

BETONLA DONATI ARASINDAKİ ADERANS DAVRANIŞININ DENEYSEL İNCELENMESİ

M. Sami DÖNDÜREN^a, M. Tolga ÇÖĞÜRÇÜ^a, Mustafa ALTIN^b,

^a) Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., İnşaat Müh. Böl., Konya,
sdonduren@selcuk.edu.tr, mtolgac@selcuk.edu.tr

^b) Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O., İnşaat Programı, Konya,
maltin@selcuk.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, beton ile donatı arasındaki aderans davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Hazırlanan 16 adet değişik özellikteki deney numunesinin 8 tanesi etriyeli, 8 tanesi etriyesiz olarak üretilmiştir. Etriyelerde kullanılan donatı çapı $\Phi 8$, numunelerin ortasından geçirilen donatıların çapı ise $\Phi 12$ 'lik, BÇI ve BÇIII olarak seçilmiştir. Numunelerin yükseklikleri ve genişlikleri 20cm olarak alınmıştır. Numune uzunlukları seçilirken TS500'de verilen bağıntıdan kenetlenme boyları, 30, 50, 60 ve 70cm olarak hesaplanmıştır. Numune betonları, C16 betonu ile C25 betondur. Hazırlanan betonlardan 3'er adet numune alınmış, bu numunelerin 28 günlük ortalama silindir basınç dayanımları C16 için 219.50, C25 için 293.75 olarak bulunmuştur. Deney numuneleri 4 grup halinde dökülmüştür. Beton kalitesi aynı tutulup, BÇI ve BÇIII donatıları kullanılan numunelerin maksimum yükleri arasındaki oran 1100/5500 olarak bulunmuştur. Donatılar sabit tutulup C16 ve C25 betonlarıyla hazırlanan numunelerin maksimum yükleri arasındaki oran ise, 1100/2500 bulunmuştur. Etriyeli hazırlanan numuneler, etriyesiz olarak hazırlanan numunelere göre ortalama %33 daha dayanımlı bulunmuştur. Bulunan sonuçlar SPSS istatistiksel paket programı sürüm 13'de yapılan varyans analizi ve güvenlik sınır kontrolleriyle irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aderans, beton,demir, varyans analizi

An Experimental Study For On The Bond Behaviour Of Reinforcing Steel And Concrete

ABSTRACT: In this study, bond behaviour between the concrete and the iron is investigated experimentally with prepared 16 different properties, 8 experiment samples are produced with links and 8 of experiment samples are produced without links. Iron diameter used in links is $\Phi 8$ and diameters of the iron which goes through the midpoint of the samples are $\Phi 12$, BÇI and BÇIII. Heights and the width of samples are chosen as 20 cm. When choosing sample longitudes, from convection at TS500, touching heights are computed as 30, 50, 60 and 70 cm. Sample concretes are concrete C16 and C25. 3 samples are taken from each one of the concretes prepared and 28 day average cylinder pressure strengths are found as; for C16, 219.50 and for C25, 293.75. Experiment samples are prepared in four groups. By keeping the concrete quality same, the ratio between the maximum loads of the samples which have BÇI and BÇIII irons is found as 1100/5500. By keeping irons same, the ratio between the maximum loads of the samples which are prepared with C16 and C25 concretes is found as 1100/2500 with respect to the samples which are prepared without links, the samples prepared with links are found to have %33 more average strenghts. Bond results are anlyzed with variance analysis on SPSS13 program and with security edge controls.

Key Words: bond, concrete, iron, variance analysis

GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, betonla-donatı arasındaki aderans davranışının beton sınıfı, donatı sınıfı, enine donatı ve kenetlenme boyuna göre değişimlerini belirlemek, ayrıca donatı ve beton özelliklerinin, betonarme kesit ve elemanın türünün, beton – donatı aderansını nasıl etkilediğini incelemektir. Bunun için, 16 adet değişik özelliklerde deney numunesi hazırlandı, deneyler yapıldı ve bu deney sonuçlarına göre yük - deplasman eğrileri çizildi. Deneylerde kullanılan çimentonun, TS-EN-1971/1/2002'ye uygunluğu araştırıldı ve sonuçları verildi. Karışımda kullanılan kumun elekten geçen malzeme yüzdeleri de TS802'deki geçerli değerlere uygunluğu tespit edildi. Numunelerde kullanılan enine ve boyuna donatılar TS500' de verilen ve TS 708'e uygun düz yüzeyli ve nervürlü çelik çubuklardır.

LİTERATÜR TARAMASI

Aderans konusunda bugüne kadar Yurt dışı ve Yurt dışında çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bu araştırmaların bazılarından söz edilmektedir.

Arda(1968), Betonarmede aderans konusunda edilen bilgileri özlü bir şekilde bir araya toplayarak aderansın nedenlerini belirtip ayrı ayrı incelenmiştir. Aderansla ilgili araştırmalarda kullanılan deney tür ve metodlarını gözden geçirerek karşılaştırmış, deney sonuçlarının nasıl değerlendirilmesi gerektiğine de değinmiştir. Ayrıca aderans etkileyen faktörleri ele almış ve çatlama olayı ile aderans ilişkisini araştırmıştır.[1]

Cengizhan (1986), Taşıyıcı pomza betonu üzerinde bir inceleme başlıklı çalışmasında, pomza agregasıyla yaptığı taşıyıcı betonların basınç ve çekme dayanımlarını, elastisite modülünü ve gerilme şekil değiştirme ilişkilerini etkileyen faktörleri ve bu betonun dayanımının zamanla değişimi ve rötre özelliklerini deneysel olarak incelemiştir. Araştırmacı, taşıyıcı pomza betonunun aderans özelliklerini aksel çekme deneyi ile belirleyerek, bu betonla yaptığı betonarme kirişlerin eğilme, kesme ve sünme davranışlarını incelemiş ve pomza agregasının

taşıyıcı beton yapımında kullanılabileceği sonucuna varmıştır.[2]

Sorouhion ve Chai (1991), Dış düğümlerde düz çubukların ankraj boyunu analitik olarak incelemiştir.[3]

Moehle, Wallace, Hwang (1991), çekme kuvvetine maruz düz donatıların ankraj boyunu deneysel olarak incelemiştir. Bu araştırmada ankraj boyunun, donatı çapı, donatı sınıfı ve beton dayanımına bağlı olarak nasıl değiştiğine bakmış, sonuçlar ACI 318-83 ve ACI 408 ile mukayese edilmiştir.[4]

Mor (1992), Yüksek dayanımlı betonlarda, donatı-beton aderansını incelemiştir. Mor, beton yapımında silis dumanı da kullanmış ve bu şekilde yaptığı betonla – donatı aderansının geleneksel betonunkinin iki katı olduğunu belirtmiş ve bu sonucu betonun içyapısıyla açıklamıştır.[5]

Baldwin ve Clark (1995), Bu araştırmada yetersiz ankraj ve kenetlenme boylarını incelemiştir. Yetersiz ankraj edilmiş ve pas payları $1\Phi - 6\Phi$ arasında değişen 96 adet numune denemiştir, deney sonucunda ortalama kırılma yükünün sabit pas payı altında ankraj boyu ile lineer olarak değiştiğini ortaya çıkarmışlardır.[6]

METARYAL VE METOT

Bu bölümde deney elemanlarının üretiminde kullanılan agrega, karma suyu, çimento, beton ve donatıya ait özelliklere yer verilmiştir.

Normal agreganın özellikleri

Deneylerde kullanılan normal agrega Konya civarında bulunan Göçü kum ocağından temin edilmiştir. Göçü kum ocağı Konya'ya 30km uzaklıkta bulunan tabii bir kum ocağıdır. Bu ocaktan temin edilen iri agreganın sıkışık birim ağırlığı 1730 kg/m^3 , gevşek birim ağırlığı 1455 kg/m^3 , su emme oranı %1, ince agreganın sıkışık birim ağırlığı 1920 kg/m^3 gevşek birim ağırlığı 1560 kg/m^3 ve su emme oranı da %8'dir(Çınar,2000). Karışımın elekten geçen malzeme yüzdeleri ve TS802 'deki geçerli değerler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. TS 802’de istenen agrega yüzdeleri.

Eğri Tür.	Elek Çapı							
	0.25	0.5	1.00	2.00	4.00	8.00	16.00	31.50
A32	2	-	8	14	23	38	62	100
B32	8	-	28	37	47	62	80	100
C32	15	-	42	53	65	77	89	100
Karışım	1	6	27	20	51	86	98	100

Beton karma suyu ve çimento özellikleri

Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan karma suyu Yükselen havzasından temin edilen S.Ü. Alaaddin Keykubat kampüsü şebeke suyu olup içilebilir özelliktedir. Kullanılan suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde yapılan deneyler sonucunda belirlenmiş, sonuçlar Tablo 3.2.’de verilmiştir.

Beton deney numunelerinin üretiminde, özgül ağırlığı 3.15 kg/dm³ olan portland çimentosu (KPÇ 325) kullanılmıştır. Konya Çimento A.Ş. tarafından üretilen çimentonun TS-EN-1971/1/2002’ye uygunluğu araştırılmış ve elde edilen değerler standart değerler ile birlikte Tablo 3.3.’de verilmiştir.

Donatı özellikleri

İmal edilen numunelerde boyuna ve enine donatı olarak İskenderun Demir Çelik Fabrikası’ndan temin edilen, TS500 ve TS708’e uygun olan düz yüzeyli ve nervürlü çelik çubuklar kullanılmıştır. BÇİ donatı çelik çubukların çapları; etriyelerde 8mm, boyuna donatılarda ise 12mm olarak seçilmiştir. Numunelerde kullanılan 12 mm.’lik çelik çubuklardan 3’er adeti KOSGEB laboratuvarında TS-EN-10002/1/2004 yönetmeliğine uygun olarak çekme testine tabii tutulmuştur. Elde edilen test sonuçları Tablo 3.4’de, ilgili grafik ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri.

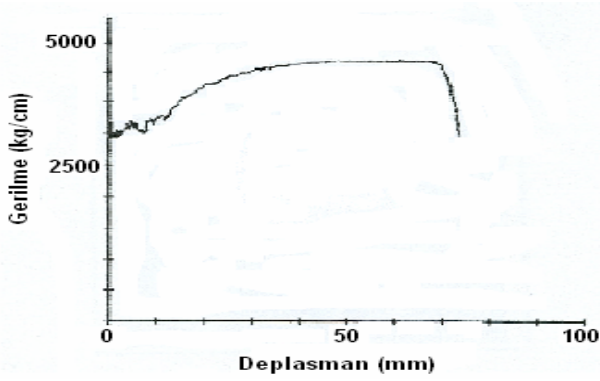
PH	Elektriksel İletkenlik mmho/cm [25°C]	Fiziksel Özellikler					Kimyasal Özellikler			
		NTU	Cl mg/l	Ca ⁺⁺ mg/l	SO ₄ Mg/l	Organik Madde	Co ₃ mg/l	FS ⁰ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/	Toplam Tuz
7,7	2250	<5	245,8	187	135	1.9	23	92	107.4	1540

Tablo 3.3. TS-EN- 1971/1/2002’de istenen çimento değerleri.

Özellik	TS 19’da istenen Değerler	Deneyde bulunan değerler
Priz Başlama süresi	> 1 saat	1 saat 30 dak.
Sona erme süresi	< 10 saat	4 saat 40 dak.
Hacim genişlemesi	< 10 mm.	3 mm.
200 mikron elek üzerindeki miktar	< %1	%0,3
90 mikron elek üzerindeki miktar	< %14	%9,3
Özgül yüzey	%2400 cm ² /g	%2900 cm ² /g
Basınç dayanımları (kg/cm ²)	7 günlük >210 28 günlük 325	224 354
Eğilmede çekme dayanımı (kg/cm ²)	7 günlük 40 28 günlük 55	51 64

Tablo 3.4. Deneylerde kullanılan donatı özellikleri.

Donatı çapı(mm.)	Donatı sınıfı	Akma Dayanımı f_{yk} (kg/cm ²)		Kopma Dayanımı f_{su} (kg/cm ²)		Kopma Uzaması ϵ_{su}	
		Min.	DeneySEL	Min.	DeneySEL	Teorik	DeneySEL
12	BÇI	2200	3055	3400	4240	0,18	0,25
12	BÇI	2200	2940	3400	4740	0,18	0,27
12	BÇI	2200	2560	3400	4700	0,18	0,26
12	BÇIII	4200	5015	5000	5620	0,12	0,19
12	BÇIII	4200	4840	5000	6150	0,12	0,21
12	BÇIII	4200	4520	5000	6100	0,12	0,20

**Şekil 3.1.** Deneylerde kullanılan donatının gerilme deformasyon eğrisi

DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

Beton karışım hesapları

Deneyler numunelerinin beton karışım hesapları temel yöntemlerden olan Mutlak Hacim Yöntemi'ne göre yapılmıştır. Mutlak Hacim Yöntemi'nde; 1 m³ sıkıştırılmış betonda bulunacak bileşenlerin miktarını belirlemek için aşağıdaki bağıntıdan faydalanılmıştır.

$$1000 \text{ dm}^3 = \frac{C}{\gamma_c} + W + \frac{W_a}{\gamma_a} + A \quad (1)$$

Tablo 4.2. Hazırlanan beton karışımlarının özellikleri ve silindir basınç dayanımları.

Beton Sınıfı	Dozaj (kg/m ³)	E/C Oranı	f_{ck} (7 gün) kg/cm ²	f_{ck} (28 gün) kg/cm ²		F_{ck} (28) Ort. kg/cm ²
				1	2	
C16	300	0.50	150.65	221.70	217.40	219.50
C25	450	0.45	200.15	295.20	292.30	293.75

1m³ C16 ve C25 betonu için hesaplanan bu değerler Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. 1m³ Betondaki karışım miktarları.

Beton Türü	Agrega (kg)	Çimento (kg)	Su (lt)
C16	1950	300	150
C25	1750	450	200

Beton üretimi, karıştırma, yerleştirme ve kür

İmal edilen deney numune betonları 16 adet olarak dökülmüştür. Beton karışımlarında betoniye kullanılmamış tüm betonlar laboratuarda kürekle karıştırılarak üretilmiştir.

Beton üretiminde normal agregası ile çimento kuru olarak üç sefer harmanlanmıştır. Karışım suyu eklenerek homojen bir taze beton elde edilinceye kadar karıştırma işlemine devam edilmiştir. Elde edilen taze beton kalıplara alınmış ve taze betonun kalıba iyi yerleşmesini sağlamak için şişleme yapılmıştır. Üretilen betonlardan 20/20'lik kaplara 3'er adet numune alınmıştır. Betonlama sırasında alınan silindir numunelerin birisi 7 gün, diğer ikisi de 28. gün sonunda kırılarak silindir basınç dayanımları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.2'de verilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deney düzeneği

Hazırlanan numune boyutları ve özellikleri Tablo 5.1’de verilmiştir. Deneylerde C16 ve C25 betonu için Φ 12 BÇI ve BÇIII donatıları kullanılmıştır.

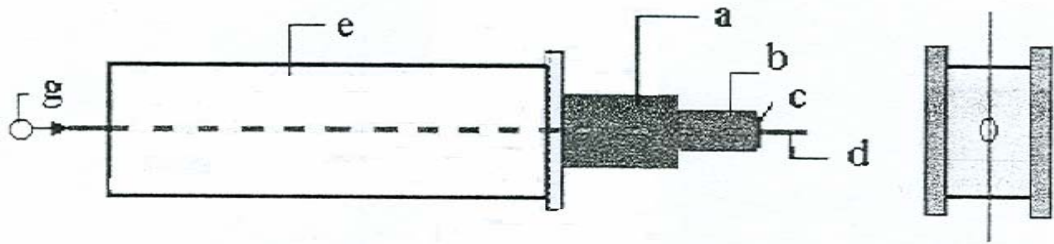
Seçilen donatı ve beton sınıfı dikkate alınarak TSE500’de normal beton için verilen kenetlenme boyu;

$$\text{BÇI için; } l_b = 0.24 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \Phi ,$$

$$\text{BÇIII için; } l_b = 0.12 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \Phi (2.14) \quad (2)$$

denklemlerinden hesaplanmıştır. Burada l_b kenetlenme boyu, Φ donatı çapını göstermektedir. Numune boyları, üretilen beton numunelerinin yarısında, kenetlenme boyunun %20’si azaltılarak, diğer yarısında ise %20 artırılarak hesaplanmıştır. Kenetlenme boyundan kısa üretilen numunelerde donatı sıyrılması, kenetlenme boyundan daha uzun üretilen numunelerde ise donatının akması beklenmektedir.

Deneylerde çekip çıkarma deney metodu kullanılmış, numune özellikleri Tablo 5.2’de ve hazırlanan deney düzeneği Şekil 5.1’de verilmiştir.



a. Hidrolik Kriko, b. Load Cell, c. Çak, d. Çekilen Donatı, e. Beton Kütle, f. 5 cm’lik Komparametre

Şekil 5.1. Deney düzeneği.

Tablo 5.1. Numune boyutları ve özellikleri.

	Den. No	Beton Sınıfı	Donatı Sınıfı	Etriye	Numune Boyu
I.GRUP	1	C16	BÇI	-	$l < l_b$
	2	C16	BÇI	Φ 8	$l < l_b$
	3	C16	BÇI	-	$l > l_b$
	4	C16	BÇI	Φ 8	$l > l_b$
II.GRUP	5	C16	BÇIII	-	$l < l_b$
	6	C16	BÇIII	Φ 8	$l < l_b$
	7	C16	BÇIII	-	$l > l_b$
	8	C16	BÇIII	Φ 8	$l > l_b$
III.GRU P	9	C25	BÇI	-	$l < l_b$
	10	C25	BÇI	Φ 8	$l < l_b$
	11	C25	BÇI	-	$l > l_b$
	12	C25	BÇI	Φ 8	$l > l_b$
VI.GRU P	13	C25	BÇIII	-	$l < l_b$
	14	C25	BÇIII	Φ 8	$l < l_b$
	15	C25	BÇIII	-	$l > l_b$
	16	C25	BÇIII	Φ 8	$l > l_b$

Deneilerin Yapılışı

Deneiler 16 numune üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çekip çıkarma deneyleri, numunelerin hepsinde yatay konumda çekilerek yapılmıştır. Numunelerdeki çelik çubukları aksel çekilemek için, ortası delik kriko ve verilen aksel yükü ölçebilmek için delikli Load Cell kullanılmıştır. Aksel yükün beton numune üzerine düzgün yayılmasını sağlamak amacıyla; yüzeyi düzgün olmayan numunelerde, çelik levhadan yapılan başlık kullanılmıştır. Donatının beton kütlede ne kadar sıyrıldığının belirlenebilmesi, komparametrelerin beton kütleyle sabitlenmesi ile sağlanmıştır.

Deneilerde yük uygulaması kademeli olarak yapılmış ve her kademedeki yük değerine karşılık gelen deplasmanlar okunarak kayıt edilmiştir. Deney başlangıcında bu kademe 100kg alınmıştır. Deney düzeneği Şekil 5.3.'de, numunelerin deney sonrası görünüşleri ise Şekil 5.4.'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Deney Düzeneği.



Şekil 5.4. Numunelerin Deney Sonrası Görünüşleri.

Deney Sonuçları

I. ve II. Grupların Karşılaştırılması

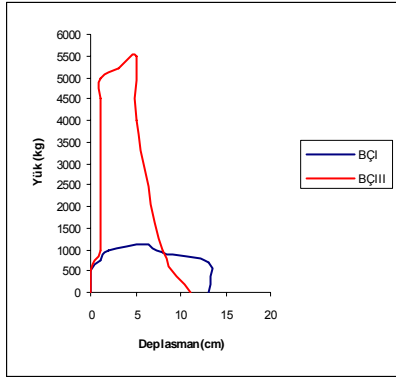
I. grupta beton sınıfı C16, donatı sınıfı BÇI olarak seçilmiştir. II. grupta ise beton sınıfı C16, donatı sınıfı BÇIII olarak belirlenmiştir. Burada beton sınıfları aynı, donatı sınıflarında farklılık bulunmaktadır. Böylece BÇI donatısı ile BÇIII donatısı arasındaki aderans farkı belirlenmiş olacaktır.

Deney sonuçlarına göre BÇIII donatısı kullanılan numunelerdeki aderans, BÇI donatısı kullanılarak hazırlanan numunelerdeki aderanstan çok daha iyidir. BÇI olarak hazırlanan numunelerde yük 1500kg değerine çıkarken, BÇIII olan numunede yük 5500 kg değerlerine kadar çıkmaktadır. Nervürlü demirin dayanımı açık bir şekilde görülmektedir. Bu gruptaki deneyler; donatının betondan sıyrılması ile sonlandırılmıştır. Şekil 5.4.'de I. ve II. grup deneylerin karşılaştırılması grafik olarak verilmiştir.

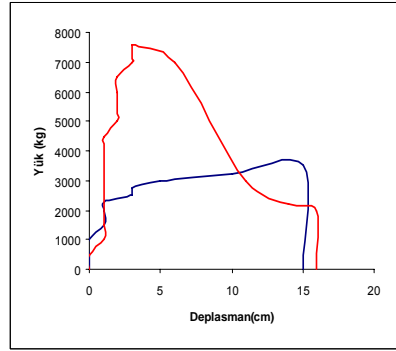
I. ve III. Grup Deneylerin Karşılaştırılması

I. grupta beton sınıfı C16, donatı sınıfı BÇI olarak seçilmiştir. III. grupta ise beton sınıfı C25, donatı sınıfı BÇI olarak belirlenmiştir. Burada donatı sınıfları aynı, beton sınıflarında farklılık bulunmaktadır. Böylece betonun kalitesine göre aderansın değişimi incelenmiş olacaktır.

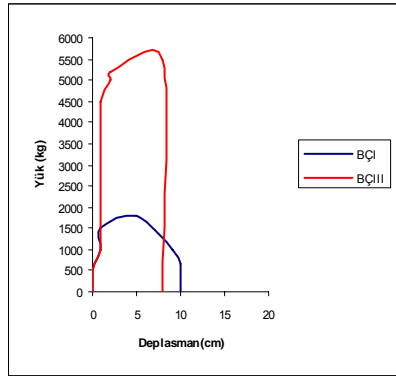
Deney sonuçlarına göre C25 beton sınıfı kullanılan numunelerde uygulanan aksel yük 2500 – 3000 kg'a kadar çıkmıştır. C16 beton sınıfı kullanılarak hazırlanan numunelerde ise 1500 – 2000 kg'da kalmıştır. C25 betonuyla hazırlanan numunenin aderansı, C16 ile hazırlanan numunenin aderansından %64 daha iyi çıkmıştır. Şekil 5.5.'de I. ve III. grup deneylerin karşılaştırılması grafik olarak verilmiştir. Beton sınıfı yükseldikçe, aderans dayanımı artmaktadır. Bu gruptaki deneyler; donatının sıyrılması ile sonlandırılmıştır.



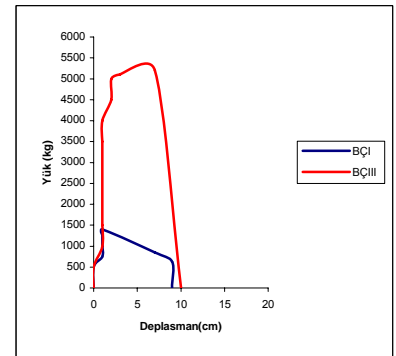
C16-BÇI-BÇIII-1_b -Etriyersiz



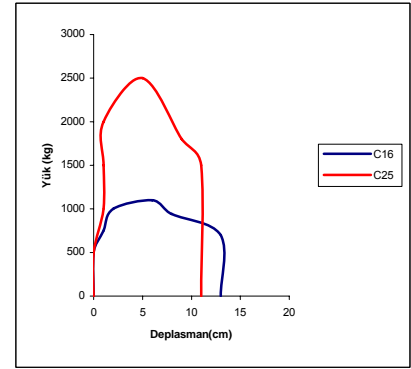
C16-BÇI-BÇIII-1>sub>b</sub> -Etriyersiz



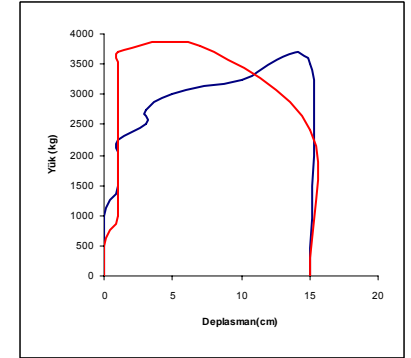
C16-BÇI-BÇIII-1_b-Etriyeli



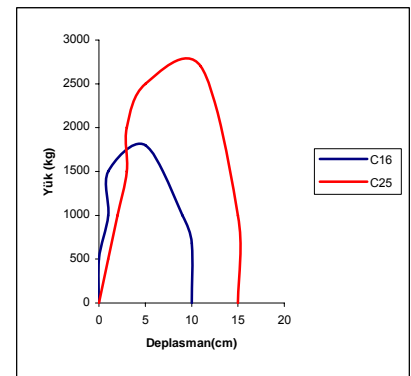
C16-BÇI-BÇIII-1>sub>b</sub>-Etriyeli



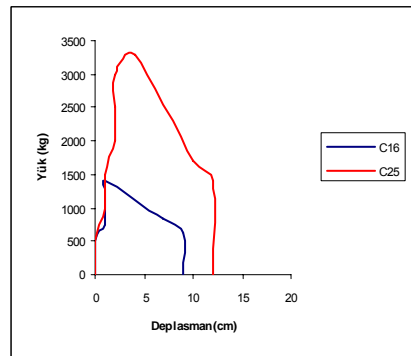
C16-C25-BÇI-1_b-Etriyersiz



C16-C25- BÇI-1>sub>b</sub>-Etriyersiz



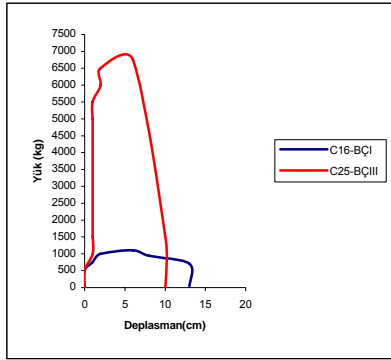
C16-C25- BÇI-1_b-Etriyeli



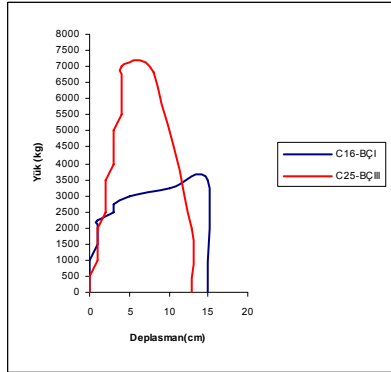
C16-C25- BÇI-1>sub>b</sub>-Etriyeli

Şekil 5.4. I. ve II. Grupların karşılaştırılması.

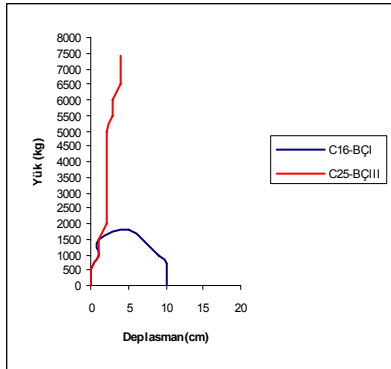
Şekil 5.5. I. ve III. Grupların karşılaştırılması



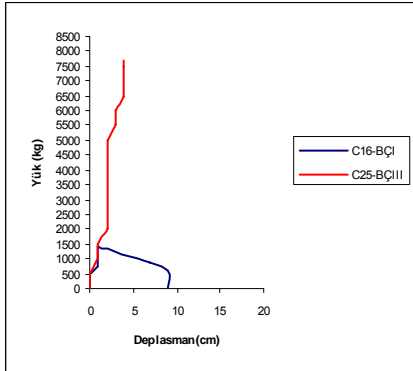
C16-BÇI ve C25-BÇIII-İ<sub>b</sub> -Etriyesiz



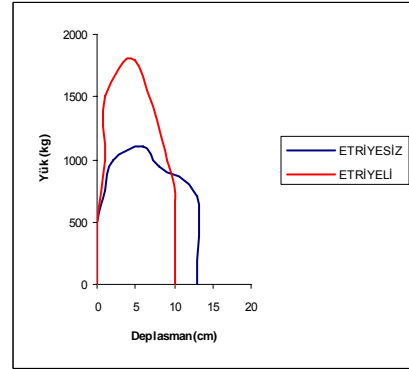
C16-BÇI ve C25-BÇIII-İ>sub>b</sub> -Etriyesiz



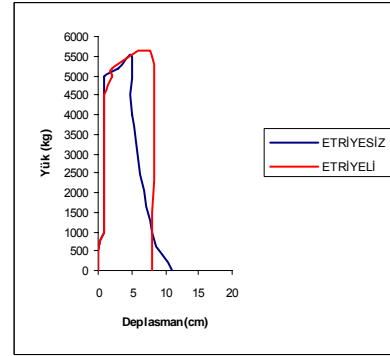
C16-BÇI ve C25-BÇIII-İ<sub>b</sub> -Etriyeli



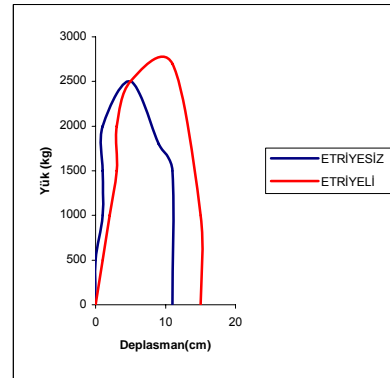
C16-BÇI ve C25-BÇIII-İ>sub>b</sub> -Etriyeli



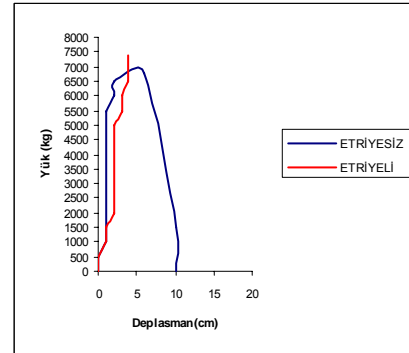
C16-BÇI-Etriyeli-Etriyesiz



C16-BÇIII-Etriyeli-Etriyesiz



C25-BÇI-Etriyeli-Etriyesiz



C25-BÇIII-Etriyeli-Etriyeli

Şekil 5.6. I. ve IV. Grupların karşılaştırılması.

Şekil 5.7. Etriyeli ve etriyesiz grupların karşılaştırılması.



Şekil 5.8. C25-BÇI-Etriyeli numune örneği.

I. ve IV. grupların karşılaştırılması

I. grupta beton sınıfı C16, donatı sınıfı BÇI olarak seçilmişti. IV. grupta ise beton sınıfı C25, donatı sınıfı BÇIII olarak belirlenmiştir. Burada hem beton sınıflarında farklılık, hem de donatı sınıflarında farklılık bulunmaktadır. Böylece farklı beton ve donatı kullanılarak hazırlanan numuneler arasında mukayese yapılacaktır.

Deney sonuçlarına göre C25 betonu, BÇIII donatısı kullanılarak hazırlanan numunelerdeki aderans, C16 betonu, BÇI donatısı kullanılarak hazırlanan numunelerdeki aderanstan çok daha iyi çıkmıştır. C25-BÇIII-etriyeli numunelerde donatı kopmuştur. Şekil 5.6.'da I. ve IV. Grup deneylerin karşılaştırılması grafik olarak verilmiştir.

Enine donatı kullanılan ve kullanılmayan numunelerin karşılaştırılması

I. grupta C16-BÇI numunesi etriyeli ve etriyesiz olarak hazırlanmıştır. Etriye ile hazırlanan numunedeki aderans, diğer

numuneye göre %34 fazladır. II. grupta C16-BÇIII numunesi etriyeli ve etriyesiz olarak hazırlanmıştır. Etriye ile hazırlanan numunedeki aderans, diğer numuneye göre %28 fazla çıkmıştır. III. grupta C25-BÇI numunesi etriyeli ve etriyesiz olarak hazırlanmıştır. Etriye ile hazırlanan numunedeki aderans, diğer numuneye göre %38 fazladır. IV. grupta C25-BÇIII numunesi etriyeli ve etriyesiz olarak hazırlanmıştır. Etriye ile hazırlanan numunedeki aderans, diğer numuneye göre %41 fazladır. Etriyeli ve etriyesiz grupların karşılaştırılması Şekil 5.7.'de verilmiştir.

Deney sonuçlarının sorgulanması

Test edilen 16 tane numune için elde edilen deney sonuçları; güvenlik sınırları belirtilerek, varyans analizi ile sorgulanmıştır. 4 farklı kenetlenme boyu vardır. 2 tane farklı beton sınıfı bulunmaktadır. Araştırma konuları Tablo 5.2.'de, numunelerin çekme dayanım sonuçlarının varyans analizi ise, Tablo 5.3.'de verilmiştir.

Tablo 5.2. Araştırma Konuları.

		Etiket Değerleri	N
Beton cinsi	1	C16	8
	2	C25	8
Kenetlenme boyu	1	l<lb	4
	2	l<lb-Etriyeli	4
	3	l>lb	4
	4	l>lb-Etriyeli	4

Tablo 5.3 Numunelerin Çekme Dayanımı sonuçlarına ait varyans analiz tablosu.

Değişim Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi (df)	Kareler Ortalaması	F	Anlam Düzeyi
Beton cinsi	4,676	1	4,676	,0550	,480
Kenetlenme boyu	5,248	3	1,749	,0206	,890
Beton cinsi * Kenetlenme boyu	1,794	3	,598	,035	,974

Tablo 5.4. Çekme dayanım ortalamalarına ilişkin beton cinsine göre güvenlik sınır değerleri.

Beton cinsi	Ortalama	Standart Sapma	95% Güven aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
C16	4,088	1,031	1,709	6,466
C25	5,169	1,031	2,791	7,547

Tablo 5.5. Çekme dayanım ortalamalarına ilişkin kenetlenme boyuna göre güvenlik sınır değerleri.

Kenetlenme boyu	Ortalama	Standart Sapma	95% Güven aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
$l < l_b$	3,963	1,458	,599	7,326
$l < l_b$ -Etriyeli	4,375	1,458	1,012	7,738
$l > l_b$	4,650	1,458	1,287	8,013
$l > l_b$ -Etriyeli	5,525	1,458	2,162	8,888

Numunelerin çekme dayanımı sonuçlarının varyans analiz Tablo 5.3.'de verilmiştir.

Beton sınıfına göre, %95 güven aralığının alt ve üst değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir. C16 için üst sınır 6.466, C25 için 7.547 bulunmuştur. Alt sınır ise sıra ile 1.709 ve 2.791 olarak bulunmuştur.

Kenetlenme boyuna göre, %95 güven aralığının alt ve üst değerleri Tablo 5.5' de verilmiştir.

SONUÇLAR

Betonların aderans davranışının beton sınıfı, donatı sınıfı, enine donatı ve kenetlenme boyuna göre değişimlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu deneysel çalışmadan aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

1. Aderans gerilmeleri birçok etkiye bağlı olarak değişmekle birlikte, donatı ve beton özellikleri, betonarme kesit ve elemanın türü beton-donatı arasındaki aderansı etkileyen en önemli değişkenlerdir.

2. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; 1. ve 2. gruptaki donatılar sıyrılmıştır.3. grupta ise C25-BÇIII numuneleri kopmuş diğer numuneler sıyrılmıştır.4. grupta C25-BÇIII-Etriyeli numunesinde donatı kopmuş, diğerlerinde sıyrılmıştır.
3. Beton sınıfının yükselmesi aderansı olumlu yönde etkilemektedir. C16 ile C25 betonları arasında %40 varan aderans farkı oluşmuştur.
4. Nervürlü donatı ile düz donatı arasında çok büyük aderans farkı oluşmuştur. Hem beton sınıfı yüksek, hem de nervürlü donatılı olan numunelerde donatı kopması meydana gelmiştir. Bu da nervürlü demirin ve kaliteli betonun önemini açıkça göstermektedir.
5. Enine donatı, aderansı olumlu yönde etkilemekte ve aderans direncini artırmaktadır.
6. Numunenin beton içerisine gömülme boyu aderansı etkilemektedir. l_b kenetlenme boyları daha büyük olan numunelerde aderans daha büyük çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Açıkel, H., 1995. "Karapınar Volkanik Agregasından (TS4047'ye uygun) Hazır Döşeme ve Çatı Plakları İkmali", Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Aka, İ., Keskinel, F., Arda, T.S., 1985. "Betonarmeye Giriş", Birsen Kitabevi, İstanbul.

- Arda, T.S., 1968. "Enine Donatının Aderansa Etkisi", İ.T.Ü., Doktora Tezi, İstanbul.
- Arda, T.S., 1968. "Betonarme Aderans Konusunda Bir Derleme", İ.T.Ü., İstanbul
- Arda, T.S., 1973. "Bitişik Donatı Çubukların Aderansı", İ.T.Ü., Doçentlik Tezi, İstanbul.
- Baldwin, M.I., Clark, L.A., 1995. "The Assessment of Reinforcing Bars with Inadequate Anchorage", Magazine of Concrete Research, No: 171, June, pp.95-102.
- Baldwin, M.I., Clark, L.A., 1997. "Push-off Shear Strength with Inadequately Anchored Interface Reinforcement", Magazine of Concrete Research, No:178,Mar., pp.35-43.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 1996. "Betonarme Yapılar", İ.T.Ü., Sema Matbaacılık, İstanbul.
- Çınar, B., 2000. "Karapınar Volkanik Agregasından İmal Edilen Hafif Betonların Aderans Davranışı Üzerine Deneysel Bir İnceleme" Yüksek Lisans Tezi, Konya
- Ersoy, U., 1985. "Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı", Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Kamanlı, M., 1999. "Değişken Kesitli kirişlerin Davranışlarının Teorik ve Deneysel Olarak İncelenmesi", Doktora Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Maehle, J.P., Wallece, J.W., Hwang, S.J., 1991. "Anchorage Lengths for Strainght Bars in Tension", ACI Structural Journal, September, pp.531-536.
- Soroushioan, P., Choi, K.B., 1991. "Analytical Eualuation of Straight Bar Anchorage Desing in Exterior Joints", ACI Structural Journal, April, pp.161-168.
- T.S. 19-EN-1971/1/2002, Portland Çimentoları
- T.S. 24/Eylül 1985, Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları
- T.S-EN 10002/1/2004, Çekme Deneyleri (Metalik Malzeme için)
- T.S. 150/Nisan 1978, Agrega Karışımlarının Deney Analizi İçin Metot
- T.S. 500/Şubat 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
- T.S. 802/Ocak 1985, Beton Karışım Hesapları
- T.S. 1154/Şubat 1986, Beton İçin Hafif Agregalar
- T.S. 3114/Nisan 1978, Beton Basınç Dayanımı Deney Metodu
- T.S. 3234/ Eylül 1978, Bims Beton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları

