51 durumu için de eşdeğer statik yük belirlenmiş ve temsil eden en uygun yükleme şeklinin trapez olduğu belirlenmiştir.
- Sistem elemanlarından olan dikmeler için mesnetler programa gerçek test sonuçlarına uygun olarak atanmış ve analiz sonucunda beklenen sonuca uygun davranış gösterdiği görülmüştür.

- 3N AHO için SAP2000 programında dikme, ray ve civatalar bazı basitleştirmeler kullanılarak modellenmiştir. Çıkan sonuçlar modellerin oldukça doğru hazırlandığını göstermektedir.

5.2. Öneriler

- Bu çalışmada ortaya konan sonuçların doğruluğunun daha detaylı çalışmalar ile teyit edilmesi önem taşımaktadır.
- Yükün etki ettiği dikmeler ve dikmeler arası açıklıkların sayısı gerçek çarpışma testi sonuçlarına göre belirlenmiştir. İleriki çalışmalarda yükün etki ettiği genişliğin bir standarda uygun olarak belirlenmesi ve çarpışma testinden önce teste en iyi ve gerçekçi referansı sağlayacak şekilde temsil edici yükleme şeklinin tespit edilmesi beklenmektedir.
- Tüm çarpışma tipleri için çalışmalar yapılarak en uygun temsil edici yükleme şekillerinin her bir tip için belirlenmesi uygun olacaktır.
- Aynı sisteme eğer elde varsa aynı araçların farklı açılarla çarptırılması ile elde edilen gerçek test sonuçlarının eşdeğer statik yük ile aynı şekilde uygulanması ve sonuçların karşılaştırılması tutarlılığı daha da artıracaktır.
- Ray elemanlarının malzeme özellikleri sisteme girilirken elemanların karakteristiklerinin de incelenerek sisteme girilmesi, elemanların rijit mi yoksa daha başka bir yapıda mı olduğunun belirlenmesi beklenmektedir.
- Bunları destekleyici ve daha iyi analizler yapmaya yardımcı olacak laboratuvar ortamında gerçekleştirilecek belirli testler tezi sonuçlarını daha da güçlendirecektir.
- Son olarak, 900kg ve 13000 kg'lık otobüsten başka EN1317 standardında adı geçen 1300, 1500, 10.000, 30.000 ve 38.000 kg araçlar için de aynı tip eşdeğer statik yüklerinde hesaplanması çalışmaları yapılması önerilmektedir. Yapılan bu ön çalışma bahsi geçen ileriki çalışmalara ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- AASHTO-AGC-ARTBA, 1996. Joint Committee. **A Standardized Guide to Highway Barrier Hardware**. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- AASHTO, 2002. **Roadside Design Guide**, Yolkenar Güvenlik Dizaynı Elkitabı, Amerikan Federal Hükümeti, ABD.
- Atahan A.O., 2001. Yolkenar Güvenliği Ders Notları, Mustafa Kemal Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İskenderun.
- Atahan A.O. ve Cansız O.F., 2004. **Design and simulation of two wooden-post W beam guardrails to eliminate wheel snagging**, Heavy Vehicle Systems, Int. J. of Vehicle Design, Vol. 11, No. 1, Inderscience Enterprises Ltd.
- Atahan A.O. ve Bonin G., 2006. **Numerical analysis of an H4a heavy containment level transition**, Int. J. Heavy Vehicle Systems, Vol. 13, No. 4, Inderscience Enterprises Ltd.
- Atahan A.O., 2009. **Effect of permanent jersey-shaped concrete barrier height on heavy vehicle post-impact stability**, Int. J. Heavy Vehicle Systems, Vol. 16, Nos. 1/2, Inderscience Enterprises Ltd.
- Bank ve Gentry, 2001. **Development of a Pultruded Composite Material Highway Guardrail**, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 32 1329-1338.
- BAST. 2001. **Bundesanstalt für Straßenwesen**, Alman Karayolları Araştırma Enstitüsü, Bergisch Gladbach, Almanya.
- 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.
- 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.
- CSI (2009), Structural Analysis Program, SAP 2000, Computers and Structures Inc., Berkeley, CA.
- Devlet İstatistik Enstitüsü, **1996-2000 yılları arasındaki kaza istatistikleri**, Ankara.
- Dilberoğlu, A.Z. (2011). **Karayollarında otokorkulukların kazaların önlenmesindeki önemi**, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- European Committee for Standardization (CEN), 2010. Road restraint systems-Part 2. **Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers European Standard EN 1317-2**.
- Holdridge J.M., Shankar V.N., Ulfarsson G.F., 2005. **The crash severity impacts of fixed roadside objects**, Journal of Safety Research 36, 139 – 147, National Safety Council and Elsevier Ltd.

- Ibitoye ve ark. 2004. **Simulation of motorcycle crashes with w-beam guardrail: Injury patterns and analysis**, International Journal of Impact Engineering, Elsevier Ltd.
- Mak, K. K. ve Menges, W. C., 1994. **Crash Testing Evaluation Strong-post,W-beamGuardrail System**. Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station.
- 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.
- 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 Bakım Dairesi Başkanlığı Trafik Şube Müdürlüğü, 2002. **Otokorkuluklar Hakkında Yönetmelik**, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.
- Tabiei A., Wu J., 2000, **Roadmap for crashworthiness finite element simulation of roadside safety structures**, Finite Elements in Analysis and Design 34, 145 157, Elsevier Science Ltd.
- 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.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yol gösteren ve iyi bir bilimsel çalışma ortamı sağlayan danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN' a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Turan ARSLAN, Yrd. Doç. Dr. Umur Korkut SEVİM, Yrd. Doç Dr. Selçuk KAÇIN, Yrd. Doç Dr. Hakan Tacettin TÜRKER, İnş. Yük. Müh. Ayhan ner YÜCEL' e ve tüm İnşaat Mühendisliği Bölümü ğretim üyelerine en içten teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında manevi desteğini esirgemeyen, hayatımın her aşamasında bana destek olan aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Hatay ili Antakya ilçesinde doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Antakya' da tamamladım. 2004 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne yerleştim ve 2008 yılında mezun oldum. 2010 yılında yüksek lisans öğrenimine başladım. Serbest inşaat mühendisliği mesleğimi sürdürmekteyim.