

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİR TALAŞI KATKILI BETONLARIN VE ETRİYE  
KANCA AÇISININ KONSOL KİRİŞLERİN YAPISAL  
DAVRANIŞINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ömer Fatih SANCAK**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**  
**Tez Danışmanı : Dr.Öğr.Üyesi Muhammet Zeki ÖZYURT**

**Ocak 2021**

## **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.



Ömer Fatih SANCAK

06.01.2021

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Muhammet Zeki ÖZYURT'a teşekkürlerimi sunarım.

Çekme deneylerinin gerçekleştirilmesinde yardımını esirgemeyen BST Bayraktar Sondaj Teknolojileri Mühendislik ve Laboratuvar Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi her konuda desteklerini esirgemeyen, üzerimde emekleri olan, bugünlere gelmemde büyük katkıları olan aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xii
SUMMARY .....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
1.1. Amaç ve Kapsam .....	1
1.2. Kaynak Araştırması .....	2
BÖLÜM 2.	
TEORİK KAVRAMLAR .....	7
2.1. Elastik Davranış .....	7
2.2. Elasto-Plastik Davranış .....	8
2.3. Süneklik .....	9
2.4. Dengeli Donatılı Kirişler .....	9
2.5. Denge Üstü Donatılı Kirişler .....	11
2.6. Denge Altı Donatılı Kirişler .....	13
2.7. Basit Eğilme Etkisindeki Kirişler .....	14
2.8. Kırılma Çeşitleri .....	17
BÖLÜM 3.	
DENEY NUMUNELERİNİN OLUŞTURULMASI .....	19

3.1. Deney Numunelerinin İsimlendirilmesi .....	19
3.2. Konsol Kiriş Tasarımı .....	21
3.2.1. Donatı tasarımı .....	22
3.2.2. Kalıp tasarımı .....	25
3.3. Materyal .....	25
3.3.1. Demir talaşı .....	25
3.3.2. Agrega .....	26
3.3.3. Çimento .....	27
3.3.4. Akışkanlaştırıcı .....	27
3.3.5. Beton makinesi .....	28
3.3.6. Strain gauge .....	28
3.4. Metot .....	29
3.4.1. Donatıların oluşturulması .....	29
3.4.2. Kalıpların oluşturulması .....	30
3.4.3. Betonun oluşturulması .....	30
3.4.4. Çökme deneyi ve silindir numunelerin alınması .....	32
3.4.5. Strain gauge kablolarının donatılara bağlanması .....	33
3.4.6. Deney numunelerin elde edilmesi .....	34
BÖLÜM 4.	
DENEY NUMUNELERİNİN KIRILMASI .....	36
4.1. Deney Düzeneği .....	36
4.2. Numunelerin Kırılması .....	37
BÖLÜM 5.	
DENEY SONUÇLARI .....	41
5.1. Çökme Deneyi Sonuçları .....	41
5.2. Silindir Beton Numuneleri Basınç Deneyi Sonuçları .....	41
5.3. Donatı Çekme Deneyi Sonuçları .....	42
5.4. Deney Numuneleri Sonuçları .....	43

## BÖLÜM 6.

DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI .....	53
6.1. Taşıma Gücüne Göre Karşılaştırma .....	53
6.2. Süneklik Katsayısına Göre Karşılaştırma .....	54
6.3. Etriye Kanca Açısına Göre Karşılaştırma .....	56
6.4. Denge Altı ve Denge Üstü Olma Durumuna Göre Karşılaştırma .....	62
6.5. Demir Talaşı Katkı Yüzdesine Göre Karşılaştırma .....	68

## BÖLÜM 7.

SONUÇ .....	74
KAYNAKLAR .....	80
EKLER .....	82
ÖZGEÇMİŞ .....	84

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

$a$	: Eşdeğer basınç bloğunun yüksekliği
$A_s$	: Donatı alanı
$A_{sb}$	: Dengeli donatı oranına karşılık gelen donatı alanı
$b_w$	: Kiriş kesit genişliği
$c$	: Tarafsız eksen derinliği
$cm$	: Santimetre
$d$	: Kiriş kesitinin faydalı yüksekliği
$\Delta_y$	: Akma anındaki yer değiştirme
$\Delta_u$	: Maksimum yer değiştirme
$\epsilon_c$	: Beton birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{cu}$	: Betonun ezilme birim kısalması
$E_s$	: Donatı elastisite modülü
$\epsilon_s$	: Donatı birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{su}$	: Kopma birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{yd}$	: Tasarım akma birim şekil değiştirmesi
$F_c$	: Basınç kuvveti
$f_{cd}$	: Tasarım basınç dayanımı
$f_e$	: Elastik sınıra karşılık gelen dayanım
$F_s$	: Çekme kuvveti
$f_{yd}$	: Tasarım akma dayanımı
$f_{yk}$	: Karakteristik akma dayanımı
$gr$	: Gram
$k_l$	: Ortalama basınç gerilmesi ve maksimum gerilme arasındaki oran
$kg$	: Kilogram
$M$	: Kesitte oluşan moment

$mm$	: Milimetre
$\mu$	: Süneklik katsayısı
$P_{maks}$	: Maksimum taşınan yük
$P_y$	: Akma anındaki yük
$\rho$	: Kesitteki donatı oranı
$\rho_b$	: Dengeli donatı oranı
$\sigma_c$	: Beton gerilmesi
$\sigma_s$	: Donatı gerilmesi
$u_1$	: Geri dönmeyen kalıcı şekil değiştirme
$u_2$	: Kuvvet uygulandığında cismin yapmış olduğu şekil değiştirme
$u_2-u_1$	: Geri dönen şekil değiştirme
$u_e$	: Elastik yer değiştirme
$u_{max}$	: Maksimum ötelenme
$u_y$	: Akma anındaki ötelenme
$z$	: Moment kolu



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Elastik davranış Dayanım-Yer Değiştirme grafiği .....	7
Şekil 2.2. Elasto-Plastik davranış Dayanım-Yer Değiştirme grafiği .....	8
Şekil 2.3. Sünek davranış Dayanım-Yer Değiştirme grafiği .....	9
Şekil 2.4. Dengeli donatılı kirişlerde betonun Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği .....	10
Şekil 2.5. Dengeli donatılı kirişlerde donatının Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği .....	10
Şekil 2.6. Denge üstü donatılı kirişlerde betonun Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği .....	12
Şekil 2.7. Denge üstü donatılı kirişlerde donatının Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği .....	12
Şekil 2.8. Denge altı donatılı kirişlerde betonun Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği .....	13
Şekil 2.9. Denge altı donatılı kirişlerde donatının Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği .....	14
Şekil 2.10. Betonarme kiriş kesiti detay gösterimi .....	15
Şekil 2.11. Betonarme basit kiriş gevrek kırılma görseli .....	17
Şekil 2.12. Betonarme basit kiriş sünek kırılma görseli .....	18
Şekil 3.1. Taslak donatı üstten görünüm .....	24
Şekil 3.2. Taslak donatı yandan görünüm .....	24
Şekil 3.3. Konsol kiriş kesit görüntüsü .....	24
Şekil 3.4. Demir talaşı malzemesinin görüntüsü .....	25
Şekil 3.5. Kullanılacak olan mıcırın görüntüsü .....	26
Şekil 3.6. Kullanılacak olan kumun görüntüsü .....	26
Şekil 3.7. Kullanılacak olan çimentonun görüntüsü .....	27
Şekil 3.8. Kullanılacak olan akışkanlaştırıcının görüntüsü .....	27

Şekil 3.9. Beton makinesinin görüntüsü .....	28
Şekil 3.10. Kullanılacak olan strain gauge görüntüsü .....	28
Şekil 3.11. Oluşturulmuş bazı numune donatılarının gerçek görüntüsü .....	29
Şekil 3.12. Oluşturulmuş bazı kalıpların gerçek görüntüsü .....	30
Şekil 3.13. Karışımın beton makinesi içerisindeki görüntüsü .....	31
Şekil 3.14. Elde edilmiş betonun görüntüsü .....	31
Şekil 3.15. Çökme deneyi görüntüsü .....	32
Şekil 3.16. Silindir numunelerin kür havuzundaki görüntüsü .....	33
Şekil 3.17. Strain gauge detayı .....	33
Şekil 3.18. Bazı numunelerin beton dökümünden önceki halleri .....	34
Şekil 3.19. Bazı numunelerin beton dökümünden sonraki halleri .....	35
Şekil 3.20. Kalıplardan çıkarılmış numunelerin görüntüsü .....	35
Şekil 4.1. Deney düzeneğinin görüntüsü .....	37
Şekil 4.2. %20 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney öncesi görüntüsü .....	38
Şekil 4.3. %20 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney sonrası görüntüsü .....	38
Şekil 4.4. %10 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney öncesi görüntüsü .....	38
Şekil 4.5. %10 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney sonrası görüntüsü .....	39
Şekil 4.6. %40 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney öncesi görüntüsü .....	39
Şekil 4.7. %40 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney sonrası görüntüsü .....	39
Şekil 5.1. Çekme deneyinin görüntüsü .....	42
Şekil 5.2. A-10-a-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği .....	45
Şekil 5.3. A-10-b-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği .....	45
Şekil 5.4. B-10-a-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği .....	46
Şekil 5.5. B-10-b-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği .....	46
Şekil 5.6. A-10-a-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği .....	47
Şekil 5.7. A-10-b-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği .....	47

Şekil 5.8. B-10-a-3-y numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	48
Şekil 5.9. B-10-b-3-y numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	48
Şekil 5.10. A-10-a-3-x numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	49
Şekil 5.11. A-10-b-3-x numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	49
Şekil 5.12. B-10-a-3-x numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	50
Şekil 5.13. B-10-b-3-x numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	50
Şekil 5.14. A-10-a-3-z numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	51
Şekil 5.15. A-10-b-3-z numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	51
Şekil 5.16. B-10-a-3-z numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	52
Şekil 5.17. B-10-b-3-z numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği .....	52
Şekil 6.1. Süneklik hesabı için referans alınan Yük-Deplasman eğrisi .....	54
Şekil 6.2. A-10-a-1-w ve A-10-b-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	56
Şekil 6.3. B-10-a-1-w ve B-10-b-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	56
Şekil 6.4. A-10-a-3-y ve A-10-b-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	57
Şekil 6.5. B-10-a-3-y ve B-10-b-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	57
Şekil 6.6. A-10-a-3-x ve A-10-b-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	57
Şekil 6.7. B-10-a-3-x ve B-10-b-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	58
Şekil 6.8. A-10-a-3-z ve A-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	58
Şekil 6.9. B-10-a-3-z ve B-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	59
Şekil 6.10. Etriye kanca açısına göre yüzdesel farkların grafiği .....	60
Şekil 6.11. A-10-a-1-w ve B-10-a-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	62
Şekil 6.12. A-10-b-1-w ve B-10-b-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	62
Şekil 6.13. A-10-a-3-y ve B-10-a-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	63
Şekil 6.14. A-10-b-3-y ve B-10-b-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	63
Şekil 6.15. A-10-a-3-x ve B-10-a-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	63
Şekil 6.16. A-10-b-3-x ve B-10-b-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	64
Şekil 6.17. A-10-a-3-z ve B-10-a-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	64
Şekil 6.18. A-10-b-3-z ve B-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	65
Şekil 6.19. Denge altı ve denge üstü olma durumuna göre yüzdesel farkların grafiği .....	66
Şekil 6.20. A-10-a-1-w, A-10-a-3-y, A-10-a-3-x ve A-10-a-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	68

Şekil 6.21. A-10-b-1-w, A-10-b-3-y, A-10-b-3-x ve A-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	68
Şekil 6.22. B-10-a-1-w, B-10-a-3-y, B-10-a-3-x ve B-10-a-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	69
Şekil 6.23. B-10-b-1-w, B-10-b-3-y, B-10-b-3-x ve B-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği .....	69
Şekil 6.24. Demir talaşı katkısına göre yüzdesel farkların grafiği .....	71

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Denge altı donatılı numunelerin isimlendirme detayı .....	20
Tablo 3.2. Denge üstü donatılı numunelerin isimlendirme detayı .....	21
Tablo 3.3. Deney numunelerinin malzeme ve kesit özellikleri .....	22
Tablo 3.4. Demir talaşı elek analizi sonuçları .....	25
Tablo 4.1. Kırılan numunelerin çatlak özellikleri .....	40
Tablo 5.1. Çökme deneyi sonuçları .....	41
Tablo 5.2. Silindir numunelerin elastisite modülleri .....	41
Tablo 5.3. Deneysel sonuçlar .....	43
Tablo 6.1. Deney numunelerinin taşıdıkları maksimum yük değerleri .....	53
Tablo 6.2. Deney numunelerinin süneklik katsayıları .....	55
Tablo 6.3. Etriye kanca açısı karşılaştırma tablosu .....	59
Tablo 6.4. Denge altı ve denge üstü karşılaştırma tablosu .....	65
Tablo 6.5. Demir talaşı katkı yüzdesi karşılaştırma tablosu .....	70

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Konsol kiriş, demir talaşı, katkı yüzdesi, kanca açısı

Bu çalışmada, laboratuvar ortamında hazırlanan betonarme konsol kirişlerin çeşitli özellikleri değiştirilerek, farklılaşan konsol kirişlerin davranışı incelenmiştir. Konsol kiriş numuneleri betonarme hesap yapılarak denge altı ve denge üstü olacak şekilde tasarlanmıştır. Konsol kirişlerin yapımında kullanılan betonun içindeki 0-4 mm aralığındaki agregaların miktarı belirlenmiş ve bu miktar %10, %20 ve %40 oranlarında azaltılarak yerlerine endüstriyel atık malzemesi olan demir talaşı yerleştirilmiştir. Oluşturulan numuneler etriye kanca açıları 90 ve 135 derece olacak şekilde farklılaştırılarak oluşturulmuştur. Deneysel düzenekle kırılan konsol kirişlerin Yük-Deplasman eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen deney sonuçları karşılaştırma yapılarak yorumlanmıştır.

Araştırmada elde edilen bulgulara göre etriye kanca açısı 135 derece olan betonarme konsol kirişlerin, etriye kanca açısı 90 derece olan betonarme konsol kirişlere göre hem dayanımlarında hem de süneklik katsayılarında artışlar olmuştur. Denge altı donatılı olarak oluşturulan konsol kirişler, denge üstü donatılı olarak oluşturulan konsol kirişlere göre daha sünek davranmıştır. İçerisinde %40 oranında demir talaşı katkı maddesi olan konsol kirişler en yüksek dayanıma ulaşmış ve en gevrek kırılma örneklerini sergilemişlerdir. İçerisinde %10 ve %20 oranında demir talaşı katkı maddesi içeren konsol kirişler ise referans konsol kirişlere göre dayanımında hafif azalmalarla birlikte süneklik değerlerini arttırmışlardır.

# **THE EFFECT OF IRON CHIP ADDITIVE PERCENTAGE AND STIRRUP HOOK ANGLE ON UNDER-BALANCE AND OVER-BALANCE CANTILEVER BEAMS**

## **SUMMARY**

Keywords: Cantilever beam, iron chip, additive percentage, hook angle

In this study, reinforced concrete cantilever beams were prepared in a laboratory environment by changing their various properties. The behavior of differentiated cantilever beams has been studied. Cantilever beam samples are designed to be under-balance and above-balance by calculating reinforced concrete. The amount of aggregates in the 0-4 mm range in the concrete used in the construction of the cantilever beams was determined and this amount was reduced by 10%, 20% and 40%, and iron chip, an industrial waste material, was placed in their places. The samples were formed by differentiating stirrup hook angles to be 90 and 135 degrees. Load-displacement curves of cantilever beams, which were broken by experimental setup, were obtained. The experimental results obtained were interpreted by making comparison.

According to the findings obtained in the research, both the strength and the ductility coefficients of reinforced concrete cantilever beams with stirrup hook angle of 135 degrees were increased compared to reinforced concrete cantilever beams with stirrup hook angle of 90 degrees. Cantilever beams created under-balanced reinforcement behaved more ductile than beams formed above-balanced reinforcement. Cantilever beams with 40% iron chip additive have reached the highest strength and exhibited the most brittle fracture examples. Cantilever beams containing %10 and 20% iron chip additives, on the other hand, increased their ductility values with slight decreases in strength compared to reference cantilever beams.

# **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

## **1.1. Amaç ve Kapsam**

Bir ucu gömülü (ankastre), diğer ucu mesnetsiz (askıda) olan betonarme kirişlere konsol kiriş adı verilir [1].

Ülkemizde konsol kirişler çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bunlardan bazılarını balkonlar, bina cephe çıkmaları, betonarme merdivenler, çatılar ve saçaklar gibi yapı kısımları olarak sıralayabiliriz [1]. Ayrıca ülkemizde çok sayıda bina, kat alanının büyütülmesi amacıyla, genellikle zemin kattan sonra konsol çıkımlar üzerine oturtulmaktadır [2].

Bu nedenle ülkemizde sıkça kullanılan konsol kirişlerin tasarımı ve uygulama esasları önem arz etmektedir. Özellikle belirli bir yük altındaki konsol kirişin davranışının nasıl olacağı bilinmeli ve bu doğrultuda önlemler alınmalıdır.

Konsol kirişler genellikle çok katlı yapılarda yapı içerisinde normal kirişlerin uzantıları olarak görülürler. Ama davranışları, üzerlerine aldıkları yükler ve taşıdıkları momentler farklı oldukları için tasarım aşamasında ve donatı yerleşiminde normal kirişlerden ayrılırlar.

Konsol kirişlerde çekme gerilmesinin önlenmesi için esas çelikler ve varsa pilyeler üste, montaj çelikleri ise alta konur. Esas çelik ve pilyelerin uçlarında gönye kanca yapılırlar [1]. Tüm yapı elemanlarında olduğu gibi konsol kirişlerde de denge altı ve denge üstü donatı yerleşimine dikkat edilir.



Demir talaşı, endüstriyel fabrikalarda veya torna atölyelerinde işlenen demir veya çeliklerin işlenme süreçleri içerisinde çeşitli aşınmalar, kopmalar ya da kesilme sırasında oluşan sıyrılmalar sonucu ortaya çıkan endüstriyel atıklardır.

Dünya nüfusundaki artış, yapılaşma ve endüstrinin büyümesi neticesinde, doğal kaynakları tehdit eden kirlenmeler, insanlığın önemli sorunlarından biri olmuştur. Dünya ekolojik dengesinin korunması, öncelikle bu sorunların bilinmesi ve tanınmasından geçmektedir [3].

Bu amaçla, ekolojik denge üzerinde önemli bir sorun oluşturan endüstriyel atıkların geri dönüşümü üzerinde, birçok sektörde olduğu gibi yapı sektöründe de bilimsel araştırmalar yapılmaya devam etmektedir [3]. Temel amaç katı atık bertaraf sorununu mümkün olduğunca malzemelerin geri kazanımı ile hammadde kullanımını azaltılması üzerine odaklandırmaktır [3].

Geri dönüşüm terim olarak kullanım dışı kalan geri dönüştürülebilir atık malzemelerin geri dönüşüm yöntemleriyle hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılmasıdır [4].

Bu çalışmada endüstriyel bir atık olan demir talaşının betonarme konsol kirişlere etkisi konu olarak alınmıştır. Artık kullanılmayacak ve doğaya atılacak olan endüstriyel demir talaşı atığının geri dönüşümünün sağlanıp sağlanamayacağı araştırılmıştır. Bu amaçla demir talaşı malzemesinin katkı yüzdesi değiştirilmiş ve oluşan etkilerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca yapı elemanı olan konsol kirişlerin denge altı ve denge üstü durumları, etriye kanca açıları gibi durumları değiştirilerek konsol kirişlerin davranışının nasıl değiştiği araştırılmıştır.

## **1.2. Kaynak Araştırması**

Literatürde dünyamızın dengesini bozan her türlü atığın geri dönüştürülmesini sağlamak üzerine yapı sektöründe, yapı elemanlarının oluşturulmasında kullanılan cüruf etkileriyle ilgili pek çok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmaların birçoğu yapı

elemanının davranışından ziyade yapı elemanını oluşturan beton malzemesinin küp veya silindir numunelerine odaklanarak yapılmıştır.

Hanifi Binici ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada demir tozu içeren betonların dayanımı konu olarak alınmıştır. Beton numunelerde karışımda kullanılan kum çıkarılmış ve çıkarılan kumun yerine yüzdeleri farklılaştırılarak demir tozu ilave edilmiştir. Numuneler ultrasonik hız ölçümü aracılığıyla basınç dayanımı, sülfat dayanıklılığı, eğilme ve basınç dayanımı gibi çeşitli özellikleri bakımından deneye tabii tutulmuştur. Yapılan çalışmalarda %20 demir tozu katkılı numunelerin basınç dayanımları referans numunelere göre en olumlu etkileri veren numuneler olmuştur [3].

Hanifi Binici ve arkadaşlarının yapmış olduğu farklı bir çalışmada ise barit, kolemanit, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza içeren betonların schmit çekici ve ultrasonik hız ölçümü yöntemleri kullanılarak basınç dayanımları araştırılmıştır. Ayrıca beton numunelerin permeabilite özellikleri, donma çözünme etkileri yüzey aşınmaları ve sülfat dayanımı da incelenmiştir. Araştırma kapsamında kullanılacak olan numunelerin içerisinden çimento ve ince agregalar çıkarılmış ve bunların yerine belirli ölçülerde pomza, yüksek fırın cürufu, kolemanit ve barit yerleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda kolemanit ilave edilmiş numunelerin aşınma, donma-çözülme, basınç, su geçirimsizliği ve sülfat dayanımı açısından referans numuneye göre birçok özelliği olumlu yönde etki göstermiştir [5].

M. A. Çakıroğlu ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise atık teneke ambalajlarının sanayideki geri dönüşümünün yanı sıra inşaat sektöründe kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamındaki beton numunelere katılan atık teneke ambalajlarının miktarları ve atık teneke ambalajlarının boylarının enlerine oranları değiştirilerek numuneler üretilmiştir. Numuneler basınç deneylerine tabii tutulmuştur ve bahsi geçen parametrelerde yapılan değişiklikler sonuçların karşılaştırılmasında dikkate alınacak hususlar olmuştur. Yapılan basınç deneyleri neticesinde beton numuneleri oluşturulurken içerisine katılan atık teneke ambalajı

malzemesinin belirli boyut ve miktarda katılması, oluşturulan betonun basınç dayanımına olumlu etkilerinin olabileceğini göstermiştir [4].

Yakup Bölükbaş'ın yapmış olduğu çalışmada farklı oranlarda su/çimento oranlarına sahip ve farklı oranlarda cam elyaf içeren beton numuneler üretilmiştir. Üretilen numuneler kapiler su emme katsayısı, basınç dayanımı, porozite, yarmada çekme dayanımı ve ultra ses geçiş hızı gibi deneylere tabii tutulmuştur. Beton numunelerin basınç ve yarmada çekme dayanımlarını tahmin eden yapay sinir ağı modellenmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde, numunelerde su/çimento oranlarıyla porozite değerleri arasında paralel bir bağlantı görülmüş, bu oranın azalması porozitenin de azalmasına sebep olmuştur. Üretilen numunelerde cam lif kullanımının artması, porozite değerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca numunelerde cam lif kullanımı artışı, kapiler su emme katsayısında da artışa sebep olmuştur. Ama porozite ve kapiler su emme katsayısının aksine cam lif içeriğinin beton numunelerde kullanımının yükselmesi, ultra ses geçiş hızlarında düşmeye yol açmıştır [6].

Hasan Hüseyin Taş ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada endüstriyel demir talaşı atığının, beton basınç dayanımı ve yüzey sertliği üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deney kapsamında oluşturulacak olan numuneler, referans beton numunelerinin içerisindeki 0–2 mm aralığındaki agregaların yarısının çıkarılması ve çıkan agregaların yerine endüstriyel atık demir talaşının katılması ile oluşturulmuştur. 24 adet küp biçimli deney numuneleri yedi ve yirmi sekiz gün kür havuzunda tutulmuştur. Basınç dayanımları deneysel test cihazı yardımıyla, yüzey sertlikleri ise schmidt çekici yardımıyla araştırılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde referans numunelere göre içerisinde %50 oranında agrega yerine %50 demir talaşı atığı içeriği olan numuneler yüzey sertlikleri ve basınç dayanımları açısından olumlu tepkiler vermişlerdir [7].

Cuma Kara ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada kömür külünün endüstriyel bir atık olarak beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üretilecek olan numunelerden farklı oranlarda çimento çıkarılarak yerine kömür külü atığı yerleştirilmiştir. Oluşturulan yeni betonun taze ve sertleşmiş özellikleri araştırılmış

ve kömür külü atığının bu özellikleri nasıl etkilediği sorgulanmıştır. Bu amaçla taze beton numuneleri için slump deneyi, sertleşmiş beton numuneleri için ultrases geçiş hızı, schmidt çekici, ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda referans numuneye oranla içerisindeki %5 çimento yerine kömür külü yerleştirilmiş olan numuneler kür havuzunda geçen yedi günün sonunda erken yaşta %5 ultrases geçiş hızında %3,40 artış göstermiştir. Aynı şekilde bu numuneler basınç dayanımı deneylerinde referans numuneye göre %19,70 oranında dayanımlarını arttırmışlardır. Kür havuzunda geçen yirmi sekiz günün sonunda ise kömür külü atık malzemesinin referans numuneye göre kullanım yüzdesi arttıkça betonda dayanım azalmaları gözlenmiş ama buna rağmen atık kömür külü malzemesinin %15 oranına kadar çimento yerine ikame edebileceği gözlemlenmiştir [8].

Korkmaz Yıldırım ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada artık fındık kabukları granüle edilmiştir. Üretilen referans beton numunelerinin içerisindeki agrega miktarlarının farklı oranlarda çıkarılarak yerlerine granüle edilmiş fındık kabukları ikame edilmiştir. Üretilen beton basınç deneylerine tabii tutulmuştur. Numunelerdeki fındık kabuğu miktarı ile numunenin birim ağırlık ve basınç dayanımları arasında ters orantı olduğu görülmüştür. Fındık kabuğu oranı arttıkça bahsedilen parametrelerde azalma gözlenmiştir. Agrega yerine artık fındık kabuğunun %50 oranında ikame edilmesi ile referans numunedeki birim ağırlığa göre %25 oranında azalmıştır. Yapılan deneyler sonucunda %15'e kadar agrega yerine kullanılan artık fındık kabukları ile hafif beton üretilebileceği belirlenmiştir. Basınç dayanımındaki azalmaların hafif beton numuneleri için normal seyrinde ilerlediği gözlemlenmiştir [9].

Abdulhamid Aryan'ın yapmış olduğu çalışmada polipropilen lif takviyesinin betonarme kirişlerin davranışına nasıl bir etkisinin olduğu araştırılmıştır. Farklı oranlarda polipropilen lif katkılı betonarme kirişler ile katkısız olan referans kirişler üretilmiş ve deney düzeneği ile kırılmışlardır. Üretilen kirişlerin kırılması sonucu deneysel olarak yük-deplasman eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen yük-deplasman grafikleri kullanılarak süneklik kat sayıları ve enerji yutma kapasiteleri

hesaplanmıştır. Referans numuneler için hesaplanan sonuçlar ile polipropilen lif takviyeli kirişler için hesaplanan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma neticesinde polipropilen lif takviyeli betonarme kirişlerin referans numuneye göre daha sünek davrandığı gözlemlenmiştir [10].

İlker Ustabaş'ın gerçekleştirmiş olduğu deneysel çalışmada mineral katkı maddeleriyle üretilen betonların ve harçların farklı sülfat ortamlarındaki performansları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında sülfat etkisine maruz kalan beton numunelerin belirli zaman aralıklarıyla ultrases değerleri, yüzey sertlikleri ve basınç dayanımları ölçülmüştür. Ölçümlerle birlikte beton numunelerde meydana gelen sülfat etkisinden kaynaklı yüzeysel bozulmalar belirli zaman periyotlarında gözlemlenebilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde beton numunelerde en yüksek dayanıma yüksek fırın cürufu ilaveli betonlarda rastlanırken, en düşük dayanıma mineral katkı içermeyen betonlarda rastlanmıştır. Numuneler farklı sıcaklıklarda magnezyum sülfat çözeltisine maruz bırakılmış ve oda sıcaklığında bekletilen numunelerde dağılmalar gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmalarda mineral katkıların magnezyum sülfat etkisindeki betonun performansını olumlu yönde etkilediği, numunelerin içerisinde bulunduğu ortamın sıcaklığının numune üzerinde farklı bozulmalara sebebiyet verdiği gözlenmiştir [11].

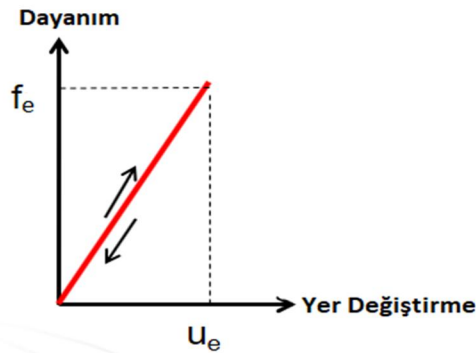
## BÖLÜM 2. TEORİK KAVRAMLAR

Bu bölümde yapılacak olan deneysel çalışmanın teorik alt yapısına değinilmiştir. Elde edilen sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi için elastik ve elasto-plastik davranış kavramları, süneklik kavramı, numunelerin denge altı, dengeli ve denge üstü olma durumları, basit eğilme etkisi altındaki dikdörtgen kesitli tek donatılı kirişlerle ilgili hesap kuralları ve betonarme kırılma çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir.

### 2.1. Elastik Davranış

Bir yapı, yapı elamanı veya herhangi bir cisim üzerine yeterli yük uygulandığında şekil değiştirmeye başlar. Üzerine uygulanan yük ile yaptığı yer değiştirme kullanılarak Dayanım-Yer Değiştirme grafiği oluşturur. Eğer yapı, yapı elamanı veya herhangi bir cisme uygulanan kuvvet kaldırıldıktan sonra yapı, yapı elamanı veya herhangi bir cisim başlangıç pozisyonuna geri dönüyor ve kalıcı bir şekil değiştirme yapmıyorsa elastik davranış gösteriyor demektir [12].

Şekil 2.1.'de elastik davranış gösteren bir yapı, yapı elamanı veya herhangi bir cismin Dayanım-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



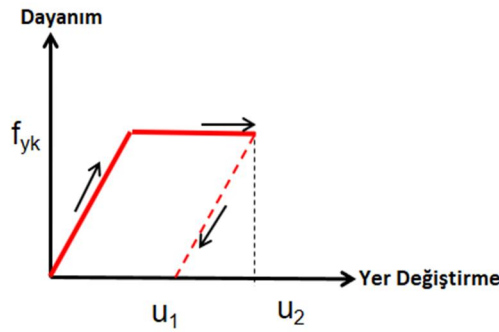
Şekil 2.1. Elastik davranış Dayanım-Yer Değiştirme grafiği

Şekil 2.1.'de ( $f_e$ ) elastik sınıra karşılık gelen dayanımı, ( $u_e$ ) ise elastik yer değiştirmeyi temsil etmektedir.

## 2.2. Elasto-Plastik Davranış

Elasto-Plastik davranışta bir yapı, yapı elamanı veya herhangi bir cisim üzerine aldığı yüklerle beraber elastik sınıra kadar geri dönebilen elastik yer değiştirmesini yapar ve bu sınır aşıldıktan sonra dayanımı sabit sayılabilecek bir düzeyde dururken yer değiştirmesini giderek artırır ve geri dönemeyecek olan plastik yer değiştirmesini yapar [13].

Şekil 2.2.'de elasto-plastik davranış gösteren bir yapı, yapı elamanı veya herhangi bir cismin Dayanım-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 2.2. Elasto-Plastik davranış Dayanım-Yer Değiştirme grafiği

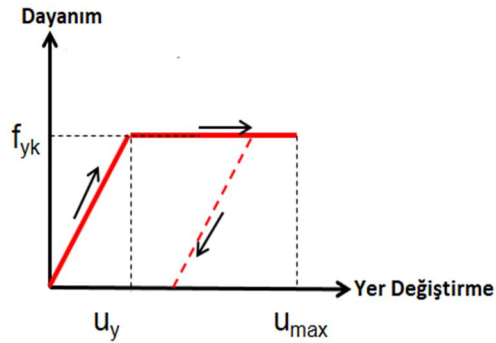
Şekil 2.2.'de görülen Dayanım-Yer Değiştirme grafiğinde, kuvvet uygulandığında cismin yapmış olduğu şekil değiştirme ( $u_2$ ) kadar, geri dönen şekil değiştirme ( $u_2-u_1$ ) kadar, geri dönmeyen kalıcı şekil değiştirme ise ( $u_1$ ) kadar olmaktadır.

Şekil 2.2.'de görülen ( $f_{yk}$ ) ise karakteristik akma dayanımı temsil etmektedir.

### 2.3. Süneklik

Süneklik, deprem veya herhangi bir yük altındaki yapı veya yapı elamanının dayanımında ciddi azalmalar olmadan elastik ötesi davranarak yer değiştirme yapabilme yeteneğidir [14]. Süneklik sayesinde sisteme gelecek olan enerji yutulabilir. Süneklik, elasto-plastik davranışta karşımıza çıkar [15].

Süneklik katsayısı maksimum ötelenmenin akma anındaki ötelenmeye oranıdır [15].



Şekil 2.3. Sünek davranış Dayanım-Yer Değiştirme grafiği

Şekil 2.3.'te ( $u_{max}$ ) maksimum ötelenmeyi, ( $u_y$ ) akma anındaki ötelenmeyi ve ( $f_{yk}$ ) karakteristik akma dayanımını göstermektedir.

$$\mu = \frac{u_{max}}{u_y} \quad (2.1)$$

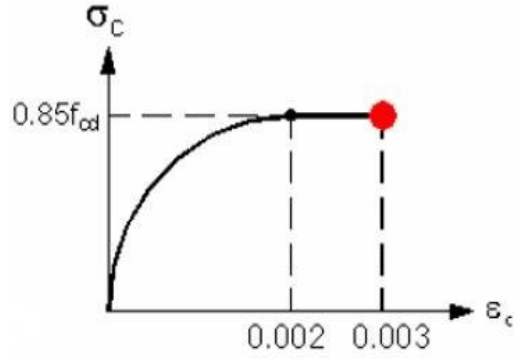
(Denklem 2.1)'de ( $\mu$ ) süneklik katsayısını, ( $u_{max}$ ) maksimum ötelenmeyi ve ( $u_y$ ) akma anındaki ötelenmeyi göstermektedir.

### 2.4. Dengeli Donatılı Kirişler

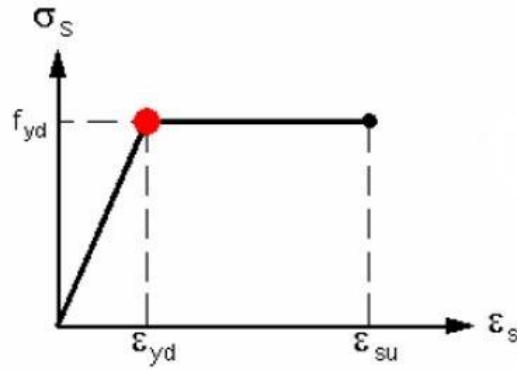
Dengeli donatı oranı, eğilme altındaki betonarme bir kirişin taşıma gücüne, çekme donatısının akması ve en dış basınç lifindeki betonun aynı anda ezilmesi ile ulaşılmasını sağlayan donatı oranıdır [16].



Şekil 2.4.'te betonun Gerilme-Birim Şekil Değişirme eğrisindeki ezilmenin gerçekleştiği nokta ve Şekil 2.5.'te betonda ezilmenin gerçekleştiği sırada çekme bölgesindeki donatının Gerilme-Birim Şekil Değişirme eğrisindeki yeri gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Dengeli donatılı kirişlerde betonun Gerilme-Birim Şekil Değişirme grafiği



Şekil 2.5. Dengeli donatılı kirişlerde donatının Gerilme-Birim Şekil Değişirme grafiği

Şekil 2.4.'te ( $f_{cd}$ ) tasarım basınç dayanımını, ( $\sigma_c$ ) beton gerilmesini ve ( $\epsilon_c$ ) beton birim şekil değişimini ifade etmektedir.

Şekil 2.5.'te ( $f_{yd}$ ) tasarım akma dayanımını, ( $\sigma_s$ ) donatı gerilmesini, ( $\epsilon_s$ ) donatı birim şekil değişimini, ( $\epsilon_{yd}$ ) tasarım akma birim şekil değişimini ve ( $\epsilon_{su}$ ) kopma birim şekil değişimini ifade etmektedir.

Şekillerden de anlaşıldığı gibi betonarme bir kiriş üzerine yük almaya başladığı zaman betonda ve donatıda şekil değişimleri oluşmaya başlar. Beton basınç

kuvvetlerini karşılarken, çekme donatıları çekme kuvvetlerini karşılar. Dengeli donatı oranıyla oluşturulmuş bir kirişte, betonun ilk ezildiği anda çekme donatısı tam olarak elastik şekil değiştirme ile plastik şekil değiştirme arasındaki sınırdadır. Yönetmelik gereğince istenmeyen bir durumdur. Gevrek kırılmaya sebep olur.

(Denklem 2.2)'de tablasız betonarme kiriş kesiti için dengeli donatı oranının formülü verilmiştir.

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b_w d} = \frac{0,85 f_{cd}}{f_{yd}} k_1 \left( \frac{\epsilon_{cu} E_s}{\epsilon_{cu} E_s + f_{yd}} \right) \quad (2.2)$$

(Denklem 2.2)'de ( $\rho_b$ ) dengeli donatı oranını, ( $A_{sb}$ ) dengeli donatı oranına karşılık gelen donatı alanını, ( $b_w$ ) kiriş kesit genişliğini, ( $d$ ) kiriş kesitinin faydalı yüksekliğini, ( $f_{cd}$ ) tasarım basınç dayanımını, ( $f_{yd}$ ) tasarım donatı dayanımını, ( $k_1$ ) ortalama basınç gerilmesi ve maksimum gerilme arasındaki oranını, ( $\epsilon_{cu}$ ) betonun ezilme birim kısalmasını ve ( $E_s$ ) donatı elastisite modülünü ifade etmektedir.

## 2.5. Denge Üstü Donatılı Kirişler

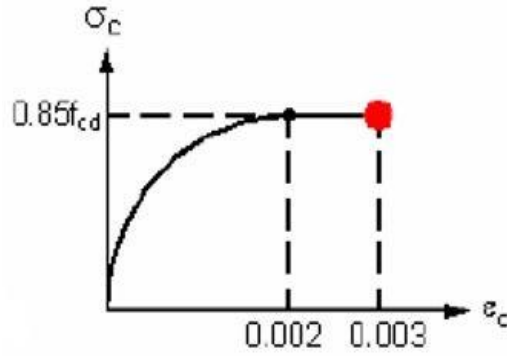
Denge üstü donatı oranına sahip bir betonarme kiriş, eğilme etkisi altında iken basınç bölgesindeki beton ilk ezildiği anda, çekme bölgesinde bulunan donatı elastik şekil değiştirme sınırını aşmamış olur. Üzerinden yük kaldırıldığında tekrar eski halini alır. Betonarme kiriş kesitindeki donatı oranı dengeli donatı oranından büyük olur. Olması gereken donatıdan fazla donatı kullanma durumudur. Yönetmelik gereğince istenmeyen bir durumdur. Gevrek kırılmaya sebep olur.

Denge üstü donatılı kirişlerde (Denklem 2.3) geçerlidir.

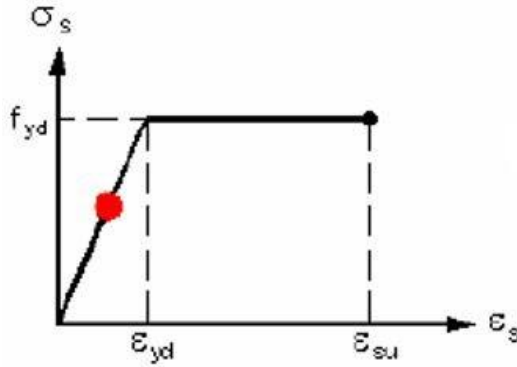
$$\rho > \rho_b \quad (2.3)$$

(Denklem 2.3)'te ( $\rho$ ) kesitteki donatı oranını, ( $\rho_b$ ) ise dengeli donatı oranını ifade etmektedir.

Şekil 2.6.'da betonun Gerilme-Birim Şekil Değişirme eğrisindeki ezilmenin gerçekleştiği nokta ve Şekil 2.7.'de betonda ezilmenin gerçekleştiği sırada çekme bölgesindeki donatının Gerilme-Birim Şekil Değişirme eğrisindeki yeri gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Denge üstü donatılı kirişlerde betonun Gerilme-Birim Şekil Değişirme grafiği



Şekil 2.7. Denge üstü donatılı kirişlerde donatının Gerilme-Birim Şekil Değişirme grafiği

Şekil 2.6.'da ( $f_{cd}$ ) tasarım basınç dayanımını, ( $\sigma_c$ ) beton gerilmesini ve ( $\epsilon_c$ ) beton birim şekil değiştirmesini ifade etmektedir.

Şekil 2.7.'de ( $f_{yd}$ ) tasarım akma dayanımını, ( $\sigma_s$ ) donatı gerilmesini, ( $\epsilon_s$ ) donatı birim şekil değiştirmesini, ( $\epsilon_{yd}$ ) tasarım akma birim şekil değiştirmesini ve ( $\epsilon_{su}$ ) kopma birim şekil değiştirmesini ifade etmektedir.

## 2.6. Denge Altı Donatılı Kirişler

Denge altı donatı oranına sahip bir betonarme kiriş, eğilme etkisi altında iken basınç bölgesindeki beton ilk ezildiği anda, çekme bölgesinde bulunan donatı elastik şekil değiştirme sınırını aşarak plastik şekil değiştirir ve akar. Betonarme kiriş kesitindeki donatı oranı dengeli donatı oranından küçük olur. Yönetmelik gereğince uygulanması gereken durumdur. Sünek kırılmaya sebep olur.

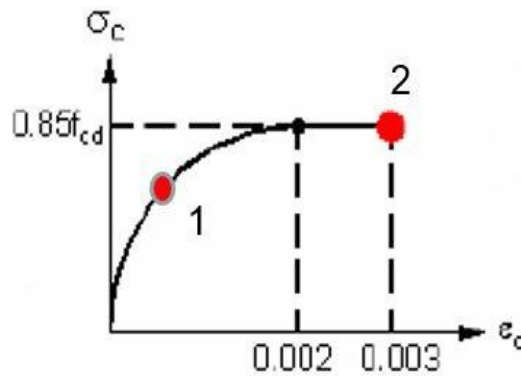
Denge altı donatılı kirişlerde (Denklem 2.4) geçerlidir.

$$\rho < \rho_b \quad (2.4)$$

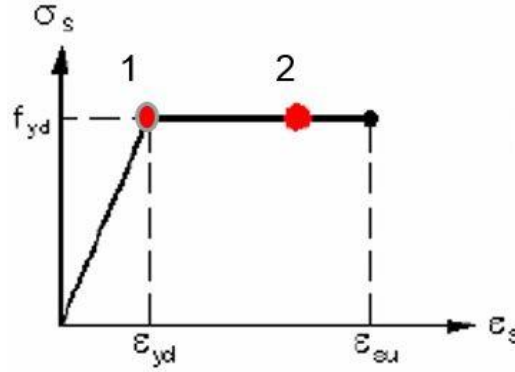
(Denklem 2.4)'te ( $\rho$ ) kesitteki donatı oranını, ( $\rho_b$ ) ise dengeli donatı oranını ifade etmektedir.

Şekil 2.9.'da 1 numara ile çekme bölgesindeki donatının akmaya başladığı nokta ve Şekil 2.8.'de ise 1 numara ile bu sırada betonun Gerilme-Birim Şekil Değiştirme eğrisinde nerede olduğu gösterilmiştir.

Şekil 2.8.'de 2 numara ile betonun Gerilme-Birim Şekil Değiştirme eğrisindeki ezilmenin gerçekleştiği nokta ve Şekil 2.9.'da 2 numara ile betonda ezilmenin gerçekleştiği sırada çekme bölgesindeki donatının Gerilme-Birim Şekil Değiştirme eğrisindeki yeri gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Denge altı donatılı kirişlerde betonun Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği



Şekil 2.9. Denge altı donatılı kirişlerde donatının Gerilme-Birim Şekil Değişirme grafiği

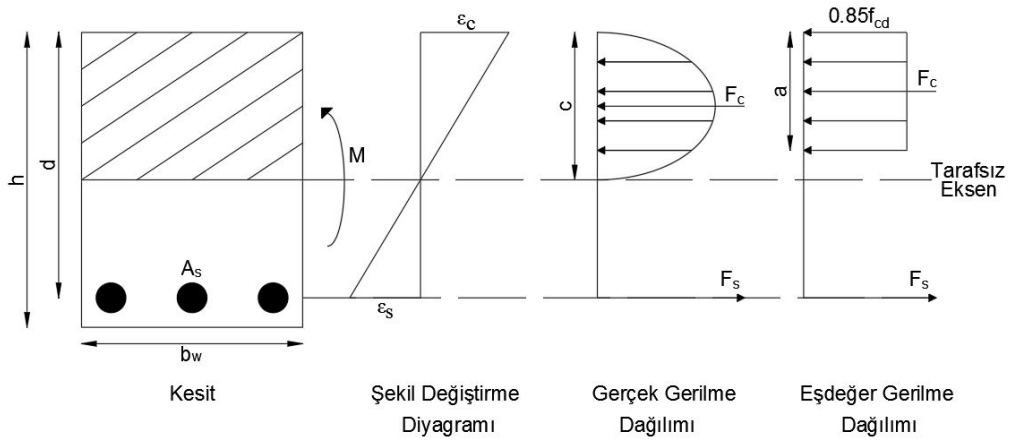
Şekil 2.8.'de ( $f_{cd}$ ) tasarım basınç dayanımını, ( $\sigma_c$ ) beton gerilmesini ve ( $\epsilon_c$ ) beton birim şekil değiştirmesini ifade etmektedir.

Şekil 2.9.'da ( $f_{yd}$ ) tasarım akma dayanımını, ( $\sigma_s$ ) donatı gerilmesini, ( $\epsilon_s$ ) donatı birim şekil değiştirmesini, ( $\epsilon_{yd}$ ) tasarım akma birim şekil değiştirmesini ve ( $\epsilon_{su}$ ) kopma birim şekil değiştirmesini ifade etmektedir.

## 2.7. Basit Eğilme Etkisindeki Kirişler

Kirişler eksenlerine dik doğrultuda yük altındaki elemanlardır. Bu nedenle temel olarak moment yani eğilme etkisindedirler. Herhangi bir yapı elemanında belirli miktarda aksenal kuvvet her zaman mevcut olsa da uygulamada bu etki genellikle ihmal edilebilir ve eleman kiriş olarak ele alınabilir. Elemana tek eksende moment etkimesi durumu basit eğilme olarak isimlendirilir [17].

Betonarme kesit hesaplarında taşıma gücü yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde çözüm için gerekli denge ve uygunluk denklemleri beton ve çelik malzemelerin gerçek davranışları temel alınarak yazılmaktadır [18].



Şekil 2.10. Betonarme kiriş kesiti detay gösterimi

Betonarme kirişlere yük uygulanmaya başladığı zaman kiriş kesitinin basınç bölgesinde bulunan lifler kısalmaya ve kiriş kesitinin çekme bölgesinde bulunan lifler ise uzamaya başlayacaktır. Bu nedenle uzayan lifler çekme gerilmesi oluştururken kısalan lifler basınç gerilmesi oluşturacaktır. Çeşitli sebeplerden ötürü yeri değişebilecek olan ve liflerinde ne uzama ne de kısalma görülen ve bundan dolayı herhangi bir gerilme oluşturmayan eksen, tarafsız eksen olarak adlandırılır. [19].

Betonarme kiriş kesitinde oluşan gerçek basınç gerilmelerinin taşıma gücü hesabında kullanılması zor olacağı için bu gerilmeler eşdeğer dikdörtgen basınç bloğu olarak adlandırılan gerilme büyüklüğünde kabul edilir [18].

Kesitte betonda oluşan basınç kuvvetinin hesabı için kullanılan formül (Denklem 2.5)'te verilmiştir.

$$F_c = 0,85f_{cd}b_w a \quad (2.5)$$

(Denklem 2.5)'te ( $F_c$ ) basınç kuvvetini, ( $f_{cd}$ ) tasarım basınç dayanımını, ( $b_w$ ) kiriş kesit genişliğini, ( $a$ ) ise eşdeğer basınç bloğunun yüksekliğini ifade etmektedir.

(Denklem 2.5)'te kullanılan eşdeğer basınç bloğu yüksekliği ( $a$ ), (Denklem 2.6) ile hesap edilir.

$$a = k_1 c \quad (2.6)$$

(Denklem 2.6)'da ( $a$ ) eşdeğer basınç bloğunun yüksekliğini, ( $k_1$ ) ortalama basınç gerilmesi ve maksimum gerilme arasındaki oranını, ( $c$ ) ise tarafsız eksen derinliğini ifade eder.

Kesitte donatılarda oluşan çekme kuvveti (Denklem 2.7)'de verilmiştir.

$$F_s = \sigma_s A_s \quad (2.7)$$

(Denklem 2.7)'de ( $F_s$ ) çekme kuvvetini, ( $\sigma_s$ ) donatı gerilmesini, ( $A_s$ ) ise donatı alanını ifade etmektedir.

(Denklem 2.7)'de bulunan donatı gerilmesi ( $\sigma_s$ ), donatıdaki birim şekil değiştirmeye bağlı bir büyüklük olduğu için kiriş kesitinin dengeli, denge üstü ve denge altı durumlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapılacak hesaplarda donatı birim şekil değiştirmesi ( $\epsilon_s$ ), betonun taşıma gücüne ulaştığı yani betonun maksimum birim şekil değiştirmesini ( $\epsilon_{cu}$ ) yaptığı sıradaki değerine bağlıdır.

Kesitte oluşan basınç ve çekme gerilmeleri birbirlerine eşit olmalıdır.

$$F_c = F_s \quad (2.8)$$

(Denklem 2.8)'de ( $F_c$ ) basınç kuvvetini, ( $F_s$ ) çekme kuvvetini temsil eder.

Kesitteki moment kolu (Denklem 2.9)'da verilmiştir.

$$z = d - \frac{a}{2} \quad (2.9)$$

(Denklem 2.9)'da ( $z$ ) moment kolunu, ( $d$ ) kiriş kesitinin faydalı yüksekliğini, ( $a$ ) eşdeğer basınç bloğunun yüksekliğini temsil etmektedir.

Kesitteki taşıma gücü momenti (Denklem 2.10)'da verilmiştir.

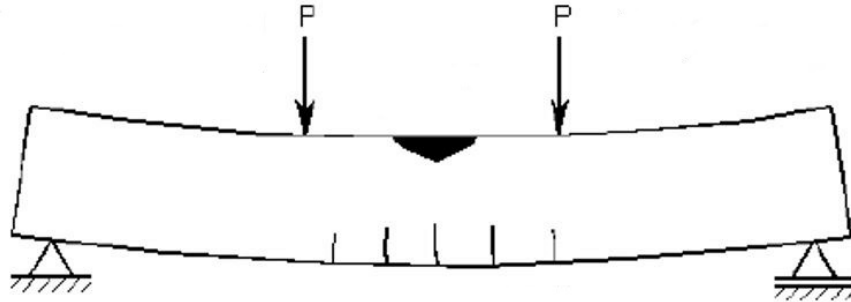
$$M = F_c z = F_s z \quad (2.10)$$

(Denklem 2.10)'da ( $M$ ) kesitte oluşan momenti, ( $F_c$ ) basınç kuvvetini, ( $F_s$ ) çekme kuvvetini, ( $z$ ) moment kolunu ifade etmektedir.

## 2.8. Kırılma Çeşitleri

Betonarme kirişlerde kırılma çeşitleri gevrek ve sünek kırılma olarak ikiye ayrılabilir.

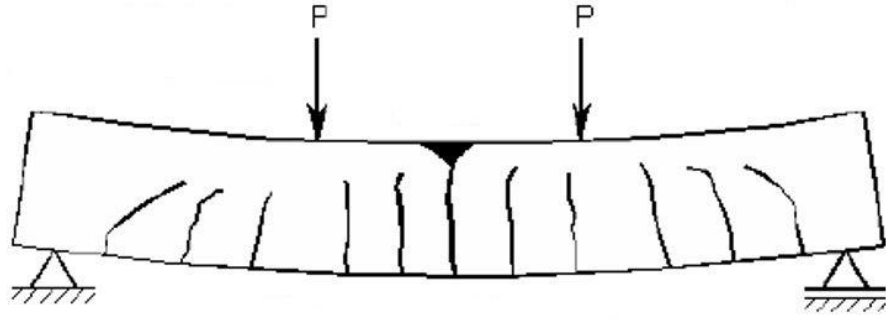
Gevrek kırılma, dengeli ve denge üstü donatılı kirişlerde karşımıza çıkan bir durumdur. Betonarme kiriş yük etkisi altındayken çekme donatısı akmadan betonun ezilmesi durumunda oluşan kırılmadır. Gereğinden fazla donatı kullanımını gevrek kırılmaya sebep olabilmektedir. Yapı sağlığı için istenmeyen bir durumdur.



Şekil 2.11. Betonarme basit kiriş gevrek kırılma görseli

Şekil 2.11.'de gevrek bir kırılma görüntüsü veren, üzerine iki noktadan yük uygulanan basit bir kirişin, basınç bölgesindeki betonun ezildiği ve kirişin taşıma gücüne ulaştığı durumdaki hali gösterilmiştir.





Şekil 2.12. Betonarme basit kiriş sünek kırılma görseli

Şekil 2.12.'de ise sünek bir kırılma görüntüsü veren, üzerine iki noktadan yük uygulanan basit bir kirişin, basınç bölgesindeki betonun ezildiği ve kirişin taşıma gücüne ulaştığı durumdaki hali gösterilmiştir.

Sünek kırılma ise denge altı donatılı betonarme kirişlerde karşımıza çıkan bir durumdur. Betonarme kiriş üzerine yük almaya başlayıp elastik sınıra geldiğinde, çekme donatısının akmasıyla birlikte almış olduğu yük sabit düzeyde seyrederken yer değiştirmesini arttırır. Bu hareket sayesinde üzerine gelen enerjiyi sönmümler. Beton ezildiğinde donatı elastik sınırı geçip plastik şekil değiştirme yapmıştır. Bu şekilde gerçekleşen kırılma sünek kırılma olarak adlandırılır. Tasarlanacak yapılarda izin verilen ve arzulanan kırılma şekli sünek kırılmadır.

## **BÖLÜM 3. DENEY NUMUNELERİNİN OLUŞTURULMASI**

### **3.1. Deney Numunelerinin İsimlendirilmesi**

Oluşturulacak olan numuneler çeşitli yönleriyle birbirlerinden farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle pratik olması açısından isimlendirme yöntemi uygulanmıştır.

Numuneler denge altı ve denge üstü olma durumlarına, etriyelerinin adım mesafesine, kanca açısına, katkı maddesine ve katkı maddesi yüzdesine göre isimlendirilmiştir.

Denge altı donatılı numuneler isimlerinde büyük harflerle A harfini barındırırken, denge üstü donatılı numuneler isimlerinde büyük harflerle B harfini barındırmaktadır.

Etriye adım mesafesi 5 cm olan numuneler isimlerinde 5 sayısını, 10 cm olan numuneler 10 sayısını, 15 cm olan numuneler 15 sayısını barındırmaktadır.

Kanca açısı 90 derece olan numuneler isimlerinde küçük harflerle a harfini barındırırken, kanca açısı 135 derece olan numuneler küçük harflerle b harfini barındırmaktadır.

İçerisinde katkı maddesi olmayan numuneler isimlerinde 1 sayısını, demir tozu katkı maddesi bulunan numuneler 2, demir talaşı katkı maddesi bulunan numuneler 3 sayısını barındırmaktadır.

İçerisindeki katkı maddesinin yüzdesi %0 olan numuneler isimlerinde küçük harflerle w harfini, %10 olan numuneler x harfini, %20 olan numuneler y harfini ve %40 olan numuneler z harfini barındırmaktadır.

Aynı özelliklere sahip numuneleri birbirinden ayırabilmek için denge altı donatılı olan numunelerin isimleri  $A_1$  ve  $A_2$  şeklinde başlatılarak, denge üstü donatılı olan numunelerin isimleri ise  $B_1$  ve  $B_2$  şeklinde başlatılarak isimlendirilmiştir.

Denge altı donatılı numunelerin isimlendirme detayı Tablo 3.1.'de, denge üstü numunelerin isimlendirme detayı Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Denge altı donatılı numunelerin isimlendirme detayı

Denge Altı Donatılı				
Etriye Adım Mesafesi	Kanca Açısı	Katkı Maddesi	Katkı Maddesi Yüzdesi	Numune Adı
10	90	Yok	%0	$A_1-10-a-1-w$
				$A_2-10-a-1-w$
		Demir Talaşı	%10	$A_1-10-a-3-x$
				$A_2-10-a-3-x$
			%20	$A_1-10-a-3-y$
				$A_2-10-a-3-y$
	%40	$A_1-10-a-3-z$		
		$A_2-10-a-3-z$		
	135	Yok	%0	$A_1-10-b-1-w$
				$A_2-10-b-1-w$
		Demir Talaşı	%10	$A_1-10-b-3-x$
				$A_2-10-b-3-x$
%20			$A_1-10-b-3-y$	
			$A_2-10-b-3-y$	
%40	$A_1-10-b-3-z$			
	$A_2-10-b-3-z$			

Tablo 3.2. Denge üstü donatılı numunelerin isimlendirme detayı

Denge Üstü Donatılı				
Etriye Adım Mesafesi	Kanca Açısı	Katkı Maddesi	Katkı Maddesi Yüzdesi	Numune Adı
10	90	Yok	%0	B <sub>1</sub> -10-a-1-w
				B <sub>2</sub> -10-a-1-w
		Demir Talaşı	%10	B <sub>1</sub> -10-a-3-x
				B <sub>2</sub> -10-a-3-x
			%20	B <sub>1</sub> -10-a-3-y
				B <sub>2</sub> -10-a-3-y
	%40	B <sub>1</sub> -10-a-3-z		
		B <sub>2</sub> -10-a-3-z		
	135	Yok	%0	B <sub>1</sub> -10-b-1-w
				B <sub>2</sub> -10-b-1-w
		Demir Talaşı	%10	B <sub>1</sub> -10-b-3-x
				B <sub>2</sub> -10-b-3-x
%20			B <sub>1</sub> -10-b-3-y	
			B <sub>2</sub> -10-b-3-y	
%40	B <sub>1</sub> -10-b-3-z			
	B <sub>2</sub> -10-b-3-z			

### 3.2. Konsol Kiriş Tasarımı

Çalışma kapsamında 32 adet numune üretilmiştir. Oluşturulan numunelerin boyutları, genişliği 15 cm yüksekliği 20 cm ve boyu 70 cm olacak şekilde tasarlanmıştır. Numunelerin 70 cm olan boyunun 30 cm'lik kısmı donatı yerleşimi olarak kolon şeklinde 40 cm'lik kısmı ise konsol kiriş şeklinde dizayn edilmiştir. Paspayı 2 cm olarak belirlenmiştir. Oluşturulan tüm numunelerde etriye donatılarının çapları 8 mm ve etriye adım mesafesi 10 cm olarak seçilmiştir. Tüm numunelerde donatı olarak S420 çeliği kullanılmıştır. Tasarım aşamasında deney numunelerinde kullanılacak olan betonun basınç dayanımı 25 MPa olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.3.'te oluşturulacak deney numunelerinin malzeme ve kesit özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.3. Deney numunelerin malzeme ve kesit özellikleri

	Denge Altı Donatılı	Denge Üstü Donatılı
Beton	C25	C25
Donatı	S420	S420
Kesit	150 mm x 200 mm	150 mm x 200 mm
Boyuna Donatı Çapı	12 mm	16 mm
Enine Donatı Çapı	8 mm	8 mm
Basınç Donatısı	2Ø12	2Ø12
Çekme Donatısı	4Ø12	4Ø16
Konsol Kiriş Açıklığı	400 mm	400 mm
Etriye Kanca Açısı	90° veya 135°	90° veya 135°

### 3.2.1. Donatı tasarımı

Konsol kirişlerin gerçek yaşamdakine benzer bir şekilde tasarlanması üzerinde durulmuştur. Bu sebeple bir ucu kolona ankastre olarak bağlı diğer ucu ise mesnetsiz olarak boşta kalacak şekilde konsol kirişlerin dizaynı yapılmıştır.

Oluşturulacak olan konsol kirişlerin 16 tanesi denge altı donatılı 16 tanesi ise denge üstü donatılı olacak şekilde tasarlanmıştır. Denge altı donatılı konsol kirişlerde 12 mm çaplı boyuna donatı kullanılırken, denge üstü konsol kirişlerde 16 mm çaplı boyuna donatı kullanılmıştır.

Konsol kiriş numunelerinin denge altı ve denge üstü tasarımlarında (Denklem 2.2) kullanılarak, dengeli donatı oranı ( $\rho_b$ ) (Denklem 3.1)'de olduğu gibi hesaplanmıştır.

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 17}{365} 0,85 \left( \frac{0,003 \times 2 \times 10^5}{0,003 \times 2 \times 10^5 + 365} \right) = 0,0209 \quad (3.1)$$

Denge altı donatılı olarak oluşturulacak olan kirişler için donatı oranı hesabı (Denklem 3.2)'de verilmiştir.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{\frac{\pi \times 12^2}{4} \times 4}{150 \times 180} = 0,01676 \quad (3.2)$$

(Denklem 3.2)'de ( $\rho$ ) kesitteki donatı oranını, ( $A_s$ ) kesitteki donatı alanını, ( $b_w$ ) kiriş kesit genişliğini ve ( $d$ ) kiriş kesitinin faydalı yüksekliğini ifade etmektedir.

Denge üstü donatılı olarak oluşturulacak olan kirişler için donatı oranı hesabı (Denklem 3.3)'te verilmiştir.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{\frac{\pi \times 16^2}{4} \times 4}{150 \times 180} = 0,02979 \quad (3.3)$$

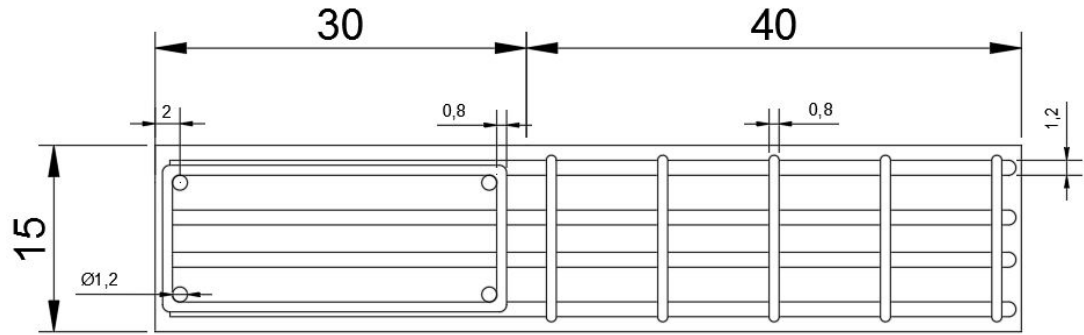
(Denklem 3.3)'te ( $\rho$ ) kesitteki donatı oranını, ( $A_s$ ) kesitteki donatı alanını, ( $b_w$ ) kiriş kesit genişliğini ve ( $d$ ) kiriş kesitinin faydalı yüksekliğini ifade etmektedir.

Konsol kirişler bir tarafı ankastre bağlı diğer tarafı boşta olan bir yapıya sahip oldukları için üzerlerine yük almaya başladıklarında ankastre bağlı olan taraf yer değiştirme yapmazken boşta olan taraf yer değiştirme yapacaktır. Bu nedenle kiriş negatif moment etkisi gösterecek ve kirişin alt tarafı basınç etkisine maruz kalırken üst tarafı çekme etkisinde olacaktır. Konsol kirişin bu davranışından hareketle tasarım, çekme donatıları kesitin üst tarafına, montaj donatılarını ise kesitin alt tarafına yerleştirilecek şekilde yapılmıştır.

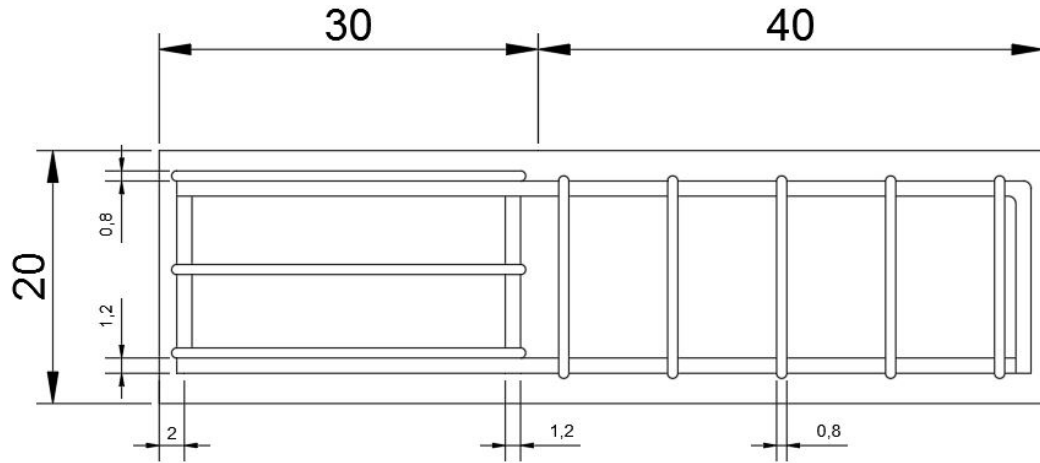
Konsol kirişlerin tasarımında etriye adım mesafeleri 32 numunenin tamamı için yaklaşık olarak 10 cm alınmıştır. Bundan dolayı numunelerin kolon şeklinde dizayn edilmiş bölümlerinde, kolonun konsol kirişe dik şekildeki 20 cm'lik uzunluğu için 3 etriye, konsol kirişin 40 cm'lik uzunluğu için ise 5 etriye kullanılmıştır.

Konsol kirişler tasarlanırken etriye kancalarının yapı elamanının davranışına etkilerini gözetmek için 16 numunede kullanılan etriyelerin kanca açıları 90 derece olarak kurgulanırken diğer 16 numunede kullanılan etriyelerin kanca açıları 135 derece olarak tasarlanmıştır.

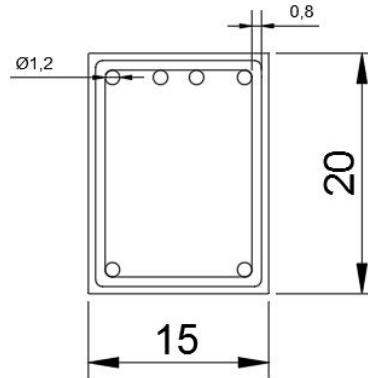
Şekil 3.1.'de oluşturulacak olan denge altı donatılı ve 90 derece kanca açılı herhangi bir numunenin tasarım aşamasındaki üstten görünümü, Şekil 3.2.'de konsol kirişin yandan görünümü, Şekil 3.3.'te ise kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.1. Taslak donatı üstten görünüm



Şekil 3.2. Taslak donatı yandan görünüm



Şekil 3.3. Konsol kiriş kesit görüntüsü

### 3.2.2. Kalıp tasarımı

Üretilecek 32 adet numune için 16 adet kalıp kullanılmıştır. Kullanılacak olan kalıplar 5 ahşap parçadan oluşturulmuştur. 2 parça yaklaşık 15x20 cm boyutlarında, numunelerin başlıklarının kalıplarını oluşturacak şekilde imal edilmiştir. 1 parça yaklaşık 15x140 cm boyutlarında, 2 numuneye altlık olabilecek şekilde oluşturulmuştur. Diğer 2 parça ise 20x140 cm boyutlarında, 2 numunenin yanlarını kapatacak şekilde üretilmiştir.

### 3.3. Materyal

#### 3.3.1. Demir talaşı

Araştırmada Sakarya 1. Organize Sanayi Bölgesinden alınmış endüstriyel demir talaşı malzemesi kullanılmıştır. Demir talaşı malzemesi elek analizine tabii tutulmuş ve sonuçları Tablo 3.3.'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Demir talaşı elek analizi sonuçları

Elek Aralığı (mm)	Geçen (%)
4	100
2	16,44
1	4,10
0,5	0

Şekil 3.4.'te araştırmada kullanılan demir talaşı malzemesinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.4. Demir talaşı malzemesinin görüntüsü



### 3.3.2. Agrega

Çalışmada kullanılmak üzere Sezerler Grup firmasından mıcır olarak 2 numaralı mıcır tedarik edilmiştir. Aynı şekilde yeteri kadar kum tedarik edilmiştir. Çalışma alanına getirilen agregalar elek analizine tabii tutulmuş ve en büyük demir talaşı dane çapı olan 4 mm çaplı elekten geçen agrega miktarı hesaplanmıştır.

Şekil 3.5.'te kullanılacak olan mıcırın görüntüsü, Şekil 3.6.'da ise kullanılacak olan kumun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.5. Kullanılacak olan mıcırın görüntüsü

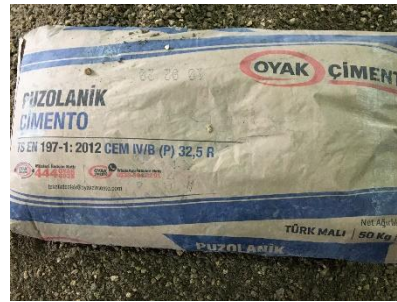


Şekil 3.6. Kullanılacak olan kumun görüntüsü

### 3.3.3. Çimento

Yapılan araştırmada Oyak Çimento Puzolanik CEM IV/B (P) 32,5 R çimentosu kullanılmıştır.

Şekil 3.7.'de kullanılacak olan çimentonun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.7. Kullanılacak olan çimentonun görüntüsü

### 3.3.4. Akışkanlaştırıcı

Çalışmada oluşturulacak olan konsol giriş numuneleri için kullanılacak olan betonda yeterli kıvamı sağlamak amacıyla Sezerler Grup firmasından akışkanlaştırıcı malzeme temin edilmiş ve kullanılmıştır. Akışkanlaştırıcı her beton imalatında suya belirli oranda katılmıştır.

Şekil 3.8.'de akışkanlaştırıcının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.8. Kullanılacak olan akışkanlaştırıcının görüntüsü

### 3.3.5. Beton makinesi

Araştırma kapsamında üretilecek olan numuneler için lazım olan beton, beton makinesinde imal edilmiştir.

Şekil 3.9.'da beton makinesinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.9. Beton makinesinin görüntüsü

### 3.3.6. Strain gauge

Çalışmada kullanılmak üzere yeterli sayıda strain gauge tedarik edilmiş ve çekme donatılarına yerleştirilmiştir.

Şekil 3.10.'da kullanılacak olan strain gauge görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.10. Kullanılacak olan strain gauge görüntüsü

### 3.4. Metot

Çalışma esnasında deney numuneleri oluşturulurken belirli bir metot uygulanarak numuneler oluşturulmuştur. Tasarım kuralları gözetilmiş ve her bileşen, belirlenen oranlarda katılarak numuneler imal edilmiştir. Konsol kirişler üretilirken içerisinde bulunacak olan betondan küçük silindir numuneler alınmıştır.

### 3.4.1. Donatıların oluşturulması

Konsol kirişler için donatılar oluşturulurken tasarım esas alınarak donatılar yerleştirilmiş ve donatılar birbirlerine demir teli ile bağlanmıştır. Çekme donatıları için kolonun içine giren kısımları kolonun sonuna kadar devam ettirilerek imal edilmiştir. Ayrıca çekme donatılarının konsol kirişin sonuna gelen kısımları bükülerek montaj donatılarına kadar devam ettirilmiştir. Montaj donatıları da numunelerin konsol kiriş ve kolon kısımları için süreklilik sağlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Etriyeler oluşturulmuş ve numunelerin hem kolon kısmı hem de konsol kiriş kısmı için tasarımda belirlenen kanca açıları temel alınarak kullanılmıştır.

Şekil 3.11.'de oluşturulmuş bazı numune donatılarının gerçek görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.11. Oluşturulmuş bazı numune donatılarının gerçek görüntüsü

### 3.4.2. Kalıpların oluşturulması

Kalıplar oluşturulurken ahşap malzemeler kullanılmıştır. Kalıp tasarımı esas alınmıştır. Ahşap parçalar birbirlerine şarjlı matkap yardımıyla vidalanarak sızdırmazlık sağlanmıştır. Oluşturulan kalıpların içerisine 2 numune yerleştirileceği için kalıp boyunun ortasına strafor köpük koyularak numunelerin bağlantıları kesilmiştir.

Şekil 3.12.'de oluşturulan bazı kalıpların ortasına strafor köpük konulmadan önceki hallerinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.12. Oluşturulmuş bazı kalıpların gerçek görüntüsü

### 3.4.3. Betonun oluşturulması

Çalışma kapsamında yaratılacak numunelerde kullanılacak olan betonun üretimi, içerisine katılacak katkı maddelerinin yüzdelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Katkısız betona sahip numuneler oluşturulurken, her biri 15x20x70 cm boyutlarındaki numuneler için yaklaşık 21000 cm<sup>3</sup> beton kullanılmıştır. Bu betonu oluştururken kullanılan malzemeler 8 kg çimento, 17,5 kg kum ve 21,25 kg micir olmuştur.

Araştırma kapsamında katkı maddesi olan endüstriyel atık demir talaşı malzemesi %10, %20 ve %40 oranlarında beton üretiminde kullanılmıştır. Bu oranlar beton imalatında kullanılacak agreganın miktarının tamamı için değil, 0-4 mm aralığındaki agreganın miktarı için geçerlidir. Agreganın miktarındaki aralığa demir talaşına yapılan elek analizi sonucu karar verilmiştir.

Demir talaşına yapılan elek analizinde %100 geçiş 4 mm'de sağlandığı için, her bir numune için kullanılacak olan agreganın elek analizine tabii tutulmuş ve 4 mm'nin

altında kalan agrega miktarı belirlenmiştir. Bu miktar %10 katkılı numunelerde, %10 oranında azaltılmış ve yerine demir talaşı katkı malzemesi yerleştirilmiştir. %20 ve %40 katkılı numunelerde aynı işlem uygulanarak deney numunelerinde kullanılmıştır.

Beton oluşturulurken beton makinesine belirtilen miktarlarda agrega ve çimento yerleştirilmiştir. Ardından 4 litre kapasiteli olarak hazırlanmış bir bidon su doldurulmuş ve 2 litresi makinenin içerisine dökülmüştür. Kalan 2 litre su içerisine yaklaşık 150 gr akışkanlaştırıcı ile karıştırılarak makinenin içine ilave edilmiştir. Makine yaklaşık olarak 2 dakika çalıştırılmış ve numuneler için gerekli olan beton elde edilmiştir.

Şekil 3.13.'te karışımın beton makinesi içindeki görüntüsü, Şekil 3.14.'te elde edilmiş betonun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.13. Karışımın beton makinesi içerisindeki görüntüsü



Şekil 3.14. Elde edilmiş betonun görüntüsü

#### 3.4.4. Çökme deneyi ve silindir numunelerin alınması

Her bir deney numunesi için beton oluşturulduktan sonra, oluşturulan beton çökme deneyine tabii tutulmuş ve içerisinden küçük silindir numuneler alınmıştır.

Çökme deneyi yapılırken kullanılacak olan alt tabaka, huni ve şiş temizlenmiştir. Ardından beton makinesinde oluşturulan beton malalar yardımıyla huninin içerisine alınmıştır. Huninin yarısı dolunca beton alımı durdurulmuş ve 25 kere şişleme işlemi yapılmıştır. Daha sonra huninin tamamı betonla doldurulmuş ve 25 kere şişleme işlemi tekrarlanmıştır. Huninin üstü düzlenmiş ve betondan sıyrılarak çıkartılmıştır. Çöken betonun kaç cm olduğu, huninin betonun yanına koyulması ve metre yardımıyla betonun üst kotundan huninin üst kotuna uzaklığının ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir.

Şekil 3.15.'te çökme deneyi uygulamasına ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.15. Çökme deneyi görüntüsü

Alınan silindir numuneler 28 gün boyunca kür havuzunda bekletilmiştir.

Şekil 3.16.'da alınan silindir numunelerinin kür havuzundaki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.16. Silindir numunelerin kür havuzundaki görüntüsü

#### 3.4.5. Strain gauge kablolarının donatılara bağlanması

Çalışma kapsamında üretilecek olan konsol kirişlerin bazılarının donatılarına strain gauge bağlanmıştır. Strain gauge kabloları üretilmiş olan donatı detayları kalıp içerisine konulmadan önce donatılara bağlanmıştır. Strain gauge kablosu numunenin kolon kısmının bittiği ve kiriş kısmının başladığı, momentin yüksek olduğu kısma yakın bir yere konulmuştur. Çekme kuvvetini karşılayacak olan donatılar numunenin üst kısmında bulunduğu için strain gauge kabloları bu donatılardan birine bağlanmalıdır. Uygulama esnasında strain gauge kabloları çekme bölgesinde bulunan 4 donatıdan ikincisine bağlanmıştır.

Strain gauge kabloları hassas oldukları için donatıların üstü taşlanarak düzleştirilmiştir. Düzleşen zemin zımparalanarak pürüzsüzleştirilmiştir. Strain gauge kablosunun ucu yapıştırıcı ve şeffaf kâğıt yardımıyla donatıya bağlanmış ve şeffaf kâğıt sonrasında kaldırılmıştır.

Şekil 3.17.'de strain gauge kablosunun donatıya bağlanma detayı verilmiştir.



Şekil 3.17. Strain gauge detayı



### 3.4.6. Deney numunelerin elde edilmesi

Tasarıma göre hazırlanmış olan donatılar, kalıpların içerisine kolon şeklinde dizayn edilmiş bölümleri birbirlerine bakacak şekilde ikişerli olarak yerleştirilmiştir. Paspayları donatıların belirli bölgelerine bağlanmıştır. Numunelerin arasına betonun geçişini önlemek amacıyla strafor köpük konulmuştur. Beton makinesinde oluşturulan beton el arabasına dökülmüş ve numunelere kadar taşınmıştır. Betonun kalıbın içerisine dökülmesi mala ve el küreği yardımıyla yapılmıştır. Her döküm esnasında şiş yardımıyla betonun kalıp içerisinde dağılması sağlanmıştır.

Şekil 3.18.'de bazı numunelerin beton dökümünden önceki halleri, Şekil 3.19.'da ise beton dökümünden sonraki halleri verilmiştir.



Şekil 3.18. Bazı numunelerin beton dökümünden önceki halleri



Şekil 3.19. Bazı numunelerin beton dökümünden sonraki halleri

Beton dökümünden sonra 28 gün boyunca numuneler düzenli aralıklarla sulanmıştır. Numuneler kalıplardan çıkarılarak kırma deneylerine hazır hale gelmişlerdir.

Şekil 3.20.'de kalıplardan çıkarılmış numunelerin görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.20. Kalıplardan çıkarılmış numunelerin görüntüsü

## **BÖLÜM 4. DENEY NUMUNELERİNİN KIRILMASI**

### **4.1. Deney Düzeneği**

Konsol kiriş numunelerinin deneysel olarak kırılması Sakarya Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında gerçekleşmiştir. Çelik çerçeve altında konsol kirişlerin kırılabilmesi için detaylı bir düzenek hazırlanmıştır. Deney düzeneği konsol kirişin ucundan yük uygulayarak konsol kirişi eğilme etkisi altına almak üzerine kurulmuştur.

Deney düzeneği birkaç parçanın bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur. Konsol kiriş tasarımında bahsedilen numunelerin kolon kısmını tutacak L şeklinde iki adet çelik parça imal edilmiştir. Numuneleri L şeklinde üretilen parçaların arasına koyarak ve dönmesini engelleyerek konsol kiriş için ankastre mesnet oluşturmak hedeflenmiştir.

Konsol kiriş numunelerinin içine sıkıştırıldığı L şeklindeki parçaların, numunelerin çıkarılıp takılmasında sıkıntı yaratmaması için yukarı ve aşağı yönde hareket edebilmeleri gerekmektedir. Bu sorunu çözebilmek adına L şeklindeki parçalar ile ana çelik çerçeve arasına düz çelik bir levha yerleştirilmiştir. Bu düz çelik levha ana çerçeveye bulonlar yardımıyla tutturulmuştur. Düz levha içerisinde konsol kirişin sıkıştırıldığı L şeklindeki parçalardan kirişin üstünde bulunan parçanın hareketini sağlayabilecek bir boşluk oluşturulmuştur.

L şeklindeki parçalar, düz çelik levhaya bulonlar yardımıyla tutturulmuştur. L şeklindeki parçaların arasına deney numunelerinin yerleştirilmesinden sonra bu parçalar birbirlerine spiral dişli demir, rondela ve somun kullanılarak bağlanmıştır. Konsol kirişlerin Yük-Yer Değiştirme grafiklerini elde edebilmek için konsol kirişlere yük verilmesi load cell aracılığıyla olmuştur. Load cell ile konsol kiriş arasına yük hücresi yerleştirilmiştir. Konsol kirişin ucundan uygulanan yüke karşılık yaptığı

yer değiştirme yine konsol kirişin ucuna ve alt tarafına yerleştirilen potansiyometre ile ölçülmüştür.

şekil 4.1.'de deney düzeneğinin görüntüsü verilmiştir.



şekil 4.1. Deney düzeneğinin görüntüsü

Load cell ile potansiyometredeki değerler Sakarya Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunan Test Lab Basic programı kullanılarak kaydedilmiştir.

#### 4.2. Numunelerin Kırılması

Oluşturulan deney düzeneği ile deney numuneleri %25 hızla kırılmıştır. Kırılan numuneler için yük ve yer değiştirme değerlerinin yanında kırım sonrası çatlak oluşumları ve çatlakların özellikleri kayıt altına alınmıştır.

şekil 4.2.'de deney düzeneğinde kırılan numunelerden %20 demir talaşı katkılı olan bir numunenin deney öncesi görüntüsü, şekil 4.3.'te ise deney sonrası görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.2. %20 demir talaşı katkıli olan deney numunesinin deney öncesi görüntüsü



Şekil 4.3. %20 demir talaşı katkıli olan deney numunesinin deney sonrası görüntüsü

Şekil 4.4.'te deney düzeneğinde kırılan numunelerden %10 demir talaşı katkıli olan bir numunenin deney öncesi görüntüsü, Şekil 4.5.'te ise deney sonrası görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.4. %10 demir talaşı katkıli olan deney numunesinin deney öncesi görüntüsü



Şekil 4.5. %10 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney sonrası görüntüsü

Şekil 4.6.'da deney düzeneğinde kırılan numunelerden %40 demir talaşı katkılı olan bir numunenin deney öncesi görüntüsü, Şekil 4.7.'de ise deney sonrası görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.6. %40 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney öncesi görüntüsü



Şekil 4.7. %40 demir talaşı katkılı olan deney numunesinin deney sonrası görüntüsü

Tablo 4.1.'de kırım sonrası oluşan çatlakların genişlik ve boy değerleriyle birlikte, oluşan çatlakların konsol kirişlerin kolon olarak tasarlanmış ve ankastre bağlı olduğu kısımdan, konsol kirişin ucuna doğru ne kadar mesafede oluştuğu verilmiştir.

Tablo 4.1. Kırılan numunelerin çatlak özellikleri

Numune İsmi	Çatlak Genişliği (mm)	Çatlak Boyu (cm)	Çatlak Yeri (cm)
A <sub>1</sub> -10-a-1-w	3	15	4
A <sub>2</sub> -10-a-1-w	3	14	3
A <sub>1</sub> -10-b-1-w	2	14	3
A <sub>2</sub> -10-b-1-w	3	13	2
B <sub>1</sub> -10-a-1-w	2	12	3
B <sub>2</sub> -10-a-1-w	3	13	2
B <sub>1</sub> -10-b-1-w	1	11	0
B <sub>2</sub> -10-b-1-w	2	11	1
A <sub>1</sub> -10-a-3-y	2	13	1,5
A <sub>2</sub> -10-a-3-y	3	12	1
A <sub>1</sub> -10-b-3-y	3	12	0
A <sub>2</sub> -10-b-3-y	2	13	0
B <sub>1</sub> -10-a-3-y	4	14	0
B <sub>2</sub> -10-a-3-y	3	12	1
B <sub>1</sub> -10-b-3-y	3	10	0
B <sub>2</sub> -10-b-3-y	2	12	0
A <sub>1</sub> -10-a-3-x	4	15	6
A <sub>2</sub> -10-a-3-x	3	14	5
A <sub>1</sub> -10-b-3-x	4	15	6
A <sub>2</sub> -10-b-3-x	4	14	4
B <sub>1</sub> -10-a-3-x	5	15	1
B <sub>2</sub> -10-a-3-x	4	13	2
B <sub>1</sub> -10-b-3-x	2	13	3
B <sub>2</sub> -10-b-3-x	3	14	4
A <sub>1</sub> -10-a-3-z	2	15	1
A <sub>2</sub> -10-a-3-z	3	12	2
A <sub>1</sub> -10-b-3-z	4	15	-2
A <sub>2</sub> -10-b-3-z	3	13	1
B <sub>1</sub> -10-a-3-z	2	16	2
B <sub>2</sub> -10-a-3-z	3	14	1
B <sub>1</sub> -10-b-3-z	1	12	2
B <sub>2</sub> -10-b-3-z	3	13	1

## BÖLÜM 5. DENEY SONUÇLARI

### 5.1. Çökme Deneyi Sonuçları

Deney kapsamında çökme deneyleri Bölüm 3.4.4'te belirtilen şekilde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Çökme deneyi sonuçları

Numune Özelliği	Çökme Derinliği (cm)
Katkısız	22
%10 Demir talaşı katkılı	22
%20 Demir talaşı katkılı	21,5
%40 Demir talaşı katkılı	21

### 5.2. Silindir Beton Numuneleri Basınç Deneyi Sonuçları

Tez kapsamında oluşturulan betonarme konsol kirişlerin içerisinde kullanılan betondan küçük silindir numuneler alınmış ve kür havuzunda bekletilmiştir. Havuzdan çıkarılan numuneler kırılmış ve elde edilen sonuçlar Gerilme-Birim Şekil Değiştirme grafiği haline getirilmiştir. Oluşturulan grafikler üzerinden betonun elastisite modülü hesaplanmıştır.

Tablo 5.2.'de küçük silindir beton numunelerin elastisite modülleri verilmiştir.

Tablo 5.2. Silindir numunelerin elastisite modülleri

Silindir Numune Özelliği	Gerilme (mpa)	Birim Şekil Değiştirme	Elastisite Modülü (mpa)
Katkısız	25,7423432	0,00089122	28884,34625
Katkısız	24,54351	0,00087021	28204,20728
Katkısız	24,9876367	0,0008736	28603,15558
Katkısız	26,9856423	0,00092599	29142,40597



Tablo 5.2. (Devamı)

Silindir Numune Özelliği	Gerilme (mpa)	Birim Şekil Değişirme	Elastisite Modülü (mpa)
Katkısız	25,4315245	0,0008989	28291,95389
Katkısız	25,54326345	0,00089408	28569,32599
%10 Demir talaşı katkılı	26,7623	0,00090498	29572,34493
%10 Demir talaşı katkılı	25,52342	0,00091113	28013,03779
%10 Demir talaşı katkılı	24,87512364	0,00087961	28279,7038
%20 Demir talaşı katkılı	24,6324	0,00086369	28519,92093
%20 Demir talaşı katkılı	23,943634	0,00084976	28177,00541
%20 Demir talaşı katkılı	27,78438	0,00095328	29145,96826
%20 Demir talaşı katkılı	24,986421	0,00087574	28531,89315
%20 Demir talaşı katkılı	26,8432654	0,00090966	29509,03621
%20 Demir talaşı katkılı	28,97362175	0,00096897	29901,4381
%40 Demir talaşı katkılı	27,32513	0,00092523	29533,28025
%40 Demir talaşı katkılı	25,42342	0,00087834	28944,71442
%40 Demir talaşı katkılı	26,23523	0,00090108	29115,44667

### 5.3. Donatı Çekme Deneyi Sonuçları

Konsol kiriş deney numunelerini oluştururken kullanılan donatılar Sakarya BST Bayraktar Laboratuvarında çekme deneyine tabii tutulmuşlardır. Çekme deneyi sonuçları (Ek 1: Çekme Deneyi Sonuçları)'nda verilmiştir.

Şekil 5.1.'de çekme deneyinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.1. Çekme deneyinin görüntüsü

#### 5.4. Deney Numuneleri Sonuçları

Deney numuneleri kırımları gerçekleştirilirken Test Lab Basic kullanılarak numunelerin Yük-Yer Değişirme grafikleri elde edilmiştir. Tez kapsamında tüm özellikleri aynı olarak üretilmiş iki numunenin sonuçları incelenmiş ve ortalaması alınarak grafikler oluşturulmuştur. Denge altı donatılı ve A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> şeklinde başlayarak isimlendirilen betonarme konsol kirişlerin ortalaması alınarak isimleri A şeklinde başlatılmıştır. Denge üstü donatılı ve B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> şeklinde başlayarak isimlendirilen betonarme konsol kirişlerin ise ortalaması alınarak isimleri B şeklinde başlatılmıştır.

Tablo 5.3.'te deneye tabii tutulan konsol kirişlerin süneklik ve taşıdıkları maksimum yük değerleri ile aynı özelliklere sahip olan numunelerin ortalamalarının alınması sonucu elde edilen grafiklerin süneklik ve taşıdıkları maksimum yük değerleri verilmiştir.

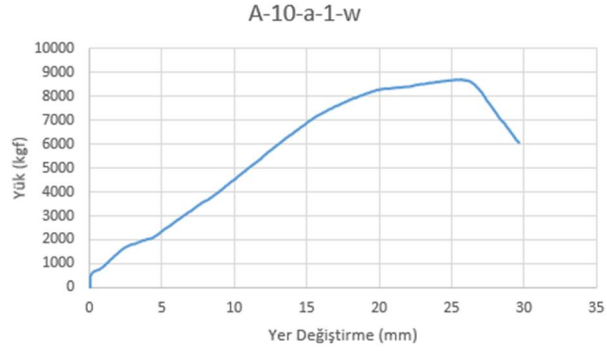
Tablo 5.3. Deneysel sonuçlar

Numune İsmi	Süneklik Katsayısı	Maksimum Yük (kgf)
A <sub>1</sub> -10-a-1-w	1,45795	8715,6161
A-10-a-1-w	1,45408	8695,7976
A <sub>2</sub> -10-a-1-w	1,45106	8614,8531
A <sub>1</sub> -10-b-1-w	1,50369	9212,7564
A-10-b-1-w	1,50059	9125,2878
A <sub>2</sub> -10-b-1-w	1,49947	9106,8654
B <sub>1</sub> -10-a-1-w	1,32754	10306,1397
B-10-a-1-w	1,32338	10270,64
B <sub>2</sub> -10-a-1-w	1,32064	10186,7659
B <sub>1</sub> -10-b-1-w	1,42187	10954,8921
B-10-b-1-w	1,41949	10796,526
B <sub>2</sub> -10-b-1-w	1,41315	10568,7145
A <sub>1</sub> -10-a-3-y	1,48992	8564,3579
A-10-a-3-y	1,48749	8312,97
A <sub>2</sub> -10-a-3-y	1,48343	8126,9542
A <sub>1</sub> -10-b-3-y	1,59843	9098,8424
A-10-b-3-y	1,59064	9043,436
A <sub>2</sub> -10-b-3-y	1,58865	8986,3856

Tablo 5.3. (Devamı)

Numune İsmi	Süneklik Katsayısı	Maksimum Yük (kgf)
B <sub>1</sub> -10-a-3-y	1,34981	9458,6539
B-10-a-3-y	1,34367	9315,7376
B <sub>2</sub> -10-a-3-y	1,34172	9268,9432
B <sub>1</sub> -10-b-3-y	1,42861	9574,1274
B-10-b-3-y	1,42376	9506,7159
B <sub>2</sub> -10-b-3-y	1,42007	9475,8652
A <sub>1</sub> -10-a-3-x	1,65932	8105,7538
A-10-a-3x	1,654398	8001,64
A <sub>2</sub> -10-a-3-x	1,65138	7998,7549
A <sub>1</sub> -10-b-3-x	1,72175	8798,9341
A-10-b-3-x	1,71876	8736,075
A <sub>2</sub> -10-b-3-x	1,71236	8720,6429
B <sub>1</sub> -10-a-3-x	1,40065	8904,7568
B-10-a-3-x	1,39976	8891,557
B <sub>2</sub> -10-a-3-x	1,39497	8814,6529
B <sub>1</sub> -10-b-3-x	1,43995	8978,2391
B-10-b-3-x	1,43689	8932,407
B <sub>2</sub> -10-b-3-x	1,43205	8909,1962
A <sub>1</sub> -10-a-3-z	1,44996	9891,1352
A-10-a-3-z	1,44876	9808,32182
A <sub>2</sub> -10-a-3-z	1,44532	9754,6128
A <sub>1</sub> -10-b-3-z	1,46864	10173,1724
A-10-b-3-z	1,46587	10058,6432
A <sub>2</sub> -10-b-3-z	1,46243	9954,3091
B <sub>1</sub> -10-a-3-z	1,30745	11465,4235
B-10-a-3-z	1,30268	11248,7143
B <sub>2</sub> -10-a-3-z	1,30051	11012,8429
B <sub>1</sub> -10-b-3-z	1,37893	12181,4363
B-10-b-3-z	1,37654	11972,456
B <sub>2</sub> -10-b-3-z	1,37385	11734,5461

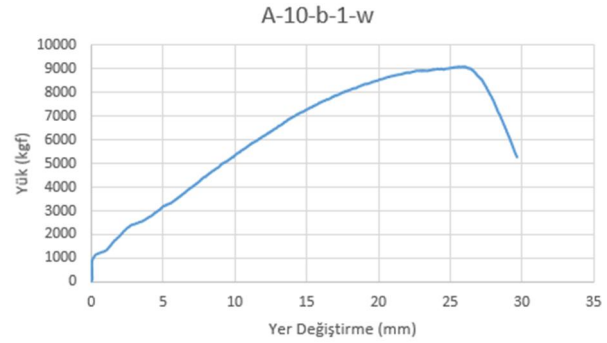
Şekil 5.2.'de A-10-a-1-w numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.2. A-10-a-1-w numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği

A-10-a-1-w numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 8695,7976 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 25,6847 mm yer değişirme yaptığı sırada erişmiştir.

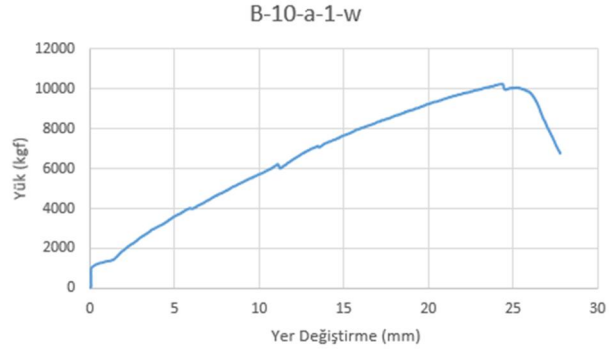
Şekil 5.3.'te A-10-b-1-w numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.3. A-10-b-1-w numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği

A-10-b-1-w numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 9125,2878 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 25,5643 mm yer değişirme yaptığı sırada erişmiştir.

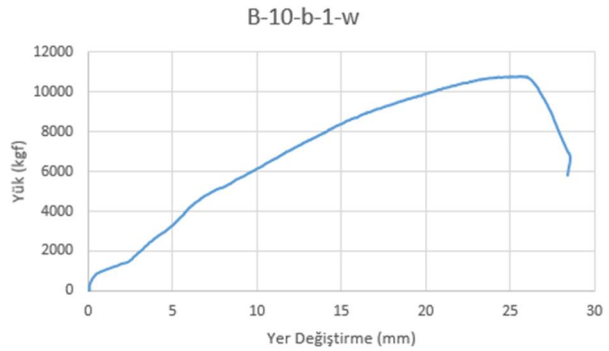
Şekil 5.4.'te B-10-a-1-w numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.4. B-10-a-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-a-1-w numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 10270,64 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 24,3617 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

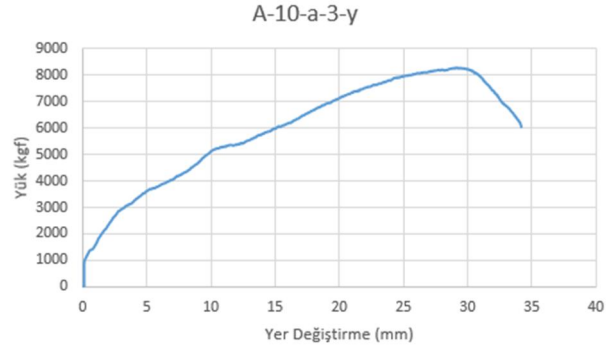
Şekil 5.5.'te B-10-b-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.5. B-10-b-1-w numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-b-1-w numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 10796,526 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 25,5726 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

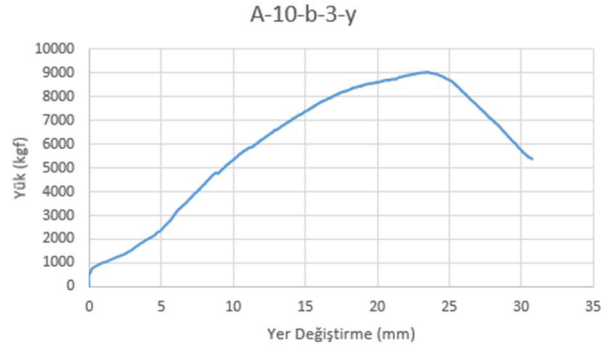
Şekil 5.6.'da A-10-a-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.6. A-10-a-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

A-10-a-3-y numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 8312,97 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 29,2195 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

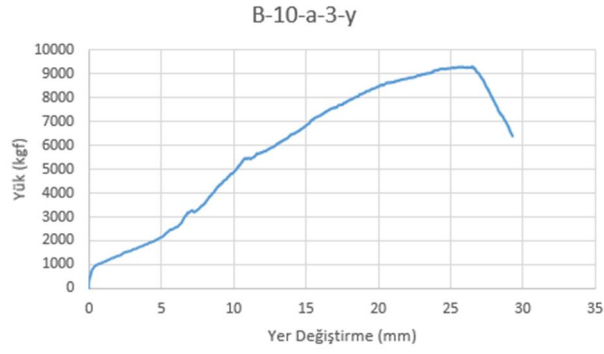
Şekil 5.7.'de A-10-b-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.7. A-10-b-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

A-10-b-3-y numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 9043,436 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 23,3785 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

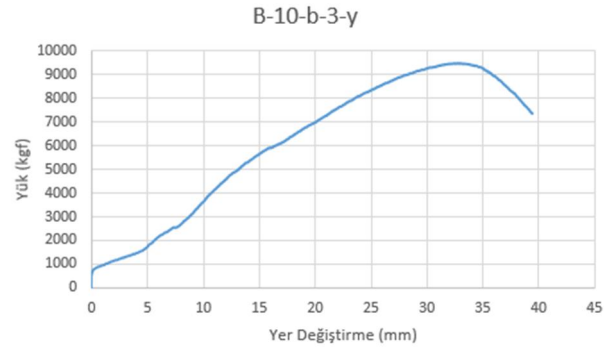
Şekil 5.8.'de B-10-a-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.8. B-10-a-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-a-3-y numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 9315,7376 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 26,4863 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

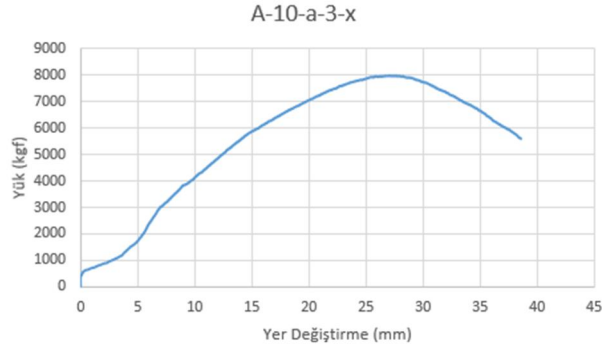
Şekil 5.9.'da B-10-b-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.9. B-10-b-3-y numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-b-3-y numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 9506,7159 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 32,8042 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

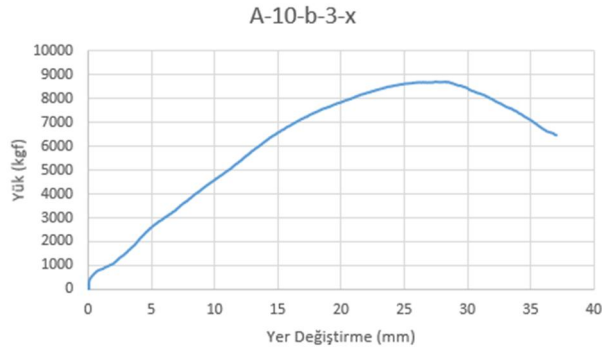
Şekil 5.10.'da A-10-a-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.10. A-10-a-3-x numunesinin Yük-Yer Değişirme grafiği

A-10-a-3-x numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 8001,64 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 27,5031 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

Şekil 5.11.'de A-10-b-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.

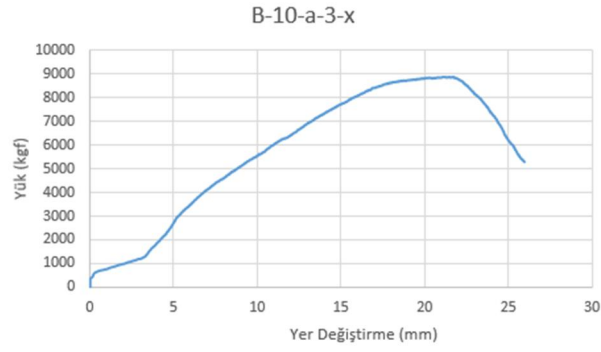


Şekil 5.11. A-10-b-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

A-10-b-3-x numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 8736,075 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 28,2912 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

Şekil 5.12.'de B-10-a-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.

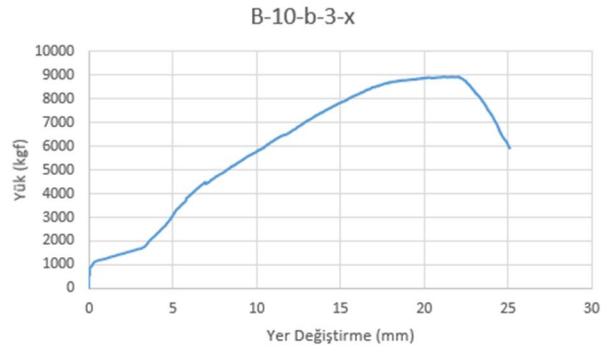




Şekil 5.12. B-10-a-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-a-3-x numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 8891,557 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 21,0904 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

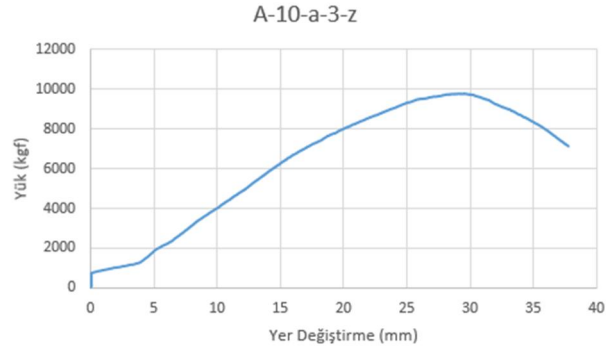
Şekil 5.13.'te B-10-b-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.13. B-10-b-3-x numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-b-3-x numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 8932,407 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 21,0904 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

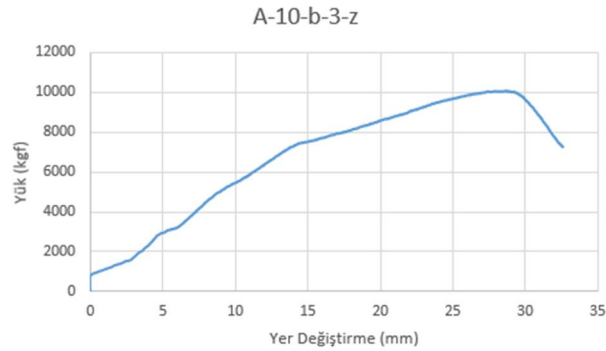
Şekil 5.14.'te A-10-a-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.14. A-10-a-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

A-10-a-3-z numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 9808,32182 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 29,5508 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

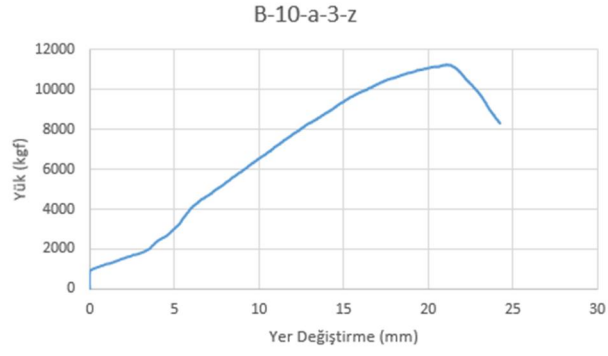
Şekil 5.15.'te A-10-b-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.15. A-10-b-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

A-10-b-3-z numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 10058,6432 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 28,6558 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

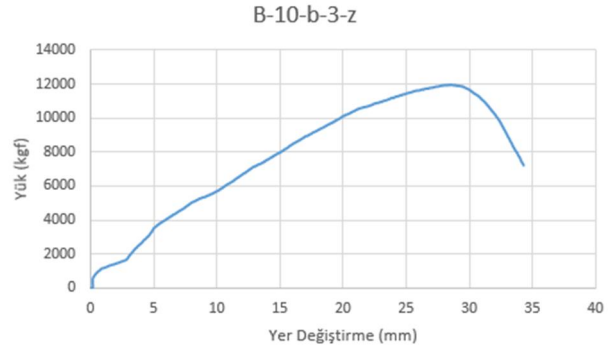
Şekil 5.16.'da B-10-a-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.16. B-10-a-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-a-3-z numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 11248,7143 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 21,0761 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

Şekil 5.17.'de B-10-b-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği verilmiştir.



Şekil 5.17. B-10-b-3-z numunesinin Yük-Yer Değiştirme grafiği

B-10-b-3-z numunesinin taşıyabildiği maksimum yük 11972,456 kgf olmuştur. Bu yük değerine ise 28,5336 mm yer değiştirme yaptığı sırada erişmiştir.

## BÖLÜM 6. DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, elde edilmiş olan deneysel sonuçlar çeşitli farklılıkları göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan numunelerin farklı sonuçları yorumlanmış ve çıkarımlar elde edilmiştir.

### 6.1. Taşıma Gücüne Göre Karşılaştırma

Elde edilen deney sonuçlarına göre konsol kirişlerin taşıdıkları maksimum yükler karşılaştırılmıştır. Denge üstü donatılı olarak dizayn edilmiş konsol kiriş numunelerinin, denge altı olarak dizayn edilmiş konsol kiriş numunelerine göre maksimum taşıyabildikleri yük değerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerin ise etriye kanca açısı 135 derece olan numunelere göre maksimum taşıdıkları yük değerleri daha az olmuştur.

Tablo 6.1.'de deney numunelerinin taşıdıkları maksimum yük değerleri verilmiştir.

Tablo 6.1. Deney numunelerinin taşıdıkları maksimum yük değerleri

Numune İsmi	Maksimum yük (kgf)
A-10-a-1-w	8695,7976
A-10-b-1-w	9125,2878
B-10-a-1-w	10270,64
B-10-b-1-w	10796,526
A-10-a-3-y	8312,97
A-10-b-3-y	9043,436
B-10-a-3-y	9315,7376
B-10-b-3-y	9506,7159
A-10-a-3-x	8001,64
A-10-b-3-x	8736,075
B-10-a-3-x	8891,557
B-10-b-3-x	8932,407

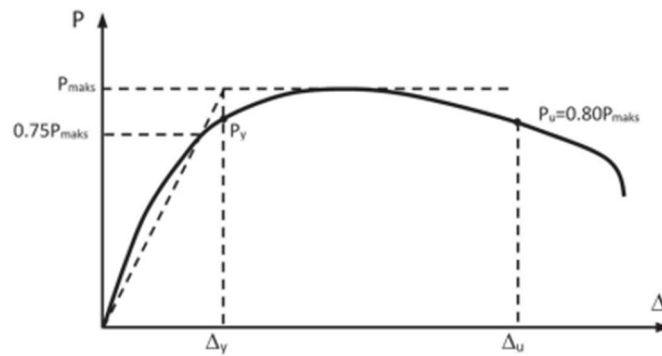
Tablo 6.1. (Devamı)

Numune İsmi	Maksimum yük (kgf)
A-10-a-3-z	9808,32182
A-10-b-3-z	10058,6432
B-10-a-3-z	11248,7143
B-10-b-3-z	11972,456

## 6.2. Süneklik Katsayısına Göre Karşılaştırma

Deneyler sonucunda elde edilen verilere göre konsol kiriş numunelerinin süneklik katsayıları (Denklem 2.1)'de verilen şekilde hesaplanmıştır. Denge altı olarak tasarlanmış konsol kiriş numuneleri denge üstü olarak tasarlanmış numunelere göre daha sünek davranmışlardır. Aynı şekilde etriye kanca açıları 135 derece olan konsol kiriş numunelerinin süneklik katsayısı kanca açıları 90 derece olan numunelere göre daha yüksek çıkmıştır.

Süneklik katsayısı hesabında akma anındaki yer değiştirmeler ve maksimum yer değiştirmeler, Şekil 6.1.'de verilen grafikten yararlanılarak bulunmuş ve süneklik katsayıları hesap edilmiştir.



Şekil 6.1. Süneklik hesabı için referans alınan Yük-Deplasman eğrisi [20]

Şekil 6.1'de ( $P_{maks}$ ) maksimum taşınan yükü, ( $P_y$ ) akma anındaki yükü, ( $\Delta_y$ ) akma anındaki yer değiştirmeyi, ( $\Delta_u$ ) ise maksimum yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

Süneklik katsayısı hesaplanırken kullanılacak olan akma anındaki yer değiştirme değerleri, grafik üzerinde konsol kirişlerin taşıdıkları maksimum yüklerin %75'ine

denk gelen yük değerlerinden ve grafiğin başlangıç noktasından geçen bir doğru ile, grafiğin yer değiştirme eksenine paralel ve maksimum yük değerinden geçen bir doğrunun kesiştiği noktadaki yer değiştirme değerleri olarak kabul edilmiştir [20].

Süneklik katsayısı hesaplanırken kullanılacak olan maksimum yer değiştirme değerleri, konsol kirişlerin taşıyabildiği maksimum yük değerlerinin %20 oranına kadar azalması sonucunda oluşan yer değiştirme değerlerine kadar alınabilir [20]. Tez kapsamında elde edilen sonuçlardan hareketle maksimum yer değiştirme değerleri yaklaşık olarak konsol kirişlerin taşıyabildikleri maksimum yük değerlerinin %15 azalması sonucu oluşan yer değiştirme değerleri olarak kabul edilmiştir.

Tablo 6.2.'de deney numunelerinin süneklik katsayıları verilmiştir. Tablo 6.2.'de ( $\mu$ ) süneklik katsayısını, ( $u_{max}$ ) maksimum ötelenmeyi ve ( $u_y$ ) akma anındaki ötelenmeyi göstermektedir.

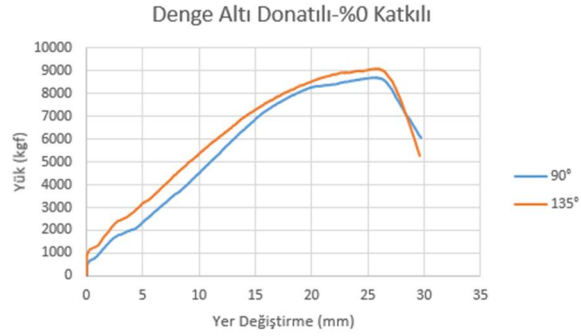
Tablo 6.2. Deney numunelerinin süneklik katsayıları

Numune İsmi	$u_y$ (mm)	$u_{max}$ (mm)	$\mu$
A-10-a-1-w	19,27	28,02012	1,45408
A-10-b-1-w	18,55	27,83594	1,50059
B-10-a-1-w	20,17	26,69257	1,32338
B-10-b-1-w	19,21	27,2684	1,41949
A-10-a-3-y	21,82	32,45703	1,48749
A-10-b-3-y	18,09	28,77468	1,59064
B-10-a-3-y	20,39	27,39743	1,34367
B-10-b-3-y	26,73	38,0571	1,42376
A-10-a-3-x	21,01	34,7589	1,654398
A-10-b-3-x	19,97	34,32364	1,71876
B-10-a-3-x	16,92	23,68394	1,39976
B-10-b-3-x	16,47	23,66558	1,43689
A-10-a-3-z	24,18	35,03102	1,44876
A-10-b-3-z	21,2	31,07644	1,46587
B-10-a-3-z	17,96	23,39613	1,30268
B-10-b-3-z	23,31	32,08715	1,37654

### 6.3. Etriye Kanca Açısına Göre Karşılaştırma

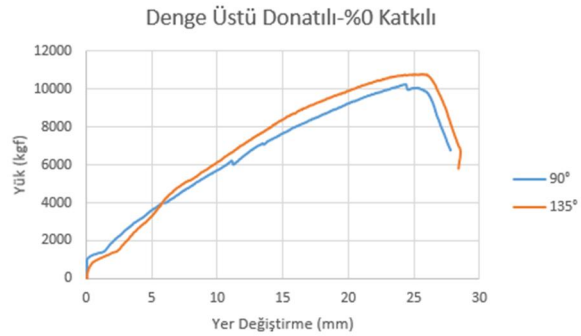
Deney numunelerinin farklılaştığı alanlardan biri olan etriye kanca açılarının konsol kirişin davranışına etkileri incelenmiş ve etriye kanca açıları birbirinden farklı olan konsol kirişlerin maksimum taşıdığı yükler ile süneklik katsayıları numuneler arasında karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.2.'de A-10-a-1-w ve A-10-b-1-w numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



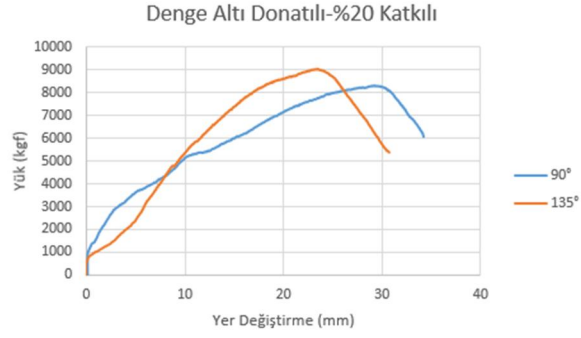
Şekil 6.2. A-10-a-1-w ve A-10-b-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.3.'te B-10-a-1-w ve B-10-b-1-w numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



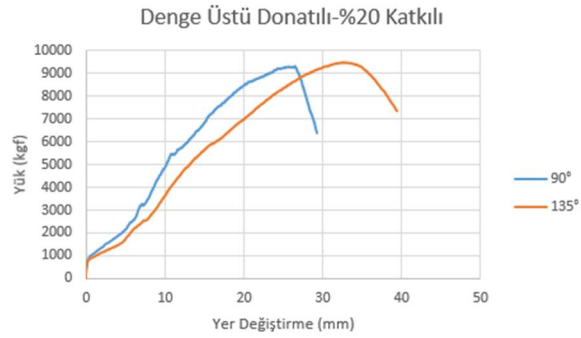
Şekil 6.3. B-10-a-1-w ve B-10-b-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.4.'te A-10-a-3-y ve A-10-b-3-y numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



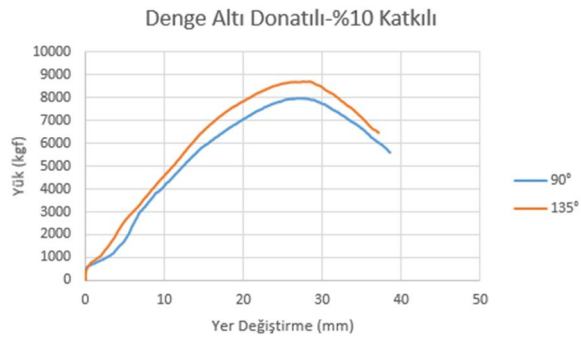
Şekil 6.4. A-10-a-3-y ve A-10-b-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.5.'te B-10-a-3-y ve B-10-b-3-y numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.5. B-10-a-3-y ve B-10-b-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği

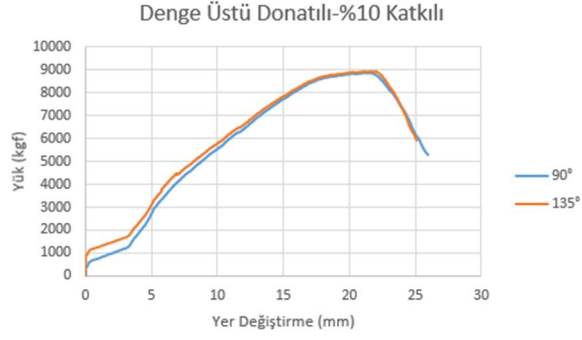
Şekil 6.6.'da A-10-a-3-x ve A-10-b-3-x numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.6. A-10-a-3-x ve A-10-b-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği

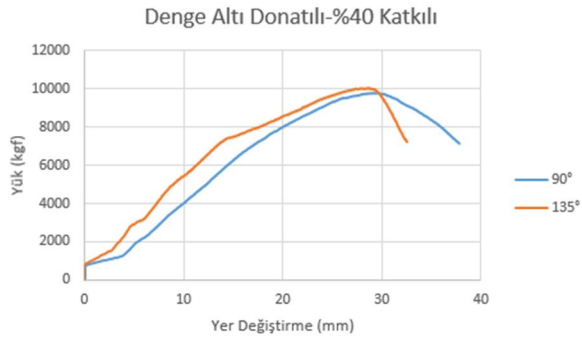


Şekil 6.7.'de B-10-a-3-x ve B-10-b-3-x numunelerinin Yük-Yer Değişirme grafikleri verilmiştir.



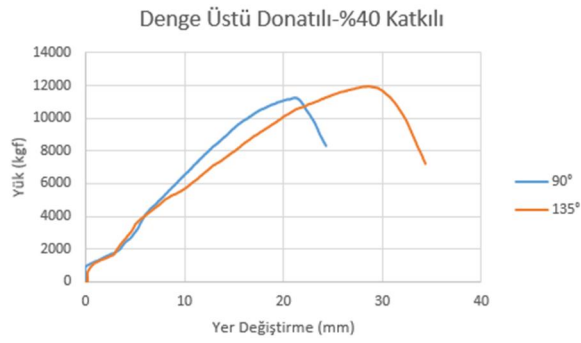
Şekil 6.7. B-10-a-3-x ve B-10-b-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.8.'de A-10-a-3-z ve A-10-b-3-z numunelerinin Yük-Yer Değişirme grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.8. A-10-a-3-z ve A-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.9.'da B-10-a-3-z ve B-10-b-3-z numunelerinin Yük-Yer Değişirme grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.9. B-10-a-3-z ve B-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Deney sonuçlarından çıkan verilere göre 135 derece etriye kanca açısına sahip numunelerin 90 derece etriye kanca açısına sahip numunelere göre daha sünek davrandığı ve maksimum taşıdığı kuvvetin daha fazla olduğu görülmüştür.

Tablo 6.3.'te karşılaştırmalı olarak etriye kanca açısı değişiminin konsol kiriş üzerindeki süneklik ve maksimum taşıma kapasitesi etkileri verilmiştir. Ayrıca Tablo 6.3.'te kanca derecesi 135 derece olan numunelerin, kanca açısı 90 derece olan numunelere göre süneklik değerlerindeki ve taşıdıkları maksimum yüklerdeki yüzdesel artışlar verilmiştir. Tablo 6.3.'te ( $\mu$ ) süneklik katsayısını, ( $u_{max}$ ) maksimum ötelenmeyi, ( $u_y$ ) akma anındaki ötelenmeyi ve ( $P_{max}$ ) ise numunenin taşıdığı maksimum kuvveti göstermektedir.

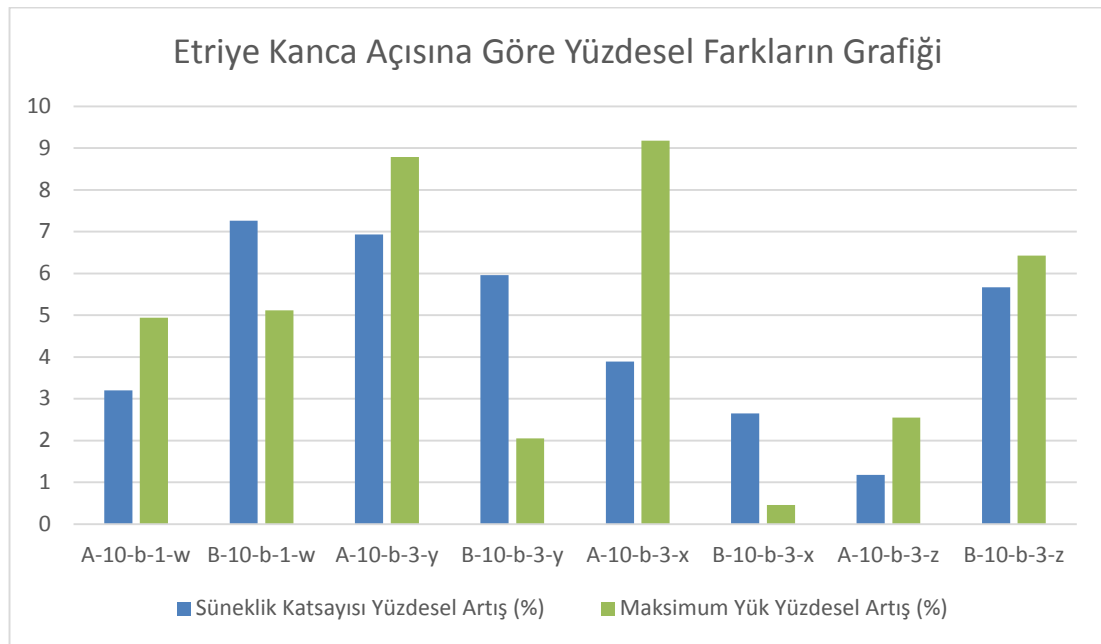
Tablo 6.3. Etriye kanca açısı karşılaştırma tablosu

Numune İsmi	$u_y$ (mm)	$u_{max}$ (mm)	$\mu$	Yüzdesel Artış (%)	$P_{max}$ (kgf)	Yüzdesel Artış (%)
A-10-a-1-w	19,27	28,02012	1,45408	-	8695,7976	-
A-10-b-1-w	18,55	27,83594	1,50059	3,198586	9125,2878	4,939055
B-10-a-1-w	20,17	26,69257	1,32338	-	10270,64	-
B-10-b-1-w	19,21	27,2684	1,41949	7,262464	10796,526	5,120285
A-10-a-3-y	21,82	32,45703	1,48749	-	8312,97	-
A-10-b-3-y	18,09	28,77468	1,59064	6,9345	9043,436	8,787064
B-10-a-3-y	20,39	27,39743	1,34367	-	9315,7376	-
B-10-b-3-y	26,73	38,0571	1,42376	5,960541	9506,7159	2,050061
A-10-a-3-x	21,01	34,7589	1,654398	-	8001,64	-
A-10-b-3-x	19,97	34,32364	1,71876	3,890358	8736,075	9,178556

Tablo 6.3. (Devamı)

Numune İsmi	$u_y$ (mm)	$u_{max}$ (mm)	$\mu$	Yüzdesel Artış (%)	$P_{max}$ (kgf)	Yüzdesel Artış (%)
B-10-a-3-x	16,92	23,68394	1,39976	-	8891,557	-
B-10-b-3-x	16,47	23,66558	1,43689	2,652598	8932,407	0,459425
A-10-a-3-z	24,18	35,03102	1,44876	-	9808,32182	-
A-10-b-3-z	21,2	31,07644	1,46587	1,18101	10058,6432	2,552133
B-10-a-3-z	17,96	23,39613	1,30268	-	11248,7143	-
B-10-b-3-z	23,31	32,08715	1,37654	5,66985	11972,456	6,433995

Şekil 6.10.'da diğer tüm özellikleri aynı olmasına rağmen etriye kanca açısı 135 derece olan numunelerin, etriye kanca açısı 90 derece olan numunelere göre süneklik katsayılarında ve taşıdıkları maksimum yüklerde olan yüzdesel farkların grafiği verilmiştir.



Şekil 6.10. Etriye kanca açısına göre yüzdesel farkların grafiği

İçerisinde katkı maddesi bulundurmayan konsol kirişlerin, denge altı donatılı durumda etriye kanca açısının 135 derece olması, etriye kanca açısının 90 derece olmasına oranla süneklik değerini %3,20 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı durumda olan konsol kirişlerde %7,26 olarak ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde 135 derece kanca açısına sahip olan katkısız ve denge altı donatılı numuneler, 90

derece kanca açısına sahip olan numunelere oranla taşıdıkları maksimum yüklerini %4,94 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı kirişlerde %5,12 olarak gözlenmiştir.

İçerisinde katkı maddesi olarak %20 oranında demir talaşı bulunduran konsol kirişlerin denge altı donatılı durumda etriye kanca açısının 135 derece olması, etriye kanca açısının 90 derece olmasına oranla süneklik değerlerini %6,93 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı durumda olan konsol kirişlerde %5,96 olarak ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde 135 derece kanca açısına sahip olan katkısız ve denge altı donatılı numuneler, 90 derece kanca açısına sahip olan numunelere oranla taşıdıkları maksimum yüklerini %8,79 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı kirişlerde %2,05 olarak gözlenmiştir.

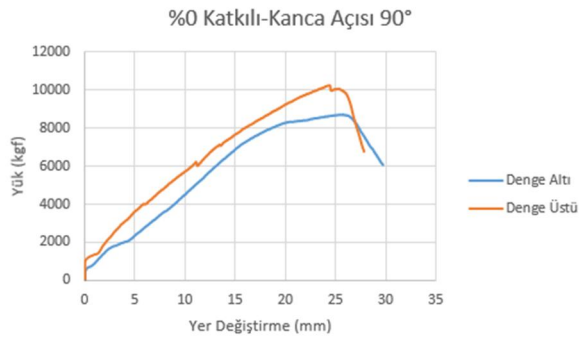
İçerisinde katkı maddesi olarak %10 oranında demir talaşı bulunduran konsol kirişlerin denge altı donatılı durumda etriye kanca açısının 135 derece olması, etriye kanca açısının 90 derece olmasına oranla süneklik değerlerini %3,89 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı durumda olan konsol kirişlerde %2,65 olarak ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde 135 derece kanca açısına sahip olan katkısız ve denge altı donatılı numuneler, 90 derece kanca açısına sahip olan numunelere oranla taşıdıkları maksimum yüklerini %9,18 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı kirişlerde %0,46 olarak gözlenmiştir.

İçerisinde katkı maddesi olarak %40 oranında demir talaşı bulunduran konsol kirişlerin denge altı donatılı durumda etriye kanca açısının 135 derece olması, etriye kanca açısının 90 derece olmasına oranla süneklik değerlerini %1,18 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı durumda olan konsol kirişlerde %5,67 olarak ortaya çıkmıştır. Aynı şekilde 135 derece kanca açısına sahip olan katkısız ve denge altı donatılı numuneler, 90 derece kanca açısına sahip olan numunelere oranla taşıdıkları maksimum yüklerini %2,55 oranında arttırırken, bu oran denge üstü donatılı kirişlerde %6,43 olarak gözlenmiştir.

#### 6.4. Denge Altı ve Denge Üstü Olma Durumuna Göre Karşılaştırma

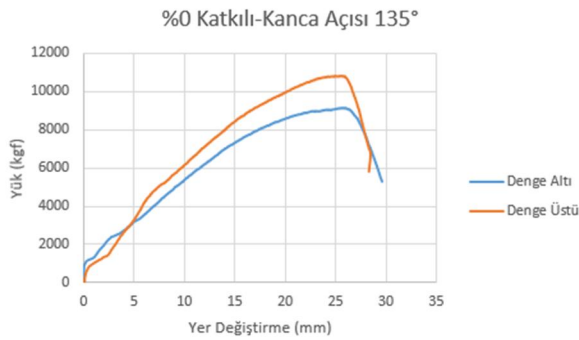
Deney kapsamında oluşturulan denge altı ve denge üstü donatı oranlarına sahip numunelerin deney sonuçlarına bakarak davranışlarının nasıl olduğu birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.11.'de A-10-a-1-w ve B-10-a-1-w numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



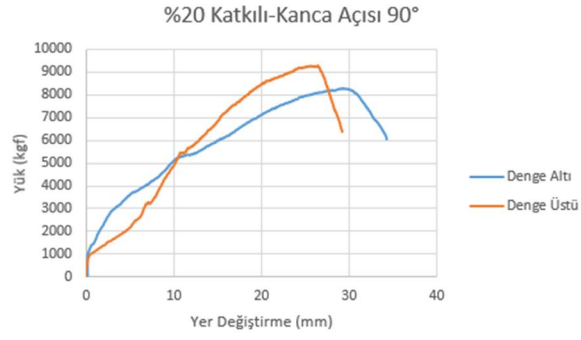
Şekil 6.11. A-10-a-1-w ve B-10-a-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.12.'de A-10-b-1-w ve B-10-b-1-w numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



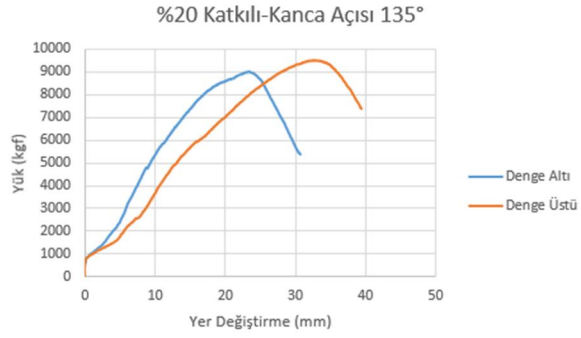
Şekil 6.12. A-10-b-1-w ve B-10-b-1-w numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.13.'te A-10-a-3-y ve B-10-a-3-y numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



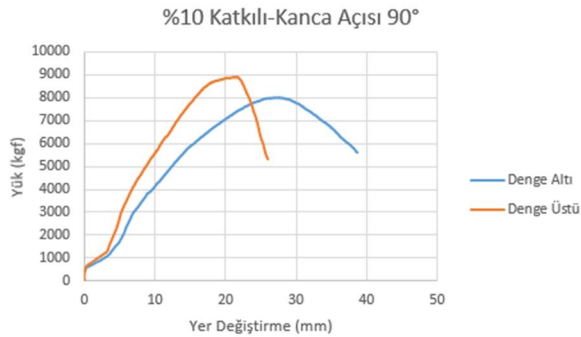
Şekil 6.13. A-10-a-3-y ve B-10-a-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.14.'te A-10-b-3-y ve B-10-b-3-y numunelerinin Yük-Yer Değişirme grafikleri verilmiştir.



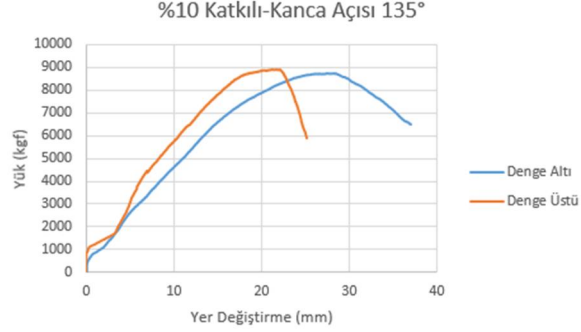
Şekil 6.14. A-10-b-3-y ve B-10-b-3-y numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.15.'te A-10-a-3-x ve B-10-a-3-x numunelerinin Yük-Yer Değişirme grafikleri verilmiştir.



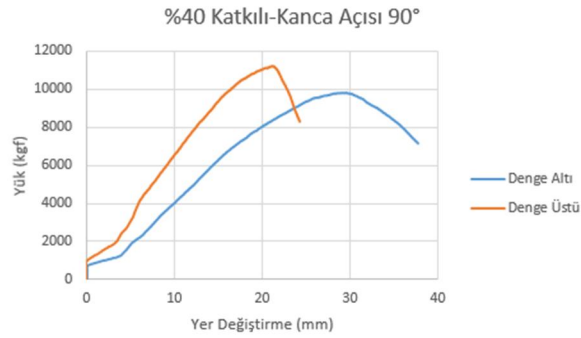
Şekil 6.15. A-10-a-3-x ve B-10-a-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.16.'da A-10-b-3-x ve B-10-b-3-x numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



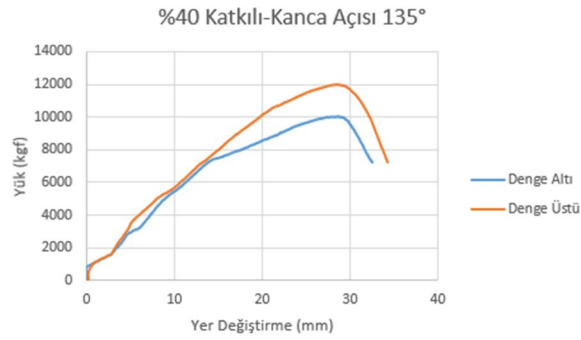
Şekil 6.16. A-10-b-3-x ve B-10-b-3-x numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.17.'de A-10-a-3-z ve B-10-a-3-z numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.17. A-10-a-3-z ve B-10-a-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.18.'de A-10-b-3-z ve B-10-b-3-z numunelerinin Yük-Yer Değiştirme grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.18. A-10-b-3-z ve B-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Deneyler sonucunda elde edilen verilere göre denge altı donatılı olarak oluşturulmuş konsol kiriş numuneleri denge üstü olarak oluşturulmuş numunelere göre daha sünek davranmışlardır. Bunun yanında denge üstü olarak tasarlanmış konsol kiriş numunelerinin maksimum taşıma yükü denge altı olarak tasarlanmış numunelere göre daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 6.4.'te karşılaştırmalı olarak denge altı ve denge üstü donatılı olarak oluşturulmuş konsol kirişlerin süneklik ve maksimum taşıma kapasitesi sonuçları verilmiştir. Ayrıca Tablo 6.4.'te denge üstü donatılı olan numunelerin, denge altı donatılı olan numunelere göre süneklik değerlerindeki ve taşıdıkları maksimum yüklerdeki yüzdesel artışlar verilmiştir. Tablo 6.4.'te ( $\mu$ ) süneklik katsayısını, ( $u_{max}$ ) maksimum ötelenmeyi, ( $u_y$ ) akma anındaki ötelenmeyi ve ( $P_{max}$ ) ise numunenin taşıdığı maksimum kuvveti göstermektedir.

Tablo 6.4. Denge altı ve denge üstü karşılaştırma tablosu

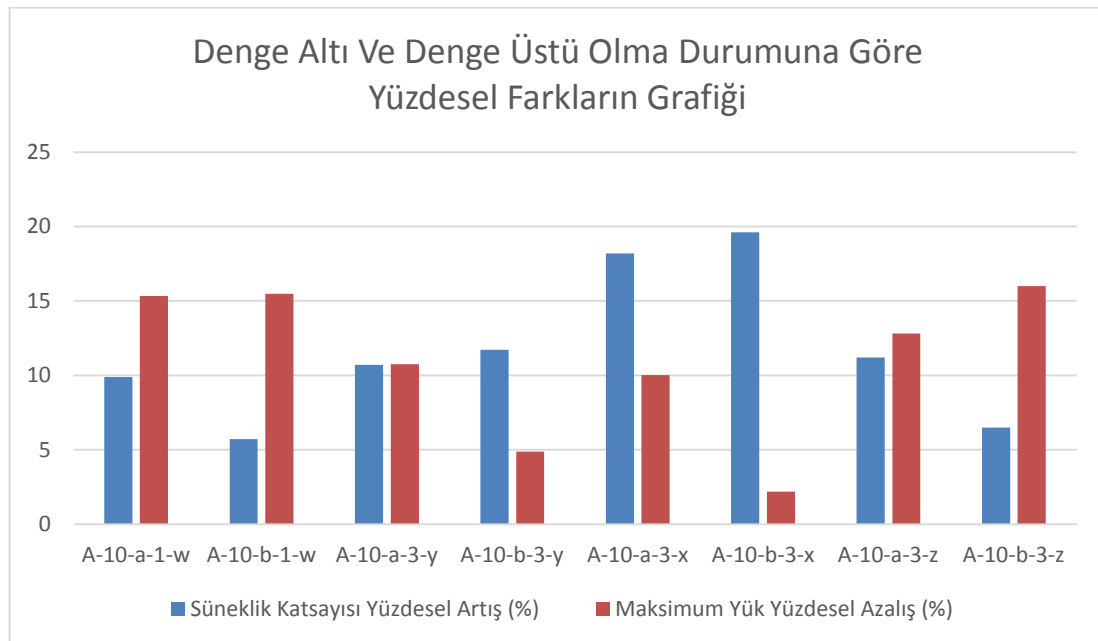
Numune İsmi	$u_y$ (mm)	$u_{max}$ (mm)	$\mu$	Yüzdesel Artış (%)	$P_{max}$ (kgf)	Yüzdesel Artış (%)
A-10-a-1-w	19,27	28,02012	1,45408	9,876226	8695,7976	-15,3334
B-10-a-1-w	20,17	26,69257	1,32338	-	10270,64	-
A-10-b-1-w	18,55	27,83594	1,50059	5,71332	9125,2878	-15,4794
B-10-b-1-w	19,21	27,2684	1,41949	-	10796,526	-
A-10-a-3-y	21,82	32,45703	1,48749	10,70352	8312,97	-10,7642
B-10-a-3-y	20,39	27,39743	1,34367	-	9315,7376	-
A-10-b-3-y	18,09	28,77468	1,59064	11,72108	9043,436	-4,87319
B-10-b-3-y	26,73	38,0571	1,42376	-	9506,7159	-



Tablo 6.4. (Devamı)

Numune İsmi	$u_y$ (mm)	$u_{max}$ (mm)	$\mu$	Yüzdesel Artış (%)	$P_{max}$ (kgf)	Yüzdesel Artış (%)
A-10-a-3-x	21,01	34,7589	1,654398	18,19155	8001,64	-10,0086
B-10-a-3-x	16,92	23,68394	1,39976	-	8891,557	-
A-10-b-3-x	19,97	34,32364	1,71876	19,61667	8736,075	-2,19797
B-10-b-3-x	16,47	23,66558	1,43689	-	8932,407	-
A-10-a-3-z	24,18	35,03102	1,44876	11,21381	9808,32182	-12,805
B-10-a-3-z	17,96	23,39613	1,30268	-	11248,7143	-
A-10-b-3-z	21,2	31,07644	1,46587	6,489459	10058,6432	-15,9851
B-10-b-3-z	23,31	32,08715	1,37654	-	11972,456	-

Şekil 6.19.'da diğer tüm özellikleri aynı olmasına rağmen denge altı donatılı olan numunelerin, denge üstü donatılı olan numunelere göre süneklik katsayılarında ve taşıdıkları maksimum yüklerde olan yüzdesel farkların grafiği verilmiştir.



Şekil 6.19. Denge altı ve denge üstü olma durumuna göre yüzdesel farkların grafiği

Etriyeleeri 90 derece kanca açısına sahip olan katkısız numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının süneklik katsayıları, denge üstü donatılı olarak oluşturulanlara göre %9,88 oranında artarken, etriyeleeri 135 derece kanca açısına sahip olanlar %5,71 oranında artmıştır. Bununla birlikte etriye kanca açıları 90

derece olan katkısız numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının taşıdıkları maksimum yükler, denge üstü donatılı olarak oluşturulan numunelere göre %15,33 oranında azalış gösterirken, etriye kanca açısı 135 derece olanlar %15,48 oranında azalış göstermiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan %20 demir talaşı katkılı numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının süneklik katsayıları, denge üstü donatılı olarak oluşturulanlara göre %10,70 oranında artarken, etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olanlar %11,72 oranında artmıştır. Bununla birlikte etriye kanca açıları 90 derece olan %20 demir talaşı katkılı numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının taşıdıkları maksimum yükler, denge üstü donatılı olarak oluşturulan numunelere göre %10,76 oranında azalış gösterirken, etriye kanca açısı 135 derece olanlar %4,87 oranında azalış göstermiştir.

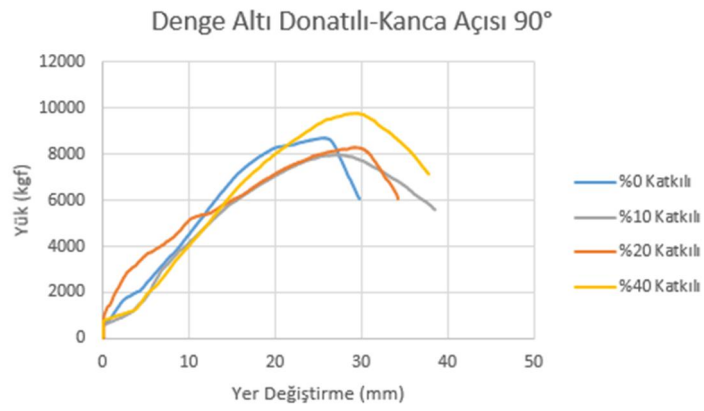
Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan %10 demir talaşı katkılı numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının süneklik katsayıları, denge üstü donatılı olarak oluşturulanlara göre %18,19 oranında artarken, etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olanlar %19,62 oranında artmıştır. Bununla birlikte etriye kanca açıları 90 derece olan %10 demir talaşı katkılı numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının taşıdıkları maksimum yükler, denge üstü donatılı olarak oluşturulan numunelere göre %10,01 oranında azalış gösterirken, etriye kanca açısı 135 derece olanlar %2,20 oranında azalış göstermiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan %40 demir talaşı katkılı numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının süneklik katsayıları, denge üstü donatılı olarak oluşturulanlara göre %11,21 oranında artarken, etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olanlar %6,49 oranında artmıştır. Bununla birlikte etriye kanca açıları 90 derece olan %40 demir talaşı katkılı numunelerin denge altı donatılı olarak oluşturulanlarının taşıdıkları maksimum yükler, denge üstü donatılı olarak oluşturulan numunelere göre %12,81 oranında azalış gösterirken, etriye kanca açısı 135 derece olanlar %15,99 oranında azalış göstermiştir.

### 6.5. Demir Talaşı Katkı Yüzdesine Göre Karşılaştırma

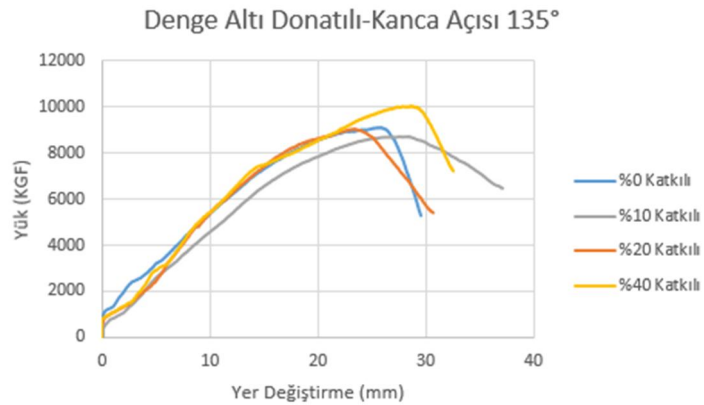
Deney numuneleri %10, %20 ve %40 demir talaşı katkısı oranlarına sahip olmaları ile birbirlerinden ayrılırlar.

Şekil 6.20.'de denge altı donatılı olarak tasarlanmış ve kanca açıları 90 derece olan farklı katkı oranlarında demir talaşı katkı malzemesi içeren numunelerin Yük-Yer Değiştirme grafikleri aynı grafik içerisinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



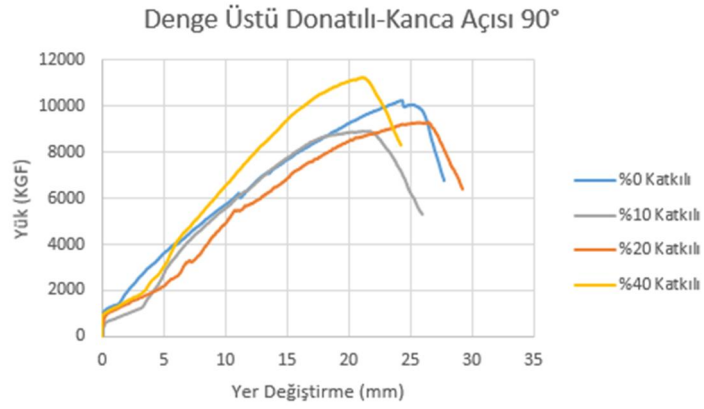
Şekil 6.20. A-10-a-1-w, A-10-a-3-y, A-10-a-3-x ve A-10-a-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.21.'de denge altı donatılı olarak tasarlanmış ve kanca açıları 135 derece olan farklı katkı oranlarında demir talaşı katkı malzemesi içeren numunelerin Yük-Yer Değiştirme grafikleri aynı grafik içerisinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



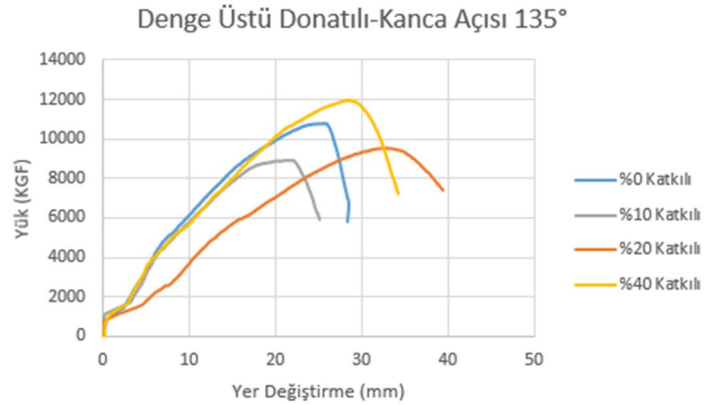
Şekil 6.21. A-10-b-1-w, A-10-b-3-y, A-10-b-3-x ve A-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.22.'de denge üstü donatılı olarak tasarlanmış ve kanca açıları 90 derece olan farklı katkı oranlarında demir talaşı katkı malzemesi içeren numunelerin Yük-Yer Değiştirme grafikleri aynı grafik içerisinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 6.22. B-10-a-1-w, B-10-a-3-y, B-10-a-3-x ve B-10-a-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Şekil 6.23.'te denge üstü donatılı olarak tasarlanmış ve kanca açıları 135 derece olan farklı katkı oranlarında demir talaşı katkı malzemesi içeren numunelerin Yük-Yer Değiştirme grafikleri aynı grafik içerisinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 6.23. B-10-b-1-w, B-10-b-3-y, B-10-b-3-x ve B-10-b-3-z numunelerinin karşılaştırma grafiği

Konsol kiriş numunelerinin katkı maddelerine göre karşılaştırılmasına göre %10 ve %20 demir talaşı katkısı içeren numuneler referans numuneye oranla daha sünek davranmışlardır. Fakat %40 demir talaşı katkısı içeren numuneler referans numuneye

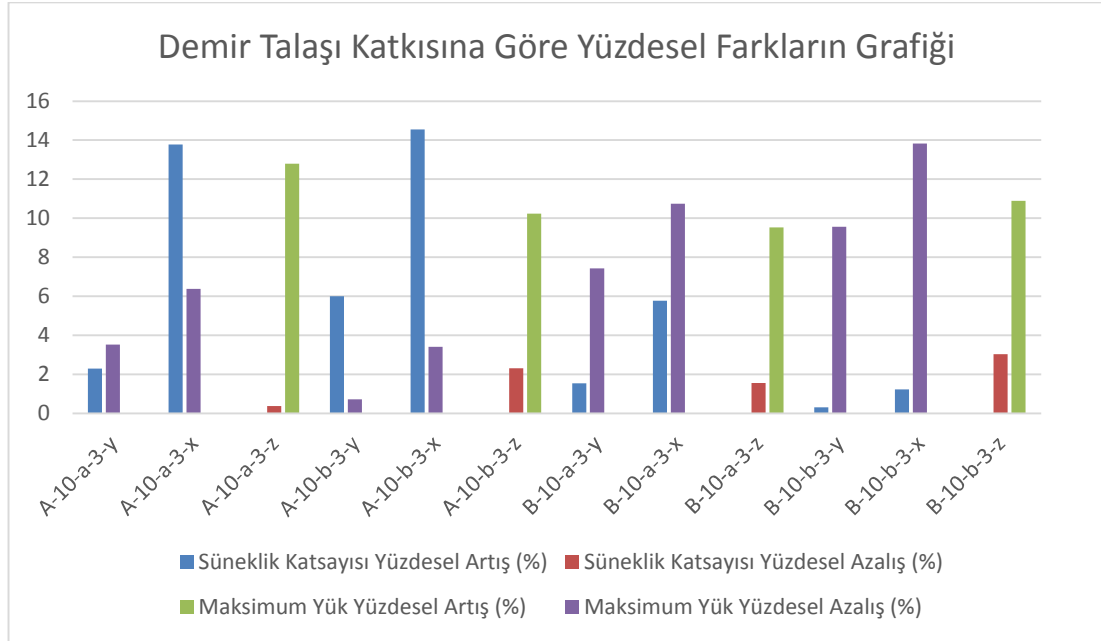
göre gevrek bir davranış sergilemiştir. Bununla birlikte %40 demir talaşı katkısı içeren numunelerin taşıdıkları maksimum yükler referans numuneye göre artış gösterirken %10 ve %20 demir talaşı katkılı numunelerin taşıdıkları maksimum yükler azalış göstermiştir.

Tablo 6.5'te katkı maddesinin yüzdesine göre numunelerin süneklik katsayıları ve maksimum taşıma yükleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca Tablo 6.5.'te demir talaşı katkılı numunelerin, katkısız numunelere göre süneklik değerlerindeki ve taşıdıkları maksimum yüklerdeki yüzdesel artışlar verilmiştir. Tablo 6.5'te ( $\mu$ ) süneklik katsayısını, ( $u_{max}$ ) maksimum ötelenmeyi, ( $u_y$ ) akma anındaki ötelenmeyi ve ( $P_{max}$ ) ise numunenin taşıdığı maksimum kuvveti göstermektedir.

Tablo 6.5. Demir talaşı katkı yüzdesi karşılaştırma tablosu

Numune İsmi	$u_y$ (mm)	$u_{max}$ (mm)	$\mu$	Yüzdesel Artış (%)	$P_{max}$ (kgf)	Yüzdesel Artış (%)
A-10-a-1-w	19,27	28,02012	1,45408	-	8695,798	-
A-10-a-3-y	21,82	32,45703	1,48749	2,297673	8312,97	-4,40244
A-10-a-3-x	21,01	34,7589	1,654398	13,77627	8001,64	-7,98268
A-10-a-3-z	24,18	35,03102	1,44876	-0,36587	9808,322	12,79381
A-10-b-1-w	18,55	27,83594	1,50059	-	9125,288	-
A-10-b-3-y	18,09	28,77468	1,59064	6,000973	9043,436	-0,89698
A-10-b-3-x	19,97	34,32364	1,71876	14,53895	8736,075	-4,26521
A-10-b-3-z	21,2	31,07644	1,46587	-2,31376	10058,64	10,22823
B-10-a-1-w	20,17	26,69257	1,32338	-	10270,64	-
B-10-a-3-y	20,39	27,39743	1,34367	1,533195	9315,738	-9,2974
B-10-a-3-x	16,92	23,68394	1,39976	5,771585	8891,557	-13,4274
B-10-a-3-z	17,96	23,39613	1,30268	-1,56418	11248,71	9,523012
B-10-b-1-w	19,21	27,2684	1,41949	-	10796,53	-
B-10-b-3-y	26,73	38,0571	1,42376	0,300812	9506,716	-11,9465
B-10-b-3-x	16,47	23,66558	1,43689	1,225792	8932,407	-17,2659
B-10-b-3-z	23,31	32,08715	1,37654	-3,02573	11972,46	10,89174

Şekil 6.24.'te diğer tüm özellikleri aynı olmasına rağmen demir talaşı katkılı olan numunelerin, demir talaşı katkısız olan numunelere göre süneklik katsayılarında ve taşıdıkları maksimum yüklerde olan yüzdesel farkların grafiği verilmiştir.



Şekil 6.24. Demir talaşı katkısına göre yüzdesel farkların grafiği

Denge altı donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %20 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların süneklik katsayıları, katkısız olanlara göre %2,29 oranında artarken, bu artış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %6,00 olarak gözlemlenmiştir. Bununla birlikte denge altı donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %20 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların taşıdıkları maksimum yükler, katkısız olanlara göre %4,40 oranında azalırken, bu azalış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %0,90 olarak gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %20 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların süneklik katsayıları, katkısız olanlara göre %1,53 oranında artarken, bu artış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %0,30 olarak gözlemlenmiştir. Bununla birlikte denge üstü donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %20 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların taşıdıkları maksimum yükler, katkısız olanlara göre %9,30 oranında azalırken, bu azalış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %11,95 olarak gözlenmiştir.

Denge altı donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %10 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların süneklik katsayıları, katkısız olanlara göre %13,78 oranında artarken, bu artış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %14,54 olarak gözlemlenmiştir. Bununla birlikte denge altı donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %10 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların taşıdıkları maksimum yükler, katkısız olanlara göre %7,98 oranında azalırken, bu azalış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %4,27 olarak gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %10 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların süneklik katsayıları, katkısız olanlara göre %5,77 oranında artarken, bu artış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %1,23 olarak gözlemlenmiştir. Bununla birlikte denge üstü donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %10 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların taşıdıkları maksimum yükler, katkısız olanlara göre %13,43 oranında azalırken, bu azalış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %17,27 olarak gözlenmiştir.

Denge altı donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %40 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların süneklik katsayıları, katkısız olanlara göre %0,37 oranında azalırken, bu azalış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %2,31 olarak gözlemlenmiştir. Bununla birlikte denge altı donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %40 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların taşıdıkları maksimum yükler, katkısız olanlara göre %12,79 oranında artarken, bu artış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %10,23 olarak gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %40 oranında demir talaşı katkı maddesine sahip olanların süneklik katsayıları, katkısız olanlara göre %1,56 oranında azalırken, bu azalış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %3,03 olarak gözlemlenmiştir. Bununla birlikte denge üstü donatılı ve etriye kanca açısı 90 derece olan numunelerden %40 oranında demir talaşı katkı

maddesine sahip olanların taşıdıkları maksimum yükler, katkısız olanlara göre %9,52 oranında artarken, bu artış oranı etriye kanca açılarının 135 derece olması halinde %10,89 olarak gözlenmiştir.



## BÖLÜM 7. SONUÇ

Yapılan tez çalışması kapsamında yapılarda sıkça kullanılan konsol kirişler çeşitli özellikleri değiştirilerek üretilmişlerdir. Üretilen konsol kirişler denge altı ve denge üstü donatılı olarak üretilmiş ve bu durumun konsol kirişin davranışına etkisi araştırılmıştır. Ayrıca üretilen konsol kirişlerin etriye kanca açıları 90 derece ve 135 derece olarak değiştirilerek farklılaştırılmış ve bu farklılığın konsol kirişin davranışına etkileri incelenmiştir. Bununla birlikte konsol kirişin üretiminde kullanılan agrega yerine %10, %20 ve %40 oranlarında demir talaşı katkı maddesi katılmış ve bu katkı maddesi yüzdelerinin konsol kirişin davranışına etkilerinin nasıl olduğu deneysel veriler sonucunda tartışılmıştır.

Tez kapsamında üretilen tüm numuneler deney düzeneğinde kırılarak konsol kirişlerin davranışı hakkında bize bilgi verecek olan Yük-Yer Değiştirme grafikleri elde edilmiştir. Bu grafikler birbirleriyle karşılaştırılarak konsol kirişlerin içeriğinde bulunan farklılıkların konsol kirişin davranışına etkileri incelenmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda denge altı donatılı olarak üretilmiş betonarme konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak üretilmiş betonarme konsol kirişlere göre daha sünek davranış sergilediği görülmüştür. Denge üstü donatılı olarak üretilen betonarme konsol kirişlerin taşıdıkları maksimum yükler denge altı donatılı olarak üretilmiş betonarme konsol kirişlere göre daha fazla olsa da gevrek kırılmaya sebebiyet vermişlerdir. Yönetmelikler denge üstü tasarıma izin vermemektedir. Deneysel sonuçlar ve yönetmelik şartlarıncı konsol kirişler denge altı donatılı olarak üretilmelidir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan katkısız konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde

süneklik katsayılarının %9,88 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %15,33 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan katkısız konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %5,71 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %15,48 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan %20 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %10,70 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %10,76 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan %20 demir talaşı konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %11,72 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %4,87 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan %10 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %18,19 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %10,01 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan %10 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %19,62 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %2,20 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan %40 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %11,21 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %12,81 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan %40 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, denge üstü donatılı olarak oluşturulmayıp, denge altı donatılı olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %6,49 oranında arttığı, taşıdıkları maksimum yüklerin ise %15,99 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Deneysel verilere göre 135 derece etriye kanca açısına sahip konsol kirişler, 90 derece kanca açısına sahip konsol kirişlere göre daha sünek davranmışlardır. Betonarme konsol kirişlerin etriye kanca açılarının 90 derece değil 135 derece olması süneklik değerlerinin yanında taşıdıkları maksimum yük değerlerini de arttırmış ve her yönüyle olumlu sonuçlar vermiştir.

Denge altı donatılı olan katkısız konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %3,20 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %4,94 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı olan katkısız konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %7,26 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %5,12 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge altı donatılı olan %20 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %6,93 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %8,79 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı olan %20 demir talaşı katkılı konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %5,96 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %2,05 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge altı donatılı olan %10 demir talaşı katkıli konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %3,89 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %9,18 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı olan %10 demir talaşı katkıli konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %2,65 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %0,46 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge altı donatılı olan %40 demir talaşı katkıli konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %1,18 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %2,55 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Denge üstü donatılı olan %40 demir talaşı katkıli konsol kirişlerin, etriye kanca açılarının 90 derece olarak oluşturulmayıp, 135 derece olarak oluşturulmaları halinde süneklik katsayılarının %5,67 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %6,43 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Tez kapsamında yapılan deneysel çalışmalara göre içerisinde %40 demir talaşı katkı maddesi bulunan betonarme konsol kirişler en gevrek davranışı sergilemişlerdir. Demir talaşı katkı maddesinin %10 olduğu konsol kirişler süneklik katsayısı en yüksek kirişler olmuşlardır. Bununla birlikte %40 katkı maddesine sahip betonarme konsol kirişlerin taşıdıkları maksimum yükler diğer numunelere göre en yüksek değere sahipken, içerisinde %10 demir talaşı katkı maddesi bulunan numunelerin taşıdıkları maksimum yükler diğer numunelere göre en düşük değere sahiptir. %20 demir talaşı katkı maddesi içeren betonarme konsol kirişler, demir talaşı katkı maddesi içermeyen referans konsol kirişlere göre dayanımında küçük azalmalar yaşamış olsa da süneklik değerlerini arttırmışlardır.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan denge altı donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %20 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %2,29 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %4,40 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan denge altı donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %10 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %13,78 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %7,98 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan denge altı donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %40 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %0,37 oranında azaldığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %12,79 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan denge altı donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %20 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %6,00 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %0,90 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan denge altı donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %10 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %14,54 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %4,27 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan denge altı donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %40 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %2,31 oranında azaldığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %10,23 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan denge üstü donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %20 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde

süneklik katsayılarının %1,53 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %9,30 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan denge üstü donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %10 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %5,77 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %13,43 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 90 derece kanca açısına sahip olan denge üstü donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %40 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %1,56 oranında azaldığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %9,52 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan denge üstü donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %20 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %0,30 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %11,95 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan denge üstü donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %10 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %1,23 oranında arttığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %17,27 oranında azaldığı gözlemlenmiştir.

Etriyeleri 135 derece kanca açısına sahip olan denge üstü donatılı konsol kirişlerin, katkısız olarak üretilmeyip, %40 demir talaşı katkılı olarak üretilmeleri halinde süneklik katsayılarının %3,03 oranında azaldığı, taşıdıkların maksimum yüklerin ise %10,89 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, İnşaat Teknolojisi, Sürekli-Konsol ve Ters Kiriş Donatıları, Ankara, 2013.
- [2] Aykaç, S., Aykaç, B., Ekinci, Y., BA Yapılarda Konsol Kirişlere Aktarılan İlave Yükler, İMO Teknik Dergi, 2011, 5449-5462, Yazı351.
- [3] Binici, H., Sevinç, A.H., Geçkil, H., Atık Demir Tozu Katkılı Harç ve Betonların Durabilite Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(1), 1-16 ss., Haziran 2015.
- [4] Çakıroğlu, M.A., Kasap, S., Keskin, N., Betona Atık Teneke Ambalajlarının İlave Edilmesinin Basınç Dayanımına Etkisinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16 -18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [5] Binici, H., Sevinç, A.H., Durgun, M.Y., Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 2010.
- [6] Bölükbaş, Y., Cam Elyaf Katkılı Beton Numunelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [7] Taş, H.H., Çoban, Ö., Topbaşı, B., Endüstriyel Demir Talaşı Atığının Betonun Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi, SDU International Technologic Science Vol. 5, No 1, June 2013, pp. 1-11.
- [8] Kara, C., Bekem, İ., Endüstriyel Atıkların Beton Dayanımına Etkisi Üzerine Bir Çalışma: Çay Fabrikası Kömür Külü Örneği, Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research, ISSN: 2146-8168, Cilt/Volume: 7, Sayı/Number: 2, Yıl/Year: 2018, Sayı/Pages: 75-85.
- [9] Yıldırım, K., Sümer, M., Subaşı, S., Hafif Beton Üretiminde Granüle Edilmiş Fındık Kabuğunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 5, No: 2, 2018, (501-511).
- [10] Aryan, A., Polipropilen Lif Takviyeli Betonarme Kirişlerin Deneysel ve Analitik Olarak Araştırılması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2014.

- [11] Ustabaş, İ., Sülfat Etkisine Maruz Mineral Katkılı Beton ve Harçların Performansının İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2008.
- [12] Türkel, E.B., Betonda Basınç Dayanımı İle Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [13] Yön, B., Yapıların Statik ve Dinamik Yükler Etkisindeki Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2014.
- [14] Celep, Z., Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsal Kabulü ve Çözümleme, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- [15] Zorlu, M., Çelik Yapılarda Moment Çerçevesinin Süneklik Düzeyini Belirleyen Tasarım Kurallarının Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [16] TS500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [17] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Çelik Yapılar Sunum-7, Eğilme Etkisindeki Elemanlar, 2019.
- [18] Dündar, C., Tokgöz, S., Tanrıku, A.K., Örnek Problemlerle Betonarme, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, 2006.
- [19] Hüsem, M., Betonarme, Basit Eğilme Etkisindeki Elemanlar, Erişim Tarihi: 14.12.2020
- [20] Park, R., Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing. Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Kyoto, 8, 605-616, 1988.



# EKLER

## EK 1: Çekme Deneyi Sonuçları



BST BAYRAKTAR SONDAJ TEKNOLOJİLERİ MÜH. VE LABORATUVAR HİZ. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ

Bağlar Mahallesi Yıldıztepe Caddesi No:30 ERENLER/SAKARYA

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK  
BAKANLIĞI

### BETON ÇELİK ÇUBUK DENEY RAPORU

YAPI BİLGİLERİ		DENEY TARİHİ	
DENEYİ İSTEYEN FİRMA	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	DENEY TARİHİ	24.12.2020
MÜTEAHHİT FİRMA		RAPOR TARİHİ	24.12.2020
YAPI SAHİBİ / PROJE ADI	İNŞAAT BÖLÜMÜ ÇELİK ÇUBUK DENEYİ	RAPOR NO	--
YAPININ ADRESİ		LAB NO	--
İLGİLİ DAİRE		YİBF NO	--
PAFTA / ADA / PARSEL		BRN NO	--
		ALINIŞ TARİHİ	--

Kullanıldığı Yer	Temin Yeri	İhzarat Miktarı (Ton)	Sınıfı	Tipi						
	ŞANTIYE		S 420	NERVÜRLÜ						
Anma Çapı (mm)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Adedi	3	--	3	--	3	--	--	--	--	--

DENEY SONU BULUNAN DEĞERLER								STANDARTTA İSTENİLEN DEĞERLER						
Nu. No	Anma Çapı (mm)	Akma Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme / Akma Oranı	Re,act / Re,nor	Kopma Uzaması %	Kütle (Kg/m <sup>3</sup> )	Akma (N/m <sup>2</sup> ) Min.	Çekme (N/m <sup>2</sup> ) Min.	Çekme / Akma Oranı Min.	Re,act / Re,nor Max.	Kopma Uzaması (%) Min.	Anma Kütle (Kg/m)	
													Min.	Max.
1	8	478,68	601,11	1,26	1,14	41,37	0,400	420	500	1,15	1,30	10,00	0,371	0,418
2	8	427,95	581,21	1,36	1,02	49,32	0,400							
3	8	454,55	559,32	1,23	1,08	43,10	0,400							
4	12	448,51	623,67	1,39	1,07	26,55	0,890	420	500	1,15	1,30	10,00	0,848	0,927
5	12	452,13	595,36	1,32	1,08	36,65	0,890							
6	12	433,47	593,60	1,37	1,03	34,95	0,890							
7	16	454,55	519,51	1,14	1,08	23,31	1,580	420	500	1,15	1,30	10,00	1,508	1,651
8	16	447,30	532,44	1,19	1,07	38,55	1,580							
9	16	447,30	563,30	1,26	1,07	32,10	1,580							

#### NOTLAR

1. Beton Çelik Çubuk Deney Raporu 1 sayfadır, kısmen çoğaltılamaz.
2. İhzarat miktarı ve kullanıldığı yer firma beyanıdır.
3. laboratuvarımız tarafından alınmayan numunelerin temsil olmasından laboratuvarımız sorumlu değildir.
4. Bu sonuçlar sadece deney yapılan numuneler için geçerlidir.
5. Laboratuvarımız Çevre ve şehircilik Bakanlığı'nın 06/09/2013 tarih ve 444 sayılı "Laboratuvar İzin Belgesi"ne sahiptir.
6. Kullanılan Standartlar, TS 708, TS EN ISO 15630-1, TS EN 6892-1
7. EK : 1 Sayfa bilgisayar çıktısı

DENEYİ YAPAN

ONAYLAYAN

Turan...  
İnşaat Teknisyeni  
Dip: 15562

Selçuk YARAL  
Laboratuvar Sorumlusu  
Sicil No: 15562

Firma Adı  
Bölüm Adı  
Laboratuvar Adı



**NUMUNE BİLGİLERİ**

Deneyi İsteyen  
Lab. No  
Santya  
Yapı Adres

SAFARYA (UNİVERSİTE TEST

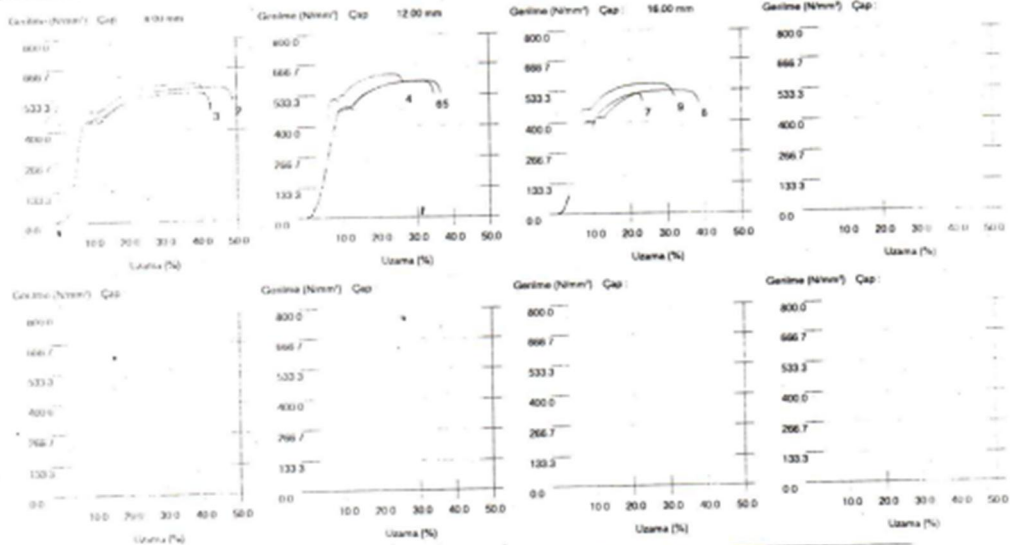
Numune Tanımı  
Malzeme Cinsi  
Pafta Adı Parsel  
Rapor No

Test standardı  
Test tarihi  
Rapor no  
Rapor tarihi  
Yükleme hızı

**DEĞERLERİNİN**

No	Sınıf	Num. u. Çap	DENEY SONUCU BULUNAN DEĞERLER										STANDART SINIR DEĞERLERİ												
			Anma		Genişlik		Kalınlık		Kesit Alanı	Kütlesi	İk. Boy	Sarı Boy	Kıvrım Uzunluğu	Alma Değeri	Çekme Değeri	Çekme / Alma	D. Alma	Max. Yık. Uzunluğu	Alma Min.	Çekme Min.	Kıvrım Uzunluğu	Anma Kütleleri	Çekme / Alma	D. Alma	Max. Yık. Uzunluğu
			mm	mm	mm	mm	mm	mm																	
1	0470	8.01	8.10	0.00	0.00	50.74	0.400	40.00	56.55	41.37	478.68	901.11	1.26	1.14	25.25	420.00	500.00	10.00	0.371	0.418	1.150	1.300	0.000		
2	0470	8.01	8.10	0.00	0.00	50.74	0.400	40.00	59.73	49.30	427.95	581.21	1.36	1.02	26.82	420.00	500.00	10.00	0.371	0.418	1.150	1.300	0.000		
3	0470	8.01	8.10	0.00	0.00	50.74	0.400	40.00	57.74	43.10	454.56	559.32	1.23	1.08	25.16	420.00	500.00	10.00	0.371	0.418	1.150	1.300	0.000		
4	0470	12.00	12.00	0.00	0.00	113.04	0.890	60.00	73.93	26.55	443.51	623.61	1.39	1.07	17.62	420.00	500.00	10.00	0.848	0.927	1.150	1.300	0.000		
5	0470	12.00	12.00	0.00	0.00	113.04	0.890	60.00	81.98	36.65	452.12	585.36	1.32	1.08	23.37	420.00	500.00	10.00	0.848	0.927	1.150	1.300	0.000		
6	0470	12.00	12.00	0.00	0.00	113.04	0.890	60.00	80.97	34.95	433.47	580.02	1.37	1.03	23.06	420.00	500.00	10.00	0.848	0.927	1.150	1.300	0.000		
7	0470	16.01	16.00	0.00	0.00	200.96	1.540	80.00	98.65	23.31	454.50	519.51	1.14	1.08	17.87	420.00	500.00	10.00	1.508	1.651	1.150	1.300	0.000		
8	0470	16.01	16.00	0.00	0.00	200.96	1.540	80.00	110.84	38.55	467.30	532.44	1.19	1.07	20.77	420.00	500.00	10.00	1.508	1.651	1.150	1.300	0.000		
9	0470	16.01	16.00	0.00	0.00	200.96	1.540	80.00	105.68	32.10	467.30	563.30	1.26	1.07	19.95	420.00	500.00	10.00	1.508	1.651	1.150	1.300	0.000		

**GRAFIKLERİ**



Deneyi 01 DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020) DEMİR ÇEKME (2020)

- 1) Deney raporu sadece deneyi yapılan numuneler için geçerlidir.
- 2) Deney raporu firmamızın izni olmadan çoğaltılamaz ve kullanılamaz.
- 3) % uzama değerleri

Deneyleri Yapan  
Deneyleri Yapan  
Tunahan YILMAZ  
Saha Teknisyeni  
Dip: 15504

Kontrol Eden  
Kontrol Eden

Onay

## ÖZGEÇMİŞ

Ömer Fatih Sancak 1996 yılında İstanbul Fatih’te doğdu. İlköğretimini 2010 yılında Kâğıthane Atatürk İlk Öğretim Okulunda tamamladı. Aynı yıl Nişantaşı Nuri Akın Anadolu Lisesine kaydoldu. 2014 yılında lise öğrenimini tamamlayıp Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde okumaya hak kazandı. 2018 yılında inşaat mühendisi olarak mezun oldu. 2019 yılının şubat ayında İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans eğitimine katıldı ve 2019 yılının temmuz ayında mezun oldu. 2019 yılının eylül ayında Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü İşletme Tezsiz Yüksek Lisans eğitimine başladı ve 2020 yılının temmuz ayında mezun oldu. 2019 yılının şubat ayında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programına başlayan Ömer Fatih Sancak, yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.