

Fiber Katkılı Betonla Doldurulmuş Çelik Kutu Elemanlarının Darbe Etkisi Altında İncelenmesi

¹Yunus Emre Yazıcı and ²Elif Ağcakoca

^{1,2}Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

Özet

Günümüzde insanoğlunun yaşam standartlarının yükselmesi, buna bağlı olarak ihtiyaçlarının çeşitlenmesi, yapıların bu ihtiyaçlara karşılık verecek özellikte olmalarını zorunlu hale gelmiştir. Yapılardan beklenen bu ihtiyaçlarını karşılamak için üretilen dayanıklı malzeme, kompozit elemanlarla sağlanabilmektedir. Ayrıca fonksiyonel ve güvenli binalar için talep edilen dayanıklı malzeme ihtiyacı yapının maruz kalabileceği yüklerin çeşitliliğinden de kaynaklanabilmektedir. Yapıya etkiyen yükler statik ve dinamik olarak ikiye ayrılır. Statik yükler kalıcı yükler olarak ifade edilir, dinamik yükler anlık olarak ortaya çıkan deprem, darbe gibi yüklerdir. Darbe yükü, iki nesnenin çarpışması esnasında oluşan dinamik etkinin yaydığı gerilimlerin değişimi olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada, çelik kutu profilin iç kısmı Kro-Tas Macro Fiber malzemeli beton ile doldurulmuştur. Elde edilen Kro-Tas Macro Fiber'li kompozit kutu profile darbe kuvveti uygulanmış ve kompozit kirişin bu yükleme altındaki davranışı incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonunda fiber malzeme ile güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş iki kirişin darbe yükü altındaki davranışları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fiber, beton, darbe

Abstract

Nowadays, it has become compulsory for human beings to rise in their living standards and accordingly to diversify their needs and to be in a position to respond to these needs. The durable material produced to meet these expected needs of the buildings can be provided by composite elements. In addition, the demand for durable materials required for functional and safe buildings can also be affected by the variety of loads that can be affected by construction. Structure The active loads are divided into static and dynamic. Static loads are expressed as permanent loads, dynamic loads are instantaneous loads such as earthquakes and impacts. The impact load is expressed as the variation of the stresses that the dynamic effect produced during the collision of two objects. In this study, the interior of the steel box profile was filled with Kro-Tas Macro Fiber material concrete. The obtained composite box profile impact force was applied and the behaviors of the composite beam under this loading were investigated. At the end of the experimental study, the behaviors of the two fiber reinforced and unreinforced beams under impact load were investigated.

Keyword: Fiber, concrete, impact

1. GİRİŞ

Günümüzde yapılarda meydana gelen darbe etkisini, yaşanan kazalar ve doğal afetler sonucunda görebilmekteyiz. Darbe etkisindeki yapı elemanlarının davranışını inceleyip tespit edebilmek ve tasarım aşamasında bu bilgileri kullanarak modelleme yapmak can ve mal güvenliğinin korunmasında etkili olmaktadır.

Ülkemizin büyük bir kısmının deprem bölgesinde olmasından dolayı, yapı depreme karşı güvenli olması gerekmektedir. Ancak son zamanlarda ülkemizin yaşadığı terörist saldırıları da dikkate alındığımızda, yapıların deprem gibi dinamik etkilerin yanında, darbe etkisi gibi dinamik etkileri de göz önüne almamız gerekmektedir. Darbe etkisi doğal afet sonucunda oluşabileceği gibi insan kontrolündeki günlük trafikte kullanılan araçların yapılara çarpması sonucunda da karşımıza çıkmaktadır. Darbe etkisinin sık olarak karşılaşılabildiği alanlar içinde madencilik sektörü bulunmaktadır, buradaki darbe etkisi toprak hareketleri ve maden içerisindeki patlamalar olarak kendini göstermektedir. Yine üretim tesislerinde ve askeri alanlarda oluşan patlama etkisi darbe yükü olarak yapıya etkimektedir. Ayrıca stadyumlar kapasite bakımından birçok insanın toplu olarak bulunduğu yerler arasındadır. Bu alanlarda insanların toplu olarak senkronize bir şekilde zıplamaları, üzerinde durdukları stadyum döşemesine darbe etkisi oluşturmaktadır. Yapıların maruz kaldığı bu gibi durumlarda yapı elemanlarının taşıma kapasitesi aşılabilmekte ve sonucunda göçme oluşmaktadır. Darbe etkisi karada olduğu kadar denizde de etkili olabilmektedir. Çelik veya betonarme bir köprünün ayaklarına ağır deniz ulaşım araçlarının çarpması yada sel gibi doğal afetler sonucu nehir boyunca sürüklenen ağır kütlelerin köprü kolonlarına çarpması kolonlarda darbe etkisi oluşturmaktadır. Bu tür olayların yaşanma ihtimali düşük olsa dahi can güvenliği adına her risk değerlendirilmelidir. Bu yüzden bir bina ya da köprü tasarlıyorsak üzerine gelebilecek tüm yüklerin risklerini dikkate almamız ve bu tür bir etki sonucu yapıda çökme olacaksa dahi, en azından insanların tahliye edilebileceği gerekli süreyi kazandırmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Her yapı kullanım amacı göz önüne alınarak tasarım edilmektedir. Yapının beklenen dayanımı sağlaması, tatbiki onu oluşturan elemanların dayanımının ile doğru orantılıdır. Yapıyı oluşturan elemanlardan biri olan beton malzemesinin dayanımı betonun kalitesi ile ifade edilmektedir. Bu çalışmada da beton malzemesinin zayıf olduğu çekme dayanımını artırmak temel amaç olmuştur. Teknolojideki gelişmeler çerçevesinde betonun malzemesinin dayanımını artırmak için günümüzde çok farklı malzemeler kullanılmaktadır. 2000 yılların en önemli buluşlarından biri olan fiber malzemesinin betonda kullanılması sayesinde betonun çekme dayanımı ve tokluğunda artış sağlanmıştır. Bu bağlamda çalışmada, kompozit fiber katkılı kırılgan darbe gibi anlık yükler karşısındaki davranışını tespit etmek amaçlanmıştır.

Yönetmelikler tarafından belirlenen doğruya en yakın olası karakteristik yükler kalıcı yükler, hareketli yükler, yatay yükler ve diğer yükler olarak geçmektedir. Tabiki yapının ekonomik ömrü boyunca karşılaştığı diğer bir yük olan darbe yükü yapı güvenliği için dikkate alınması gerekmektedir. Ancak yapıya gelecek ani darbe

etkisine yönelik ülkemiz genelinde herhangi bir şartname bulunmamakta TSE ve 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te bu konuda bilgi vermemektedir. Yapının ömrü boyunca maruz kalabileceği bu yükün, yapı güvenliği için dikkate alınması gerekmektedir. Bu yüzden yapı elemanlarının darbe yükü etkisi altında nasıl davranış gösterdiği inşaat mühendisliği için önemli olmaktadır.

Günümüze kadar darbe yüklemesi kullanılarak gerçekleştirilmiş birçok çalışma mevcuttur ve bu çalışmalar devam etmektedir. Kompozit bir elemanda fiber katkılı beton malzemesinin darbe yüklemesine göre malzeme davranışı incelenip oluşturduğu etkiyi gözlemleyebilmek önemli olmaktadır. Bu sebeple yapılan çalışma ulusal ve uluslararası platformda aydınlatıcı olacaktır.

2. Literatür Çalışması

Çelik elemanlarda çarpma davranışının belirlenmesine yönelik daha önce yapılan çalışmalar mevcuttur. Liew ve arkadaşları yaptığı çalışmada betonarme-çelik kompozit kirişlerde, betonu bağlayan çelik kancaların geometrisi üzerinde çalışmalarda bulunmuştur[1]. Ön yükleme uygulanmış kompozit yapı elemanlarında darbe etkisini incelemek için Wang ve arkadaşları ayrıca Zeinoddini ve arkadaşları çalışma yapmıştır[2,3]. Deniz ve arkadaşları çalışmada, denizde oluşan dalgaların kompozit borularda yarattığı darbe etkisini incelemiştir[4]. Anıl çalışmada, farklı şekillerde tasarlanmış koruyucu tabakaların olduğu boru tipli elemanlarda darbe kuvvetlerine karşı enerji sönmüleme yeteneğini araştırmıştır[5]. Alam ve arkadaşları çalışmalarında içi betonla doldurulmuş kompozit bir elemanı farklı tür güçlendirme malzemeleri kullanarak güçlendirmiş ve bu elemanların darbe etkisi altındaki davranışları incelenmiş bu çalışmasını ABAQUS ile desteklemiştir[6]. Makarem ve arkadaşları yüksek mukavemetli çelik malzemenin darbe etkisi altındaki davranışını incelemiştir[7]. Selvi yaptığı yüksek lisans deneysel çalışmada, farklı beton sınıfına sahip numuneler üzerinde darbe davranışını incelemiştir[8]. Karataş yaptığı çalışmada, yol kenarlarında bulunan oto korkuluk modeli yapmış, ağır vasıta çarpmalarına karşı korkulukları dayanıklı hale getirmek için çözüm geliştirmiştir[9]. Fujikake ve arkadaşları çalışmalarında, farklı yüksekliklerden kiriş üzerine düşen yükün, kiriş elemanındaki donatı oranı arasında ilişkiyi araştırılmıştır[10]. Kantar ve arkadaşları, çalışmalarında, donatısız farklı sınıflarda betonarme kiriş elemanı üzerinde darbe etkisini incelemiştir[11].

3. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmada, 120mmx80mm ebatlarında 1700mm uzunluğunda S235(St37)kalitesinde 275 MPa akma dayanımında çelik kutu profil, C25 beton kalitesinde beton ve Kro-Tas Macro Fiber malzemesi kullanılmıştır.

Deney düzeneği; çok kısa sürede büyük şekil değiştirmelere yol açabilecek ani darbe yüklerinin yapısal elemanlar üzerindeki etkilerini simüle etmek amacı ile tasarlanmış bir deney düzeneği olduğu için, gerçek hayattaki ani yükleme durumunu laboratuvar ortamında canlandırabilmek adına, değişken kütleyle sahip bir yük bloğu (çekiç), belirli yükseklikten ani serbest düşme hareketi ile bırakılarak yapısal eleman deneylerinin yapılabilceği şekilde tasarlanmıştır.

Deney esnasında numuneler bir tarafı sabit ve diğer tarafı hareketli mesnede sahip bir yapı elemanı olarak düşünülerek, numunelerin uçları bu sınır koşullarını sağlayacak mesnet aparatları ile desteklenerek deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Elde edilen kompozit kiriş kesitleri sabit ağırlıklı bir nesnenin serbest düşmeye bırakılması ile çarpma etkisi altındaki davranış araştırılmıştır.

Deneylerde hasar oluşumu açısından çekiğin tam numunenin merkezine etki ettirilmesi önemlidir. Bu nedenle numuneler, çekiğin numuneler ile temas edeceği yarı küresel yüzeyine merkezlenerek tutucu mesnetlere bağlanmıştır. Çekiğin yarı küresel

geometriye sahip vurucu ucu numuneye temas ettirilerek kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Kalibrasyon işlemi bittikten sonra çekiç darbe yapılacak yüksekliğe çekilmiş ve aynı anda kontrol sisteminden kalibrasyon ayarları ve darbe anında çalışması gereken bütün devreler gözle kontrol edilerek deney düzeneği deneye uygun hale getirilmiştir.

3.1. Beton malzeme özellikleri

Deneyde kullanılacak beton malzemesinin dayanımının belirlenmesi için özel bir şirkete beton basınç deneyleri yaptırılmıştır. Deney kirişlerine koyulan beton malzemesinden 150mmx150mm boyutunda olmak üzere 3 adet alınan küp numune, beton sınıfını belirlemek için kullanılmıştır. Beton sınıfının belirlenmesi için alınan 150x150mm boyutundaki numuneler, bir gün bekletildikten sonra kür havuzuna koyulmuş ve 28 gün bekletilmiştir.

Tablo 1. C25 beton basınç deney sonuçları

Numune No	Kırılma Yüğü	Basınç Dayanımı(MPa)
1. Numune	723,61	32,2
2. Numune	726,99	32,3
3. Numune	730,82	32,5

Test işlemini gerçekleştiren firmadan alınan sonuçlara göre beton kalitesi belirlenmiştir Tablo 1’de gösterilmiştir.

3.2. Çelik malzeme özellikleri

Kutu profilin çelik kalitesi S235(St 37) olup, Eurocode 3’de verilen akma dayanımı 235 MPa’dır. Çelik elastisite modülü 210000 MPa’dır. Deney numunesi olan kutu profilinden TS EN 6892 standartlarına göre numuneler alınmış ve deneyi yapılmıştır. Deney kullanılan kirişlerinin çelik çekme deney sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çelik çekme deney sonuçları

Numune no	Akma Dayanımı(MPa)	Çekme Dayanımı(MPa)	Kopma-uzaması %
Numune 1	330	415	19
Numune 2	344	431	20
Numune 3	343	433	18

3.3. Kro-Tas Macro Fiber malzeme özellikleri

KraTos Yapısal Makro Sentetik Fiber Donatı; yüksek dayanımlı Poliamid 6.6 ham maddesinden EN 14889-2 Sınıf 2 ve ASTM C 1116 standartlarına göre üretilmiştir ve Tablo 3’de malzeme özellikleri verilmiştir. Fiber ürün yapının kullanım amacına göre çeşitli oranlarda kullanılmaktadır. Bu oran 1 m3 beton içerisine 2-8 kg lık fiber katılarak kullanılabilir. Çalışmamızda C25 betonu ile doldurulmuş kompozit

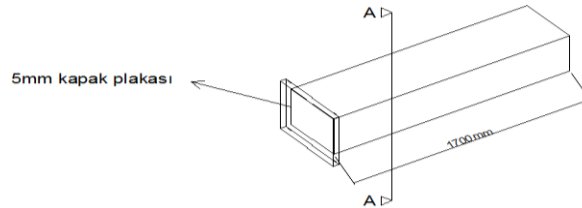
kirişe 8kg/m^3 fiber malzemesi eklenmiştir.

Tablo 3. Kratos Malzeme Özellikleri

Kratos 54/555	Karakteristik özellikler
Özgül Ağırlık(gr/cm^3)	1.14
Uzunluk(mm)	54
Çap(mm)	0.55

3.4. Kompozit kirişin hazırlanması

120x80 kutu profiller 3 mm kalınlığında 1700 mm uzunluğunda fabrika ortamında imal edilmiştir. Kesim profil testeresi ile ölçüm kontrolü yapılarak hazırlanmış Şekil 1’de özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Kesim için imalatta kullanılan kiriş çizimi

Öncesinde hazırlanmış 120mmx80mm profillerin bir yüzeyine plaka kaynatılarak diğer ucu açık bırakılmıştır. Bu sayede numunenin içine dökülecek olan betonun içeride kalması sağlanmıştır. Kesimi bitirilen profiller kalite kontrol birimi tarafından ölçüm kontrolleri yapılarak onaylanmıştır.

4. Deneyin Yapılışı

Beton döküm tarihi üzerinden 28 gün geçmesinin ardından numuneler Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Mustafa Kazak Laboratuvarına getirilerek düzeneğe yük kaldırıcı araçlar yardımı ile yerleştirilmiştir. Çalışmada 2 adet 120mmx80mm ebadında 1700mm uzunluğunda numune kullanılmıştır.



Şekil 2. Deney düzeneği

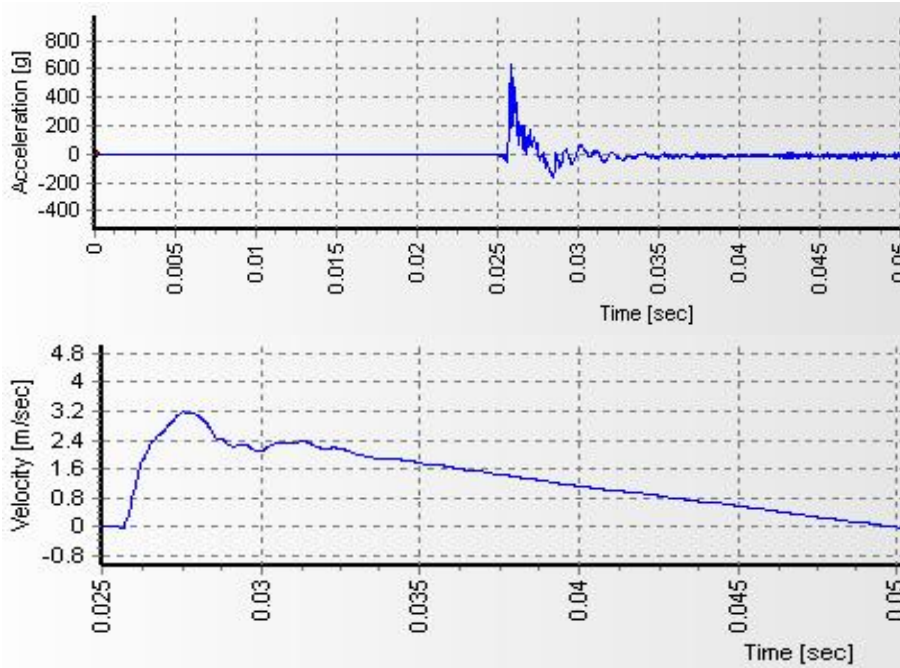
Deney sürecinde mekanizma çekici 2000mm yüksekliğe kaldırılarak sistem kaydı başlatılması ve akabinde çekicinin 2000mm den serbest düşmesi sağlanmıştır. Çekiç numuneye düştükten sonra kayıt belli bir süre sonra durdurularak veriler kayıt altına alınmıştır.

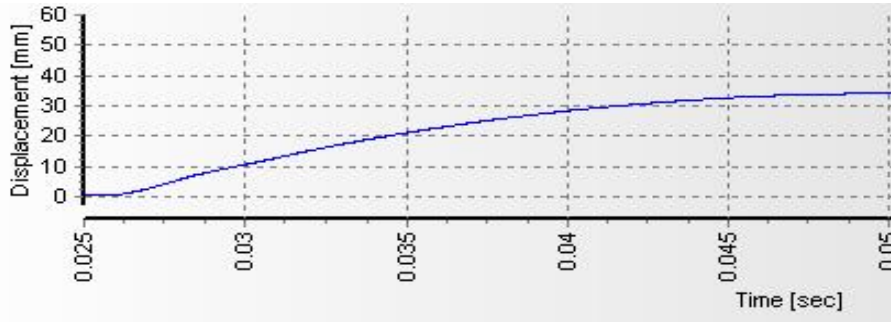
5. Deney Sonuçları

Fiber katkılı ve katkısız C25 beton sınıfına sahip kompozit kirişlerin deney sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Yapılan deneylerde 220 kg lık çekiç'in üzerinde ve kompozit numunenin orta noktasına yerleştirilmiş ivme ölçerlerden alınan ivme-zaman kayıtları Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 3. C25 beton kalitesinde fiber katkısız numune **Şekil 4.** C25 beton kalitesinde fiber katkılı numune

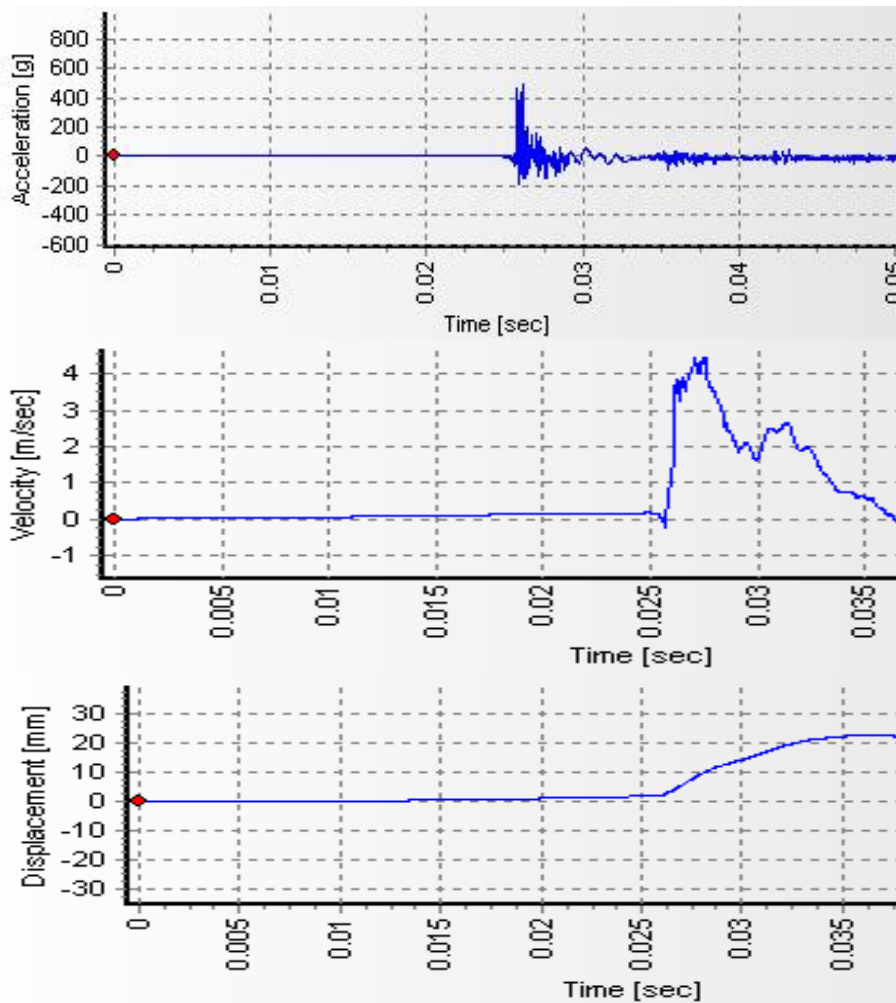




Şekil 5. C25 fibersiz kompozit elemanın ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

Siesmosignal programında ivme değerleri işlenirken belli frekans aralığında filitreleme yapılmıştır. Filitreleme yapılırken SAP 2000 de elde edilen frekans değerleri kullanılmıştır. Etkin kütle oranı %90 ve üstünde olan frekans değerleri dikkate alınmıştır.

C25 beton sınıfına fiber malzemesi eklenmemiş profil için Seismosignal programı kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 6. C25 fiberli kompozit elemanın ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

Çalışma sırasında uygun frekans aralıkları işlenmiş ve gerekli filtrelemeler yapılmıştır. C25 beton sınıfına fiber malzemesi eklenmiş profil için Seismosignal programı kullanılarak elde edilen grafikler Şekil 6’de gösterilmiştir.

6. Sonuç ve Öneriler

C25 beton sınıfına ait metreküp başına 8kg Kro-Tas Macro Fiber malzemesi eklenmiş profil ile C25 beton sınıfı bulunan fiber malzeme eklenmemiş profil için ivme-zaman, hız-zaman ve konum zaman grafikleri çizilmiştir. Deney sonucunda karşılaştırma yapılabilmesi adına yer değiştirme miktarlarına karşılaştırılmıştır.

C25 betona 8kg/m^3 fiber ekli profil için deplesman 21mm iken C25 fibersiz beton ile doldurulmuş profil için deplesman 34mm'dir. Fiber malzemesi deplesman değerinde %60'lık deplesman azalması sağlamıştır. Yapılan çalışmada fiber malzemesinin beton malzemesine sağladığı tokluk ile yer değiştirmenin azaldığı tespit edilmiştir.

Teşekkürler

Kord-Sa Şirketine, Candan Makine şirketlerine çalışmama verdikleri destekten dolayı teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına teşekkür ederim.

Referanslar

- [1] Liew, Richard JY, Sohel KMA, and Koh CG. Impact tests on steel–concrete–steel sandwich beams with lightweight concrete core. *Engineering Structures* 2009;31-9:2045-2059.
- [2] Wang, Rui, Lin-Hai Han, and Chuan-Chuan Hou. Behavior of concrete filled steel tubular (CFST) members under lateral impact: Experiment and FEA model. *Journal of Constructional Steel Research* 2013;80:188-201.
- [3] Zeinoddini M, Parke GAR, and Harding JE. Axially pre-loaded steel tubes subjected to lateral impacts: an experimental study. *International Journal of Impact Engineering* 2002;27-6:669-690.
- [4] Deniz, Mehmet Emin, et al. Environmental effect on fatigue life of glass–epoxy composite pipes subjected to impact loading. *Composites Part B: Engineering* 44.1 2013:304-312.
- [5] Anil, Özgür, et al. Investigation of the impact behavior of steel and composite pipes with protective layer. *Structural Concrete* 2017.
- [6] Alam, Iftekharul MD, Sabrina Fawzia, and Xuemei Liu. Effect of bond length on the behaviour of CFRP strengthened concrete-filled steel tubes under transverse impact. *Composite Structures* 2015;132:898-914.
- [7] Makarem, Fadi Shaker, and Farid Abed. Nonlinear finite element modeling of dynamic localizations in high strength steel columns under impact. *International Journal of Impact Engineering* 2013;52:47-61.
- [8] Selvi, M, Beton dayanımındaki değişimin çarpma dayanımına olan etkisinin deneysel ve sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi, Y. lisans tezi G. Ü. Fen bilimleri Enstitüsü 2008, Ankara.
- [9] Karataş, S., Ağır vasıta çarpmalarına dayanıklı geçiş otokorkulukları: bir çelikten – betona geçiş otokorkulugu tasarımı ve analizi, Y. Lisans tezi Mustafa Kemal Ü. Fen bilimleri Enstitüsü 2010, Hatay.
- [10] Fujikake, Kazunori, Bing Li, and Sam Soeun. Impact response of reinforced concrete beam and its analytical evaluation. *Journal of structural engineering*

2009;135.8:938-950

[11] Kantar, E, Arslan Addussamet, and Anıl Özgür . Beton dayanımındaki değişimin çarpma davranışına etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 2011: 26.1.