

KARAYOLU GÜVENLİĞİ İÇİN ÇOK AĞIR HİZMET SEVİYESİNE (H4B) UYGUN CE BELGELİ BETON BARİYERLER

H.D. Yılmaz¹, E.Örtemiz², C. Gökcan³, A.O. Atahan⁴

ÖZET

Ülkemizde karayolu ile ulaşım en yaygın ulaşım türleri arasındadır. Kara yollarının çok yaygın kullanılması beraberinde trafik kazalarının artışı da getirmektedir. Kara yollarındaki trafik kazalarını önleyebilmek için çok çeşitli alanlarda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi de yol kenarlarında ve refüjlerde kullanılan beton bariyerlerdir.

Bu çalışmada bölünmüş ve ağır vasıta trafiği olan yolların refüj bölümünde kullanılmak üzere H4b çok ağır hizmet performans seviyesine sahip prefabrik bir beton bariyer tasarımı yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında beton bariyer yüksekliği, uzunluğu, taban genişliği ve bağlantı geometrisi Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen standartlara uygun şekilde oluşturulmuştur. Geometrisi ve yapısal bütünlüğü oluşturulan beton bariyerin çarpışma simülasyonları yapılmıştır. Bu kısımda ilk olarak beton bariyerin sonlu elemanlar modeli detaylı şekilde oluşturulmuş, sınır şartları, mesnetlenmesi belirlenmiştir. Beton bariyer TS EN 1317 Çarpışma Test Standardı'nda belirtilen 900 kg ağırlığındaki araba (TB11 testi) ve 38.000 kg ağırlığındaki TIR (TB81 testi) çarpışmasına maruz bırakılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında, İtalya'nın Milano kentinde TS EN 1317-2'e uygun olarak yapılan çarpışma test sonuçları sunulmuştur. Yapılan çarpışma testleri İSTON

CE Certified Concrete Barriers Suitable for Very High Containment Class (H4b) For Highway Safety

Road transport in our country is one of the most common types of transportation. The widespread use of highways brings about an increase in road accidents. Studies are carried out in various fields in order to prevent road accidents. One of those studies is the concrete barriers used on the roadside and in the refuges.

In this study, a prefabricated concrete barrier with H4b very high containment class was designed to be used in the median section of the roads with divided and heavy vehicle traffic. In the first part of the study, concrete barrier height, length, base width and connection geometry were created in accordance with the standards determined by the General Directorate of Highways. Crash simulations of the concrete barrier, whose geometry and structural integrity were created, were made. In this section, firstly, the finite element model of the concrete barrier has been created in detail, and the boundary conditions and support are determined.

beton bariyerinin karayollarında kullanım için yeterli performansta olduğunu göstermiştir.

Tasarlanan bu beton bariyerinin düşük maliyet, yüksek performans, uzun ömür, sıfır bakım ve tamirat masrafları gibi avantajlarının ülkemiz trafik güvenliği ve ekonomisine katkı sunması beklenmektedir.

GİRİŞ

Beton bariyerler ilk kez 1940'larda ABD Kaliforniya'da kullanıldı. Amaç, bariyere çarpan hatalı araçların kaza sonrası hasar durumunu en aza indirmek ve bariyerlerin bakım ihtiyacını ortadan kaldırmaktır. Yaygın olarak kullanılan New Jersey beton bariyeri ilk olarak 1955 yılında New Jersey'de uygulanmış ve 1959 yılında ise şu anda kullanılan tasarıma yükseltilmiş, ancak New Jersey bariyerinin geliştirilmesinde herhangi bir çarpışma testi yapılmamıştır. Tasarımda yapılan değişikliklerde gerçek kaza deneyimlerinden

yola çıkmıştır [1].

1950'lerin başından itibaren trafik hacmi ve hızı değişmeye başladığında, araçların köprü raylarından geçmesini önlemek için beton köprü bariyerleri kullanılmaya başlanmıştır. Beaton [2], tarafından Kaliforniya Eyaleti'nde 1955'te beton köprü bariyer tasarımlarını optimize etmek için bir dizi tam ölçekli çarpışma testi gerçekleştirilmiştir. O zamandan günümüze, bari-

1) halit.yilmaz@iston.istanbul 2) emre.ortemiz@iston.istanbul 3) cenk.gokcan@iston.istanbul, İSTON İstanbul Beton Elemanları ve Hazır Beton Fabrikaları Tic. ve San. AŞ, İstanbul, Türkiye
4) atahana@itu.edu.tr, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Anahtar sözcükler: Beton bariyer, EN 1317, H4b, çarpışma testi, LS-DYNA, servis ömrü.

The concrete barrier was subjected to the impact of a 900 kg car (TB11 test) and a 38,000 kg TIR (TB81 test) described in the TS EN 1317 Crash Test Standard. In the second part of the study, the crash test results made in Milan, Italy in accordance with TS EN 1317-2 are presented. Crash tests have shown that the ISTON concrete barrier has sufficient performance for use on highways.

The advantages of this concrete barrier like low cost, high performance, longevity and up-keep expenses are expected to contribute to the traffic safety and economy of our country.

Keywords: Concrete barrier, EN 1317, H4b, crash test, LS-DYNA, service life.

yerin penetrasyonunu önleyebilecek ve bir aracı mümkün olduğunca az yolcu ölüm-yaralanma riski ve araç hasarı ile yönlendirebilecek beton yol veya köprü bariyerleri geliştirmek için birçok tam ölçekli çarpışma testi yapılmıştır. Sonuç olarak, bazı beton bariyerlerin New Jersey bariyeri, F-şekilli bariyer (1976) ve tek eğimli bariyer (1989) gibi bariyerlerin tatmin edici etki performansına sahip olduğu kanıtlanırken, bazı beton bariyerlerin ise uygun olmayan etki performansına sahip olduğu gösterilmiştir.

Avrupa'da, 1960'larda Alman DAV beton medyan bariyer, Belçika Trief beton korkuluk, Fransız Sabla beton korkuluk, İtalyan Sergad beton korkuluk ve İtalyan Vianini beton medyan bariyeri gibi çeşitli beton bariyerler geliştirilmiştir [3], ancak, bu somut engellerin çoğunun testler yapıldıktan sonra ve gerçek çarpışma deneyiminden sonra tatmin edici olmadığı görülmüştür. Avrupa ülkeleri de şu anda standart beton bariyerleri için New Jersey şeklini kullanmaktadır [4].

Avrupa'da yol güvenliğini sağlama ve trafik kazalarının sosyal boyutunu kontrol etme amaçlı, 2011-2020 yılları arasında kapsayan Avrupa Yol Güvenlik Programı ile ölümleri yarı yarıya azaltma planı oluşturulmuştur [5]. 2011-2020 Karayolu Güvenliği On Yıllık Eylem Planı adı altında, Mart 2010'da Birleşmiş Milletler Genel Kurulu A/RES/64/255 kararını almış, bu on yıl içerisinde, üye devletlerin, trafik kazalarında ölenlerin sayısını azaltmak için, ulusal planlar geliştirmesi ve önlemler alması gerektiği belirtilmiştir [6]. Belçika'da yapılan araştırmaya göre

tüm karayollarını kapsama alan trafik kazalarının istatistikleri değerlendirildiğinde, yolun çevresindeki bir bariyere çarpma nedeniyle ölümle sonuçlanma oranı %40'tır [6].

Ülkemiz yollarında toplam taşıt sayısı dikkate alındığında çok fazla sayıda trafik kazası meydana geldiği görülmekte ve bu kazalarda can ve mal kayıpları olmaktadır. Ülkemiz şartlarına bakıldığında son 10 yılda gerçekleşen kaza sayısı 12.355.387'dir. Bu kazalarda 54.010 kişi hayatını kaybederken, 2.310.865 kişi de yaralanmıştır. 2015 yılında yerleşim yeri içerisinde gerçekleşen kazaların %6,7'si, yerleşim yeri dışında gerçekleşen kazaların %37,8'i, toplam kazaların ise %14,5'i araçların yoldan çıkmasından kaynaklanmıştır [7].

Ülkemizde beton bariyerlerde ilk uygulama 1988 yılında İstanbul, İzmir ve İskenderun'da gerçekleştirilmiştir. Günümüzde, Türkiye ve Avrupa'da prefabrik beton bariyerler EN 1317 serisi standartlarda belirtilen çarpışma testlerine tabi tutularak performansının belirlenmesi ve Yapı Malzemeleri Yönetmeliği kapsamında CE işareti taşıması gerekmektedir. Çarpışma testleri esnasında farklı araçlar farklı hız ve açılarla bariyerlere çaptırılmakta ve bunun sonucunda bariyer performansı belirlenmektedir. Bariyerlerden beklenen performans gerekleri arasında; çarpan aracın bariyer tarafında tutulabilmesi, bariyerin yanal hareketi, çarpan aracın stabilitesi, çarpışmadan sonra aracın hareket doğrultusu ve yolculara gelen darbe etkilerini (ivmeleri) kısıtlamak sayılabilir [8].

TS EN 1317-2 YOL GÜVENLİK SİSTEMLERİ STANDARDI

Karayolu güvenliğini arttırma amacı ile yolcular ve diğer yol kullanıcılarını korumak, yoldan çıkan taşıtları güvenli şekilde yolda tutmak için güvenlik bariyerleri kullanılır. Genellikle çelik, halat ve beton yapı malzemesi kullanılarak imal edilen bariyerler yol kenarında veya refüjde bulunur. İhtiyaç duyulan performansa göre tasarımı yapılır. Bu performans sınıfları ve gerekleri TS EN 1317-2 Standardı'nda tanımlanmıştır [9].

Tablo 1: EN 1317-2 Standardı Hizmet Seviyesi için Yapılması Gereken Kabul Testleri

	Hizmet Seviyesi	Kabul Testi
En Hafif Hizmet	T1	TB21
	T2	TB22
	T3	TB41 ve TB21
Normal Hizmet	N1	TB31
	N2	TB11 ve TB31
Ağır Hizmet	H1	TB11 ve TB42
	H2	TB11 ve TB51
	H3	TB11 ve TB61
Çok Ağır Hizmet	H4a	TB11 ve TB71
	H4b	TB11 ve TB81

Avrupa Çarpışma Test Standardı EN1317, yol güvenlik sistemlerinin çarpışma standartlarını içermektedir ve Avrupa Standardizasyon Komitesi tarafından düzenlenmektedir [9]. EN1317 temel olarak sekiz ayrı kısımdan oluşmaktadır fakat bu çalışma otokorkulukların test metotları, çarpma testi kabul kriterleri ve sistemin performans sınıflarının bulunduğu 2. kısım ile ilgilidir. Türkiye’de TS EN1317 olarak kabul edilen bu standardın içerisinde bir otokorkuluk sisteminin hizmet seviyesine bağlı olarak yapılması gereken çarpışma testleri Tablo 1’de verilmiştir [9].

Bariyer sınıfları, araçları yolda tutma seviyelerine göre, ge-

çici (T), normal (N) ve ağır (H) olmak üzere 3 farklı sınıfta tanımlanmıştır. N sınıfı sistem normal araçları (otomobil), H sınıfı sistem ağır vasıtaları (kamyonet, otobüs, tır vb.) kapsamaktadır (Tablo 1).

Örnek olarak, bir otokorkuluk sisteminin H4b hizmet seviyesini sağlayabilmesi için EN 1317-2’de belirlenen koşullarda TB11 ve TB81 çarpışma testlerinde başarılı olması gerekmektedir. TB11 testinde 900 kg. ağırlığındaki araç, 100 km/saat hızla ve 20 derecelik bir açıyla, TB81 testinde ise 38 tonluk TIR, 65 km/saat hızla ve 20 derecelik açıyla bariyere çarptırılmaktadır. Tüm çarpışma testlerinin detayları Tablo 2’de gösterilmektedir [9].

Tablo 2: EN1317 Standardı Çarpışma Testi Kriterleri

TEST KODU	ARAÇ AĞIRLIĞI VE TİPİ	ÇARPMA AÇISI VE HIZI
TB11	900 kg Otomobil	20 Derece 100 km/saat
TB21	1300 kg Otomobil	8 Derece 80 km/saat
TB22	1300 kg Otomobil	15 Derece 80 km/saat
TB31	1500 kg Otomobil	20 Derece 80 km/saat
TB32	1500 kg Otomobil	20 Derece 110 km/saat
TB41	10000 kg Kamyon	8 Derece 70 km/saat
TB42	10000 kg Kamyon	15 Derece 70 km/saat
TB51	13000 kg Otobüs	20 Derece 70 km/saat
TB61	16000 kg Kamyon	20 Derece 80 km/saat
TB71	30000 kg Kamyon	20 Derece 65 km/saat
TB81	38000 kg TIR	20 Derece 65 km/saat

Yapılan TB11 ve TB81 testleri sonucunda bir bariyerin TS EN1317-2 Standardı’na göre yeterli sayılabilmesi için bazı şartları yerine getirmesi beklenir. Bunlar: Test esnasında veya sonrasında aracın devrilmemesi, aracın içerisine bariyer parçası saplanmaması, bariyeri oluşturan uzunlamasına doğrultudaki elemanlarda kopma olmaması veya bariyerin tamamen ayrılması ve aracın bariyeri aşarak karşı tarafa geçmemesidir. TB11 testi hafif araçla yapıldığından bariyerler fazla hasar görmemektedir. TB11 testinin temel yapılma amacı aracın içerisinde bulunan yolcuların yaralanma risklerinin belirlenmesidir. Bu sebeple çarpışma esnasında araç içerisinde oluşan darbe şiddetleri x, y ve z yönlerindeki ivmelenmeler kullanılarak hesaplanır ve bu değer çarpışma şiddeti endeksi (ASI) olarak kaydedilir. ASI değerine karşılık gelen darbe şiddeti düzeyleri Tablo 3’te sunulmuştur. TS EN1317-2 Standardı’na göre bir kaza esnasında ciddi yaralanmaların ASI=1,9 seviyesinden sonra meydana geleceği kabul edilir ve ASI değerinin olabildiğince küçük değer alması istenir [9].

Tablo 3: EN1317 Standardı Darbe Şiddeti Düzeyleri

Darbe Şiddeti Düzeyi	Endeks Değeri
A	$ASI \leq 1,0$
B	$1,0 < ASI \leq 1,4$
C	$1,4 < ASI \leq 1,9$

TB81 testi çarpışma testleri içerisinde en yüksek darbe enerjisine sahip test olduğu için bu testte bariyerlerin yapısal yeterliliği incelenir. Test esnasında bariyerlerde kalıcı hasarlar ve şekil değişimleri meydana gelir. TS EN 1317 Standardı’nda bariyerin araç çarpması durumunda yapacağı hareket miktarı çalışma genişliği (W) olarak tanımlanmıştır. Çalışma genişliği sistemdeki elemanların ve bağlantıların rijitliğine bağlı olarak değişmektedir. Deformasyon ölçülürken sistemin çarpışma testinden önceki trafiğe bakan tarafı ile çarpışma anında sistemin herhangi bir kısmı arasında oluşan maksimum mesafe ölçülür. Aracın herhangi bir kısmı sistemden daha fazla yanal

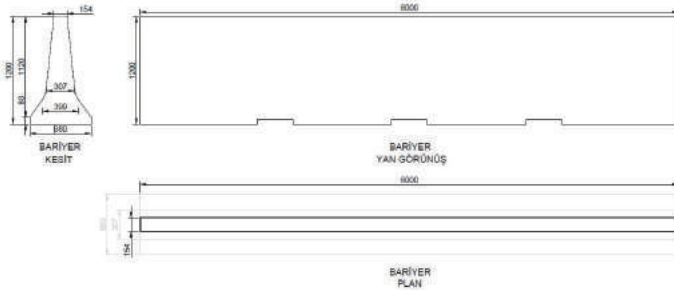
olarak hareket edebilir. Bu durumda çalışma genişliği olarak bu mesafe alınmaktadır. Çalışma genişliği değerine göre belirlenen çalışma genişliği sınıfları Tablo 4'te verilmiştir [9].

Çalışma Genişliği Sınıfı Kodu	Çalışma Genişliği Mesafesi (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	$W \leq 3,5$

Tablo 4: EN1317 Standardı Çalışma Genişliği Sınıfları

İSTON H4B BETON BARIYER TASARIMI

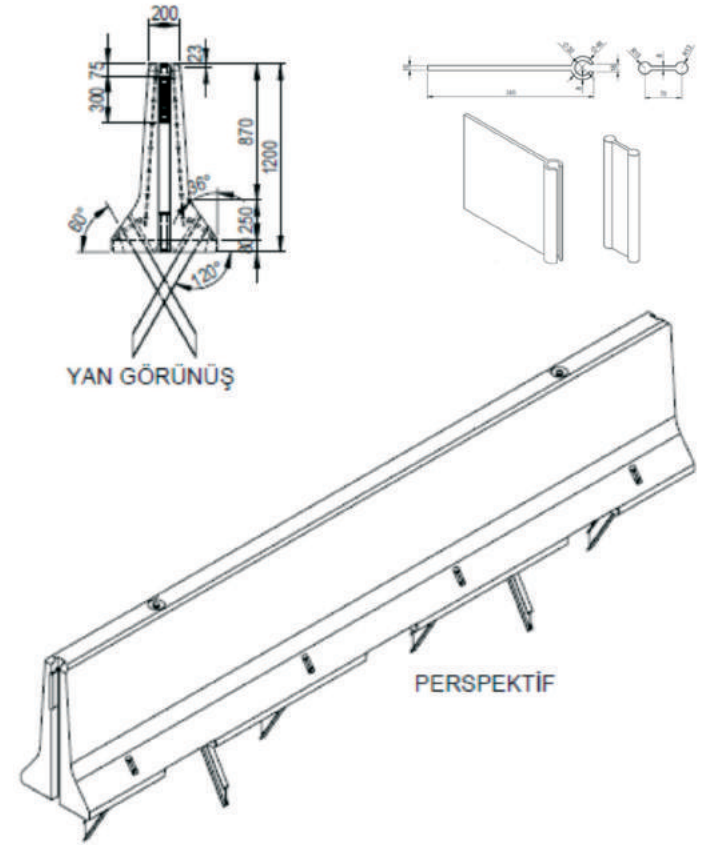
İSTON H4b beton bariyeri çift yönlü araç trafiğine göre üretilmiş 6.000 mm uzunluğunda, 680 mm taban genişliğinde ve 1.200 mm yüksekliğindedir (Şekil 1). Beton bariyerlerin üretiminde C40/50 dayanım sınıfında beton kullanılmıştır.



Şekil 1: İSTON H4b beton bariyer ölçüleri

Blokların araç darbelerine dayanıklılığını artırmak ve sürekli bir zincir oluşturabilmesi için hem birbirlerine güçlü şekilde bağlanmış hem de taban zeminine çiviler ile sabitlenmiştir. Bloklar arası bağlantı, blokların içerisinde gömülü olarak bir uçtan diğer uca kadar uzanan 6.000 mm uzunluğundaki gergi elemanının ucunda bulunan Y şekilli döküm parçalarının I şekilli bir çelik profil ile birleştirilmesi ile sağlanmaktadır (Şekil 2). Bloklar yerine yerleştirildiğinde beton blokların uçlarında bulunan Y şekilli çelik yuvalar yan yana gelmektedir. Sağ ve sol yuvaların içerisine oturacak şekilde yerleştirilen 200 mm yüksekliğe sahip I profiller blokların sürekliliğini sağlamakta ve dolayısıyla yük aktarımını sağlamaktadır. Blokların zemin ile bağlantısı da oldukça sağlam olarak tasarlanmıştır. 6.000 mm uzunluğundaki her blokta standart olarak 4 adet ön tarafta ve 2 adet arka tarafta olmak üzere toplamda 6 adet 750 mm uzunluğunda ve 42x80 mm NPI profil çelikten özel imal edilmiş zemin çivileri kullanılmış ve beton bariyerlerin

zemin ile sağlam şekilde bağlantısı sağlanmıştır (Şekil 2). Beton bloklar içerisinde ayrıca hasır çelik ve düz donatılar kullanılmak suretiyle araç darbelerine karşı mukavemeti artırılmıştır.



Şekil 2: İSTON H4b beton bariyer birleştirme ve montaj tasarımı

İSTON H4B BETON BARIYERİ SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

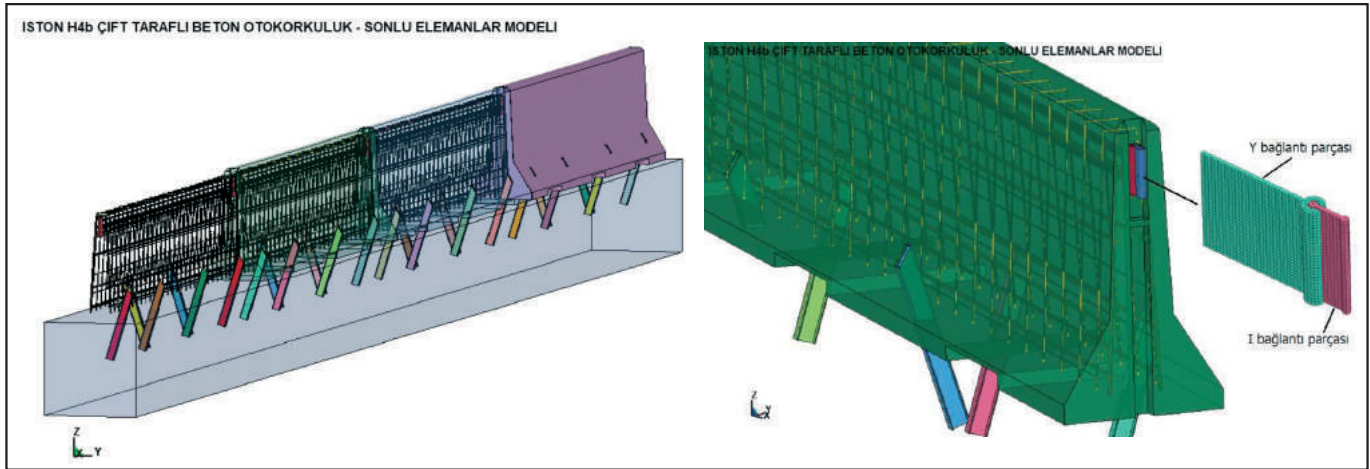
Çarpışma testleri sadece Avrupa'da yapılmakta olan oldukça maliyetli ve zaman gerektiren testlerdir. Son yıllarda, bilgisayar programları ve teknolojiye ilerlemeler sayesinde tasarlanan karayolu güvenlik tertibatlarının dinamik davranışlarının bilgisayar simülasyonları yardımıyla da belirlenmesi mümkün olmuştur. Gerçek testlerden önce sistemin çarpışma davranışını tahmin etmek, sistemdeki olası yetersizlikleri belirleyebilmek ve gerekirse iyileştirmeler yapmak için bu programlar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır [10,11,12]. Sonlu elemanlar yöntemi ile gerçekleştirilecek

çarpışma simülasyonlarında, birçok önemli faktörün göz önünde bulundurulması gerekir. Beton bariyerlerin geometrisinin gerçekçi olarak oluşturulması, çarpışma sonuçlarının hassasiyetinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Ayrıca beton blokların malzeme, bağlantı, ağırlık, sürtünme, sınır şartları gibi özelliklerinin de sonuca direkt etkisinin olacağı açıktır [12].

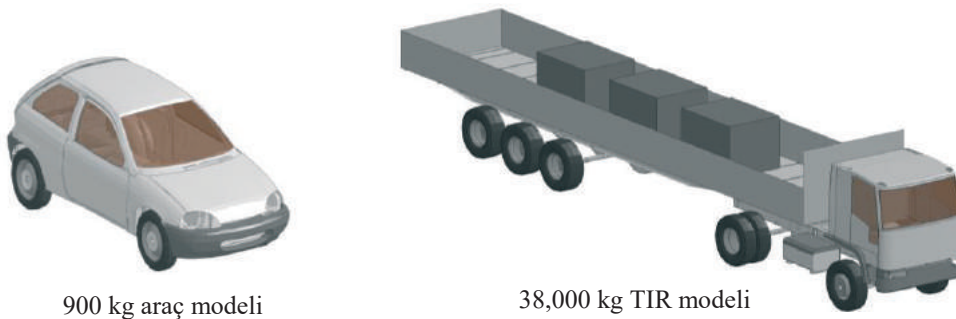
İSTON H4b beton bariyerinin çarpışma test analizleri nonli-neer dinamik etkileşimleri modelleyebilen sonlu elemanlar tabanlı analiz programı LS-DYNA kullanılarak yapılmıştır [11]. LS-DYNA nümerik bir analiz yöntemi olduğundan beton bariyerin sayısal model dosyasının hazırlanması gerekmektedir. Beton bariyere ait model dosyası LS-DYNA'nın yardımcı programı olan LS-PrePost kullanılarak hazırlanmaktadır. Ayrıca LS-PrePost programı ile her türlü sayısal ve görsel sonuçlar alınabilmektedir. TB11 ve TB81 simülasyon çalışmasında kullanılacak 900 kg ve 38.000 kg ağırlığındaki araçlar, Amerikan National Crash Analysis Center (NCAC) tarafından kullanılan araç modelleri arasından seçilmiştir [13,14]. Hazır olarak alınan araç modelleri ile oluşturulan beton bariyer modeli aynı ortamda açılabilir. Özet olarak sonlu elemanlar simülasyonlarının yapılmasında aşağıdaki adımlar kullanılmıştır:

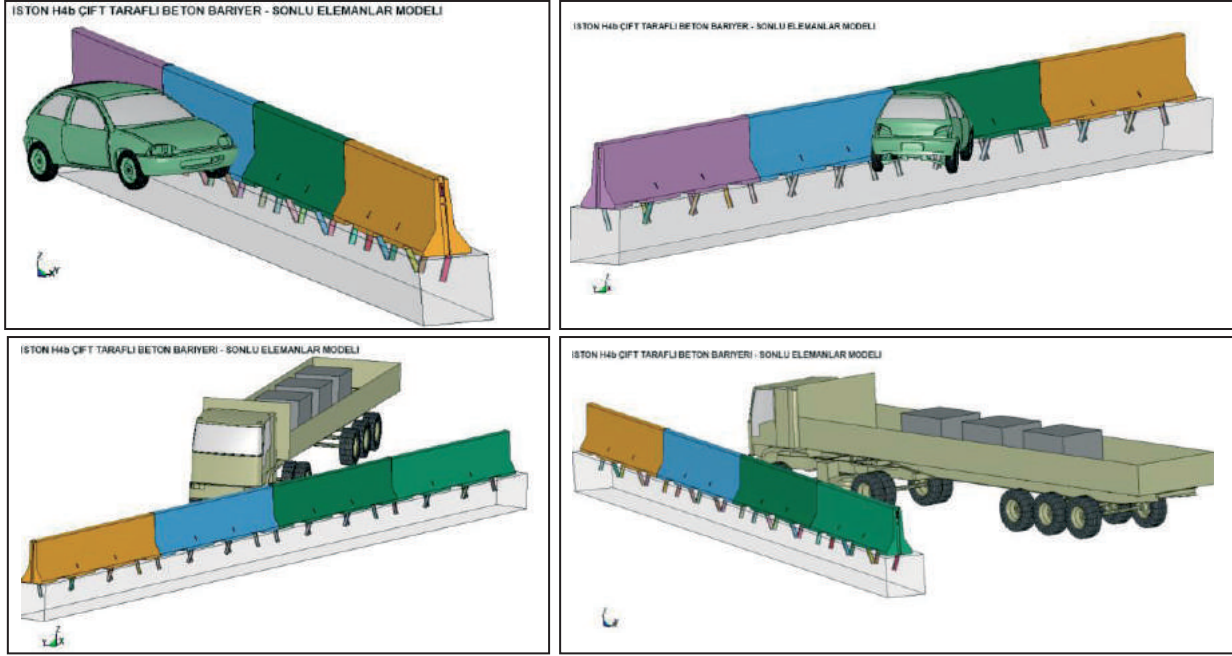
1. İSTON H4b çok ağır hizmet çift taraflı prefabrik beton bariyer çizimleri kullanılarak tasarımın katı modeli, geometrisi ve bağlantıları oluşturulmuştur.
2. Oluşturan bariyer geometrisi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak eleman ağına dönüştürülmüştür. Tamamlanmış beton bariyerin sonlu elemanlar ağı Şekil 3'te sunulmaktadır.
3. Beton bariyerin imalatında kullanılacak çelik ve beton malzemelerin laboratuvar şartlarında belirlenen karakteristik malzeme özellikleri modele tanımlanmıştır. Bu değerlerin doğru olarak kullanılması analizden elde edilecek davranış ile yapılacak gerçek çarpışma testinin uyumu için önemlidir.
4. Model hazırlandıktan sonra dinamik etkileşim programı LS-DYNA kullanılarak beton otokorkuluğa araç çarpması durumu incelenmiştir. Şekil 4'te TB11 testinde kullanılacak araç ve TB81 testinde kullanılacak TIR'ın sonlu elemanlar modelleri gösterilmiştir.
5. Eleman tipi, elemanların kalınlıkları, malzeme özellikleri, sınır şartları, araç hızı ve analiz süresi gibi değişkenler LS-DYNA girdi dosyasına tanımlandıktan sonra analizleri Şekil 5'te gösterildiği gibi başlatılmaya hazır duruma getirilmiştir.

Şekil 3: İSTON H4b Çok Ağır Beton Bariyerine Ait Sonlu Elemanlar Modeli

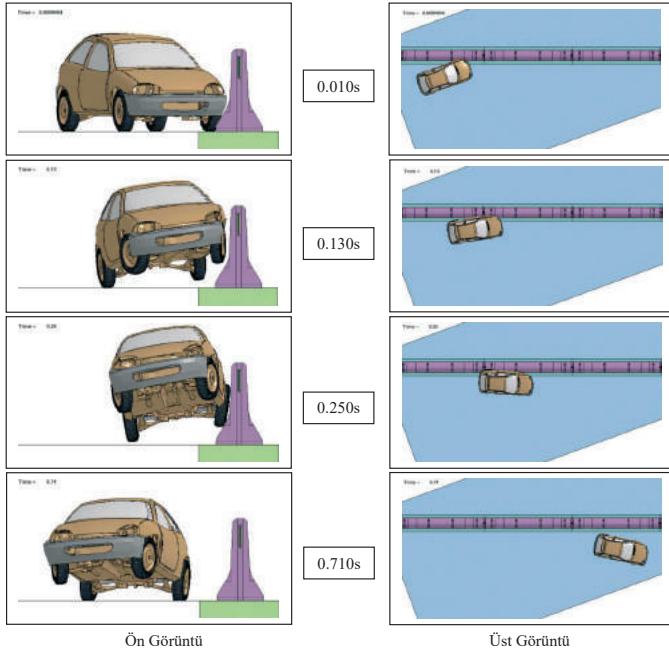


Şekil 4: Çarpışma Simülasyonunda Kullanılan Araç Modelleri [15]





Şekil 5: TB11 ve TB81 Simülasyonları Öncesinde Modellerin Son Hâli

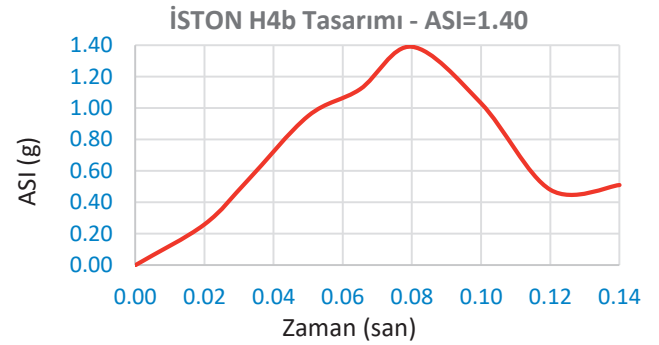


Şekil 6: İSTON H4b Bariyeri TB11 Simülasyonu Sonuçları

Şekil 6'da gösterilen TB11 simülasyonunda 900 kg ağırlığındaki araç 20 derece ve 100 km/sa hızla beton bariyere çarpmasıyla birlikte bariyer yüzey geometrisini takip ederek yükselmeye başlamıştır. Araç bariyer ile paralel hâle geldikten sonra ilk çarpışmadan yaklaşık 0,4 saniye sonra bariyeri güvenli bir şekilde terk etmiştir. Simülasyon sonu-

cuna göre 900 kg araç çarpışma sırasında içerisindeki yolculara ciddi yaralanma riskleri oluşturmamıştır.

Şekil 7'de TB11 simülasyonu sonucunda elde edilen elde edilen ASI grafiği sunulmaktadır. Buradan görüleceği gibi çarpışma indeksi ASI değeri 1,4 civarında hesaplanmıştır ve TS EN1317-2 Standardı'na göre kabul edilebilir olan B sınıfı içerisinde olduğu belirlenmiştir.

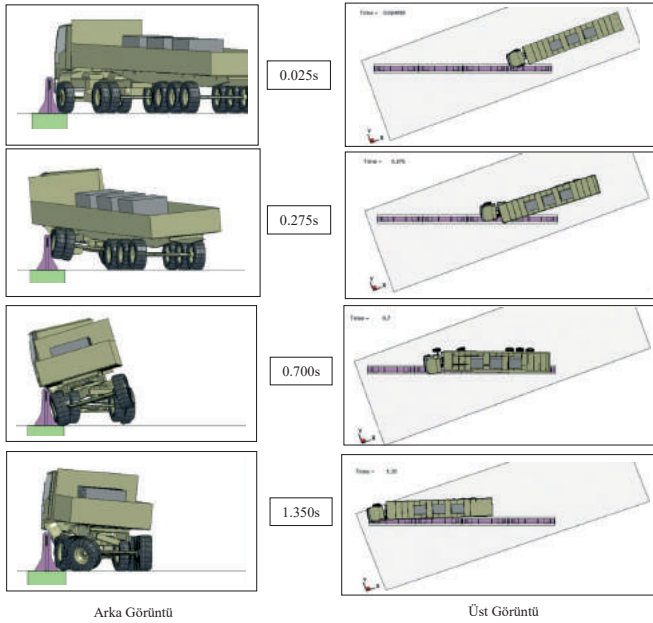


Şekil 7: TB11 Simülasyonundan Elde Edilen ASI Grafiği

TB11 simülasyonu sonrasında beton bariyerin bu hafif çarpışmadan dolayı hasar görmeyeceği belirlenmiştir. TB11 simülasyonundan sonra Şekil 8'de gösterilen TB81 simülasyonu başlatılmıştır. Bu görüntülerden de görülebileceği gibi 38.000 kg ağırlığındaki TIR standartta belirtildiği gibi 20 derece açılı ve 65 km/sa hızla bariyere çarpmıştır. TIR çarpmasıyla

birlikte tam çarpma bölgesindeki bloklar geriye doğru hafifçe esnemiştir. Bloklar yere 6 adet çelik çiviyle sabitlendiği ve birbirlerine oldukça sağlam bağlandıkları için darbe kısa bir alan içerisinde sönümlenmiş ve Şekil 8'de gösterildiği gibi sistem yerinde kalmıştır. TB81 testi sonrasında 38.000 kg ağırlığındaki TIR'da ciddi hasar oluşmamış aracın dengesi bozulmadan güvenlik şeridine doğru yönlenmiştir. Sistemin çalışma genişliğinin yaklaşık 800 mm, diğer bir deyişle W2 seviyesinde olduğu belirlenmiştir. 800 mm çalışma genişliği beton bariyerin 680 mm taban genişliği ve TIR çarptığında meydana gelen 120 mm esneme miktarı toplanarak elde edilmiştir. Beton bariyerlerde sistemin rijit olması sebebiyle arka doğru kayma gözlemlenmemiştir.

Tablo 5'te İSTON H4b beton bariyeri için yapılmış TB11 ve TB81 simülasyonlarına ait veriler sunulmaktadır. Tablodan görüleceği gibi İtalya'da yapılması planlanan gerçek çarpışma testlerinin tek seferde olumlu sonuçlanacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 8: İSTON H4b Beton Bariyeri TB81 Çarpışma Test Simülasyonu Sonucu

Çarpışma Hızı (km/sa)	100,0	65,0
Çarpışma Açısı (derece)	20	20
Aracın Bariyere Parelel Olması (sn)	0,175	0,745
Deforme Olan Kısım Uzunluğu (mm)	-	4535
Hasar Alan Blok Sayısı (adet)	-	2
Aracın Sistemden Ayrılması (sn)	0,410	1,350
Aracın Çıkış Hızı (km/sa)	82	54,3
Aracın Bariyerden Çıkış Açısı (derece)	13	5
Yaralanma İndeksi (ASI)	1,4=B	-
Çalışma Genişliği (W) (mm)	-	800=W2

Tablo 5: TB11 ve TB81 Simülasyon Çalışmasından Elde Edilen Sayısal Değerler

İSTON tarafından geliştirilen ve ağır vasıtaların yoğun şekilde bulunduğu bölünmüş yollarda kullanılmak üzere tasarlanan H4b çok ağır performans seviyesine sahip ve Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen standartlara uygun çift taraflı 6.000 mm uzunluk, 1.200 mm yükseklik ve 680 mm taban genişliğine sahip beton bariyer tasarımı geliştirilmiştir. Bu tasarımda, tasarım geometrisi, donatı detayları, bağlantı özellikleri gibi önemli karakteristikler TIR çarpması durumunda yeterli mukavemet gösterebilecek şekilde seçilmiştir. Aynı zamanda tasarımın küçük araç çarpması durumunda yaralanma risklerini belirli sınırların altında tutması sağlanmıştır. Tasarlanan H4b bariyerinin yeterliği LS-DYNA programı kullanılarak bilgisayar ortamında incelenmiştir. TB11 küçük araç çarpması durumunda ASI=B ve TB81 TIR darbesinde W2 çalışma genişliği performans değerlerine ulaştığı belirlenen tasarımın üretilmesi ve gerçek çarpışma testine götürülmesi planlanmıştır.

İSTON H4b BETON BARIYERİ GERÇEK ÇARPIŞMA TESTLERİ

Çarpışma testleri, hizmet sınıfı ve kullanım amacına göre beton bariyerlerin yeterliliklerini belirlemek için yapılan testlerdir. İSTON beton bariyerleri sırasıyla TB11 ve TB81 testleri yapılmak üzere İtalya'nın Milano kentine CSI çarpışma test merkezine götürülmüştür. Test sonuçlarına göre tasarımın yeterliliği hakkında kesin sonuçlara ulaşılmıştır.

TB11 ve TB 81 çarpışma testlerinin amacı güvenlik bariyerlerini gerçek saha koşullarında çarpışma testlerine tabi tutarak davranışlarını değerlendirmektir. Testler, TB 11 çarpışma testi için 900 kg kütleli otomobil ve TB 81 çarpışma testi için 38.000 kg kütleli tır ile yapılmıştır. TB 11 çarpışma testinde otomobil 100 km/saat ve 20 derece açı ile bariyere çarpmıştır. TB81 testinde tır 65 km/saat hızla ve 20 derece açı ile bariyere çarpmıştır. Çarpmadan sonra güvenlik bariyeri ve araçların davranışı kaydedilmiştir.

TB11 testinde çarpışma indeksi ASI değeri 1,4 ölçülmüştür. TB 81 testinde araç bariyere fazla zarar vermeden W2 seviyesi olacak şekilde çalışma genişliği 800 mm'dir. Otomobilin düşük kütlesi nedeniyle bariyer hareketi oldukça küçüktür. Otomobil 20 derecelik açı ile güvenlik bariyerine çarparak hareket yönü bariyer ekseninde olacak şekilde uzaklaşmıştır. Test sırasında 900 kg kütleli otomobil ve 38.000 kg kütleli tır standartta tanımlanan kabul edilebilir alandan çıkmamıştır. Tablo 6'da çarpışma testlerinin sonuçlarına, Şekil 9 ve Şekil 10'da test görsellerine yer verilmiştir.

Tablo 6: TB11 ve TB81 test sonuçları

TB11		TB81	
Normalleştirilmiş Çalışma Genişliği	0,7 m	Normalleştirilmiş Çalışma Genişliği	0,8 m
Çalışma Genişliği Sınıfı	W2	Çalışma Genişliği Sınıfı	W2
ASI	1,4	Normalleştirilmiş Araç İhlali	2,9 m
Teorik Baş Çarpma Hızı (THIV)	24 km/sa	Araç İhlal Sınıfı	VI8
Şiddet Seviyesi	B		

**Şekil 9:** TB11 testi görselleri



Şekil 10: TB81 testi görselleri

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında H4b sınıfı beton bariyerine yapılan çarpışma test sonuçları verilmiştir. Çarpışma test standardı TS EN 1317'ye göre beton bariyerine H4b çok ağır hizmet seviyesine göre TB11 ve TB81 testleri yapılmıştır. Ayrıca, gerçek çarpışma testi öncesinde, LS-DYNA programı kullanılarak beton bariyerlere araç çarpması durumu incelenmiştir. Ger-

çek çarpışma testlerinin sonuçları benzetimler ile kıyaslandı-ğında birbirine oldukça yakın sonuçlar elde edilmiştir. TB 11 testinde çarpışma endeksi değeri (ASI) 1,4 civarında olup, TB 81 testine göre çalışma genişliği (W) 800 mm W2 seviyesindedir. Her iki çarpışma testi sonuçlarına göre beton bariyeri TS EN 1317 Standardı'na göre H4b çok ağır hizmet seviyesine göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmıştır ve test sonuçlarına göre ürün yeterliliğini kanıtlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Ray, M H and McGinnis, R G. "NCHRP Synthesis 244, (1997): Guardrail and Median Barrier Crashworthiness - A Synthesis of Highway Practice", Transportation Research Board/ National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., 1997.
- [2] Beaton, J. L. (1956). "Full Scale Tests of Concrete Bridge Rails Subjected to Automobile Impacts", in Proceedings of the 35th Annual Meeting of Highway Research Board, 1956. p. 251-267.
- [3] Michie, J D. "NCHRP Report 115, (1971): Guardrail Performance and Design", Highway Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1971.
- [4] FEMA (2000). "Final Report of the Motorcyclists & Crash Barriers Project", The Federation of European Motorcyclists Associations, Brussels, Belgium, 2000.
- [5] Diamandouros K., (2014). "Otokorkuluk Güvenlik Standartları, Sınıflandırılması ve Avrupa'da Gelişimi", Beton Otokorkuluklar ve Karayolu Güvenliği Çalıştayı, 2014
- [6] Kadioğlu H., (2014). "Beton Otokorkulukların Kullanılması", Beton Otokorkuluklar ve Karayolu Güvenliği Çalıştayı, 2014.
- [7] Y. E. T. Genel, G. Directorate, and P. Security, (2013). "Traffic Accident Statistics", General Directorate of Public Security Traffic Accident Statistics General Directorate of Public Security. 2013.
- [8] Şengün E., Kıran E., Yaman İ.Ö., (2017). "Türkiye'de Beton Yol ve Beton Bariyer Fırsatları", Hazır Beton, Mayıs - Haziran, 2017, s. 80-81.
- [9] TS EN 1317-2 Yol Güvenlik Sistemleri - Bölüm 2 (2011): Taşıt Parapetleri Dâhil Güvenlik Bariyerleri İçin Performans Sınıfları, Çarpma Deneyi Kabul Kriterleri ve Deney Yöntemleri, 2011.
- [10] Atahan, A.O. "Development of a heavy containment level bridge rail for Istanbul" Latin American Journal of Solids and Structures, 15(6), 1-14, 2018.
- [11] LSTC, LS-DYNA Kullanıcı El Kitabı, Livermore Software Technology Corporation, Livermore, CA, 2017.
- [12] Marzougui D. Zaouk, A., and Kan, C.D. "Evaluation of Portable Concrete Barriers Using Finite Element Simulation" The National Crash Analysis Center (NCAC), 2002.
- [13] Marzougui, D., Zaouk, A., and Kan, C.D. "Development of a C-1500 Pick-up Truck Model for Roadside Hardware Impact", Transportation Research Board Annual Conference, Computer Simulation of Impact with Roadside Safety Features, Washington, DC, 1996.
- [14] NCAC, National Crash Analysis Center, George Washington Üniversitesi, Araç Modelleri, <http://www.ncac.gwu.edu/vml/models.html>, Washington, D.C., 2008.