

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**ÇARPIŞMA TESTİ VE SİMÜLASYON
KULLANILARAK YENİ NESİL H1 SEVİYE
OTOKORKULUK GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

ERDİNÇ BAYAT

İSTANBUL, 2012

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

ÇARPIŞMA TESTİ VE SİMÜLASYON
KULLANILARAK YENİ NESİL H1 SEVİYE
OTOKORKULUK GELİŞTİRİLMESİ

Yüksek Lisans Tezi

ERDİNÇ BAYAT

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

İSTANBUL, 2012

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA

Tezin Adı:Çarpışma Testi Ve Simülasyon Kullanılarak Yeni Nesil H1 Seviye
Otokorkuluk Geliştirilmesi
Öğrencinin Adı Soyadı: Erdiñ BAYAT
Tez Savunma Tarihi:

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen
Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. F. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu
onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü
İmza

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi
olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

 Jüri Üyeleri İmzalar

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

Üye
Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

Üye
Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

TEŐEKKÜR

Çarpışma analizlerini ve sonlu elemanlar yöntemini birleştiren bir konuda çalışma imkânı sağlayan ve gösterdiği ilgiden dolayı danışman hocam sayın Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN' a ve bölüm hocalarımdan Prof. Dr. Mustafa ILICALI ile Yrd. Doç. Dr.Nilgün CAMKESENE' e ayrıca bana Yüksek Lisans olanağını sunan İskenderun Belediyesi'ne teőekkürü bir borç bilir, bugüne kadar hep yanımda olan aileme ve sevdiklerime teőekkürlerimi sunarım.

ÖZET

ÇARPIŞMA TESTİ VE SİMÜLASYON KULLANILARAK YENİ NESİL H1 SEVİYE OTOKORKULUK GELİŞTİRİLMESİ

Erdoğan BAYAT

KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

Eylül 2012, 42 Sayfa

Bu tez çalışmasında, araçların karayolunu bir sebepten dolayı terk ederek araç içerisindeki için risk arz eden bölgelere girmesini önlemek için EN 1317 Avrupa Yolkenar Emniyet sistemine uygun A ve B ray tipine sahip H1 seviye yeni otokorkulukların tasarım, nümerik analiz ve çarpışma testi sonuçları kullanılarak incelenmesi ve geliştirilmesidir. Otokorkuluk sistemleri en hafifinden en ağırına kadar olan araçları karayolu içerisinde tutmak için özel olarak imal edilmektedir. Çarpışma testleri ve simülasyonlar *European Norm*(EN) 1317 Avrupa Yolkenar Emniyet Sistemleri standardına uygun olarak yapıma zorunluluğundadır. Bu çalışmada ortaya konan H1 seviye otokorkuluğunun tasarımda çelik C dikme, A tipi ray, B tipi ray ve bağlama elemanı olarak civatalar kullanılmıştır.

Analizler için otokorkuluklara ait 2 adet sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Modellerde dikme aralığı 2.00 m alınmış ve A veya B farklı ray tiplerine sahip olarak tasarlanmıştır. Üç boyutlu katı modeller *SOLIDWORKS*' de ve sonlu elemanlar modelleri *LS PREPOST*' da hazırlanmış; EN 1317 (Avrupa Standardı Karayolu Güvenliği Aracı Yolda Tutma Sistemleri Bölüm 2) standardında belirtilen çarpışma derecelerinden TB11 ve TB42' ye göre çarpışma testleri yapılmış ve çarpışma simülasyonları *LS-DYNA* yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçek çarpışma testleri İtalya'nın Milano kenti yakınlarındaki *CSI* sertifika ve test laboratuvarında yapılmıştır.

Ortaya çıkan gerçek çarpışma değerleri ile sanal ortamda elde edilen değerler EN 1317 standardına göre araç cinsi, çarpma hızı ve açısı, otokorkuluk yanal deformasyonu ve çarpışma şiddet derecesine göre değerlendirilmiştir. Bulgulardan hareketle EN 1317-2'ye göre minimum standardı sağladığından dolayı vasıtaların yol içerisinde kaldığı sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç tasarlanan H1 sınıfı yeni nesil otokorkuluk sisteminin başarılı olduğunu, tasarlanan iki farklı ray tipi için de test sonuçlarının benzer olduğunu ve birbiri yerine kullanılabilirliğini göstermiştir. Bununla birlikte yeni otokorkuluk sisteminin hafif, düşük maliyetli, imalat, montaj ve uygulanabilirlik açısından avantajlar içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Otokorkuluklar, EN 1317, *LS-DYNA*, Çarpışma Testi

ABSTRACT

GUARDRAIL CRASH TEST AND SIMULATION USING LEVEL DEVELOPMENT OF NEXT GENERATION H1

Erdinç, BAYAT

URBAN TRANSPORTATION SYSTEMS AND MANAGEMENT

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN

September 2012, 42Pages

This thesis is a study to review and develop new guardrail systems that H1 level designed and have the A-B rail type , which are appropriate to EN 1317 European Roadside Safety System , to prevent the vehicles from abandoning the highway owing to any reason and entering areas that offering risk for the people in them by using their designment and results of numerical analyses and crasing test. The guardrail systems are being produced extraordinarily to keep the vehicles from the lightest to the heaviest one in the road. These crashing and simulation tests have been made and designed in accordance with European Norm (EN) 1317 Europe Roadside Safety Systems Standards. It has been used steel C studs , A type rail , B type rail and bolts as fasteners.

Two pieces of finite element models beonged to the guardrails have been built up for the analyses. The stud ranges for the two model have been designed with a different type of rail. Three –dimensional solid models from SolidWorks' and finite element models of the LS preppost also designed ; have been clashed according to TB11 and TB42 that stated as crashing degrees at EN 1317 standard (European Standard For Road Safety Systems of Keeping The Vehicle In The Road , Chapter 2), crashing simulations were performed by using LS –DYNA Software. The real tests of crashing have been made with CSI certificate and in test laboratory.

The real values of crashing generated and the values acquired in virtual environment were evaluated in accordance with EN 1317 standard according to vehicle's type , crashing speed and angle , guardrail's lateral deformation and crashing degree of crashing severity. Based on the findings , according to EN 1317 _ 2 since they provide a minimum standard , it is inferred that the result of that the vehicles keep the road. This conclusion proved that the new H1 class guardrail system designed is successful, results of guardrail tests have two different types of rails are the same and that they can be substitute each other , The new guadrail system is lighter , less costly and its manufacturing , assembling and applicability is quite easy

.Keywords: Guardrails, EN 1317, LS-DYNA, CrashingTesting

İÇİNDEKİLER

TABLolar.....	ix
ŞEKİLLER.....	x
KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 OTOKORKULUK TANIMI VE ÖZELLİKLERİ2	
1.2 OTOKORKULUK UYGULAMA TİPLERİ.....	4
1.2.1 Basit Otokorkuluk Uygulama Tipleri.....	4
1.2.2 Basit Mesafeli Otokorkuluk Uygulama Tipleri	5
1.2.3 Çift Mesafeli Otokorkuluk Uygulama Tipleri	6
1.2.4 Köprü Koruyuculu Basit Mesafeli Otokorkuluk Uygulamaları.....	6
1.2.5 Ağır Hizmet Tipi Otokorkuluk Uygulamaları.....	7
1.2.6 Çelik Haath Otokorkuluk Uygulamaları	7
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	8
3. VERİ VE YÖNTEM.....	11
3.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN CAD YAZILIMLARI.....	11
3.2 KULLANILAN TİCARİ YAZILIMLARIN ÖZELLİKLERİ	11
3.3 A VE BTİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUK VE YAPI ELEMENLARININ OLUŞTURULMASI.....	13
3.4 A ve B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN ANALİZE HAZIR HALE GETİRİLMESİ VE ÇARPIŞMA SİMÜLASYONLARININ OLUŞTURULMASI	18
3.5 A VE B TİPİ RAYA SAHİP YENİ NESİL OTOKORKULUK SİSTEMİNİN LS-DYNA YAZILIMINDA ÇARPIŞMA ANALİZİNİN YAPILMASI	23
4. BULGULAR	25
4.1 A VE B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN SANAL ORTAMDA ÇARPIŞMA TESTLERİNİN OLUŞTURULMASI.....	25
4.2 A VE B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN GERÇEK ÇARPIŞMA TESTLERİNİN YAPILMASI	30

5. SONUÇ VE ÖNERİLER	37
KAYNAKÇA.....	40
ÖZGEÇMİŞ	42

TABLULAR

Tablo 3.1: Tez çalışmasında kullanılan programlar	13
Tablo 3.2: Malzeme, malzeme özellikleri ve et kalınlığı atanması	21
Tablo 3.3: EN 1317 standardına göre çarpışma parametreleri TB11, TB42 ve H1 performans seviyesi özellikleri.....	24
Tablo 4.1: EN 1317 standardında belirtilen yanıl deformasyon dereceleri	29
Tablo 4.2: Her iki tip otokorkuluğa ait TB11, TB42 test ve simülasyon değerleri	30

ŞEKİLLER

Şekil 1.1: Karayolu çelik otokorkulukları ve yapı elemanları.....	1
Şekil 1.2: Basit otokorkuluk (ESP ve B.O)	5
Şekil 1.3: Basit mesafeli otokorkuluk (EDSP ve B.M.O)	5
Şekil 1.4: Çift mesafeli otokorkuluk (DDSP ve Ç.M.O).....	6
Şekil 1.5: Köprü koruyuculu basit mesafeli otokorkuluk.....	7
Şekil 1.6: Çelik halatlı otokorkuluk.....	8
Şekil 3.1: Yeni nesil H1 sınıf otokorkuluğun görüntüsü	14
Şekil 3.2: A ve B tipi rayların tasarımı	14
Şekil 3.3: Solidworks yazılımında tasarlanan yapı elemanlarının katı modelleri	16
Şekil 3.4: A ve B tipi raya sahip otokorkulukların katı modellenmiş hali	17
Şekil 3.5: Solidworks Yazılımında Dosya Uzantısının “*.igs” Yapılması.....	18
Şekil 3.6: A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin <i>mesh</i> yapılmamış hali	19
Şekil 3.7: A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin <i>mesh</i> yapılmış hali	20
Şekil 3.8: Analizde kullanılan 900 kg ve 10000 kg’ lık araçların sonlu elemanlar modelleri.....	22
Şekil 4.1: EN 1317 TB11 test simülasyonu önce ve sonra çarpışma durumları	25
Şekil 4.2: EN 1317 TB42 test simülasyonu önce ve sonra çarpışma durumları	26
Şekil 4.3: EN 1317 standardına uygun olarak TB11 ve TB42 kriterlerine uygun çarpıştırılan A ve B tipi raya ait yeni nesil H1 seviye otokorkulukların simülasyonları.....	27
Şekil 4.4: Simülasyon sonunda ölçülen yanal deformasyon değeri (Deformasyon değeri en yakın değere yuvarlandığında 1300 mm olarak kabul edilmektedir)	29
Şekil 4.5: EN 1317 standardına uygun olarak TB11 VE TB42 test kriterine göre simülasyon öncesi otokorkulukların montajı ve testte kullanılan araçların durumu (CSI, 2012)	31

Şekil 4.6: EN 1317 standardına göre A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerini TB11 test kriterine göre çarpışma sonucu (CSI, 2012)	32
Şekil 4.7: EN 1317 standardına göre A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerini TB42 test kriterine göre çarpışma sonucu (CSI, 2012)	34
Şekil 4.8: Çarpışma sonunda araçların ve otokorkulukların durumları (CSI, 2012).....	36
Şekil 5.1: Her iki tip otokorkuluğa ait TB11 simülasyon ve çarpışma sonuçları.....	38
Şekil 5.2: Her iki tip otokorkuluğa ait TB42 simülasyon ve çarpışma sonuçları	39

KISALTMALAR

E	:	Elastisite Modülü
RO	:	Malzemenin Yoğunluğu
SIGY	:	Malzeme Akma Gerilmesi
MID	:	Materyal Numarası
PR:		Poisson Oranı

1.GİRİŞ

Çarpma simülasyonlarında yoğun olarak kullanılan sonlu elemanlar metodu, ilk olarak 1950’li yılların sonunda başlamıştır.Sonlu elemanlar yöntemi karmaşık ve yoğun *non-linear* (doğrusal olmayan) problemlerin çözümünde kolaylık sağlamaktadır. İlk kullanım zamanlarında sadece lineer (doğrusal) analizleri yapmakta kullanılan sonlu elemanlar metodu daha sonralarda bilgisayarlı sistemlerin gelişmesine paralel olarak pek çok alanda karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmıştır. 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 (Gümrük, 2006). 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.

Gelişen teknoloji ve artan araç sayısıyla otokorkulukların yol trafiğindeki önemi son zamanlarda artmaya başlamıştır. Otokorkulukların asli görevi herhangi bir hatadan dolayı aracın yol dışına çıkarak daha büyük bir kaza yapmasını engellemektir (Cansız, 2003). Bu engelleme yöntemi ile aracın yolun dışına çıkması kontrollü bir şekilde yapılır. Eğer ki araç kontrolsüz bir şekilde engellenir ise seyir halindeki diğer araçlar için de tehlike arz etmeye başlayacaktır. Şekil 1.1.’de bir karayolunda bulunan çelik otokorkuluk ve yapı elemanları görülmektedir.

Şekil 1.1: Karayolu çelik otokorkulukları ve yapı elemanları



Bilgisayar destekli modelleme ve simülasyon sayesinde standartlar dâhilinde yapılan araçlı otokorkuluk çarpışma deneylerinin sonuçlarından elde edilen değerler vasıtasıyla optimum otokorkuluk tiplerinin belirlenmesi, gerçek çarpışma deneylerinde performansı yakalayamayan otokorkuluk sistemlerinde yapılan düzenlemelere göre daha az maliyetli, daha hızlı ve etkin sonuçlara ulaşılması amaçlanmaktadır.

Gerçek çarpışma testleri yaklaşık 900 kg ağırlığındaki karayolu vasıtası kullanılarak, belli bir açıyla, yaklaşık 100 km/h hızla çelik otokorkuluk sistemine çaptırılmasıyla gerçekleşir (CEN2010). 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.

Bu çalışma, 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 edilebilmektedir (Atahan 2008). Böylece gerçek çarpışma deneylerinden oluşan maliyet ve zaman giderleri minimuma indirgenerek doğru ve etkin sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Gerçek çarpışma testleride İtalya' da *CSI* sertifika ve test laboratuvarında EN 1317-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (CSI 2012).

1.1 OTOKORKULUK TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Karayollarında seyreden bir aracın herhangi bir sebeple yolun dışına çıkmasına ve daha büyük bir kaza yapmasına engel olan ve aracın güvenli bir şekilde tekrar yola dönmesini sağlayan pasif koruma sistemleri olarak tanımlanabilir. Otokorkuluk sistemleri temel anlamıyla yol kenarlarında kullanılan engellerdir. Bu engeller kullanım yerlerine göre betondan veya çelikten yapılmış olabilir. Gerek yurtdışında gerekse ülkemizde yaygın olarak kullanılan otokorkuluk tipleri çelik yapı elemanlarından imal edilen otokorkuluk tipleridir. Çelikten imal

edilen otokorkuluklar diğer malzemelerden (Örn. Beton tip) imal edilen otokorkuluklara göre daha ekonomiktir. Fakat çelik otokorkulukların en ufak kazalarda bile ister istemez deforme olması sebebiyle bakım gerektirmesi dezavantajlarından. Büyük kazalarda sistemin komple hasara uğraması ve sonuç olarak sistemin komple yenilenmesi maliyetleri arttırmaktadır. Bu yüzden karayollarında otokorkuluk seçiminde ekonomik durumlar her zaman göz önüne alınmalıdır.

Genel olarak Türkiye’de ve dünyada yol kenar güvenliği için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler kullanıldığı yerlerde gerek kullanımdan dolayı gerekse sürücülerin dikkatsizliği sebebiyle karayollarında tehlike arz edebilirler. Bu yüzden karayolunda kullanılan bu sistemlerin çarpmalara karşı genel performansı önceden bilinmeli, olası bir çarpışma durumunda araca veyahut araç içerisinde seyir edenlere verebileceği zararın minimuma indirilmesi açısından önem arz etmektedir.

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 metotların pahalı olması ve imkânların yetersizliğinden dolayı *LS-DYNA* paket programı kullanılarak otokorkuluklar ve çarpıştırılacak araçlar modellenmiş ve bunların çarpışmalar sırasındaki davranışları incelenmiştir (*LS-DYNA* 2009). Bu geliştirilmiş yöntemle çarpışma testleri maliyetleri en aza indirilmektedir.

Yapılan simülasyon çalışmaları sonucunda, ülkemizde çok yaygın olarak kullanılan ve Avrupa standartlarına uygun olarak inşa edilmiş çelik otokorkuluk sistemleri çarpmalar karşısındaki kabul edilebilir performans seviyeleri sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, modellenen yapıların kullanılabilirliği hakkında somut bilgiler elde edilmiştir.

Yol kenar yapıları, yanal deformasyon yapabilme özelliklerine göre esnek, yarı rijit ve rijit olarak sınıflandırılmaktadır. (*AASHTO-AGC-ARTBA Joint Committee* (1996)) Bu yapıları karayollarında kullanmadan önce çarpışma davranışları aracın cinsi, hızı ve çarpma açısı kriterlerine göre değerlendirilmesi gerekmektedir.

Otokorkuluklar deformasyon özelliklerine göre üç ana gruba ayrılırlar:

1. Esnek sistemler
2. Yarı esnek sistemler
3. Rijit sistemler

Otokorkuluklar imalat tipine ve beklenen koruma etkisine göre üçe ayrılırlar:

1. Çelik otokorkuluklar
2. Çelik halatlı otokorkuluklar
3. Beton otokorkuluklar

Otokorkuluk sistemleri çarpışma davranışına göre ikiye ayrılırlar:

1. Elastik ve plastik davranan otokorkuluk sistemleri (örn: Çelik otokorkuluklar)
2. Rijit otokorkuluk sistemleri (örn: Beton otokorkuluklar)

1.1. OTOKORKULUK UYGULAMA TİPLERİ

1.2.1 Basit Otokorkuluk Uygulama Tipleri

Şekil 1.2' de görüldüğü gibi bu tip otokorkuluklardeformasyon özelliklerine göre esnek sistemler olarak nitelendirilmektedir. 3 metreye kadar yanal deformasyon göstermektedirler. Yoğunlukla 1.500 kg ağırlığın altındaki hafif araçlar ve hız sınırının çarpma açısına göre maksimum 80 km/saat hız ve altında olduğu kesimlerde kullanılmaktadır. Uygulamalarda yolun risk faktörü göz önüne alınarak, dikme aralıkları ayarlanarak risk sınırı düşürülmektedir.

Şekil 1.2: Basit otokorkuluk (ESP ve B.O)



Kaynak: www.galvanenerji.com

1.2.2 Basit Mesafeli Otokorkuluk Uygulama Tipleri (EDSP 480 mm Takozlu Otokorkuluk)

Şekil 1.3' de görüldüğü gibi bu tip otokorkuluklardeformasyon özelliklerine göre yarı rijit sistemler olarak nitelendirilmektedir. 1,5 metreye kadar yanıl deformasyon göstermektedirler. Yoğunlukla 10.000 kg ağırlık ve altındaki kamyon v.s. araçlar ile hız sınırının çarpma açısına göre maksimum 70 km/saat hız ve altında olduğu kesimlerde kullanılmaktadır. Bu tip otokorkuluklar H1 sınıfı otokorkuluk olarak da tanımlanabilir. Uygulamalarda yolun risk faktörü göz önüne alınarak dikme aralıkları ayarlanarak risk sınırı azaltılmaktadır. Bu sistemler ortalama 480 mm takoz, ray, kuşak ve dikme elemanlarından oluşmaktadır. EDSP sistemlerinde takozun üretimi zor ve montajı uzundur. Sistemin ağırlığı 36.5 kg/m' dir.

Şekil 1.3: Basit Mesafeli Otokorkuluk (EDSP ve B.M.O)



Kaynak: www.galvanenerji.com

1.2.3 Çift Mesafeli Otokorkuluk Uygulama Tipleri

Şekil 1.4' de görüldüğü gibi bu tip otokorkuluklar basit mesafelilerle aynı özelliklerde olmakla birlikte, bölünmüş yolların orta refüjlerinde kullanılır. Yine 1,5 metreye kadar yanıl deformasyon göstermekte ve yoğunlukla 10.000 kg ağırlık ve altındaki kamyon v.s. araçlar ile hız sınırının çarpma açısına göre maksimum 70 km/saat hız ve altında olduğu kesimlerde kullanılmaktadır. Uygulamalarda yolun risk faktörü göz önüne alınarak dikme aralıkları ayarlanarak risk sınırı azaltılmaktadır.

Şekil 1.4: Çift mesafeli otokorkuluk (DDSP ve Ç.M.O)

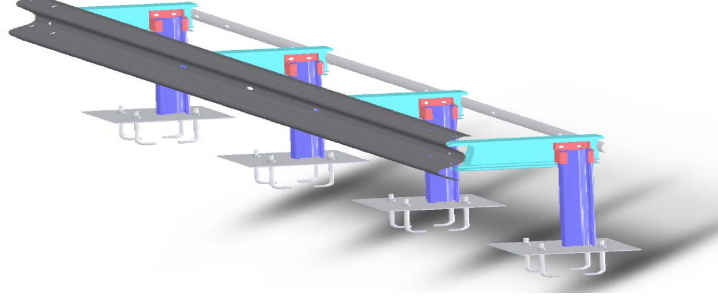


Kaynak: www.galvanenerji.com

1.2.4 Köprü Koruyuculu Basit Mesafeli Otokorkuluk Uygulamaları

Şekil 1.5' de görüldüğü gibi bu tip otokorkuluklar genellikle köprü üstü ve alt geçitlerde yol güvenliğini sağlamak için yine genellikle taban plakalı ve ankrajlı olarak trafik yoğunluğuna göre basit, basit mesafeli ve çift mesafeli uygulamalar olarak farklılıklar göstermektedir. Yine uygulamalarda yolun risk faktörü göz önüne alınarak dikme aralıkları artırılarak veya azaltılarak risk sınırı azaltılmaktadır.

Şekil 1.5: Köprü koruyuculu basit mesafeli otokorkuluk



Kaynak: www.galvanenerji.com

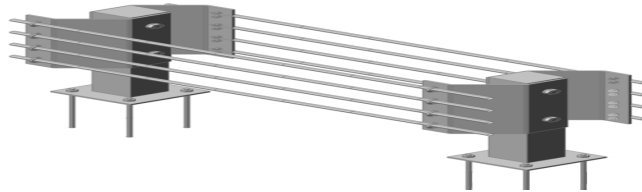
1.2.5 Ağır Hizmet Tipi Otokorkuluk Uygulamaları

Bu otokorkuluk tipleri genellikle ağır vasıtaların geçişinin yoğun ve tehlikeli olduğu bölgelere göre tasarımı yapılan otokorkuluk uygulamalarıdır. Bu nedenle kullanılan uygulama malzemeleri de daha kalın, geniş ve darbelere daha dayanıklı olarak imal edilmektedir

1.2.6 Çelik Halatlı Otokorkuluk Uygulamaları

Şekil 1.7’de görüldüğü gibi bu otokorkuluk sistemleri genellikle köprü üstü ve alt geçitlerde yol güvenliğini sağlamak için yine genellikle taban plakalı ve ankrajlı olarak trafik yoğunluğuna bağlı olarak çeşitli sayıda şeritler şeklinde bağlanmış çelik halatlardan oluşmaktadır. Uygulamanın elastikiyeti sebebiyle bu tip uygulamaya çarpma durumunda kalan araçların, sürücülerinin ve/veya yolcularının güvenle yol içinde kalarak en az seviyede zararı görerek atlatmalarını sağlamaktır.

Şekil 1.6: Çelik halatlı otokorkuluk



Kaynak: www.cepas.com.tr

2. LİTERATÜR TARAMASI

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 (Atahan 2009)

Yol ulaşımında en temel görevlerden biri yol kullanıcıları için yeterli yol güvenliğini sağlamaktır. Yol güvenliğini sağlamak ve geliştirmek için sıklıkla yollar üzerine araç ve yayaların tehlikeli alanlara girmesini engelleyebilecek belli aletler monte etmek gerekmektedir. Avrupa EN 1317 standardına göre düzenlenen yol güvenlik bariyerleri, araçlara belli bir kapasite düzeyi sağlar, hatalı araçları yeniden yola düzgün bir şekilde döndürür ve yayalar ve diğer yol kullanıcılarına rehberlik eder.

Bu çalışma dasanal bir yol güvenlik bariyeri dizaynını ve H1 (araba ve kamyon) çarpmalarının En 1317 ye göre durumunu tanımlamaktadır. Çarpma büyüklüğü ve güvenlik bariyerinin eğilmezliği LS –DYNA kodu kullanılarak tam ölçekli sanal modellerin dinamik, doğrusal olmayan analizleriyle değerlendirilmiştir. Buna ilaveten, tam ölçekli çarpışma testleri uygulanmış ve ölçülen deneysel veri, sanal sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Kıyaslama sonucundan, sanal simülasyonların kullanımını, yol güvenliği bariyerlerinin daha fazla gelişmesini geçerli kılacak ve doğrulayacak çok güzel bir mutabakat gözlenebilir (Vesenjak, Borovinsek, Ren 2007).

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 2006).

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 sürücü, yol ve araç özelliklerinin istatistiksel çalışmada etkileri incelenmiştir (Holdridge 2005).

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 verilmiş ve ikinci simülasyonda ray yüksekliği 685 mm den 810 mm 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 W dikmeli hafif otokorkuluğun sert otokorkuluklara göre daha dayanıklı ve esnek olduğu araştırılmıştır. Bu otokorkuluk modeli 2000 kg kapasiteli olmakla birlikte yapılan geniş çaplı otokorkuluk çarpışma testi ve sonlu elemanlar simülasyonları kullanılarak W dikmeli otokorkuluklar üzerinde yeni düzenlemeler araştırıldı. W dikmeli hafif otokorkuluğun ilerletilmiş bir versiyonu geliştirildi ve test edildi ve NCHRP raporu 350 gereksinimleri karşılanmaya çalışıldı (Ray, Engstrand, Plaxico ve McGinnis 2001).

Başka bir çalışmada dikkat çeken özellik de prototipi oluşturulan otokorkuluk, köprü korkulukları yastıkları ve diğer yol güvenliği donanımları, mühendislik hükümleri, tecrübeleri ve sezgileri gibi hususlardan yararlanılarak tasarlanmıştır. Bu ön modeller daha sonra tahmin edilen en kötü vaka senaryolarını sunan tam ölçekli çarpışma testleri uygulanarak değerlendirilmiştir. Bu testler nispeten pahalı olduğundan, özel yeteneklere sahip personel gerektirdiğinden, önemli sonuçların birkaç tam ölçekli çarpışma testi neticesine dayalı

olduğu sonucuna varılmaktadır. Birçok yüksek derecede etkili yolkenar güvenliği yazılım sistemi bu süreç kullanılarak geliştirilmiş, fakat geriye önemli meseleler kalmıştır.

Artan taşıt seyrinin karmaşıklığına (trafik sıklığı)bağlı olarak ve korkuluk (bariyer) bileşenlerinin teknik durumuna dayalı tasarımlar geliştirmek için tam çekli çarpışma testlerinin yk, kuvvet, ve hıza dair yeterli bilgiyi sağlayamaması, çözümsel metotları gerektirmiştir.

Bu makale, ülke çapında otoyol yolkenar güvenliği konusunda faydalı olabilecek analitik metotlar üzerine bir araştırmadır.

Bir sonlu element modeli G2 (weakpst w beam) otokorkuluk, saatte100 km hıza seyreden bir 1994 model Chevrolet marka kamyonet bariyere 25 derece çarpıtıldı. analizi uygulamak için LS_DYNA3D, doğrusal olmayan hareketli sonlu element kodu kullanılmıştır. Sonuçlar tartışılmış ve bir tam çekli çarpışma testi verisiyle karşılaştırılmıştır.

Hız zamanı, vaka örnekleri zaman analizleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ortalama sonuç, standart sapması, simülasyon ve kavis testlerin t-istatistikleri de ayrıca rapor edilmiştir (Martin, Melvin, Wekezer 1998).

3. VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada yer alan yarı rijit, dikme mesafesi 2 m, A ve B ray tipi iki tip otokorkuluk sistemi özel olarak tasarlandı. Bu kısımda otokorkulukların tasarım parametrelerinin nasıl oluşturulduğundan ve bu oluşturulan tasarımların *LS – DYNA* ticari yazılımı kullanılarak sanal ortamda doğrusal olmayan dinamik ekspilisit (açık) sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak sanal ortamda nasıl karşılaştırıldığından ve çıkan sonuçların EN 1317–2 standardına göre optimum seviyede değerlendirilerek ve gerçek çarpışma raporları doğrultusunda değerlendirilerek özgün bir tasarım olan H1 seviye otokorkuluğun gerek maliyet gerekse üretim ve montaj bakımından avantajlı olduğu ve karayollarında kullanıma uygun olduğu ispatlanmıştır.

3.1 ÇALIŞMADA KULLANILAN CAD YAZILIMLAR

Çalışmamda yer alan 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. Bu tezde kullanılan programlar *Autocad, Solidworks* ve *LS – DYNA* ticari yazılımlarıdır.

3.2. KULLANILAN TİCARİ YAZILIMLARIN ÖZELLİKLERİ

Autocad, genel amaçlı bir tasarım ve çizim programıdır. Dolayısıyla çok geniş bir yelpaze içerisinde her hangi bir disipline özgü komutlarla kullanıcıyı kısıtlamadığı gibi, açık mimarisi ile istenilen yönde özelleştirilebilir. *Autocad*, tüm mimar, mühendis, tasarımcı, grafiker ve kısaca tasarım ve çizim ile ilgili her disiplin tarafından kutlanılacak bir programdır. Bu gün ülkemizde ve dünyada Makine Mühendisliğinden, Güzel sanatlara, Mimarlıktan, Tıbbı, Şehir planlamadan, Reklamcılığa, Haritacılıktan Elektroniğe, Uzay araştırmalarından, Denizbilim Araştırmalarına kadar her alanda *Autocad*'den temel tasarım ve çizim paketi olarak yararlanılmaktadır.

Autocad yazılımının bu kadar yaygın olarak tercih edilen bir yazılım olmasının sebebi, gerek 2, gerekse – 3 boyut tasarım ve çizim için sağladığı olanaklar ve kullanım kolaylığıdır. *Autocad*, gerçek bir 2- ve 3- boyutlu(3D) tasarım ve çizim yazılımıdır.

Solidworks, yenilikçi, kullanımı kolay, Windows için hazırlanmış 3 boyutlu tasarım programıdır. *Solidworks* her türlü makine, tesis, ürün tasarımında kullanıcıya Windows'un kolaylıklarını kullanarak hızlı bir şekilde çizim yapmasını sağlar.

Solidworks parasolid prensibinde çalıştığı için kullanıcıya, tasarımın her aşamasında müdahale şansı vererek, modelin boyutlarının, ölçülerinin ve ayrıntılarının istenilen şekilde değiştirilmesi imkânı vardır, saniyelerle ölçülebilecek zaman dilimlerinde teknik resim ve montajların yapılmasını sağlamaktadır. *Feature tree* (tasarım ağacı) ile yapılan işlemlerin sıraları ve yapıları değiştirilebilmektedir. Üstelik yapılan değişiklikler sonucu varsa yapılmış olan montaj ve teknik resim anında güncelleşmektedir. Böylece kullanıcıya teknik resimde veya montajda parçaya müdahale edebilme şansı sunmaktadır.

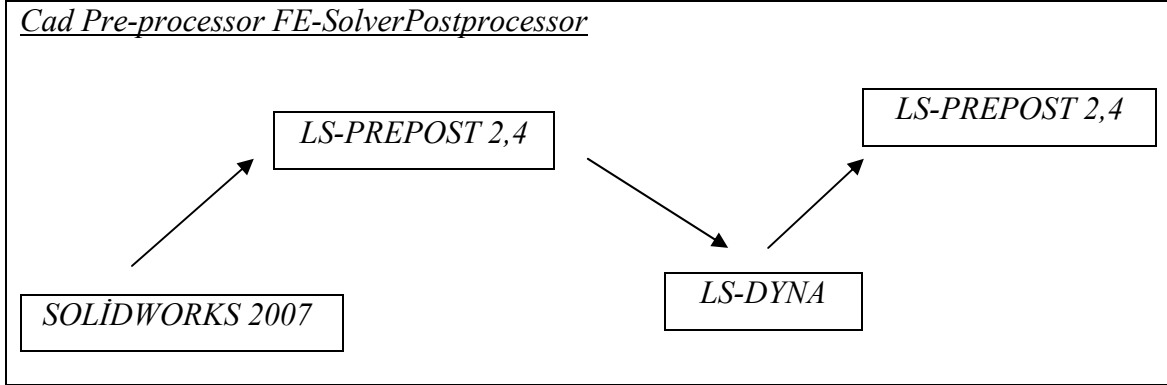
SolidWorks 2000'de “*smart mate*” (akıllı montaj) adlı uygulama son derece hızlı montaj yapılmasını sağlar. Bunun dışında sac parçaların açılımını yaparak uzama miktarları hesaplanabilir. Ayrıca katı objeler kullanılarak kesme, yırtma veya şekillendirme işlemleri yapılabilmektedir.

Yapılmış olan tüm bu işlemleri *IGES, DXF, DWG, SAT(ACIS), STL, STEP, VDA, VRML*, parasolid dosyalarından kayıt veya transfer yapılabilmektedir.

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 kullanılmaktadır. *LS-DYNA*, mühendislere sanal ortamında model oluşturma imkânlarını sağlayabilmekte, *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 elemanlar modelinin oluşturulduğu, sınır şartlarının ve yüklemelerin tanımlandığı, sonuçların ve simülasyonun değerlendirildiği yazılımdır. Bu yazılımlar analiz programlarının en önemli yardımcı yazılımlarıdır. Tablo 3.1’ de tez çalışmasında kullanılmış programlar sıralanmıştır.

Tablo 3.1: Tez çalışmasında kullanılan programlar



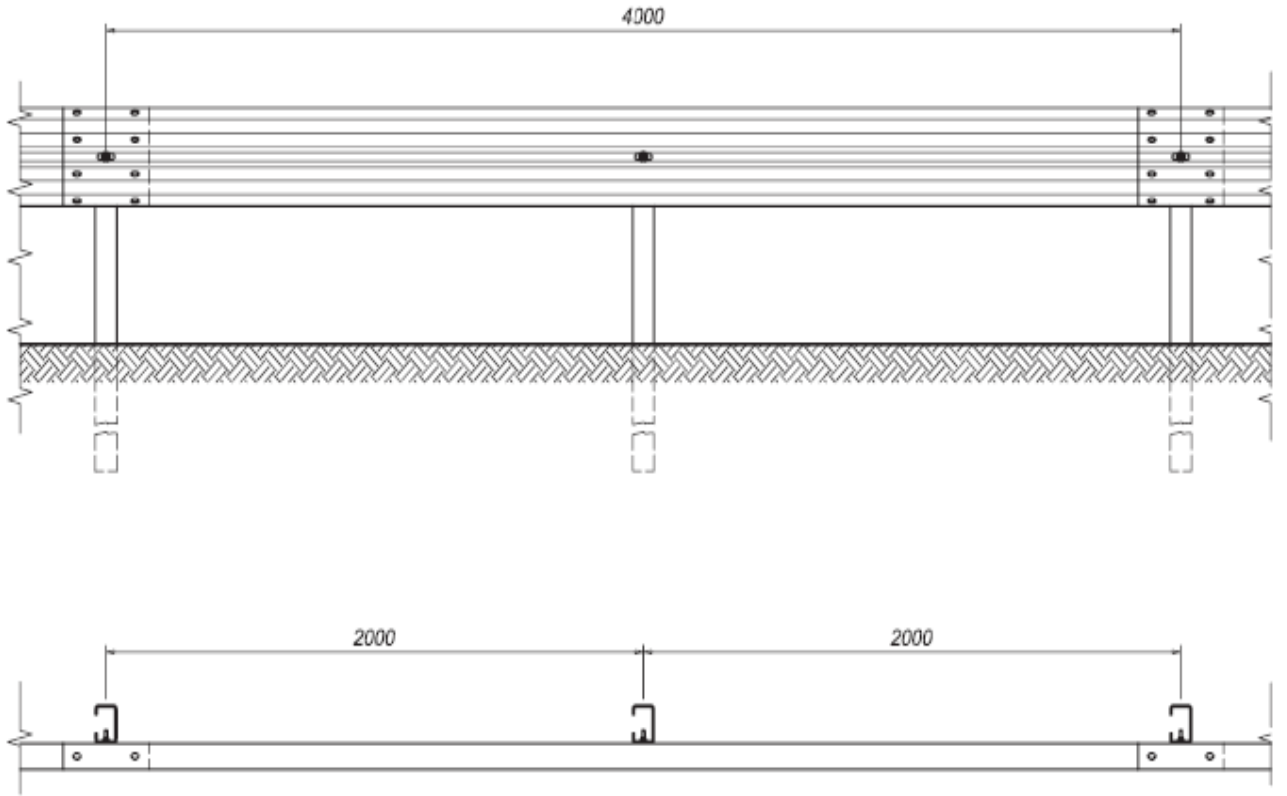
3.3 A ve B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN ve YAPI ELEMANLARININ TASARIMLARININ OLUŞTURULMASI

Otokorkulukların iki boyutlu taslakları *Autocad* programı kullanılarak modellenmiştir. Daha sonra Solidworks programı kullanılarak üç boyutta katı model olarak modellenmiştir. Tasarımların üç boyutlu katı model olarak oluşturulması otokorkulukların analize hazır hale getirilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Tasarımları yapılan

Farklı ray tipine sahip yeni nesil otokorkuluk projesi ve yapı elemanları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de görülmektedir. Bu yapı elemanları isimlendirilirse;

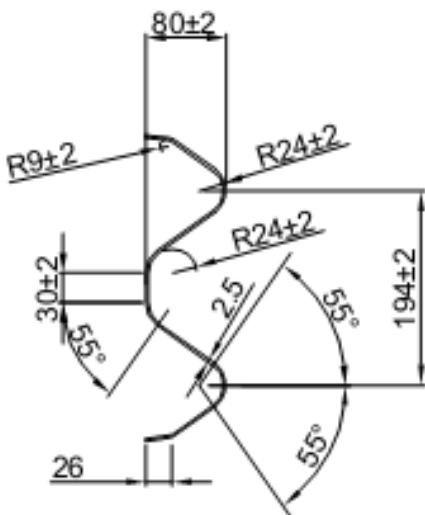
1. S355JR sınıf C125x62.5x5 profil dikme L = 1500 mm
2. S275JR sınıf Otokorkuluk rayı L = 4300 mm
3. Altıgen civata M10x4.6
4. Bağlantı plakası elemanlarından oluşur.

Şekil 3.1: Yeni nesil H1 sınıf otokorkuluğun görüntüsü

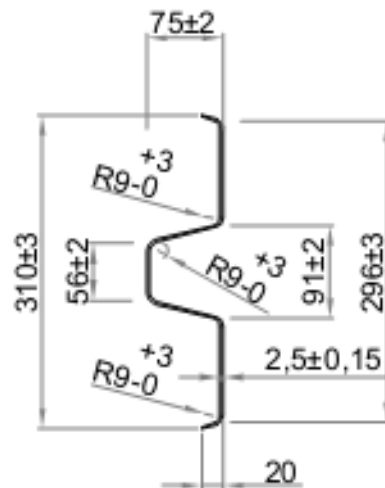


Şekil 3.2: A ve B tipi rayların tasarımı

a) A tipi ray



b) B tipi ray



Autocad yazılımıyla iki boyutta oluşturulan iki farklı ray tipine sahip yeni nesil otokorkuluklar ikinci aşamada üç boyutta katı model haline dönüştürmek için *Solidworks* programı kullanıldı.

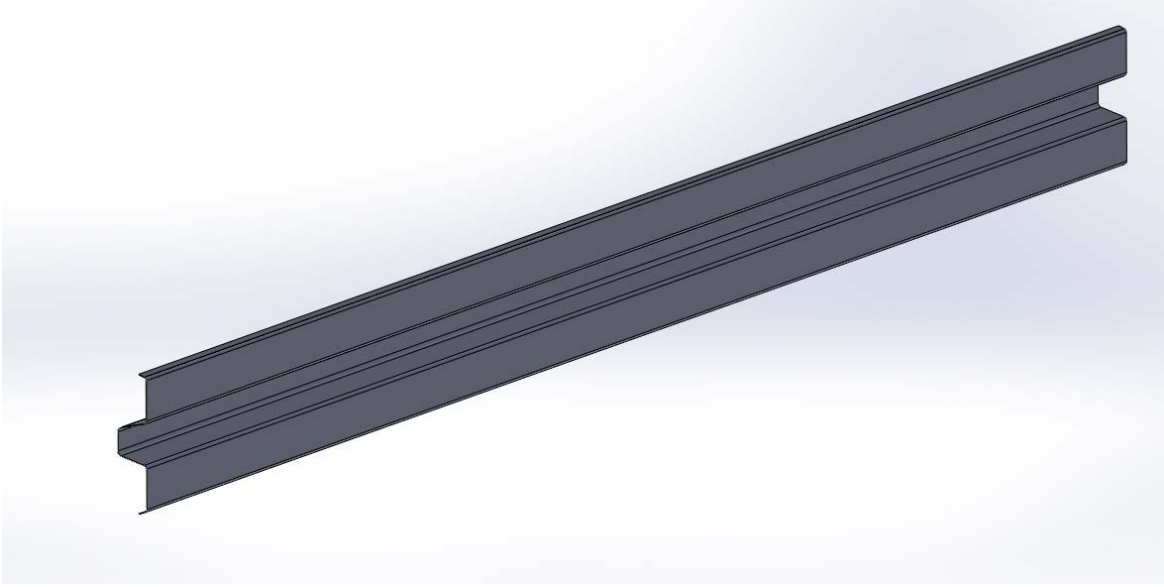
İkinci aşamada katı model işlemini yapmak için *Solidworks* yazılımında *sketch* komutu kullanarak otokorkuluk yapı elemanlarının iki boyutlu profilleri çizildi. Çizilen bu iki boyutlu profiller temel katı komutlarıyla üç boyutlu katı parçalara çevrilmiştir. Temel katı komutu olarak *Base Extrude*, *Cut Extrude* komutları kullanılmıştır. Şekil 3.3' de katı model olarak tasarlanan otokorkuluk yapı elemanları görülmektedir.

Şekil 3.3: *Solidworks* yazılımında tasarlanan yapı elemanlarının katı modelleri

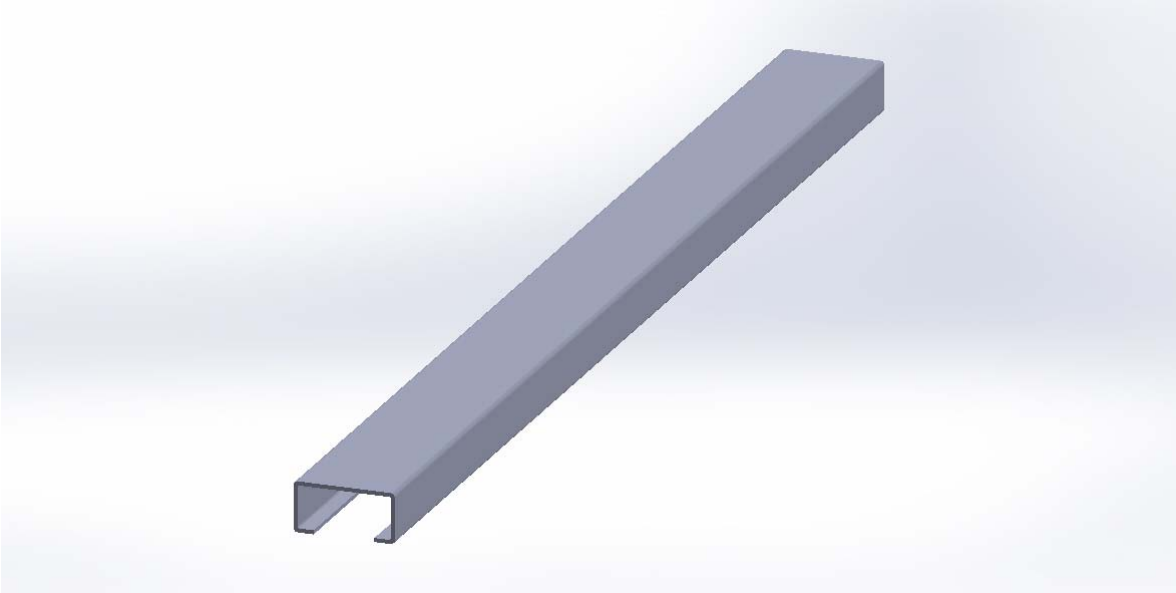
a) A tipi ray



b) B tipi ray



c) C125 dikme

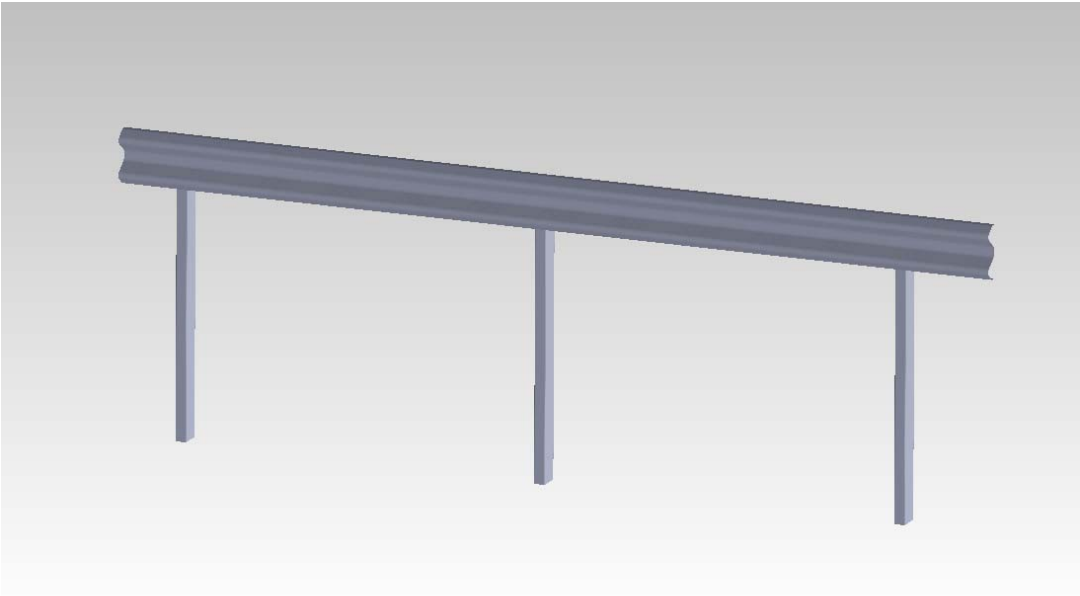


Simülasyonda işlem kolaylığı olması açısından Solidworks yazılımında sadece A tipi ray, B tipi ray ve C125 dikmeotokorkuluk yapı elemanlarının katı modelleri oluşturuldu.

Solidworks yazılımında katı model olarak tasarlanan yapı elemanları aynı yazılım içerisinde yer alan montaj kısmında yapı elemanları montaj komutları kullanılarak A ve B tipi raya sahip otokorkuluk modelleri Şekil 3.4’ de görüldüğü gibi oluşturuldu.

Şekil 3.4: A ve B tipi raya sahip otokorkulukların katı modellenmiş hali

a) A tipi raya sahip otokorkuluk



b) B tipi raya sahip otokorkuluk

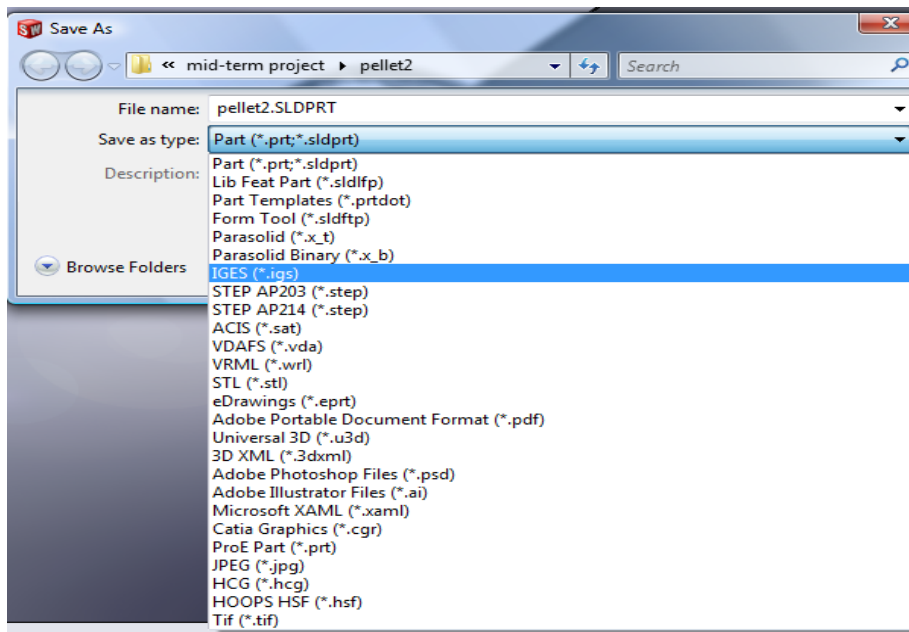


3.4 A ve B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN ANALİZE HAZIR HALE GETİRİLMESİ VE ÇARPIŞMA SİMÜLASYONLARININ OLUŞTURULMASI

Solidworks' de üç boyutlu katı model olarak hazırlanan A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin ve çarpışma testi yapacak olan araçların *LS-DYNA* ile ortak çalışan *LS-PREPOST* yazılımında sonlu elemanlar modellemesi bu kısımda anlatılacaktır. Daha önce yapılan çalışmalarda basit otokorkuluk ve çarpıştırılacak araçların tasarımı ve sonlu elemanlar modellemesi *LS-DYNA* ticari yazılımında yapılmıştır. Bu işlem *LS-DYNA* yazılımında hem uzun zaman hemde modelleme esnasında karşılaşılan tasarım parametreleri problemlerinden dolayı kullanıcılar için güçlük yaratmaktaydı. Ama bu çalışmada tasarımın farklı bir yazılımda analizin ve simülasyonun farklı bir yazılımda yapılması hem zamandan tasarruf hemde tasarımda kolaylıklar sağlanmıştır.

A ve B tipi raya sahip otokorkulukların analiz yapılabilmesi için önce otokorkuluk sistemlerinin ayrı ayrı mesh yapılması gerekmektedir. Bu sebeple tasarlanan yeni nesil otokorkuluk sistemleri *LS-PREPOST* yazılımı kullanılarak mesh yapıldı. Bunu yapabilmek için *Solidworks* programında oluşturulan otokorkuluk sistemlerinin veri uzantısı Şekil 3.5' de görüldüğü gibi “.igs” olarak değiştirildi.

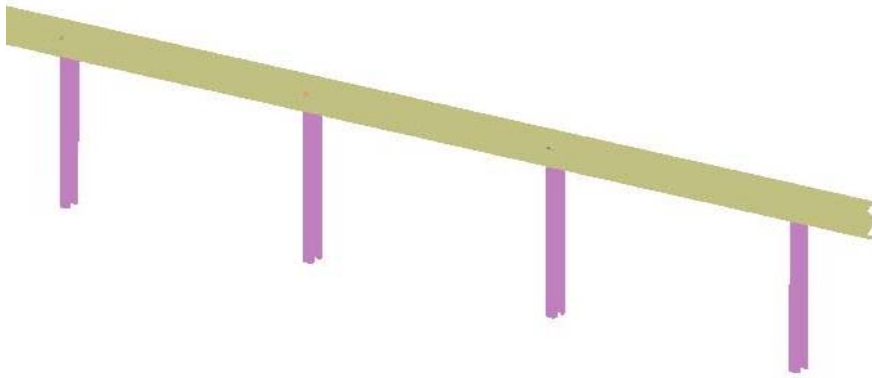
Şekil 3.5: Solidworks Yazılımında Dosya Uzantısının “.igs” Yapılması



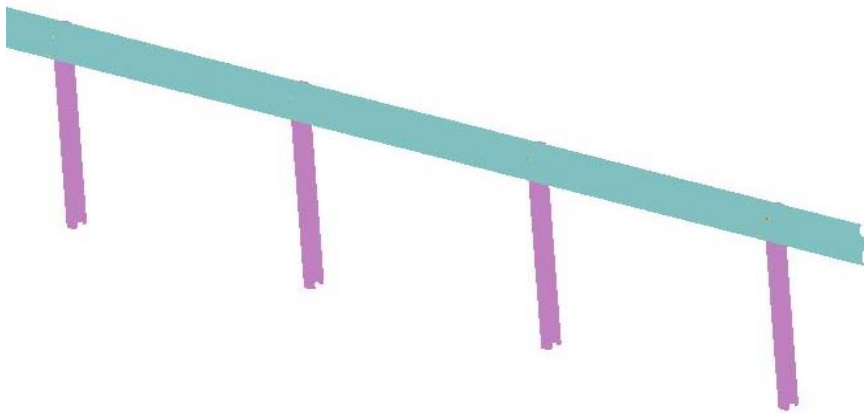
Uzantısı “*.igs”olarak değiştirilen modeller *LS-PREPOST* açılır; *LS-PREPOST* yazılımında bulunan *FEM (Finite Element Menu)* menüsü yardımıyla modellenen yeni nesil otokorkuluk sistemleri Şekil 3.6’ da görüldüğü gibi *mesh* olmamış hali ve 3.7’ de görüldüğü gibi *mesh* olmuş yüzey durumları elde edildi.

Şekil 3.6: A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin *mesh* yapılmamış hali

a) A tipi raya sahip otokorkuluk *mesh* yapılmamış hali

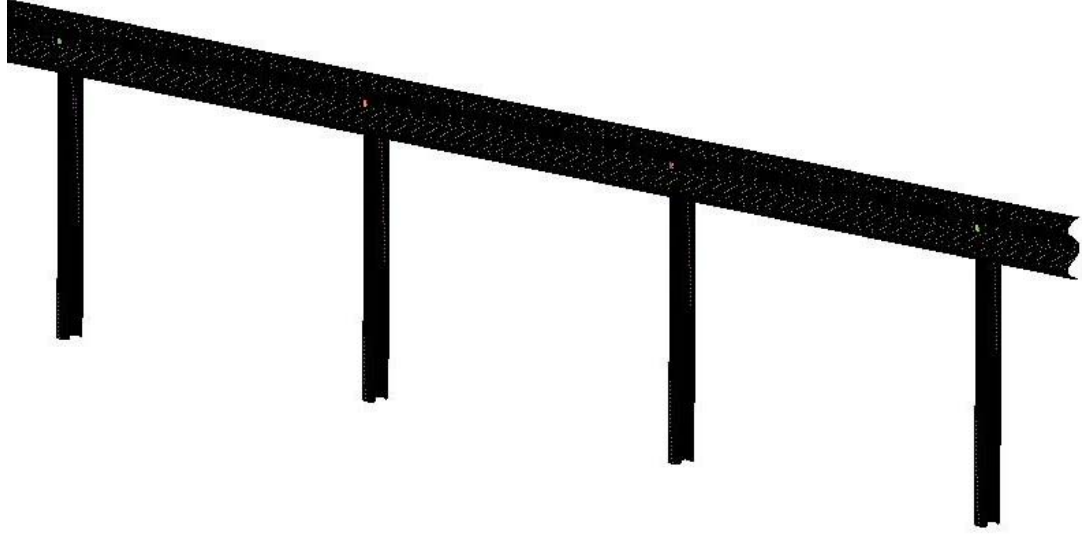


b) B tipi raya sahip otokorkuluk *mesh* yapılmamış hali

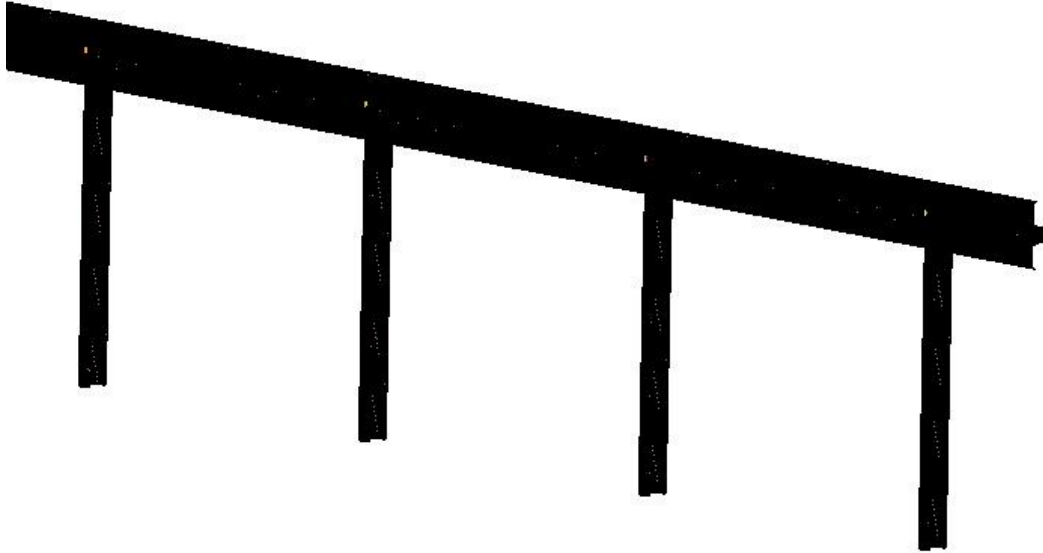


Şekil 3.7: A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin *mesh* yapılmış hali

a) A tipi raya sahip otokorkuluk sistemi *mesh* hali



b) B tipi raya sahip otokorkuluk sistemi *mesh* hali



A ve B tipi raya sahip otokorkuluk sistemlerini oluşturan elemanları *LS-PREPOST* ticari yazılımına tanıtabilmek için hazırlanan elemanlara elemanların et kalınlıkları (*thickness*), malzeme (*material*) ve özelliklerinin atanması, elemanlar arasındaki ilişkileri, sınır şartları ve

otokorkuluk elemanlarının çoğaltılması gibi spesifikasyonların tayin edilmesi gerekmektedir. Bütün bu koşullar sağlandıktan sonra otokorkuluk analize hazır duruma gelmiş olmaktadır. Bu özelliklerin birinde yapılacak olan hata simülasyonun ve analizin yapılmamasına neden olacaktır. Bu yüzden sonlu elemanlar modellemesinin bu evresi önem taşımaktadır.

Bu safhada yapılacak işlemler, hazırlanacak A ve B tipi raya sahip otokorkuluk sistemleri için ortak özellik arz etmektedir. Tablo 3.1’ de otokorkuluk sistemlerine tanımlanan malzeme özellikleri ve et kalınlıkları görülmektedir.

Tablo 3.2: Malzeme, malzeme özellikleri ve et kalınlığı atanması

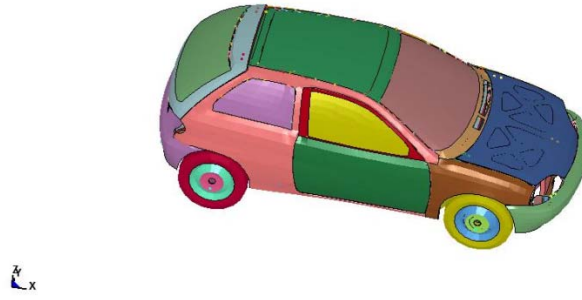
Materyal No (MID)	024	Sınırlı lineer plastik
Yoğunluk(RO)	7.850e-009	Kg/m ³
Elastisite modülü(E)	2.050e+005	MPa
Akma Gerilmesi(SIGY)	355 St 52	MPa
Poisson Oranı(PR)	0.30	
Et Kalınlığı	4	mm

Elemanlar arasındaki sınır şartları *LS-PREPOST* yazılımında bulunan **Cnstrn* komutu yardımıyla *Nodal Rigid Body* (Noktasal Sabitleme) özelliği kullanılarak cıvata bağlantıları oluşturuldu. Otokorkuluk sistemlerinin çoğaltılması ve çarpışma açıları verilmesi **Translt* komutu yardımıyla otokorkuluk sistemi oluşturuldu.

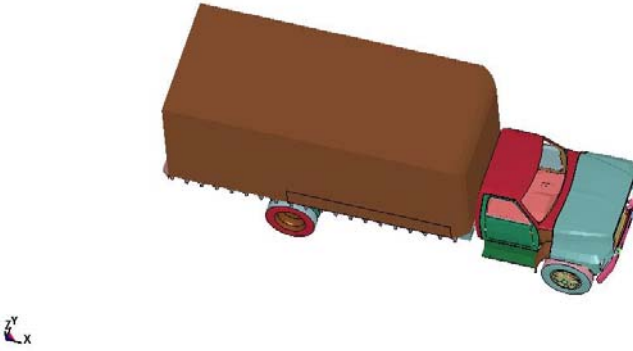
LS-DYNA analiz ve simülasyon programında çarpışma analizini yapılan A ve B tipi raya sahip otokorkuluk sistemleri yukarıda anlatıldığı gibi *LS-PREPOST* yazılımında sonlu elemanlar modelleri oluşturuldu. Dinamik analizde kullanılan ve daha önce doğruluğu ispatlanmış 900 kg’lık, otomobil ile 10000 kg’lık kamyonun modeli, Amerikan Ulusal Çarpışma Analiz Merkezinden (NCAC) alınarak çarpışmayı modellemekte kullanılmıştır (NCAC 2008). Dinamik analizde kullanılan araçlar 3.8’ de ve A ve B tipi raya sahip otokorkuluk sistemleri Şekil 3.9’ da olduğu gibi görülmektedir.

Şekil 3.8: Analizde kullanılan 900 kg ve 10000 kg'lık araçların sonlu elemanlar modelleri

a) 900 kg'lık otomobil

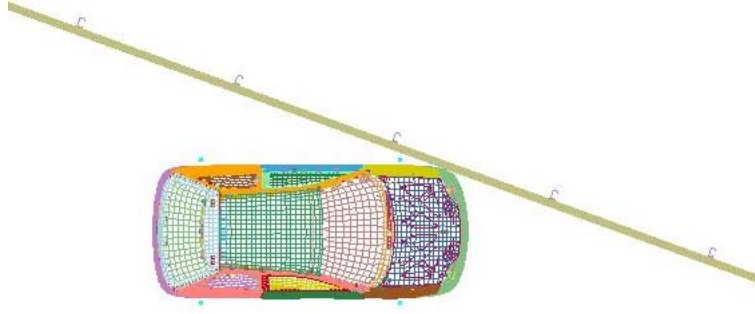


b) 1500 kg'lık kamyon

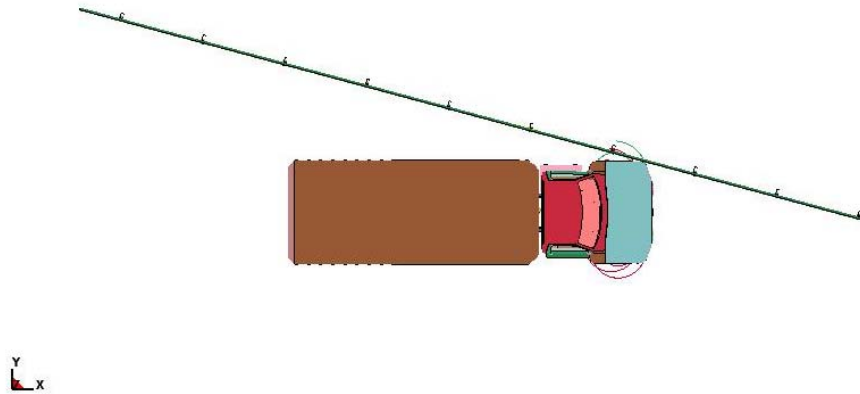


Şekil 3.9: A ve B tipi raya sahip otokorkuluk sistemlerinin sonlu elemanlar modelleri

a) 900 kg'lık otomobil ve A tipi otokorkuluk sistemi



b) 10000 kg'lık kamyon ve B tipi otokorkuluk sistemi



3.5 A ve B TİPİ RAYA SAHİP YENİ NESİL OTOKORKULUK SİSTEMİNİN LS-DYNA YAZILIMINDA ÇARPIŞMA ANALİZİNİN YAPILMASI

LS-PREPOST yazılımında meydana getirilen A ve B tipine ait otokorkuluk sistemi *LS-DYNA* analiz ve simülasyon yazılımında EN 1317 standardına uygun koşullar altında çarpışma testi yapıldı. EN 1317 standardının amacı, otokorkuluğun çarpışma testi süresince ve sonrasında otokorkuluğun fazla hasara uğramadan ve çarpan aracın tekrar yola dönmesini sağlayacak kadar mukavemete sahip olduğunu ve ayrıca araç içerisindeki yolcuların yaralanma risklerini minimum seviyeye indirmeyi garanti etmesidir. Bu, çarpan aracın hiçbir şekilde yolu terk

etmemesi ve güvenli bir şekilde yavaşlayarak durmasını öngörmektedir. Testte belirli miktardaki enerji çarpışmadan dolayı araçtan otokorkuluğa geçmektedir.

Tasarlanan yeni nesil ve farklı ray tipine sahip otokorkuluk sistemlerine Tablo 3.2' de gösterildiği gibi iki tip çarpışma testi uygulandı.

Tablo 3.3: EN 1317 standardına göre çarpışma parametreleri TB11, TB42 ve H1 performans seviyesi özellikleri (CEN, 2009)

S.NO	TEST KODU	ARAÇ AĞIRLIĞI VE TİPİ	ÇARPMA AÇISI VE HIZI
1	TB11	900 kg Otomobil	20 derece 100 km/saat
2	TB42	10000 kg Kamyon	15 Derece 70 km/saat
3	TB51	13000 kg Otobüs	20 Derece 70 km/saat
4	TB61	16000 kg Kamyon	20 Derece 80 km/saat

S.NO	OTOKORKULUK TİPİ	YAPILMASI GEREKEN TEST KODU
	Ağır Hizmet	
1	H1	TB42 ve TB11
2	H2	TB51 ve TB11
3	H3	TB61 ve TB11

LS-PREPOST yazılımında hazırlanan yeni nesil otokorkuluk sistemleri *LS-DYNA* analiz ve simülasyon yazılımında birden çok işlemciye sahip bilgisayar kullanılarak çarpışma testleri yapıldı.

4. BULGULAR

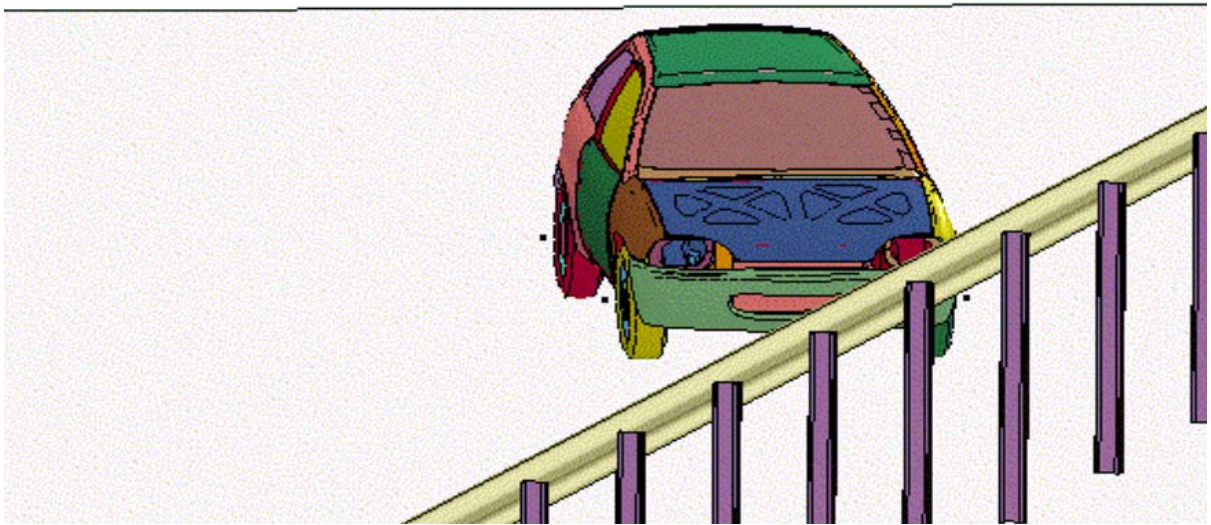
4.1A ve B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN SANAL ORTAMDA ÇARPIŞMA TESTLERİNİN OLUŞTURULMASI

A ve B ray tipine sahip yeni nesil otokorkuluk sistemleri *LS-DYNA* analiz ve simülasyon yazılımında EN 1317 standardına göre TB11 ve TB42 test kriterlerine göre çarpışma simülasyonları yapıldı. Yapılan bu çarpışma sonuçları neticesinde her iki otokorkuluk sistemi içinde aynı sonuçlar elde edilmiştir. Her iki yeni nesil otokorkuluk sistemleri de H1 performans seviyesinde olduğu ispatlandı.

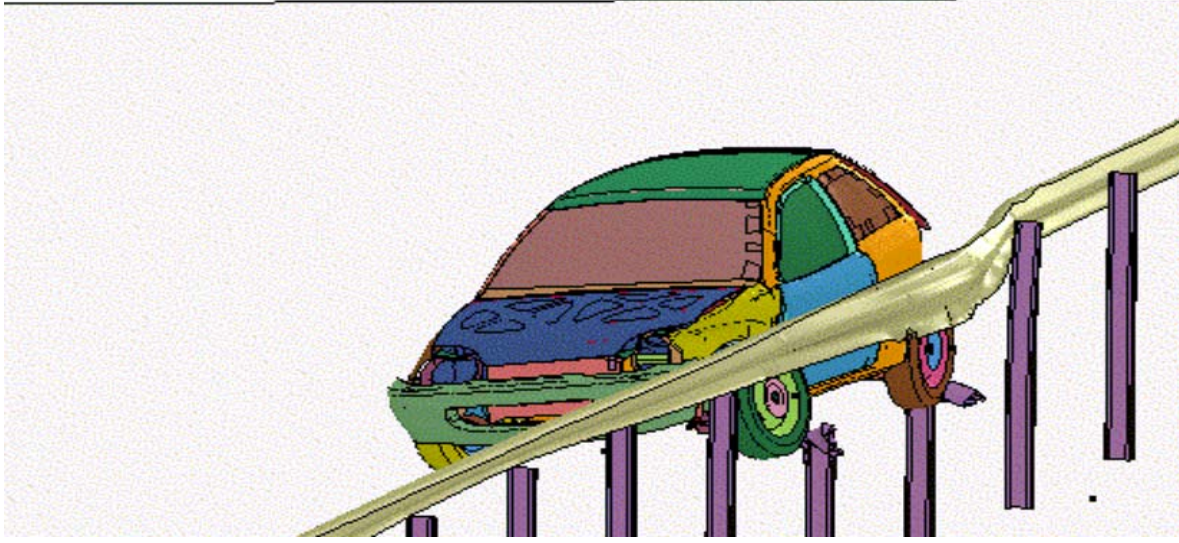
A tipi ve B tipi raya sahip otokorkuluk için TB11 testini gerçekleştirmek için 900 kg otomobil kullanıldı. Otomobil 100 km/saat hızda ve 20° açıyla otokorkuluğa çarpıtıldı. Şekil 4.1' de olduğu gibi TB11 test simülasyonu öncesi (a) ve sonrası (b) çarpışma durumları görülmektedir.

Şekil 4.1: EN 1317 TB11 test simülasyonu önce ve sonra çarpışma durumları

a) EN 1317 TB11 test simülasyon öncesi



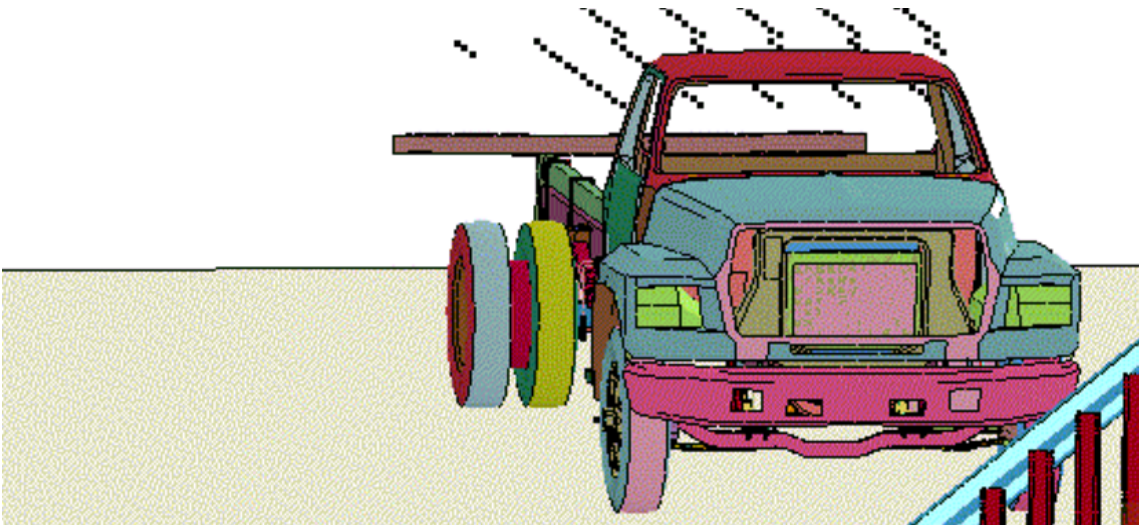
a) EN 1317 TB11 test simülasyonu sonrası



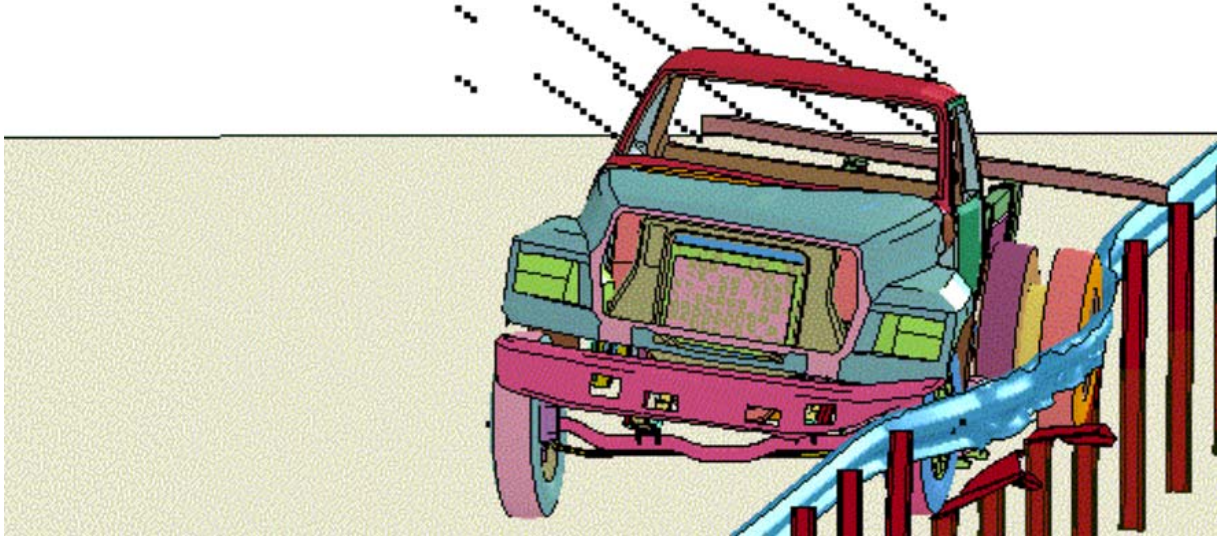
A ve B tipi raya sahip otokorkuluk için TB42 testini gerçekleştirmek için 10000 kg kamyon kullanıldı. Kamyon 70 km/saat hızda ve 15° açıyla otokorkuluğa çarptırıldı. Şekil 4.2' de olduğu gibi TB42 test simülasyonu öncesi (a) ve sonrası (b) çarpışma durumları görülmektedir.

Şekil 4.2: EN 1317 TB42 test simülasyonu önce ve sonra çarpışma durumları

a) EN 1317 TB42 test simülasyonu öncesi



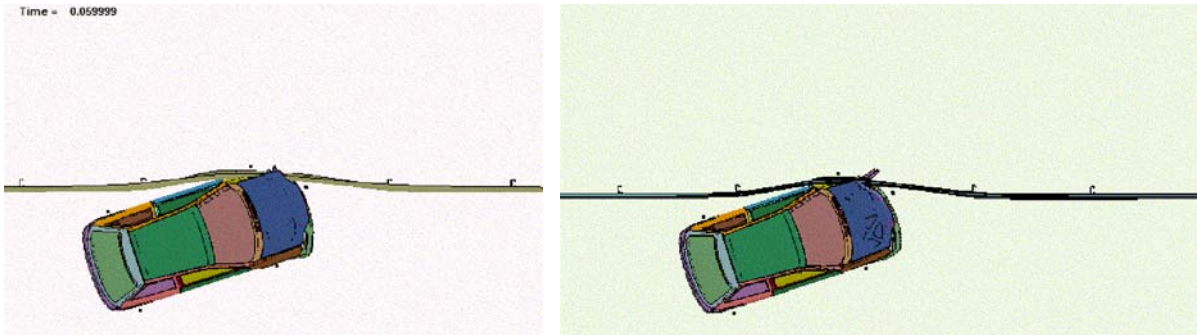
b) EN 1317 TB42 test simülasyon sonrası

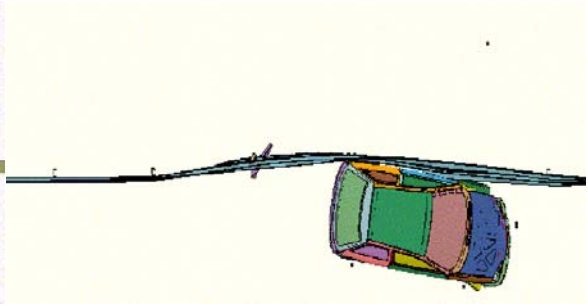
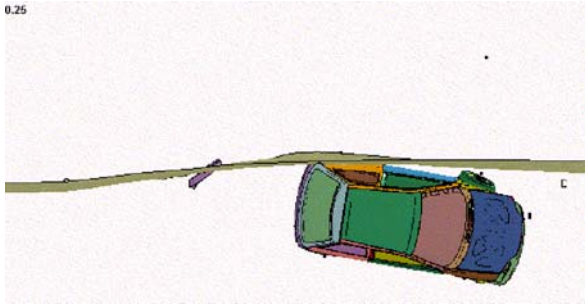
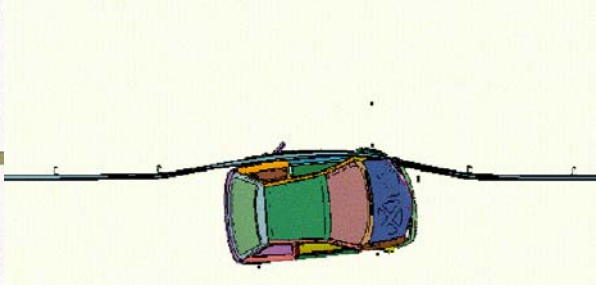
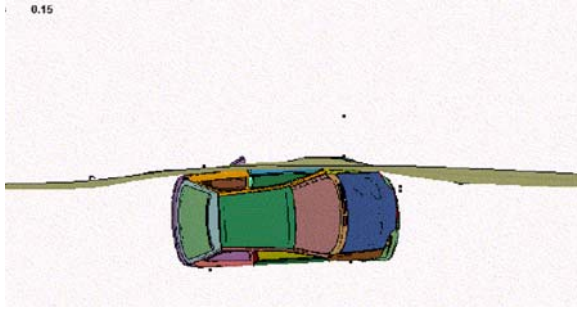


EN 1317 standardına göre A ve B tipi raya sahip yeni nesil H1 seviye iki otokorkuluğa ait TB11 ve TB42 test sonuçlarına ait simülasyonlar Şekil: 4.3' de görüldüğü gibi verilmiştir.

Şekil 4.3: EN 1317 standardına uygun olarak TB11 ve TB42 kriterlerine uygun çarpıştırılan A ve B tipi raya ait yeni nesil H1 seviye otokorkulukların simülasyonları

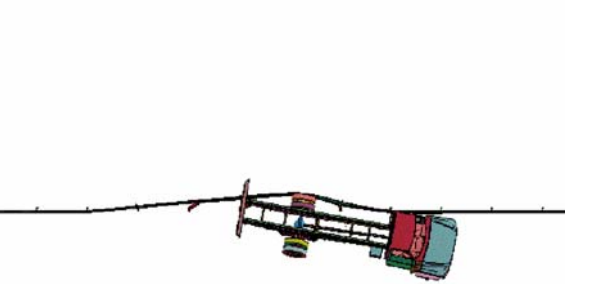
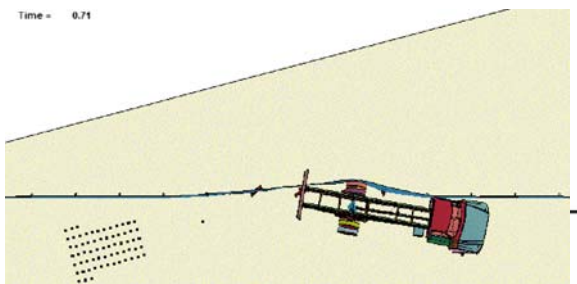
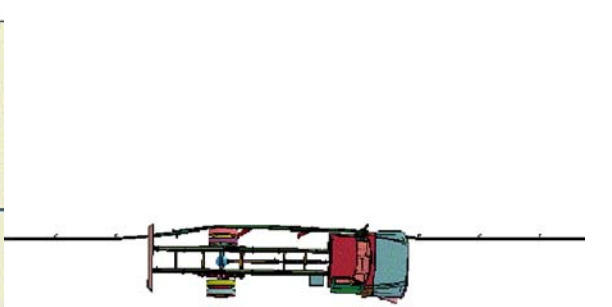
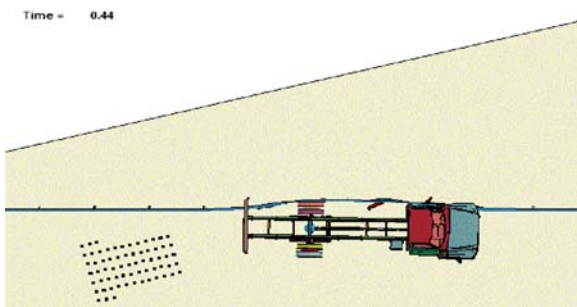
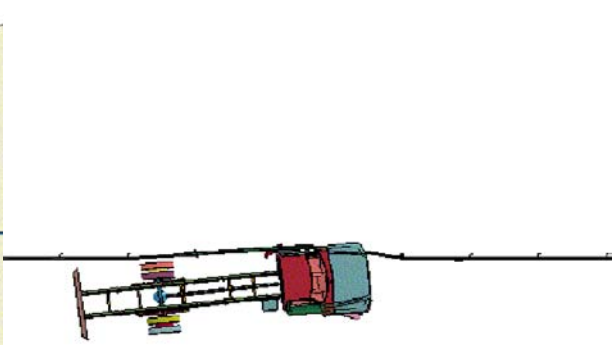
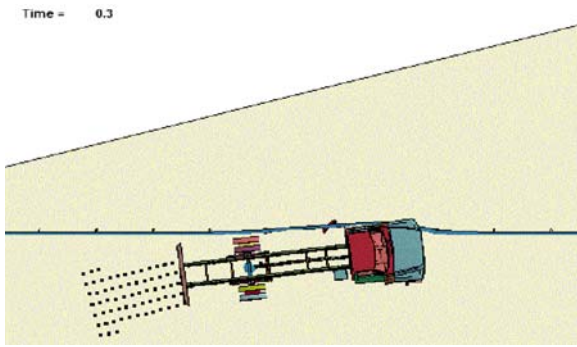
a) A ray TB11 simülasyon sonucu b) B ray TB42 simülasyon sonucu





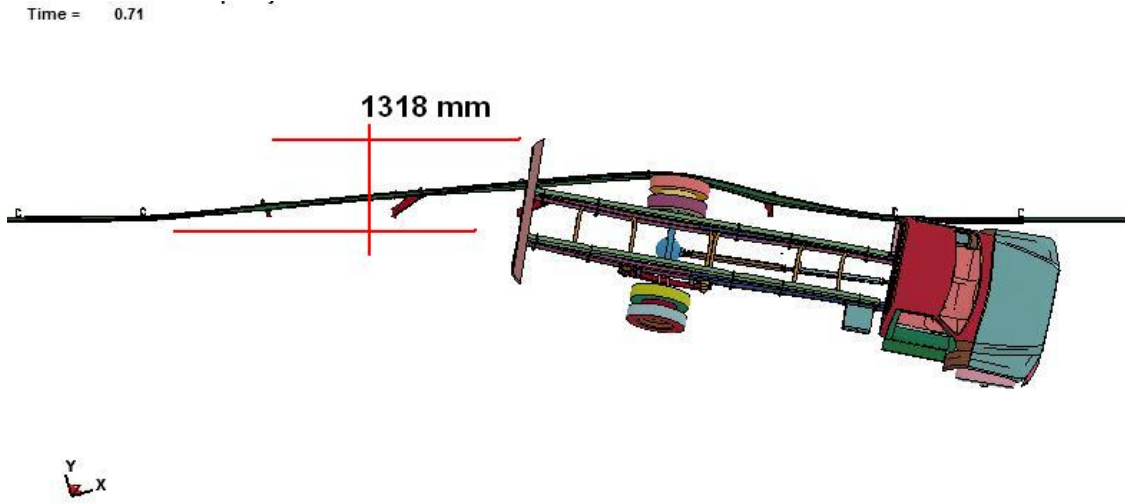
b) A ray TB42 simülasyon sonucu

b) B ray TB42 simülasyon sonucu



Şekil 4.4’ de görüldüğü gibi her iki otokorkuluğa ait yanal deformasyon değeri her iki otokorkuluk sistemi için aynı olarak bulundu. Tablo 4.2’ de görüleceği üzere aşağıdaki değere uygun EN 1317 standardında belirtilen değerlere uygun yanal deformasyon derecesi belirlenir. Buda aşağıda verilen Tablo 4.1’ de görüldüğü gibi çıkan değer $W \leq 1.3$ olduğundan dolayı deformasyon kodu W4 olarak belirlenmiştir.

Şekil 4.4: Simülasyon sonunda ölçülen yanal deformasyon değeri (Deformasyon değeri en yakın değere yuvarlandığında 1300 mm olarak kabul edilmektedir).



Tablo 4.1: EN 1317 standardında belirtilen yanal deformasyon dereceleri

Deformasyon Kodu	Deformasyon Derinliği (metre)
W1	$W \leq 0.6$
W2	$W \leq 0.8$
W3	$W \leq 1.0$
W4	$W \leq 1.3$
W5	$W \leq 1.7$
W6	$W \leq 2.1$
W7	$W \leq 2.5$
W8	$W \leq 3.5$

Her iki otokorkuluk sisteminin test ve simülasyonunda ortaya çıkan bir diğer sonuç *ASI* (*Acceleration Severity Index*) değeri oluşan ivmeden dolayı taşıt içerisindeki üzerindeki tahribatı ifade ederki bu değer $ASI \leq 1$ olduğu zaman A kategorisinde, $ASI \leq 1.4$ olması

durumunda B kategorisinde olduğu belirlenir. Bu değeri *LS-DYNA* otomatik olarak hesaplar. Çıkan sonuç her iki otokorkuluk sistemi için aynı $ASI \leq 1$ olduğundan dolayı her iki otokorkuluk sistemi için A kategorisinde olduğu ispatlandı.

Yukarıda verilen her iki otokorkuluğa ait test ve simülasyon sonuçları Tablo 4.2 de görüldüğü gibi açıklanmıştır. Test sonuçları ışığında her iki farklı ray tipine sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin EN 1317 standardına, TB11 ve TB42 kriterlerine uygun olarak çarpıştırıldı. Her iki otokorkuluk için de aynı değerler bulunmuş olup, bu değerler ışığında her iki otokorkuluk sistemide H1-W4-A tipi otokorkuluk olduğu ispatlanmıştır.

Tablo 4.2: Her iki tip otokorkuluğa ait TB11, TB42 test ve simülasyon değerleri

Parametre	TB11	TB42
Araç Cinsi	900 kg araba	10000 kg kamyon
Çarpma Hızı ve Açısı	100 km/sa, 20 derece	70 km/sa, 15 derece
Otokorkuluk Yanal Deformasyonu	----- (Bu testte hesaplanmaz)	W4 ($W \leq 1.3m$)
Çarpışma Şiddet Derecesi	A ($ASI \leq 1$)	----- (Bu testte hesaplanmaz)

4.2A ve B TİPİ RAYA SAHİP OTOKORKULUKLARIN GERÇEK ÇARPIŞMA TESTLERİNİN YAPILMASI

Tasarlanan yeni nesil A ve B tipi raya sahip otokorkulukların gerçek çarpışma testleri *CSI* sertifika ve test laboratuvarında sanal ortamda hazırlanan otokorkuluk sisteminin birebir aynısı olarak üretildi ve test yapıldı. Her iki sisteme ait TB11 ve TB42 test simülasyona başlamadan önce otokorkulukların nasıl monte edildiği ve ayarlandığı Şekil 4.3' de görüldüğü gibi elde gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.5: EN 1317 standardına uygun olarak TB11 VE TB42 test kriterine göre simülasyon öncesi otokorkulukların montajı ve testte kullanılan araçların durumu (CSI, 2012)

a) EN 1317 TB11 ve TB42 testleri için otokorkulukların montajı

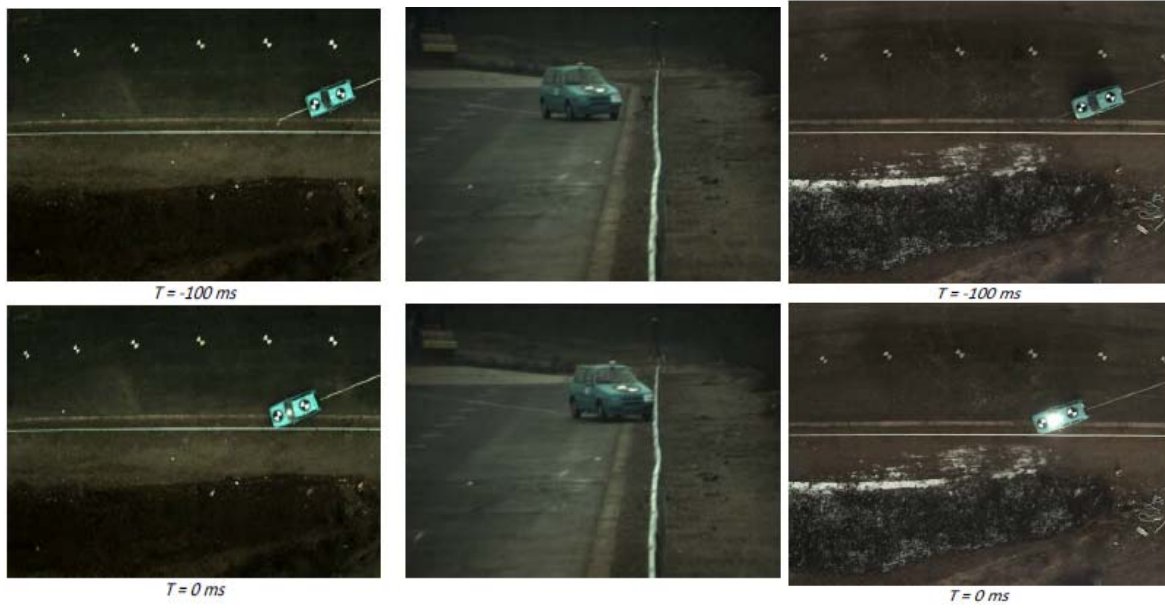


a) EN 1317 TB11 ve TB42 test araçlarının durumu



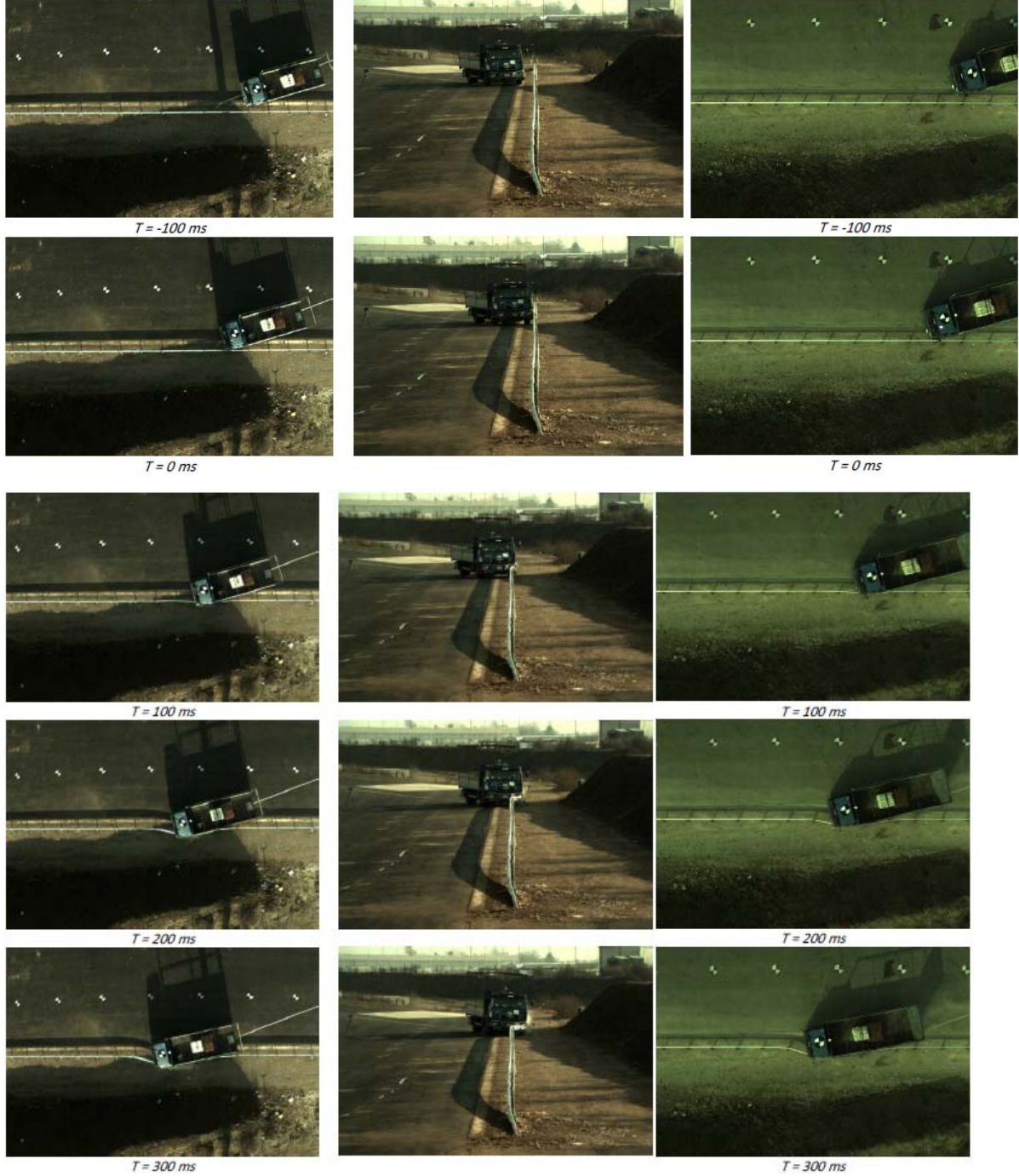
EN 1317 standardına göre monte edilen A ve B tipi raya sahip iki otokorkuluk sistemi TB11 ve TB42 kriterlerine uygun olarak gerçek araçlar kullanılarak arpıştırıldı. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' de grldği gibi EN 1317 standardına uygun A ve B ray tipine sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerinin TB11 ve TB42 test kriterlerine göre ortaya çıkan çarpışma sonucu fotoğrafları elde edildi.

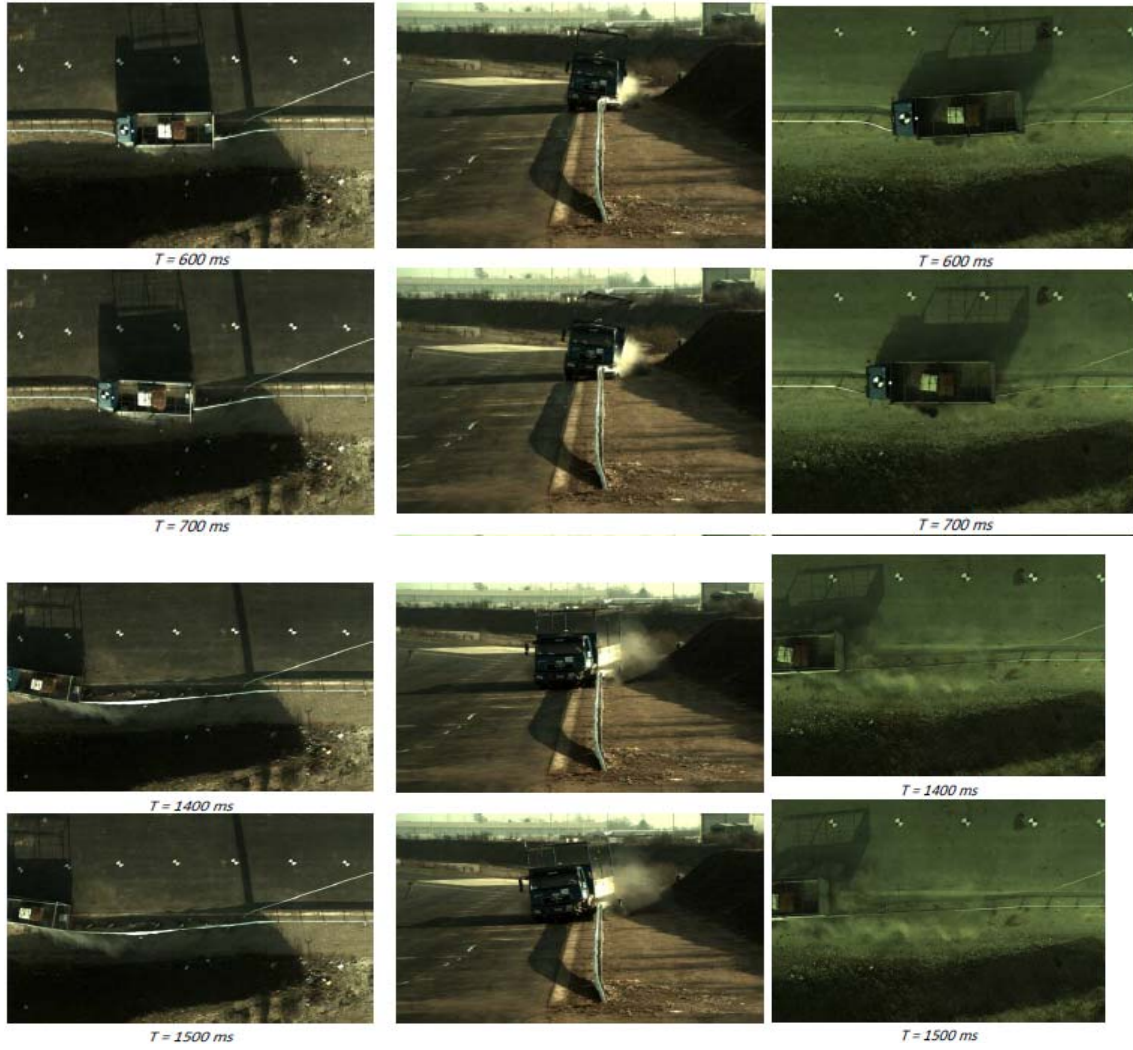
Şekil 4.6: EN 1317 standardına göre A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerini TB11 test kriterine göre çarpışma sonucu (CSI, 2012)





Şekil 4.7: EN 1317 standardına göre A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerini TB42 test kriterine göre çarpışma sonucu (CSI, 2012)





Yukarıdaki sonuçlar ışığında yapılan gerçek çarpışma sonuçlarına göre prototipi yapılan A ve B tipi raya sahip otokorkulukların deformasyon derinliği ortalama 1.25 m olduğu ve $W \leq 1.3$ olduğundan dolayı deformasyon kodu W4 ve ASI değeri 0.7 olduğu ve elde edilen bu değer $ASI \leq 1$ olduğundan A kategorisinde olduğu ortaya çıkar ki bu sonuçlar değerlendirildiğinde A ve B tipi araya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemleri EN 1317 standardına göre H1-W4-A tipi otokorkuluk sistemi olduğu ispatlandı.

Çarpışma sonucunda otokorkulukların ve araçların durumları Şekil 4.6' da görüldüğü gibi elde edildi.

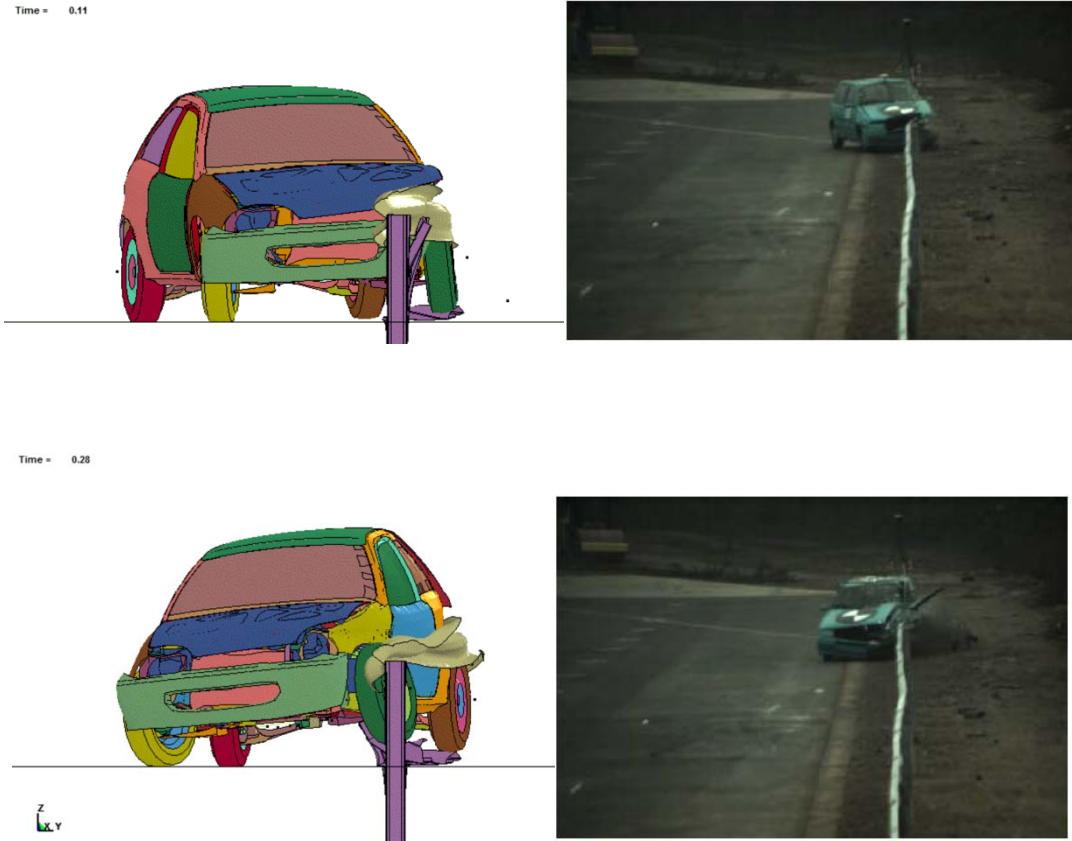
Şekil 4.8: Çarpışma sonunda araçların ve otokorkulukların durumları (CSI, 2012)



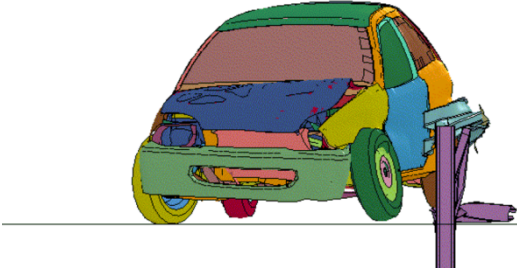
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan detaylı simülasyon ve gerçek çarpışma testleri neticesinde elde edilen A ve B tipi yeni nesil AG04 otokorkuluk sistemi başarılı bir şekilde ortaya konulmuştur. Yapılan testler neticesinde elde edilen değerler Tablo 4.2’ de bulunan değerler. Her iki otokorkuluk için de benzer özellikleri taşımaktadır.

Şekil 5.1: Her iki tip otokorkuluğa ait TB11 simülasyon ve çarpışma sonuçları

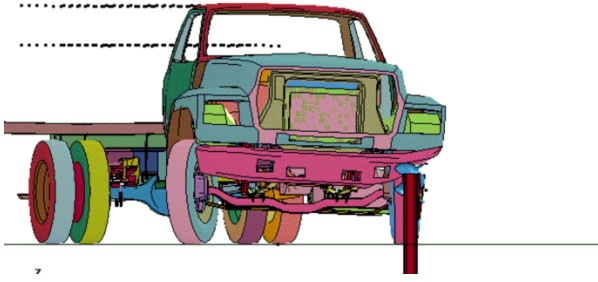


Time = 0.29

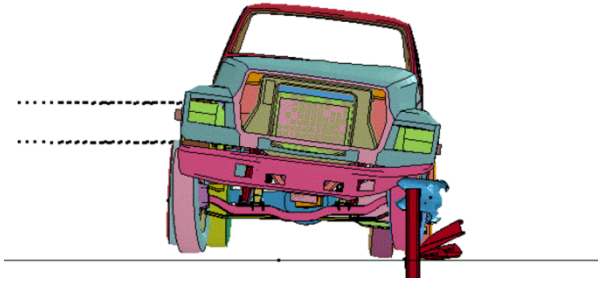


Şekil 5.2: Her iki tip otokorkuluğa ait TB42 simülasyon ve çarpışma sonuçları

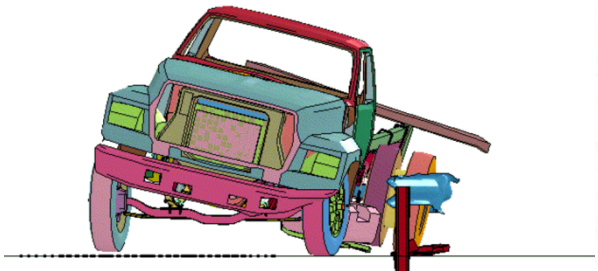
Time = 0.11



Time = 0.41



Time = 0.9



A ve B tipi raya sahip yeni nesil otokorkuluk sistemlerine ait test ve similasyon sonuçları birbirine yakın olarak elde edilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlardan hareketle yeni nesil AG04 otokorkuluk sistemi H1-W-4A hizmet seviyesinde olduğu ispatlanmıştır.

Elde edilen sonuçlar ışığında ortaya çıkan başka bir özellikte A ve B tipi rayın birbiri yerine kullanılabilmesidir. Dizaynı gerçekleştirilen AG04 yeni nesil otokorkuluk sistemi özgün bir tasarım olup aynı sınıftaki H1 seviye otokorkuluklara göre avantajları bulunmaktadır. Bunlar,

- a. Yeni nesil otokorkuluk sisteminin ağırlığı 18.5 kg/m olup Türkiye karayollarında yaygın olarak kullanılmakta olan EDSP (480 mm takozlu otokorkuluk) otokorkuluk sisteminin ağırlığı 36.5 kg/m' dir. Buradan hareketle yeni nesil AG04 otokorkuluk sistemi EDSP' ye göre daha hafiftir.
- b. Yeni nesil AG04 otokorkuluk sistemi EDSP' ye göre imalatı, montajı ve uygulanabilirliği oldukça kolaydır.

Otokorkuluk sistemlerinin dizaynında patent ve kullanım hakkında sınırlama bulunmamaktadır. Burdan hareketle daha farklı otokorkuluk dizaynı yapılabilir ve yeterliliği bulunan dizaynlar üzerinde farklı kullanımlar için farklı test kodlarına göre gerek simülasyon testleri gerekse gerçek testler yapılabilir. Bu testleri başarılı şekilde ortaya koyan otokorkuluk sistemlerinin üretim ve imalatı yapılabilir.

KAYNAKÇA

Sürelî Yayınlar

- 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.
- Vesenjak, M., Borovinsek, M. & Ren Z., 2007, Computational simulations of road safety barriers using LS-DYNA, *LS-DYNA Anwenderforum*, **B-III**,pp 11-17.
- 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.ve Cansız O.F., 2005, Impact analysis of a vertical flared back bridge rail-to-guardrail transition structure using simulation, *Finite Elements in Analysis and Design*.**41**pp371–396, Elsevier Science Ltd.
- Coon B.A ve Reid J.D., 2006, Reconstruction techniques for energy-absorbing guardrail end terminals,*Accident Analysis and Prevention*.**38**,pp1–13, Elsevier Ltd.
- Holdridge, J.M., Shankar, V.N., Ulfarsson G.F., 2005, The crash severity impacts of fixed roadside objects, *Journal of Safety Research*.**36**, pp139 – 147, National Safety Council and Elsevier Ltd.
- 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 (1)**,Inderscience Enterprises Ltd.
- Ray, M., Engstrand, .K., Plaxico, C. &McGinnis, R.G., 2001, Improvements to the weak W-beam guardrail, *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*,**01**, pp 2282, Washington, D.C.
- Vesenjak, M., Borovinsek, M. & Ren Z., 2000, Improving the roadside safety with computational simulations, *Crash / Automotive Applications II*,**B-II**,pp 21-32.
- Martin, S.O., & Wekezer, J.W., 1998, Crash impact analysis of the G2 guardrail a validation study,*TRB National Research Council 1998 Annual Meeting*.

Diğer Yayınlar

- Mozarrelli, F., Cau, P., 2012, H1 Class monolateral barrier for installation on ground AG04 2.00 profile type A, CSI Spa.A
- Mozarrelli, F., Cau, P., 2012, H1 Class monolateral barrier for installation on ground AG04 2.00 profile type B, CSI Spa.A
- Neuenhaus, D., 2010, Simulation zur gleichwertigkeit von A- und B-holm, steifes system system: *SR ES/1.0, TB42 nachgiebiges system: ESP/4.0*, TB32, Seite 1 von 39, SGGT Straßenausstattungen GmbH und BBV Baustahl u. Blechverarbeitungsgesellschaft mbH & Co.
- Bayat, E., (2011), Farklı aralıklara sahip dikmelerden oluşan çelik otokorkulukların çarpışma davranışının sanal ortamda incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Antakya: Mustafa Kemal Üniversitesi FBE.
- Oktaş, M., (2010), Metrobüs güzergahında kullanılan halatlı otokorkulukların incelenmesi ve alternatif sistemlerin güvenlik dayanımının belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi FBE.
- Gümrük R.,(2006), Şekil verme işleminin çarpma performansına etkilerinin sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi FBE.
- Cansız, O.F., (2003), Kuvvetli ahşap dikmelere sahip otokorkuluk sistemlerinde çarpışma deneyi davranışının sanal ortamda iyileştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Antakya: Mustafa Kemal Üniversitesi FBE.
- Livermore Software Technology Corporation (LSTC), 2000, A General Purpose Dynamic Finite Element Analysis Program, *LS-DYNA Version 960 User's Manual*, Livermore Software.
- AASHTO-AGC-ARTBA, 1996, Joint Committee. "A Standardized Guide to Highway Barrier Hardware." *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington D.C.
- <http://www.lstc.com/lsp/>
- <http://turkey.autodesk.com/>
- www.ncac.gwu.edu
- <http://www.solidworks.com/tutorial>
- <http://www.galvanerji.com/>
- www.cepas.com.tr

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Erdinç BAYAT

Sürekli Adresi: Modernevler Mh.300/1 Sk. Huzurkent Sit. B Blk. N :14

Doğum Yeri ve Yılı: Aralık 1982

Yabancı Dili: İngilizce

İlk Öğretim: Yunus Emre İlköğretim Okulu (1988-1993)
Kurtuluş İlköğretim Okulu (1993-1996)

Orta Öğretim: İskenderun Lisesi (Y.D.A) (1996-2000)

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi (2001-2006)

Yüksek Lisans: Mustafa Kemal Üniversitesi (2008-2011)
Bahçeşehir Üniversitesi (2011-..)

Enstitü Adı: Fen Bilimleri Enstitüsü

Program Adı: Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Yayımları: Farklı aralıklara sahip dikmelerden oluşan çelik otokorkulukların çarpışma davranışının sanal ortamda incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*.

Çalışma Hayatı : İskenderun Belediyesi - Ulaşım Müdürlüğü (2010-..)
Yazıcı Demir Çelik San. A.Ş. - Proje Mühendisi (2007-2010)