

**AÇILI GÖMÜLÜ BETONARME DONATI ADERANS KAPASİTESİNİN
POTANSİYEL BETON KONİ SINIRLARIYLA BELİRLENMESİ**

EFFECT of DETERMINATION ANGLE on the STRENGTH of BONDED REINFORCED
INSTALLED in CONCRETE CONE BOUNDARIES

Dr. Öğr. Üyesi Murat ARAS

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ORCID NO: 0000-0002-2102-8868

İnşaat Mühendisi Esra KOCAMAN

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada, eğik gömülü betonarme donatıların aderans dayanımı ile beton koni sınırı arasındaki ilişki deneysel olarak incelenmiştir. Betonarme donatıların hem eğik olması hem de sığ olması beton koni göçme sınırlarının önemini arttırmaktadır. Çalışma kapsamında, C10 donatısız beton bloklar üretilmiştir. Gömülü derinliği 15Φ olacak şekilde 12mm çapında betonarme donatıları ele alınmıştır. Taze betona gömülü betonarme donatıların eğiklikleri 0° , 15° ve 30° olarak belirlenmiştir. Deney platformunda beton koni sınırları çapı 100 ve 200 mm dairesel alanlar olacak şekilde teşkil edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda eğik gömülü donatıların aderans dayanımı ile beton koni sınırları arasındaki ilişki elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Aderans, Beton Koni, Ankraj

ABSTRACT

In this study, the relationship between the bond strength of inclined embedded reinforced concrete reinforcement and the concrete cone boundary was investigated experimentally. Both the different angles and shallowness of the reinforced concrete reinforcements increase the importance of the concrete cone collapse boundaries. Within the scope of the study, C10 unreinforced concrete blocks were considered with a diameter of 12 mm and an embedment depth of 15Φ . The inclinations of the reinforced concrete bar placed in fresh concrete were determined as 0° , 15° and 30° . The concrete cone boundaries were formed as circular areas with a diameter of 100 and 200 mm on the experimental platform. As a result of the experiments, the effect of the concrete cone boundary conditions on the bond strength of the reinforcements in the inclined condition was obtained.

Keywords: Adherence, Concrete Cone, Anchor

GİRİŞ

Beton, uygun şartlarda üretildiği takdirde basınç mukavemeti yüksek, çekme mukavemeti düşüktür. Beton malzemesinin bu dezavantajı çelik donatı ile birlikte uygulanarak yapılar için avantaja dönüştürülmüş ve beton malzemesi betonarme olarak kullanılmaya başlanmıştır. Betonarme kullanımında en önemli hususlardan biri beton-donatı kenetlenmesidir. Beton ve çelik çubukların kenetlenmesini sağlayan kayma gerilmelerine “Aderans” denir. (Karakoç,1985). Yükleme durumu, donatı çapı, donatı gömme derinliği, ortam koşulları (nem,

sıcaklık, korozyon) gibi parametrelerin beton-donatı aderansı üzerinde önemli etkileri vardır (Çetinkaya, 2022).

Ortam koşullarının değişmesi, yeterli paspayı bırakılmaması, eksik ve hatalı imalatların yapılması gibi olumsuz koşullar çelik donatıyı korozyona uğratabilir ve beton-donatı aderansını olumsuz etkileyerek betonarme elemanın ihtiyaca karşılık verememesine neden olabilmektedir. Betonarme bir yapı elemanının doğru performans sergileyebilmesi için, beton ve donatının matris içinde birbirine kenetlenmesi büyük bir öneme sahiptir. Bu kenetlenme, kesme gerilmelerinin etkisiyle sağlanır ve beton ile donatı arasındaki bağ, kesme kuvvetleri sayesinde oluşur (Koç, 2024).

Ayrıca beton ile donatı aderansı oluşabilmesi için uygun kenetlenme boyunun sağlanması gerekmektedir. Donatı akma dayanımında iken donatının betondan sıyrılarak ayrılmadığı boy “kenetlenme boyu” olarak açıklanabilir. Aderansın devamlı sağlanabilmesi için aderansı olumsuz etkileyen faktörler göz önüne alınarak tedbirler alınmalıdır. Aderansı etkileyen parametreler farklı deneyler ile belirlenebilmektedir. Bunlardan bir tanesi çekip çıkarma deneyidir.

Literatürde yapılan bazı deneysel çalışmalar göstermiştir ki, beton sınıfı ve donatı çapı sabit olan deneylerde kenetlenme boyu arttıkça aderans artmaktadır.

Yine benzer çalışmalar da görülmüştür ki kenetlenme boyu eşit olan numunelerin donatı çapları değiştirildiğinde çapı büyük olan donatıların beton-donatı aderansı, çapı küçük olan donatıların beton-donatı aderansından daha düşüktür.

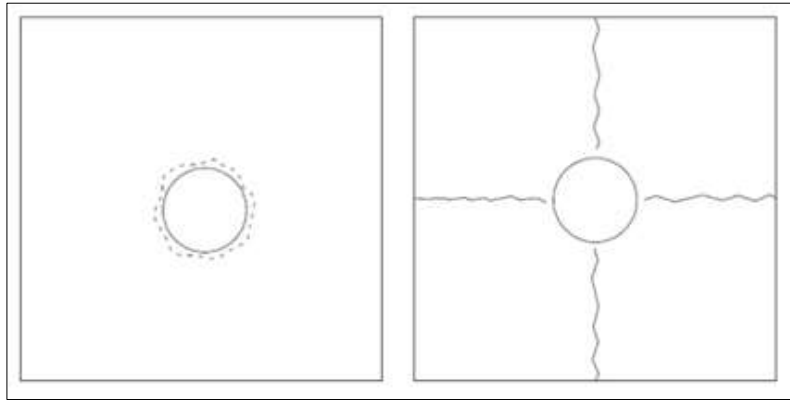
Literatüre bakıldığında, Kam (2023), yaptığı çalışmada, çelik lifli betonların eğik açılardaki ankraj çalışmalarında, eğiklik açısının çekme dayanımına etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Çelik (2018) yaptığı çalışmada, mevcut iki adet yığma binanın güçlendirme ankrajlarının çap ve ankraj derinliğine bağlı çekme ve kesme performanslarını deneysel olarak incelemiştir. Hüsem, M. ve Durmuş, A. (1995), yaptıkları çalışmada, hafif beton-donatı aderansı ile normal beton-donatı aderansını çekip-çıkarma deneyi ile karşılaştırarak incelemiştir. M. F. Sansak (2019), ankrajların çekme kapasitelerini belirleyici testler yapmıştır. Aydoğan (2015), ankraj derinliği, kenar uzaklığı, ankraj çapı gibi değişkenler ile ankrajların çekme kapasitesini çekip-çıkarma deneyi ile çalışmıştır. Benzer şekilde, Özen (2010), Yavuz (2021), Çetinkaya (2022), Arslan (2007), Gürbüz (2007), Arslan M.E. (2018) beton-donatı aderans kapasitesini çeşitli etkenleri dikkate alarak deneysel olarak değerlendirmişlerdir.

Literatür incelendiğinde yapılan çalışmalarının birçoğunun kimyasal ankrajlar üzerinde yapıldığı gözlemlenmiştir. Ankraj gömme derinliği, ankraj çapı, ankraj boyu, ankraj kenar mesafesi, kullanılan donatı sınıfı, kullanılan beton sınıfı, katkılı beton, nervürlü ve nervürsüz donatı gibi değişkenler ile hazırlanan numuneler ile çekip-çıkarma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda, ortamın koşullarına, çalışan işçilerin iş yeteneğine, işin durumuna göre ankraj uygulanması gereken yapı elemanının geometrik şekline bağlı olarak farklı ankraj delik açıları ele alınmıştır. Ayrıca farklı deney düzeneklerinde beton koni yüzeyleri serbest, tutulu veya kısmen tutulu olarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada, taze betona farklı eğiklik açısıyla gömülü olan betonarme donatısının, aderans kapasitesi deneysel olarak

incelenmiştir. Deneysel çalışmada beton koni sınırları 100 ve 200 mm olan farklı platformlarla belirlenerek taze betona eğik gömülü olan donatı aderansı potansiyel koni sınırlarıyla belirlenmiştir.

Çekip-Çıkarma Deneyi

Aderans testlerinin en basiti “eksenel çekip-çıkarma” deneyidir. Bu deneyde, kenetlenme boyu yeterli ise donatı akarken, yetersiz ise çubuk betondan sıyrılarak çıkar. (Şekil 1a) Nervürlü çubukla yapılan aderans deneyinde ise düz yüzeyle çubuklara kıyasla daha az çatlak genişliği, daha fazla çatlak sayısı ve daha az sıyrılmaya gözlemlenir. Nervürlü çubuğun aderans boyu yetersiz olduğunda, beton kütlesi radyal çatlaklar oluştuğu için yarılar ve çubuk betondan ayrılarak çıkar (Şekil 1b) (Altan, 2013).



Şekil 1.a. Çekip çıkarmada sıyrılmaya, b.Çekip çıkarmada ayrılma göçmesi (Şener, 2006)

BETONUN BASINÇ ve ÇEKME DAYANIMININ BELİRLENMESİ

Betonun aksenal basınç yükü altında kırılmamak için gösterdiği direnç, beton basınç dayanımı olarak tanımlanır. Basınç dayanımı, betonun en büyük mekanik dayanımıdır (Özden, 2010). Ayrıca beton, zamanın bir fonksiyonudur ve dayanımını zamanla değişmektedir (Akman 1997), (Postacıoğlu 1969). Betonun basınç dayanımını, kullanılan malzemelerin özellikleri ve karışım miktarları etkilemektedir. Bu nedenle beton elde edilirken kullanılan malzemelerin karakteristik özellikleri bilinmelidir (Özden, 2010).

Beton, çekme etkisi altında şekil değiştirme ve kırılmalara maruz kalır. Betonun çekme dayanımı, bu duruma karşı gösterdiği direnç kapasitesi olarak tanımlanır. Betonda çekme kuvvetleri, betonun maruz kaldığı basınç ve eğilme kuvvetleri sonucu oluşmaktadır.

Eğilme kuvvetleri, basit kiriş üzerinde eğilme momenti ve kesme kuvveti oluşturur. Oluşan eğilme momenti kiriş tarafsız eksen üzerinde basınç, altında ise çekme ve kayma gerilmeleri oluşturmaktadır. Eğik düzlem üzerinde oluşan eğik çatlaklar çekme kuvvetlerinin oluşturduğu kesme çatlakları olarak adlandırılır (Özden, 2010).

DENEYSEL ÇALIŞMA

Malzemeler

Yapılan çalışma, 30x30x30 cm ebatlarında donatısız beton bloklara gömülü bırakılan 12 mm çapında betonarme donatıların aksenal çekme deneylerinden oluşmaktadır. Donatısız beton blokların düşük dayanımı temsil eden C10 beton sınıfında üretilmiştir. Betonarme donatı

çapının 15 katı gömme derinliğine, 0° , 15° ve 30° gömme eğiklik açısı ve 100, 200 mm koni alan çapı değişkenleri ele alınmıştır. Hazırlanan numunelere ait deney parametreleri Tablo 1’de verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada, beton sınıfı, gömülü donatı çapı ve derinlik sabit olduğu için isimlendirme gömülü eğiklik açısı ve beton koni sınırına göre yapılmıştır. Gömülü eğiklik açısı A ve beton koni sınırı CC olarak gösterilmiştir.

Tablo 1. Deney isimlendirmesi

No	İsimlendirme	Eğiklik Açısı (Derece)	Koni Alan Çap (mm)
1	A0/CC100	0°	100
2	A15/CC100	15°	100
3	A30/CC100	30°	100
4	A0/CC200	0°	200
5	A15/CC200	15°	200
6	A30/CC200	30°	200

Deneysel çalışmada, 12 mm çapında nervürlü donatı kullanılmıştır. Kullanılan donatının mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi için, çekme deneyleri uygulanmıştır. Sonuçta elde edilen veriler Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. S420a donatı çubukların mekanik özellikleri

Çap (mm)	Akma Dayanımı (MPa)	Ortalama Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ortalama Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması (%)
12	465	466	543	543	31
	464		545		30
	468		542		29

Beton numunesine ait ağırlıkça beton karışım oranları Tablo 3’te verilmiştir.

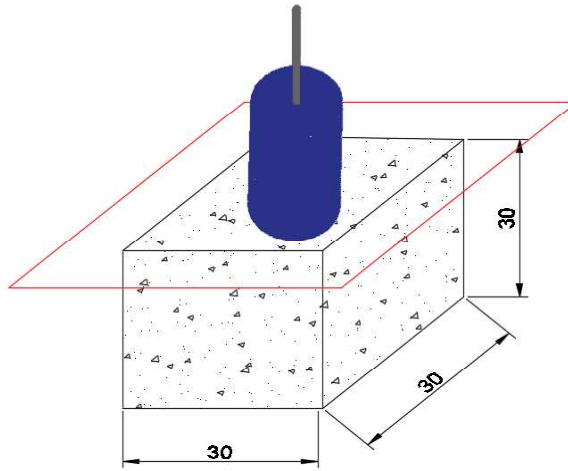
Tablo 3. 1m^3 beton karışım oranları

Malzeme	kg/m ³
0-4 mm	741
5-12 mm	619
12-22 mm	451
CEM II 42.5	246
Su	172

Numunelerin Üretimi

Deney numuneleri üretimi; kalıp, belirlenen gömülü eğiklik açısı sabitlenmesi, gömülü betonarme donatı derinliği sabitlenmesi ve beton dökümü aşamalarından oluşmaktadır. $30 \times 30 \times 30$ cm boyutlarında hazırlanan ahşap kalıpların merkezine farklı eğiklik açıları ve sabit gömme derinliğinde 12 mm çapında nervürlü betonarme donatılar sabitlenmiştir (Şekil 2a-b). Tablo 3’te verilmiş karışım oranlarına göre hazırlanmış beton dökümü gerçekleştirilmiştir. (Şekil 2c).

çeneler ve potansiyometrik cetvelden oluşmaktadır. Deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Şematik deney düzeneği

SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, düşük dayanımlı donatısız beton bloklara farklı eğiklik açılarıyla gömülü olan betonarme donatıların aderans dayanımları belirlenmiştir. Çalışmada, donatı çapı ve gömme derinliği sabit tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre eğiklik açısı ile aksenal çekme kuvveti arasında ilişkiler elde edilmiştir. Ayrıca beton koni alanı serbest bırakıldıkça sıyırılma yerine sıyırılma+beton koni hasarı görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Kam, S. (2023). Çelik Lifli Betonlara Uygulanan Kimyasal Ankrajlarda Ankraj Eğiklik Açısının Çekme Dayanımına Etkisi.(Yüksek Lisans Tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

[2] Çelik, F. (2018). Mevcut Yığma Binalarda Depremsel Güçlendirme Ankrajlarının Çap ve Ankraj Derinliğine Bağlı Çekme ve Kesme Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

[3] Özen, M.A. (2010). Düşük Ve Normal Dayanımlı Betonlarda Epoksi Ankrajların Çekme Davranışı. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

[4] Yavuz, R. (2021). Donatılı Betonda Korozyon ve Aderansın Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman.

[5] Çetinkaya, M. (2022). Zeolit (Klinoptilolit ve Analsim) Katkılı Çimentolar İçeren Betonda Donatı Korozyonunun Aderans Performansına Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

[6] Sansak, M.F. (2019). Ankraj Çubuklarının Çekme Davranışlarının Deneysel Olarak İncelenmesi.(Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

[7] Arslan, M.F. (2007). Eğilmede Taşıyıcı Hafif Beton-Donatı Aderansının Geleneksel Beton-Donatı Aderansıyla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

[8] Gürbüz, T. (2007). Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[9] Aydoğan, İ. (2015). Kimyasal Ankrajlarda Çap, Gömme Derinliği Ve Kenar Mesafesinin Çekme Kuvvetine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.

[10] Karakoç, C. (1985). Aderansta Mekanik Etkileşim Olayı. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[11] Arslan, M. E., & Arslan, T. (2018). Kenetlenme Boyu ve Donatı Çapının Beton-Donatı Aderansına Etkisinin Mafsallı Kiriş Deneyiyle İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30(2), 1-11.

[12] Koç, K. (2024). Yüksek Sıcaklıklardaki Mikro Sentetik Lifli Geopolimer Betonların Aderans Dayanımının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

[13] Altan, F. (2013). Betona Sonradan Yerleştirilen Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkileri Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

[14] Özden, A.V. (2010). Betonun Basınç ve Çekme Dayanımı ile Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

[15] Akman, F. (1997). On some generalizations of Batalin-Vilkovisky algebras. Journal of Pure and Applied Algebra, 120(2), 105-141.

[16] Başka, M.A. (2006). Betonun Basınç Dayanımının Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

[17] Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-3, 2003.

[18] Beton-Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, Türk Standardları Enstitüsü TS EN 12390-6, 2010.

[19] Beton-Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-5, 2010.

[20] Şener, D.H. (2006). Aderans Eki Deneyinde Göçme Biçimleri. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[21] Ekmekyapar, T., & Orung, I. (2001). Buildings materials. Ataturk Univ. Agricultural Faculty Publication, 145, 70-135.