

T.C.  
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**POLİ-PROPİLEN ELYAF KATKILI BETONARME  
DÖŞEMELERDE GELİŞTİRİLEN DENEYSEL TASARIM  
MODELİ İLE ADERANS BOYUNUN BELİRLENMESİ**

**Kürşad YALÇINER**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Atila KUMBASAROĞLU**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**ERZİNCAN  
2020**

**Her Hakkı Saklıdır.**

## **Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası**

“Poli-propilen Elyaf Katkılı Betonarme Döşemelerde Geliştirilen Deneysel Tasarım Modeli İle Aderans Boyunun Belirlenmesi” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 20/11/2020



**Kürşad YALÇINER**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

# POLİ-PROPİLEN ELYAF KATKILI BETONARME DÖŞEMELERDE GELİŞTİRİLEN DENEYSEL TASARIM MODELİ İLE ADERANS BOYUNUN BELİRLENMESİ

Kürşad YALÇINER

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Atila KUMBASAROĞLU

Sünek davranış, yapıların sahip olması gereken en önemli deprem göstergelerinden birisidir. Betonun sınırlı çekme mukavemeti nedeniyle, üç boyutlu bir donatı olarak yapısal nano sentetik elyaflar gibi alternatif malzemeler birkaç on yıldan beri zaten artan bir popülerlik kazanmıştır. Ancak, donatı çubuklarının aderans boyuna plastik liflerin katkısı araştırılmamıştır. Nano sentetik elyaflı donatı çubuklarının aderans boyları üzerine plastik liflerin etkilerini araştırmak için deneysel bir çalışma yapılmıştır.

Farklı doğrultuda gömme boylarına sahip % 0.0, 1.0 ve 1.5 olmak üzere üç farklı hacim oranında otuz üç adet beton döşeme, dört noktadan eksenel eğilme testleri uygulanarak incelenmiştir. Beton döşemelerde kullanılan üç farklı plastik lif miktarında donatı çubuklarının farklı gömme boyları için yük deplasman eğrileri, enerji yutma kapasiteleri, süneklik oranları ve aderans-donatı kayması ilişkileri elde edilmiştir. Test sonuçları, plastik liflerin yapısal davranış üzerindeki baskın etkilerinin plastik deformasyonda enerji yutma kapasiteleri olduğunu ortaya koymuştur. Plastik lifli donatı çubuklarıyla daha fazla deformasyona direnç gösterilmesinin, betonarme döşemelerin aderans boyunun azalmasıyla sünek davranış sergilediği bulunmuştur.

**2020, 73 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Beton, döşeme, fiber, aderans boyu

## ABSTRACT

Master Thesis

### **DETERMINATION OF ADHERENCE LENGTH OF REINFORCED CONCRETE SLABS WITH POLYPROPYLENE FIBER WITH THE DEVELOPED EXPERIMENTAL DESIGN MODEL**

Kürşad YALÇINER

Erzincan Binali Yıldırım University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Atila KUMBASAROĞLU

Ductile behavior is one of the most important earthquake indicators that have to be possessed by structures. Because of the limited tensile strength of concrete alternative materials such as structural nano synthetic fibers as a three-dimensional reinforcement have already gained increasing popularity since a few decades. However, the contribution of fibers on development length of reinforcement bars has not been investigated. An experimental study was conducted to investigate the effects of fibers on development lengths of reinforcement bars with fibers.

Thirty-three concrete slabs at three different volume fractions of fibers as 0.0, 1.0 and %1.5 with different orientations of embedment lengths was studied under the four points of flexural strength tests. Load-displacement curves, energy absorption capacities, ductility ratios and bond-slip relationships were obtained for different embedment lengths of reinforcement bars at three different amounts of fibers used in concrete slabs. Test results revealed that predominant effects of fibers on structural behavior were energy absorption capacities at plastic deformation. It was found that resisted more strains by reinforcement bars with fibers exhibited ductile behavior by reduced development length of reinforced concrete slabs.

**2020, 73 Pages**

**Keywords:** Concrete, slab, fiber, development length



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyen başta çok değerli bilim insanı danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Atila KUMBASAROĞLU'na Doç.Dr. Hakan YALÇINER'e, kıymetli meslektaşlarım Arş. Gör. Ahmet İhsan TURAN'a, Arş. Gör. Alper ÇELİK'e, Umytjan YANGIBAYEV'e ve Rameen KOHISTANI'ye sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte maddi ve manevi olarak desteklerini üzerimden bir an olsun esirgemeyen sevgili aileme şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışması Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2020-658 proje numarası ile destekleniştir.

Kürşad YALÇINER

Aralık, 2020

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR .....	vii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. KURAMSAL TEMELLER.....</b>	<b>10</b>
3.1. Aderans Boyu.....	10
<b>4. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>12</b>
4.1. Betonarme Numunelerinin Sınıflandırılması.....	12
4.2. Malzeme Özellikleri.....	13
4.3. Kesit Özellikleri .....	15
4.4. Kalıp, Demir ve Beton işleri .....	17
4.5. Deney Düzeneği ve Ölçümler.....	19
<b>5. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>25</b>
5.1. URCS ve RCS Grupların da Yer Alan Döşemelere Ait Yük-Yer değiştirme Sonuçları.....	25
5.2. RCSD Grupların da Yer Alan Döşemelere Ait Yük-Yer değiştirme Sonuçları.....	32
5.3. Aderans-Donatı Sıyırılma Sonuçları.....	53
5.4. Deneysel Olarak Elde Edilen Gerçek Aderans Boyları .....	56
<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>58</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>60</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>62</b>
EK-1. Deneysel Numunelere ait Donatı Planları .....	63
EK-2. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar .....	73
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>74</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Fiber katkılı etriyesiz betonarme kirişlerinde aderans boyu (Yalciner, Kumbasaroglu ve Ergun, 2018). .....	8
Şekil 4. 1. Donatı gerinim-gerilim eğrisi. ....	14
Şekil 4. 2. Tez çalışması kapsamında kullanılan plastik fiberler. ....	15
Şekil 4. 3. RCS betonarme döşemelerine ait kesit özellikleri ve donatı düzeni.....	15
Şekil 4. 4. RCSD grubunda yer alan betonarme döşemeleri için aderans boyunun kısaltılması. ....	16
Şekil 4. 5. Kalıp işleri.....	18
Şekil 4. 5. Demir işleri: (a) aderans boyları için hazır hale getirilen donatılar; (b) betonarme donatıların kalıplara yerleştirilmesi.....	18
Şekil 4. 7. Beton döküm işleri: (a) plastik liflerin beton mikserine katılması; (b) beton dökümü.....	19
Şekil 4. 8. Deneyler için hazır hale getirilen betonarme döşemeleri. ....	19
Şekil 4. 9. Yükleme düzeneği: (a) deney düzeneği; (b) şematik gösterimi.....	21
Şekil 4. 10. Betonarme donatılarına yapıştırılan gerinim pulları. ....	22
Şekil 4. 11. Ön deneme deneyleri için beton döküm işleri .....	23
Şekil 4. 12. Ön deneme yükleme deneyleri.....	24
Şekil 5. 1. URCS grubun yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri.....	25
Şekil 5. 2. RCS grubun yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri. ....	27
Şekil 5. 3. URCS grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri. ....	29
Şekil 5. 4. RCS grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri. ....	31
Şekil 5. 5. RCSD gruplarında yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri: (a) Grup C; (b) Grup D; (c) Grup E; (d) Grup F; (e) Grup G; (f) Grup H; (g) Grup I; (h) Grup J; (i) Grup K. ....	36
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri. ....	52
Şekil 5. 7. RCS ve RCSD betonarme döşemelerine ait yük-aderans eğrileri. ....	54
Şekil 5. 8. RCS ve RCSD betonarme döşemelerine ait aderans-sıyrılma değerleri.....	55
Şekil 5. 9. RCS ve RCSD betonarme donatılarındaki gerinim dağılımı.....	56
Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları .....	63

## TABLULAR LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 4. 1. Beton basınç ve çekme dayanımları .....	13
Tablo 4. 2. Donatı mekanik özellikleri.....	14
Tablo 4. 3. RCSD betonarme döşemeleri için aderans boyu. ....	17
Tablo 5. 1. URCS ve RCS gruplarında yer alan döşemelere ait deneysel sonuçlar.....	26
Tablo 5. 2. RCSD grubunda yer alan betonarme döşemelere ait deneysel sonuçlar. ....	37



## SİMGELER ve KISALTMALAR

### Simgeler

$\%$	Yüzde
$f_y$	Donatı Akma Dayanımı
$\psi_t$	Aderans Boyunu Modifiye Etmek İçin Donatı Lokasyon Faktörü
$\psi_e$	Aderans Boyunu Modifiye Etmek İçin Donatı Kaplama Faktörü
$\tau$	Hafif Betonun Normal Betona Modifiye Faktörü
$u_b$	Aderans Gerilmesi
$f_s$	Betonarme Donatısında Meydana Gelen Gerilme
$d_b$	Donatı Çapı
$l_d$	Aderans Boyu
$f'_c$	Beton Basınç Dayanımı
$V_f$	Hacimsel Katkı Oranı

### Kısaltmalar

ACI	Amerikan Beton Enstitüsü
ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TS-EN	Türk Standartlar Avrupa Normu

## 1. GİRİŞ

Beton, en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden birisidir. Diğer yapı malzemelerine göre betonun, istenilen şekli verebilme açısından esneklik ve değişen servis yüklerine göre artabilen dayanım, durabilite, üretim kolaylığı ve ekonomi gibi birçok avantajı vardır. Bununla birlikte, ağırlığı, düşük çekme mukavemeti ve gevrek davranışı gibi dezavantajları da vardır; betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının neredeyse onda biridir. Sonuç olarak betonun; genel olarak yapısal elemanlarda karşılaşılan çekme yüklerine ve darbe yüklerine dayanmadığı gerekçelerine bağlı olarak ve süneklik ve çekme mukavemeti eksikliğini telafi etmek için çelik donatı çubukları ile güçlendirilir.

Donatı çubuklarının yanı sıra betona eklenen nano-sentetik lifler de çatlak oluşumunu azaltır, betonun çekme dayanımını artırır ve bir miktar ilave esneklik kazandırır. Nano-sentetik lifler genellikle süreksizdirler ve çimento matrisleri ile rasgele dağılabilme özelliğine sahiptirler, bu durum da çatlak kontrol sistemi, tokluk, darbe direnci, süneklik (özellikle çatlama sonrasında) ve çekme mukavemeti açısından gelişmiş performansa yol açabilmektedir. Betonda tipik olarak kullanılan nano-sentetik lif türleri arasında poli-propilen lifler, cam lifler ve çelik lifler bulunmaktadır.

Poli-propilen lifler (plastik fiberler), düşük maliyetleri ve yüksek alkalik dayanımları nedeniyle giderek artan bir uygulama sahası kazanmaktadır. Plastik fiberler tekil iplikler veya ayrıklı telcikler olmak üzere iki forma sahiptir. Poli-propilen bazlı nano-sentetik lifler, plastik büzülme çatlamlarını ve/veya plastik oturma çatlamlarını azaltmak amacıyla zemine mesnetli döşemelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu lifler tipik olarak 12 mm uzunluğunda ve 18 µm çapında üretilmektedir. Plastik fiberlerin, betona ilavesi 0,90 kg/m<sup>3</sup> önerilen dozajdan başlamak üzere, beton hacmi oranına göre değişen miktarlarda yapılabilmektedir ve işlenebilirlik açısından yüksek dozaj olmamak kaydıyla beton ile kolay bir karışım oluşturulabilmektedir. Geleneksel karıştırma tesisinde otomasyonla veya sahadaki harç karma makinesinde elle eklenebilmektedir. Plastik fiberler ile güçlendirilmiş beton katkılarının uygun bir şekilde tasarlanması ve uygulanması, taze beton özelliklerinin bilgisini gerektirir. Plastik fiberler, beton yüzeyinde veya yüzey yakınında, betonun hidrasyonu için tutulan suyla uyumlu bir tepkimeye girerek buharlaşmayı geciktirmek ve su-bazlı çimentoyu bir arada tutmak

şeklinde mekanik bir işlev görmektedir. Beton karışımındaki plastik fiberler 28 günlük beton basınç dayanımı üzerinde genellikle kayda değer bir etkiye sahip değildir. Benzer şekilde, betonun eğilme dayanımı üzerinde ise ya çok az etkisi vardır veya hiç etkisi yoktur. Buna karşılık yük-deplasman eğrisinin altındaki alan arttıkça yapı malzemesinin tokluğu ve/veya enerji yutma kapasitesi de daha yüksek fiber içeriğinde artmaktadır. Bu durum taşıyıcı sistemlerde ancak, çatlamanın hatta geleneksel sınıra göre aşırı kabul edilebilecek eğilme davranışının oluşmasından sonra dahi beton kesitini köprüleme özelliği sayesinde bir bütün olarak tutabilme ve beton kesitin enerji yutma kapasitesine doğrudan yardımcı olma özelliklerine sahip olan plastik fiberlerin etkisi ile açıklanabilir. Bunun yanında, beton elemanlara plastik fiberlerin eklenmesiyle yüzey aşınma direnci ve dona karşı direnç önemli ölçüde artırılabilir. Ayrıca çelik donatı çubuklarının korozyona karşı korunması ve betonun su geçirgenliğinin azaltılması, plastik fiberler kullanılarak dolaylı olarak sağlanabilmektedir. Sonuç olarak, plastik fiber katkılı betonlar, genellikle yalın betondan daha dayanıklıdır.

Donatılı beton veya betonarme, Ülkemizde olduğu gibi dünyada birçok ülkede inşaatla yaygın kullanılan bir yapısal malzemesidir. Betonarme yapı malzemesindeki donatı çubukları 1900'li yılların başından itibaren günümüze kadar geçen sürede işlenmiş olarak oldukça farklı şekillerde imal edilmiştir. Donatı çubukları 1970'lerin ortalarına kadar Ülkemizde nervürsüz (yani düz) olarak kullanılmıştır. Ancak günümüzde artık nervürsüz donatı çubukları kullanılsa da, birçok tarihi yapının bu çubuklarla güçlendirildiği bilinmektedir. Düz çubukların aderans davranışı, nervürlü çubuklardan oldukça farklıdır. Düz çubuklar, yeterli deformasyon kabiliyetine sahip olmadıkları için mekanik kenetlenme şeklinde aderans kuvvetlerini aktaramamaktadırlar. Dolayısıyla, düz çubukların aderans kapasitesinin nervürlü çubuklardan daha düşük olduğu artık tartışılmamaktadır. Düz çubuklarla üzerine yapılan araştırmalar, nervürlü çubukların inşaatla norm haline gelmesiyle sona ermiştir. Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada beton standartlarının tarihi baskılarında yer verilen nervürsüz düz çubuklar için aderans hükümleri, günümüzde yanlış sonuçlar ürettiği bilinen test numunelerinin kullanıldığı sınırlı araştırmalara dayanmaktadır. Aslında günümüzdeki modern nervürlü donatı çubukları için yayınlanmış mevcut aderans hükümleri, eğilme elemanlarındaki (kolon, kiriş elemanlar) donatı çubuğu ile donatı çubuğunu çevreleyen beton arasındaki gerçek gerilme durumunun bildirildiği test sonuçlarına dayanmaktadır. Bu nedenle, nervürlü

donatı çubukları ile yapılagelen araştırmalara göre daha önce tartışılmayan döşeme test numunelerinde özellikle aderans boyu uzunluğuna bağlı deneysel verilere dayanarak, aderans için yeni hükümlerin geliştirilmesi önemlidir.

Literatür taramasında da belirtildiği üzere; plastik fiberlerin betonarme elemanların üzerine etkisi birçok deneysel ve teorik çalışmalar ile incelenmiştir. Ancak bugüne kadar gerçekteştirilen çalışmalarda plastik fiberlerin aderans boyuna etkisini tahmin etmeye yönelik ampirik bir model geliştirilmemiştir. Gerçekteştirilen bu tez çalışması ile birlikte mevcut literatürdeki bu eksiliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması amacı şu şekilde sıralanabilir:

1. Farklı oranlarda plastik fiberlerin beton mekanik özellikleri üzerine etkisi,
2. Plastik fiberlerin betonarme kirişlerinde taşıma gücü kapasitesi üzerine etkisi;
3. Plastik fiberlerin aderans boyuna üzerine etkisi inceleyerek; plastik fiber katkılı betonarme kirişlerinin plastik fiber oranına bağlı olarak aderans boylarının tahmin edilmesine yönelik ampirik bir modelin geliştirmesini amaçlamaktadır.

Aderans boyunun teorik olarak göz önüne alınması doğrusal olmayan analizlerde birtakım varsayımların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durumda plastik fiber katkılı betonarme elemanları için yapılacak olan doğrusal olmayan analizler için gerçekte sonuçlardan uzaklaşılmasına neden olacaktır. Gerçekteştirilen bu tez çalışması ile birlikte bu problemin ortadan kalkmasına olanak sağlayan ampirik bir model geliştirilmiştir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tezin bu bölümünde plastik fiberler üzerine mevcut literatürde gerçekleştirilen çalışmalar özetlenerek; yapılan çalışmalardan elde edilen önemli yapısal davranış sonuçlarından bahsedilmiştir.

Roesler, Altoubat, Lange, Rieder ve Ulreich, (2006) donatı ve donatısız betonarme döşemelerinde sentetik plastik fiberlerin monotonik yükleme etkisi altında eğilme davranışı üzerine deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deneyleri gerçekleştirilen döşemeler 2200 x 2200 mm en-boyu sahip iken döşeme kalınlığı 127 mm'dir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada eğilme deneylerine tabi tutulan döşemeler için beton hacminin % 0.32 ve 0.48 oranında sentetik fiberler kullanılmıştır. Deney sonucunda % 0.32 ve 0.48 oranına sahip sentetik fiber katkılı betonarme döşemelerinin çatlama yüklerinin % 25 ve 32 oranında arttığı tespit edilmiştir. % 48 oranına sahip donatısız döşemelerde ise % 0.48 hacim oranında kullanılan sentetik fiberlerin eğilme çatlama yükünü % 28 oranında arttığı tespit edilmiştir. Donatısız döşemelerde kenar yükleme sonucunda göçme yükü % 0.48 hacim oranında % 32 artarken; merkezi yüklenen donatısız döşemelerin göçme yükü % 0.32 ve 0.48 oranına sahip sentetik fiber katkılı döşemelerde % 20 ve % 30 oranlarında artmıştır. Yapılan deneysel çalışmadan elde edilen yük-donatı gerilim değerleri kullanılan plastik fiberlerin yapısal davranış üzerine etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Döşemelerin farklı yerlerine yerleştirilen gerilim pullarından elde edilen gerilim değerleri; plastik fiberlerin yük etkisi altındaki döşemelerdeki yük-taşıma kapasitelerini daha geniş bir alana dağıtarak taşıma gücünün artmasına katkı sağladığı belirtilmiştir.

Pujadas, Blanco, Cavalero, Aguado, Grünwald, Blom ve Walraven, (2014) plastik fiberlerin betonarme döşemeleri üzerine etkisini deneysel ve teorik olarak çalışmışlardır. Yapılan deneysel çalışmada betonarme döşemeleri için 9 kg/m<sup>3</sup> polo olefin plastik fiber kullanılmıştır. Plastik fiberler boyut etkisini gözlemlemek için betonarme döşemeleri farklı boyutlarda deneye tabi tutulmuştur. Deneysel olarak elde edilen yük-deplasman sonuçları RILEM TC 162-TDF (2003) ve Concrete Permanent Commission (EHE) (2008) yönetmeliği ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen teorik hesaplamalar ile karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışma ve elde edilen

teorik sonuçlar eşliğinde; mevcut yönetmeliklerin ön görülen değerlerin üzerinde sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

2015 yılında Imran, Sugiri ve Pane, (2015) sentetik fiberlerin dairesel kesitli betonarme kolonlarında fiberlerin mukavemet ve süneklik üzerine etkilerini incelemiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmanın bağımlı değişkeni betonarme kolonlarında kullanılan plastik fiber oranı ve azaltılan spiral etriye aralığıdır. Eksenel yük etkisi altında deneye tabi tutulan betonarme kolonları için beton hacminin % 0.75 ve 1.25 oranında sentetik fiber katkı malzemesi kullanılmıştır. Üç farklı katkı oranı için silindir numunelerinden elde edilen beton basınç dayanımları; % 0, 0.75 ve 1.25 için sırasıyla 63, 65 ve 64 MPa olarak elde edilmiştir. Deneyleri gerçekleştirilen betonarme kolonlarının 2/3'ünde fiber katkılı betonarme kolonlarının etriye aralığı azaltılırken; geri kalan deney numuneleri geleneksel betonarme kolonları göz önüne alınarak deneysel programları oluşturulmuştur. 550 mm net yüksekliği ve 135 mm çapa sahip dairesel kesitli betonarme kolonları için 30, 45 ve 65 mm etriye aralıkları göz önüne alınmıştır. Imran, Sugiri ve Pane, (2015) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada betonarme kolonları için elde maksimum süneklik oranı yüksek hacim oranlı kullanılan plastik fiber ve sargılı betonarme kolonlarından elde edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada kullanılan plastik fiberlerin betonarme kolonlarının sünekliğinde belirgin bir artışa katkı sağladığı ancak mukavemet oranlarında bu artışın belirgin olmadığı vurgulanmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada her ne kadar deney programı spiral etriye aralığının azaltılmasına yönelik bir çalışma olsa da; katkı oranına bağlı olarak etriye aralığının hangi düzeylerde azaltılmasına yönelik ampirik bir model ortaya koyulmamıştır. Yine aynı şekilde, plastik fiberlerin aderans boyuna etkisi gerçekleştirilen deneysel çalışmada göz önüne alınmamıştır.

2015 yılında Park, Abolmaali, Beakley ve Attiogbe, (2015) tarafından yapılan diğer bir deneysel çalışmada ise ince duvarlı gömülü beton borularda plastik fiber çalışması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada fiber dozajı 1.2 ve 14.3 kg/m<sup>3</sup> arasında değerler alırken; beton borularında kullanılan donatılar % 35 ve 50 oranında azaltılmıştır. Deneyleri gerçekleştirilen 44 adet boru için; boru çapları 760 mm ve 3050 mm arasında değişkenlik göstermiş ve deneysel programı için; boru çapları, fiber dozajı ve birim uzunluğa düşen donatı alanı bağımlı değişken olarak göz önüne alınmıştır.

ASTM D 2412. (2011) standartları çerçevesinde beton borulara üç kenarlı taşıma ve paralel plaka deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar doğrultusunda, fiberlerin belirgin bir şekilde beton boruların yük-taşıma kapasitelerini ve rijitliklerini; fiberlerin iyileştirdiği çatlama köprülemesinden dolayı artırdığı tespit edilmiştir. Park, Abolmaali, Beakley ve Attiogbe, (2015) yapmış oldukları çalışma ile birlikte; fiberlerin betonun çekme dayanımını tüm doğrultu boyunca artırdığı ve böylelikle sınırlı olan diyagonal ve radyal gerilmelerin iyileştiğini tespit etmiştir.

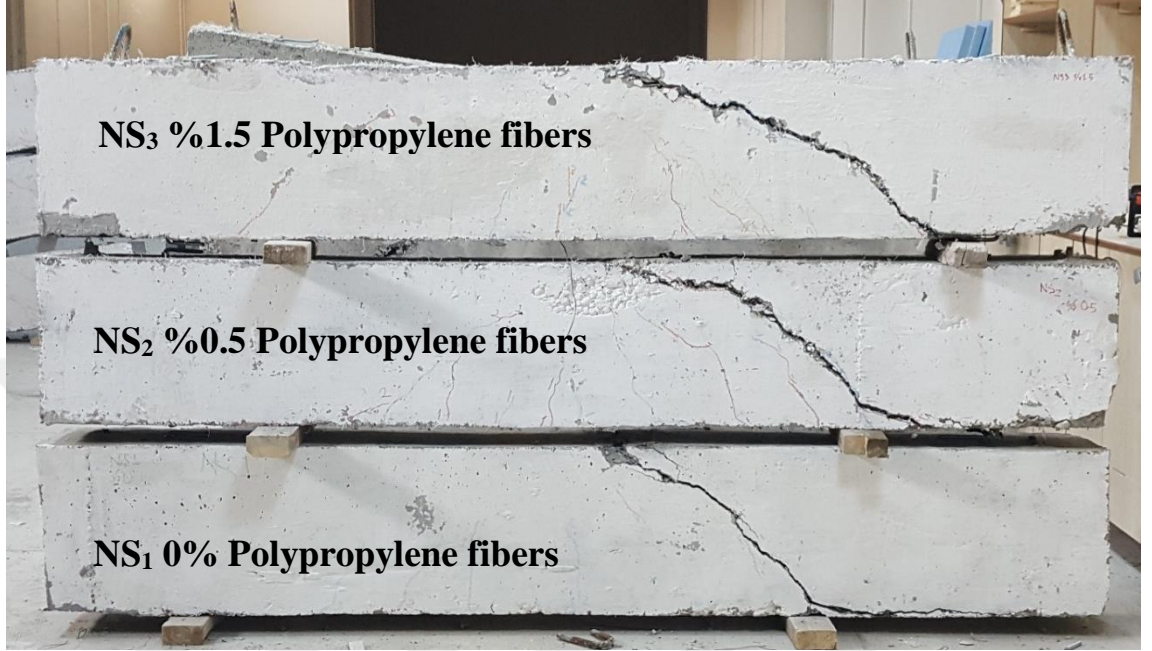
Lee ve Won, (2014) gerçekleştirdikleri deneysel çalışma ile birlikte nano-sentetik ve çelik fiber katkılı betonarme kirişlerinin eğilme davranışlarını değerlendirmişlerdir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada eğilme deneylerine tabi tutulan betonarme kirişleri için beton hacminin % 0.4, 0.5 ve 0.6 oranında nano-sentetik fiberler kullanılırken; çelik fiberler 1 m<sup>3</sup> beton için 5, 10 ve 20 kg olarak farklı oranlarda betona karıştırılmıştır. İki noktadan yükleme deneyleri gerçekleştirilen betonarme kirişleri için tasarlanan her bir betonarme elemanı için karışım tasarımı betonarme elemanlarının 42 MPa beton basınç dayanımına sahip olması şeklinde tasarlanmıştır. Eğilme deneyleri gerçekleştirilen betonarme kirişlerinin genişliği 350 mm, yüksekliği 180 mm ve net açıklığı ise 1500 mm olarak şekilde tasarlanmıştır. Farklı deneysel parametrelere sahip olan çalışmada ayrıca betonarme kirişleri iki ayrı donatı oranı (% 1.20 ve 1.65) içinde göz önüne alınmıştır. Lee ve Won (2018) tarafından yapılan deneysel çalışmada RILEM TC 162-TDF (2003) standartlarına göre % 0.4 nano-sentetik fiber ve 20 kg/m<sup>3</sup> of çelik fiber katkılı hibrit betonarme kirişlerinin geleneksel betonarme donatıları ile yer değiştirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Lee ve Won, (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada betonarme kirişlerinin plastik mafsal mekanizması ve fiberlerin aderans boyundaki değişiklik üzerine etkileri incelenmemiştir.

Chidambaram ve Agarwal, (2015); 100 x 150 x 1000 mm boyutlarında betonarme kirişlerinde geogrid malzemesini sargı donatısı olarak kullanmış ve geogridlerin betonarme kirişlerinde etriyeler yerine kullanılabileceğini savunmuştur. Chidambaram ve Agarwal, (2015) tarafından yapılan çalışmada geogrid kullanımı ile birlikte betonarme kirişlerin kesme kırılmasından eğilme kırılması mekanizmasına geçerek sünek bir davranış gösterdiği belirtilmiştir. Ancak Chidambaram ve Agarwal, (2015) tarafından yapılan çalışmada; geogrid etriyeleri çelik fiber katkılı beton ile birlikte

kullanıldığı için; yalnızca geogrid sargılı betonarme kirişlerinin geleneksel (çelik fiber katılmadan) etriyelere göre karşılaştırma imkânı olmamıştır. Bu durum elde edilen yapısal sonuçlardaki iyileşmelerin yalnızca geogrid' den mi yoksa çelik fiberlerden dolayı mı ortaya çıktığı açıkta kalmıştır.

Yalciner, Kumbasaroglu ve Ergun, (2018) yılında gerçekleştirdikleri deneysel çalışma ile birlikte literatürde kesme veya boyuna donatı yerine kullanılması önerilen geogrid malzemesini tekrardan ele almıştır. Yapılan deneysel çalışmada betonarme kirişleri geogrid sargılı fiber katkılı ve fiber katkısız olarak ele alınarak Chidambaram ve Agarwal, (2015) ve birçok araştırmacı tarafından betonarme elemanlarında kesme ve boyuna donatısı yerine kullanılması önerilen geogrid malzemesinin yapısal davranışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışma 2018 yılına kadar tam ölçekli betonarme kirişlerinde geogrid malzemesinin kullanıldığı ilk deneysel çalışma olup oldukça önemli ve kritik sonuçlar elde edilmiştir. Deneyi gerçekleştirilen betonarme kirişlerinin net açıklığı 2500 mm olup; kiriş yükseklik ve genişliği sırası ile 500 ve 250 mm'dir. Gerçekleştirilen çalışmada etriye aralıkları kullanılan her bir plastik fiber oranına bağlı olarak değişkenlik gösterirken; yapılan çalışma için beton hacminin % 0.5 ve 1.5 oranında poli-propilen fiber kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan geogrid malzemesi Chidambaram ve Agarwal (2015) tarafından kullanılan malzeme ile mekanik özellikleri bakımından ise özdeştir. Yalciner, Kumbasaroglu ve Ergun, (2018) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışma sonucunda, Chidambaram ve Agarwal (2015) tarafından elde edilen yapıcı deney sonuçlarının geogrid malzemesinden dolayı değil; plastik fiberlerin katkısından dolayı olduğu net bir şekilde ortaya koyulmuş ve geogridin kullanımına yönelik yapılan önerilerin yanlış yönlendirmelerde bulunduğu özellikle belirtilmiştir. Geogridin geleneksel betonarme donatılarına göre çok düşük elastik modülüne sahip olması ve betonarme kirişlerinde onarılamaz düzeyde hasar seviyelerine neden olması sebebi ile bu malzemenin betonarme elemanlarında kullanılması önerilmiştir. Yalciner, Kumbasaroglu ve Ergun, (2018) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada plastik fiberlerin aderans boyuna etkisi gözlemsel olarak incelenmiş (bakınız Şekil 2.1) ancak kullanılan hacimsel orana bağlı olarak ampirik bir model geliştirilmemiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda; plastik fiberlerin aderans gerilmesine ve özellikle betonarme kirişlerinin deplasman bazlı süneklik oranlarının belirgin bir şekilde arttığı saptanmıştır. Yüksek hacimsel oranların

kullanıldığı plastik fiber katkıli etriyesiz betonarme kirişlerinin yapısal performansların; geogrid sargılı ancak plastik fiberlerin kullanılmadığı betonarme kirişlerinden daha iyi olduğu sonucu bulunmuştur.



**Şekil 2.1.** Fiber katkıli etriyesiz betonarme kirişlerinde aderans boyu (Yalciner, Kumbasaroglu ve Ergun, 2018).

Plastik fiberlerin özellikle betonun çekme dayanıma sağlamış olduğu iyileştirme sonucu ile birlikte; plastik fiberlerin çalışma alanı genişleyerek korozyona maruz kalmış betonarme elemanlarında da bir takım deneysel çalışmaların yapılmasının önünü açmıştır. Mevcut literatürde korozyona maruz kalmış betonarme kirişlerinde plastik fiberlerin kullanılmasına yönelik ilk deneysel çalışma Bicer, Yalciner, Balkıs ve Kumbasaroglu (2018) tarafından gerçekleştirilmiştir.

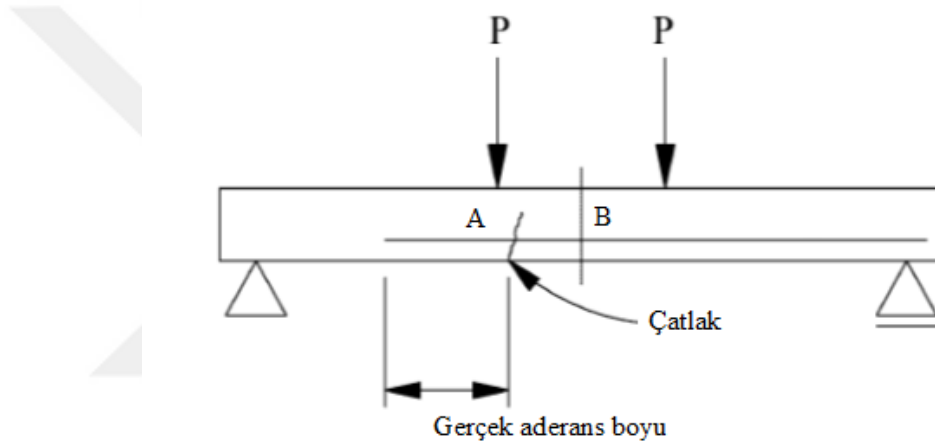
Bicer, Yalciner, Balkıs ve Kumbasaroglu (2018) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada paslanmış betonarme kirişlerinin taşıma gücü kapasiteleri incelenmiştir. 2500 mm net açıklığa, 250 mm genişlik ve 400 mm yüksekliğe sahip betonarme kirişleri için üç noktadan eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada korozyondan dolayı ilk kütleleri boyuna donatılara göre daha az olan etriyelerdeki korozyon oranının kesme kırılmasından dolayı; korozyona maruz kalmış betonarme kirişlerinin taşıma gücü kapasitelerinin belirlenmesinde; etriyelerdeki korozyon oranının da göz önüne

alınması vurgulanmıştır. Farklı korozyon oranları için eğilme deneyleri gerçekleştirilen betonarme kirişlerinde her bir korozyon oranı için beton hacminin % 0.5 ve 1.5 oranında sentetik fiberler kullanılmıştır. Bicer, Yalciner, Balkıs ve Kumbasaroglu (2018) yapmış oldukları çalışmada; belirgin bir korozyon oranına kadar plastik fiberler yapısal davranışa olumlu yönde katkı sağladığı ancak aderans gerilmesi açısından passız kiriş değerlerine en yüksek plastik fiber katkı oranının kullanıldığı betonarme kirişinde dahi ulaşamadığı net bir şekilde ortaya konmuştur. Yüksek korozyon oranlarında ilk kütleleri az olan etriyelerin kopması ile birlikte fiber katkılı betonarme kirişleri aderans gerilmesinin tekrardan geri kazanılmasına olanak sağlamamıştır. Korozyonsuz betonarme kirişlerinde kullanılan plastik fiberler özellikle deplasman bazlı süneklik oranlarında açık bir şekilde artışlar gözlenmiş ve bu artışların başlıca nedeni olarak fiberlerin sağlamış olduğu agrega kenetlenmesi ve köprülenmesi olarak belirtilmiştir. Plastik fiberlerin kullanımı ile birlikte çekme çatlaklarının sayısı artmış ve dağıtılan çekme çatlakları sayesinde betonarme kirişlerinin enerji yutma kapasiteleri gerçekleştirilen çalışmada belirgin bir şekilde artmıştır. Bicer, Yalciner, Balkıs ve Kumbasaroglu (2018) tarafından yapılan çalışmada da aderans-sıyrılma sonuçları deneysel olarak elde edilmiş olsada; plastik fiberlerin aderans boyuna etkisi üzerine ampirik bir model geliştirilmemiştir.

### 3. KURAMSAL TEMELLER

#### 3.1. Aderans Boyu

Tez çalışmasına konu olan aderans boyu tezin bu bölümünde açıklanmıştır. Aderans boyu ve gömme boyu halı hazırda ülkemizde karıştırılan kavramlar olarak günümüze kadar gelmiştir. Gömme boyu donatının işlevini yerine getirmesi için sahip olması gereken boy iken; aderans boyu gömme boyu boyunca donatıda birim şekil değiştirmenin sıfır olduğu noktadan akma gerilimine kadar olan mesafedir. Bu durum Şekil 3.1’de sabit mesnetli bir kiriş üzerinde açıklanmaktadır.



Şekil 3. 1. Aderans boyu.

Şekil 3.1’de A noktasındaki gerinim sıfır değerindeyken baskın çatlak olduğu; diğer bir ifade ile şekil değiştirmelerin maksimum değer aldığı B noktasında donatı akma gerilmesine ulaşmıştır. A ile B noktası arasındaki mesafe aderans boyu, A ile C noktası arasındaki mesafe ise donatı gömme boyudur. Amerika Beton Enstitüsü ACI 318R-05 (2005) tarafından tasarım aşamasında aderans boyunun hesaplanmasında kullanılan eşitlik Eşitlik 3.1 ve 3.2’de verildiği gibidir.

$$l_d = \frac{f_y \Psi_t \Psi_e \tau}{25 \sqrt{f'_c}} \times d_b \quad 3.1$$

$$l_d = \frac{3 f_y \Psi_t \Psi_e \tau}{50 \sqrt{f'_c}} \times d_b \quad 3.2$$

Eşitlik 3.1 ve 3.2’de  $f_y$  donatı akma dayanımı (psi);  $\Psi_t$  aderans boyunu modifiye etmek için donatı lokasyon faktörü;  $\Psi_e$  aderans boyunu modifiye etmek için donatı kaplama faktörü;  $\tau$  hafif betonun normal betona modifiye faktörü;  $f'_c$  beton basınç dayanımı (psi);  $d_b$  donatı çapıdır (in.) Eşitlik 3.1’in kullanılabilmesi için: donatı çapının no: 6 ve daha küçük olduğu nervürlü donatı olması; donatılar arası temiz mesafesinin  $d_b$ ’den küçük olmaması; pas payının  $d_b$ ’den küçük olmaması, minimum etriyenin belirtilen Yönetmelik’ten az olmaması gerekir. Yukarıda belirtilen şartların sağlanmaması durumunda ise Eşitlik 3.2’in kullanılması önerilmiştir. Gerçek aderans boyunun belirlenmesi için iki yol takip edilebilir. Bu yollardan biri betonarme donatısında sıfır gerilmenin elde edilebilmesi için donatının kesip bırakılması ve çatlak dan olan mesafesinin ölçülmesi veya donatı boyunca yerleştirilecek olan gerinim pulları ile iki nokta arasındaki mesafesinin belirlenmesi şeklinde yol izlenilebilir. Tez çalışmasına konu olan aderans boyunun belirlenmesi için hem betonarme donatısı Şekil 3.1’de gösterildiği üzere kesilerek bırakılmış hem de donatı boyunca gerinim pulları yerleştirilmiştir.



## 4. MATERYAL ve YÖNTEM

### 4.1. Betonarme Numunelerinin Sınıflandırılması

Bu tez çalışmada betonarme numuneleri öncelikle üç ana gruba ayrılmıştır. Birinci grupta yer alan beton döşemeleri URCS (donatısız döşemeler, grup A) olarak adlandırılmış olup; bu grupta yer alan döşemelerde farklı hacimsel oranlarda kullanılan plastik fiberlerin döşemelerin eğilme taşıma gücü kapasitesine etkisini incelemek için donatısız olarak üretilen beton döşemelerdir. URCS grubundaki beton döşemeler deneye tabi tutularak yalnızca plastik fiberlerin kesme kuvvetine ve betonun çatlama momentine katkısı tartışılmıştır.

İkinci grup betonarme kirişleri grup RCS (Grup B) olarak isimlendirilmiş olup; RCS betonarme döşemeleri geleneksel betonarme kirişleri olarak tasarlanmıştır (boyuna donatıları geleneksel betonarme donatılarından oluşmaktadır).

Üçüncü ve son grup betonarme kirişleri ise grup RCSD (Grup C-K) olarak isimlendirilmiştir. Bu gruptaki betonarme döşemelerin boyuna donatıları geleneksel donatılardan imal edilmiştir. Plastik fiberlerin deneysel olarak aderans boyuna etkisini tespit edebilmek için; bu grupta yer alan çekme donatıları teorik olarak hesaplanan nihai aderans boyundan tedricen mesnet bölgesinden yükün uygulandığı doğrultuya göre azalan kombinasyonlardan oluşmaktadır. Üçüncü ve diğer gruplarda yer alan betonarme kirişleri için donatı deseni kesit özellikleri bölümünde detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Üç ana grup (URCS, RCS ve RCSD) ardından beton hacmine bağlı olarak üç farklı plastik fiber oranları için; % 0, 1 ve 1.5 üç alt gruba ayrılmıştır. Böylelikle tez çalışması kapsamında kapsamın da 33 adet betonarme döşemesi deneye tabi tutulmuştur.

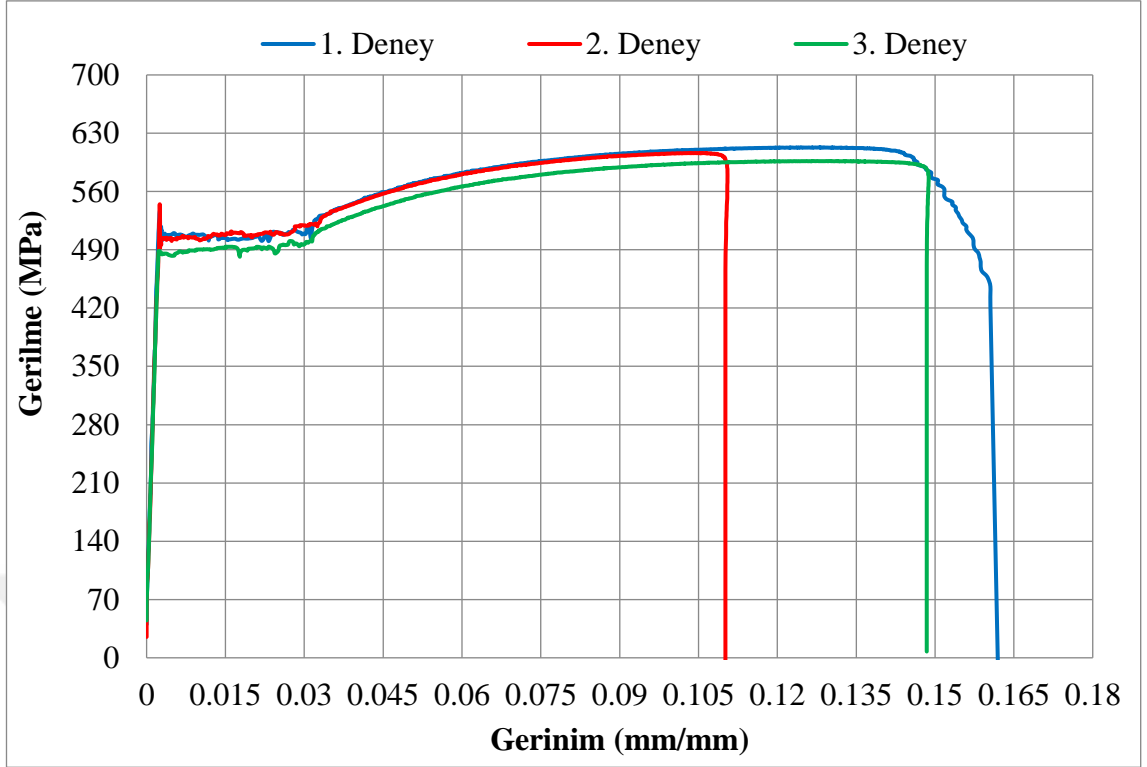
## 4.2. Malzeme Özellikleri

Çalışma kapsamında hazır beton kullanılarak tüm betonarme döşemeleri tek bir seferde ve aynı beton mikserinden dökülerek elde edilmiştir. Beton döküm işleri sırasında her bir betonarme döşemesi için üç adet 150 x 150 x 150 mm küp numuneleri alınarak betonarme döşemeleri ile aynı ortamda muhafaza edilmişlerdir. 28 gün sonra deneye tabi tutulan betonarme numunelerinin küp beton basınç dayanımları Tablo 4.1’de verildiği gibidir.

**Tablo 4. 1.** Beton basınç ve çekme dayanımları

<b>Yükleme türü/Plastik lif oranı</b>	<b>0.00</b>	<b>1.00</b>	<b>1.50</b>
Basınç dayanımı, $f_{ck}$ (MPa)	31.00	29.00	14.00
Çekme dayanımı, $f_{ct}$ (MPa)	2.50	2.95	2.35

Çalışma kapsamında kullanılan betonarme donatıları için ise çekme deneyleri gerçekleştirilerek Şekil 4.1’de ve Tablo 4.2’de çalışma kapsamında kullanılan betonarme donatılarının mekanik özelliklerine yer verilmiştir. Şekil 4.1 ve Tablo 4.2’de, tez çalışması kapsamında kullanılan geleneksel betonarme donatıları için çekme deneyleri gerçekleştirilmiş olup, donatıların mekanik özellikleri: akma dayanımı 523,46 MPa, kopma dayanımı 605,27 MPa, akma ve kopmadaki birim şekil değiştirme değerleri sırasıyla 0.00246 ve 0.1397 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. 1. Donatı gerinim-gerilim eğrisi.

Tablo 4. 2. Donatı mekanik özellikleri.

Kod	Akma dayanımı, $f_y$ (MPa)	$f_{sh}$ (MPa)	Kopma dayanımı, $f_{su}$ (MPa)	$\epsilon_{sy}$	$\epsilon_{sh}$	$\epsilon_{su}$	$E$ (GPa)
1. Deney	537.016	518.090	613.021	0.0025	0.0307	0.1605	207.951
2. Deney	544.708	519.621	605.196	0.0025	0.0292	0.1103	212.438
3. Deney	488.674	495.946	595.594	0.0023	0.0268	0.1484	202.614

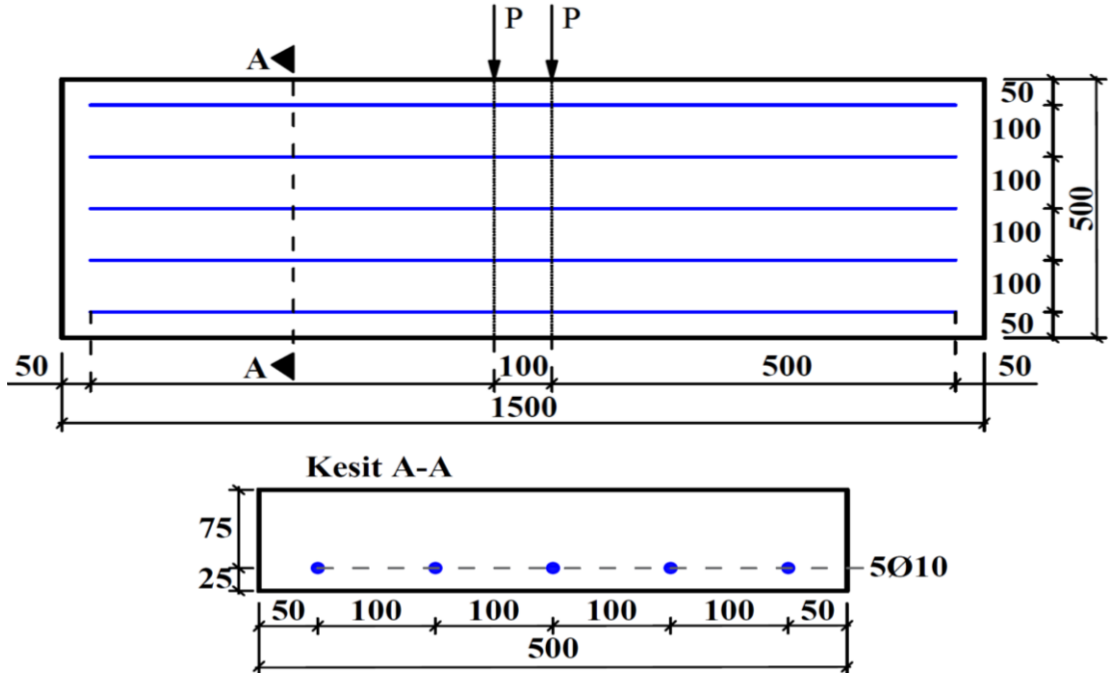
Tez çalışması kapsamında kullanılan plastik fiberlerin mekanik özellikleri fabrika verilerinden elde edilmiş olup; plastik fiberlerin çekme dayanımı 650 MPa ve elastik modülü 5400 MPa'dır. Plastik fiberlerin uzunluğu 54-60 mm arasında değişkenlik gösterip, ortalama yoğunlukları  $0.91 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Şekil 4.2'de çalışma kapsamında kullanılan plastik fiberler gösterilmektedir.



Şekil 4. 2. Tez çalışması kapsamında kullanılan plastik fiberler.

### 4.3. Kesit Özellikleri

Şekil 4.3'te çalışma kapsamında deneye tabi tutulan betonarme döşemelerin kesit özellikleri gösterilmektedir.

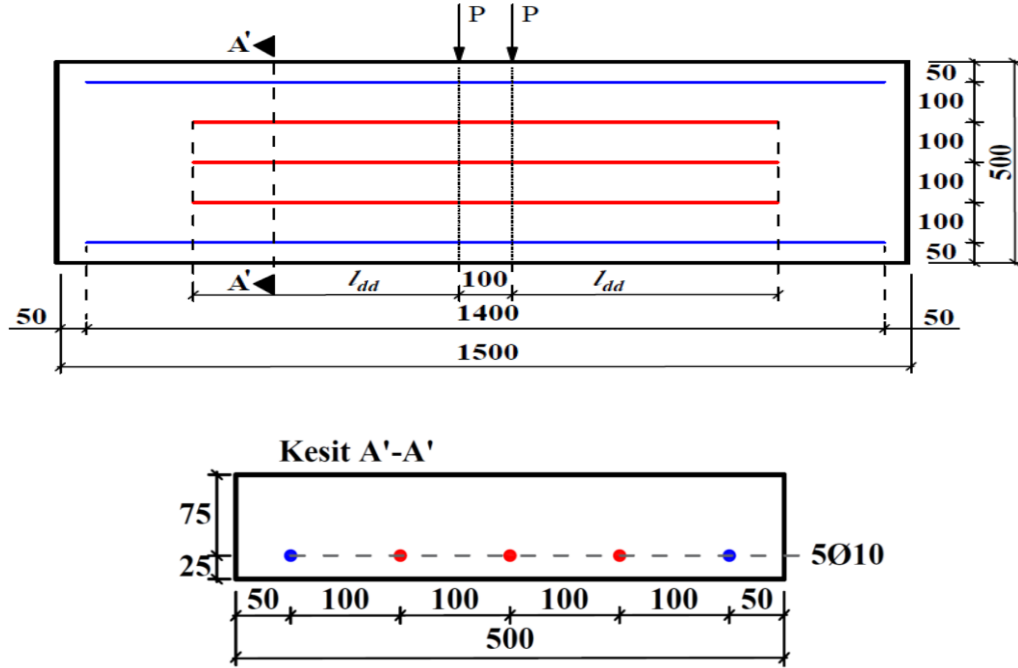


Şekil 4. 3. RCS betonarme döşemelerine ait kesit özellikleri ve donatı düzeni.

Şekil 4.3'te görüleceği üzere tüm betonarme döşemeleri uzunluğu 1500 mm, genişliği 500 mm ve döşeme yüksekliği ise 100 mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Döşemelerin mesnet genişlikleri ise 100 mm ve beton pas-payı 25 mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Geleneksel olarak tasarlanan betonarme kirişleri 94 kN.m moment taşıma gücü

kapasitesine göre tasarlanmıştır. Betonarme döşemelerinde beş adet nervürlü 10 mm çapında çekme donatısı kullanılmıştır. Kesme donatılarının hesabı için TS 500 (2000) göz önüne alınarak, beton tarafından karşılanacak kesme dayanımı betonun çatlamadaki kesme dayanımının 0.65'i kadar alınmış ve böylelikle betonarme döşemelerinde etriye kullanılmamıştır.

ACI 318R-05 (2005) yönetmeliğe göre teorik olarak hesaplanan aderans boyundan sonra, deneyleri gerçekleştirilen betonarme döşemelerde aderans göçmesinin elde edilebilmesi için RCSD grubunda yer alan betonarme döşemelerinin çekme donatıları gerekli minimum aderans boyundan da fazla kısaltılarak deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında teorik olarak beton basınç dayanımına ve donatı mekanik özelliklerine bağlı olarak ACI 318R-05 (2005) yönetmeliğine göre hesaplanan aderans boyu 470 mm'dir. RCSD grubunda yer alan betonarme döşemeleri söz konusu aderans boyu Şekil 4.4 ve Tablo 4.3 verildiği kadar kısaltılmıştır. Böylelikle aderans göçmesinin elde edileceği RCSD grubundaki betonarme döşemelerine plastik fiber katkı malzemesi katarak aderans göçmesinin sünek davranışa dönüşü tartışılmıştır.



Şekil 4. 4. RCSD grubunda yer alan betonarme döşemeleri için aderans boyunun kısaltılması.

**Tablo 4. 3.** RCSD betonarme döşemeleri için aderans boyu.

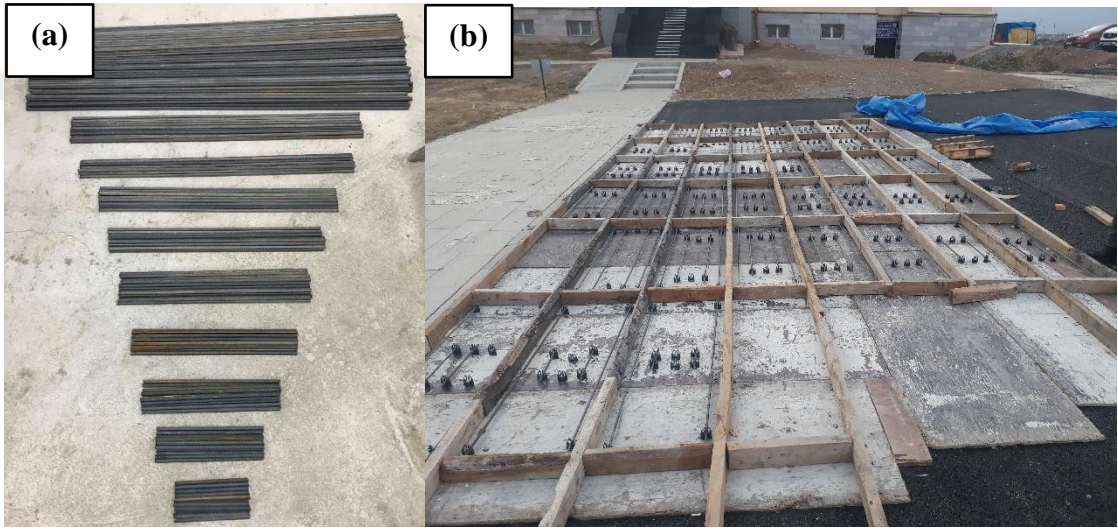
Grup	Döşeme	$l_{dd}$ (mm)	$V_f$ (%)	Grup	Döşeme	$l_{dd}$ (mm)	$V_f$ (%)
<b>B</b>	RCS <sub>1</sub>	>470	0	<b>G</b>	RCSD <sub>13</sub>	250	0
	RCS <sub>2</sub>		1		RCSD <sub>14</sub>	250	1
	RCS <sub>3</sub>		1.5		RCSD <sub>15</sub>	250	1.5
<b>C</b>	RCSD <sub>1</sub>	470	0	<b>H</b>	RCSD <sub>16</sub>	200	0
	RCSD <sub>2</sub>	470	1		RCSD <sub>17</sub>	200	1
	RCSD <sub>3</sub>	470	1.5		RCSD <sub>18</sub>	200	1.5
<b>D</b>	RCSD <sub>4</sub>	420	0	<b>I</b>	RCSD <sub>19</sub>	150	0
	RCSD <sub>5</sub>	420	1		RCSD <sub>20</sub>	150	1
	RCSD <sub>6</sub>	420	1.5		RCSD <sub>21</sub>	150	1.5
<b>E</b>	RCSD <sub>7</sub>	350	0	<b>J</b>	RCSD <sub>22</sub>	100	0
	RCSD <sub>8</sub>	350	1		RCSD <sub>23</sub>	100	1
	RCSD <sub>9</sub>	350	1.5		RCSD <sub>24</sub>	100	1.5
<b>F</b>	RCSD <sub>10</sub>	300	0	<b>K</b>	RCSD <sub>25</sub>	50	0
	RCSD <sub>11</sub>	300	1		RCSD <sub>26</sub>	50	1
	RCSD <sub>12</sub>	300	1.5		RCSD <sub>27</sub>	50	1.5

#### 4.4. Kalıp, Demir ve Beton işleri

Şekil 4.5’de gösterildiği üzere çalışma kapsamında su yalıtımlı ply-wood kalıpları kullanılmıştır. Şekil 4.6’da gösterildiği üzere betonarme donatıları teorik olarak hesaplanan ( $l_{dd}$ ) aderans boyları için kesilerek hazır halen getirilmiştir. Beton döküm işleri sırasında donatıların kaymaması için her bir betonarme donatısı için sık bir şekilde pas-payı kullanılmıştır.



**Şekil 4. 5.** Kalıp işleri.



**Şekil 4. 6.** Demir işleri: (a) aderans boyları için hazır hale getirilen donatılar; (b) betonarme donatıların kalıplara yerleştirilmesi.

Farklı oranlardaki plastik fiberler daha önceden hazır hale getirilerek beton mikserlerinde karıştırılmış ve beton döküm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen beton döküm işleri Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Şekil 4.8’de ise çalışma kapsamında deneyleri gerçekleştirilen 44 adet döşeme gösterilmektedir.





Şekil 4. 7. Beton döküm işleri: (a) plastik liflerin beton mikserine katılması; (b) beton dökümü.



Şekil 4. 8. Deneyler için hazır hale getirilen betonarme döşemeleri.

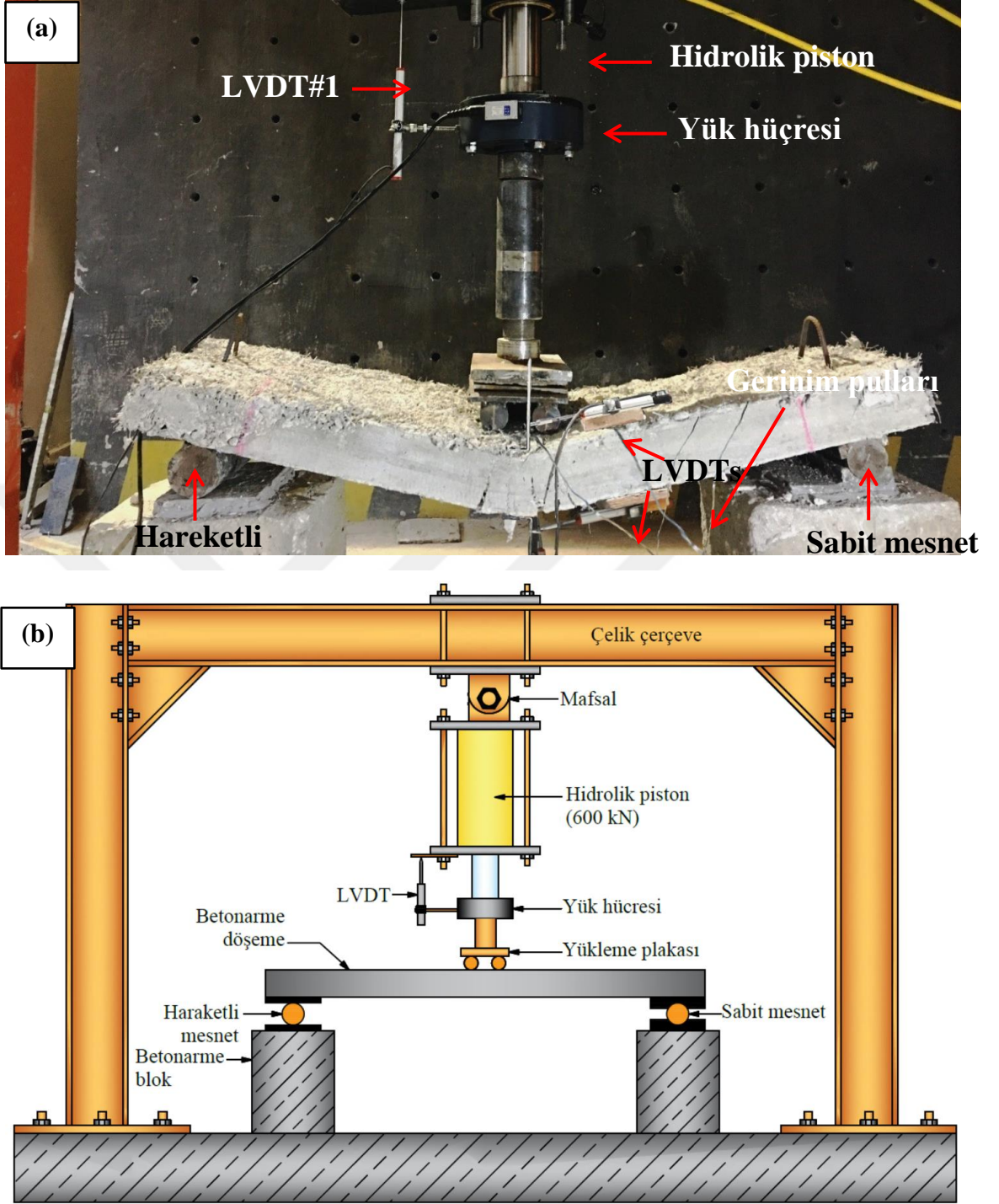
#### 4.5. Deney Düzenegi ve Ölçümler

Tüm betonarme döşemeleri tasarlanan aynı deney düzeneginde deneye tabi tutulmuşlardır. Şekil 4.9'da tez çalışması kapsamında kullanılan yükleme düzenegi gösterilmektedir. Şekil 4.9'da dört noktadan yükleme yapılarak eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneginde yükleme için gerekli bir adet 600 kN



kapasitesinde hidrolik silindir kullanılmıştır. Eğilme davranışı sırasında yükün eksantriklik oluşturmaması için mafsallı hidrolik sistemi kullanılmıştır. Hidrolik silindir altına yükü iki noktadan betonarme döşemelerinin basınç bölgesine aktaracak iki adet 5 mm çapında yükleme plakası kullanılmıştır. Betonarme döşemelerinin sınır koşullarını belirleyecek iki adet mesnet tasarlanmıştır. Bunun için tez çalışması kapsamında betonarme döşemeleri iki adet betonarme blok üzerine yerleştirilmiştir. Beton bloklarının üzerine çelik plakalar hazırlanarak mesnetlerden birinin sabit değerinin ise hareketli olacak şekilde kullanılmıştır. Yükleme deneylerinden betonarme bloklarının üzerine yerleştirilen çelik plakalar epoksi ile yapıştırılarak olası hareketleri sınırlandırılmıştır.

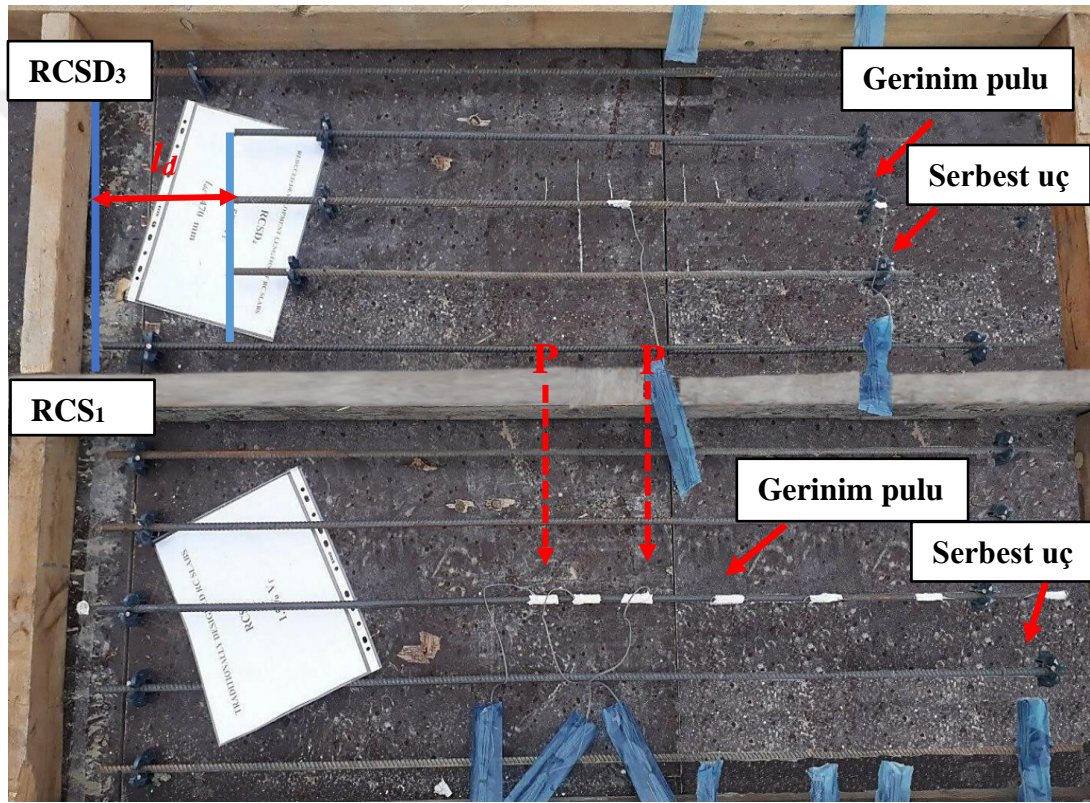
Yükleme deneyleri sırasında betonarme döşemelerinde meydana gelen yer değiştirmeleri kaydetmek için bir adet 0.01 mm hassasiyetinde yaylı potansiyometre ve döşeme boyunca iki mesnet arasında meydana gelecek yer değiştirmeleri ölçmek için bir adet potansiyometre kullanılmıştır.



Şekil 4. 9. Yükleme düzeneği: (a) deney düzeneği; (b) şematik gösterimi.

Tez çalışması kapsamında gerçek aderans boyu Şekil 3.1’de gösterildiği üzere deneysel olarak gözlem yolu ile elde edilmiştir. Gözlem yolu ile elde edilen aderans boyunun diğer bir yol ile de doğrulanabilmesi tez çalışması kapsamında önem arz etmektedir. Bu bakımdan; Şekil 3.1’de gösterildiği üzere donatı ucu (serbest uç) birim şekil

değiştirmenin sıfır olduğu noktayı; yüklemenin yapıldığı ve çatlağın meydana geldiği nokta akma noktasını ve iki nokta arasındaki mesafe aderans boyunu temsil etmektedir. Betonarme donatılara yapıştırılan gerinim pulları ile betonarme donatılarında donatı boyunca meydana gelen birim şekil değiştirme dağılımı ayrıca elde edilerek gerçek aderans boyu iki yol ile kontrol edilmiştir. Bu doğrultuda, tez çalışması kapsamında 7 adet birim şekil değiştirme ölçer  $RCS_1$  ( $V_f = \%0$ ) ve  $RCS_3$  ( $V_f = \%1.5$ ) betonarme döşeme donatılarına Şekil 4.10'da gösterildiği üzere donatı serbest ucuna, yükün uygulandığı nokta ve iki nokta arasında farklı mesafelerde beton dökümünden önce yapıştırılmıştır.



Şekil 4. 10. Betonarme donatılara yapıştırılan gerinim pulları.

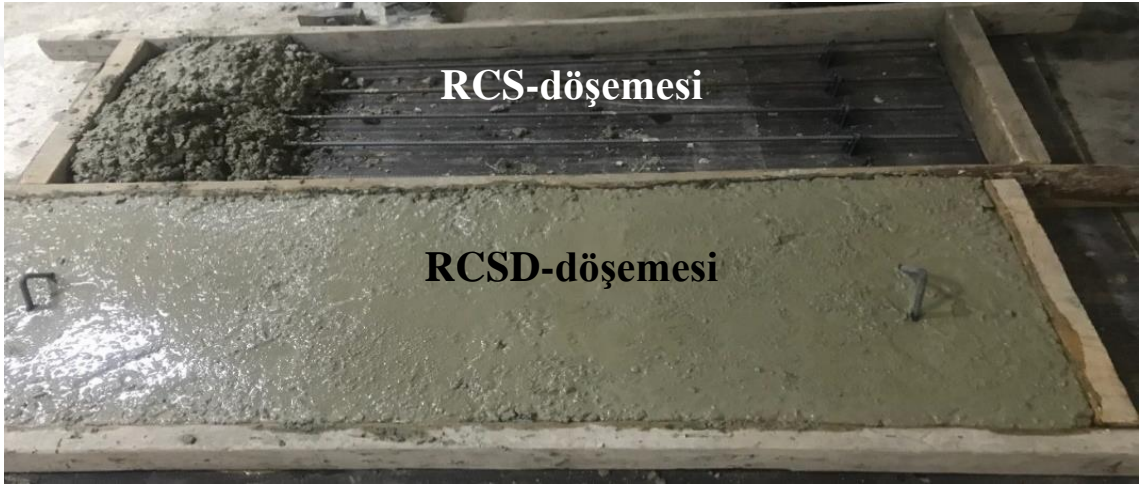
Şekil 4.10'da gösterildiği üzere 2 adet gerinim pulları ise RCDS grubunda yer alan ve %1.5 plastik fiber katkılı betonarme döşemelerindeki donatıların serbest ucuna ve yükün uygulandığı noktaya yapıştırılmışlardır. Böylelikle deney sonrasında gözlem yolu ile elde edilen gerçek aderans boyu ikinci yol ile de kontrolü sağlanmıştır. Betonarme donatılarına yapıştırılan gerinim pulları sayesinde ve Eşitlik 4.1 yardımı ile yükleme sırasında betonarme donatılarında meydana gelen aderans gerilmesi hesaplanmıştır.

$$u_b = \frac{f_s d_b}{4l_d}, \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1’de  $u_b$  aderans gerilmesini;  $f_s$  betonarme donatısında meydana gelen gerilmeyi,  $d_b$  donatı çapını ve  $l_d$  ise aderans boyunu temsil etmektedir.

Tez çalışması kapsamında deney düzeneğinde yaşanacak aksaklıkların önceden tespit edilmesi amacı ile 2 adet betonarme döşemesi için ön deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.11’de gösterildiği üzere beton döküm işlemleri aynı kesit özelliklerine sahip betonarme döşemeleri için gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 4. 11.** Ön deneme deneyleri için beton döküm işleri

Deneme numuneleri döküldükten sonra yükleme düzeneği ve ölçüm aletlerinin eş zamanlı kontrolü için ön yükleme deneyleri yapılmıştır. Şekil 4.12’de tez çalışması kapsamında ön deneme yükleme deneyleri gerçekleştirilen betonarme döşemeleri gösterilmektedir. Ön deneme yükleme deneylerinin yapılması ve gerekli deney düzeneği ile ilgili iyileştirmelerin ardından çalışma kapsamında tasarlanan betonarme döşemelerinin esas deneylerine geçilmiştir.



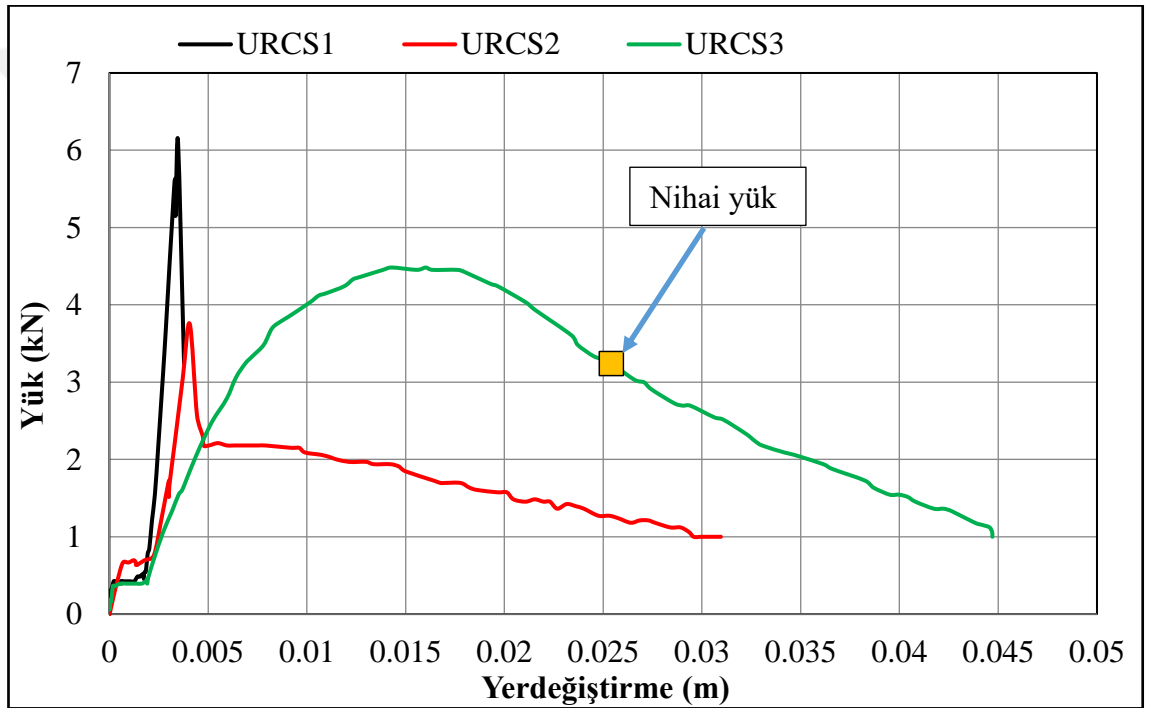


Şekil 4. 12. Ön deneme yükleme deneyleri

## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 5.1. URCS ve RCS Grupların da Yer Alan Döşemelere Ait Yük-Yer değiştirme Sonuçları

Deneyi gerçekleştirilen URSCS ve RCS döşemeleri için yük-yer değiştirme grafikleri elde edilerek Şekil 5.1'de sunulmuştur. Gerekli idealleştirme işlemleri yapılan döşemelere ait idealleştirilmiş deney sonuçları özetlenerek Tablo 5.1'de sunulmuştur. Tablo 5.1'de deneysel olarak elde edilen eğrinin altında kalan ayrıca hesaplanarak her bir döşemeye ait toplam enerji kapasiteleri hesaplanarak sunulmuştur.



Şekil 5. 1. URCS grubun yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri.

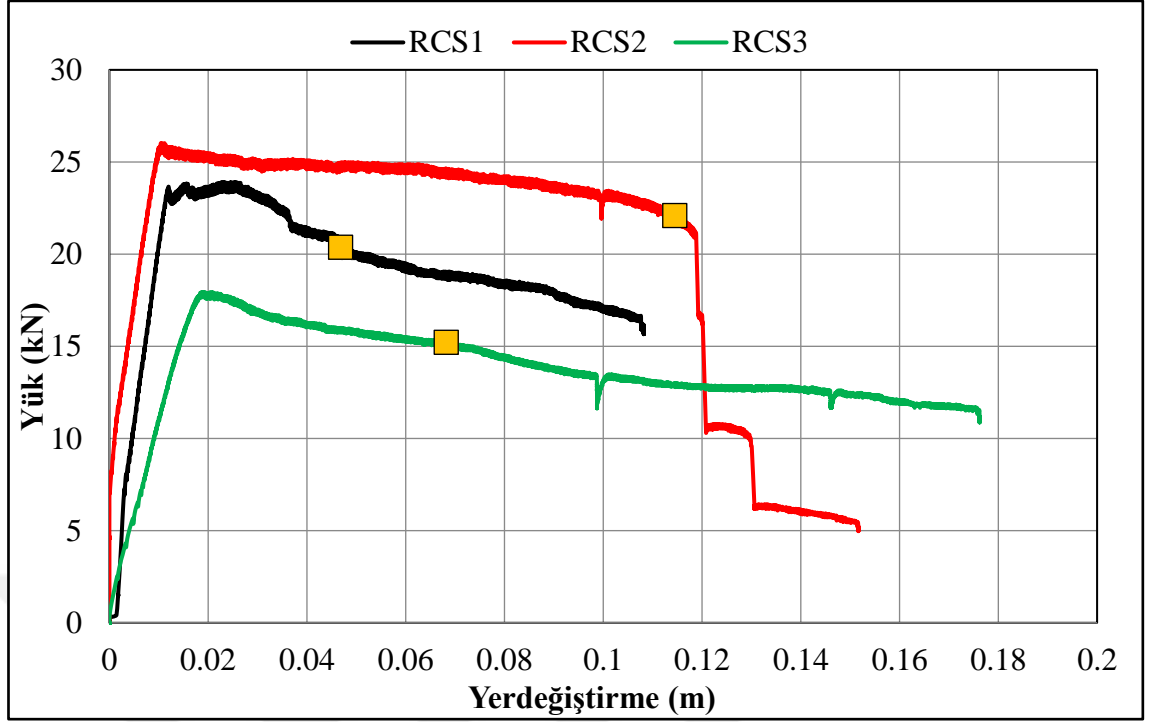
**Tablo 5. 1.** URCS ve RCS gruplarında yer alan döşemelere ait deneysel sonuçlar.

Grup	$V_f$ (%)	$F_y$ (kN)	$F_m$ (kN)	$F_u$ (kN)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_m$ (m)	$\Delta_u$ (m)	$\mu$	$E$ (joule)
URCS	0	Gevrek	5.1	Gevrek	Gevrek	0.003	Gevrek	Gevrek	7.2
	1	Sünek değil	3.8	Sünek değil	Sünek değil	0.004	Sünek değil	Sünek değil	50.6
	1.5	3.8	4.5	3.2	0.009	0.014	0.025	2.8	125.6
RCS	0	23.7	23.9	20.4	0.012	0.023	0.047	3.9	2068.3
	1	25.6	25.6	22.1	0.011	0.011	0.115	10.0	2840.5
	1.5	17.9	17.9	15.2	0.019	0.019	0.068	3.7	2398.2

$F_y$ : Akma yükü,  $F_m$ : Maksimum yük  $F_u$ : Nihai yük (Maksimum yükün %85'i),  $\Delta_y$ : Akma yüküne karşılık alan yerdeğiştirme,  $\Delta_u$ : Nihai yüke karşılık gelen yerdeğiştirme,  $\Delta_m$ : Maksimum yüke karşılık gelen yerdeğiştirme,  $E$ : Enerji yutma kapasitesi,  $\mu$ : Yerdeğiştirme süneklik oranı ( $\Delta_u/\Delta_y$ ).

Şekil 5.1'de URCS grubunda yer alan donatısız ve farklı hacimsel oranlarda poli-propilen fiber katkılı döşemelere ait yük-deplasman ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 5.1'de gösterildiği üzere "URCS<sub>1, %0</sub>" fiber katkısız döşeme gevrek bir şekilde göçme moduna betonun çekme dayanımına ulaşarak gerçekleşmiştir. Şekil 5.1'de donatısız döşemelere katılan fiberlerin (URCS<sub>2, %1</sub> ve URCS<sub>3, %1.5</sub>) yapısal davranış üzerine etkisi belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu etki betonun çok düşük sahip olduğu çekme dayanımının fiberler ile geri kazanılması ile açıklanabilir. Beklendiği üzere Şekil 5.1'de farklı hacimsel oranların kullanıldığı lif katkılı beton döşemelerin çekme dayanımının artması nihai kapasitelerini artırmamıştır. Nihai yük kapasitelerindeki azalışın başlıca nedeni kesitin erken akarak daha sünek bir davranış sergilemesidir. Lif katkılı beton döşemeleri deprem indikatörleri açısından değerlendirildiğinde en büyük etkinin süneklik olduğu görülmektedir. Şekil 5.1 ve Tablo 5.1'de gösterildiği üzere; URCS<sub>1, %0</sub> donatısız ve katkısız döşemenin süneklik oranı URCS<sub>3</sub> ( $V_f = \%1.5$ ) döşemesi ile birlikte 2.8 değerine ulaşmıştır. Süneklik oranındaki artışa ek olarak URCS<sub>1, %0</sub> döşemesinin enerji yutma kapasitesi URCS<sub>2, %1</sub> ve URCS<sub>3, %1.5</sub> döşemeleri ile sırası ile 7 ve 17 kat artmıştır.

Şekil 5.2'de RCS (geleneksel olarak tasarlanan) grubunda yer alan ve farklı fiber oran katkılı betonarme döşemelerine ait yük-deplasman grafikleri gösterilmektedir.



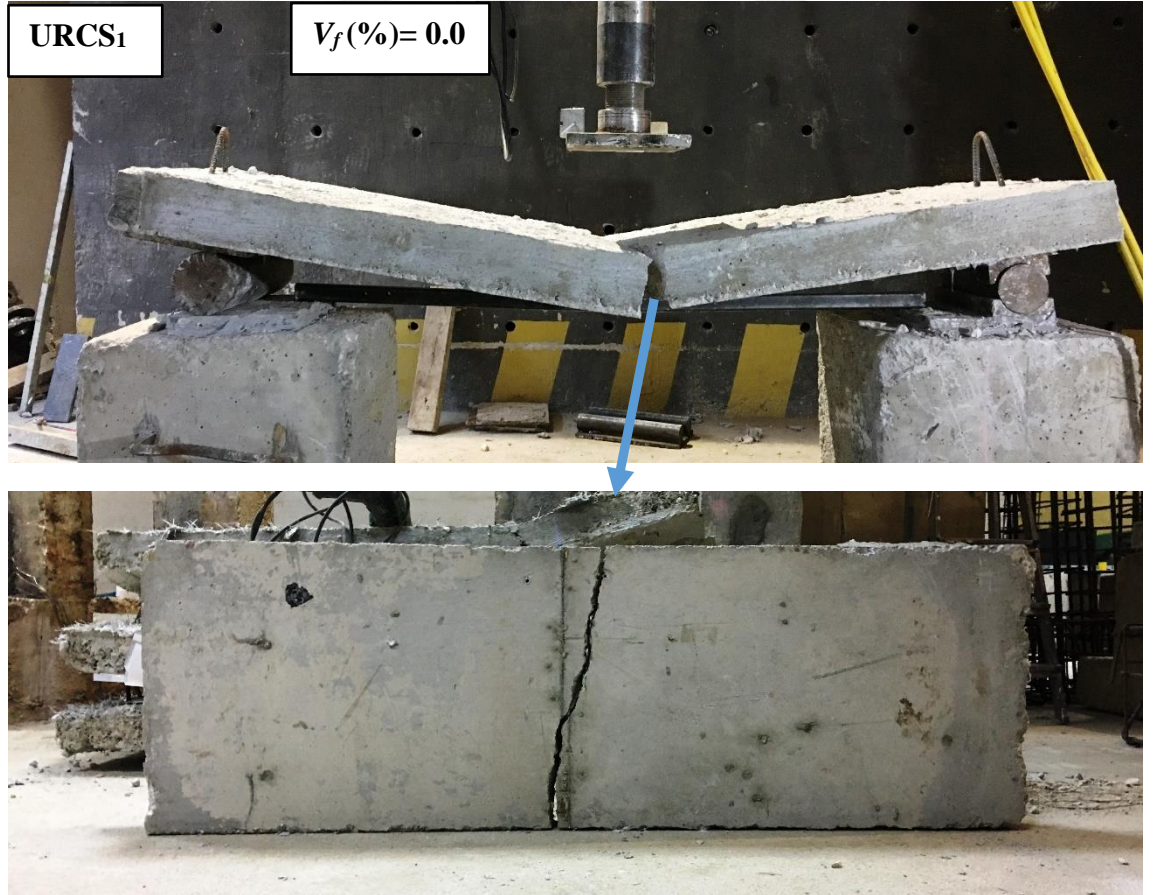
Şekil 5.2. RCS grubun yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri.

Şekil 5.2'de gösterildiği üzere plastik liflerin betonarme döşemelere katılması ile birlikte betonarme döşemelerinin yük taşıma kapasitelerinde belirgin artışlar meydana gelmemiştir. Maksimum yük taşıma kapasitelerinde artışların meydana gelmemesi fiber katkılı betonun gerilim-gerinim ilişkisi ile açıklanabilir. Her ne kadar, fiberler betonun basınç bölgesindeki nihai birim kısılmayı uzatma ve betonun esilmesini geciktirmiş olsa da nihai birim kısılmasındaki artış plastik deformasyon üzerine (elastik bölgedeki enerji kapasitesine kıyasla) daha büyük bir katkı sağlamaktadır. Şekil 5.2'de % 1.5 oranındaki fiber katkılı betonarme döşemesinin maksimum yük kapasitesindeki azalış ile fiberlerin kesit derinliğine bağlı olarak topaklanması ile açıklanabilir. Yalciner, Kumbasaroglu ve Ergun, (2018) ve Bicer, Yalciner, Balkıs ve Kumbasaroglu (2018) tarafından % 1.5 fiber katkılı tam ölçekli betonarme kirişleri gerçekleştirilen deneysel çalışmada bu etki gözlenmemiştir. Bunun nedeni mevcut çalışma kapsamında kullanılan döşeme derinliğinin daha az olması ve vibratör kullanımının % 1.5 fiber katkılı betonarme döşemeleri için yetersiz kalmasıdır. Tablo 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterildiği üzere, RCS<sub>2</sub>, %1 betonarme döşemesinin sünekliği RCS<sub>1</sub>, 0% döşemesine göre % 155 artmıştır. RCS<sub>3</sub>, %1.5 betonarme döşemesinde beton basınç dayanıma bağlı olarak birincil rijitliğin azalması nedeni ile RCS<sub>3</sub>,%1.5 betonarme döşemesinin süneklik oranı RCS<sub>1</sub>, 0% döşemesi

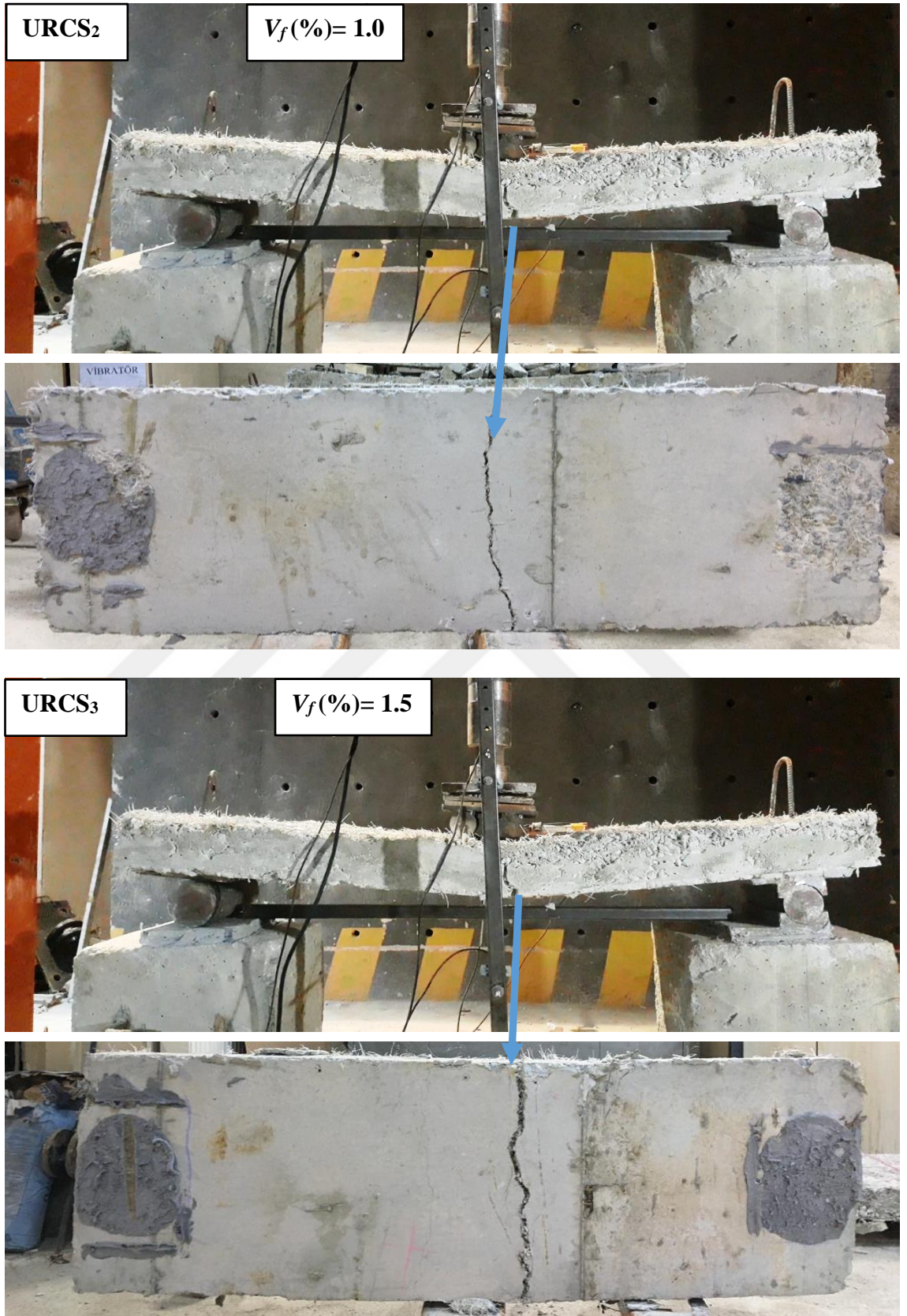


ile özdeştir. Bu noktada hesaplanan süneklik değerleri için maksimum yükün % 85'nin göz önüne alındığının belirtilmesinde fayda vardır. Her ne kadar;  $RCS_{1, \%0}$  ve  $RCS_{3, \%1.5}$  betonarme döşemelerinin % 85'e karşılık gelen süneklik oranları aynı olsa da,  $RCS_{3, \%1.5}$  betonarme döşemesinin tükettiği toplam enerji kapasitesi  $RCS_{1, \%0}$  döşemesinden fazladır.

Her iki grupta yer alan döşemelerin süneklik oranlarındaki artışlar artan çekme çatlak sayılarının (ancak çatlak genişliklerin sınırlı kalması) daha fazla enerji yutma kapasitesindeki artış ile açıklanabilir. Yalnızca çekme çatlak sayılarının artması değil; aynı zamanda üç boyutlu donatı görevini gören plastik lifler agregalar arasında köprüleme görevi görmüştür. Fiberlerin sahip olduğu bu özellikten dolayı artan yük etkisi altında çatlak genişlikleri sınırlandırılarak daha sünek bir davranış sergilemişlerdir. Şekil 5.3 ve 5.4'te her iki grupta (URCS ve RCS) yer alan döşemelere ait ve yükleme sonrası çatlak desenleri gösterilmektedir.

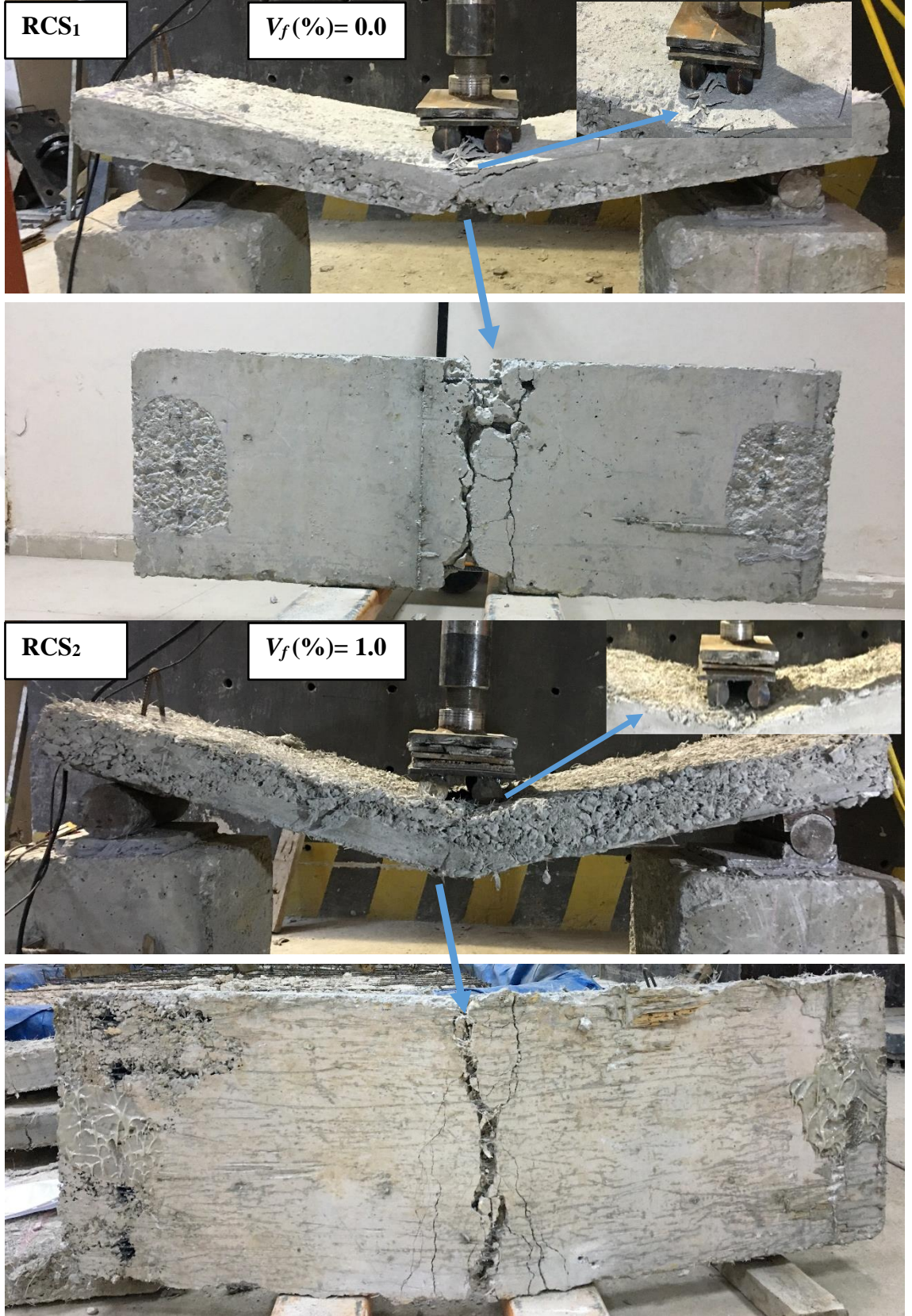


**Şekil 5.3.** URCS grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri.

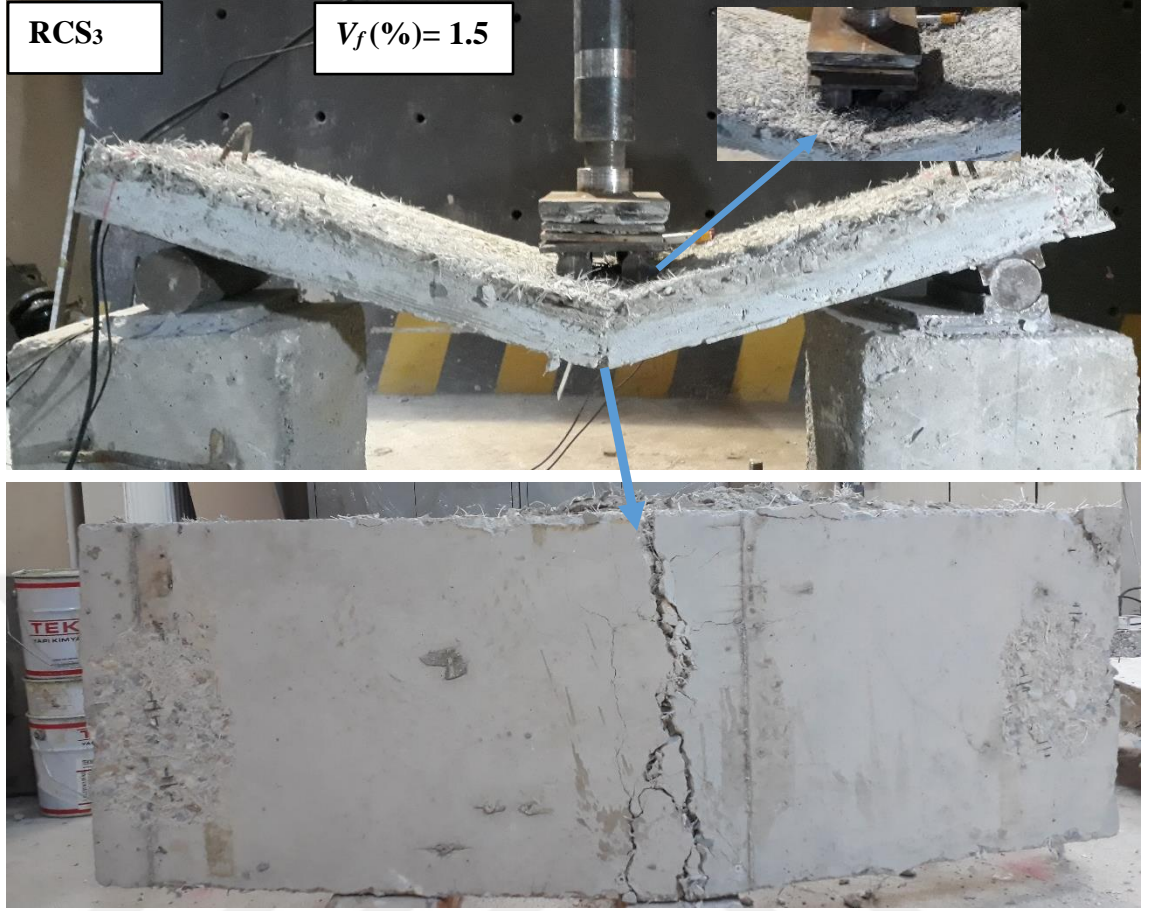


Şekil 5. 3. URCS grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





Şekil 5. 4. RCS grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri.

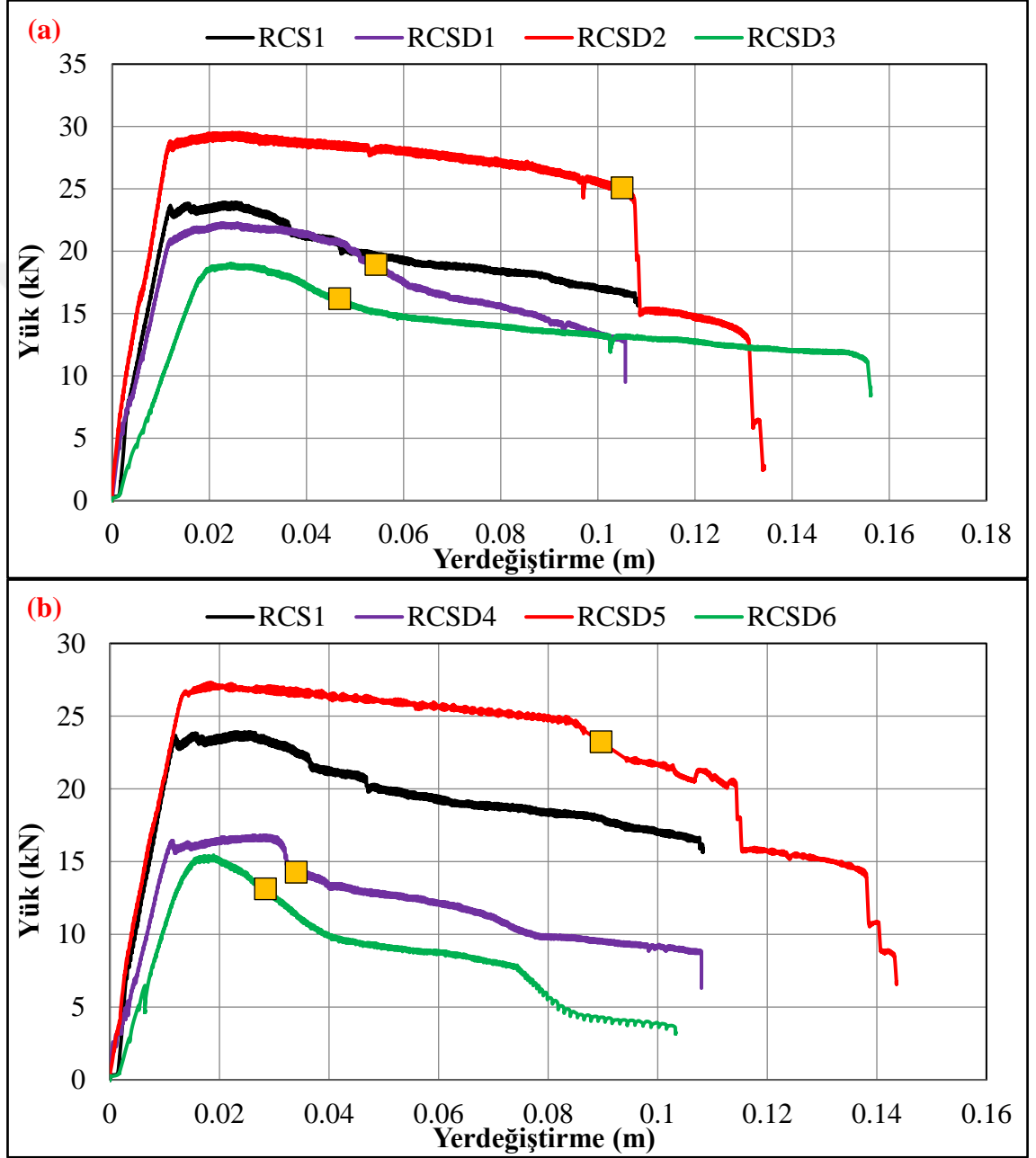


**Şekil 5. 4.** RCS grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).

Şekil 5.3 ve 5.4'te gösterildiği üzere plastik liflerin oranının artırılması ile birlikte çekme çatlak sayısı artmış ancak çatlak genişlikleri katkısız veya daha düşük katkı oranlarının olduğu döşemeler kıyas ile azalmıştır. Şekil 5.3 ve 5.4'te çatlak desenleri incelendiğinde diğer önemli bir yapısal davranışı etkileyen husus basınç bölgesinde meydana gelen hasar durumudur. Şekil 5.3 ve 5.4'te gösterildiği üzere yükün uygulandığı basınç bölgesindeki esilmeler referans döşemesine göre veya daha düşük katkı oranlarının olduğu döşemelere kıyas ile azalmıştır. Bu durum deneye tabi tutulan plastik lif katkılı döşemelerde hem süneklik hem de enerji yutma kapasitelerinin artması betonun çekme dayanımının artması ile birlikte tarafsız eksenin belirgin bir şekilde azalmasından dolayıdır.

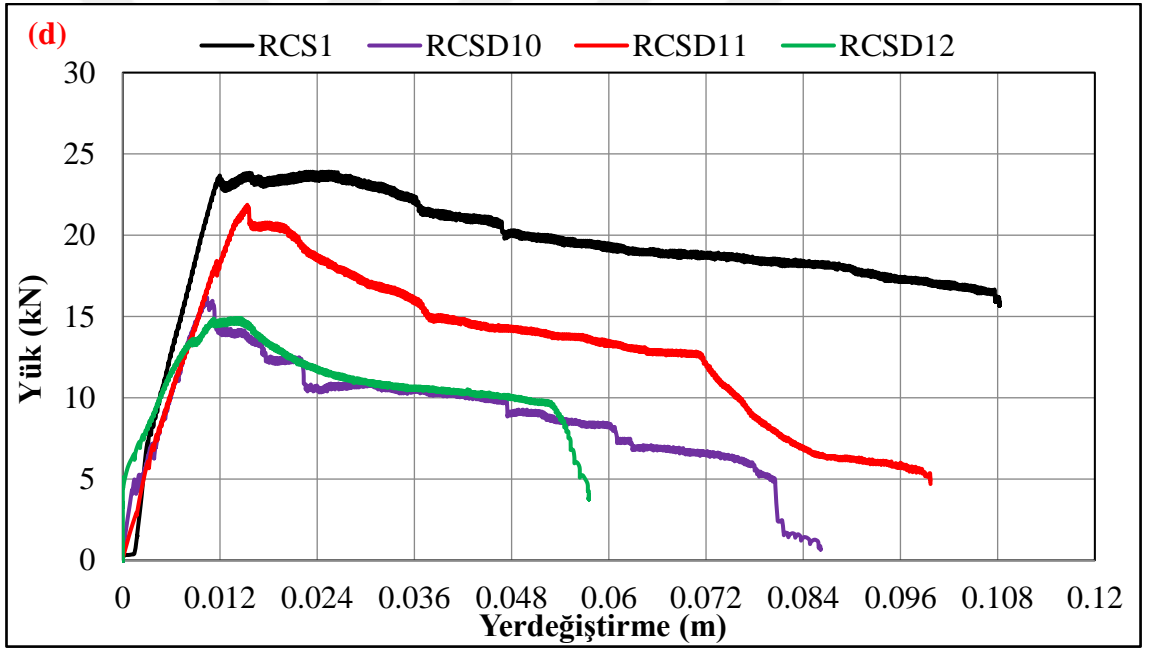
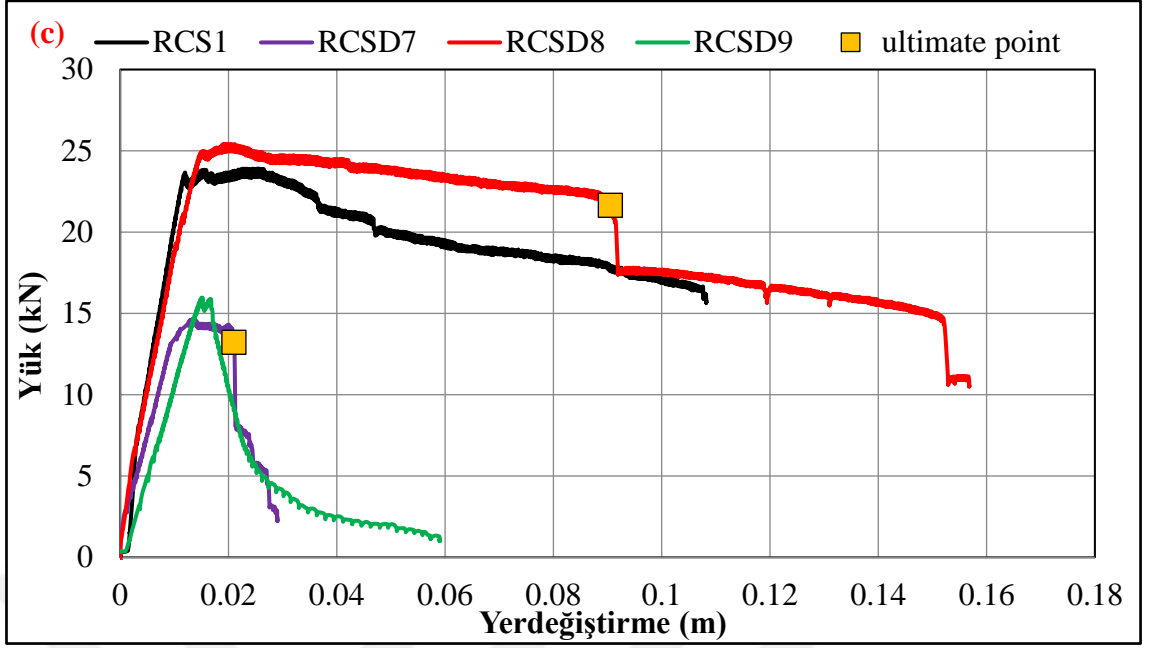
## 5.2. RCSD Grupların da Yer Alan Döşemelere Ait Yük-Yer değiştirme Sonuçları

Deneyi gerçekleştirilen RCSD betonarme döşemeler için yük-yer değiştirme grafikleri elde edilmiş ve Şekil 5.5'te sunulmuştur. Deney sonuçları ise özetlenerek Tablo 5.2'de her bir betonarme döşemesi için sunulmuştur.

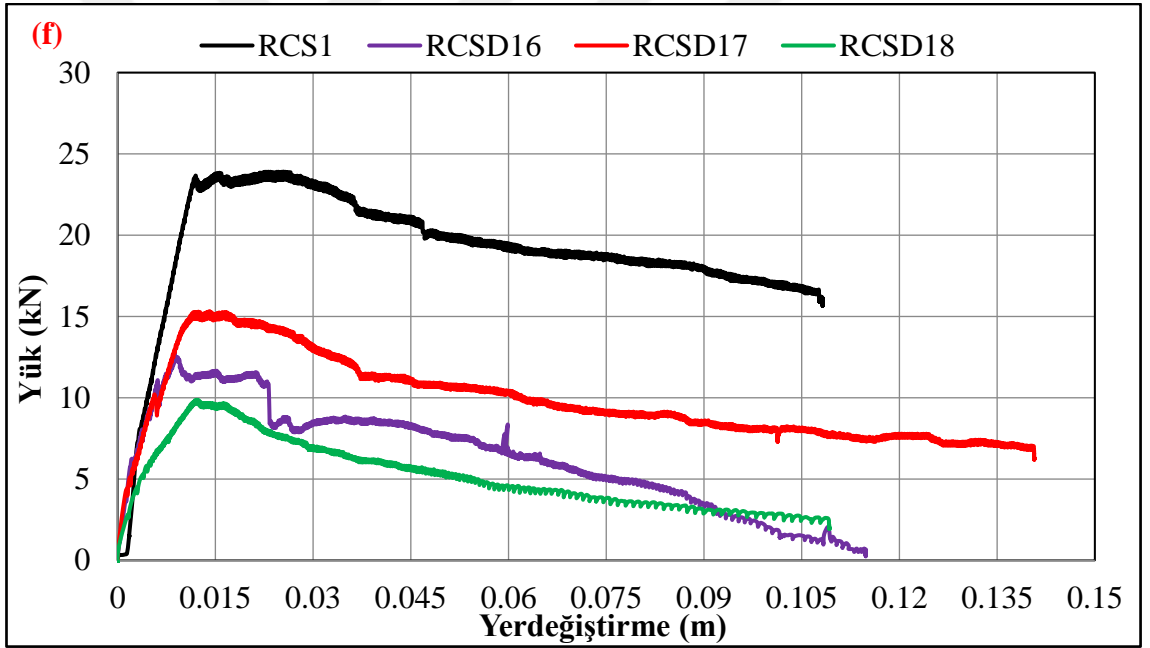
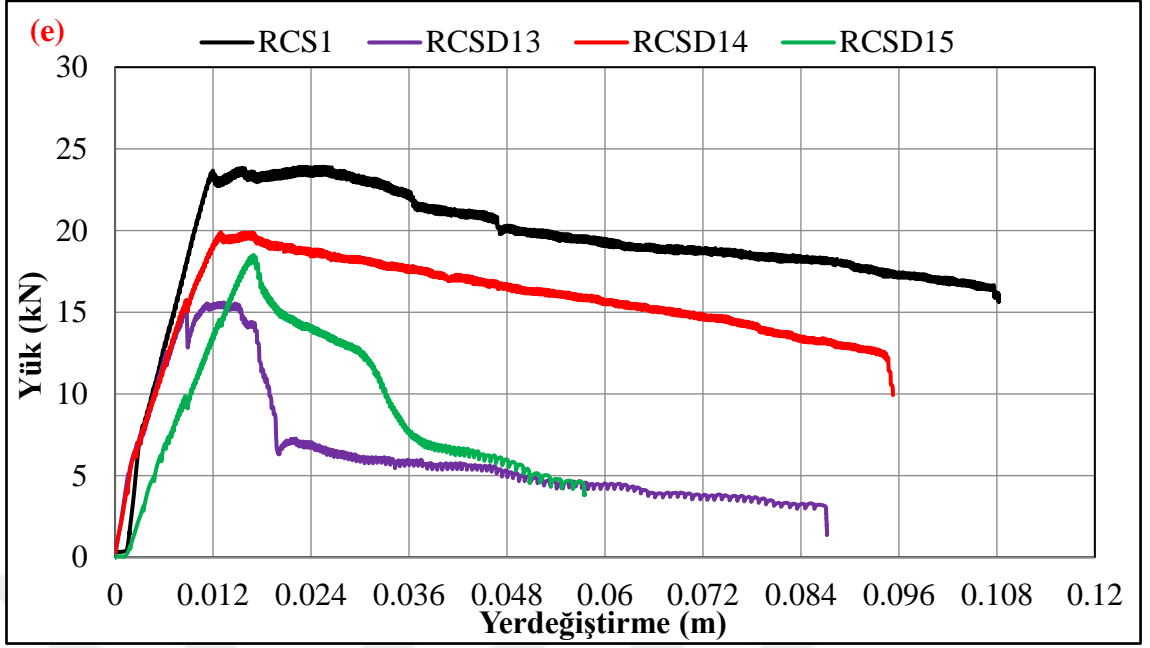


Şekil 5. 5. RCSD gruplarında yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri: (a) Grup C; (b) Grup D; (c) Grup E; (d) Grup F; (e) Grup G; (f) Grup H; (g) Grup I; (h) Grup J; (i) Grup K.

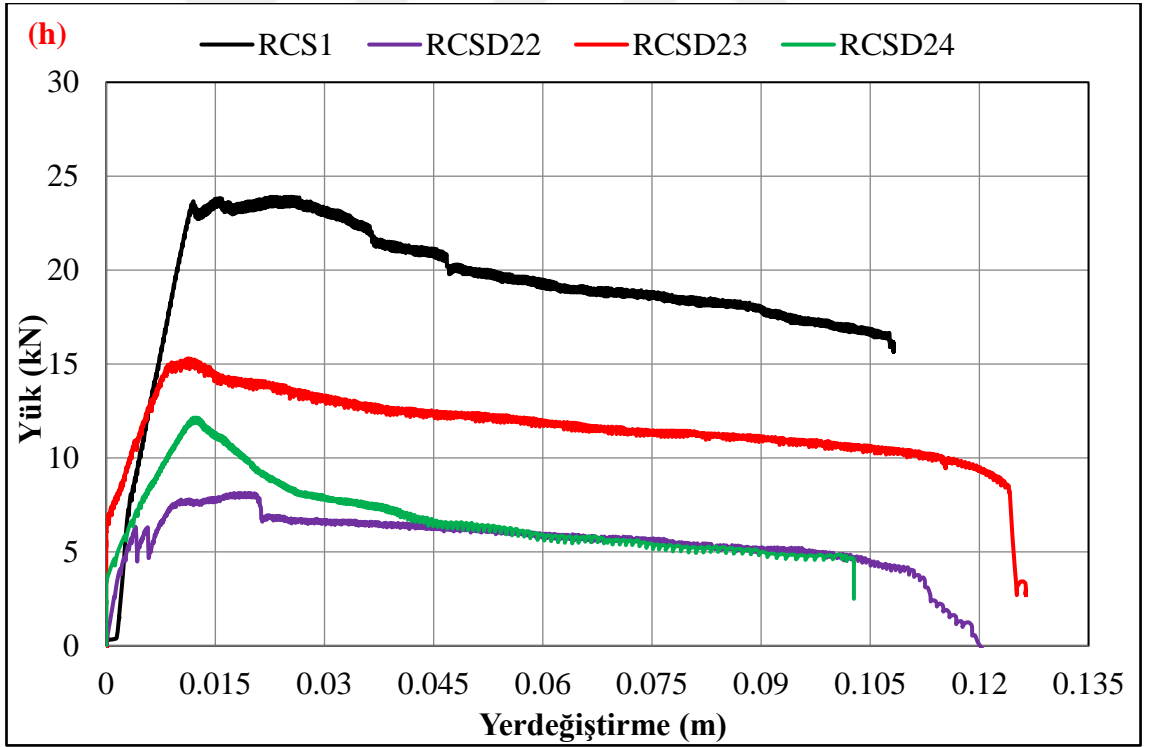
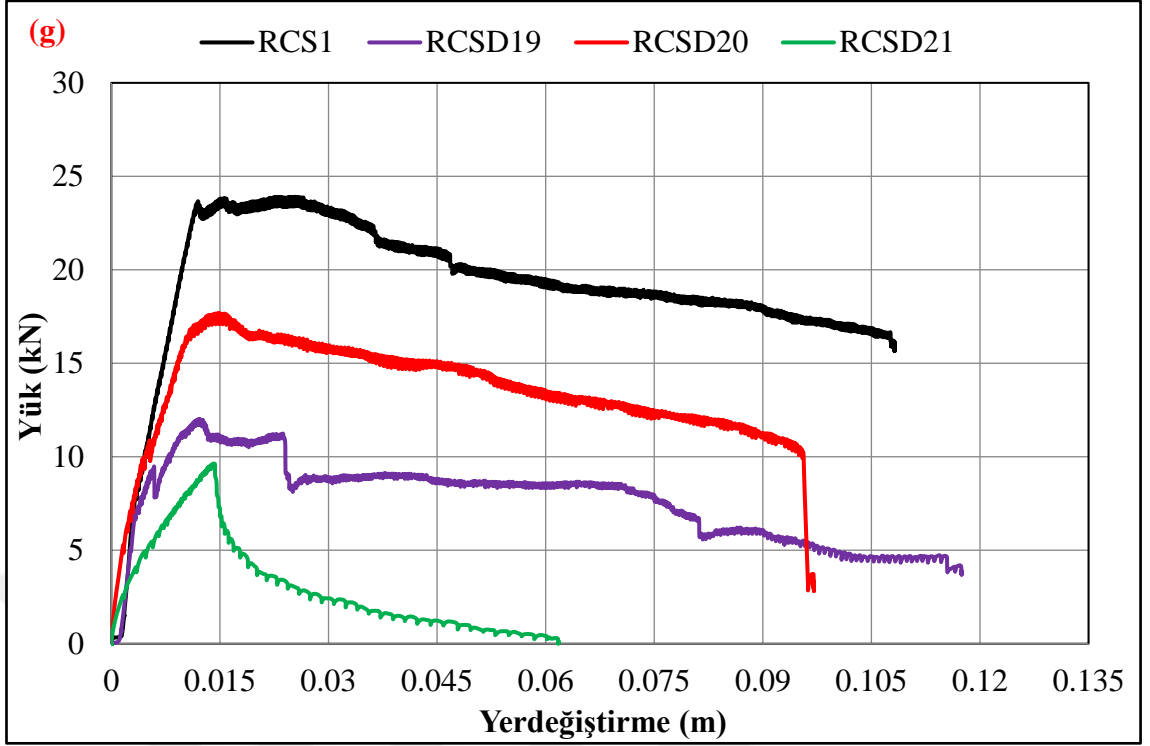




**Şekil 5. 5.** RCSD gruplarında yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri: (a) Grup C; (b) Grup D; (c) Grup E; (d) Grup F; (e) Grup G; (f) Grup H; (g) Grup I; (h) Grup J; (i) Grup K (devam).

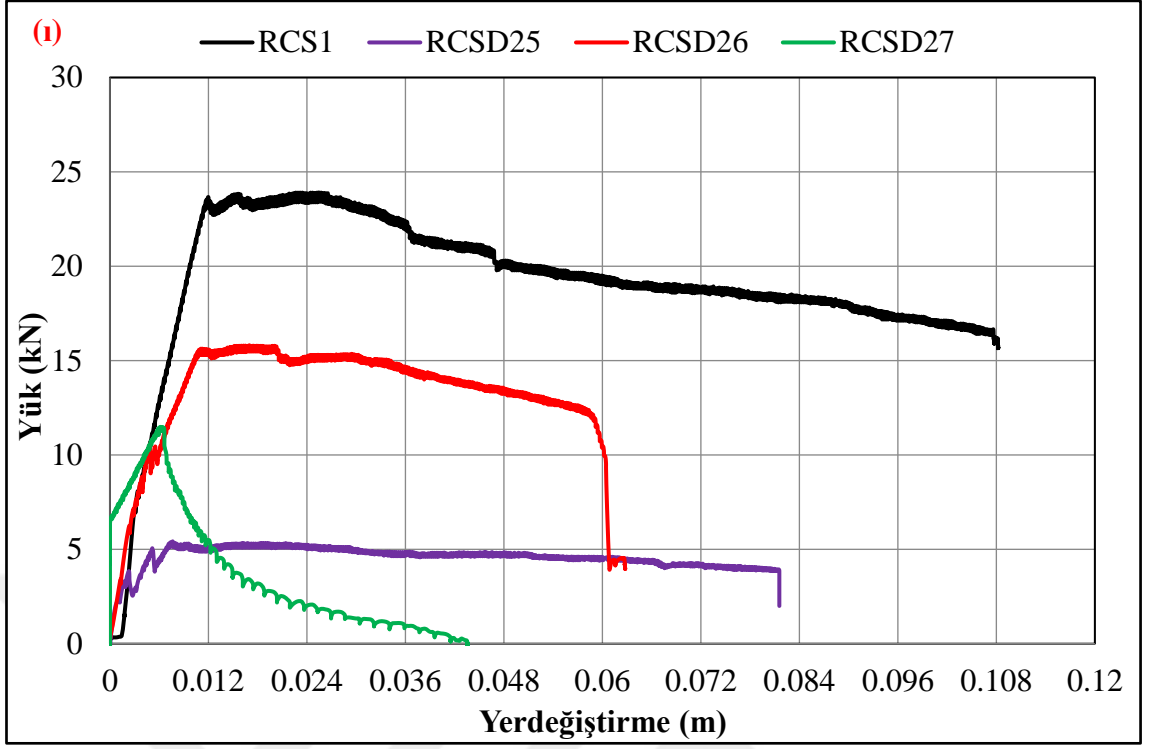


Şekil 5. 5. RCSD gruplarında yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri: (a) Grup C; (b) Grup D; (c) Grup E; (d) Grup F; (e) Grup G; (f) Grup H; (g) Grup I; (h) Grup J; (i) Grup K.



Şekil 5.5. RCSD gruplarında yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri: (a) Grup C; (b) Grup D; (c) Grup E; (d) Grup F; (e) Grup G; (f) Grup H; (g) Grup I; (h) Grup J; (i) Grup K (devam).





Şekil 5. 5. RCSD gruplarında yer alan döşemelere ait yük-yer değiştirme grafikleri: (a) Grup C; (b) Grup D; (c) Grup E; (d) Grup F; (e) Grup G; (f) Grup H; (g) Grup I; (h) Grup J; (i) Grup K (devam).

**Tablo 5. 2.** RCSD grubunda yer alan betonarme döşemelere ait deneysel sonuçlar.

<b>Grup</b>	<b>Döşeme</b>	$V_f$ (%)	$F_y$ (kN)	$F_u$ (kN)	$\Delta_y$ (m)	$\Delta_u$ (m)	$\mu$	$E$ (joule)
<b>B</b>	<b>RCS<sub>1</sub></b>	0.0	23.7	20.4	0.012	0.047	3.9	2068.3
	<b>RCSD<sub>1</sub></b>	0.0	28.1	18.9	0.012	0.054	4.4	1834.9
<b>C</b>	<b>RCSD<sub>2</sub></b>	1.0	20.7	25.1	0.013	0.105	8.3	2871.9
	<b>RCSD<sub>3</sub></b>	1.5	18.5	15.2	0.019	0.047	2.4	2133.8
	<b>RCSD<sub>4</sub></b>	0.0	15.4	14.3	0.011	0.034	3.0	1289.8
<b>D</b>	<b>RCSD<sub>5</sub></b>	1.0	23.0	20.1	0.017	0.047	2.7	2720.3
	<b>RCSD<sub>6</sub></b>	1.5	15.1	13.1	0.016	0.028	1.8	880.5
	<b>RCSD<sub>7</sub></b>	0.0	14.5	13.2	0.013	0.021	1.6	280.4
<b>E</b>	<b>RCSD<sub>8</sub></b>	1.0	24.8	21.6	0.015	0.091	5.9	2038.0
	<b>RCSD<sub>9</sub></b>	1.5	Gevrek	15.0*	Gevrek	0.015*	Gevrek	312.7
	<b>RCSD<sub>10</sub></b>	0.0	Gevrek	15.2*	Gevrek	0.010*	Gevrek	771.6
<b>F</b>	<b>RCSD<sub>11</sub></b>	1.0	Gevrek	21.9*	Gevrek	0.015*	Gevrek	1273.7
	<b>RCSD<sub>12</sub></b>	1.5	Gevrek	14.9*	Gevrek	0.013*	Gevrek	630.4
	<b>RCSD<sub>13</sub></b>	0.0	Gevrek	15.6*	Gevrek	0.013*	Gevrek	560.2
<b>G</b>	<b>RCSD<sub>14</sub></b>	1.0	Gevrek	19.9*	Gevrek	0.013*	Gevrek	1485.9
	<b>RCSD<sub>15</sub></b>	1.5	Gevrek	18.5*	Gevrek	0.017*	Gevrek	531.6
	<b>RCSD<sub>16</sub></b>	0.0	Gevrek	12.7*	Gevrek	0.009*	Gevrek	733.2
<b>H</b>	<b>RCSD<sub>17</sub></b>	1.0	Gevrek	15.3*	Gevrek	0.014*	Gevrek	1381.0
	<b>RCSD<sub>18</sub></b>	1.5	Gevrek	9.9*	Gevrek	0.012*	Gevrek	565.3
	<b>RCSD<sub>19</sub></b>	0.0	Gevrek	12.0*	Gevrek	0.012*	Gevrek	897.2
<b>I</b>	<b>RCSD<sub>20</sub></b>	1.0	Gevrek	17.7*	Gevrek	0.015*	Gevrek	1310.6
	<b>RCSD<sub>21</sub></b>	1.5	Gevrek	9.6*	Gevrek	0.014*	Gevrek	185.7
	<b>RCSD<sub>22</sub></b>	0.0	Gevrek	8.1*	Gevrek	0.017*	Gevrek	673.3
<b>J</b>	<b>RCSD<sub>23</sub></b>	1.0	Gevrek	15.3*	Gevrek	0.011*	Gevrek	1473.1
	<b>RCSD<sub>24</sub></b>	1.5	Gevrek	12.1*	Gevrek	0.012*	Gevrek	700.0
	<b>RCSD<sub>25</sub></b>	0.0	Gevrek	5.4*	Gevrek	0.008*	Gevrek	374.8
<b>K</b>	<b>RCSD<sub>26</sub></b>	1.0	Gevrek	15.8*	Gevrek	0.017*	Gevrek	821.7
	<b>RCSD<sub>27</sub></b>	1.5	Gevrek	11.5*	Gevrek	0.006*	Gevrek	160.2

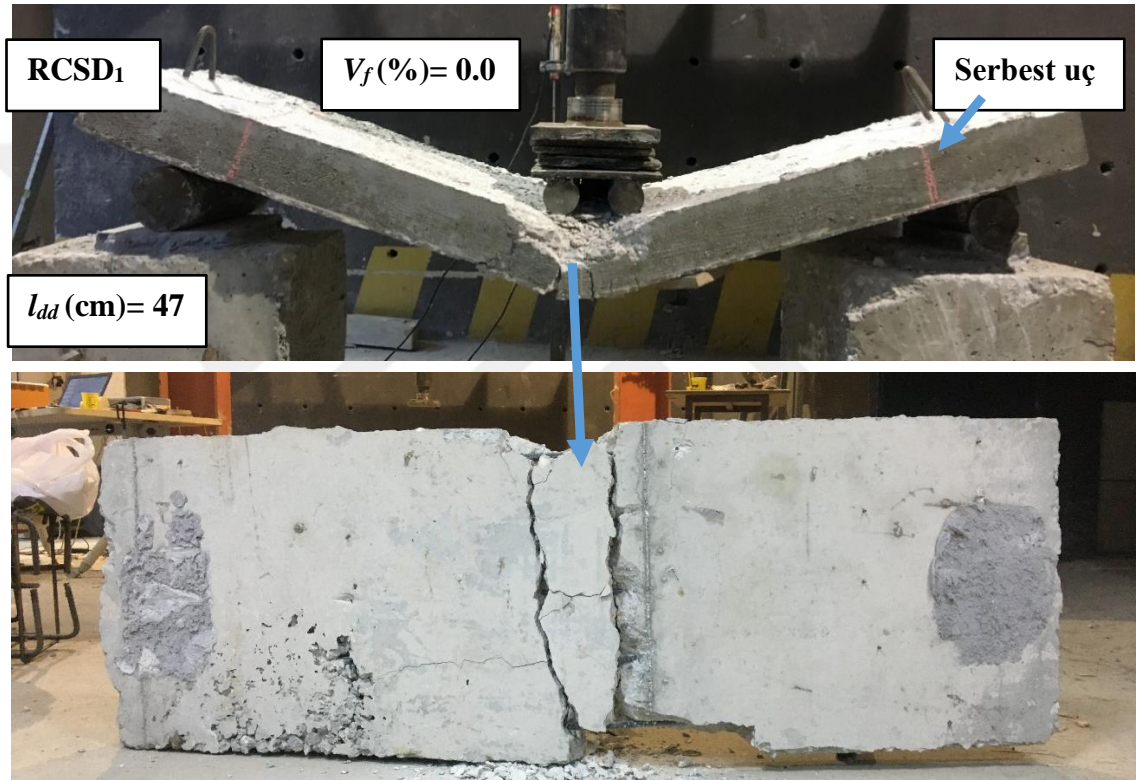
\*: Maximum yük ve karşılık gelen yer değiştirme.

Şekil 5.5'te gömme boyunun yapısal davranış üzerine etkisinin kıyaslanması amacı ile  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesine ait yük-yer değiştirme grafiği tekrardan çizilmiştir. Şekil 5.5 (a)'da gösterildiği üzere;  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesinin gömme boyu  $RCSD_{1, \%0.0}$  döşemesi ile kısaltıldığında;  $RCS_{1,0.0\%}$  döşemesinin enerji yutma kapasitesi  $RCSD_{1, \%0.0}$  ile birlikte %11 azalmıştır. Ancak  $RCSD_{1, \%0.0}$  döşemesinin aksine; Şekil 5.5 (a)'da  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesinin gömme boyu grup C ile kısaltılmış olsa da; fiberleri katkısı ile birlikte  $RCSD_{2, \%1.0}$  döşemesinin enerji yutma kapasitesi daha fazladır. Gömme boyunun 470 mm'ye kısaltıldığı  $RCSD_{2,1.0\%}$  döşemesinin enerji yutma kapasitesi %40  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesinden fazladır. Buna ek olarak; Tablo 5.2'de gösterildiği üzere  $RCSD_{2, \%1.0}$  döşemesinin  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesinin süneklik oranına oranı 2'dir.

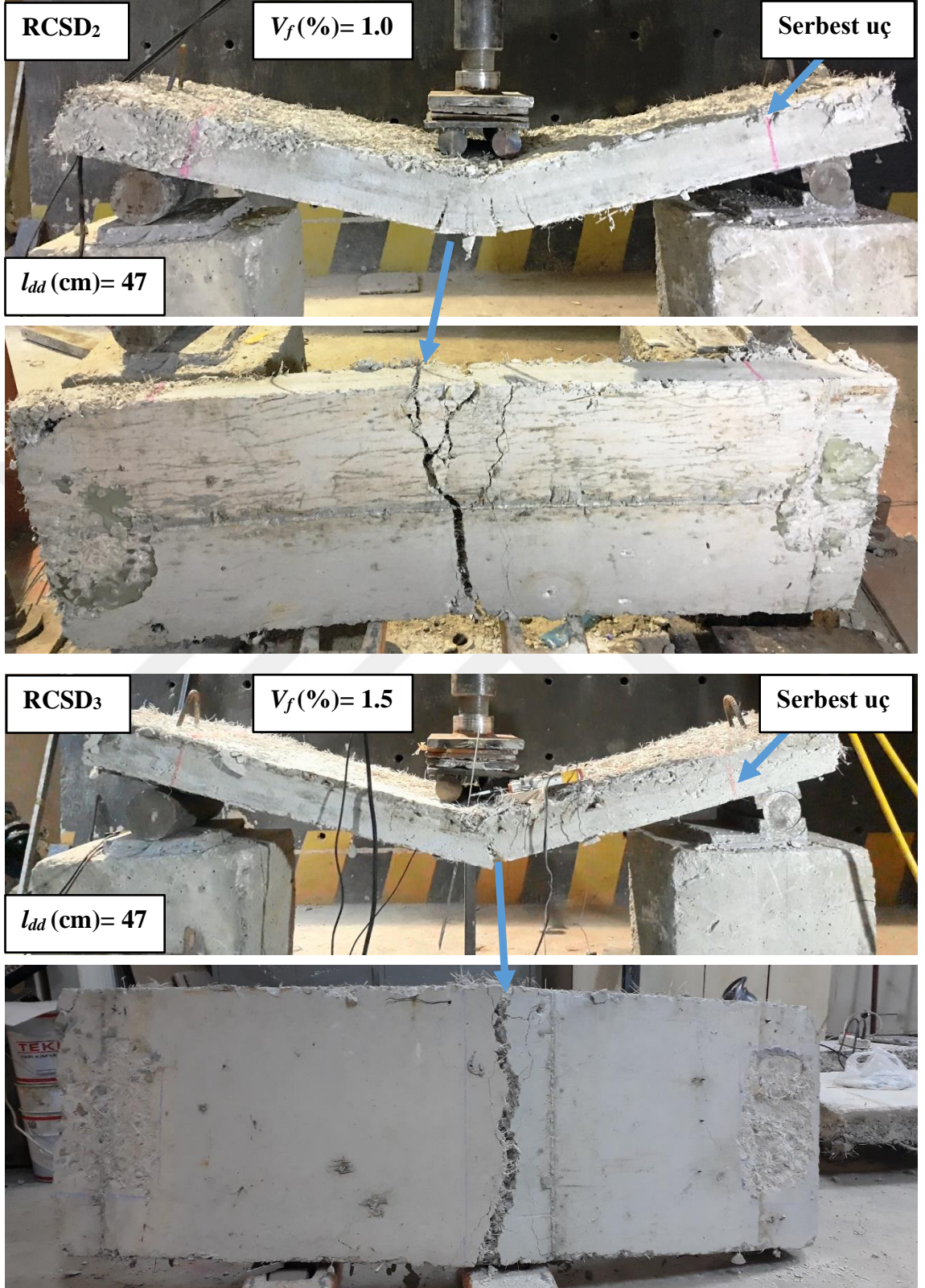
Şekil 5.5 (b)'de gömme boyunun 650 mm'de 420 mm'ye kısaltıldığı grup D'de; % 0 fiber katkılı betonarme döşemesi  $RCSD_{4, \%0.0}$   $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesine göre enerjisinin % 38'ini kaybetmiştir. Grup D numuneleri arasında yer alan %1 fiber katkılı  $RCSD_{5, 1.0\%}$  döşemesi ise  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesine göre nihai yük kapasitesine koruyarak % 32 daha fazla enerji yutma kapasitesine sahip olmuştur. Fakat RCS grubunun deneysel verilerinin tartışıldığı bölümde bahsedildiği üzere % 1.5 fiber katkılı ve kesit derinliğine bağlı olarak meydana gelen topaklanmalar gömme boyunun kısaltıldığı  $RCSD_{6, \%1.5}$  döşemesinin  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesine göre süneklik ve enerji yutma kapasiteleri bakımından yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Bu yapısal davranış % 1.5 fiber katkılı grup E'den K'ya kadar döşemeler için aynıdır. Gömme boyunun daha da kısaltılması ile bu etki daha belirgin bir hal almıştır. Tablo 5.2'de gömme boyunun 650 mm'den 300 mm'ye düşürüldüğü grup E'de; % 0 fiber katkılı betonarme döşemesi  $RCS_{7, \%0.0}$  nihai ve enerji yutma kapasiteleri büyük bir ölçüde kaybetmiştir. Ancak aynı grup içerisinde % 1 plastik lif katkı oranının kullanıldığı  $RCSD_{8, \%1.0}$  döşemesi ile birlikte nihai yük taşıma kapasitesi geri kazanılmıştır. Ayrıca;  $RCSD_{8, \%1.0}$  döşemesi ile birlikte  $RCS_{1, \%0.0}$  döşemesinin % 99 enerji yutma kapasitesi korunmuştur.

Şekil 5.5 ve Tablo 5.2 kapsamında; elde edilen deneysel yük-yer değiştirme grafikleri % 1 plastik lif oranının kullanıldığı grup E'nin optimum sınır durumu olduğu göstermiştir. Daha sonraki gruplarda % 1 oranında plastik lif kullanılmış olsa da enerji tüketme kapasitelerinin gömme boyuna bağlı olarak referans döşemesine ulaşılmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun en belirgin nedeni gömme boyunun döşeme açıklık bölgesine

doğru yaklaştırılması ile birlikte gme mekanizmasının donatı ucunda meydana gelmesidir. Diğer bir ifade ile serbest uçta meydana gelen gme modu, yükün mesnete aktarılmasında gerekli olan Şekil değiştirmelerin yetersiz kalarak betonun çekme dayanımdan gtğn ifade etmektedir. Şekil 5.6'da RCSD grubunda yer alan dşemelere ait ve yükleme sonrası çatlak desenleri gsterilmektedir. Şekil 5.6'da gsterildiği üzere gmme boyunun Grup E'den sonra daha kısaltılması ile birlikte baskın çatlaklar donatı serbest ucundan meydana gelmektedir.

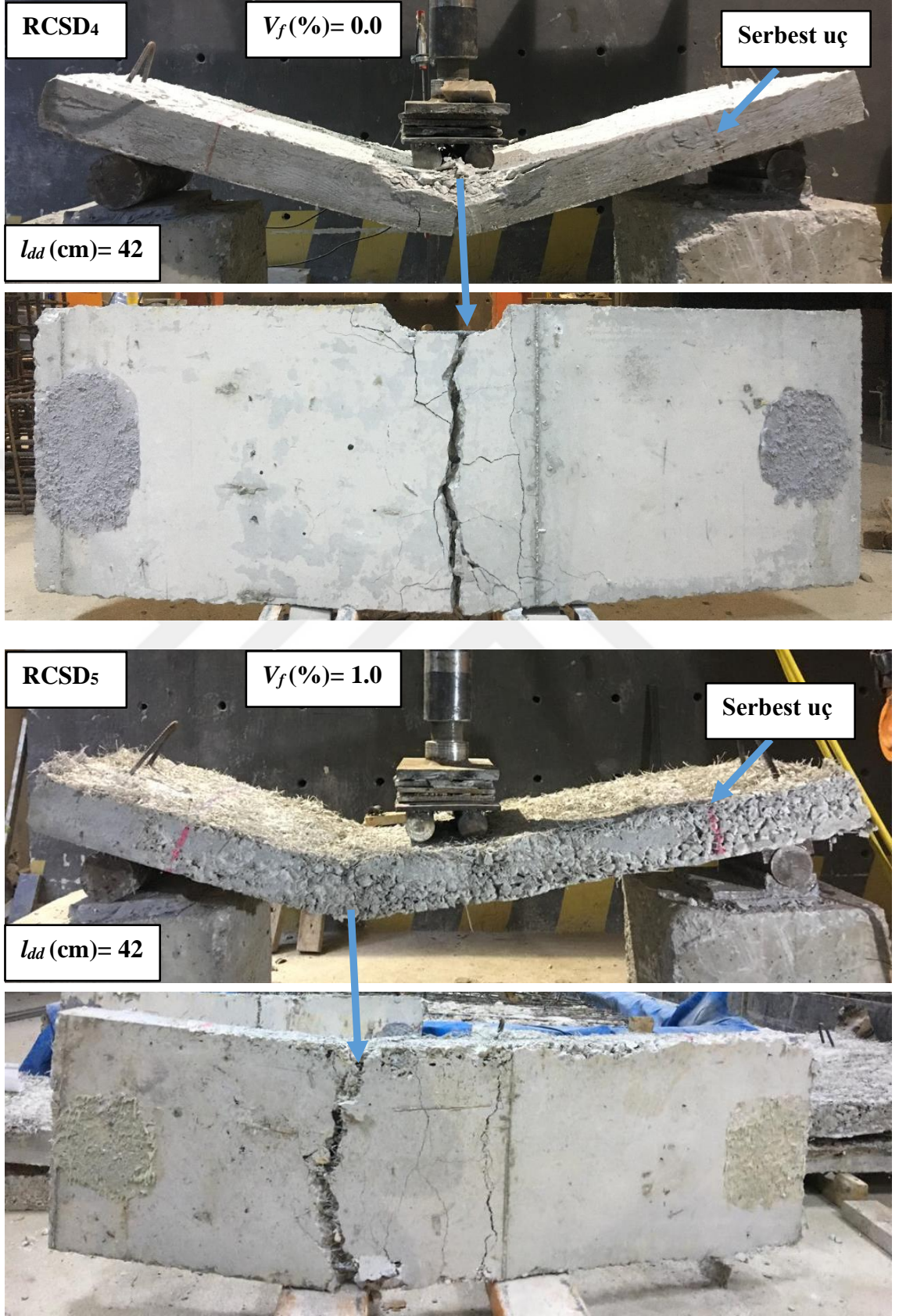


**Şekil 5. 6.** RCSD grubunda yer alan dşemelere ait çatlak desenleri.



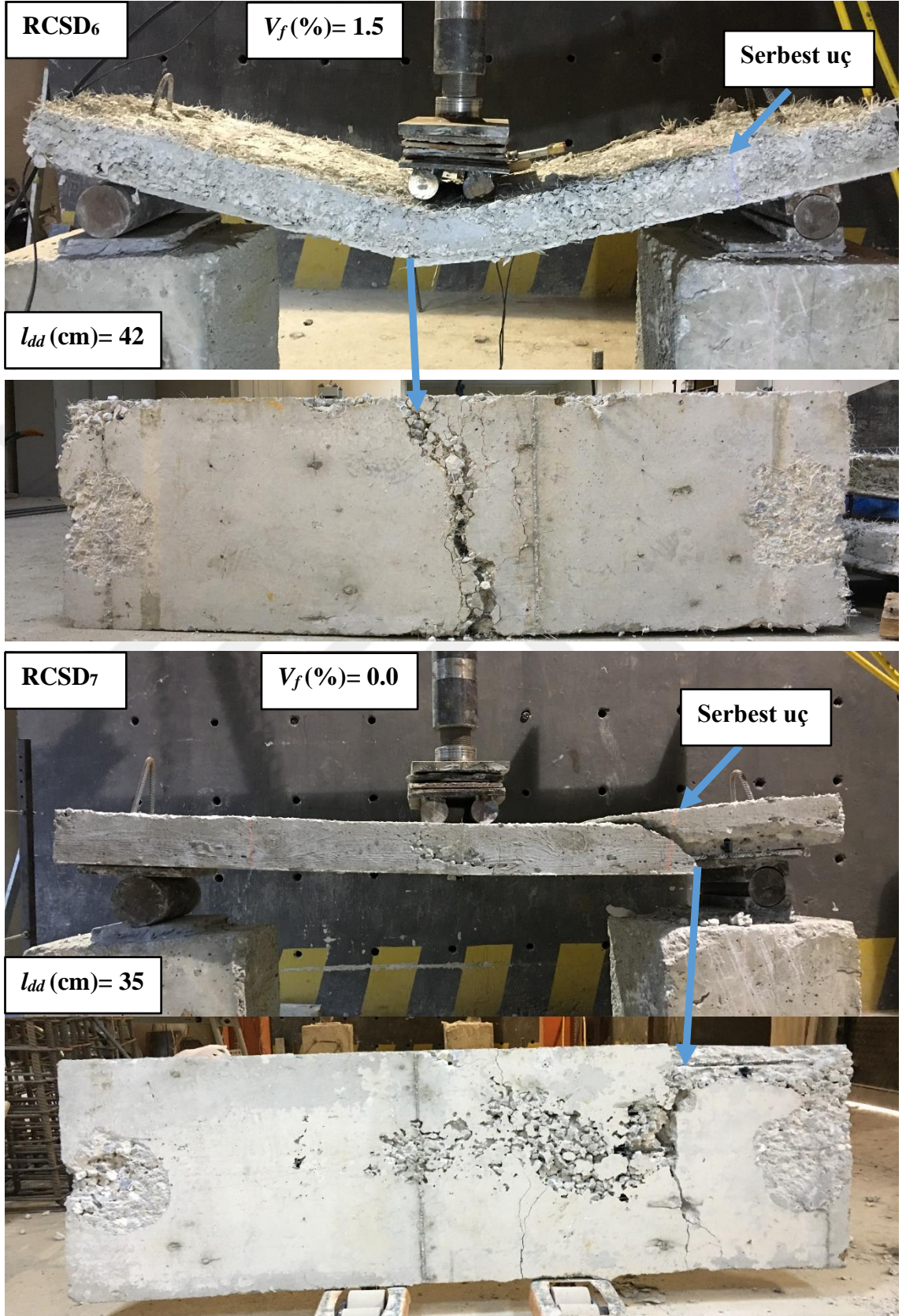
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





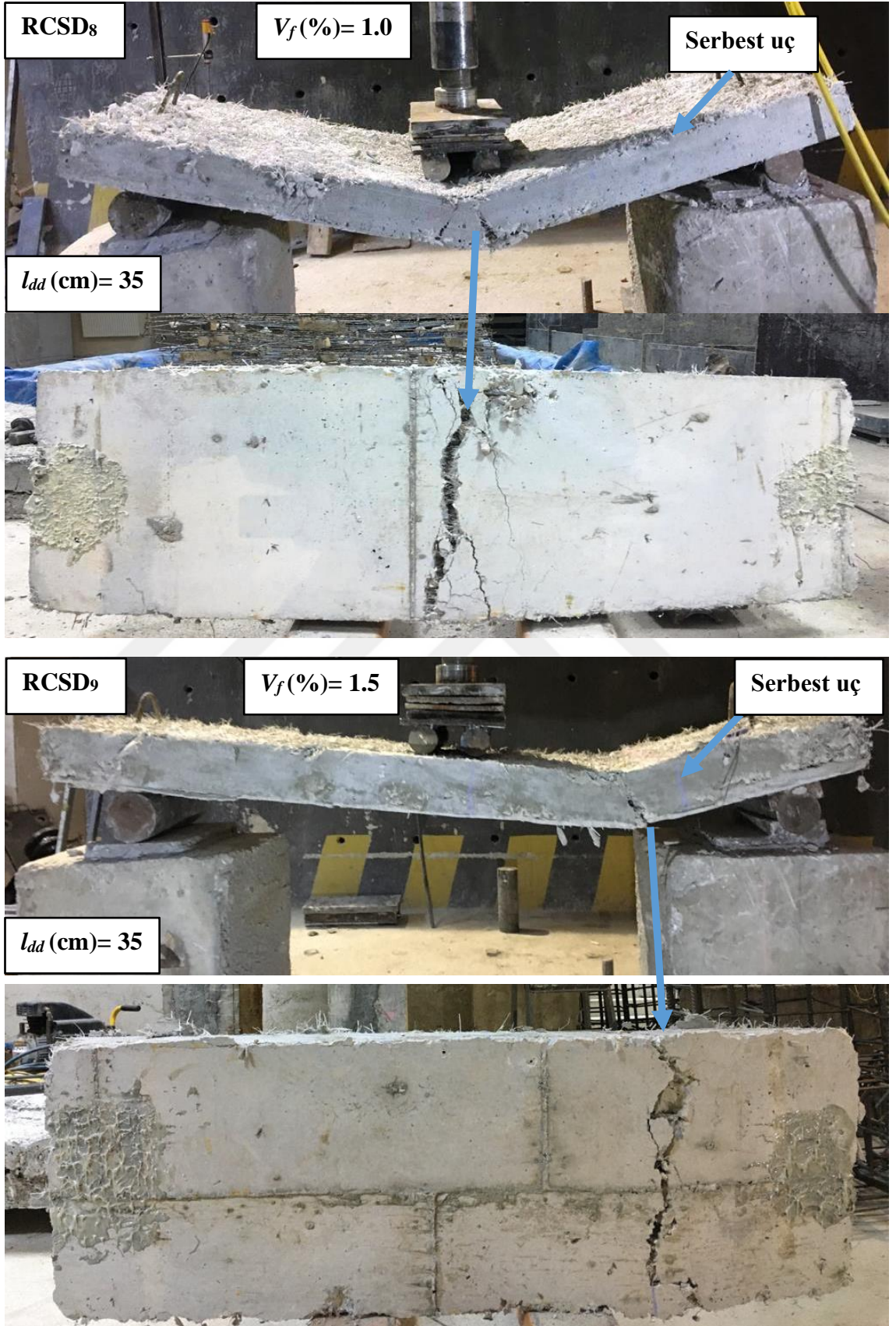
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





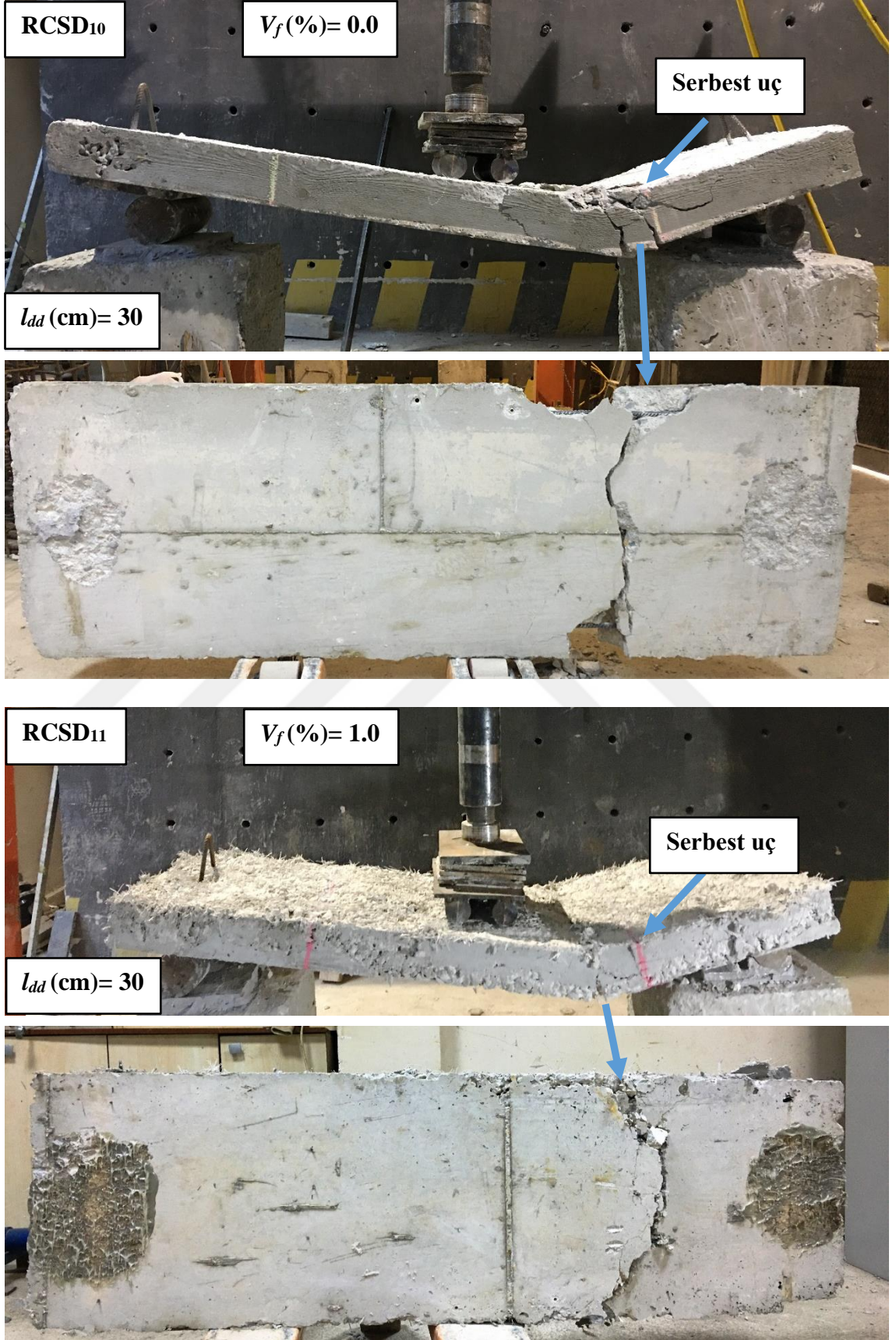
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





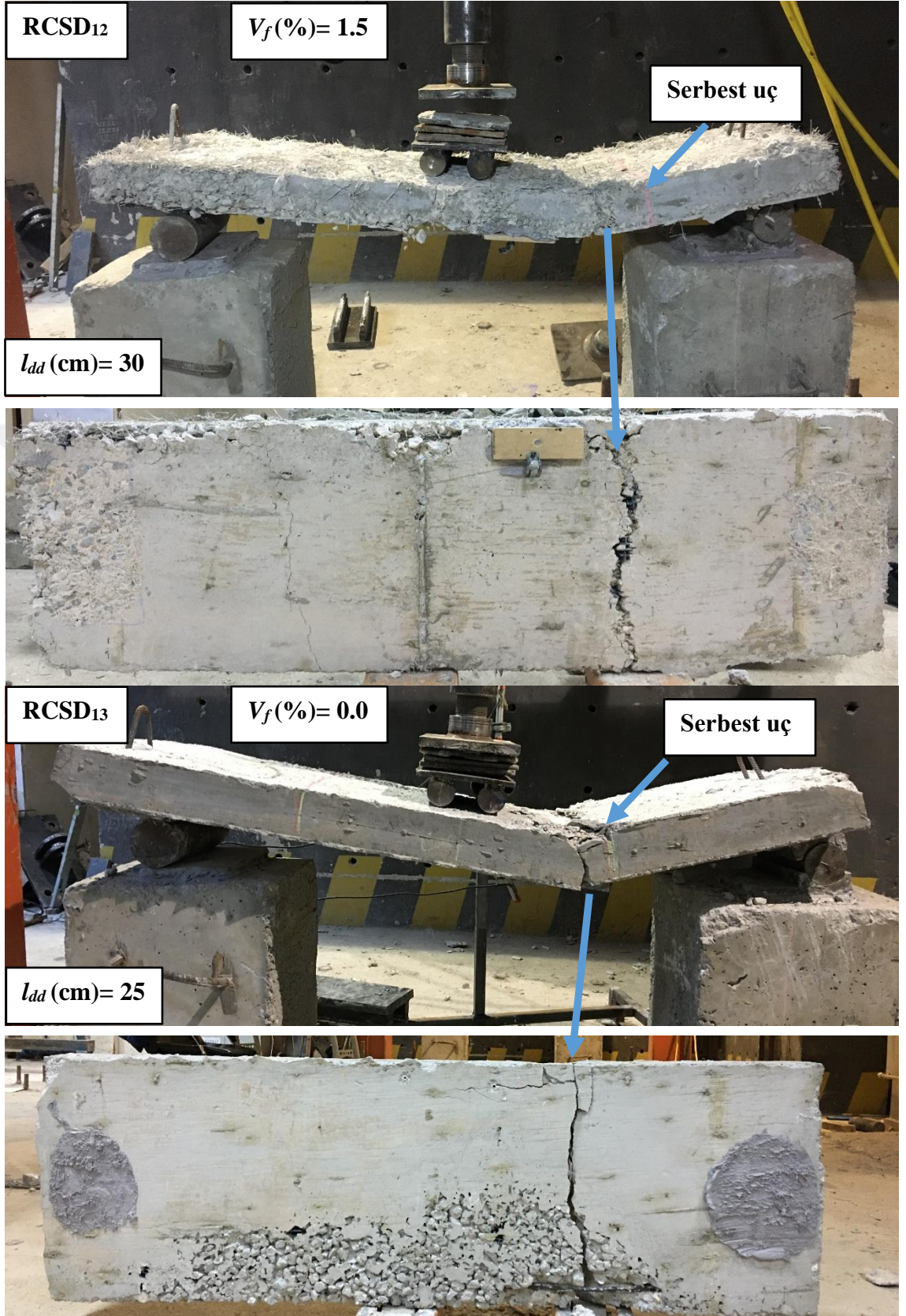
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





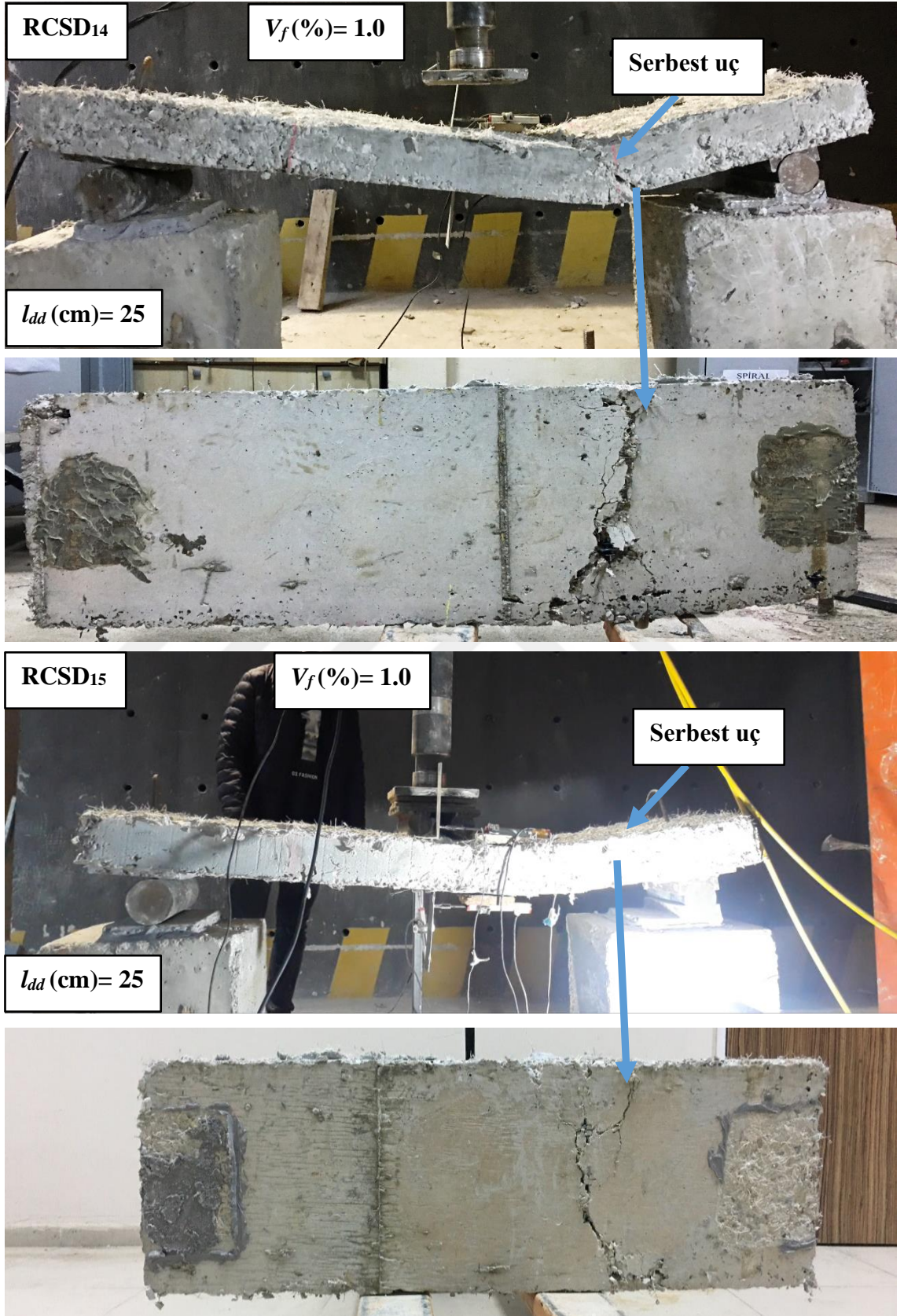
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





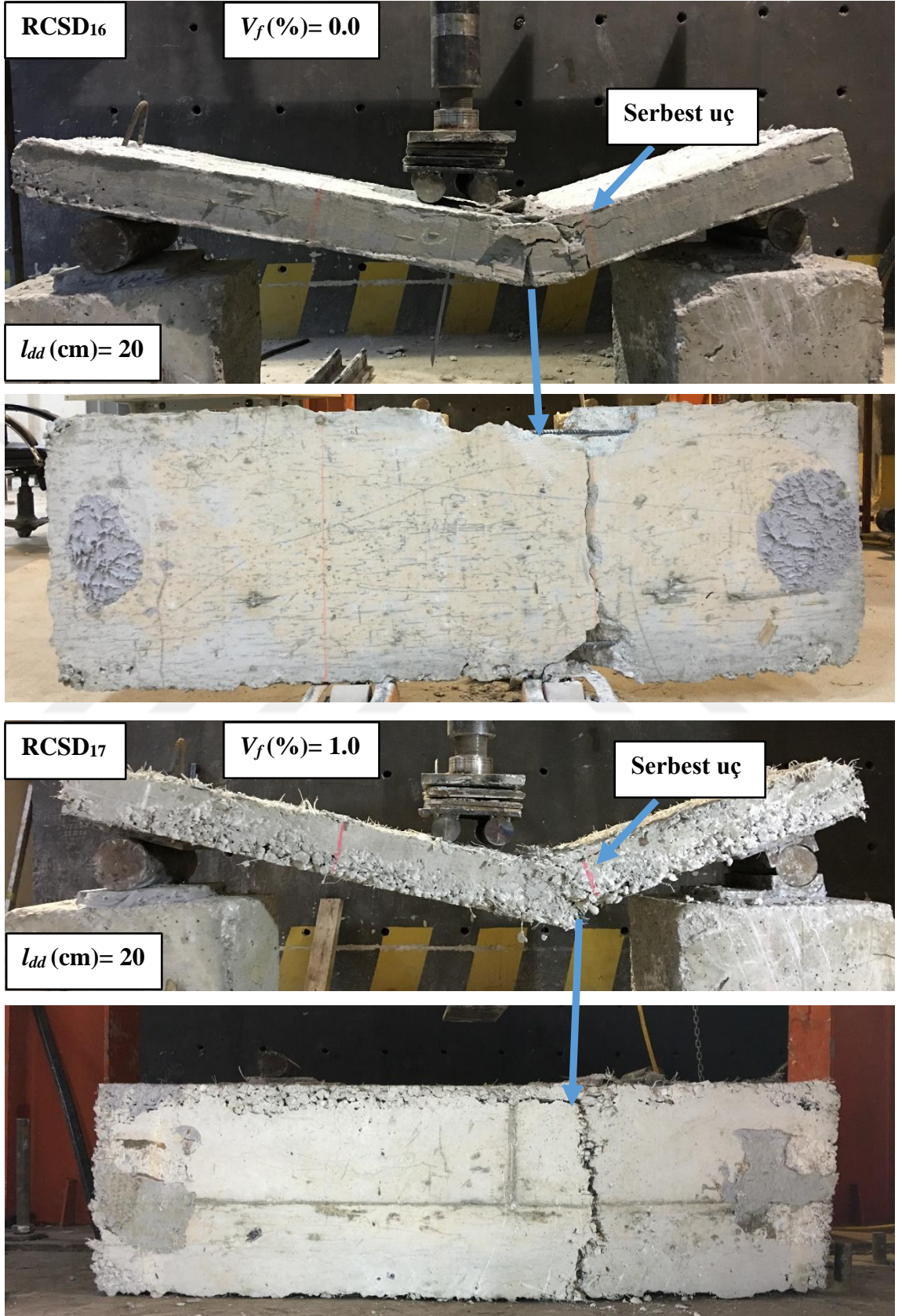
Şekil 5.6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





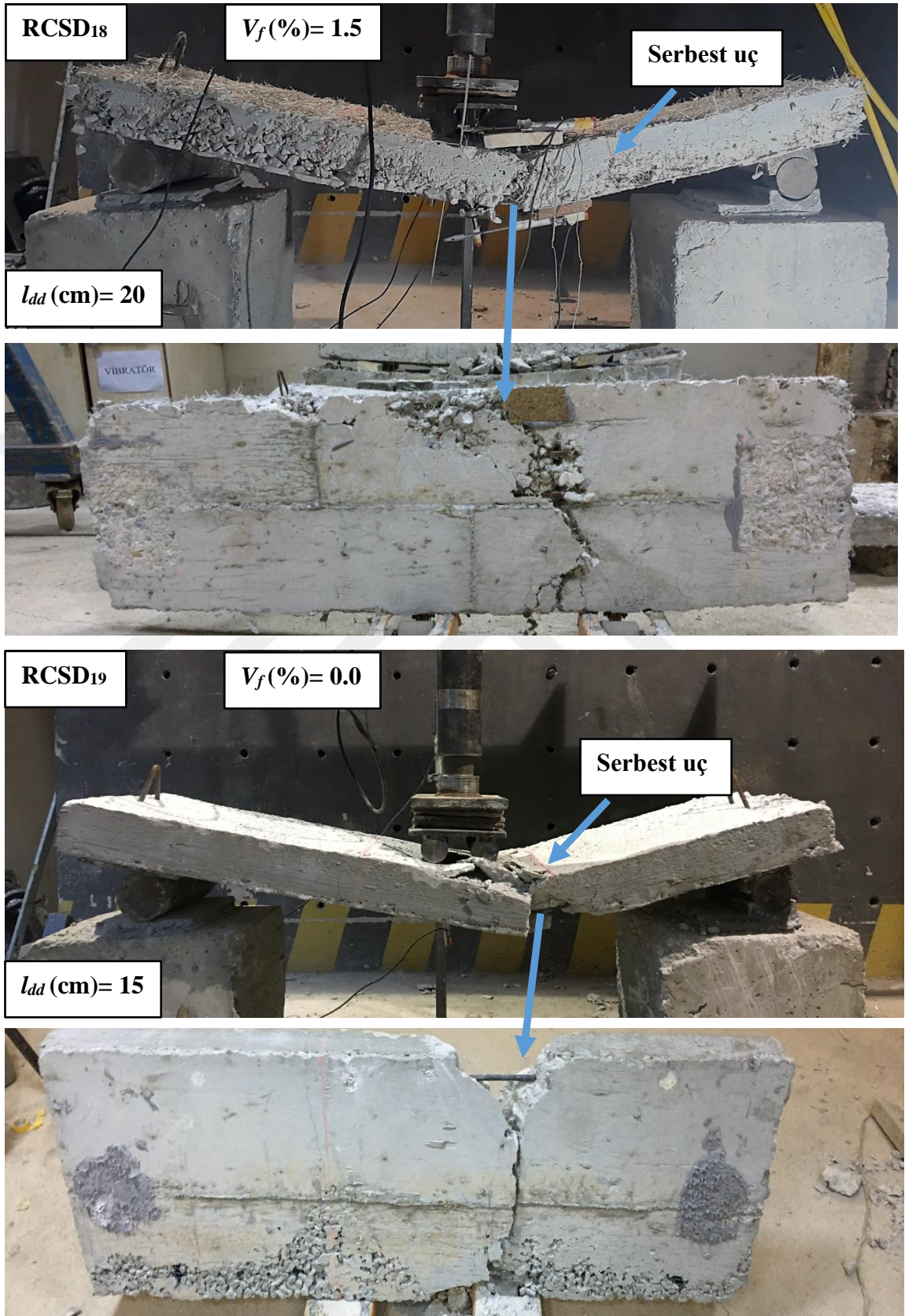
Şekil 5.6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





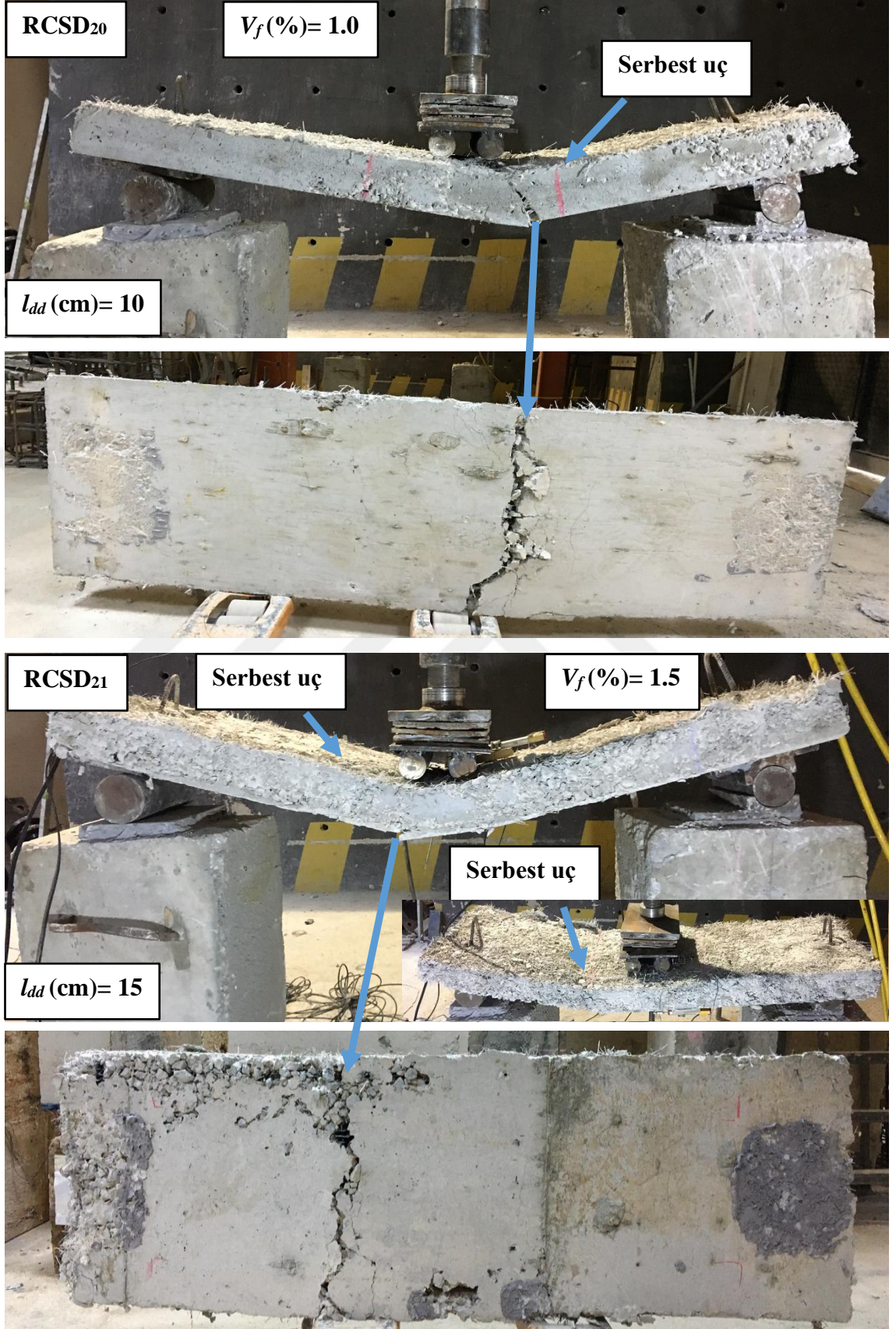
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





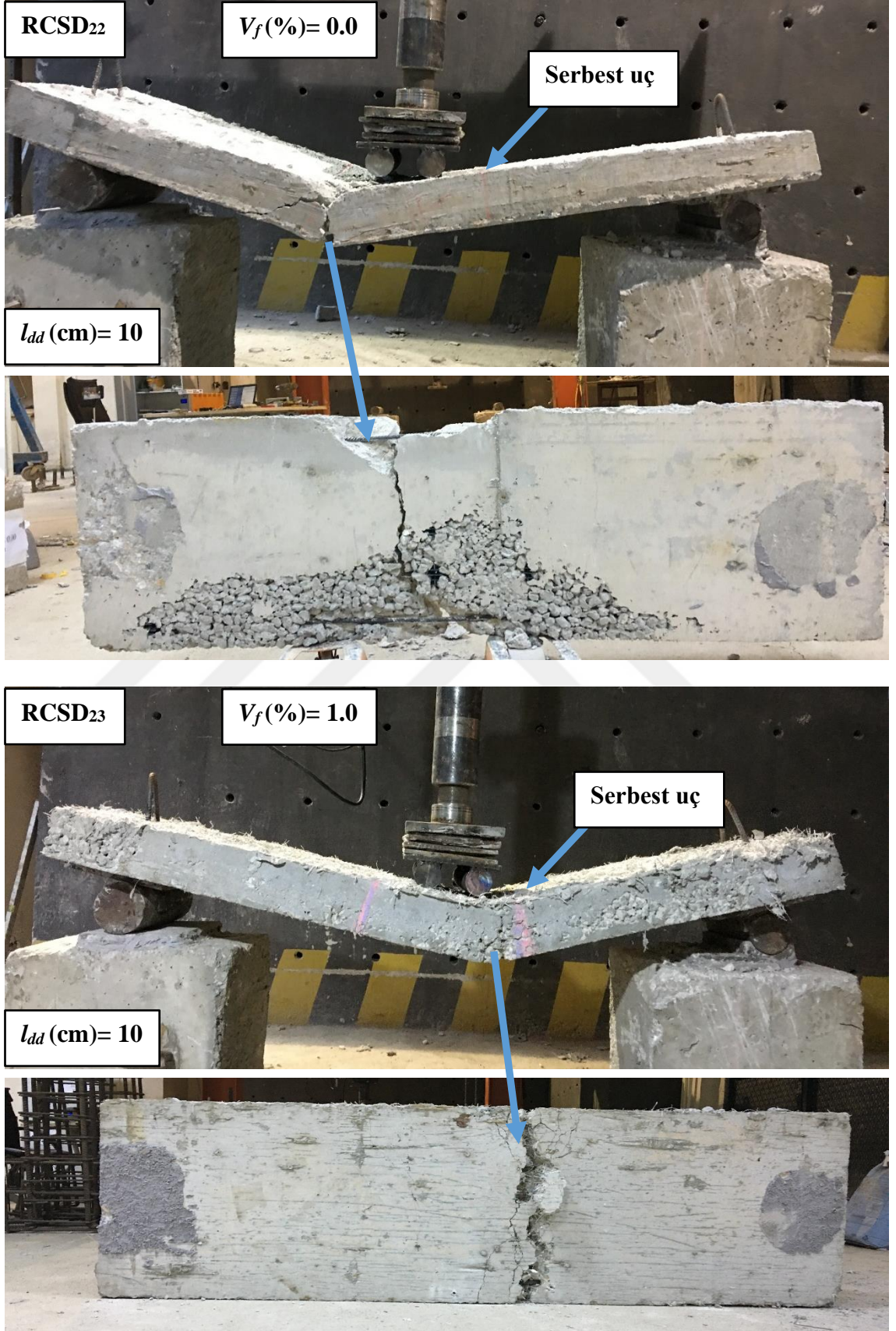
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





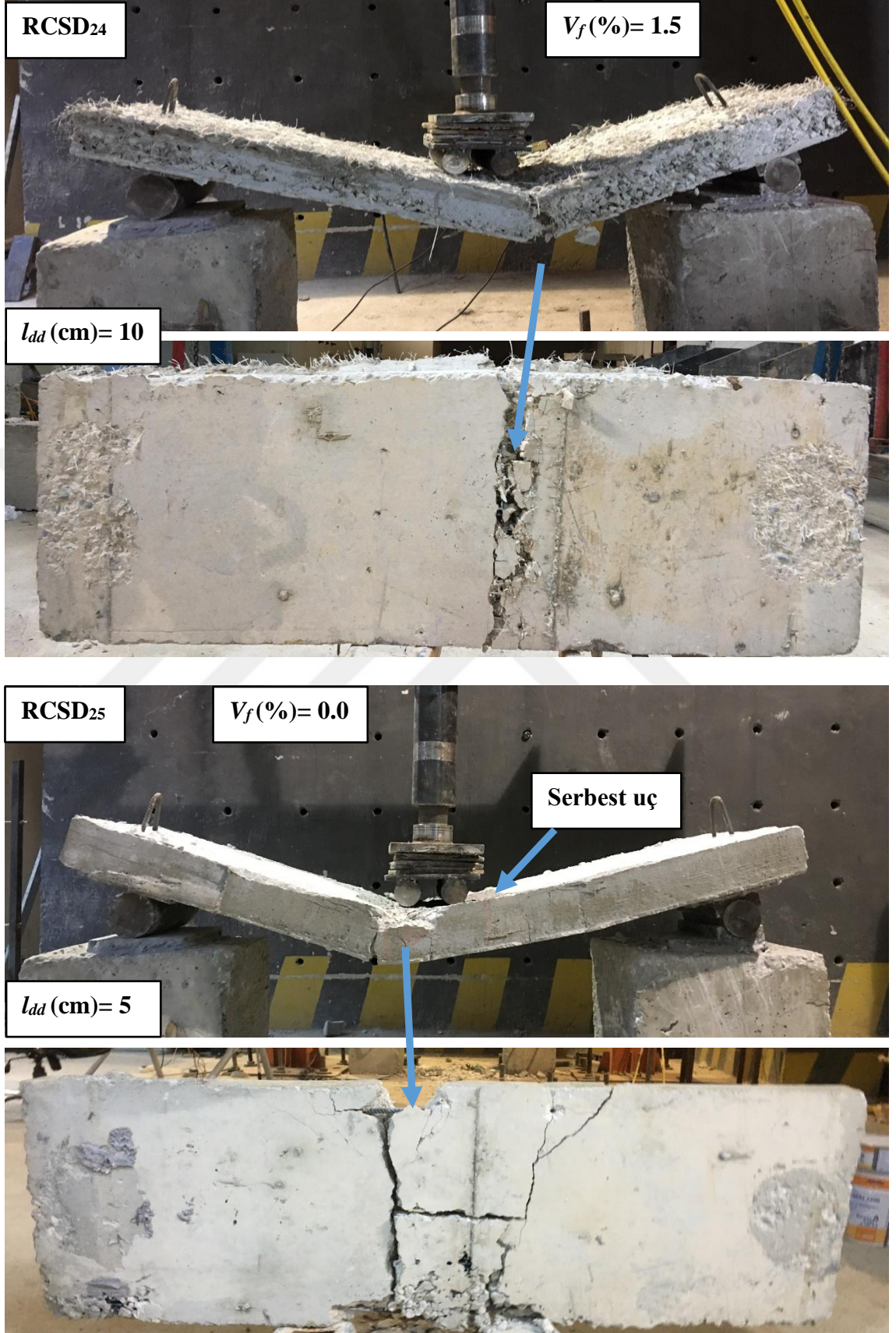
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam)





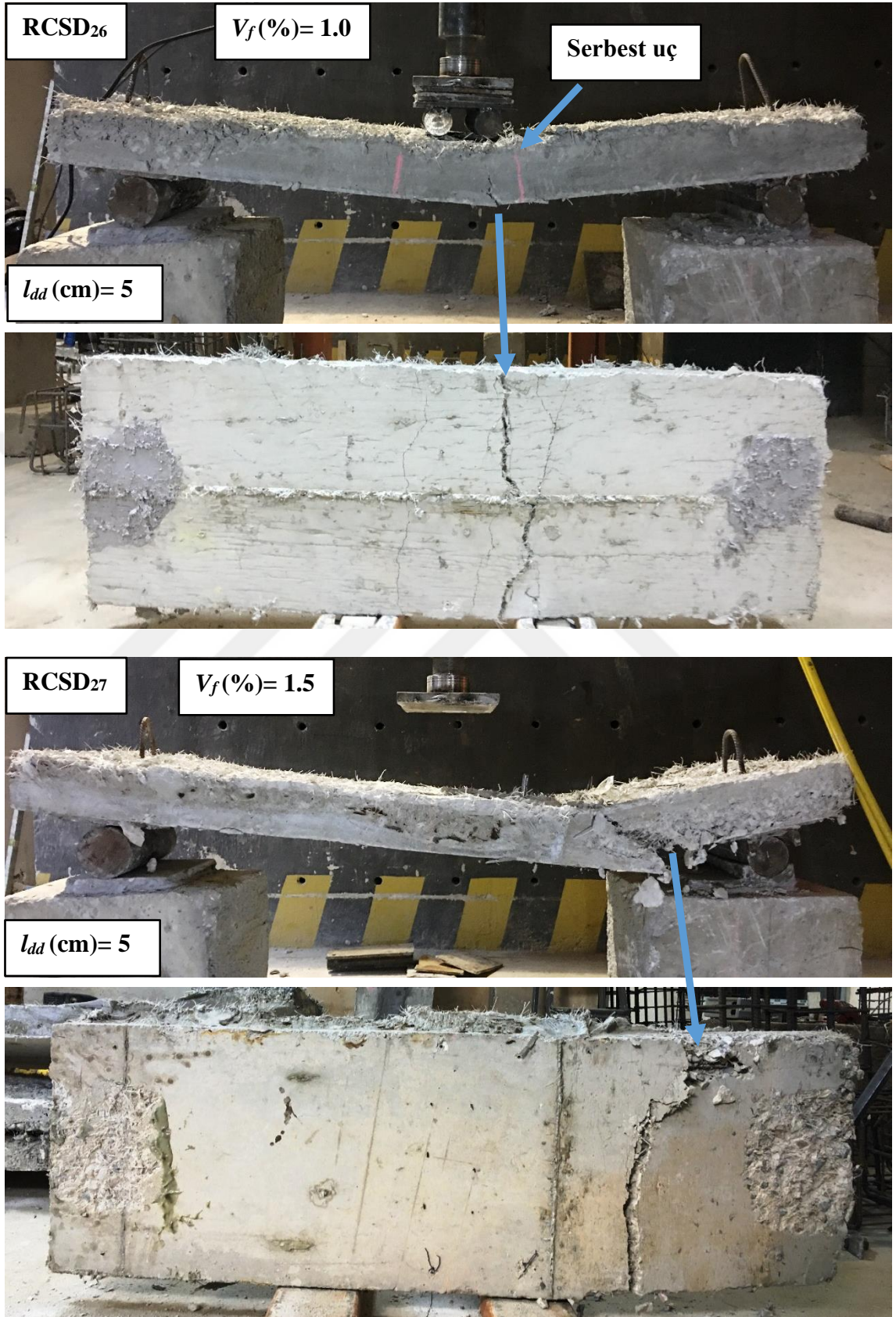
Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).





Şekil 5. 6. RCSD grubunda yer alan döşemelere ait çatlak desenleri (devam).

### 5.3. Aderans-Donatı Sıyrılma Sonuçları

Deneysel çalışma kapsamında betonarme donatılarından kayıt altına alınan donatı birim şekil değıştirmeler kullanılarak aderans gerilmesi hesaplanmıştır. Denge Eşitlikleri kullanılarak donatıda meydana gelen çekme gerilmesi sonucunda teorik aderans gerilmesi Eşitlik 5.1 yardımı ile hesaplanabilir.

$$u_b = (d_b/4) \times d\sigma/dx \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1'de  $d\sigma/dx$  diferansiyel kesit ölçümünü ifade etmektedir. Deneysel çalışmalarda ise gerçek aderans kuvveti gerilmenin eğimi olup Eşitlik 5.2'de gösterildiği üzeredir.

$$u_b = (d_b/4) \times \Delta\sigma/\Delta x \quad (5.2)$$

Eşitlik 5.2'de,  $\Delta\sigma/\Delta x$  gerilmenin eğimini ve  $\Delta x$  birbirini takip eden iki nokta arasındaki mesafeyi belirlemektedir. Eğer donatı elastik ise, deneysel aderans gerilmesi Eşitlik 5.3'te gösterildiği şeklindedir:

$$u_b = (E \times d_b/4) \times d\varepsilon/dx = (Ed_b/4) \times \Delta\varepsilon/\Delta x \quad (5.3)$$

Eşitlik 5.3'te  $(\Delta\varepsilon/\Delta x)$ 'nin eğimi sabit ve  $\varepsilon_{sy}/l_d$ 'ye eşittir. Burada, E donatı elastik modülünü,  $l_d$  ise elastik aderans boyunu ifade etmektedir (donatının aktığı mesafeden sıfır birim şekil değıştirmenin mesafe). Eğer donatı elastik-plastik ise, akma birim şekil değıştirmeden büyük olan her bir şekil değıştirme için gerilme Eşitlik 5.4 yardımı ile hesaplanabilir.

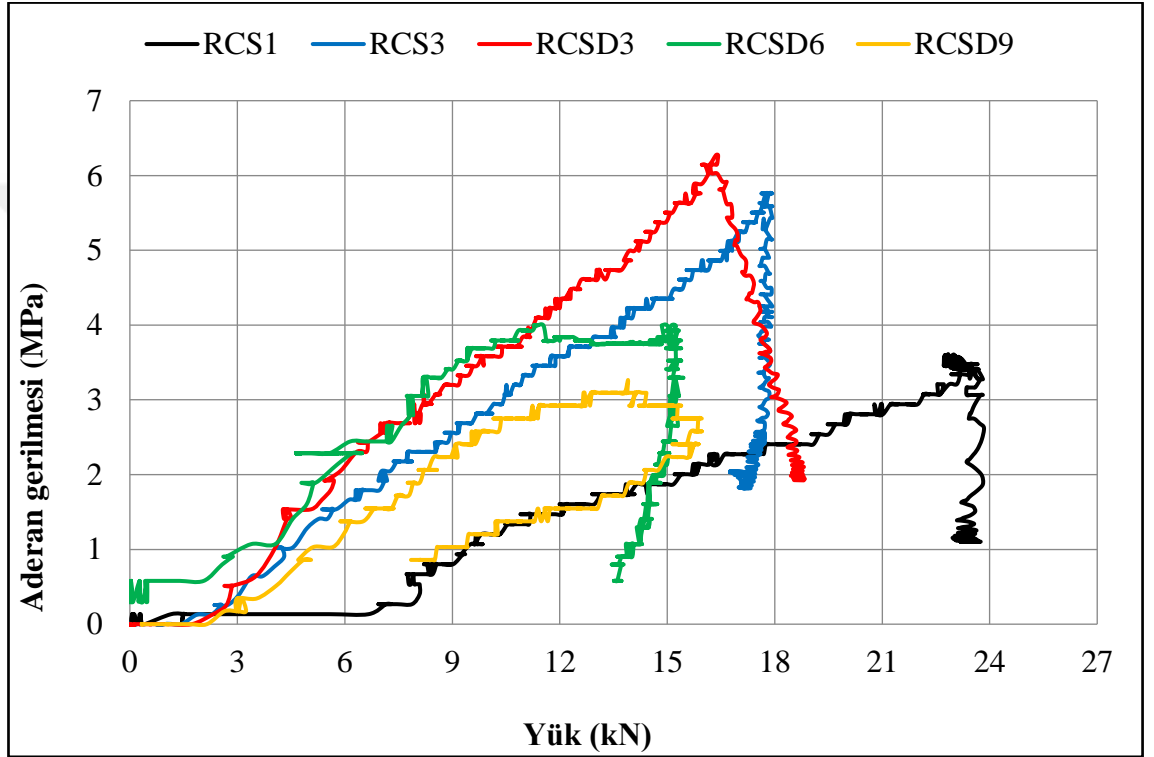
$$\sigma = E\sigma_y + E^* (\varepsilon_s - \varepsilon_{sy}) \quad (5.4)$$

Eşitlik 5.4'te  $E^*$  donatının pekleşme elastik modülünü temsil etmekte olup elastik modülün % 2'si kadar alınmıştır. Bunun nedeni; donatının akma noktasından pekleşme noktasına kadar olan mesafedeki eğimin çok düşük olması ve hesaplanan artımsal gerilmenin sifıra yakın olmasından dolayıdır. Bu durum daha önceki çalışmalarda da bahsedilerek; Sezen ve Setzler (2008) tarafından % 2 olarak alınması öngörülmüştür. Elde edilen deneysel aderans boyları ve birim şekil değıştirmeler kullanılarak betonarme

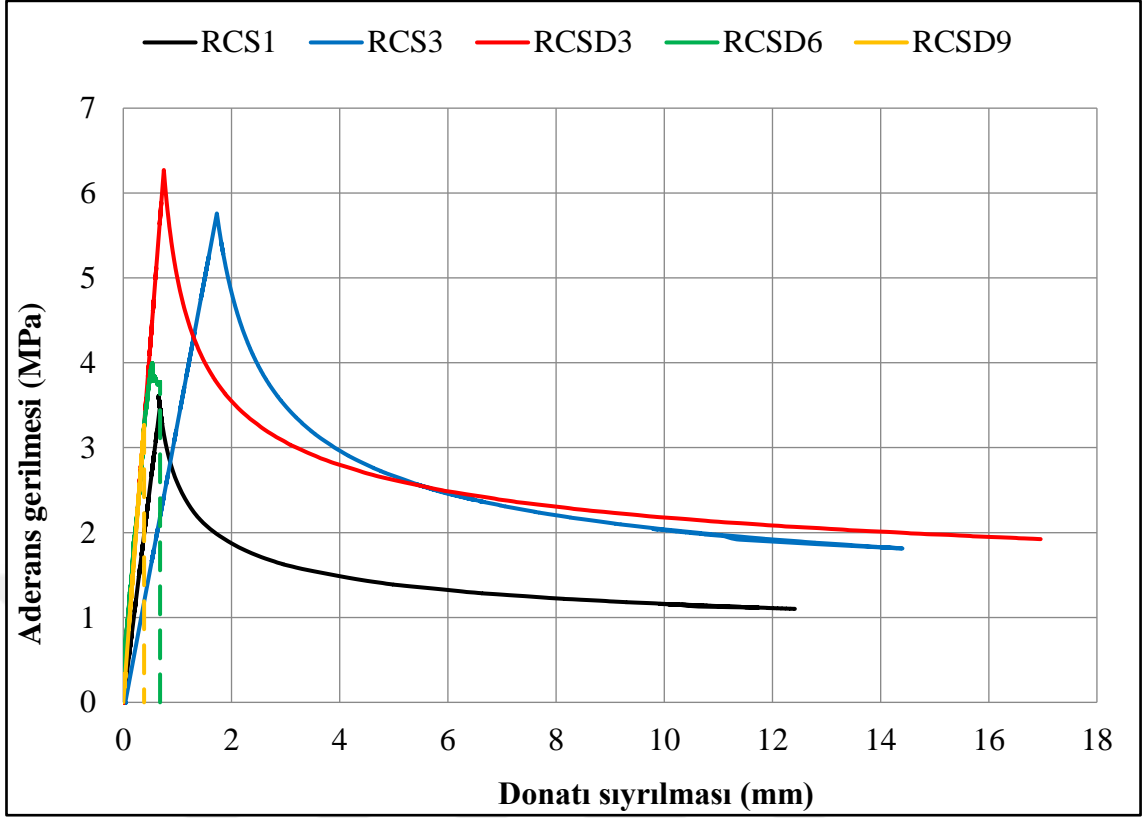
donatılarına ait donatı sıyrılmaları elastik ve elastik ötesi bölgeler için Eşitlik 5.5 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{donatı sıyrılmaları} = \int_0^{l_d+l'_d} \varepsilon(x) dx \quad (5.5)$$

Şekil 5.7 ve 5.8'de deneysel olarak elde edilen yük-aderans gerilmesi ve donatı aderans-sıyrıma grafikleri sırası ile gösterilmiştir.



Şekil 5. 7. RCS ve RCSD betonarme döşemelerine ait yük-aderans eğrileri.



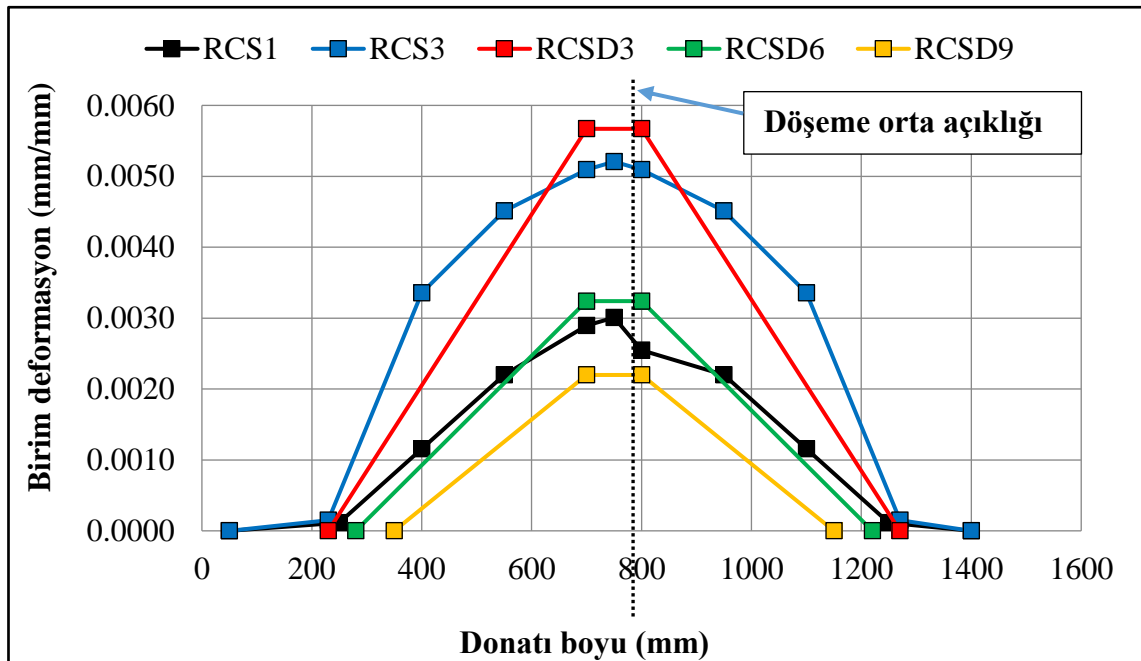
Şekil 5. 8. RCS ve RCSD betonarme döşemelerine ait adersans-sıyrılma değerleri.

Şekil 5.7 ve 5.8’de elde edilen adersans gerilmeleri deneysel yük-yer değiştirme sonuçları ile örtüşmektedir. Betonarme elemanlarında meydana gelen toplam yer değiştirme başlıca şu bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar; eğrilikten dolayı yer değiştirme, kesmeden dolayı yer değiştirme ve donatı sıyrılmasından dolayı meydana gelen yer değiştirmedir. Fiber katkılı betonarme döşemelerindeki daha fazla yer değiştirme ve enerji yutma kapasitelerinin bir diğer nedeni ise adersans gerilmesindeki artıştır. Şekil 5.8’de gösterildiği üzere; uygulanan aynı aksel yük değeri için RCS<sub>1,0.0%</sub> betonarme döşemesinin adersans gerilmesi RCS<sub>3,1.5%</sub> döşemesi ile birlikte artmıştır. RCS<sub>3,1.5%</sub> döşemesinin gömme boyu RCS<sub>1,0.0%</sub> döşemesine göre daha az olmuş olsa da; fiberlerin sağlamış olduğu agrega kenetlenmesinden dolayı nihai adersans gerilmesi artmıştır. Deneysel çalışma kapsamında % 1.5 plastik lif içeren betonarme donatılarına gerinim pulları yapıştırılmıştır. Yük-deplasman eğrileri göz önüne alındığında % 1 fiber katkılı betonarme döşemelerinin adersans gerilmelerin çok daha yüksek seviyelerde olduğu rahatlıkla söylenebilir. Daha önce bahsedilen ve Şekil 5.5 ve Tablo 5.2 kapsamında; elde edilen deneysel yük-yer değiştirme grafikleri % 1 plastik lif oranının kullanıldığı grup E’nin optimum sınır durumu olduğunun tespiti elde edilen adersans-yük

grafiği ile de desteklenmektedir. Gömme boyunun grup E seviyesinden ileride kısaltıldığı ve % 1.5 fiber katkının kullanıldığı betonarme döşemelerindeki aderans gerilmeleri referans döşemesine ulaşamamaktadır. Şekil 5.9’da gösterildiği üzere; aynı donatı sıyrılması için RCS<sub>1, %0.0</sub>’in sahip olduğu aderans gerilmesi RCS<sub>3,%1.5</sub> ve RCSD<sub>3,%1.5</sub>’den daha azdır. Aderans gerilmesinin sağladığı yer değiştirme kapasitesi göz önüne alındığında plastik liflerin özellikle şekil değiştirmeden sonraki yapısal davranışa katkısı açık bir şekilde ortaya koyulmaktadır.

#### 5.4. Deneysel Olarak Elde Edilen Gerçek Aderans Boyları

Deneysel programda bahsedildiği üzere; tez çalışması kapsamında gerçek aderans boyu iki farklı yöntemle ölçülmüştür. Şekil 3.1’de A ile B noktası arasındaki mesafe aderans boyu deneysel ve gözlemsel olarak çatlağa bağlı ölçülür iken; betonarme donatılara yapıştırılan gerinim pulları ile betonarme donatılarında donatı boyunca meydana gelen birim şekil değiştirme dağılımı ayrıca elde edilerek gerçek aderans boyu iki yol ile karşılıklı kontrol edilmiştir. Şekil 5.9’da RCS grubunda ve RCSD grubunda yer alan ve aderans boylarının gerinim pulları ile ölçüldüğü betonarme döşemeleri gösterilmektedir. Diğer gözlemsel yolla ölçüm yapılan betonarme döşemelerinin aderans boyları ise çatlak desenlerinin sunulduğu şekillerde bahsedilen yöntem yolu ile ölçülmüştür.



Şekil 5.9. RCS ve RCSD betonarme donatılarındaki gerinim dağılımı.

Şekil 5.9’da ACI 318R-05 (2005) yönetmeliğine göre hesaplanan minimum ihtiyaç duyulan aderans boyu deneysel olarak ölçülen ( $RCS_{1,0.0\%}$ ) aderans boyu ile birbirine çok yakın derecededir ve birbirlerine oranı 1.04’tür. Şekil 5.9’da verilen aderans boyları çatlak yöntemine göre ölçülen aderans boyları ile ayrıca örtüşmektedir. Şekil 5.9’da  $RCS_1$  ve  $RCS_3$  betonarme döşemelerinin aderans boyları özdeş olup sırası ile 450 ve 470 mm’dir. Ancak; her iki betonarme döşemesinin aderans boylarının özdeş olduğu belirtilmiş olsa da söz konusu aderans boylarının farklı yük etkisi altında meydana geldiğinin belirtilmesi gerekmektedir.  $RCS_{3,1.5\%}$  betonarme döşemesinin 17.93 kN eksenel yüke karşılık gelen aderans gerilmesi 5.76 MPa’dır.  $RCS_{1,0.0\%}$  betonarme döşemesinde 17.93 kN eksenel yüke karşılık gelen birim deformasyonun kullanılması ile  $RCS_{3,1.5\%}$  betonarme döşemesinin aderans gerilmesine ulaşabilmesi için aderans boyunun 200 mm olması gerekmektedir. Diğer bir ifade ile  $RCS_1$  betonarme döşemesinde ihtiyaç duyulan aderans boyunun azalması durumu;  $RSCD_3$  betonarme döşemesine ait aderans boyunun 2.35 kat azaltılmasını gerekmektedir. Ancak çatlak desenlerinin gösterildiği şekiller göz önüne alındığında; gömme boylarının grup E’den fazla kısaltılması durumunda çatlamlar donatı ucunda meydana gelmiştir. Şekil 5.6’da çatlak desenlerinin gösterildiği  $RCSD_{7,0.0\%}$  ve  $RCSD_{8,1.0\%}$  betonarme döşemeleri Şekil 5.5(c)’deki yük-yer değiştirme ilişkisini açıklamaktadır. Şekil 5.6’da % 0 plastik lifin kullanıldığı betonarme döşemesi olan  $RCSD_{7,0.0\%}$ ’de çatlak donatı ucunda meydana gelirken; aynı gömme boyuna sahip %1 fiber katkılı betonarme döşemesi olan  $RCSD_{8,1.0\%}$ ’de çatlama betonarme döşemesinin orta noktasında meydana gelmiştir.

Bundan dolayı; gevrek kırılmanın önlenmesi için minimum gerekli gömme boyunun sağlanması durumunda fiber katkılı betonarme döşemelerinin aderans boyları azaltılabilir. % 1 fiber katkılı betonarme döşemelerinin yük-yer değiştirme, süneklik ve enerji yutma kapasiteleri göz önüne alındığında, ACI 318R-05 (2005) yönetmeliğine göre teorik olarak geleneksel betonarme elemanları için hesaplanacak aderans boyu lif katkılı betonarme elemanları için rahatlıkla % 50 azaltılarak aderans gerilmesi tahmine edilebilir.



## 6. SONUÇLAR

Poli-propilen liflerin, dört noktadan yükleme testleri ile betonarme döşemelerin yapısal kapasitesine etkisinin araştırılması amacıyla deneysel bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada temel olarak, enerji bazlı karşılaştırma göz önünde bulundurularak, farklı hacim oranlarında ve donatı çubuklarının farklı azaltılmış gömme boylarında poli-propilen liflerinin etkilerinin belirlenmesi veya tespit edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen deneysel test bulgularına göre aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

- Poli-propilen liflerin % 1,0 oranından daha fazla kullanılması, işlenebilirliğin artırılması ve beton ayrışmasının önlenmesi için ilave plastikleştirici katkı maddesini gerektirir. Önceki araştırmalar, % 1,0 oranında plastik fiber katkılı beton performansının % 0,5 oranında çelik fiber katkılı beton performansı ile eşdeğer olduğu bildirilmiştir (Naaman, Namur, Najm, ve Alwan, 1989; Narayanan, ve Darwish, 1987; Won, Lim, ve Park, 2006; Zheng, ve Feldman, 1995). Önceki çalışmalara göre, aderans boyunun tahmin edilebilmesi için bu tez kapsamında elde edilen deneysel test sonuçlarının, % 0,5 oranında çelik fiber katkılı test sonuçlarını da temsil edebileceği savunulmaktadır.
- Tez kapsamında yapılan araştırmanın, maksimum yük taşıma kapasitesinde önemli olmayan artışlar açısından, tam-ölçekli betonarme kirişler (Bicer, Yalciner, Balkıs, ve Kumbasaroglu 2018) üzerinde yürütülen araştırmalar ile oldukça iyi bir uyum sağladığı anlaşılmıştır.
- Kullanılan plastik fiberlerin en önemli etkisi, eksenel eğilme testine tabi tutulan betonarme döşemelerin süneklik oranları ve enerji yutma kapasiteleri üzerine olmuştur. Plastik fiberlerin kullanılmasıyla özellikle yer değiştirme süneklik oranı önemli ölçüde artırılmıştır.
- Plastik fiber katkılı beton içerisine yerleştirilen donatı çubuklarındaki birim şekil değiştirme miktarı açısından da önemli sonuçlar elde edilmiştir. Kaydedilen birim şekil değiştirme ölçerlerinden ölçülen test sonuçları, çekme testlerinden elde edilen çekme çubuklarının mekanik özelliklerinin, yük-yer değiştirme eğrisinde işaret edilen kesitin elastik bölgesine göre oldukça farklı olduğunu göstermiştir. Temel farklılıklar, birincil önemde, çekme testlerine dayalı olarak ölçülen birim şekil değiştirme miktarları ile betonarme döşeme numunesinin

çekme ve eğilme olarak karma yükleme altında donatı çubuklarında kaydedilen birim şekil değıştirme miktarları arasında oluşmuştur. İkincil olarak ise, plastik fiberler ile sağlanan sargılama etkisi elastik ve elastik olmayan bölgelerde donatı çubuklarının sınır durumlarında farklılıklar ortaya çıkarmıştır. Buna göre, daha ileriki çalışmalar için, karma çekme-eğilme testlerine maruz donatı çubuklarının plastik fiberli mekanik özelliklerinin araştırılması şiddetle tavsiye edilmektedir.

- Mevcut çalışma için ölçülen aderans boyları, betonarme döşemeler için yeterli kesme kuvveti sağladığından, enine donatıların sargılama etkisini ihmal etmiştir. Bu nedenle, plastik fiberlerin aderans boyu üzerindeki etkisinin araştırılması için betonarme kirişler ve kolonlar için daha ileri çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.





## KAYNAKLAR

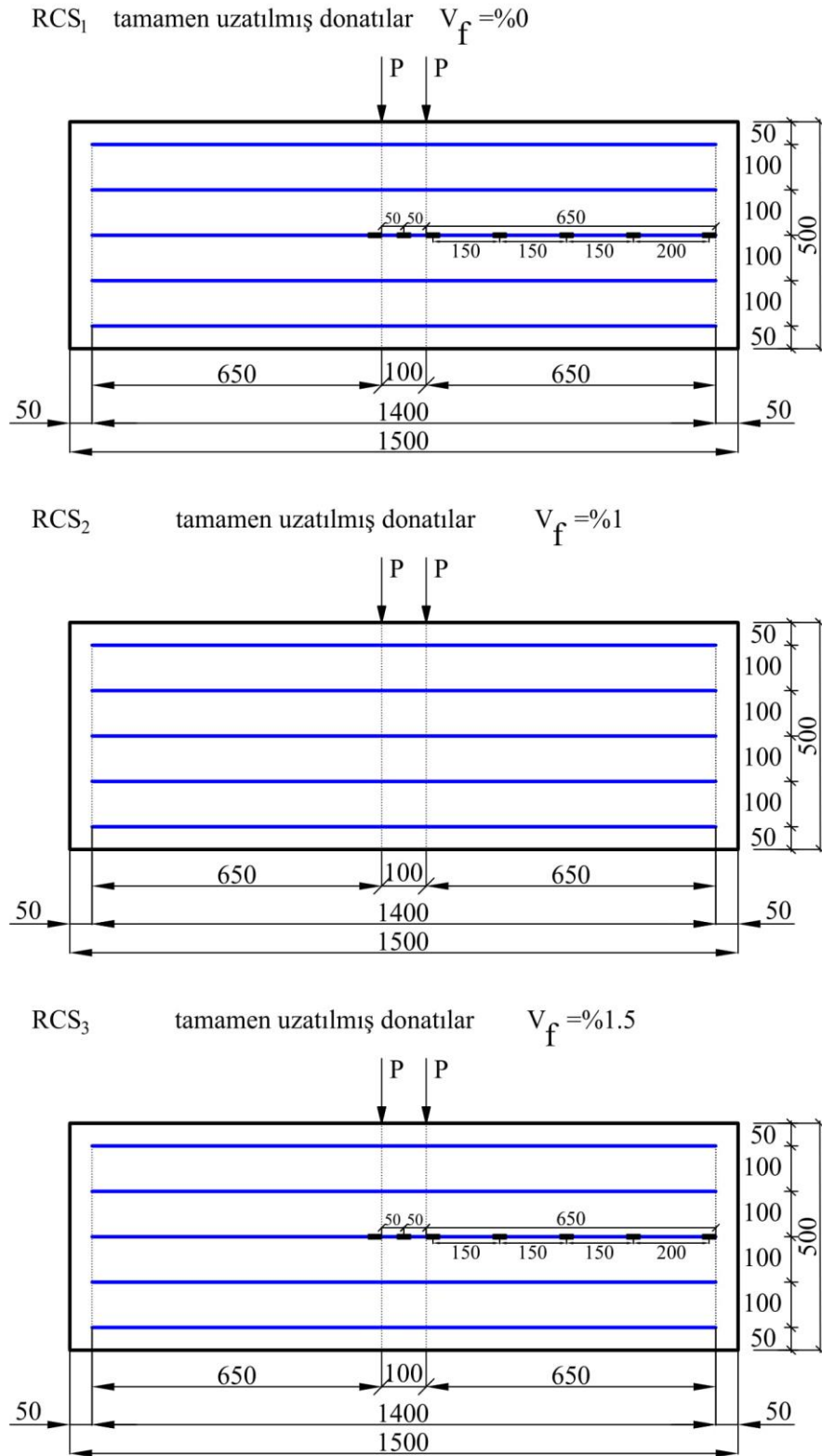
- ACI Committee. (2005). “Building code requirements for structural concrete (ACI 318-05) and commentary (ACI 318R-05)”, *Farmington Hills MI*, 429.
- ASTM D 2412. (2011). “Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading”, *ASTM International, West Conshohocken, PA, USA*.
- Bicer, K., Yalciner, H., Balkıs, A. P., and Kumbasaroglu, A. (2018). “Effect of corrosion on flexural strength of reinforced concrete beams with polypropylene fibers”, *Construction and Building Materials*, 185, 574-588.
- Chidambaram, R. S. and Agarwal, P. (2015). “Flexural and shear behavior of geo-grid confined RC beams with steel fiber reinforced concrete”, *Construction and Building materials*, 78, 271-280.
- Concrete Permanent Commission. (2008). “Instrucción Del Hormigón Estructural EHE-08 (Spanish Structural Concrete Code)”, *Spanish Minister of Public Works, Madrid, Spain*, 459-462.
- Imran, I., Sugiri, S., and Pane, I. (2015). “Behaviour of macro synthetic fiber reinforced concrete columns under concentric axial compression”, *Procedia Engineering*, 125, 987-994.
- Lee, S. J. and Won, J. P. (2014). “Flexural behavior of precast reinforced concrete composite members reinforced with structural nano-synthetic and steel fibers”, *Composite Structures*, 118, 571-579.
- Naaman, A. E., Namur, G., Najm, H., and Alwan, J. (1989). “Bond mechanisms in fiber-reinforced cement-based composites”, AD-A-213637/2/XAB; UMCE-89-9, *The University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA*, 1-95.
- Narayanan, R. and Darwish, I. Y. S. (1987). “Use of steel fibers as shear reinforcement”, *Structural Journal*, 84(3), 216-227.
- Park, Y., Abolmaali, A., Beakley, J., and Attiogbe, E. (2015). “Thin-walled flexible concrete pipes with synthetic fibers and reduced traditional steel cage”, *Engineering Structures*, 100, 731-741.
- Pujadas, P., Blanco, A., Cavalaro, S. H. P., Aguado, A., Grünwald, S., Blom, K., and Walraven, J. C. (2014). “Plastic fibres as the only reinforcement for flat suspended slabs: Parametric study and design considerations”, *Construction and Building Materials*, 70, 88-95.
- RILEM TC 162-TDF. (2003). “Test and design methods for steel fibre reinforced concrete.  $\sigma$ - $\epsilon$ -design method. Final recommendation”, *Materials and Structures*, 36, 560-567.

- Roesler, J. R., Altoubat, S. A., Lange, D. A., Rieder, K. A., and Ulreich, G. R. (2006). "Effect of synthetic fibers on structural behavior of concrete slabs-on-ground", *ACI materials journal*, 103(1), 3-10.
- Sezen, H. and Setzler, E. J. (2008). "Reinforcement slip in reinforced concrete columns", *ACI Structural Journal*, 105(3), 280.
- Won, J. P., Lim, D. H., and Park, C. G. (2006). "Bond behaviour and flexural performance of structural synthetic fibre-reinforced concrete", *Magazine Of Concrete Research*, 58(6), 401-410.
- Yalciner, H., Kumbasaroglu, A., and Ergun, U. (2018). "Effects of Geo-grid and conventional stirrups on reinforced concrete beams with polypropylene fibers", *Structures*, 13, 230-242.
- Zheng, Z. and Feldman, D. (1995). "Synthetic fibre-reinforced concrete", *Progress in Polymer Science*, 20(2), 185-210.

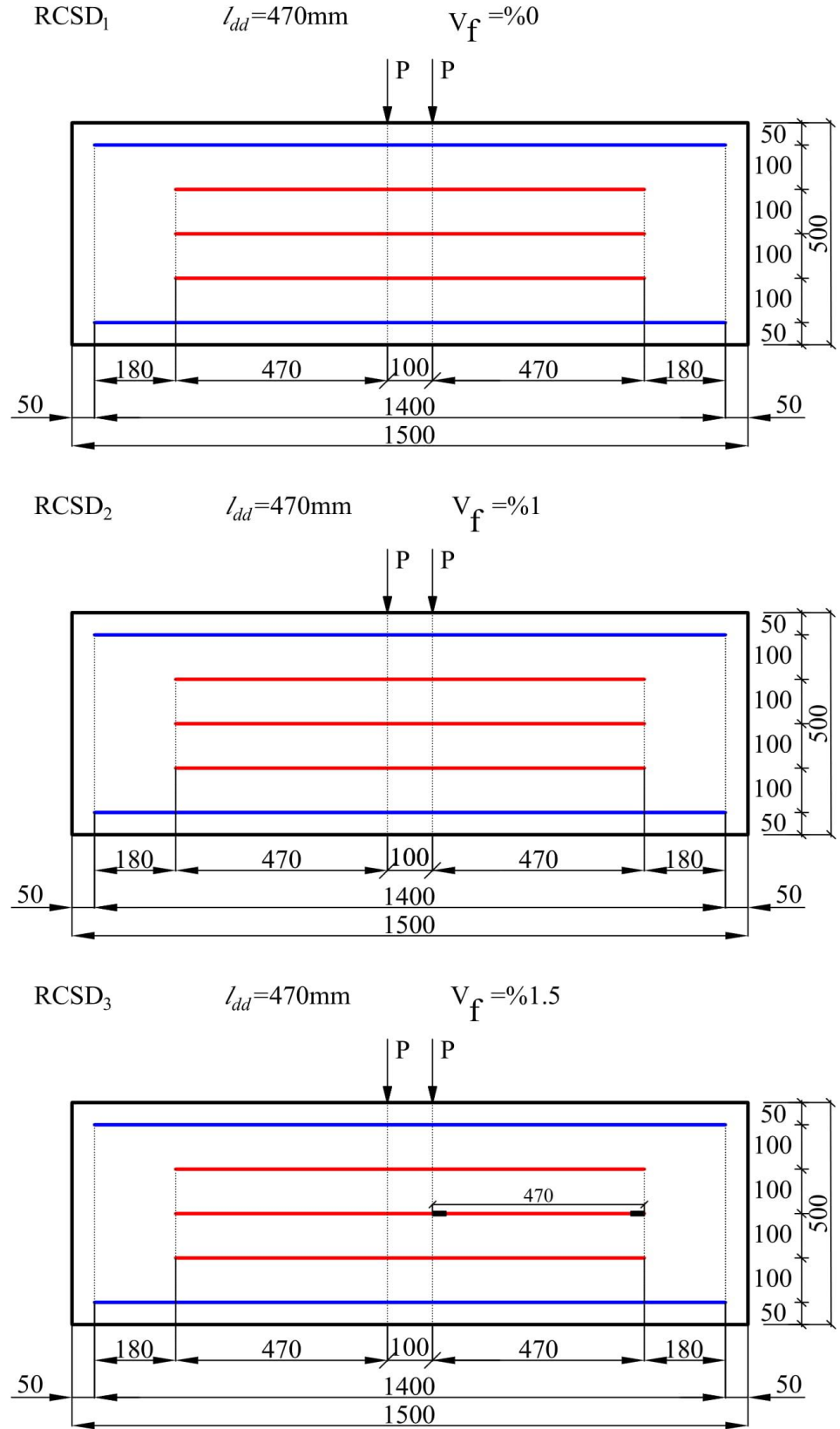


**EKLER**

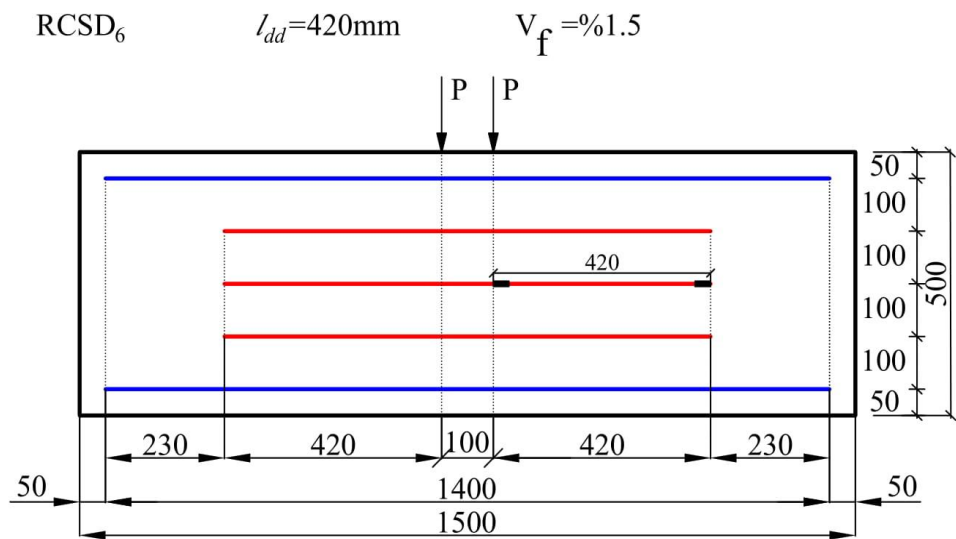
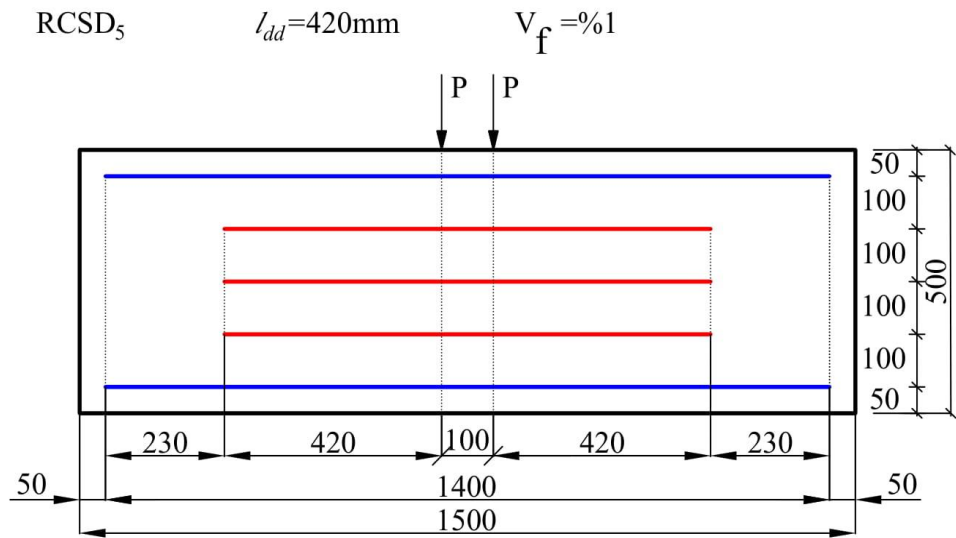
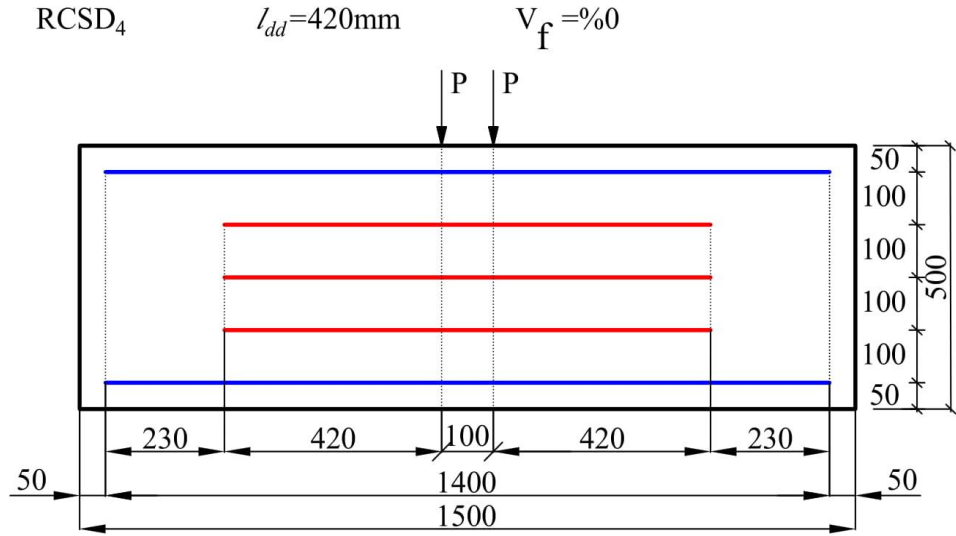
## EK-1. Deneysel Numunelere ait Donatı Planları



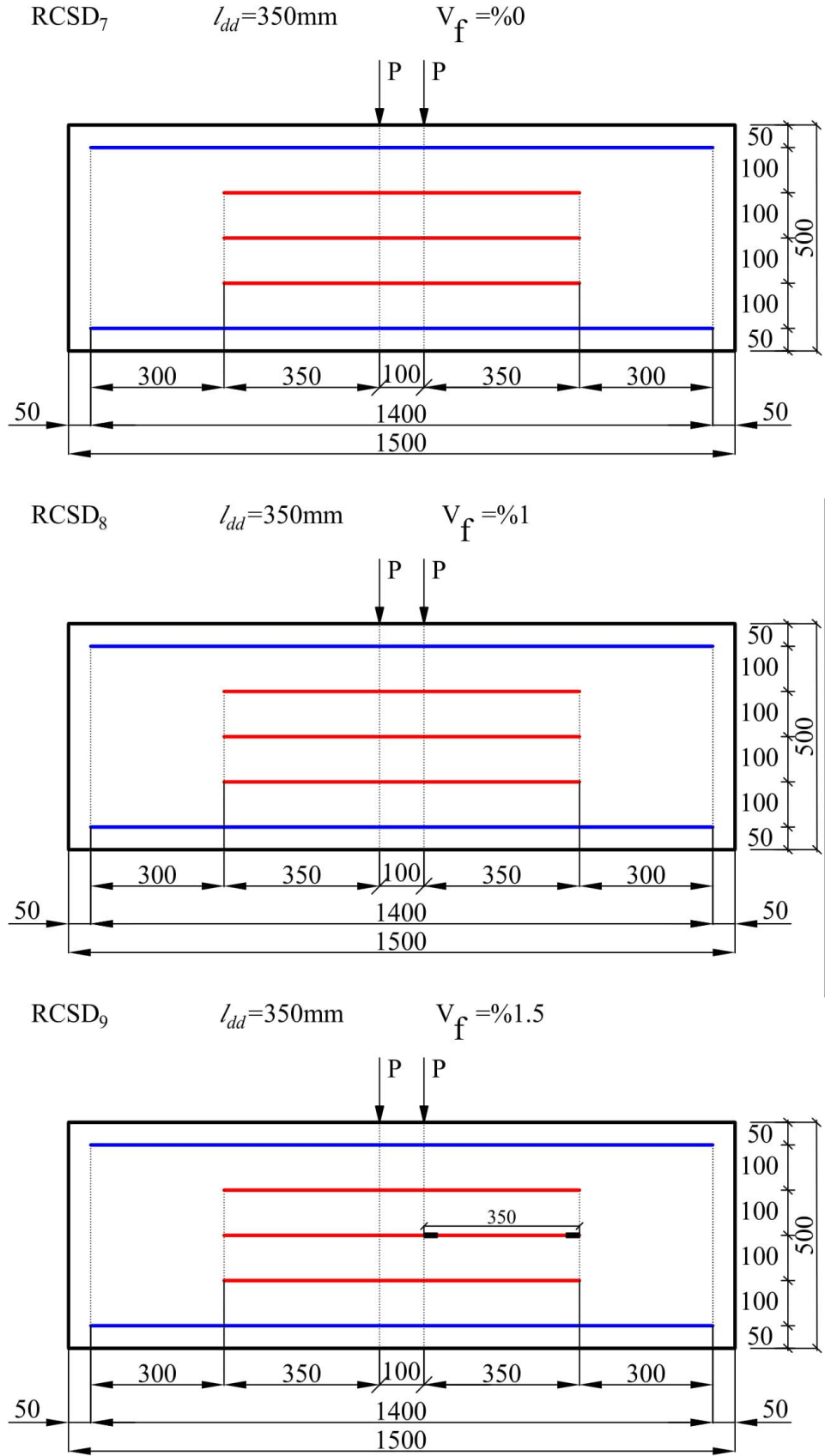
Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları



Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)



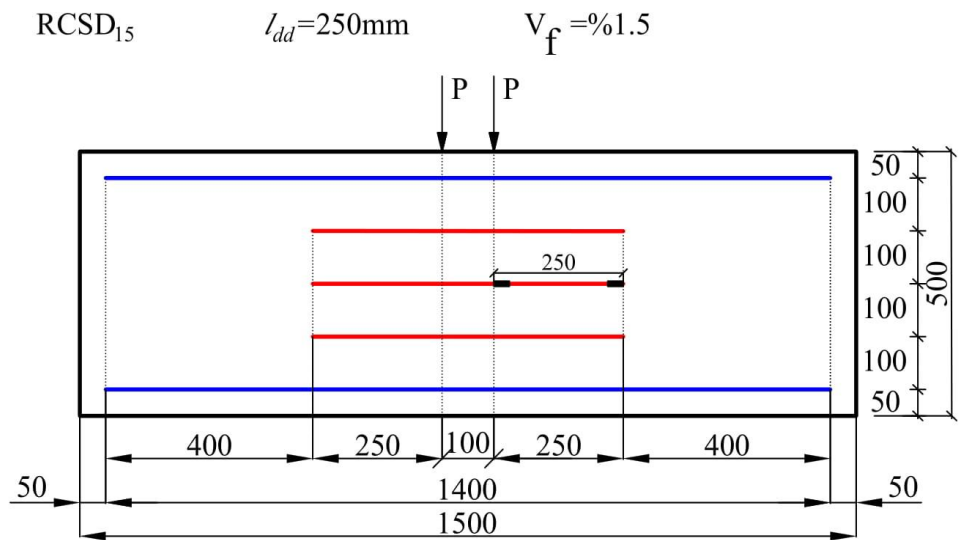
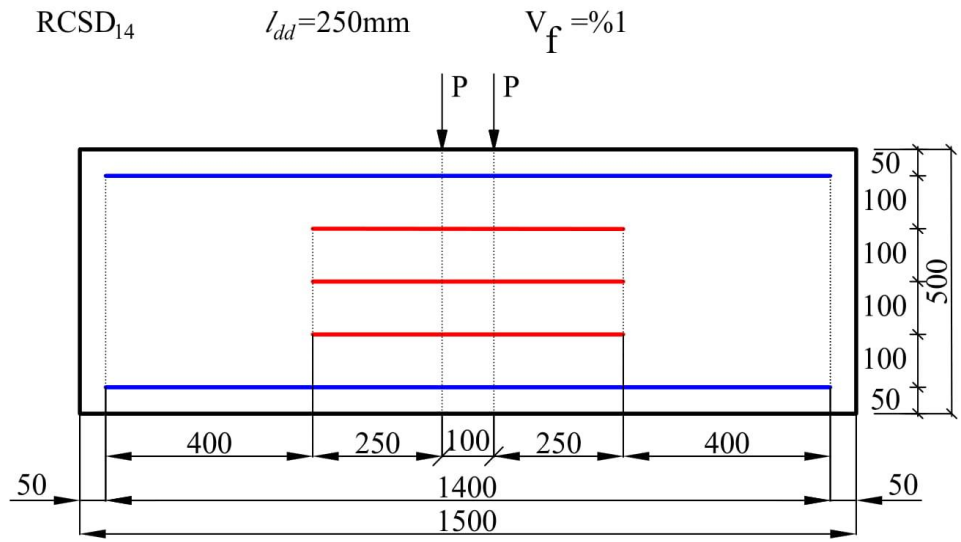
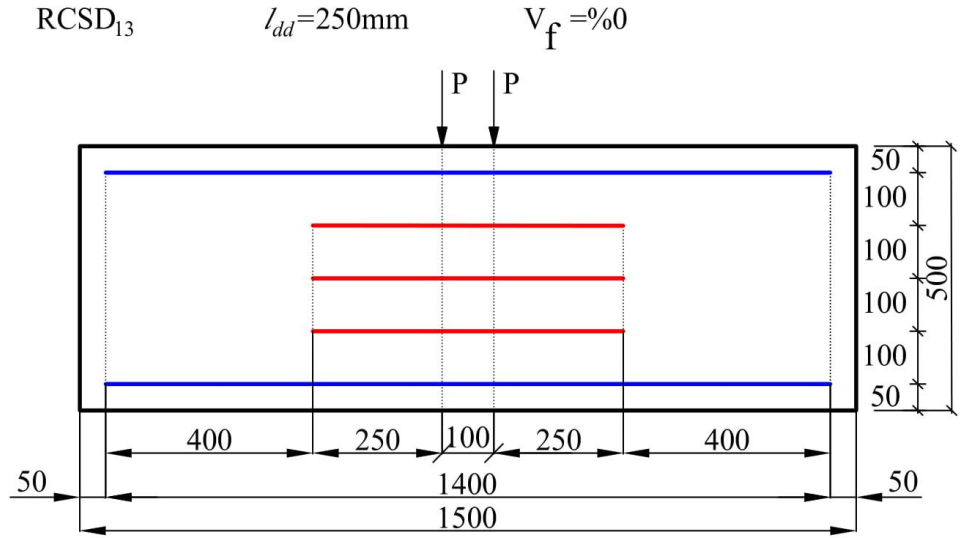
Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)



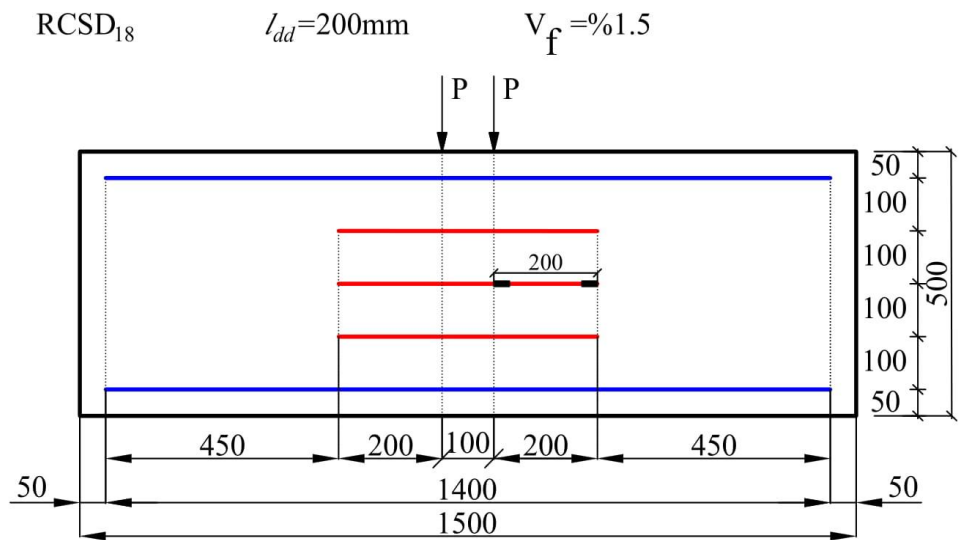
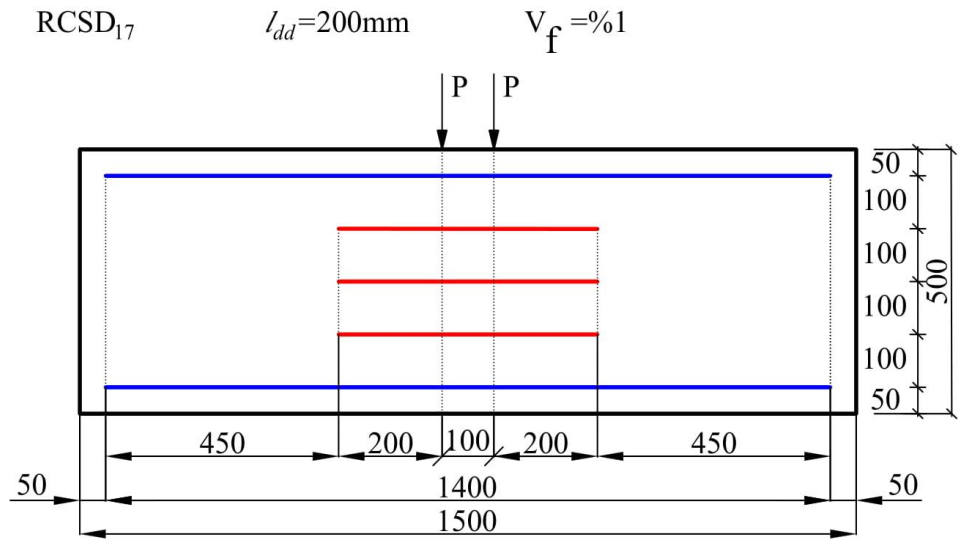
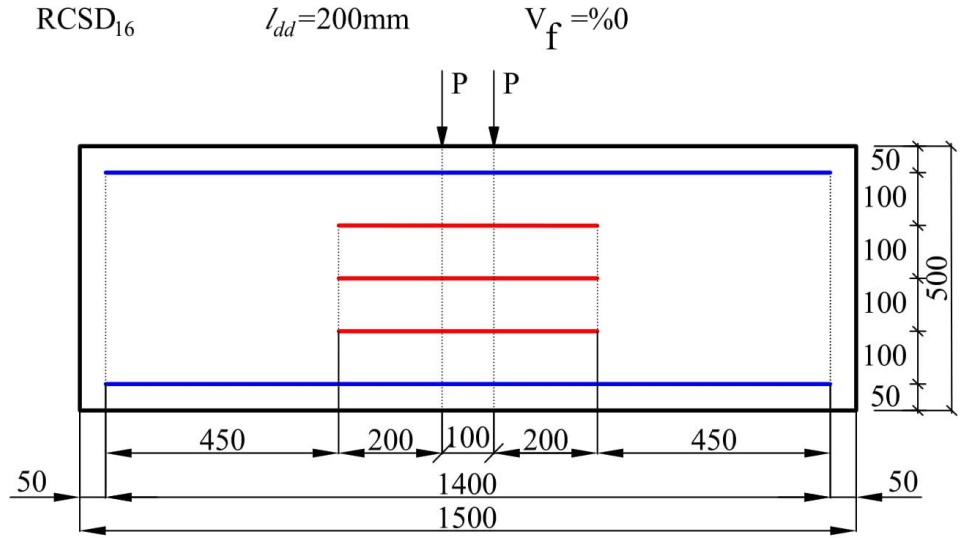
Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)



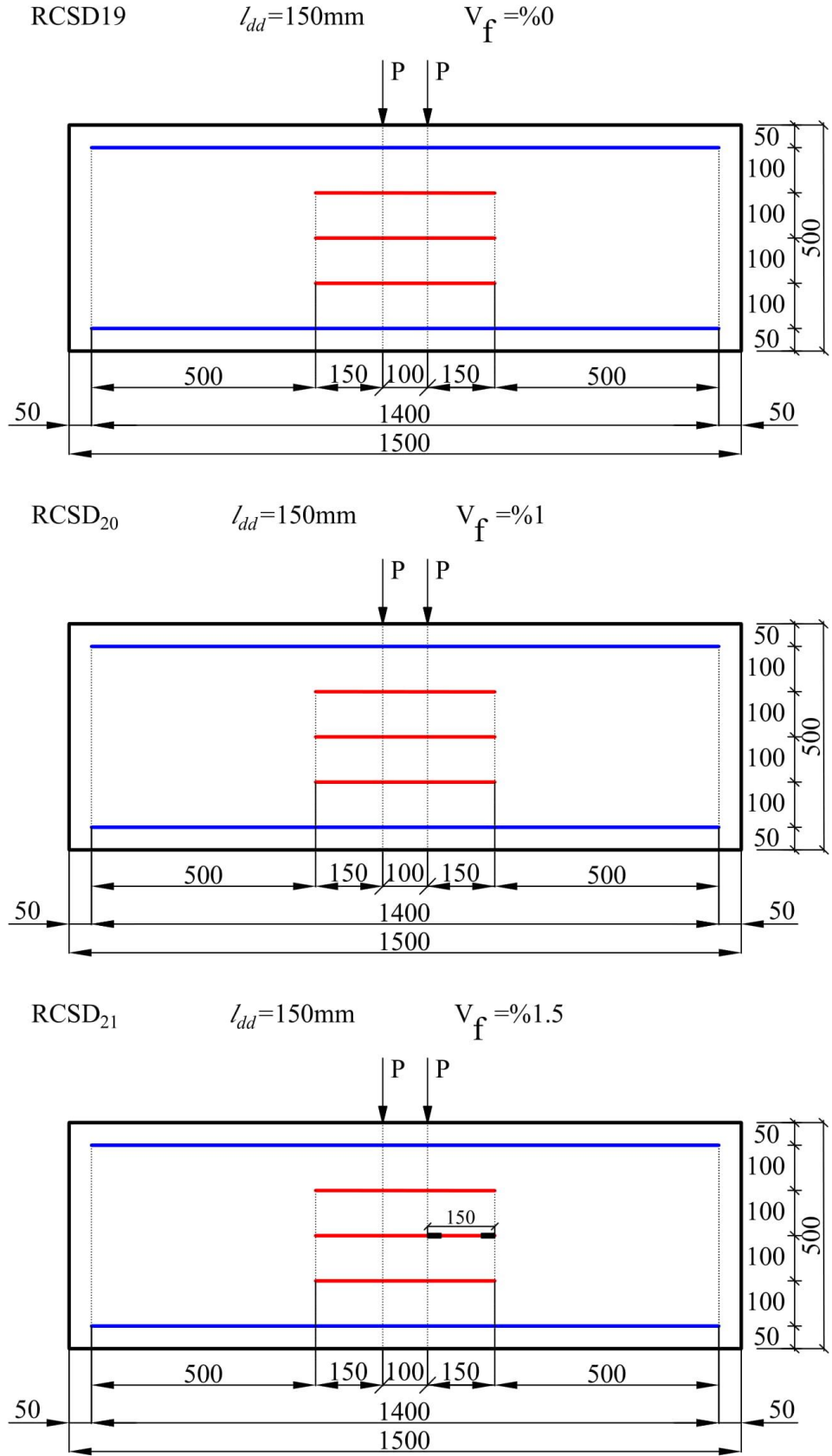




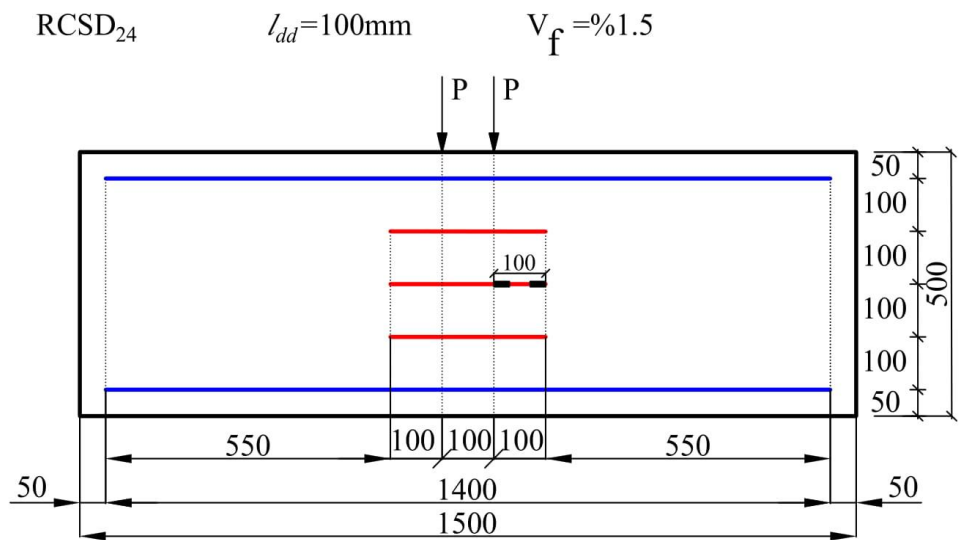
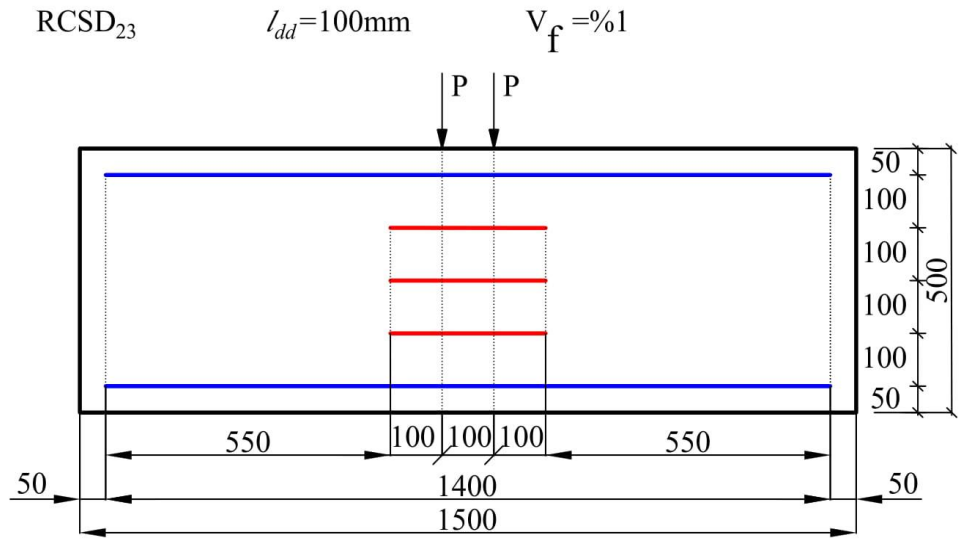
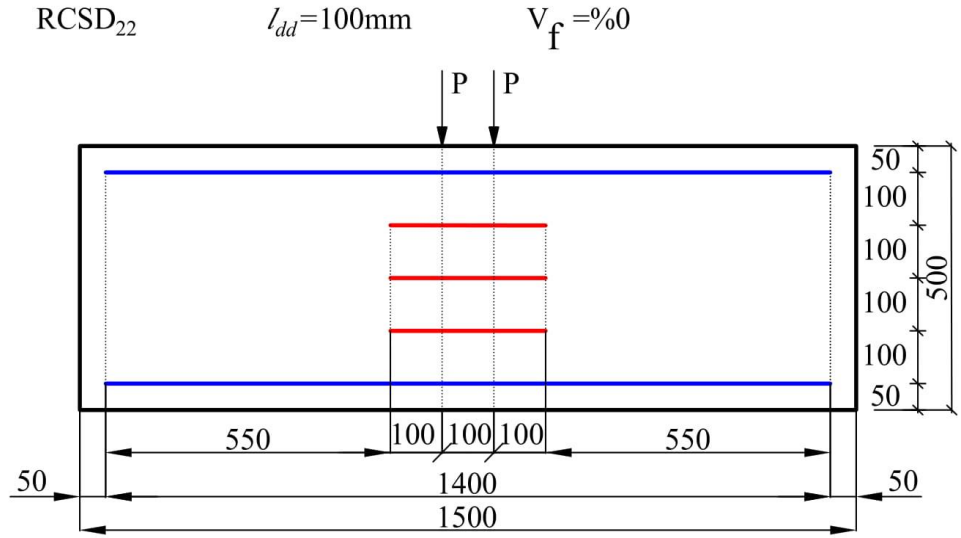
Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)



Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)



Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)



Şekil Ek-1.1 Deneysel numunelerin donatı planları (devam)





**EK-2.** Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar

Kumbasaroglu, A., Yalçiner, K., Yalciner, H., Turan, A.İ., Celik, A., Bicer, K., Yangibayev, U., Kohistani, R., (2020). “Nano-sentetik elyafların aderans boyuna etkisi: Eğilme testi altında betonarme döşemelerin deneysel” **4. Uluslararası Akdeniz Sempozyum**, pp. 1-24.



## ÖZGEÇMİŞ

Kürşad YALÇINER 1974 yılında Erzincan'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve liseyi aynı şehirde tamamladı. 1992 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1998 yılında aynı bölümden mezun oldu. 1998 yılında Dünya Bankası destekli, Turkey Earthquake Rehabilitation Project (TEFER) "Adana Deprem Evleri" projesinde (Quality control engineer ) Kalite Kontrol Mühendisi ve ardından Saha Mühendisi olarak meslek hayatına başladı. 2000 yılında Kocaeli depremi sonrası inceleme ve yapısal onarım işleri ile ilgilendi. Bu kapsamda yapısal güçlendirme ve yapı kimyasalları ile takviye ve onarım projelerinde çalıştı. Betonarme ve çelik takviye işlerinin yanı sıra Gölcük Donanma Komutanlığı lojmanları, Sabancı Grup fabrika binalarının vb. özel yapıların FIBER REINFORCED POLYMER (FRP) takviye işlerinde deneyim kazandı. 2001-2002 yıllarında T.C. Merkez Bankası, Adana Yağ Cami vb. yapılarda kimyasal onarım ve karbon elyaf güçlendirme projelerinde çalıştı. TÜBİTAK yerleşkeleri, Yumurtalık Boru Hattı İskeleleri gibi projelerde epoksi reçine bazlı kaplama ve klor sağma yöntemleri ile korozyon ve izolasyon sistemleri üzerine çalıştı. 2002 yılı sonrası çelik konstrüksiyon yapılar, betonarme yapılar, güçlendirme projeleri kapsamlarında 1500 adet üzeri proje hazırladı. 2003-2015 yılları arası proje hizmetleri, yapı denetim hizmetleri, inşaat yapım faaliyetleri, şantiye şeflikleri ve danışmanlık hizmetleri ile ilgilendi. 2015-2017 yıllarında karayolları yol işlerinde sanat yapıları, köprü elevasyonları, tünel yapıları, zemin iyileştirmeleri, drenaj vb. faaliyetlerde çalıştı. 2017 yılından beri Ankara-Niğde otoyolu, Mersin-Antalya otoyolu, Akkuyu Nükleer Santrali bağlantı yolu projeleri kapsamında ön germeli ve art germeli prekast eleman imalatları, tünel bağlantı ve köprü ayakları imalatı konusunda çalışmaktadır. Kürşad YALÇINER evli ve iki çocuk babasıdır.