

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ORANDA FİBER KATKILI BETONLA  
DOLDURULMUŞ ÇELİK KUTU ELEMANLARININ DARBE  
YÜKÜ ETKİSİ ALTINDA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yunus Emre YAZICI**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Elif AĞCAKOCA**

**Ekim 2017**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ORANDA FİBER KATKILI BETONLA  
DOLDURULMUŞ ÇELİK KUTU ELEMANLARININ DARBE  
YÜKÜ ETKİSİ ALTINDA İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Yunus Emre YAZICI

Enstitü Anabilim Dalı

:İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 05.10.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


Doç. Dr. Seval  
PINARBAŞI  
Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Elif  
AĞCAKOCA

Üye  


Yrd. Doç. Dr. Elif BORU

Üye  


## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Yunus Emre YAZICI  
10.10.2017

## TEŞEKKÜRLER

Öncelikle tezimin her aşamasında bana bilgi ve tecrübesiyle desteğini esirgemeyen, çalışmalarımın her aşamasında yanımda bulunan, kişilik, azim ve çalışkanlığı ile kendime örnek aldığım çok değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Elif AĞCAKOCA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarımda bana bilgi ve tecrübesiyle desteğini esirgemeyen, kendisinden çok şey öğrendiğim ve aynı ortamda çalışma fırsatı yakalayabildiğim çok değerli Murat AĞCAKOCA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi yüksek lisans eğitim sürecinde de yanımda olan ve maddi, manevi desteğini göstermiş değerli aileme sevgilerimi sunarım.

Kratos GLO.END.İP. Ve Kordbezi San. Ve Tic. A.Ő. Candan Makine şirketlerine tezime verdikleri destekten dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2017-50-01-020) teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY .....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	11
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	4
2.1. Çelik Yapı Elemanlar İçin Yapılmış Çalışmalar.....	4
2.2. Betonarme Yapı Elemanlar İçin Yapılmış Çalışmalar.....	6
2.3. Fiber Malzemesine Genel Bakış .....	10
BÖLÜM 3.	
KOMPOZİT KİRİŞLER .....	13
3.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Kiriş ve Tasarımı .....	20
BÖLÜM 4.	
DENEYSEL ÇALIŞMA .....	21
4.1. Malzeme Özellikleri.....	24
4.1.1. Betonun malzeme özellikleri.....	24

4.1.2. Çeliğin malzeme özellikleri .....	27
4.1.3. Fiber malzemesinin özellikleri.....	27
4.2. Deney Düzenine Hazırlanması.....	28
4.3. Deney Mesnetlerinin Hazırlanması.....	29
4.4. Deney Kirişlerinin Hazırlanması.....	40
4.4.1. Kompozit kirişin hazırlanması.....	40
4.4.2. Fiber malzeme ile beton karışımı hazırlanması .....	41
4.5. Kompozit Kiriş Deneyi .....	44
BÖLÜM 5.	
DENEY SONUCUNDA GÖZLEMLENEN VE ELDE EDİLEN DEĞERLER ....	50
5.1. Numunelerde Darbe Etkisi Sonucu Oluşan Deformasyonlar.....	50
5.2. Numunelerde Darbe Etkisi Sonucu Oluşan İvme-Zaman Grafikleri .....	63
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	77
6.1. Beton Sınıfına Göre Görsel Olarak Numunelerin Darbe Deneyine Göstermiş Oldukları Tepkiler .....	77
6.2. Beton Sınıfına Göre İvme-Zaman Grafiklerinden Yararlanarak Numunelerin Darbe Deneyine Göstermiş Oldukları Tepkiler .....	79
6.3. Fiber Malzemesinin Düşeyden Gelen Darbe Yüklerine Etkisi.....	82
6.4. Çalışma Ekseninin Düşeyden Gelen Darbe Yüklerine Etkisi .....	84
KAYNAKLAR .....	86
ÖZGEÇMİŞ .....	88

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Cismin kesit alanı
E	: Elastisite modülü
E <sub>c</sub>	: 28 günlük elastisite modülü
F	: Frekans
F <sub>ck</sub>	: Betonun karakteristik çekme dayanımı (MPa)
F <sub>ctd</sub>	: Çelik kopma dayanımı (MPa)
F <sub>su</sub>	: Beton basınç dayanımı (MPa)
F <sub>u</sub>	: Minimum çekme gerilmesi (MPa)
F <sub>ue</sub>	: Efektik çekme gerilmesi (MPa)
F <sub>y</sub>	: Minimum akma dayanımı (MPa)
F <sub>yd</sub>	: Tasarım dayanımı (MPa)
F <sub>ye</sub>	: Efektik akma dayanımı (MPa)
F <sub>yk</sub>	: Karakteristik akma dayanımı (MPa)
H	: Kesit yüksekliği
M	: Cismin kütlesi
$\nu$	: Poisson oranı
V	: Hacim
T	: Periyot

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Hazırlanan kompozit giriş çizimi.....	20
Şekil 4.1. Labaratuvardaki darbe düzeneği.....	23
Şekil 4.2. Beton numunelerin kalıpları.....	26
Şekil 4.3. Alınan dokuz adet beton numunesi.....	26
Şekil 4.4. Deney düzeneğinin çizimi.....	29
Şekil 4.5. Mesnetlerin birinci bölüm çizimi.....	30
Şekil 4.6. Mesnetlerin ikinci bölüm çizimi.....	31
Şekil 4.7. İmalatı yapılan mesnet parçasının birinci kısmı.....	32
Şekil 4.8. İmalatı yapılan mesnet parçasının ikinci kısmı.....	32
Şekil 4.9. İmalatı yapılan mesnet parçasının üçüncü kısmı.....	33
Şekil 4.10. İmalatı yapıp monte edilen mesnet.....	33
Şekil 4.11. Labaratuvardaki yeni konumuna getirilen mesnetler.....	34
Şekil 4.12. Labaratuvardaki yeni konumuna getirilen mesnetler.....	35
Şekil 4.13. Deneye hazır hale getirilmiş düzenek.....	36
Şekil 4.14. Numune üzerine monte edilmiş ivme ölçerler.....	37
Şekil 4.15. Çalışmada kullanılan datalogger.....	38
Şekil 4.16. Seismosignal filtreleme örneği.....	40
Şekil 4.17. Kesim için imalatta kullanılan giriş çizimi.....	41
Şekil 4.18. 1kg'lık paketler halinde fiber malzeme.....	42
Şekil 4.19. 1kg'lık suda eriyebilen paketlerdeki malzeme içeriği.....	43
Şekil 4.20. Kesimi bitirilen profiller.....	43
Şekil 4.21. Kesimi bitirilen profiller.....	44
Şekil 4.22. Numunelerin deney düzeneğine sabitlenmesi.....	45
Şekil 4.23. Düzenek bilgisayar ortamına gerekli aparatlarla bağlanmıştır.....	46
Şekil 4.24. İvme ölçerler profile sabitlenen somunlara monte edilmiştir.....	47
Şekil 4.25. İvme ölçerlerin kontrolü.....	48
Şekil 5.1. Deney sırasında hasar alan mekanizma.....	50



Şekil 5.2. C2MİD deformasyon gösterimi.....	51
Şekil 5.3. C20T deformasyon gösterimi .....	52
Şekil 5.4. C20D deformasyon gösterimi.....	53
Şekil 5.5. C2MİT deformasyon gösterimi.....	54
Şekil 5.6. C2MAT deformasyon gösterimi.....	55
Şekil 5.7. C2MAD deformasyon gösterimi .....	56
Şekil 5.8. C25D deformasyon gösterimi.....	57
Şekil 5.9. C25MİD deformasyon gösterimi .....	58
Şekil 5.10.C25MAD deformasyon gösterimi.....	59
Şekil 5.11.C30D deformasyon gösterimi.....	60
Şekil 5.12.C30MİD deformasyon gösterimi .....	61
Şekil 5.13. C3MAD deformasyon gösterimi.....	62
Şekil 5.14. CBO deformasyon gösterimi .....	63
Şekil 5.15. C2MİD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri.....	64
Şekil 5.16. C20T ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri .....	65
Şekil 5.17. C20D ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikler.....	66
Şekil 5.18. C2MİT ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri .....	67
Şekil 5.19. C2MAT ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikler.....	68
Şekil 5.20. C2MAD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri .....	69
Şekil 5.21. C25D ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri.....	70
Şekil 5.22. C25MİD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri.....	71
Şekil 5.23. C25MAD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri .....	72
Şekil 5.24. C30D ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri.....	73
Şekil 5.25. C30MİD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri.....	74
Şekil 5.26. C3MAD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri .....	75
Şekil 5.27. CBO ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri.....	76
Şekil 6.1. CBO ve C30D numune deformasyon durumları .....	77
Şekil 6.2. C25D ve C20D numune deformasyon durumlar .....	78
Şekil 6.3. CBO, C30D, C25D, C20D numunelerine ait ivme-zaman grafikleri....	79
Şekil 6.4. CBO, C20D, C25D, C30D numunelerine ait maksimum ivme değerleri	79
Şekil 6.5. CBO, C30D, C25D, C20D numunelerine ait konum-zaman grafikleri...	80

Şekil 6.6. CBO, C20D, C25D, C30D numunelerine ait maksimum deformasyon değerleri.....	81
Şekil 6.7. C20MAT ve C20MİT numunelerine ait ivme-zaman grafikleri.....	82
Şekil 6.8. C20MAT, C20MİT numunelerine ait maksimum ivme değerleri.....	83
Şekil 6.9. C20MAT ve C20MİT numunelerine ait konum-zaman grafikleri .....	83
Şekil 6.10. C20MAT, C20MİT numunelerine ait maksimum deplasman değerleri	84
Şekil 6.11. C20D ve C20T numunelerine ait konum-zaman grafikleri .....	85
Şekil 6.12. C20D, C20T numunelerine ait maksimum deplasman değerleri.....	85

## **TABLULAR LİSTESİ**

Tablo 4.1. Deneyde kullanılan numunelerin isimlendirilmesi .....	22
Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan beton sınıfları için laboratuvar sonuçları .....	25
Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan çelik için laboratuvar sonuçları .....	27
Tablo 4.4. Fiber malzeme özellikleri .....	28

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Fiber, kutu profil, beton, darbe, kompozit kiriş

Çelik malzemesi günümüzde en yaygın kullanılan malzeme türüdür. Ülkemizde 2000’li yıllara kadar yapılarda kompozit yapı elemanımı yaygın değildi. Günümüzde ise kompozit malzemelerin gelişim süreci beraberinde yapı tasarımlarını daha hafif, daha mukavemetli ve ekonomik modelleme imkânı sağlamıştır.

Çelik yapıların avantajları arasında daha hafif olmaları sebebiyle deprem etkisinde doğan kuvvetlere daha az maruz kalmaları, sağlam olmaları, üretim ve montaj aşamasında işçilik ve zamandan kazanç sağlamaları, farklı konstrüksiyon sistemlerinde uygulanabilir olmaları, defalarca sökülüp tekrar monte edilebilmeleri, uzun ömürlü olmaları, çeliğin %100 geri dönüştürülebilir olması ve bu işlemin kaç kez yapılırsa yapılsın çeliğin özelliğini kaybetmediği, çevreye zarar vermediği bilinmektedir.

Bu çalışmanın genel amacı kompozit kirişlerin darbe gibi anlık yükler karşısındaki davranışını tespit edebilmektir. Yapıda ani darbe etkisine yönelik ülkemiz genelinde herhangi bir şartname bulunmamakta TSE ve 2007 Deprem Yönetmeliği de bu konuda bilgi içermemektedir. Bu çalışma yapıların karşılaşılabileceği darbe yüklemesi durumu ile ilgili bilgi içermektedir. Bu sebeple yapılan çalışma ulusal ve uluslararası platformda aydınlatıcı olacaktır.

Çalışmada farklı parametreler kullanılarak darbe kuvveti karşısında davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışmada farklı beton sınıfları, farklı oranlarda fiber malzemesi kullanılarak numuneler üzerinde zayıf ve güçlü eksende yüklemeler yapılmıştır. Yükleme sonucu elde edilen veriler kullanılarak çeşitli yardımcı programlar ile ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafiklerine ulaşılmıştır. Elde edilen veriler ile karşılaştırmalar yaparak sağlıklı sonuçlara ulaşılmıştır.

# **INVESTIGATION OF THE EFFECT OF IMPACT LOAD ON STEEL BOX ELEMENTS FILLED WITH FIBER CONCRETE AT DIFFERENT RATIOS**

## **SUMMARY**

Keywords: Fiber, box profile, concrete, impact, composite beam

Steel is the most widely used construction material today. In our country until 2000s, the composite construction method was not common nowadays the development process of the composite materials is accompanied with the lighter, more durable and economical modeling of the structural designs.

The advantage of steel constructions is that they are less exposed to earthquake-induced forces, they are robust, they have labor and time gains in production and assembly stages, they are applicable in different construction systems, they can be disassembled and reassembled many times and they are long lasting. Steel is recyclable and it is known that the number of times this process is done does not change the characteristics of steel and does not harm the environment.

The purpose of this study is to be able to determine the behavior of composite beams in relation to instant loads such as impact. Calculations were done taking into account the fixed and moving loads in the project calculations up to the sun. However, in the case of no sudden impact in our country, there are no specifications in our country and TSE and 2007 Earthquake Regulation do not give information on this issue. This study contains information on the state of impact loading that the structures may encounter. The work done for this reason will be enlightening on national and international platforms.

In the study, behaviors against impact force were investigated by using different parameters. The study was conducted on different concrete classes, different proportions of fiber material using weak and strong axial loads on the samples. By using the obtained result, graphs of acceleration-time, velocity-time and position-time are reached with various utilities program. True results have been Achieved by comparing with the obtained data.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Günümüzde darbe etkisinin yıkımını, yaşanan kazalar ve doğal afetler sonucunda görebilmekteyiz. Darbe etkisinde yapı elemanlarının davranışını inceleyip tespit edebilmek ve tasarım aşamasında bu bilgileri kullanarak modelleme yapmak can ve mal güvenliğinin korunmasında etkili olacaktır.

Halkın yerleşim alanına göre darbe etkisi büyük bir tehdit unsuru haline gelebilmektedir. Yerleşkenin çığ düşme ihtimali bulunan bölgelere kurulması halinde yapıların darbe etkisine her an maruz kalma riski bulunmaktadır. Bu bölgelerde kurulan yapıların tasarımında bu etkinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Günümüzde özellikle kar yağışının yoğun olduğu bölgelerde çığ düşmesi sonucu yaşanan can ve mal kayıplarına rastlanmaktadır. Bu olumsuz durum göz önüne alındığında bu bölgelerde yapılacak olan tasarımların bütün riskler değerlendirilerek ciddiyle yapılması gerekmektedir.

Darbe etkisi doğal afet sonucunda oluşabileceği gibi insan kontrolündeki araçlar vasıtasıyla da gerçekleşebilmektedir. Bu duruma, çelik bir köprüye seyir halindeki uçağın düşme riski örnek verilebilmektedir. Bu tür olayların yaşanma ihtimali düşük olsa dahi can güvenliği adına her risk değerlendirilmelidir. Bu yüzden tasarımlarda, darbe etkisi sonucu yapıda çökme olacaksa dahi en azından insanların tahliye edilebileceği gerekli süreyi kazandırmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Darbe etkisinin etkili olduğu bir diğer alanı madencilik sektörü oluşturmaktadır. Tüneller ve maden hatları inşa edilirken tasarımlarında birçok parametre söz konusudur. Bu parametrelerin dışında tasarım sürecinde dikkate alınması gereken bir diğer etken ani darbe etkisidir. Bu darbe etkisi toprak hareketleri ve maden

İçerisinde ki patlamalar gibi etkiler ile doğabileceğinden dikkate alınması gereken ciddi bir tehdittir.

Darbe etkisinin etkili olduğu durumlardan biri de patlamalardır. Patlama etkisi genelde üretim tesislerinde ve askeri alanlarda gerçekleşmektedir.

Darbe etkisi karada olduğu kadar denizde de etkili olabilmektedir. Çelik bir köprünün ayaklarına ağır deniz ulaşım araçlarının çarpması oldukça olası bir durumdur.

Kapasitesi bakımından birçok insanın toplu olarak kullanabildiği stadyumlar olası bir göçme anında birçok can kaybının yaşanabileceği alanların başında gelmektedir. Bu alanlarda insanların toplu olarak senkronize bir şekilde zıplamaları, üzerinde durdukları stadyum döşemesine darbe etkisi uygulayabilmektedir. Bu gibi durumlarda yapı elemanlarının taşıma kapasitesi aşılabilmekte ve sonucunda göçme meydana gelebilmektedir.

Türk Yapısal Çelik Derneği 2013'te yapmış olduğu değerlendirmede Türkiye'nin demir çelik üretiminde dünyada sekizinci sıraya yerleşmiş olduğunu belirtmiştir bu sonuç ülkemizde çeliğe verilen önemi göstermektedir. Bu durum Türkiye de çelik yapıların artmasını beraberinde getirmiştir. Bu sebeple bu kadar yaygın kullanılan bu yapı malzemesini daha iyi tanımak bir ihtiyaç haline gelmiştir [1].

Korozyon, malzemenin bulunduğu ortamda çeşitli kimyasal reaksiyonlar gösterebileceği maddeler ile tepkimeye girerek yapısında fiziksel ve kimyasal değişimler göstermesidir. Bu kimyasal reaksiyonların tepkimesi sonucunda yapı elemanında kesit kaybı oluşturmaktadır. Yapıların korozyon ve yanlış tasarımları yanı sıra eksik detaylandırmalar sonucu teorikte hesaplanmış olan taşıma kapasitesine ulaşamayan durumlar mevcutken buna ilave olarak darbe etkisinin oluşumu yapılara ciddi hasarla verebilmektedir.

Tüm bunlar değerlendirildiğinde tasarlanacak yapı modelinde, yapı elemanlarının darbe etkisine maruz kalması öngörülen bölümlerinin tasarımı ciddiyle yapılmalıdır.

Bu çalışmanın amacı kompozit yapıya sahip kirişlere farklı parametreler dahilinde darbe etkisi uygulayarak kirişlerde oluşan etkiyi gözlemleyebilmektir. Uygulama farklı beton sınıfları, farklı oranlarda fiber ve uygulama yapılacak profillerde farklı çalışma eksenini kullanılarak parametrelerin darbe etkisine tepkisi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan beton sınıfları C20, C25 ve C30 olarak belirlenmiştir. Bir diğer parametre olan fiber malzemesi betonarme bir yapı elemanındaki donatı alternatifi olarak görülmektedir. Kullanımındaki amaçları arasında çatlak oluşumunu engellemesi, korozyon problemine çözüm olması, ağırlık tasarrufu ve bir miktar tokluk vermesidir.

Çalışmada izlenen yol farklı beton sınıflarına, farklı oranlarda fiber malzemesine ve farklı eğilme rijitliğine sahip kompozit kirişlere darbe yükü uygulayarak yardımcı ekipmanlar vasıtasıyla ivme-zaman değerleri elde edilip bu verilerin bilgisayar ortamına aktarılması ve işlenmesi ile elde edilen deformasyon miktarları her numune için karşılaştırılmıştır.



## **BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

Dünyada darbe etkisi yoğun gündemi olan bir konudur bu yüzden bu alanda birçok çalışma mevcuttur. Farklı çalışma alanları ile darbe etkisini daha iyi inceleme fırsatı oluşmaktadır. Bu çalışmalar betonarme ve çelik yapılar için hayati önem taşımaktadır. Günümüzde yapı modellerinin oluşturulmasına bu çalışmalar katkı sağlamaktadır.

### **2.1. Çelik Yapı Elemanlar İçin Yapılmış Çalışmalar**

Richard yaptığı deneysel çalışmada aynı geometrideki değişen kanca bağlantılı yapma kirişlerde çelik malzemesinin davranışının tespiti için bir deney düzeneği oluşturmayı amaçlamıştır. Ayrıca deneylerde farklı kütleli cisimleri serbest düşmeye maruz bırakarak değişen hızlarda çelik malzemesinin davranışını incelemiştir [2].

Wang, Han ve Hou çalışmalarında beton dolgulu çelik borulara yanal etki ile darbe etkilenmesi konusunu ele almışlardır. Çalışma halka açık köprüler, iskeleler gibi insan topluluğunun büyük bir çoğunluğunu içeren yapıları kapsamaktadır. Çalışmalarında eksenel yüke maruz kalan yapı elemanına yanal doğrultuda darbe yükü uygulanmıştır [3].

Zeinoddini, Harding ve Parke yaptığı çalışmada farklı eksenel yüke maruz numunelere merkezlerine gelecek şekilde darbe yükü uygulamıştır. Yapılan çalışma sonucunda çelik silindireler üzerine yapılan ön yüklemenin yanal eğilme kapasitesi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır [4].

Deniz tez çalışmasında dört farklı çap ve yaklaşık 1,75 mm et kalınlığına sahip kompozit borularda deniz suyunun darbe davranışına ve darbe sonrası basınç

mukavemeti etkisini incelemiştir. Deney numuneleri 3, 6, 9 ve 12 ay deniz suyunda bekletildikten sonra Fractovis Plus darbe test cihazı kullanılarak oda sıcaklığında 15J, 20J ve 25J darbe enerjilerinde darbe testlerine maruz bırakılmıştır. Darbe testlerinin akabinde, temas kuvveti-zaman, temas kuvveti-çökme, temas kuvveti-deniz suyunda bekletilme süresi, absorbe edilen enerji-deniz suyunda bekletilme süresi, maksimum çökme-deniz suyunda bekletilme süresi ve temas süresi-deniz suyunda bekletilme süresi üç farklı darbe enerjisi için oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra darbe öncesi ve darbe sonrası aksenal basınç testleri Universal Shimazdu AG-X test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testlerden sonra basınç mukavemeti-deniz suyunda bekletilme süresi grafikleri elde etmiştir. Çalışmasının sonucunda hasar alanının numunenin çapının artmasıyla azaldığını bulmuştur [5].

Gezer çalışmasında farklı şekillerde tasarlanmış tabakalı koruyucu bariyer tipi yapıların darbe kuvvetlerine karşı etkinliğinin ve enerji sönümleme yeteneğini araştırmıştır [6].

Alam, Fawzia ve Liu çalışmalarında altı adet numune hazırlamıştır. Bu numunelerin birisini, CFST beş tanesini, CFRP ile güçlendirmişlerdir. Bu numuneler 107mm dış çaplı ve 3.5mm et kalınlıkla boru profillerden oluşmaktadır. Numunelerin 3 boyutlu modellemeleri yapılarak numunelere darbe etkisi uygulanmıştır. Darbe etkilerinin sayısal verilerle doğrulanabilmesi için ABAQUS modellemeler yapılmıştır [7].

Makarem, Abed çalışmalarında yüksek mukavemetli 686 MPa akma dayanımına sahip çelikten yapılmış ve çarpaz darbeye maruz aksenal olarak önceden yüklenmiş kolonlarda doğrusal sonlu elemanlar analizi yapmışlardır. Yüksek mukavemetli çeliğin düşük ve yüksek şekil değiştirme hızlarında ve sıcaklıklarda termoviskoplastik tepkisi de fiziksel olarak yapılandırılmış bir yapısal model kullanılarak araştırmıştır. Darbe hızının etkisi, çarpma kuvveti kütlesi, darbe yeri ve ön-çelik kolonların konumlandırma üzerine yükleme koşullarında da malzeme davranışını araştırmışlardır [8].

Günümüzde çelik yapı elemanlarının kullanımı yaygınlaştığı için darbe etkisinde çelik yapı elemanlarının davranışının incelenme gereksinimide artmaktadır. Çelik yapı elemanlarının dinamik ve statik yüklerin etkisi altında davranışı ile ilgili çokça çalışma vardır. Kirişlerde farklı kalitede çelik malzeme kullanılarak kirişin dayanımı belirlenebilmektedir. Ancak çarpma veya darbe gibi anlık impuls etkileri altında çelik malzemesinin gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi diğer yükler altında olduğundan farklı olarak gelişmektedir (Murtiadi and Marzouk, 2001). Bu durum dikkate alındığında, çelik kirişlerde çarpma davranışının belirlenmesi için farklı tipte deney düzeneklerinin kurulması, çarpmaya ait yük-deplasman ve mukavemet değişimlerinin incelenmesi, kirişin gerilme-şekildeğiştirme davranışının incelenmesi, ayrıca çatlak mekanizmasının tespiti ve ilerleme sürecine ait farklı tipte çalışmalar bulunmaktadır. Bunun yanı sıra bu çalışmalarda farklı hız-ivme ve mesafelerden düşme etkisi yapılarak malzeme davranışı incelenebilmektedir.

## **2.2. Betonarme Yapı Elemanlar İçin Yapılmış Çalışmalar**

Beton, kullanıldığı alanlarda kullanım ömrü boyunca çok çeşitli yüklere maruz kalmaktadır. Malzemelerin maruz kaldığı bu yükleri genel anlamda statik ve dinamik yükler olarak ikiye ayırabiliriz. Bunlara ilave olarak birde darbe etkisi söz konusudur.

Abbasa, Guptab ve Alamc darbe etkisi altındaki betonarme kirişte, betonun kırılma ve çeliğin akma özelliği arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Literatürdeki sonuçların deney sonuçları ile uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Deney numunesi sonlu elamanlar kullanılarak modellenmiştir [9].

Selvi hazırladığı deney programında 10 adet dikdörtgen kesitli beton kirişe, farklı yüksekliklerden sabit ağırlıklı olan kütle ile serbest düşme hareketi vasıtasıyla darbe etkisi oluşturmuştur. Kiriş numunelerin 5 tanesi normal dayanımlı, 5 tanesi ise yüksek dayanımlı betondan üretilmiştir. Dayanımlardaki değişimler çekiç düşme sayısını, deplasmanları, ivme değerlerini ve göçme mekanizmasını etkilemiştir. Bu deneysel çalışma sonunda elde ettiği çatlak ilerlemesi ile göçme şeklinin ABAQUS

sonlu elemanlar yazılımı ile modellemesini yapmıştır. Deney sonucunda yüksek dayanımlı numunelerde düşmeden sonra çekiç zıplamasının daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Çatlakların şekil ve ilerleyişleri dikkate alındığında, yüksek dayanımlı numunelerde oluşan çatlak açılarının dik açığa daha yakın olduğu gözlenmiştir. Diğer taraftan normal dayanımlı numunelerde çatlak açıları dik açıdan daha uzaktır yani eğiklik açıları yüksek dayanımlı numunelerdeki açılardan fazladır. Bu sonuca bağlantılı olarak, yüksek dayanımlı numunelerde göçme şekilleri incelendiğinde, göçmenin hemen hemen dik bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir. ABAQUS sonlu eleman programı ve yapılan deneysel sonuçlarda çatlağın oluşturduğu hat ve geliştiği eğri deplasmanlar kullanılarak çizilen eğrilerde benzerlik gösterdiği tespitini yapmıştır [10].

Karataş yaptığı çalışmada 2000 kg'lık araca göre geliştirilmiş geçiş oto korkuluk modeli, 30000 kg'lık ağır vasıta çarpmalarına karşı dayanıklı hale getirmek için geliştirilmektedir. Doğruluğu kanıtlanmış olan geçiş oto korkuluk modeli ile 30000 kg'lık ağır vasıta modeli bilgisayar ortamında karşılaştırılmaktadır. Ağır vasıta yetersiz ray yüksekliğinden ötürü bariyer üzerine çıkmaktadır. Bu geçiş oto korkuluğunun çarpma performansını arttırmak için ray yüksekliği 810 mm'den 1050 mm'ye yükseltmek istenmektedir. Bu amaçla mevcut tasarıma bir ilave ray parçası eklenmiştir. Daha sonra yapılan simülasyon sonuçlarında geliştirilmiş geçiş oto korkuluğu sisteminin ağır vasıtayı güvenli bir şekilde yönlendirdiği görülmektedir. Dolayısıyla 30000 kg'lık ağır vasıtalar için geçiş oto korkuluğunun minimum 1050 mm ray yüksekliğine sahip olması önerilmiştir [11].

Fujikake, Li ve Soeun çalışmalarında, on iki kiriş örneği üzerinde bir darbe testi yapmışlardır. Düşey yükseklik ve boyuna donatı takviye miktarının kirişlerin darbe tepkileri üzerindeki etkisini araştırmışlardır [12].

Atou, Sano, Katayama ve Hayashi yaptıkları çalışmada, yüksek hızlı mermilerden darbe etkisiyle betonarme kolonların aldığı hasarları değerlendirmeye çalışmışlardır. Test numuneleri olarak, 1/10 ölçekli kolonlar (100 x 100 x 280 mm) esas olarak kullanılmıştır. Mermi, 9,54 mm çapında kürelerden oluşmuştur. (Sırasıyla 1/20 ve

1/5 ölçekli modeller için 5 ve 19 mm küreler kullanılmıştır.) Mermi, tek aşamalı itici tabancayla ve iki aşamalı hafif gaz tabancasıyla 0,53 1,76 km / s hızla atılmıştır. Ayrıca, 1/5 ve 1/20 ölçekli simülasyon modellerle karşılaştırarak değerlendirildi. Burada darbe etkisini oluşturan kütlelerin hızını ve darbe etkisine maruz kalan kütlelerin davranışını incelemiş çarpma etkisinde hasarın kinetik enerji ile ilişkilendirileceği tespitinde bulunmuşlardır [13].

Kantar, Arslan ve Anıl 710x150x150 mm ebatlarında donatısız betonarme kiriş elemanı imal etmişlerdir. Bu elemanların 5 tanesi yüksek dayanımlı iken 5 tanesi normal dayanımlıdır. Bu numunelere düşükten yükseğe doğru serbest düşme ile yükleme yapmışlardır bu düşme yükseklikleri 300mm,350mm,400mm,450mm ve 500mm dir. Numuneler göçme etkisi gösterene kadar buna devam edilmiştir. Normal beton basınç dayanımlı birinci elemana 300 mm yükseklikten düşürülen sabit ağırlık, yüksekliği her deney elemanında 50 mm artırılarak 5. deney elemanında 500 mm değerine ulaşmıştır. Aynı yükleme programı yüksek beton basınç dayanımlı deney elemanı serisinde de uygulanmıştır. Bu çalışmada betonarme kiriş elemanların serbest düşme çarpma etkisi altında davranışları incelenmiştir. Çalışma ile serbest düşme yüksekliği beton kalitesi gibi parametrelerin incelenmesi işlemi yapılmıştır. Çalışmada deney elemanlarını göçmeye götüren düşme sayısı, ivme, hız, deplasman zaman değerleri, enerji kapasiteleri, çatlak şekli ve çatlak gelişimi incelenmiştir [14].

Cotsovos betonarme bir kirişin orta noktasından darbe yüküne maruz kalmış bir sistem kurmuştur. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler literatür ve sonlu elmanlar metodu ile doğrulanmıştır [15].

Cömert çalışmasında betonarme yapıların patlamalar karşısındaki performanslarının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında da patlama etkilerinin sonuçlarını gözlemlemiştir [16].

Rezaei iki grup betonarme kirişe yanal yükler uygulayarak davranışlarını gözlemlemiştir. Kirişlerin taşıma kapasitelerini kırılma yüklerini belirlemiştir. Kirişlerin büküleceği ya da kırılacağı yüklemeler yaparak gözlemlerde bulunmuştur.

Bunun yanı sıra çatlakların hangi noktalarda oluştuğunu gözlemlemiştir. Kirişlerde donatı kullanarak darbe etkisi altında tepkilerini belirlemek için birtakım testler de bulunmuştur [17].

Shakir, Guan ve Jones çalışmalarında beton dolgulu çelik boru elemanlar kullanmış bunlar üzerinde darbe etkisini araştırmışlardır. Deneplerinde CFRP malzemesi kullanarak bunların dayanıma etkisini araştırmışlardır. Çelik boru uzunluğunun, çarpma kuvvetinin konfigürasyonunun, beton tipi ve lokal güçlendirmenin dinamik tepki üzerindeki etkisi üzerine çalışmışlardır. Numunelerin göçmeye zorlanması için gereken kuvvet CFRP güçlendirmesi yapılarak kısa orta ve uzun borular için sırasıyla %217, %182, %158 oranında artması sağlanmıştır [18].

Özbaşaran çalışmasında; aralarında boşluk bırakılmamış ya da yetersiz boşluk bırakılmış yapıların deprem sırasında farklı davranmaları sonucu meydana gelen yapısal çarpışmaları incelenmiştir. 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ve 20 katlı yapı modelleri üretilerek bu yapıların serbest salınım halinde yapacakları yer değiştirmeler hesaplanmış ve çarpışma simülasyonları yapılmıştır [19].

Kantar çalışmasında 5 adet normal ve 5 adet yüksek dayanımlı betondan üretilen 10 adet dikdörtgen kesitli beton kiriş test etmiştir. Deney elemanları CFRP şeritler ile güçlendirilmiş ve farklı yüksekliklerden düşürülen sabit ağırlıklı çekicinin yaratmış olduğu darbe etkisi altında test etmiştir. Deney elemanlarına 750, 700, 650, 600 ve 550 mm gibi farklı yükseklikten sabit ağırlığa ve geometriye sahip çekiç düşürülerek test yapmıştır. Deneysel çalışmada CFRP şerit genişliği, uzunluğu sabit olup incelenen değişkenler beton basınç dayanımı ve düşme yüksekliği olarak belirlemiş deney elemanlarından alınan ivme ölçümleri kullanılarak deney elemanlarının hız, deplasman ve enerji kapasiteleri hesaplamıştır. Deney elemanlarının dayanımlarındaki, çekiç düşme sayısındaki, ivme değerlerindeki ve göçme mekanizmalarındaki değişimleri incelemiş ve normal ile yüksek dayanımlı deney serilerindeki sonuçlar karşılaştırmıştır. Abaqus sonlu eleman yazılımı kullanılarak deneysel çalışma kapsamında incelenen çarpma testinin bilgisayar ortamında simülasyonu yapmış sonlu eleman analiz sonuçları deneysel sonuçlar ile

karşılaştırılarak doğrulanmış bir sonlu eleman modeli oluşturulması için çalışmalar yapmıştır [20].

Coşgun çalışmasında, bir cismin çarpmasıyla oluşan darbe yükünün betonarme plaklara etkisini analitik olarak incelemiştir. Bu incelemesinde üç farklı boyutta betonarme plak iki farklı mesnet koşulunda darbe yüküne maruz bırakmıştır. Yapılan analizler sonucunda plaklarda darbe yükleri, yer değiştirme, enerji yutma kapasiteleri ve çatlak mekanizmalarını elde etmiştir [21].

Batarlar çalışmasında altı adet 2015x2015x150 mm ebatlarında betonarme döşemeyi üç tip şekilde imal edip her tip döşemeden birini statik diğerini darbe yükü altında test etmiştir. Deneyleri gerçekleştirmek için, ideal basit mesnet koşullarını döşemelerin çevresi boyunca 20 noktada sağlayan ve darbe anında sıçramasını engelleyen bir deney düzeneği tasarlayıp imal etmiştir. Darbe deneyleri belirli kütlelerin döşemelerin orta noktalarına düşürülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Numunelerden her mesnet noktasında 20 adet yük hücresi, statik deneyler için 16 adet, darbe deneyleri için 24 adet deplasman ölçer, 6 adet ivme ölçer ve donatıların üzerine yerleştirilen 12 adet gerinim pulu sayesinde ölçüm alınmıştır. Dinamik verileri, 250000 örnek/saniye/kanal hızla yüksek hızlı veri toplama sistemi sayesinde alıp kaydetmiştir [22].

### **2.3. Fiber Malzemesine Genel Bakış**

Beton elyafı 3 boyutlu donatılendirme sağladığından mikro çatlakların oluşumunu engellemede oldukça etkilidir. Ayrıca uygulamada sünek bir beton elde edilmesi ve uygulamasının kolay olması adına piyasada yaygın kullanılmaktadır.

Fiberler günümüze yeni katılmış bir güçlendirme malzemesi değildir çok eski dönemlerde antik mısırdaki kil tuğlalarının güçlendirilmesinde kullanılmaktaydı. Günümüzde yaygınlaşan güçlendirme malzemesi fiber adına çalışmalar devam edilmektedir. Günümüzde birçok farklı fiber tipi üretilmekte ve uygulamalarda yer bulmaktadır.

Fiber, beton ile kullanımı sonucunda betona iki özellik kazandırmaktadır bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- 1.Yapısal bütünlük artmaktadır
- 2.Bükülmeye karşı esneklik kazandırmaktadır

Ayrıca fiberler uygulamada kullanılan donatıdan çok daha ucuzdur bu özelliği ile de tercih sebebi haline gelmiştir. Günümüzde çeşitli ihtiyaçları karşılama adına birçok farklı fiber üretimi yapılmaktadır. Fiber takviyeli betonun kullanım avantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. Yüksek çatlak oluşum direnci kazanmaktadır.
2. Hem maliyetin azaltılması hem de kalitenin artırılmasına adına kullanılmaktadır.
3. Kullanılan donatıya ayrı bir alternatif olabilmektedir.
4. Çelik fiber ile yapılan uygulamalarda çok daha az paslanma olmaktadır.
5. Yüksek kopma ve bükme direnci kazanmaktadır.

Günümüzde yapısal uygulamalarda kullanılan dört farklı fiber tipi vardır bunlar aşağıda gösterilmiştir:

1. Çelik
2. Plastik (Polyester, Polypropylene, Polyethylene)
3. Cam elyafı
4. Doğal Malzemeler (Ahşap selüloz elyafı, Bambu)

Çelik fiberler piyasada 5 veya 30 adet olarak birbirlerine yapıştırılmış olarak bulunmaktadır uygulamada su ile karşılaştığında çözünmekte ve homojen karışım oluşturmaktadır.

Çelik fiber genelde çatlaklar oluştuğundan sonra fayda sağlarken plastik polypropylene fiberler ise bu çatlakların oluşumunu engellemektedir.



Fiberler genel olarak uygulamada çatlak oluşunu engellemek adına kullanılmaktadır. Donatı ile geçilmesi zor olan bölümler fiberler ile rahatlıkla geçilebilmekte işçilikten ve zaman tasarruf sağlamaktadır.

### **BÖLÜM 3. KOMPOZİT MALZEMELER**

Kompozit malzeme fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklı olan iki ya da daha fazla malzeme türünün bir araya gelerek oluşturdukları çekme, basınç, yorulma gibi mekanik etkilere daha iyi dayanım gösteren malzeme türüdür. Uygulama şekli daha çok matris malzeme içerisine farklı fiziksel ve kimyasal özellik sahip diğer bir malzemenin parçacık ya da fiber olarak eklenip kür işlemi uygulanması sonucu tek bir yapı elde edilmesidir. Bu farklı malzemeler birbirleri içerisinde çözünmez ya da karışmazlar. Fiberler kompozit yapının mukavemetini artırmaya yaramaktadırlar. Matris, fiberleri bir arada tutar, yapıya rijitlik ve şekil verir, fiberler arasında gerilme ve yük aktarımını sağlar, seçilen matris malzeme özelliklerine göre kompozitin sünekliğini belirler. Matris malzemesi kullanımı tercihe göre değişmektedir yaygın olarak metal alaşımlar kullanılmakla birlikte metal alaşıma göre daha uygun olan reçineler de kullanılabilir. Kullanılan matrisin özelliği ve kullanılan fiber ile uygunluğu oluşabilecek hasar mekanizmalarına etki etmektedir. Kompozit malzemelerin tercih edilmelerindeki sebep daha hafif, daha sağlam ve ekonomik olmalarıdır. Yapının hafif olması yapı elemanlarının da o kadar az zorlanmasına anlamına geldiği için birçok yüksek katlı yapıda kompozit malzemeler kullanılmaktadır.

Uygulamada kullanılan en yaygın kompozit malzeme kombinasyonlarını; Karbon elyaf ile epoksi, cam elyaf ile poyester, ve aramid elyaf ile epoksi birleşimleri oluşturmaktadır. Kompozit malzemenin geçmişinin çok eski olmasına rağmen 1940'lı yıllarda mühendislik biliminin gelişmesiyle birlikte geliştirilen CTP (cam takviyeli plastik) günümüzde yaygın olarak kullanılan polimer esaslı kompozit malzeme türüdür. CTP ve CTP gibi diğer kompozit bileşimlerini tercih sebebi yapan sağladığı mukavemet ve hafif oluşu ile birlikte çekme, basınç, darbe, yorulma gibi etkilere yüksek mekanik özellik göstermesidir. Çeşitli plastik içerikli

malzemeleri metal, seramik ve sert polimerlerin elyafı ile güçlendirilmesi sonucu daha etkili malzemeler üretmek mümkün olmaktadır. Takviye polimer elyafın sağladığı mukavemet ve hafif oluşu, plastiğinde kolay şekil verilebilme özelliği ile oluşan bu malzeme kombinasyonu malzemeyi tercih haline getirerek kullanımını oldukça yaygınlaştırmış ve çeşitli alanlardaki kullanımlarıyla karşımıza çıkmaya başlamıştır. Bunun yanı sıra bu malzeme kombinasyonu hasarların tolere edilmesi, yorulma ve korozyona karşı direnci gibi çeşitli özellikleri ile metal malzemelere göre üstünlük sağlamaktadır.

#### a. Kompozitlerin yapısı

Kompozitler sürekli ve süreksiz olarak adlandırılan iki farklı fazdan oluşmaktadırlar. Süreksiz faza “takviye” ve sürekli faza ise “matris” denilmektedir. Lif türünün en yaygın örnekleri cam, karbon veya polimer liflerdir. Parçacık türüne örnek olarak mika ve talk verilebilmektedir. Matris kullanım amacına ve tercihe bağlı olarak genelde epoksi reçine, poliestere/stiren veya polimid türü polime kullanılmaktadır. Bu tercih uygulamadaki amaca yönelik değişmektedir çünkü kullanılan matrisler arasında kimyasal direnç ve ısıya dayanım gibi farklı parametreler bulunmaktadır.

#### b. Takviye elemanlar

Genel olarak takviye elemanlarının temel fonksiyonları rijitlik ve mukavemet sağlamak, yükün büyük bir bölümünü taşımak ve kullanılan takviye elemanına göre iletkenlik ya da yalıtım sağlamaktır.

Lif ile güçlendirilmiş kompozitlerin en yaygın kullanılanı fiberglassdır. Fiberglass, çelikten daha sağlam olmasıyla birlikte daha hafiftir. Fiberglass, yapısında bulunan lifler dizilim olarak karışık yapıdadır. Kompozit yapı elemanındaki dayanım liflerin yönüne bağlı olarak değişmektedir liflere paralel uygulanan çekmelerde dayanım oldukça artmasına karşılık lif dizilimine dik olarak yapılan çekmelerdeki dayanım lif yönüne paralel çekmelere kıyasla büyük ölçüde azalmaktadır. Kullanım alanına göre liflerin dokunmasını değişiklik göstermektedir. Yapı elemanına tek yönden ya da

birden fazla yönden gerilme uygulanması halinde lif dokuması belirlenen duruma göre değişiklik gösterebilmektedir. Tek yönde lif dokumasıyla birlikte o yönde uygulanacak gerilmelere yüksek dayanım kazandırılmaktadır.

#### c. Cam elyaflar

Cam elyafın esasını silis-kum ( $\text{SiO}_2$ ) meydana getirmektedir. Diğer bileşenler ise sodyum (Na), Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Alüminyum (Al), Baryum (Ba) ve Demir (Fe) gibi elementlerin oksitlerinden oluşmaktadır. Cam lifler plastik malzemelerin güçlendirilmesinde yaygın olarak tercih edilmektedir.

Cam elyaf üretiminde öncelikle hammaddeler elektrik fırınlarında  $1200-1500\text{ }^\circ\text{C}$  de ergitilmektedir. Sonra eriyen malzeme platin alaşımlı bir potanın tabanındaki binlerce delikten ardından bir soğutma bölümünden geçirilmektedir. Sonrasında işleme uygun olarak yerleştirilmiş bir sarma sistemi yardımıyla lifler yüksek hızlarda çekilerek 5-20 micron kalınlığında lifler elde edilmektedir. Elde edilen bu lifler demet haline getirilmeden önce bağlayıcı adı verilen bir malzemeyle kaplanmaktadır. Kullanılan bu bağlayıcının cinsi cam elyafın kompozit malzeme içerisindeki etkisini önemli ölçüde etkilemektedir. Uygulamalarda cam liflerin avantaj sağlayan iki özelliği aşağıda verilmiştir:

- 1) Camın yumuşama noktası oldukça yüksektir bu sebeple yüksek sıcaklıklara karşı dirençlidir.
- 2) Görünür ışığa karşı şeffaf olması nedeniyle kompozit matrisin rengini almaktadır.

#### d. Karbon elyaflar

Karbon lifler genellikle poliakrilonitril'in,  $1000-1500\text{ }^\circ\text{C}$  aralığında havasız ortamda ısıtılması ile üretilmektedir. Karbon liflerin uygulamada tercih edilme sebeplerinin başında boyutsal açıdan kararlı oluşları, korozyona karşı dirençli olmaları, ısı ve elektrik iletkenliklerinin yüksek olmasıdır. Uygulamadaki avantajları; boyutsal açıdan kararlı oluşları, neme ve pek çok kimyasala direnç göstermeleri ve elektriksel/

ısısal iletkenliklerinin yüksek oluşudur. Bunun yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantaj cam liflerinden olduğu gibi görünür ışığa karşı şeffaf olmaması ve kompozitin matris rengini almamasıdır. Karbon elyaflar siyah renginden dolayı kompozit matrisin rengini alamazlar. Bir diğer dezavantajı ise maliyetinin yüksek olmasıdır.

#### e. Polimer elyaflar

Polimer lifler diğer polimerleri güçlendirmek için yeterince sert ve sağlam değildirler. Yalnızca aramid lifler ve ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (PE) lifler üstün mekanik özellikleri nedeniyle diğerlerinden ayrılırlar. "Aramid", aromatik liflerin genel adıdır. Aramid elyafı piyada daha çok ticari isimleri ile bilinmektedir bu isimler "Kevlar" ve "Twaron" olarak geçmektedir. Kevların piyasada çok kullanılma sebeplerinin başında sertlikleri ve yorulma dirençleri gelmektedir. Farklı uygulamalardaki çeşitli ihtiyaçları karşılamak için birçok farklı Aramid elyaf üretimi yapılmaktadır.

#### f. Parçacıklar

Seramik malzemelerin canlı yapılar ile uyumu son derece yüksektir. Bu özelliğinden dolayı genel olarak sağlık sektöründe kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra dayanım olarak metallerden oldukça düşüktür bu sebeple seramik malzemeler genel olarak parçacık halinde kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak kalsiyum fosfat yapılar, alüminyum ve çinko bazlı fosfatlar, cam ve cam seramikler verilebilmektedir.

#### g. Matris

Matrisler kompozitin temelini oluşturmaktadır. Matrisler lifler arasında gerilme ve yük etkileşiminde köprü vazifesi görmektedir. Matris kullanılan fiberleri aşınma ve çeşitli kimyasallara karşı korumaktadır. Kullanım amacı ve maliyetine göre farklı Matris seçimleri yapılabilmektedir. Bunlar poliester, vinil ester reçinesi olabilmektedir. Bu iki tür birbirinden farklılıklar göstermektedir vinil ester reçinesi

poliester sistemine kıyasla fazla su emmez ve kimyasal dirençleri daha yüksektir. Poliester sistemi daha az kritik işlerde kullanılmaktadır. Bu iki sistem ortak olarak yüksek sıcaklıklara karşı dayanımları yeterli değildir. Yüksek sıcaklıklar için genel olarak epoksi reçineleri kullanılmaktadır.

Kompozit malzemeler günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte birçok alanda yer bulmaktadır. Geçmişe bakılacak olursa ilk kullanımı geçmişe dayanmaktadır fakat 1940'lı yılların başında mühendislik konusu olabilmiştir. Kullanım alanları uzay ve havacılık sanayisi, askeri sanayi ve çeşitli yapı alanlarıdır. Kompozit malzemesinin kullanıldığı alanlar aşağıda sıralanmıştır [23].

### 1. Şehircilik

Kompozit malzemeler konut alanında yaygın olarak kullanılmakla birlikte çevre ve şehir süslemelerinde örneğin heykel yapımında kullanılabilir. Müşteriye yüksek izolasyon ve dayanıma sahip yapılar sunabilmektedir. Böylece ileriye yönelik birçok yenileme çalışmasından kurtulmaktadır.

### 2. İnşaat sektörü

Yapıların cephe korumalarında, toplu taşıma duraklarında ve birçok alanda kullanılabilen yapısal özellikleri sayesinde alıcılara cazip gelmekte üreticiye imalat-montaj ve nakliye kolaylığı imkanları sayesinde kullanışlı gelmektedir.

### 3. Tarım sektörü

Birçok tarımsal alanda bulunan yapılarda kompozit malzemeler etkin olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra sulama kanallarında tercih edilen bir malzemedir. Kompozit malzemenin özellikleri arasında bulunan korozyon direnci bu malzemeyi tarım sektöründe daha cazip bir hale getirmiştir.

Kompozit malzemeler özellikleri ile metalden ayrılabilirler. Metallere göre özgül ağırlıklarından dolayı daha hafiftirler bu sayede daha hafif yapı tasarımları oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Bunun yanı sıra fiber takviyeli kompozit malzemeler ısı, ses ve elektrik izolasyon özellikler ile metallere göre artı bir avantaj sağlamaktadır. Kompozit malzemesinin avantajları aşağıda sıralanmıştır.

#### 1. Yüksek mukavemet

Kompozitlerin çekme ve eğilme dayanımları birçok metal malzemeye göre daha yüksektir. Kalıplama özelliklerinden faydalanarak kompozit elemana istenilen yönde gereksinime göre mukavemet verilebilmektedir.

#### 2. Kolay şekillendirebilme

Kolay şekillenebilme özellikleri ile farklı yüzeylerde kullanım imkânı sağlayarak işçilik, malzeme ve zamandan tasarruf imkânı sağlamaktadır.

#### 3. Elektriksel özellikler

Kullanım amacına göre malzeme seçimi yapılarak ihtiyaca karşılık verilebilmektedir. Kullanım alanına göre seçilen kompozit malzemeler ile güçlü bir iletken ya da yalıtkan bir malzeme ortaya çıkarılabilmektedir.

#### 4. Korozyona ve kimyasal etkilere karşı mukavemet

Kompozitler hava ve kimyasal gibi etkilerden etkilenmeyen malzeme türüdür. Kompozit malzemeler bu özelliklerinden dolayı korozyona karşı dirençlidirler. Bu korozyon direnci malzemeyi tarım sektörü ve deniz sanayisinde yaygın olarak kullanılan bir malzeme haline getirmiştir.

### 5. Isıya ve ateşe dayanıklılığı

Kompozit malzemeler ısıya oldukça dayanıklıdırlar. Kullanım alanına göre kompozit malzemelere özel hazırlanmış kimyasallar eklenerek ısıya karşı dirençleri artırılabilir.

### 6. Kalıcı renklendirme

Ek bir masraf ve işçiliğe gerek kalmadan kompozit malzemeye kalıplama aşamasında çeşitli pigmentler ilave edilerek kalıcı renklendirme yapılabilir.

### 7. Titreşim sönümlendirme

Kompozit malzemelerin sünek bir formda olması nedeniyle titreşim sönümlenme özellikleri vardır.

Kompozit malzemesinin dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

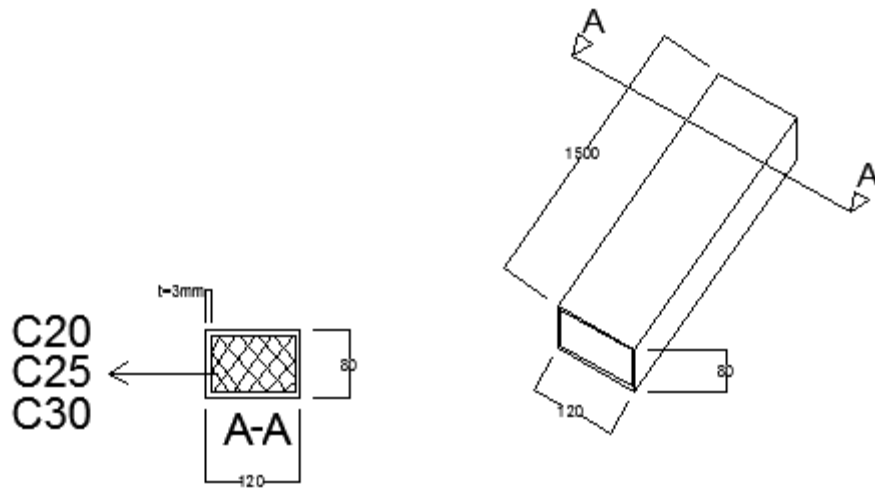
1. Kompozit malzemelerdeki hava zerrecikleri malzemenin yorulma özelliklerini olumsuz etkilemektedir.
2. Kompozit malzemeler farklı doğrultularda farklı mekanik özellikler göstermektedirler.
3. Hassas imalat yapılamadığından aynı kompozit malzeme için çekme, basma, kesme ve eğilme mukavemet değerleri farklılıklar göstermektedir.
4. Kompozit malzemelerin delik delme, kesme türü operasyonları liflerde açılmaya neden olduğundan, bu tür malzemelerde hassas imalattan söz edilemez.



### 3.1. Çalışmada Kullanılan Kompozit Kiriş ve Tasarımı

Deneysel çalışmada 120x80x3mm ebatlarında ve 1700mm boyunda 13 adet S235 dikdörtgen kutu profil kullanılmıştır (Şekil 2.1). Bu kutu profillerin içerisine C20, C25, C30 olmak üzere üç farklı beton sınıfı eklenmiştir. Bu beton karışımlarına belirlenmiş oranlarda fiber malzemesinden eklenmiştir. Optimum fiber dozajı, proje gereksinimlerine göre değişmektedir. Bu değer aralığı 2-10 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmektedir. Deneysel çalışmada numunelere 2kg/m<sup>3</sup> ve 10kg/m<sup>3</sup> olacak şekilde farklı oranlarda fiber eklenmiştir.

Hazırlanan kompozit kirişlere 2metre yükseklikten 220kg düzenek çekici serbest düşme ile bırakılarak numunelerde darbe etkisi oluşturmak hedeflenmiştir.



Birimler mm'dir.

Şekil 3.1. Hazırlanan kompozit kiriş çizimi

Kompozit kirişlerin çizimleri kesitleri çıkarılarak hazırlanmıştır (Şekil 3.1.).

## **BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Numuneler üniversite bünyesinde bulunan Mustafa KAZAK laboratuvarında deneyimli personel ile birlikte hazırlanmıştır.

Bu deneyde 120x80x3mm ebatlarında 1700mm uzunluğunda S235 çelik kutu profiller kullanılmıştır. Bu kutu profillerin içerisine C20,C25,C30 beton sınıfları doldurulmuştur bu beton karışımları içerisine fiber malzemesinden minimum ve maksimum oranlarda kullanım talimatlarına göre ekleme yapılmıştır. Bu sayede beton sınıfı, fiber malzeme oranı ile parametre sayısı artırılmıştır.

Çalışmada kullanılan numuneler aşağıda gösterilmiştir.

1. C20 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil
2. C20 beton sınıfı ile katkısız 80x120x3mm kutu profil
3. C25 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil
4. C25 beton sınıfı ile katkısız 120x80x3mm kutu profil
5. C30 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil
6. C30 beton sınıfı ile katkısız 120x80x3mm kutu profil
7. C20 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 80x120x3mm kutu profil
8. C25 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil
9. C30 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil

10. C20 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 80x120x3mm kutu profil
11. C20 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 80x120x3mm kutu profil
12. C20 beton sınıfı ile katkısız 120x80x3mm kutu profil
13. İçi boş 120x80x3mm kutu profil

Tablo 4.1. Deneyde kullanılan numunelerin isimlendirilmesi

Kullanılan Malzeme Tanımları	Numune Kısaltmaları
C20 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil	C2MİD
C20 beton sınıfı ile katkısız 80x120x3mm kutu profil	C20T
C20 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 80x120x3mm kutu profil	C2MAT
C20 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 80x120x3mm kutu profil	C2MİT
C20 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil	C2MAD
C20 beton sınıfı ile katkısız 120x800x3mm kutu profil	C20D
C25 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil	C25MİD
C25 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil	C25MAD
C25 beton sınıfı ile katkısız 120x80x3mm kutu profil	C250D
C30 beton sınıfı ile maksimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil	C3MAD
C30 beton sınıfı ile minimum oranda fiber malzeme eklenmiş 120x80x3mm kutu profil	C3MİD
C30 beton sınıfı ile katkısız 120x80x3mm kutu profil	C30D
İçi boş 120x80x3mm kutu profil	CBO

Tabloda gösterildiği gibi onüç adet farklı parametrelere sahip numune hazırlanmıştır (Tablo 4.1.).

İmalatı bitirilmiş olan sabit ve kayıcı mesnetler deney düzeneğine monte edilmiştir. Bir tarafı kayıcı diğer tarafı sabit olarak imal edilmiş mesnetlerin düzeneğe monte edilmesi işlemi akabinde kompozit kirişler düzeneğe yerleştirilmiştir. Kompozit kirişlerin sabitlenmesi ve son kontrollerin tamamlanmasından sonra düzenek mekanizmasına ait 220kg ağırlığındaki çekiç önceden belirlenmiş olan 2metre yüksekliğe kumanda yardımı ile çıkartılmıştır. Doğabilecek olası risklerden dolayı ortam güvenliği sağlandıktan sonra mekanizma çekici serbest düşmeye maruz bırakılarak numune üzerinde belirlenen noktaya darbe etkisi oluşturulmuştur. Uygulanan serbest düşme neticesinde numune üzerindeki deformasyonlar incelenip sisteme aktarılan veriler üzerinde çalışma yapılmıştır (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Laboratuvardaki darbe düzeneği

Bu bölümde hazırlanmış olan kompozit kirişlerde kullanılan beton sınıfı, fiber kullanım oranları ve hangi yüzey eksenini üzerinde çalıştırılacaklarına dair bilgilere yer verilmiştir.

## 4.1 Malzeme Özellikleri

Deneysel çalışmada 120x80x3mm ebatlarında S235 ve akma dayanımı 275MPa olan çelik, farklı beton sınıfları(C20, C25, C30) ve fiber malzemesi kullanılmıştır.

### 4.1.1. Betonun malzeme özellikleri

Beton sınıflarından 150x150x3mm olmak üzere 3'er adet toplamda 9 adet küp beton numunesi alınmıştır (Şekil 3.2.- Şekil 3.3.). Numuneler bir gün bekletildikten sonra kür havuzuna koyulmuş ve 28 gün bekletilmiştir.

Numune kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri TS EN 12390-1 Standardında belirtilmiştir.

Numune kalıbı uygun herhangi bir malzemeden yapılmış olabilir.

1. Numune kalıpları, su sızdırmaz ve su emmez özellikte olmalıdır.
2. Küp, silindir ve prizma şekilli her bir deney numunesinin temel boyutu, d, betonda kullanılan agrega anma büyüklüğünün en az üç buçuk katı olacak şekilde seçilmelidir.
3. Kalıplar standartta belirtilen toleranslara uygun olmalıdır.

Bu standartlara uygun olacak şekilde numune alımı gerçekleştirilmiştir.

TS500'e göre 28günlük elastisite modülü beton sınıfları için;

- a. C20 için; 28 günlük elastisite modülü değeri 28000 MPa
- b. C25 için; 28 günlük elastisite modülü değeri 30000 MPa
- c. C30 için; 28 günlük elastisite modülü değeri 32000 MPa

Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan beton sınıflarının laboratuvar sonuçları

## C20 beton sınıfı için basınç dayanım deneyi sonuçları

Numune No	Ölçülen Slump (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	28 Günlük Küp Numune Beton Basınç Dayanım Değeri (MPa)
1.Numune	15	500,570	22,2
2.Numune	15	513,770	22,8
3.Numune	15	476,990	22,4

## C25 beton sınıfı için I basınç dayanım deneyi sonuçları

Numune No	Ölçülen Slump (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	28 Günlük Küp Numune Beton Basınç Dayanım Değeri (MPa))
1.Numune	15	723,610	32,2
2.Numune	15	726,990	32,3
3.Numune	15	730,820	32,5

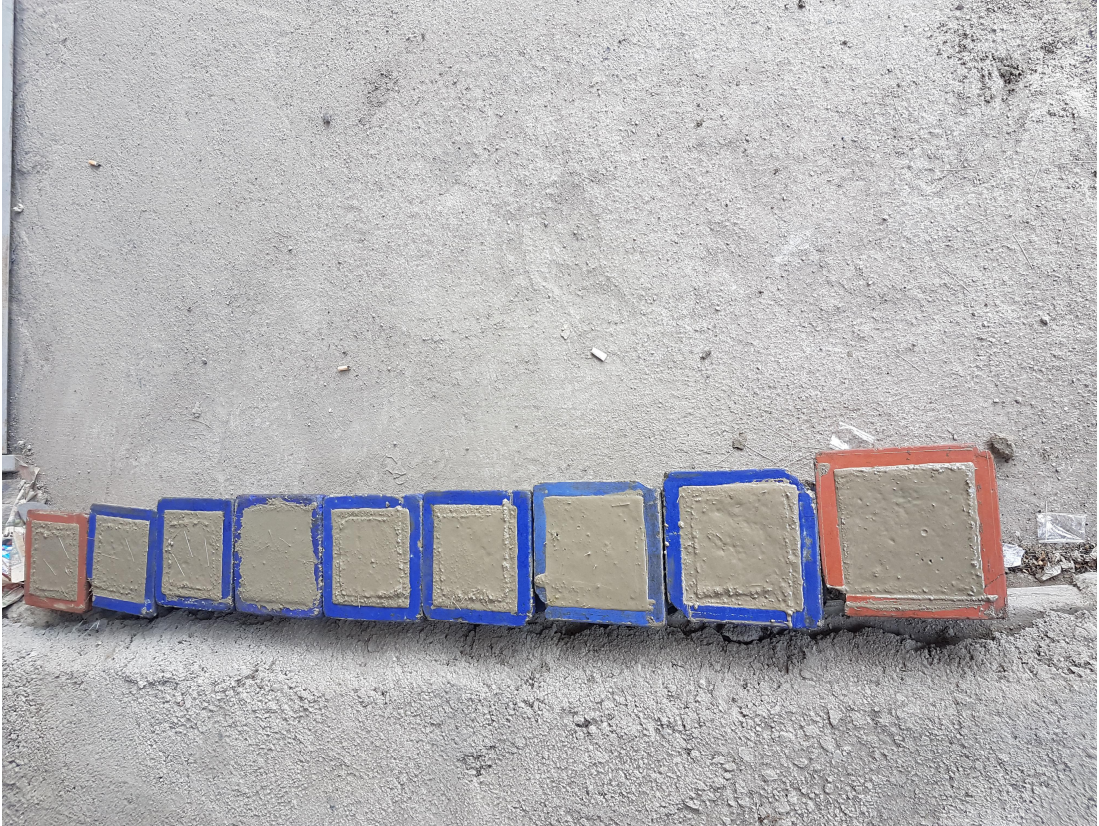
## C30 beton sınıfı için basınç dayanım deneyi sonuçları

Numune No	Ölçülen Slump (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	28 Günlük Küp Numune Beton Basınç Dayanım Değeri (MPa)
1.Numune	16	883,990	39,3
2.Numune	16	862.350	38,3
3.Numune	16	916,330	40,7

Testler Ada Test Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Ltd. Şti. tarafından yapılmıştır. Sonuçlar TS500 madde (TS EN13515)'e göre değerlendirilmiştir (Tablo 4.2.).



Şekil 4.2. Beton numunelerin kalıpları



Şekil 4.3. Alman dokuz adet beton numunesi

#### 4.1.2. Çeliğin malzeme özellikleri

Deneyde S235 çelik malzemeden imal edilmiş 120x80x3mm kutu profiller kullanılmıştır. S235 çeliğinin Ts648'e göre çekme dayanımı 370MPa'dır. Çelik numunelerden standartlara uygun geometriye sahip kupon numuneler hazırlanarak çekme testi uygulanmıştır (Şekil 4.3).

Tablo 4.3. Çalışmada kullanılan çelik için laboratuvar sonuçları

Numune no	Akma dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (MPa)	Kopma-Uzaman %
Numune 1	330	415	19.0
Numune 2	344	431	20.0
Numune 3	343	433	18.0

Çelik numunesine TS EN 6892 standartlarına göre Ada Test Yapı Malzemeleri Laboratuvarı Ltd. Şti. tarafından çekme deneyi yapılmıştır.

#### 4.1.3. Fiber malzemesinin özellikleri

Fiber yapısal makro sentetik fiber donatı; yüksek dayanımlı poliamid 6.6 ham maddesinden EN 14889-2 Sınıf 2 ve ASTM C 1116 standartlarına göre üretilmiştir. Fiber malzeme beton içerisinde üç boyutlu olarak dağılım gösterebilmekte ve çalışabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı her noktada çatlak kontrolünü sağlayan, farklı eksenlerden gelebilecek yüklere karşı dayanımı artıran bir fiber donatı ürünü olarak kullanılmaktadır. Fiber malzeme, betonda sıkça karşılaşılan çatlak oluşumlarına karşı etkili bir malzemedir. Yüksek dayanım özelliklerine ek olarak, kolay karışım ve uygulanabilme avantajlarıyla liman saha betonlarından şap betonlarına, püskürtme betonlardan tünel kaplamalarına ve ön üretimli elemanlara kadar birçok inşaat alanında kullanılmaktadır [24].



Fiber malzemenin temel özellikleri Tablo 4.4. 'de olduğu gibidir.

Tablo 4.4. Fiber malzeme özellikleri

FİBER 54/55	KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLER
Ham Madde	Modifiye Edilmiş Poliamid 6.6
Özgül Ağırlık(gr/cm <sup>3</sup> )	1,14
Uzunluk(mm)	54
Çap(mm)	0,55
Çekme Gerilmesi (MPa)	900
Erime sıcaklığı	256
Alkali Direnci	ÇOK İYİ
Korozyon Direnci	ÇOK İYİ

Fiber malzeme 1kg'lık paketler halinde bulunmaktadır. Bu paketler suda çözebilen malzemeden oluşmaktadır. Beton mikserde belirlenen miktarda atılan paketler mikserde en az 5dk'lık bir süre karıştırılmalıdır. Mikserde paketlerdeki demetler beton ile homojen bir karışım sağladıktan sonra kullanıma hazır hale gelmektedir. Oluşan karışım uygulamada kusursuz yüzey bitirişi sağlamaktadır. Kullanım aşamasında beton mikserde ve pompaya herhangi bir zarar vermemektedir. Fiber malzeme, dozaj makinası yardımıyla eşit oranlarda karışıma eklenir. Fiber malzeme püskürtme betonun aderansını artırır ve geri sekmeyi en aza indirmektedir.

#### 4.2. Deney Düzenekinin Hazırlanması

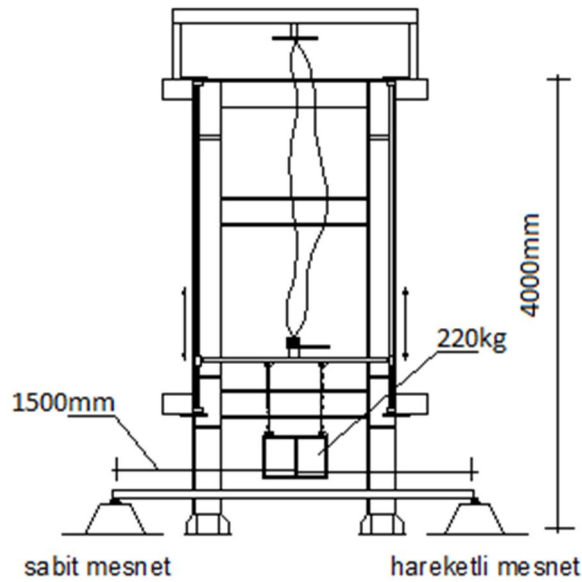
Deney düzenek Şekil 3.4.'te gösterildiği gibidir. Deney düzenekinin bilgisayar ortamında tasarımı yapılmıştır. Sonrasında düzenek olası sistem yüklemelerine göre hesapları çıkarılarak buna göre imalatı yapılmıştır. Düzenek elemanları gereksinime göre cıvata ve kaynaklı birleşim olarak modellenmiştir.

Düzenek çalışması yapılacak kiriş eleman boyutlarının gereksinimlerine göre ayarlanabilir mesnet açıklıkları ile donatılmıştır. Düzenek taban mesnetleri, zemine

dökülmüş olan beton içerisine belli mesafeler ile açılmış bulon delikleri yardımıyla ayarlanabilmektedir.

Düzenek darbe deneylerini yapabilmek için üzerinde bir çekiç bulundurmaktadır. Bu çekicinin ağırlığı 220kg'dır. Ve bu darbe çekici serbest düşme mekanizmasına bağlanmıştır. Bu mekanizma kumanda yardımı ile kaldırılarak serbest düşme uygulaması gerçekleştirilebilmektedir. Serbest düşme olayı yaklaşık 8sn gibi bir sürede gerçekleşmektedir. Bu sürenin belirlenmesi deney esnasında çekicinin düşme sürecine girmeden önce çalışmayı yapan yetkililerin uzaklaşmasına süre tanımak içindir. Darbe etkisi gerçekleştikten sonra çekicinin tekrar mekanizmaya bağlanması kumanda sistemi ile gerçekleşmektedir.

Düzenek taban mesnetleri kiriş boyutlarına göre hizalama işleminden sonra imalatı yapılmış olan kayıcı ve sabit mesnetler düzenek taban mesnetleri üzerine bulonlar yardımı ile sabitlenmektedir. Yapılan son kontrollerin ardından sistem çalışmaya hazır hale gelmektedir.



Şekil 4.4. Deney düzeneğinin çizimi

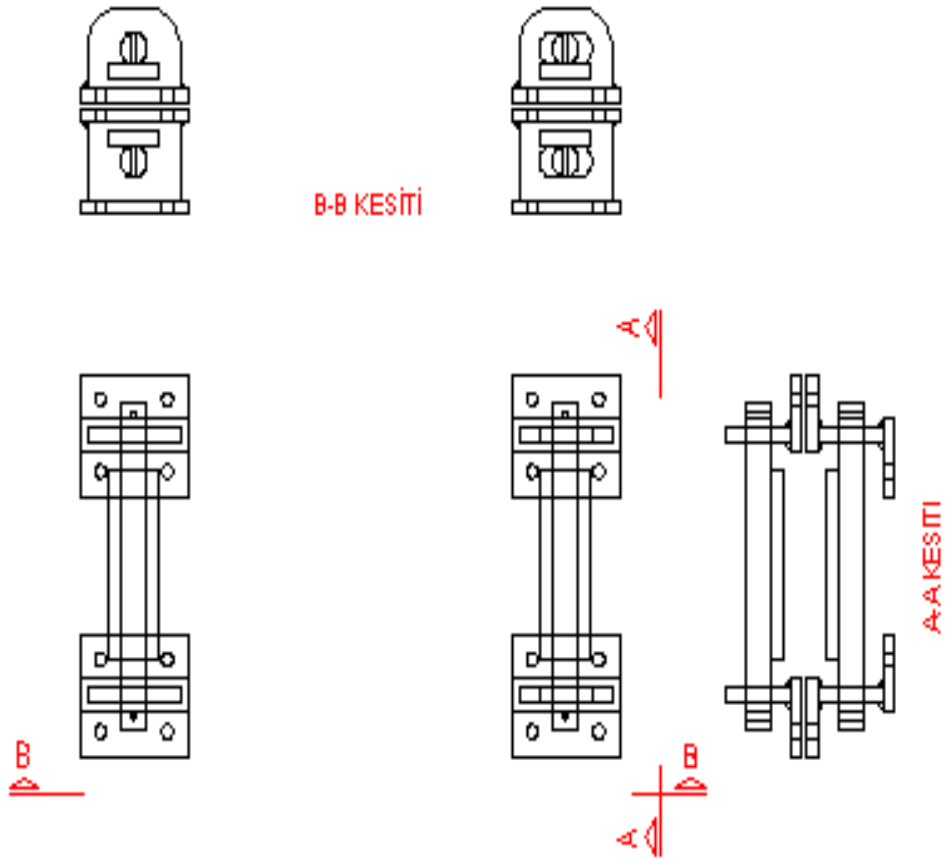
### 4.3. Deney Mesnetlerinin Hazırlanması

Deney mekanizmasında kullanılacak mesnetlerin tasarımı belirlendikten sonra istenilen uygun ölçülerde çizimi yapıлып iş emirleri ile birlikte ilgili yerde imalatı

yapılmıştır. İmalatında yetkili personel görev almış gerekli kalite kontrolleri yapıldıktan sonra teslim alınmıştır.

Tasarımda iki farklı mesnet tasarlanmıştır. Bu mesnetlerden biri sabit diğeri ise kayıcı olacak şekilde imal edilmiştir. Tasarımda, kullanılacak deney numuneleri ve ebatları göz önünde bulundurulmuştur. Mesnet çizimleri Şekil 4.5. ve Şekil 4.6. da gösterildiği gibidir.

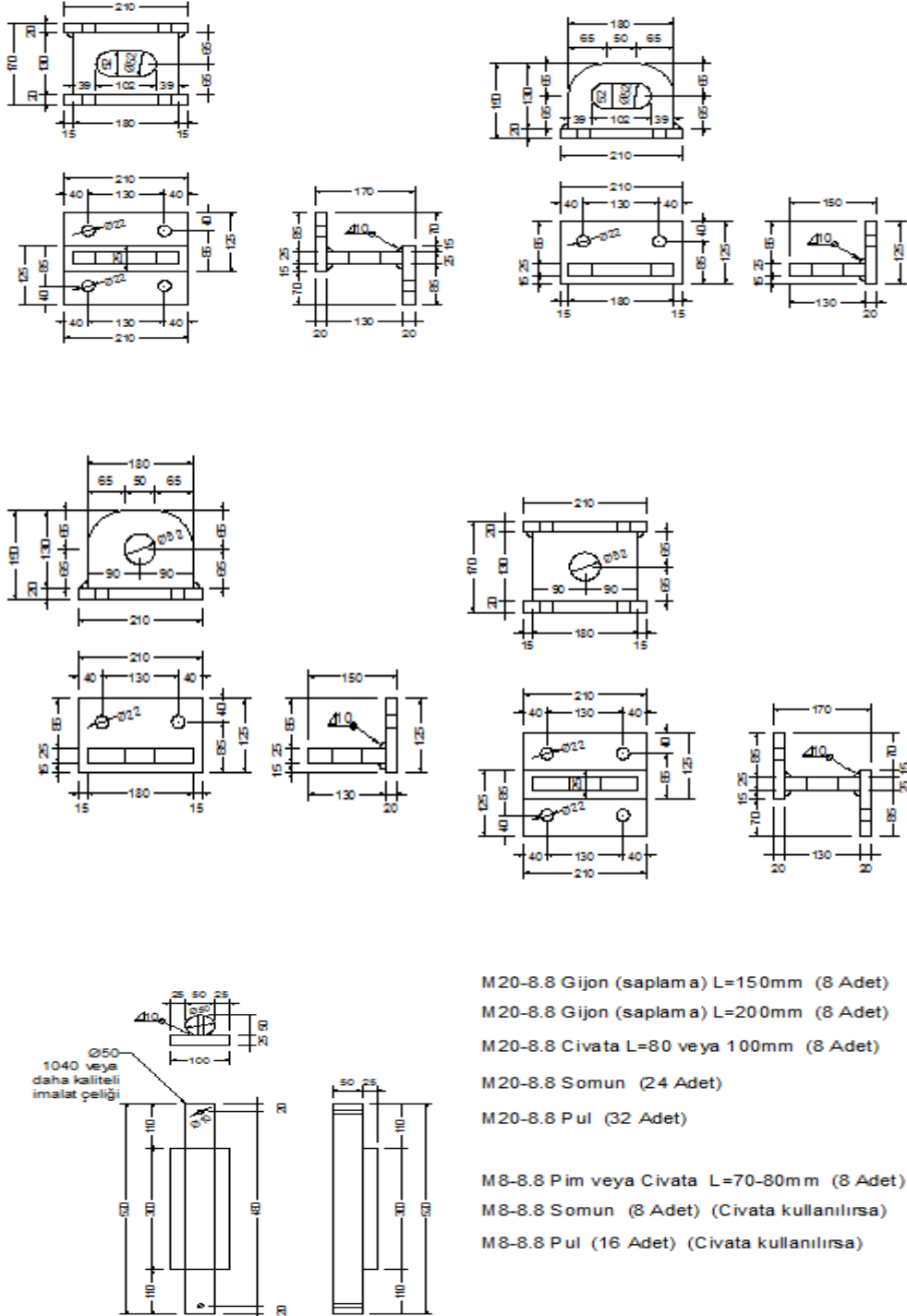
### IMPACT - MESNET



Tüm ölçülendirme birimi mm'dir.

Şekil 4.5. Mesnetlerin birinci bölüm çizimi

Yapım aşaması için imalatta kullanılacak plaka ebatları autocad programı ile hazırlanmıştır üzerinde gerekli ölçülendirmeler yapılmıştır. İmalat aşamasında gerekli teknik destek verilmiştir.



Tüm ölçülendirme birimi mm'dir.

Şekil 4.6. Mesnetlerin ikinci bölüm çizimi

Mesnet plakaları plazmada bu çizimlerden faydalanarak ajancam programında hazırlanarak kesilmiştir. Sonrasında plakalar temizlenerek iş emirlerinde gösterilmiş olduğu gibi imalat tezgahların da montaj işlemi yapılmıştır. İmalatı yapılan mesnetler Şekil 4.7., Şekil 4.8., Şekil 4.9., Şekil 4.10.' da gösterildiği gibidir.

Hazırlanan mesnet parçaları aşağıdaki gibi gözükmektedir;



Şekil 4.7. İmalatı yapılan mesnet parçasının birinci kısmı



Şekil 4.8. İmalatı yapılan mesnet parçasının ikinci kısmı



Şekil 4.9. İmalatı yapılan mesnet parçasının üçüncü kısmı



Şekil 4.10. İmalatı yapıp monte edilen mesnet

Hazırlanmış olan mesnetler deney düzeneğinin bulunduğu laboratuvara taşınmıştır. Ve burada personel tarafından düzeneğe monte edilmiştir.

Deney düzeneği yerinde mesnet bağlantılarına sahiptir. Bu bağlantılar sabit ve kayıcı mesnet olarak dizayn edilmiştir.

Laboratuvardaki mesnet düzeneği aşağıdaki gibidir.



şekil 4.11. Laboratuvardaki yeni konumuna getirilen mesnetler

Bu mesnetler profil açıklığına göre 15cm ileri çekilmiştir. Bu işlem betona sabitlenmiş plakaların yaprak anahtar yardımıyla sökülüp taşınmasıyla sağlanmıştır. Mesnet betona 4 noktadan cıvatalar yardımıyla sabitlenmiştir bunlar açılarak yeni konumuna taşınmış ve burada tekrar cıvatalar yardımıyla sabitlenmiştir. Yeni konumuna getirilen mesnetler şekil 4.11. ve şekil 4.12.' de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.12. Laboratuvardaki yeni konumuna getirilen mesnetler

Mesnetler iki kişilik ekip müdahalesiyle yeni konumlarına getirilmiştir. Yeni konumuna getirilen mesnetlerin su terazisi ile denge konumları incelenmiştir. Son konumuna getirilen mesnetlerin bağlantıları son kez kontrol edilerek çalışma esnasında yaşanabilecek sarsıntıların önüne geçilmesi hedeflenmiştir.





Şekil 4.13. Deneye hazır hale getirilmiş düzenek

Sonraki adımda laboratuvardaki mesnetlerin üzerine kayıcı ve sabit olarak imal edilen mesnetler yerleştirilmiştir. Mesnetler ekip tarafından monte edildikten sonra ilk numune yerleştirilerek deneye hazır konuma getirilmiştir (Şekil 4.13.).

Çalışmayı gerçekleştirebilmek adına bazı ekipman ve bilgisayar ortamında yardımcı programlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu ekipmanlar, ivme-zaman değerlerini alabilmemiz için kullandığımız, numune ve düzenek çekicine monte edilmiş olan ivme ölçerler, alınan ivme değerlerini bilgisayar ortamına aktarmamıza yarayan data logger, aktarılan değerleri bilgisayar ortamında görüntülememizi ve üzerinde işlem yapmamızı sağlayan SignalExpress adlı yardımcı programdır.

Deney aşamasında kullanılan ekipmanlar aşağıda gösterilmiştir.

### 1. İvme ölçerler ve özellikleri

Bu araçlar çekicinin düştüğü esnada numune ve çekiç üzerinde anlık ivme değerlerini alabilmemiz için kullandığımız ölçüm cihazlarıdır ivme ölçerler değerlerin bilgisayara aktarıldığı bir ara sisteme bağlıdır. Bu ara sistem aracılığı ile veriler aktarılmaktadır (Şekil 4.14.).

İvme ölçerlerin başlıkları civata dişine sahip olduğundan bunlar numune ve çekiç üzerine punta yardımıyla sabitlenmiş olan somunlar aracılığıyla monte edilmiştir. İvme ölçerlere zarar vermemek adına böyle bir yöntem seçilmiştir.

Deney esnasında düşen çekicinin ivme ölçerlere zarar vermemesi ve okunacak değerlere müdahale etmemesi adına çatı şeklinde koruma alanı yapılmıştır.



Şekil 4.14. Numune üzerine monte edilmiş ivme ölçerler

## 2. Data logger ve özelliği

Data Logger, kullanımını oldukça basit, veri depolamaya yarayan elektronik kayıt cihazdır. Veri kayıt ölçüm cihazı, verileri zaman içinde harici sensörler yardımıyla dijital işlemci kontrolünü gerçekleştirebilen depolama aygıtları bulundurmaktadır. Temas ya da temassız ölçüm metotlarıyla farklı parametrelere sahip verileri elde edebilme imkânı sağlamaktadır. Üretici fabrika veya üretici tarafından kalibrasyonu yapılmaktadır.

Ayrıca Data Logger içerisinde, veri kaydedici, veri örnekleme ya da bir veri toplayıcı olarak adlandırılan, her yerde pratik olarak uygulayabileceğiniz bir veri dizisi bulunmaktadır. Buna örnek olarak şantiyede nem izleme yoluna gidilerek beton dökümü için uygun şart sağlanabilmektedir. Data Logger bir tesis içerisindeki üretimi, makine ses ve titreşim seviyelerini belirleyerek değerlendirme yapılmasında kullanılabilir. Isıtma, havalandırma ve klima kanalları, bir veri kaydedici aracılığıyla hava akımını değerlendirmek için kullanılabilir.

Bu çalışmada ivme değerini alabilmek için kullandığımız datalogger üzerinde çeşitli kanallar bulunmaktadır. Bu çalışmada mekanizma çekici ve numune için iki adet kanal kullanılmıştır (Şekil 4.15.).



Şekil 4.15. Çalışmada kullanılan datalogger

### 3. Verileri bilgisayar ortamında görüntülememizi sağlayan program NI Labview Signal Express

NI Labview Signal Express datalogger aracılığı ile toplanıp aktarılan verilen görüntülenmesini ve analizini sağlayan yardımcı programdır. Program ile istenilen ölçütlerde kayıt yapılabilmektedir. Bu ölçütler kayıt işlemi okuma alt ve üst sınırları ve saniyelik okuma değerleridir.

Bu program sayesinde ivme ölçerler üzerindeki değişimleri anlık olarak görebilmektedir. Aynı zamanda istenilen süreç aralığında bu verileri kayıt etme sonrasında tekrar bu veriler üzerinde işlem yapma imkânı vardır. Bu program aracılığı ile datalogger üzerinde bulunan kanallara bağlanmış mekanizmalar yönetilebilmektedir.

İvme ölçerler mekanizma çekicine ve numuneye bağlandıktan sonra program aracılığı ile son kontrol yapılır akabinde kayıt işlemi başladıktan sonra çekiç serbest düşmeye maruz bırakılır çekiç numuneye temas ettikten belirli bir süre sonra kayıt işlem tamamlanır. Program kayıt işlemi tamamlandıktan sonra projeyi daha sonra çalışabilmesi adına farklı bir dosyaya kayıt işlemi yapabilmemizi sağlamaktadır. Bunun yanı sıra ivme-zaman okuma değerlerine excel dosyası olarak erişim imkânı sağlamaktadır.

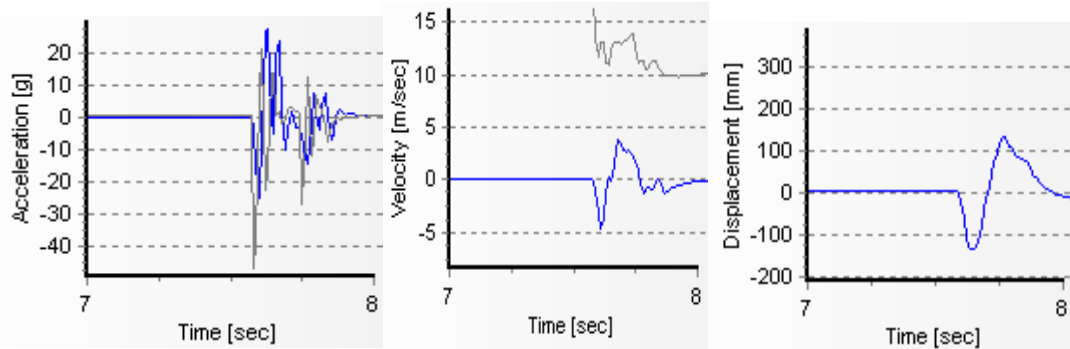
### 4. Seismosignal

SeismoSignal kuvvetli yer hareketi verilerini işlemek için kullanılan kolay ve etkili bir araçtır. Hesaba katılan verilerin sayısal ve grafiksel sonuçlarına erişim imkânı sağlamaktadır. Yapılan çalışmaların sonucunda çeşitli filtreleme imkanları sağlayarak istenilen değer aralığında sonuçların alınmasına imkân sağlamaktadır.

Farklı beton sınıflarına göre Sap2000 programında modellenmiş numunelerden farklı frekans değerleri elde edilmiştir. Bu elde edilen değerler ile çalışmada ölçülen ivme-zaman değer ve grafikleri filtrelenmiştir. Ayrıca istenmeyen gürültü titreşimleri de bu

program sayesinde filtrelenmiştir. Elde edilen ivme-zaman değer ve grafiklerinden hız-zaman ve konum-zaman grafikleri elde edilebilmiştir.

Program yardımı ile ivme-zaman, hız-zaman grafiklerine ilişkin filtreleme örneği aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Seismosignal filtreleme örneği

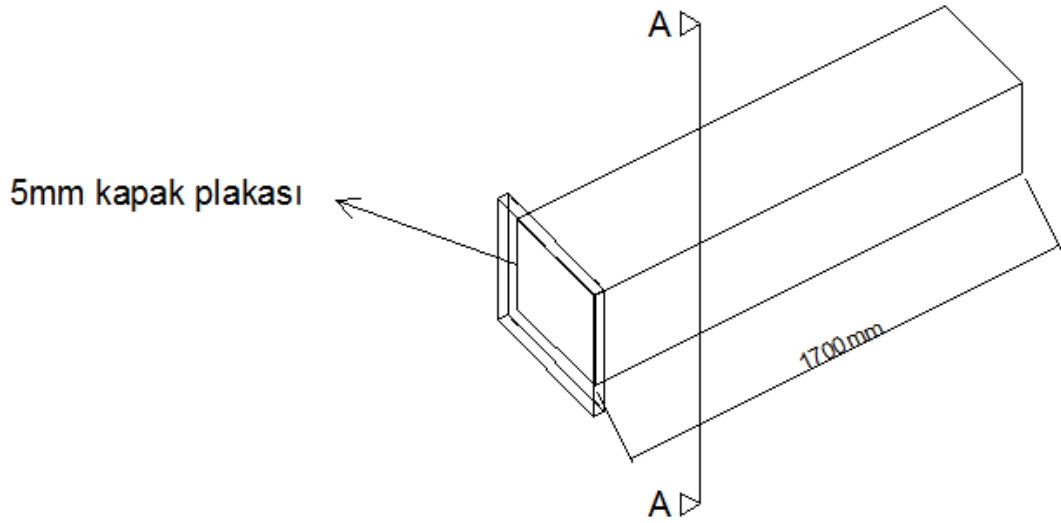
C20beton sınıfına ait 120x80 profil için  $f=2.005$  aralığında gürültü titreşimleri filtrelenmiş grafikler gösterilmiştir (Şekil 4.16.).

#### 4.4. Deney Kirişlerinin Hazırlanması

Deneyde kullanılacak profiller piyasadan 6metrelik boylar halinde toplamda 6 adet boy olarak sipariş verilmiştir. Bu profiller kalite standartlarını bünyesinde bulunduran firma tarafından kalite kontrol mühendisleri nezaretinde imal edilmiştir. Profiller 1700mm boylar halinde testerele yardımcıyla kesilmiştir. Profillerin üzerine gelecek plakalar teknik çizimleri yapılarak 10mm et kalınlığında olacak şekilde plazmada kesilmiş belirlenen bölgelerden 33mm çapında delinmiştir. Kesilen plakalar kaynak makinaları aracılığı ile profilde belirlenen bölgelerden kaynaklanarak sağlamlaştırılmıştır.

##### 4.4.1. Kompozit kirişin hazırlanması

Piyasadan ilk olarak 6metrelik 120x80 kutu profiller sipariş edilmiştir. Bu siparişler bilgisayar ortamında çizimi yapılmış olan ölçülerde kesilmiştir. Kesim fabrikada profil testeresi ile ölçüm kontrolü yapılarak hazırlanmıştır. Kesim için, hazırlanmış çizimler kullanılmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Kesim için imalatta kullanılan kiriş çizimi

Öncesinde hazırlanmış 120mmx80mm profillerin bir yüzeyine plaka kaynatılarak diğer ucu açık bırakılmıştır. Bu sayede dökülecek olan betonun içeride kalması sağlanmıştır. Kullanılan beton tesislerde üretilen standartlar dahilinde işlenerek hazırlanmıştır.

#### 4.4.2. Fiber malzeme ile beton karışım hazırlanması

Fiber malzemesi yüksek dayanımlı poliamid 6.6 ham maddesinden EN 14889-2 Sınıf 2 ve ASTM C 1116 standartlarına göre üretilmiştir. Fiber malzeme, beton içerisine uygun karışım teknikleri ile üç boyutlu olarak homojen dağılabilmekte beton servis ve tasarım yükleri altında dayanımı artırarak her noktada çatlak kontrolünü sağlamaktadır.

Beton karışımına fiber malzemesi üretici tarafından yayınlanan kullanım talimatlarına göre eklenmiştir. Fiber malzemenin yapılacak deneydeki davranışını inceleyebilmek için karışıma m<sup>3</sup> başına düşen oran minimum ve maksimum olarak ayarlanmıştır.

Üretici firma kullanım talimatlarına göre minimum Fiber malzeme dozajı, çalışma gereksinimlerine göre değişmektedir. Bu dozaj genellikle 2-10 kg/m<sup>3</sup> aralığında olmaktadır. Fiber malzeme etkisini gözlemleyebilmek adına minimum ve maksimum dozajda karışım hazırlanmıştır. Minimum dozajda eklenen karışımlarda malzemeden 0.13056kg, maksimum olarak eklenen numunelerde ise 0.3264kg karışıma eklenmiştir. Karışım hazırlama işlemi, malzeme adetine karar verildikten sonra mikserde beton karışım işlemine devam ederken malzeme eklenilmiştir böylece homojen dağılım sağlanmaya çalışılmıştır.

Karışım paketleri 1kg ağırlığında oluşmaktadır (Şekil 4.18). Paketlerin içerisinde malzeme Şekil 4.19.' da gösterilmiştir.



Şekil 4.18. 1kg' lık paketler halinde fiber malzeme



Şekil 4.19. 1kg'lık suda eriyebilen paketlerdeki malzeme içeriği

Kesimi bitirilen profiller kalite kontrol birimi tarafından ölçüm kontrolleri yapılarak onaylanmıştır (Şekil 4.20., Şekil 4.21.).



Şekil 4.20. Kesimi bitirilen profiller





Şekil 4.21. Kesimi bitirilen profiller

#### 4.5. Kompozit Kiriş Deneyi

Beton döküm tarihi üzerinden 28 gün geçmesinin ardından numuneler Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği laboratuvarına getirilerek düzeneğe yük kaldırıcı araçlar yardımı ile yerleştirilmiştir.

Çalışmada 13 adet 120mmx80mm ebadında 1700mm uzunluğunda numune bulunmaktadır. Numuneler düzeneğe bir tarafı sabit diğer tarafı ise kayıcı mesnet olarak bulonlar yardımıyla sabitlenmiştir (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Numunelerin deney düzeneğine sabitlenmesi

Numuneler sisteme yerleştirilmesi esnasında piyasadan alınan hiç kullanılmamış cıvata ve saplamalar kullanılmıştır.



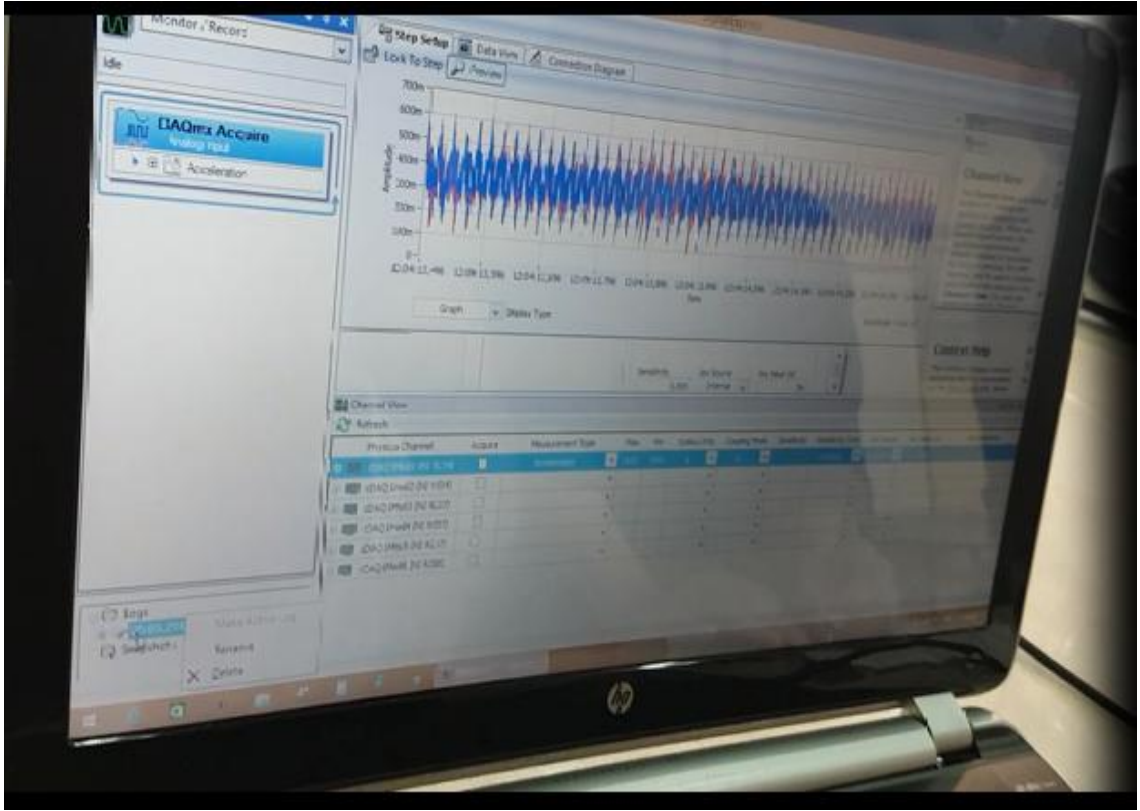
Şekil 4.23. Düzenek bilgisayar ortamına gerekli aparatlarla bağlanmıştır.

1500mm uzunluğa sahip 120x80 ebatlarında kutu profil iki ucundan sabit ve kayıcı mesnetlere sabitlenmiştir. Numuneler üzerinde belirlenen merkez noktalarına, imalat aşamasında hazırlanmış ivme ölçer monte noktalarına, ivme ölçer ekipmanları monte edilmiştir. Sistem hazırlandıktan sonra aksaklık kontrolleri yapıp varsa müdahale ile düzeltilmiştir (Şekil 4.23.).



Şekil 4.24. İvme ölçerler profile sabitlenen somunlara monte edilmiştir.

Numune üzerine puntalanmış olan somunlara elimizde bulunan ivme ölçerler monte edilmiştir (Şekil 4.24.). İvmeölçerler zarar almaması adına üç tarafını kapatacak şekilde çatı koruma alanı oluşturulmuştur. Numune ve düzenek çekicine ivmeölçerler monte edildikten sonra bilgisayar ortamında test edilerek çalışıyor olduklarından emin olunmuştur (Şekil 4.25.).



Şekil 4.25. İvme ölçerlerin kontrolü

Numuneye küçük çaplı darbeler uygulayarak ivme grafiklerindeki değişimlerden ivme ölçerlerin çalıştığı tespit edilmiştir. Sonrasında istenilen zaman aralığındaki okumalar sisteme girilerek deneye hazır hale gelinmiştir.

Bundan sonraki 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.

Deney sonucunda her numuneye ait ivme-zaman grafikleri çıkartılmıştır. Ve farklı parametrelere göre numunelerdeki deformasyonlar gözlenmiştir.

Elde edilen ivme-zaman grafikleri saniyede 10000 okuma ile elde edilmiştir. Okumalarda alt ve üst sınırlar +5000g ve -5000g arasındadır. Deney süreci tamamlandıktan sonra veriler program hafızasında saklanmaktadır. Ardından elde edilen verileri kullanabilmek adına proje ve ivme-zaman değerleri her numune için

ayrı ayrı dosyalanmıştır. Bu klasörler tarih, saat, dakika, saniye ve numune adı olarak kayıt altına alınmaktadır.

## **BÖLÜM 5. DENEY SONUCUNDA GÖZLEMLenen VE ELDE EDİLEN DEĞERLER**

### **5.1. Numunelerde Darbe Etkisi Sonucu Oluşan Deformasyonlar**

Her numuneye ayrı ayrı çekiç darbesi vurularak numunelerde deformasyonlar oluşturulmuştur. Beton sınıflarına göre numunelerde farklı deformasyonlar olduğu gözlemlenmiştir.

Her numune için deney sonucunda sistem sökülerek düzenek kontrol edilmiş ve yeniden hazır hale getirilmiştir. Çekiç düşme aşamasında büyük etkiler olduğu için düzenekte cıvata boşalmaları veya çekiç kütesini taşıyan zincirlerde deformasyonlar oluşabilmektedir. Zincirde oluşan hasarlar çekicinin düşeyde yapmış olduğu rotada aksaklıklar oluşturabilmektedir. Bu bozukluklar nedeniyle çekicinin belirlenen noktalara darbe etkisi oluşturması bazı sapmalarla gerçekleşmektedir. Bu gibi durumlarda cıvata, zincir ya da hasar alan diğer mekanizma parçalarının değişimi yapılmaktadır (Şekil 5.1.).



Şekil 5.1. Deney sırasında hasar alan mekanizma

## 1. C2MİD deneyi



Şekil 5.2. C2MİD deformasyon gösterimi



## 2. C20T deneyi



Şekil 5.3. C20T deformasyon gösterimi

### 3. C20D deneyi



Şekil 5.4. C20D deformasyon gösterimi

#### 4. C2MİT deneyi



Şekil 5.5. C2MİT deformasyon gösterimi

## 5. C2MAT deneyi



Şekil 5.6. C2MAT deformasyon gösterimi

## 6. C2MAD deneyi



Şekil 5.7. C2MAD deformasyon gösterimi

## 7. C25D deneyi



Şekil 5.8. C25D deformasyon gösterimi

## 8. C25MİD deneyi



Şekil 5.9. C25MİD deformasyon gösterimi

## 9. C25MAD deneyi



Şekil 5.10. C25MAD deformasyon gösterimi



## 10. C30D deneyi



Şekil 5.11. C30D deformasyon gösterimi

## 11. C30MİD deneyi



Şekil 5.12. C30MİD deformasyon gösterimi

## 12. C3MAD deneyi



Şekil 5.13. C3MAD deformasyon gösterimi

### 13. CBO deneyi



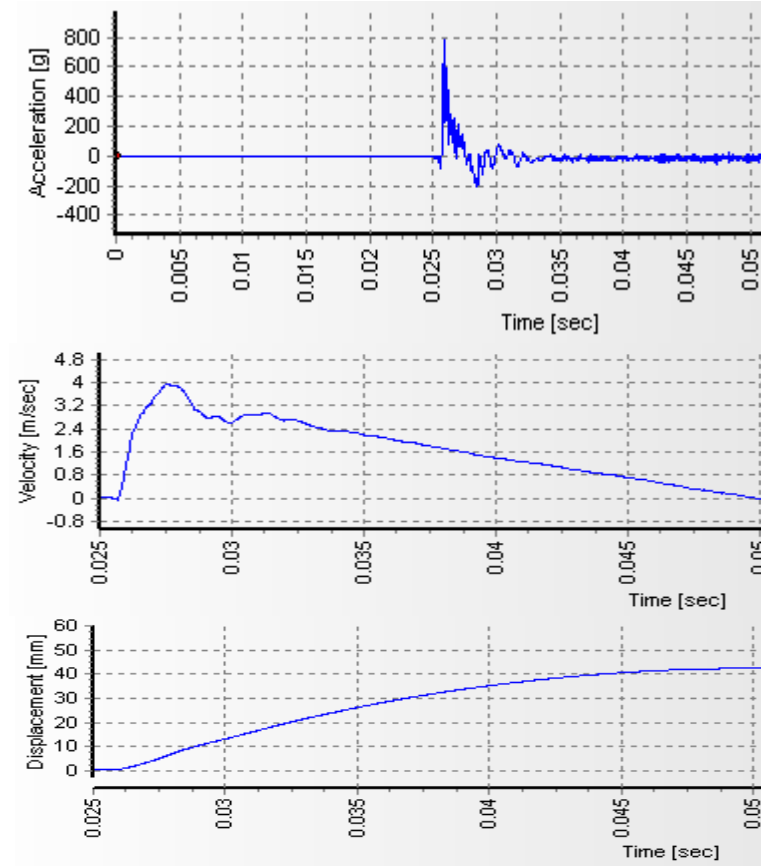
Şekil 5.14. CBO deformasyon gösterimi

### 5.2. Numunelerde Darbe Etkisi Sonucu Oluşan İvme-Zaman Grafikleri

Grafikler ivmeölçer ve datalogger ile bilgisayar ortamına aktarılarak oluşturulmuştur. İvme-zaman grafikleri saniyede 10.000 değeri maksimum 5000g ve minimum -5000g arasında okuma ile çizdirilmiştir. Grafikler 0.01 adım aralığı ile oluşturulmuş olup beton sınıflarına ait frekans aralıklarında gürültü titreşimlerinden arındırılarak filtrelenmiştir.

## 1. C2MİD deneyi

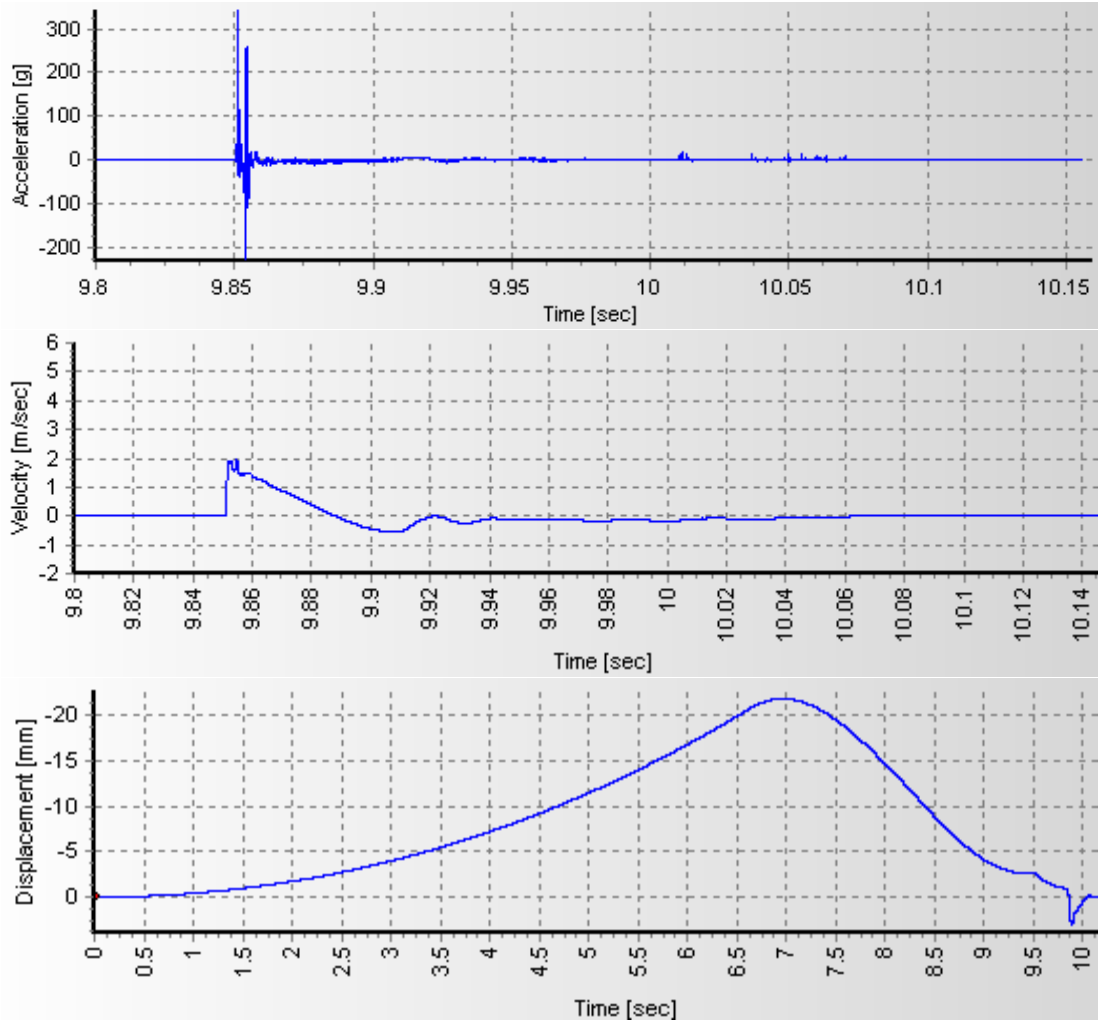
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.15. C2MİD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 2. C20T deneyi

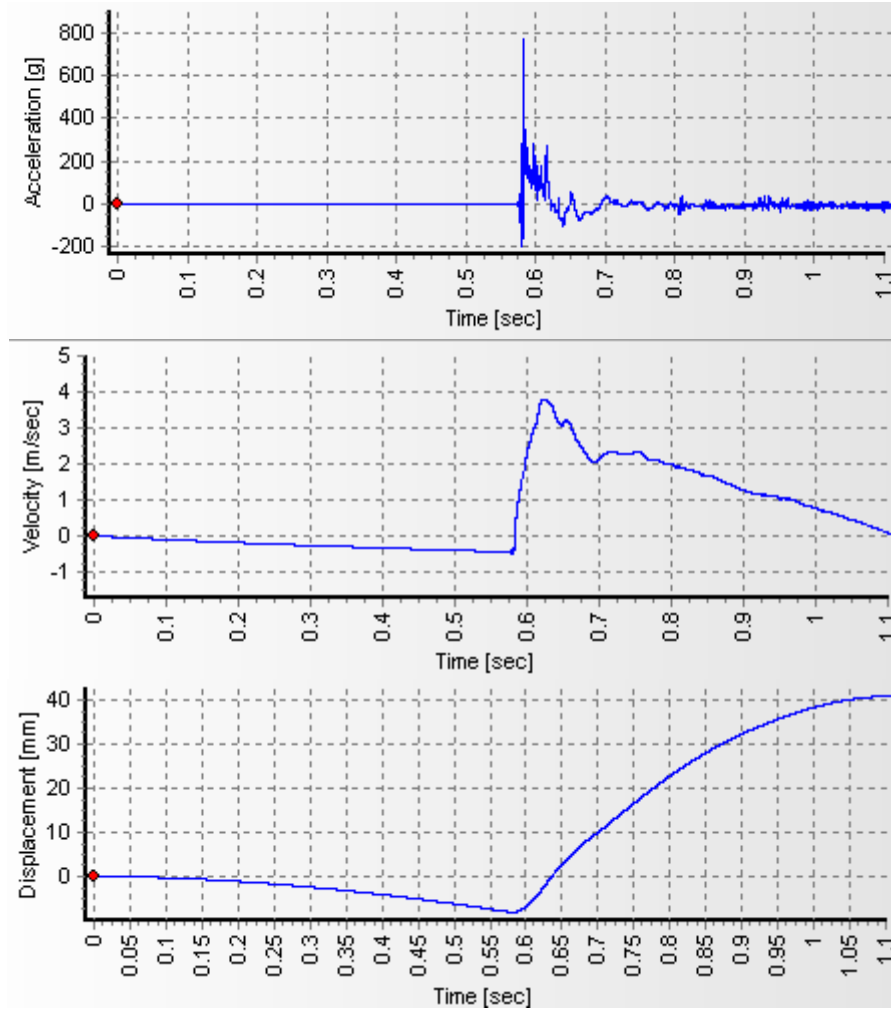
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.16. C20T ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

### 3. C20D deneyi

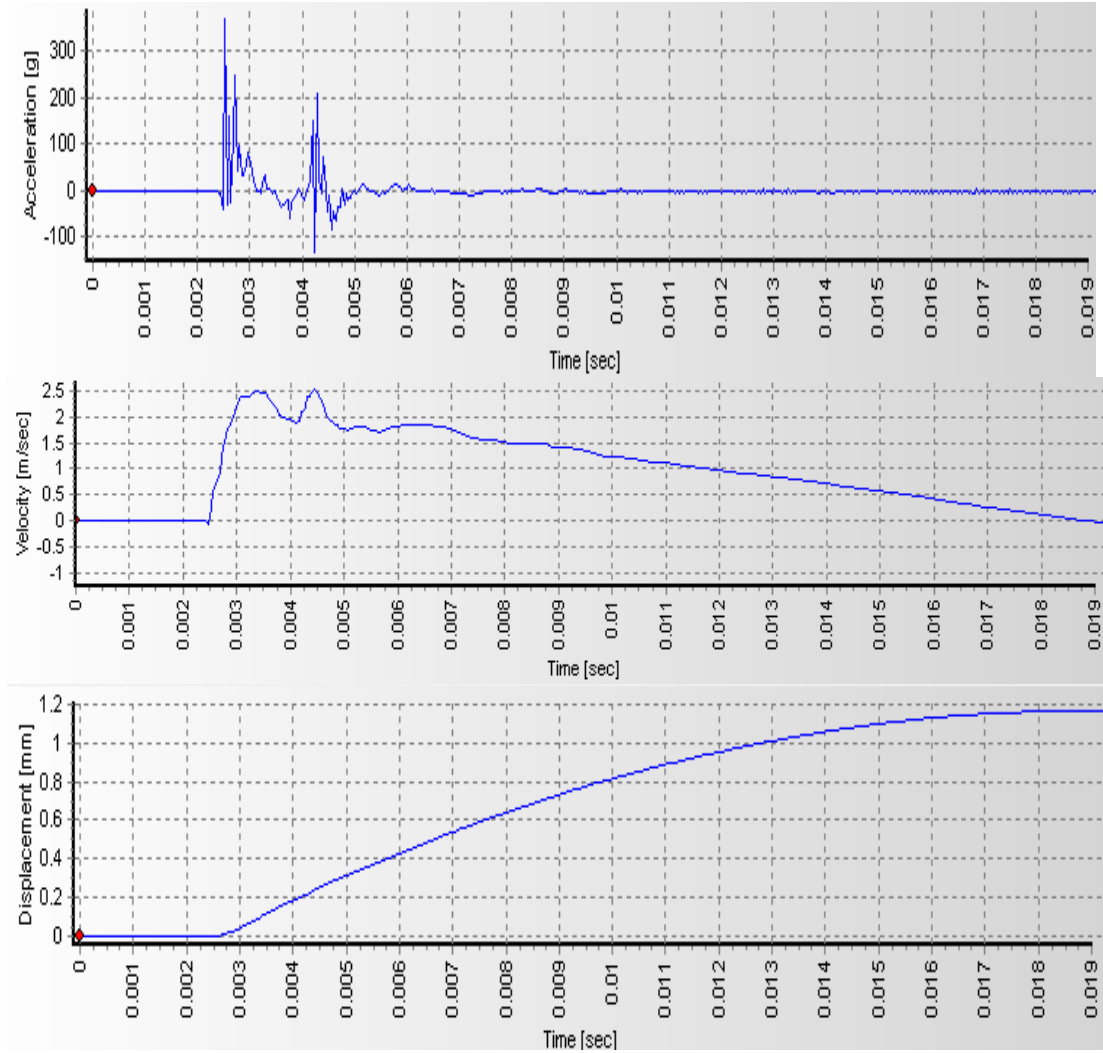
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.17. C20D ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

#### 4. C2MİT deneyi

Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.

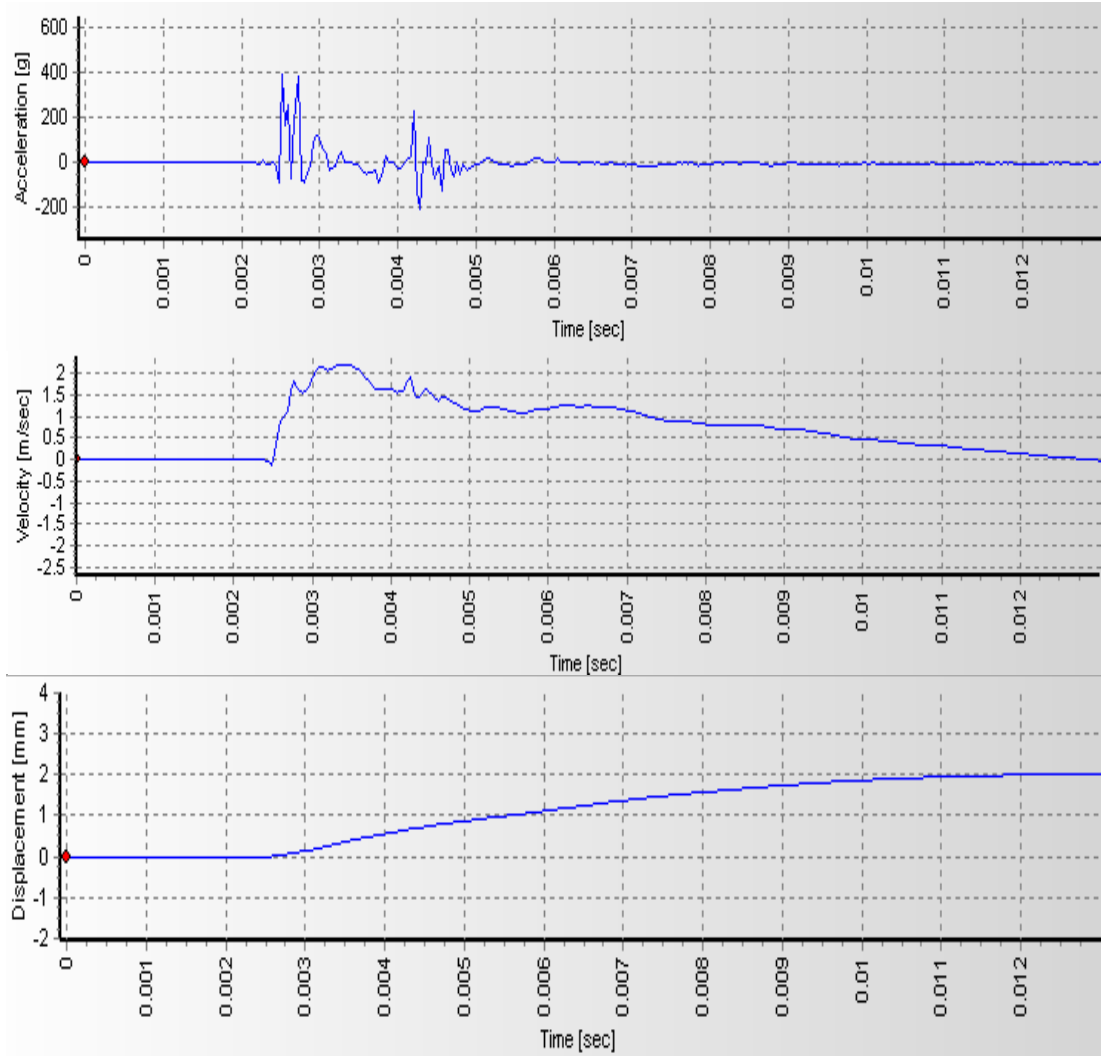


Şekil 5.18. C2MİT ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri



## 5. C2MAT deneyi

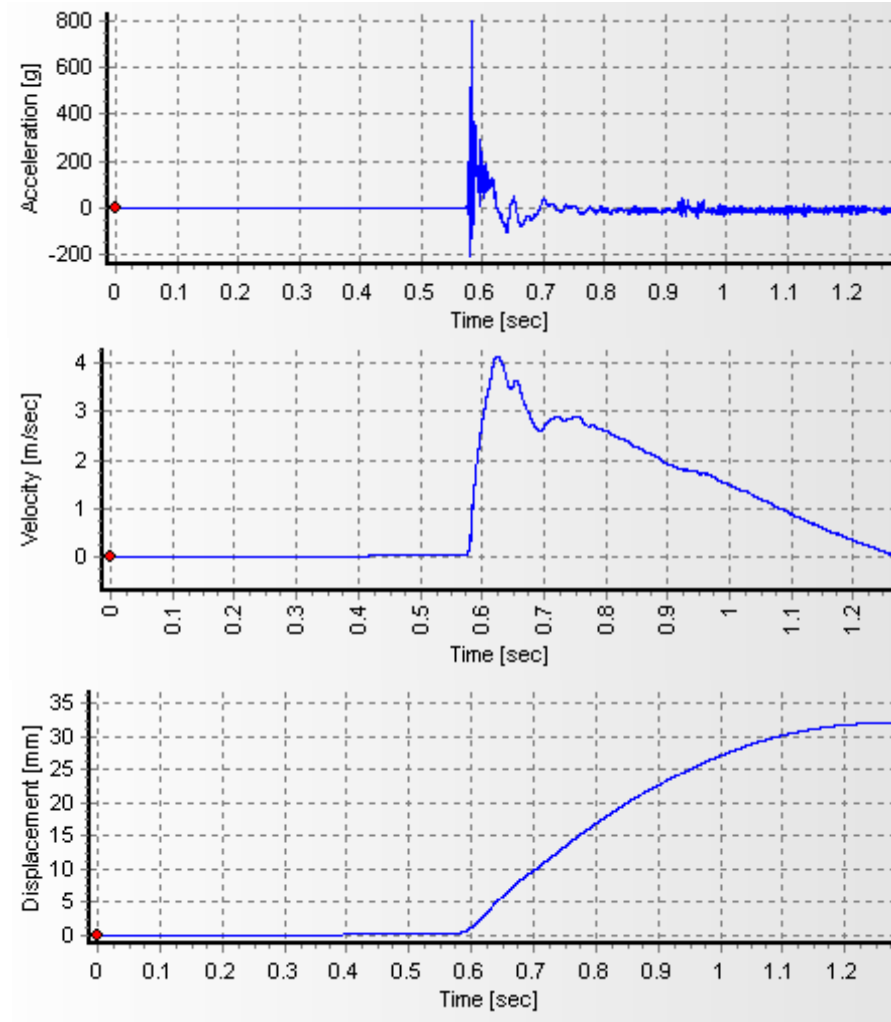
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.19. C2MAT ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 6. C2MAD deneyi

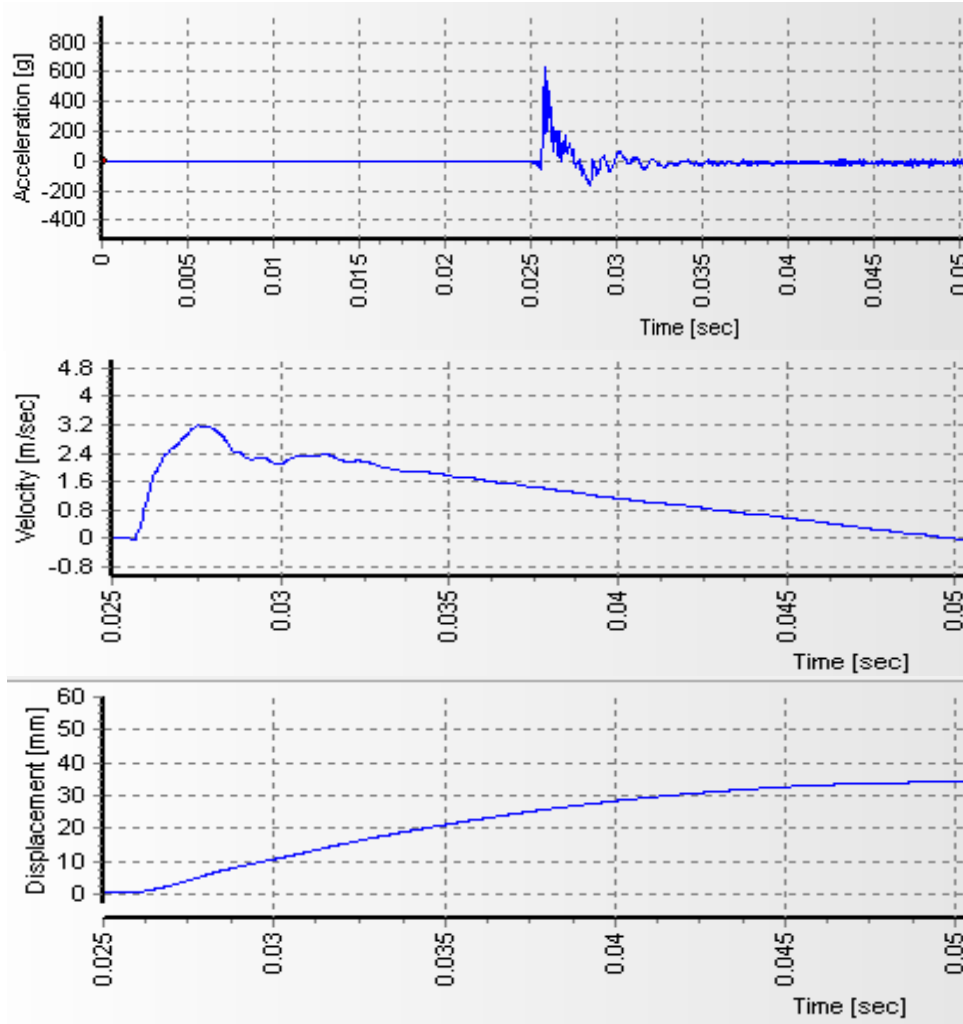
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.20. C2MAD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 7. C250D deneyi

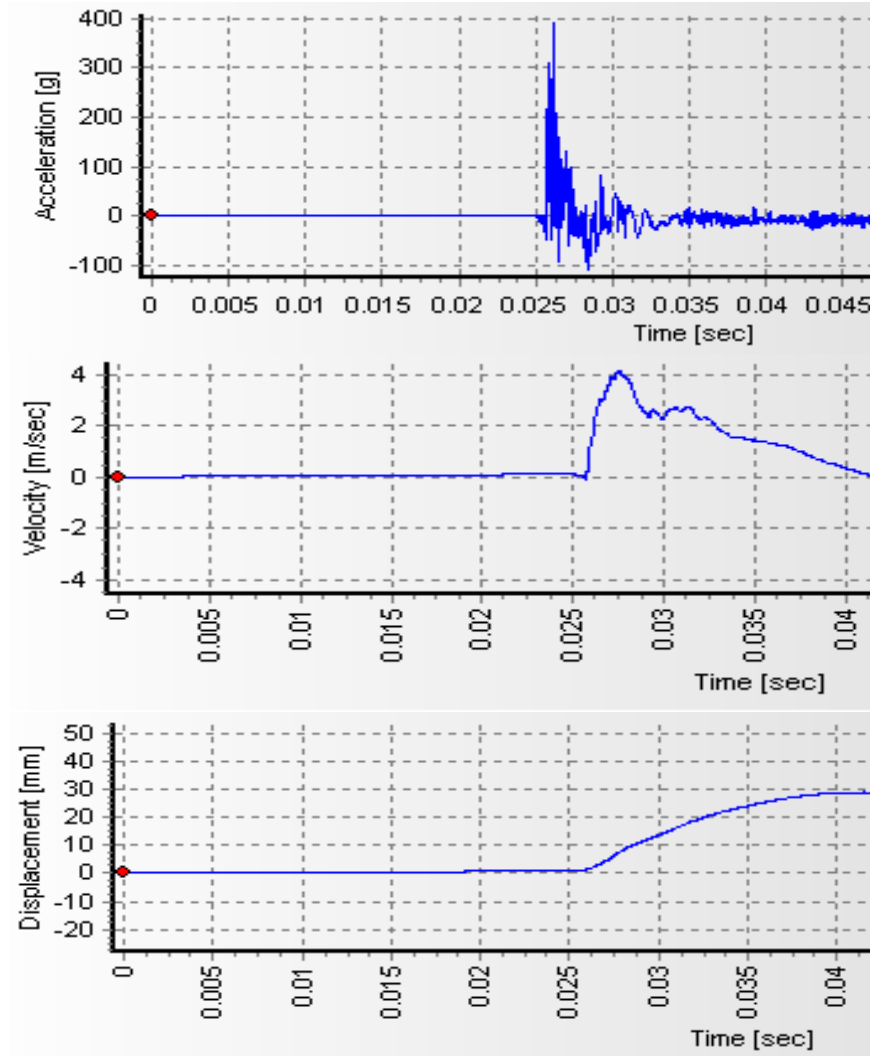
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.21. C250D ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 8. C25MİD deneyi

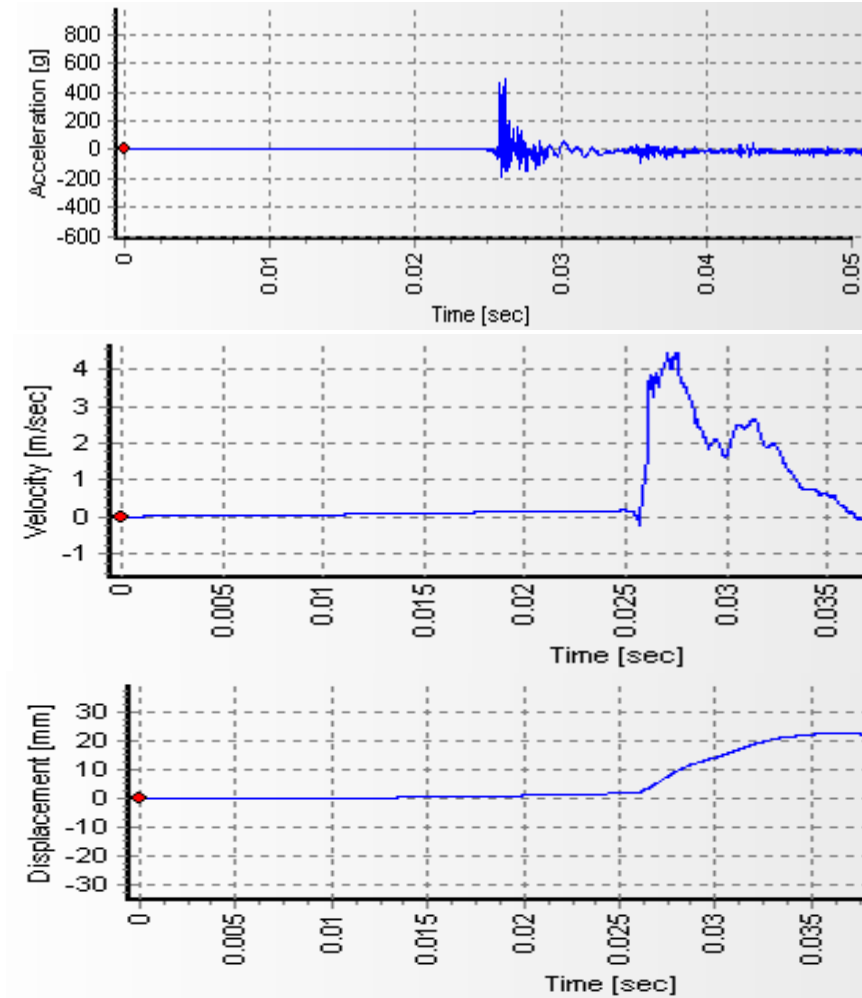
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.22. C25MİD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 9. C25MAD deneyi

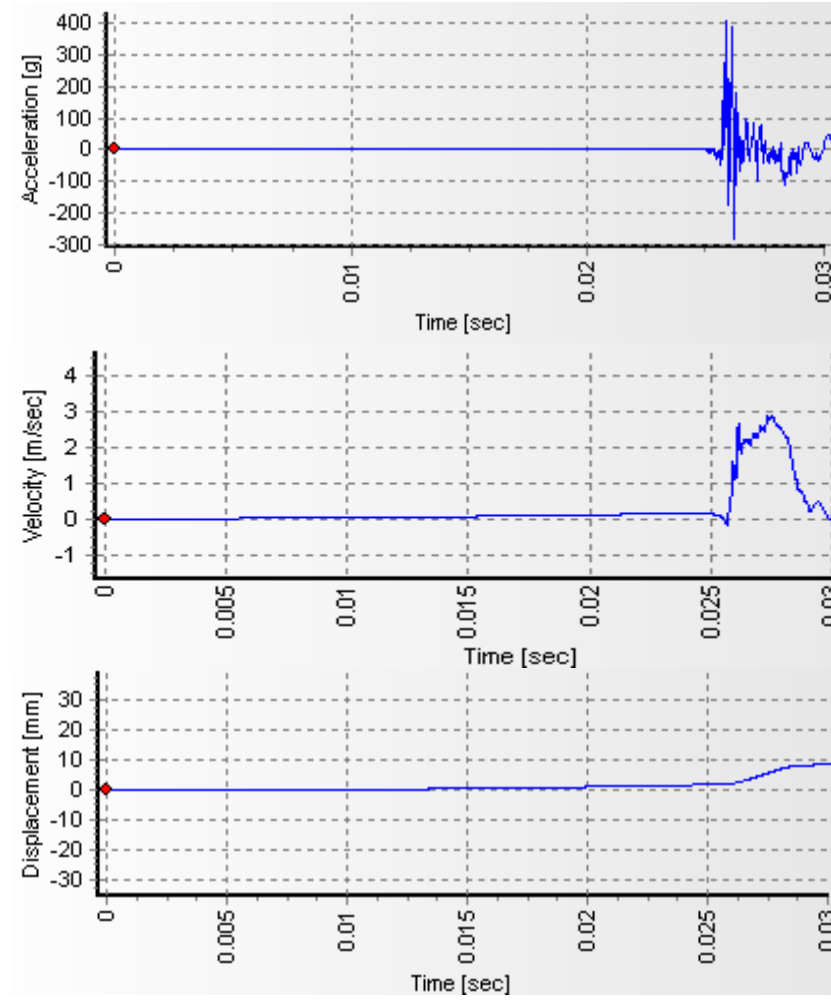
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.23. C25MAD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 10. C30D deneyi

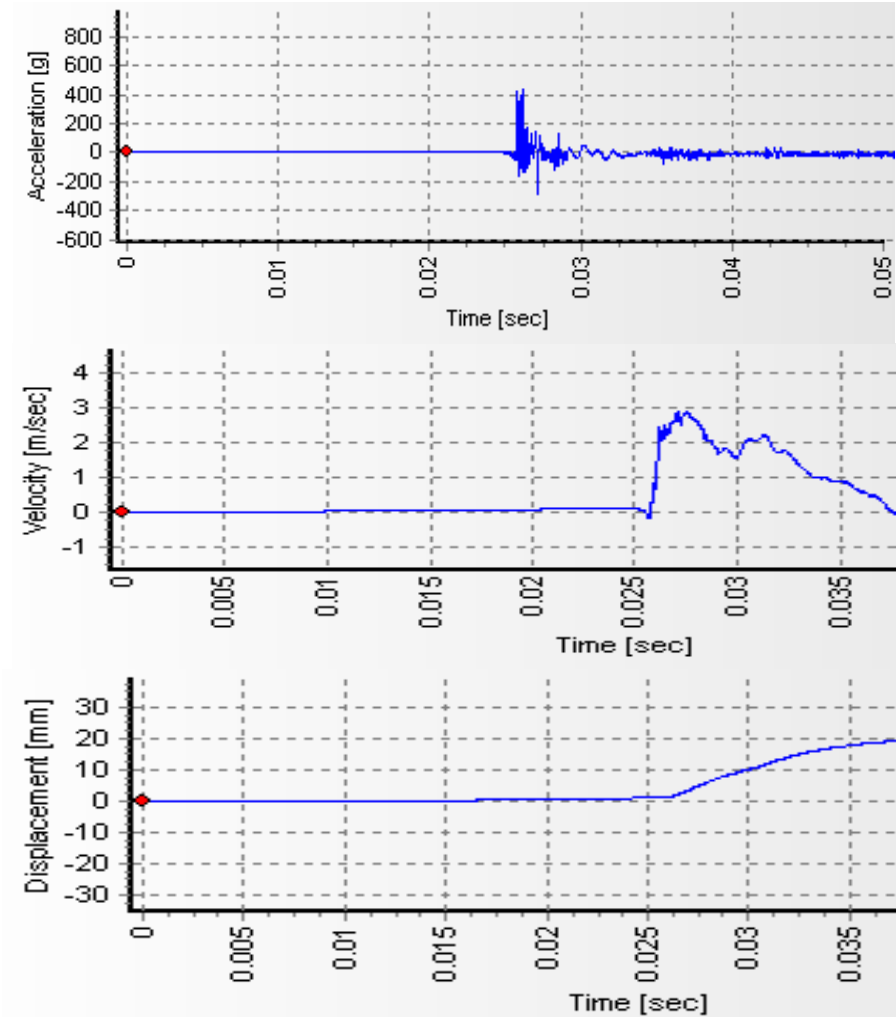
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.24. C30D ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 11. C3MİD deneyi

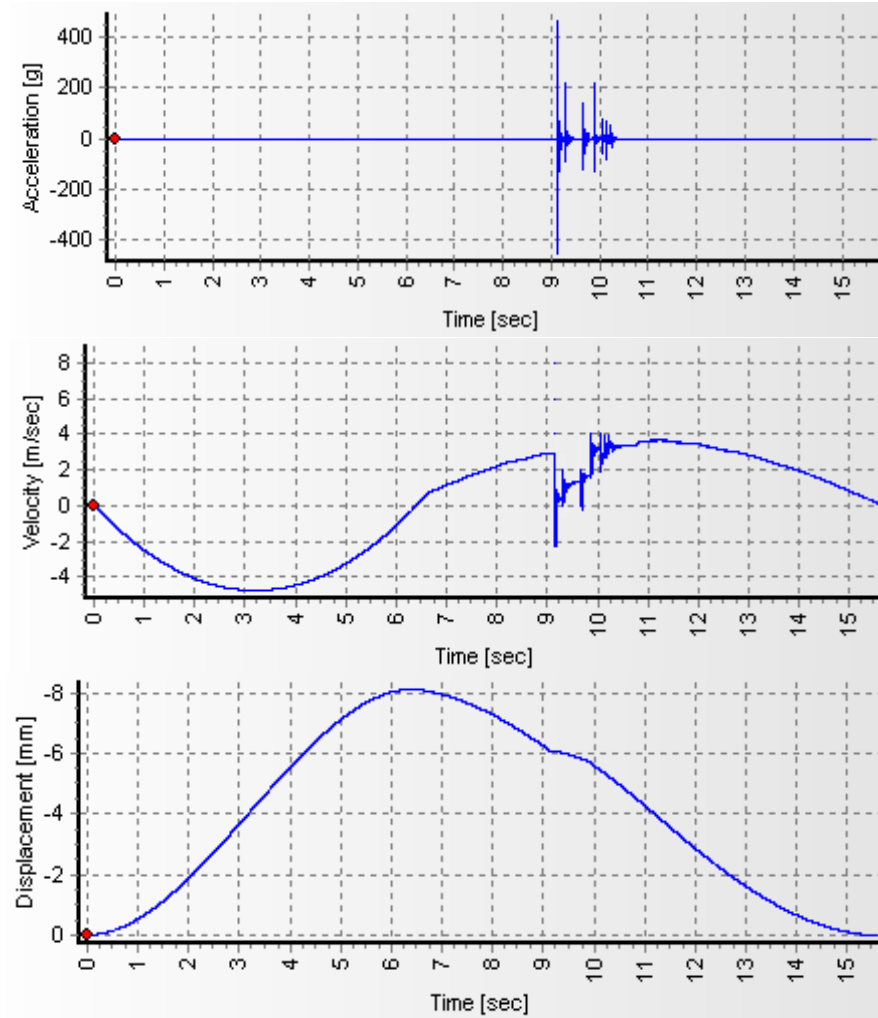
Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.25. C3MİD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## 12. C3MAD deneyi

Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.

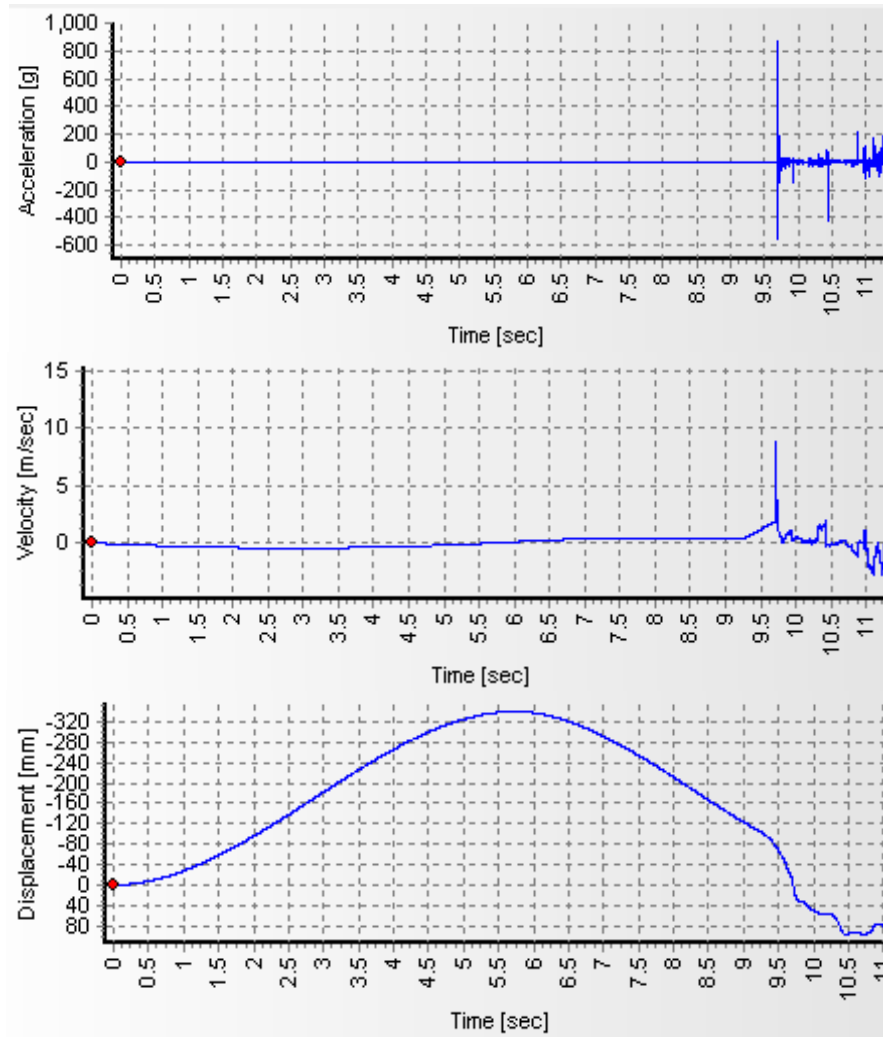


Şekil 5.26. C3MAD ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri



### 13. CBO deneyi

Çalışmada numune üzerinde çekic çarpma etkisiyle oluşan ivme-zaman, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.27. CBO ivme-zaman, hız-zaman, konum-zaman grafikleri

## BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1. Beton Sınıfına Göre Görsel Olarak Numunelerin Darbe Deneyine Göstermiş Oldukları tepkiler

Kullanılan beton sınıfı ile deplasman oranı ters orantı olarak çalışmaktadır. Beton sınıfının artması ile malzemede deplasman miktarı azalmaktadır. Beton sınıfının yapılan çalışmada deplasman oranına etkisini rahat gözlemleyebilmek adına kullanılan fiber malzeme oranı ve çalışma eksenini aynı olan numunelerde inceleme yapılmıştır (Şekil 6.1.).



Şekil 6.1. CBO ve C30D numune deformasyon durumları



C250D

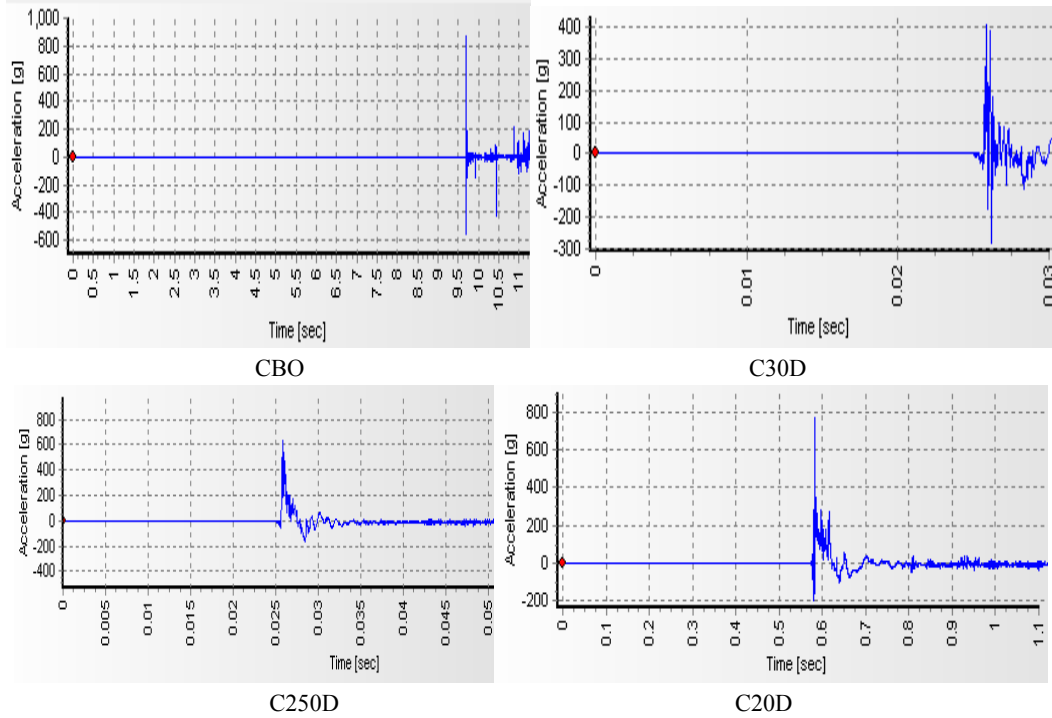
C20D

Şekil 6. 2. C25D ve C20D numune deformasyon durumları

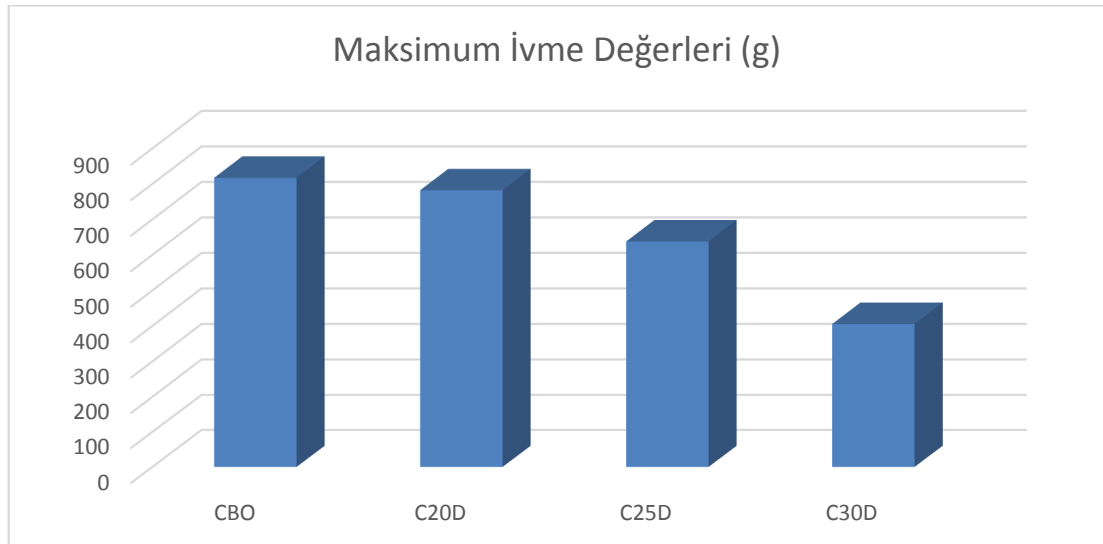
Yapılan çalışma neticesinde fiber malzeme kullanımının olmadığı aynı ekseninde çalıştırılan CB0, C30D, C250D ve C20D numuneleri değerlendirmeye alınmıştır. Kullanılan beton sınıfına göre darbe deneyinde en az deplasman gösterenden en fazla deplasman gösteren numuneye göre sıralama  $C30 > C25 > C20$  olarak gözlemlenmiştir buda darbe etkisine dayanım sırayla örtüşmektedir (Şekil 6.2.).

## 6.2. Beton Sınıfının Darbe Kuvvetine Etkisi

CBO,C30D,C25D,C20D numunelerine ait ivme-zaman grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 6. 3. CBO, C30D, C25D, C20D numunelerine ait ivme-zaman grafikleri



NUMUNE	CBO	C20D	C25D	C30D
MAKSİMUM İVME DEĞERİ	817.25	782.12	637.82	405.2

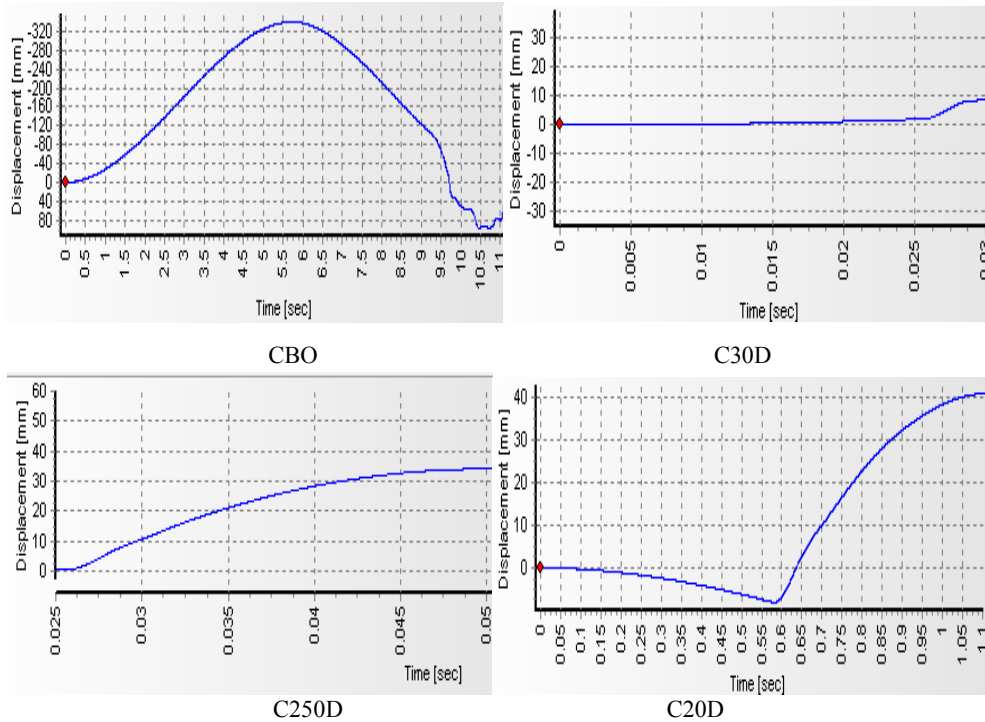
Şekil 6. 4. CBO, C20D, C25D, C30D numunelerine ait maksimum ivme değerleri

Çekicinin deney elemanı ile ilk etkileşiminde meydana gelen ivme, yerçekimi ile aynı doğrultuda olup elemanda aşağı yönlü bir deformasyon oluşturmaya çalışmıştır.

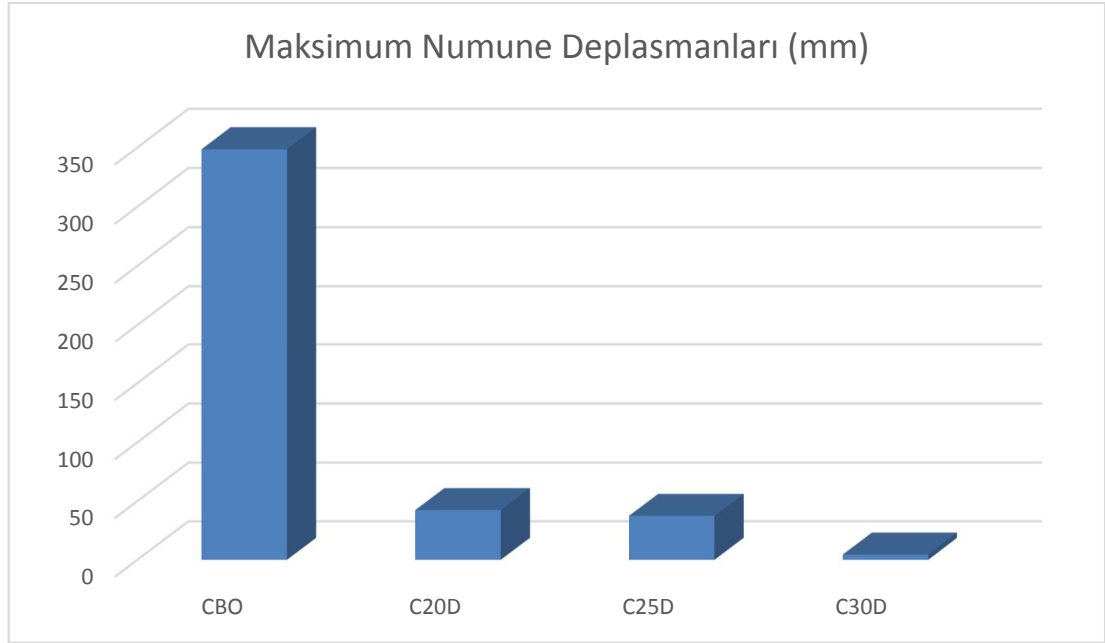
Çekiş numuneye çarpma anında ivme-zaman grafikleri incelendiğinde sıçramalar 120mmx80mm kutu profilde bir miktar gözükmemektedir. Sıçramalar C30 beton sınıfından imal edilmiş numuneye geldiğinde ise bu sıçramalar minimuma inmektedir. Fiber malzemesi bulunmayan ve aynı ekseninde darbe uygulanmış numuneler karşılaştırıldığında çekicinin yer çekimi ivmesiyle hareket ederken tepki göstererek ivme-zaman değerlerinde bu sıçramaları en aza indiren numuneler sırasıyla C30D, C250D, C20D, CBO olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.5).

Aynı parametrelere sahip olmasına rağmen beton sınıflarında farklılıklar bulunan numuneler yüksek dayanımlı betonla üretilen deney elemanlarının, normal dayanımlı deney elemanlarına göre daha yüksek enerji yutma kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir.

CBO, C30D, C25D, C20D numunelerine konum-zaman grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 6.5. CBO, C30D, C25D, C20D numunelerine ait konum-zaman grafikleri



Şekil 6. 6. CBO, C20D, C25D, C30D numunelerine ait maksimum deformasyon değerleri

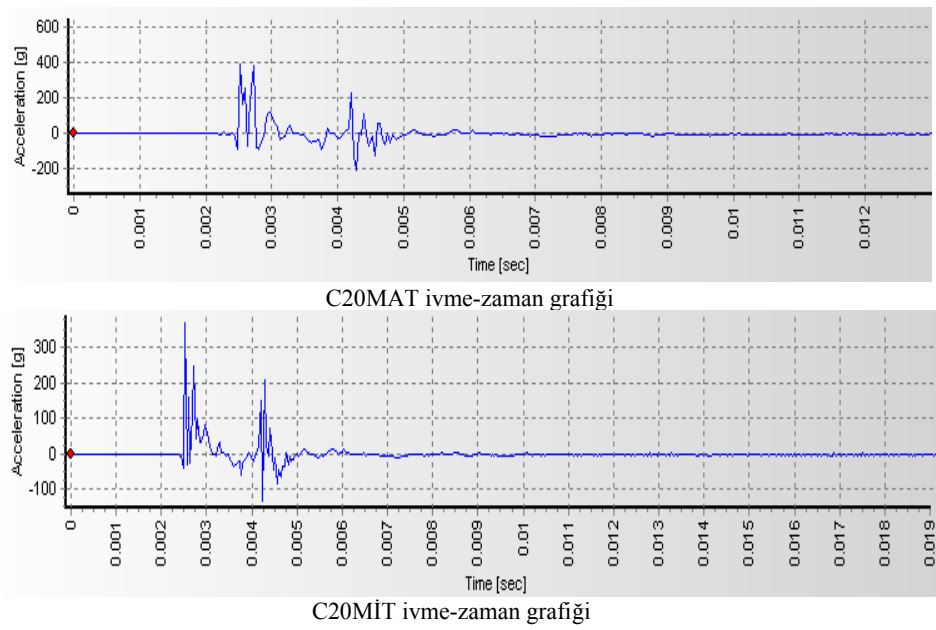
Darbe kuvveti altında numune deformasyon miktarını beton sınıfı ile ilişkilendirdiğimizde C30 beton sınıfı ile C25 beton sınıfı kullanılan numunelerde eğilmeye karşı direnç %326,94 oranında değişkenlik göstermektedir. C30 beton sınıfı ile C20 beton sınıfı arasında bir kıyas yapıldığında ise bu oran yaklaşık %384.01 oranındadır.

CBO, C30D, C25D, C20D numune konum-zaman grafiklerine bakıldığında en büyük deformasyon miktarının sırasıyla CBO, C20D, C25D, C30D olduğu gözükmektedir. Bu sonuç numunelerde kullanılan beton sınıfının darbe etkisine tepkisinin önemini göstermektedir (Şekil 6.6.).

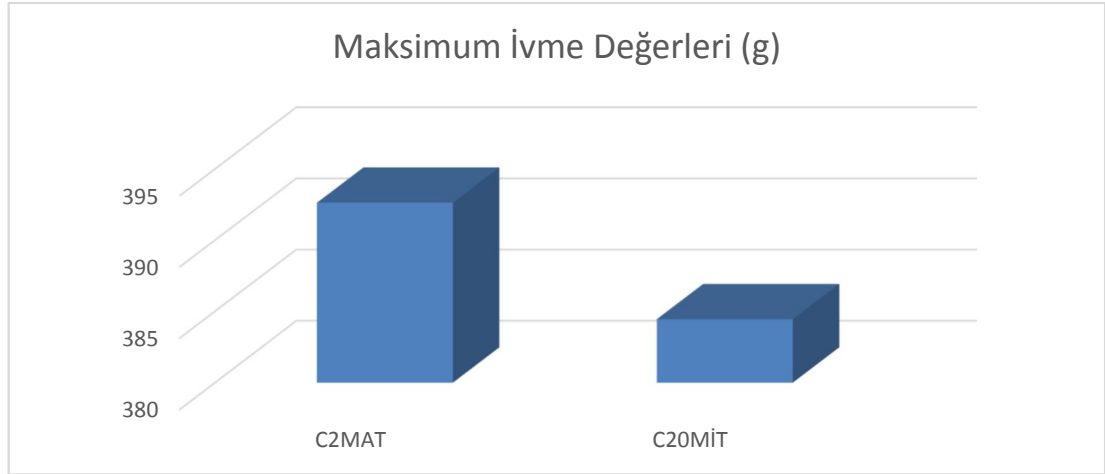
### 6.3. Fiber Malzemesinin Düşeyden Gelen Darbe Yüklerine Etkisi

Bu karşılaştırmayı yapabilmek için çalışma eksenini ve beton sınıfı aynı olan numuneler karşılaştırmaya tabi tutulmuştur (Şekil 6.7.).

C20MAT VE C20MİT numunelerine ait ivme-zaman grafikleri kullanılmıştır.



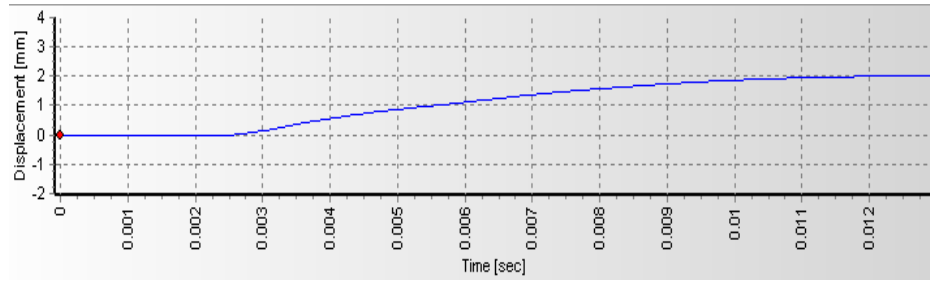
Şekil 6.7. C20MAT VE C20MİT numunelerine ait ivme-zaman grafikleri



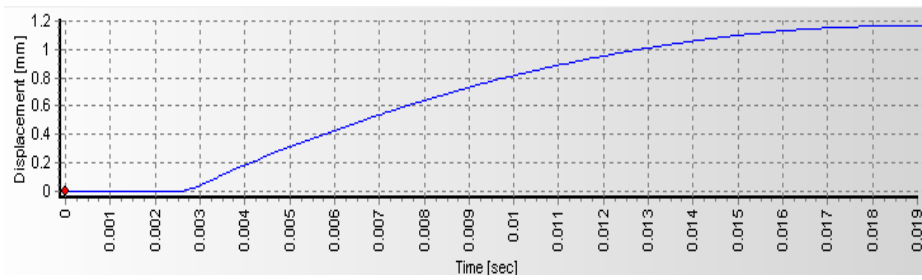
NUMUNE	C2MAT	C20MİT
MAKSİMUM İVME DEĞERİ	392.63	384.45

Şekil 6. 8. C20MAT, C20MİT numunelerine ait maksimum ivme değerleri

C20MAT VE C20MİT numunelerine ait konum-zaman grafikleri kullanılmıştır



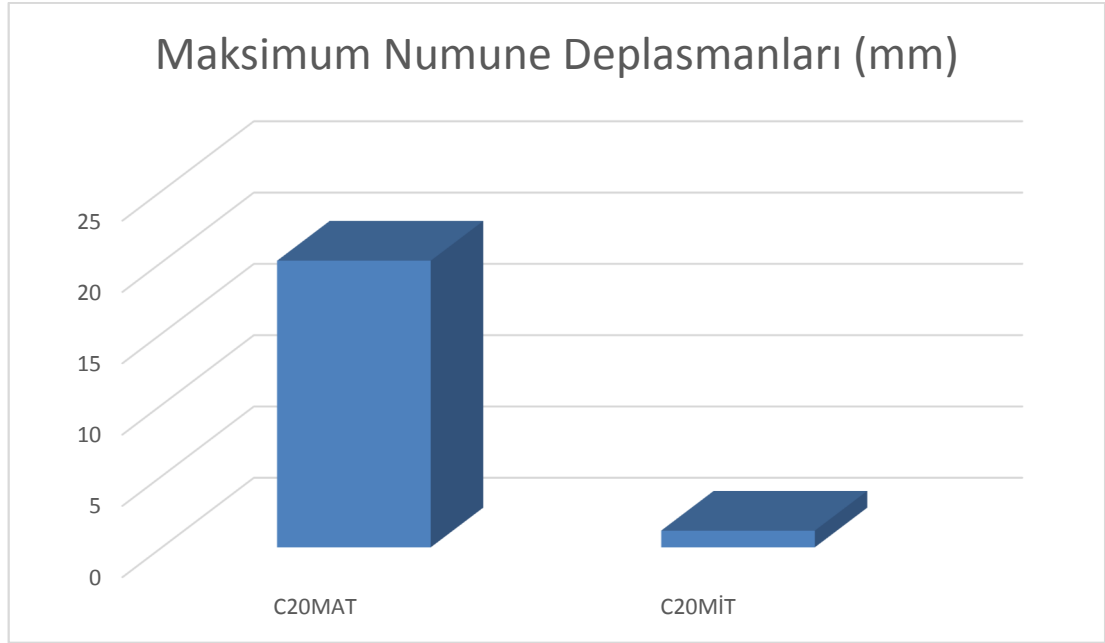
C20MAT konum-zaman grafiği



C20MİT konum-zaman grafiği

Şekil 6.9. C20MAT VE C20MİT numunelerine ait konum-zaman grafikleri





NUMUNE	C20MAT	C20MİT
MAKSİMUM DEPLASMAN DEĞERİ	20.1	1.172

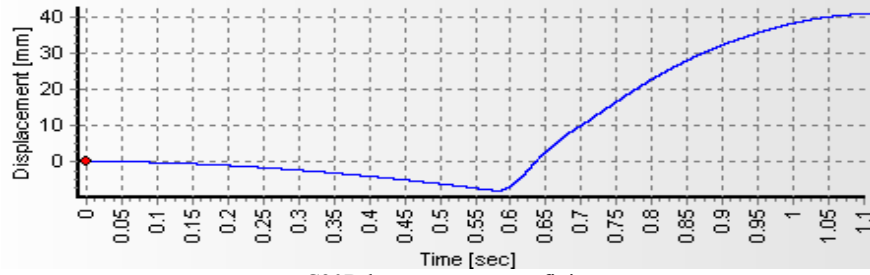
Şekil 6. 10. C20MAT, C20MİT numunelerine ait maksimum deplasman değerleri

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, kullanılan fiber malzemesinin kiriş tokluğuna katkı sağladığı sonucuna varılmıştır. Darbe kuvvetine, fiber malzeme kullanılarak oluşturulan kiriş için deplasman miktarı ile fiber malzeme kullanılmayan kiriş elemanda oluşan deplasman miktarı yaklaşık 18.928mm fark etmiştir.

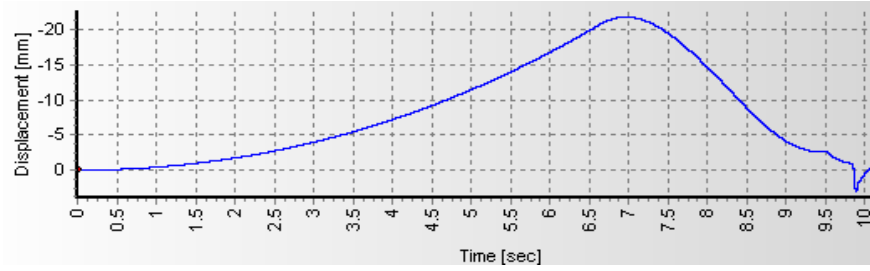
#### 6.4. Çalışma Ekseninin Düşeyden Gelen Darbe Yüküne Etkisi

Bu çalışmada karşılaştırılması amaçlanan parametrelerden biriside yapı elemanın darbe yüküne maruz kaldığı eksenin davranışdır.

Bu karşılaştırmayı yapabilmek için aynı beton sınıfına ve aynı oranda fiber malzemeye sahip numuneler kullanılmıştır.

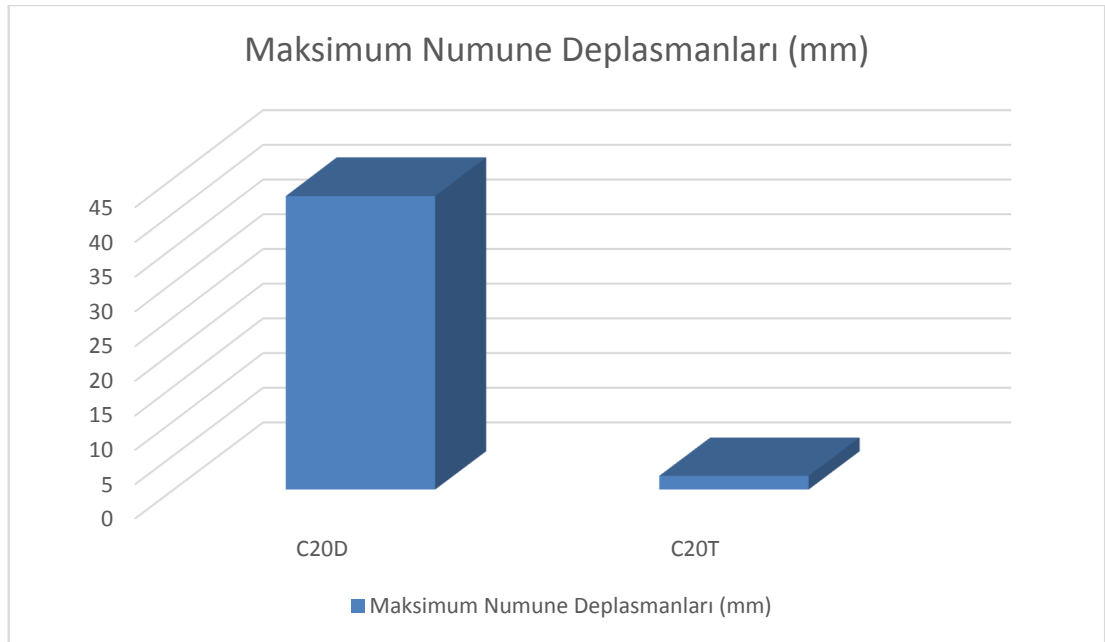


C20D konum-zaman grafiği



C20T konum-zaman grafiği

Şekil 6.11. C20D ve C20T numunelerine ait konum-zaman grafikleri



NUMUNE	C20D	C20T
MAKSİMUM DEPLASMAN DEĞERİ	42.4	2

Şekil 6. 12. C20D, C20T numunelerine ait maksimum deplasman değerleri

Bu çalışmada C20D profiline zayıf eksen ve C20T numunesine ise güçlü eksen darbe yüklemesi yapılmıştır. C20T numunesinde atalet momenti daha fazladır.

Konum-zaman değerlerine bakıldığında C20T numunesinde deformasyonun daha az olduğu darbe kuvveti sönümlemesinin daha fazla olduğu gözükmetedir (Şekil 6.11.).

Bu çalışmanın ışığında ileriki aşamalarda aynı parametrelere sahip numuneler hazırlanarak darbe deneyinde çatlak oluşumları, hızları, doğrultusu ve büyüklükleri incelenebilir. Çalışmada tercih edilmiş fiber malzeme yerine farklı fiber malzemeler kullanılıp kıyaslamalarda bulunulabilir. Bu deneysel çalışmada dikdörtgen kesitli kutu profiller kullanılmıştır yapılacak çalışmalarda farklı geometriye sahip profiller kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] www.yapı.com.tr, Erişim Tarihi: 15.07.2017
- [2] Liew, J., Y., R., Soheli K., M., A., Koh, C., G., Impact tests on steel concrete steel sandwich beams with lightweight concrete core. *Engineering Structures* 31 (9), 2045-2059, 2008.
- [3] Wang, R., Han, L., H., Hou, C., C., Behavior of concrete filled steel tubular (CFST) members under lateral impact: Experiment and FEA model. *Journal of construction steel research*, 80 (01), pp. 188-201, 2012.
- [4] Zeinoddinia, M., Parkebi, G., A., R., Hardingb, J., E., Axially pre-loaded steel tubes subjected to lateral impacts (a numerical simulation). *International Journal of Impact Engineering* 35 (2008) 1267–1279, 2011.
- [5] Deniz, M., E., Kompozit boruların darbe ve darbe sonrası eksenel bası davranışına deniz suyu etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Mekanik ve Mukavemet Bilim Dalı. Doktora Tezi, 2011.
- [6] Gezer, O., Çelik ve kompozit boruların çarpma davranışı ve koruyucu yapıların etkileri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [7] Alam, Md., I., Fawzia, S., Liu, X., Effect of bond length on the behaviour of CFRP strengthened concrete-filled steel tubes under transverse impact. *Composite Structures* 132, 898-914, 2015.
- [8] Makarem, F., S., Abed, F., Nonlinear finite element modeling of dynamic localizations in high strength steel columns under impact. *International Journal of Impact Engineering* 52 (2013) 47e61, 2012.
- [9] Abbas, H., Gupta, N., K., Alam, M., Nonlinear response of concrete beams and plates under impact loading. *Int. J. Impact Eng.*, 30(8), 1039-1053, 2004.

- [10] Selvi, M., Beton Dayanımındaki değişimin çarpma davranışına olan etkisinin deneysel ve sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [11] Karataş, F., Ağır vasıta çarpmalarına dayanıklı geçiş oto korkulukları: bir çelikten – betona geçiş oto korkuluğu tasarımı ve analizi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [12] Fujikake, K, Li, B, Soeun, S., Impact response of reinforced concrete beam and its analytical evaluation. ASCE Journal of Structural Engineering 135(8): 938–950 2009.
- [13] Atou, T., Sano Y., Katayama M., Hayashi S., Damage evaluation of reinforced concrete columns by hypervelocity impact, Journal ISSN 1877-7058, 2013.
- [14] Kantar, E., Arslan, A., Anıl Ö., Beton dayanımındaki değişimin çarpma davranışına etkisi, Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol 26, No 1, 115-123, 2011.
- [15] Cotsovos, D., M., A Simplified approach for assessing the load-carrying capacity of reinforced concrete beams under concentrated load applied at high rates, International Journal of Impact Engineering 37 (8), 907-917, 2010.
- [16] Cömert, M., Betonarme yapıların patlamalar karşısındaki performanslarının değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek lisans Tezi, 2010.
- [17] Rezaei, S., H., C., Response of Reinforced Concrete Elements to High-Velocity Impact Load, A Dissertation Submitted to the Faculty of Purdue University, 2011.
- [18] Shakir, A., S., Guan, Z., W., Jones, S., W., Lateral impact response of the concrete filled steel tube columns with and without CFRP strengthening, Engineering Structures 116 (2016) 148–162, 2016.
- [19] Özbaşaran, H., Deprem esnasında çok katlı yapıların çarpışması etkisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [20] Kantar, E., CFRP ile güçlendirilmiş beton kirişlerin çarpma davranışlarının deneysel olarak incelenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2009.

- [21] Coşgun, S., İ., Betonarme plakların darbe yükü etkisindeki davranışlarının sayısal olarak incelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [22] Batarlar, B., Behavior of reinforced concrete slabs subjected to impact loads, İzmir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [23] [www.acikerisim.aku.edu.tr](http://www.acikerisim.aku.edu.tr), Erişim Tarihi: 11.9.2017
- [24] [www.kratosfiber.com](http://www.kratosfiber.com), Erişim Tarihi: 06.8.2017

## **ÖZGEÇMİŞ**

Yunus Emre YAZICI, 0812.1989'da Amasya da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Amasya'da tamamladı. 2008'de Şehit Metehan ATAMACA Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2008 yılında başladığı On dokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2012 yılında bitirdi. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansa başladı. Halen piyasada çeşitli alanlarda görev alarak mühendislik hizmeti vermeye devam etmektedir.

