

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları

Turan ÖZTURAN*
Mehmet GESOĞLU**
Melda ÖZEL***
Erhan GÜNEYİSİ****

ÖZ

Bu çalışmanın amacı betona sonradan yerleştirilen ankrajların statik çekme, tekrarlı çekme ve statik kesme yüklemesi altındaki yük-deplasman davranışları ile yük taşıma kapasitelerinin ve göçme modlarının incelenmesidir. Bu kapsamda yalın ve lif katkılı normal ve yüksek dayanımlı beton bloklar üzerine yerleştirilen kimyasal, harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajlar üzerinde toplam 130 adet deney yapılmıştır. Deney sonuçları, ankraj çapı ve ekme boyunun artışıyla ankraj göçme yükünün arttığını, betondaki çelik lif katkısının ankrajın daha sünek bir davranış göstermesine neden olduğunu, beton basınç dayanımındaki artışın ankraj yük taşıma kapasitesini arttırdığını, tekrarlı yükleme altında ankraj rijitliğinde azalma görüldüğünü göstermiştir.

ABSTRACT

Behavior of Adhesive, Grouted, and Mechanical Anchors under Tension and Shear Loadings

Anchor bolts embedded in concrete are utilized in many kinds of structures. Research is carried out on the load-displacement behavior, failure modes and load carrying capacities of retrofit anchors. This research is conducted to investigate the behavior of adhesive, grouted, and expansion anchors embedded in plain and steel fiber reinforced normal and high strength concretes under static tension, cyclic tension, and shear loading. A total of 130 tests have been done. Tests results have revealed that failure load increased with increasing anchor diameter and embedment length; fiber reinforcement improved ductility of the anchor under load; concrete strength increased anchor strength; and stiffness degradation was observed under cyclic loading.

Not: Bu yazı

- Yayın Kurulu'na 09.07.2001 günü ulaşmıştır.
- 30 Nisan 2004 gününe kadar tartışmaya açıktır.

* Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul – ozturan@boun.edu.tr
** Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul – gesoglum@boun.edu.tr
*** Weidlinger Associates Inc, Santa Monica, USA – ozel@hart.wai.com
**** Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul – guneyisi@boun.edu.tr

1. GİRİŞ

Gerek eski ve hasarlı yapıların onarım ve güçlendirilmesinde gerekse yeni inşaatlarda betona sonradan monte edilen ankrajlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Beton dökülürken yerleştirilen ankraj sistemlerine alternatif olarak geliştirilen betona sonradan monte edilebilen ankrajlar planlama, tasarım ve güçlendirme aşamasında kullanıcıya pek çok kolaylıklar sağlamaktadır. Bu çeşit ankrajlar genelde çeşitli yük kombinasyonlarına maruz kalmakla birlikte; yük-deplasman davranışları, göçme modları ve yük taşıma kapasiteleri ile ilgili bilgiler çoğunlukla üretici tarafından verilmekte ve bu sebeple sınırlı kalmaktadır. ACI 349-90 Appendix B [1] de ise bu tip ankrajların tasarımına yönelik çok sınırlı öneriler verilebilmiştir.

Beton ankrajları ile ilgili en kapsamlı çalışmalar Eligehausen ve arkadaşları [2], Eligehausen [3], Eligehausen ve arkadaşları [4,5,6], Eligehausen ve Fuch [7] ve Eligehausen ve arkadaşları [8] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda değişik tipteki ankrajların farklı yükleme şartları altındaki davranışları incelenmiş ve ankraj elemanlarının yük altındaki deplasmanının ankraj tipine göre değiştiği gözlenmiştir. Cook [9] epoksi ile ekilen ankrajlar üzerinde yaptığı çalışmada, elastik limitin aşılmasından sonra ankraj davranışının yeterli güvenlikte kestirilemeyeceğini gözlemiştir. Burdette ve arkadaşlarının [10] uçtan kenetlenmeli mekanik ankrajlar üzerinde yaptıkları statik ve dinamik yükleme deneylerinde ise farklı ankraj çapları ile boyları test edilmiş ve statik çekme ve kesme deneylerinde ankraj çeliğinde sünek çelik kopması modu gözlenmiştir. Ankrajların statik kesme yükleri altındaki davranışlarına ise kenar mesafesi, ankraj çapı ve beton dayanımının etkileri olduğu görülmüştür [8]. Ueda ve arkadaşları [11] monotonik kesme yüklemesi altında kritik kenar uzunluğunun 150 ile 170 mm arasında değiştiğini göstermişlerdir. Betona sonradan monte edilen ankrajların göçme yüklerini tahmin edebilmek için birçok model verilmiştir. ACI 349-90 [1] ve Beton Kapasite Tasarım Yöntemi' nin [12] yanısıra, deneysel sonuçlara dayanan başka modeller de geliştirilmiştir [2,4,9,13].

Bu çalışmada betona sonradan monte edilen ankraj elemanlarının yük-deplasman davranışları, yük taşıma kapasiteleri ve göçme modları incelenmiştir. Yalın ve çelik lif donatılı normal dayanımlı (C30) ve yüksek dayanımlı (C60) betonlara sonradan ekilen ankraj elemanlarının statik çekme, tekrarlı çekme ve kesme yüklemesi altındaki yük-deplasman davranışı, taşıma kapasitesi ve göçme moduna ankraj tipi, çapı ve boyunun etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla normal ve yüksek dayanımlı yalın ve çelik lif katkılı betonlar üzerine ASTM E488 [14] e uygun olarak yerleştirilen kimyasal, harçlı, ve mekanik ankrajlar üzerinde toplam 130 adet deney yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzemeler

Bu araştırma kapsamı içerisinde kimyasal, harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajlar kullanılmıştır. Kimyasal ve harçlı ankraj tiplerinde sonsuz burgulu çelik çubuklar kullanılmış ve birinci tür ankrajlar için çelik çubuk çapı 12 ve 16 mm iken ikinci türde çap 16 mm seçilmiştir. Genişleyen tip mekanik ankrajlar ise 16 mm çapındaki EXA (çift

bilezikli) ve MC (tek bilezikli) tip ankrajlardır. Kimyasal tip ankrajlarda arayüzey malzemesi olarak, dolgu amaçlı ince kuartz kumu içeren iki komponentli epoksi yapıştırıcı kullanılmış iken harçlı tip ankrajlarda ise ağırlıkça % 15 oranında su ile karıştırılarak elde edilen hazır harç kullanılmıştır. Ankrajları sonradan yerleştirmek üzere C30 ve C60 kalitesinde hazır beton kullanılarak normal ve yüksek dayanımlı beton bloklar hazırlanmıştır. Betona katılan çelik lifler 0.8 mm çapında ve 60 mm uzunluğunda olup normal dayanımlı betonda %0.8 ve yüksek dayanımlı betonda %1.0 hacim oranında kullanılmışlardır.

2.2. Deney Elemanlarının Hazırlanması

Normal ve yüksek dayanımlı, yalın ve çelik lif donatılı dört adet (220-240)x(130-150)x40 cm boyutlarında beton blok hazırlanmıştır. Beton dayanımı döküm sırasında alınan ve bloklar ile aynı şartlarda kür edilen 150x300 mm silindir numunelerde belirlenmiştir.

Ankraj bulonları üretici tavsiyelerine uygun olarak monte edilmişlerdir. Kimyasal ankrajlarda ankraj çapından 4 mm daha geniş açılan delikler hava kompresörüyle temizlendikten sonra epoksi yapıştırıcı delikler içerisine boşaltılmış ve selülozik tinerle temizlenmiş olan ankraj çelikleri döndürülerek deliklere yerleştirilmişlerdir. Harçlı ankrajlarda hazırlanan harç 50 mm çapında açılan ve temizlenen deliklere boşaltılmış ve ankraj çelikleri deliklere dikkatlice yerleştirilmişlerdir. Genişleyen tip mekanik ankrajlarda ise 16 mm çapında delikler açılarak ankrajlar bu deliklere çekiç ile çakılmışlar ve çift bilezikli tip için 110 Nm ve tek bilezikli tip için 100 Nm değerinde burulma momenti uygulanarak ankraj bileziklerinin delik içerisinde genişlemesi sağlanmıştır. Ankrajlar ekilirken Tablo 1’ de verilen ASTM E 488 [14] standardı sınır değerlerine uyulmuştur.

2.3. Deney Ankrajlarının Kodlanması

Ankrajların kodlanmasında şu yöntem kullanılmıştır: İlk harf (N veya H) ankrajın monte edildiği betonun normal veya yüksek dayanımlı olduğunu gösterirken, bazı kodlarda bulunan daha sonraki ‘F’ harfi ise lif donatılı betonu simgelemektedir. Ankraj tipini göstermek için, kimyasal ankrajlar ‘CH’, harçlı ankrajlar ‘G’, genişleyen çift bilezikli mekanik ankrajlar ‘EXA’ ve genişleyen tek bilezikli mekanik ankrajlar ise ‘MC’ harfleriyle kodlanmışlardır. Bu sembollerden sonraki ilk iki rakam ankraj çapını (mm) ve bunu takip eden ‘L’ harfi ve sonraki iki rakam ise ankraj ekme boyunu (cm) göstermektedirler. Ekme boyundan sonra gelen ‘T’ statik çekme, ‘C’ tekrarlı çekme ve ‘S’ kesme yüklemesi uygulandığını göstermektedir. Kesme yüklemesinde kenar ankrajları ‘E’ ve diğerleri ‘M’ harfi ile gösterilmişlerdir. Bazı kodların sonunda bulunan tek rakam ise genel özellikleri (ankraj tipi, ekme boyu, çap, yükleme türü) aynı olan ankraj deneylerinin sıra numarasını belirtmek üzere kullanılmıştır.

2.4. Deney Düzenegi

Tekil ankrajların çekip-çıkarma ve kesme deneylerinin yapılabilmesi için ASTM E488’e uygun iki düzenek hazırlanmıştır (Şekil 1 ve 2). Deneylerde yükleme hidrolik krika ile yapılmış ve ankraj ucundaki deplasmanlar ile uygulanan yük bir otomatik veri toplama sistemine aktarılırken deney sonlanma biçimleri ayrıca kaydedilmiştir. Statik çekme deneylerinde ankraj tek seferde göçmeye kadar yüklenmiş iken, tekrarlı çekme deneyleri

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları

statik çekme kapasitesinin % 30'undan % 80'ine kadar %10'luk yük arttırmalarındaki yük seviyelerini ve her yük seviyesinde 5 tekrar içeren bir program dahilinde uygulanmış ve en yüksek yük seviyesindeki en son tekrardan sonra yükleme ankrajın göçmesine kadar devam ettirilmiştir. Kesme deneylerinde ise ankraj en yakın kenara dik doğrultuda kesme yükü altında test edilmiştir. Beton blokların dökümü sırasında alınan silindir numunelerden elde edilen basınç dayanımları Tablo 2' de verilmiştir. Ankraj deneylerine ilişkin sonuçlar Tablo 3-8' de ve yük-deplasman grafiklerinden ikisi örnek olarak Şekil 3 ve 4'de sunulmuştur.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Ankraj Deneylerinde Göçme Modları

Normal ve yüksek dayanımlı betonlarda yapılan ankraj çekip-çıkarma deneylerinin sonlanma biçimleri 2. Bölümde Tablo 3-8 'de verilmiştir. Bu deneyler sonucunda sığ ve orta derinlikteki ($l_c=4-8$ cm) kimyasal ve harçlı ankrajlarda genellikle beton koni göçmesi görülmüştür. Yalın betona 4, 6 ve 8 cm derinliklerde ekilen ankrajlar üzerindeki deneylerde tam koni göçmesi gözlenirken, 8, 10 ve 12 cm ekme boylarındaki bazı ankrajlarda beton koni göçmesi ile birlikte ankraj alt ucunda sıyrılmanın olduğu ve böylece koni derinliğinin bu ankrajlarda küçüldüğü kaydedilmiştir. Ayrıca betona çelik lif katılmasıyla normal dayanımlı betonlardaki 6, 8 ve 12 cm ekme boylarında da bu tür göçme modlarına rastlanmıştır. Betona çelik lif katılması ile ankrajın göçmesi, koni derinliğinin ve çapının küçülmesi nedeniyle, betonda daha az hasara neden olmuştur. Diğer taraftan, 16 cm derinliğe ekilen tüm kimyasal ve harçlı ankraj deneyleri ankraj çeliğinin kopmasıyla sonlanmışlardır. Bu tür göçme modu harçlı ankrajların 12 cm ekme boylarında da gözlenmiştir. Normal ve yüksek dayanımlı yalın betonlarda 8 cm ekme boyunda çift bilezikli mekanik ankrajlarda beton koni göçmesi görülürken, 16 cm derinliğindeki ankraj deneyleri ankraj çubuğunun betondan sıyrılması ile sonlanmışlardır. Ayrıca 8 cm ekme boyundaki tek bilezikli mekanik ankrajlar bütün deneylerde sıyrılma tipi göçme modu göstermişlerdir. Normal dayanımlı lifli betondaki ankraj deneyleri ankraj çubuğunun sıyrılması ile sonlanırken, yüksek dayanımlı lifli betonda 16 cm ekme boyundaki çift bilezikli mekanik ankraj çeliğinin kopmasıyla sünek bir göçme göstermiştir. Tekrarlı yükleme deneylerinde de genelde statik çekme deneylerine benzer davranışlar ve göçme modları gözlenmiştir. Kesme deneylerinde, kenara çok yakın olan ankrajlarda kenar göçmesi görülürken, daha uzak olan ankrajlarda ise ankraj çeliğinin sünek göçmesi gözlenmiş ve çeliğin kopmasından önce yükleme yönündeki betonda ezilmeler görülmüştür. Ayrıca kesme deneylerinde deney sonlanma biçimini en çok etkileyen faktörün kenar uzaklığı olduğu gözlenmiştir.

3.2. Ankraj Kenar Uzaklığı ve Ankrajlar Arası Uzaklık

Ankrajlar beton bloklara monte edilirken Tablo 1 'de görülen ASTM E488 alt sınır değerlerine uyulmuş ve böylece kenar göçmesinin veya oluşacak beton konilerin birbirini etkilemelerinin önlenmesi amaçlanmıştır. Ancak, deneylerde yapılan gözlemler derin ankrajlar için verilen alt sınırların yeterli olduğu izlenimini verirken, Tablo 1 'deki alt sınır değerlerinin sığ derinlikteki ankrajlar için arttırılmasının gerektiğini göstermiştir.

Tablo 1. Ankraj Ekme Aralıkları ve Kenar Uzaklıkları

Ekme boyu (l_d)	Harçlı ve Mekanik ankrajlar		Kimyasal ankrajlar	
	İki ankraj arası uzaklık	Kenara ve yüklemeye çerçevesine olan uzaklık	İki ankraj arası uzaklık	Kenara ve yüklemeye çerçevesine olan uzaklık
$<6d_o$ (sığ)	$3.5 l_d$	$1.75 l_d$	$2 l_d$	$1 l_d$
$6d_o-8d_o$ (standart)	$2 l_d$	$1 l_d$	$1.5 l_d$	$1 l_d$
$>8d_o$ (derin)	$1.5 l_d$	$0.75 l_d$	$1 l_d$	$0.75 l_d$

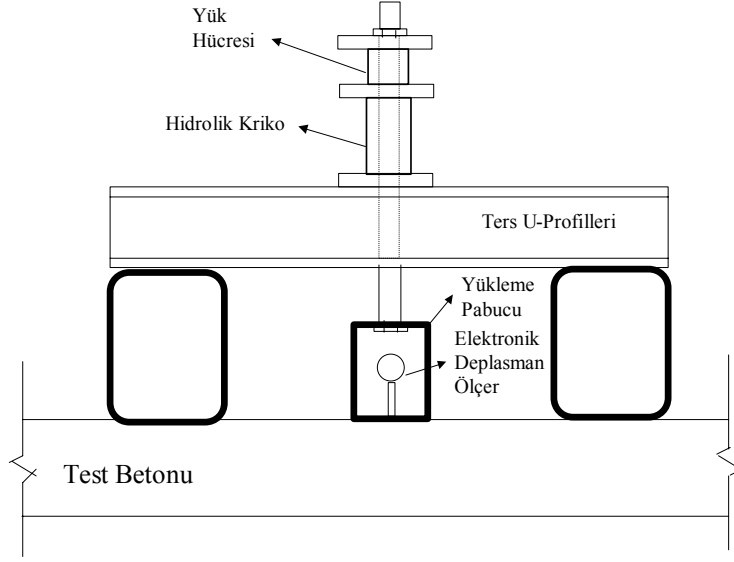
Tablo 2. Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özellikleri

Gün	Basınç Dayanımı (MPa)			
	Normal Dayanımlı Beton		Yüksek Dayanımlı Beton	
	Yalın	Lifli	Yalın	Lifli
7	17	-	40	-
28	30	31	52	51
56	-	-	52	52
128	31	32	-	-

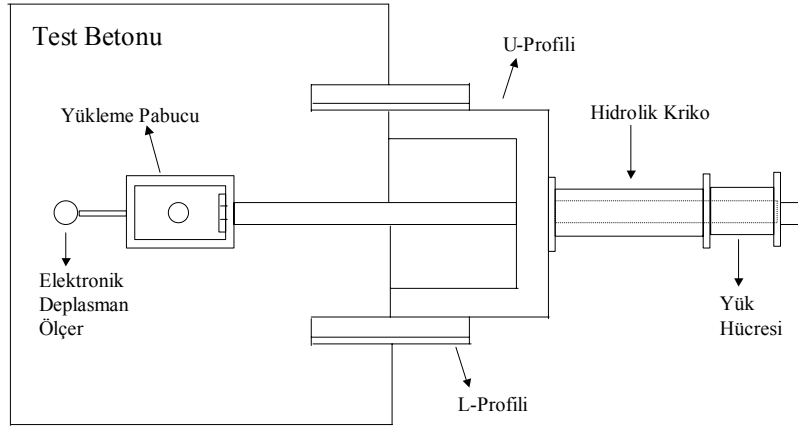
3.3. Ankraj Tipinin Maksimum Çekme Yüküne Etkisi

Şekil 5’ de normal ve yüksek dayanımlı yalın betonlarda kimyasal, harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajların çeşitli ekme boylarındaki maksimum çekme yükü kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Normal dayanımlı yalın betonda 8 cm boyda ekilen ankrajlardan çift bilezikli mekanik ankraj en yüksek, tek bilezikli mekanik ankraj ise en düşük yük taşıma kapasitesine sahiptirler. Çift bilezikli mekanik ankrajda kimyasal ve harçlı ankrajlarda olduğu gibi beton koni göçmesi oluşmuştur. Ancak tek bilezikli mekanik ankraj deneyi sıyrılma ile sonlanmıştır. Diğer taraftan, 12 cm ekme boyundaki ankraj deneylerinde kimyasal ve harçlı ankrajların göçme modu farklı olan çift bilezikli mekanik ankrajdan biraz daha yüksek seviyede yük taşıdıkları görülmektedir. Ancak, 16 cm ekme boyunda çift bilezikli mekanik ankraj betondan sıyrılarak kapasitesini yitirirken, kimyasal ve harçlı ankrajlarda göçme çeliğin kopması şeklinde olup daha yüksek taşıma kapasitelerine ulaşılmıştır.

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları



Şekil 1. Çekme Yüklemesi için Deney Düzenegi



Şekil 2. Kesme Yüklemesi için Deney Düzenegi

Tablo 3. Normal Dayanımlı Betona Ekilen Ankrajların Statik Çekme Yükleme Deney Sonuçları

Deney Kodu	Göçme Modu	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Deplasman (mm)	Rijitlik (kN/mm)
NCH12L04T	Koni	11	0.06	331.3
NCH12L06T	Koni	24	1.35	66.1
NCH12L08T	Koni	40	0.65	74.3
NCH12L12T	-	-	-	-
NCH16L06T	Koni	28	0.59	73.9
NCH16L08T	Koni	44	0.46	297.8
NCH16L10T	Koni-sıyrılma	59	0.37	407.8
NCH16L12T	Koni-sıyrılma	83	0.81	181.6
NCH16L12T	Koni-sıyrılma	70	0.72	155.8
NCH16L16T	Çelik	96	1.41	303.6
NFCH12L06	Koni-sıyrılma	27	0.38	242.6
NFCH12L06	Koni-sıyrılma	23	0.37	201.0
NFCH12L08	Civata	41	0.41	356.8
NFCH12L08	Koni-sıyrılma	42	0.45	340.3
NFCH16L08	Koni-sıyrılma	49	0.57	325.1
NFCH16L08	Koni-sıyrılma	48	0.49	412.3
NFCH16L12	Civata	92	0.94	463.6
NFCH16L12	Koni-sıyrılma	76	0.64	397.6
NG16L08T	Koni	39	0.05	487.1
NG16L12T1	Çelik	92	1.37	216.1
NG16L12T2	Çelik	92	1.61	111.4
NG16L16T	Çelik	98	1.57	253.6
NEXA08T	Sıyrılma	57	4.40	213.9
NEXA12T	Sıyrılma	75	9.51	256.2
NEXA16T1	Sıyrılma	76	9.11	461.2
NEXA16T2	Sıyrılma	76	5.22	420.2
NMC08T	Sıyrılma	32	6.14	206.3
NFEXA08T1	Sıyrılma	51	6.13	56.4
NFEXA08T2	Sıyrılma	45	4.73	259.7
NFMC08T1	Sıyrılma	27	2.96	100.1
NFMC08T2	Sıyrılma	28	3.57	411.1

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları

Tablo 4. Normal Dayanımlı Betona Ekilen Ankrajların Tekrarlı Çekme Yükleme Deney Sonuçları

Deney Kodu	Göçme Modu	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Deplasman (mm)	Rijitlik (kN/mm)	
				İlk yükleme	Son yükleme
NCH12L08C	Koni	47	0.51	246.0	167.7
NCH16L08C	Koni	44	0.33	258.4	210.9
NCH16L16C	Çelik	93	1.94	435.0	256.8
NFCH12L08	Koni-sıyrılma	47	1.06	208.2	170.7
NFCH16L08	Koni-sıyrılma	48	0.38	217.6	207.6
NFCH16L16	Çelik	98	1.44	237.1	226.4
NG16L08C1	Koni	53	0.40	316.8	296.7
NG16L08C2	Koni-sıyrılma	33	0.29	280.7	182.9
NG16L16C1	Çelik	88	0.96	380.7	311.2
NG16L16C2	Çelik	97	1.58	520.6	263.8
NFG16L08C	Sıyrılma	41	0.39	240.8	234.8
NFG16L16C	Çelik	90	1.76	307.8	263.6
NEXA12C	Koni-sıyrılma	59	2.94	360.2	348.6
NEXA16C	Koni-sıyrılma	78	9.39	270.7	264.0
NMC08C	Sıyrılma	39	5.82	230.8	212.7
NFEXA12C	Sıyrılma	50	8.89	180.1	170.1
NFEXA16C	Sıyrılma	65	5.24	250.8	240.9
NFMC08C	Sıyrılma	30	3.70	120.6	103.8

Şekil 5’de görüldüğü gibi yüksek dayanımlı betona 8 cm derinlikte ekilen tek bilezikli mekanik ankrajda çekip-çıkarma deneyi ankrajın sıyrılması ile sonlandığından dolayı çekme yükü diğerlerine göre daha küçük kalmıştır. Oniki cm ekme boyuna sahip kimyasal ve harçlı ankrajların yük taşıma kapasiteleri birbirlerine çok yakındır. Onaltı cm ankraj derinliğinde ise normal dayanımlı betondaki durumun benzeri sonuçlar bulunmuştur. Burada da çift bilezikli mekanik ankraj yük taşıma kapasitesini sıyrılma ile tamamlamışken, diğer ankrajlarda maksimum çelik çekme yüküne ulaşılmıştır.

Normal ve yüksek dayanımlı betonlarda ankrajların çekme yükü altındaki kapasitelerinin belirlenmesinde göçme modu belirleyici olmuştur. Genelde kimyasal ve harçlı ankrajların yük taşıma kapasiteleri birbirine yakın olurken, genişleyen tip mekanik ankrajlar daha düşük kapasitede çekme yükü taşımaktadırlar. Yüksek dayanımlı lifli betona yerleştirilen ankrajların statik çekme yüklemesi altındaki kapasiteleri Tablo 6’da görülmektedir. Sekiz cm ekme boyunda koni göçmesi gösteren kimyasal ve harçlı ankrajların yük taşıma kapasiteleri neredeyse aynıyken, genişleyen tip mekanik ankrajlarda deney betonun sıyrılma ile sonlandığı için göçme yükü yaklaşık % 50 oranında daha küçüktür. Onaltı cm

ekme boyunda ise tüm ankrajlarda deneyler çelik kopması ile sonlanmış ve dolayısıyla da birbirlerine yakın göçme yüklerine ulaşabilmişlerdir.

Tablo 5. Normal Dayanımlı Betona Ekilen Ankrajların Kesme Yükleme Deney Sonuçları

Deney Kodu	Göçme Modu	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Deplasman (mm)	Rijitlik (kN/mm)
NCH16L08SE1	Kenar	26	1.26	24.9
NCH16L08SE2	Çelik	49	11.65	6.6
NCH16L08SM	Çelik	57	3.08	20.0
NCH16L16SM	Çelik	51	10.14	10.4
NG16L08SE	Çelik	56	5.22	25.1
NG16L08SM	Çelik	49	3.51	17.9
NG16L16SE	Çelik	54	6.73	24.8
NFG16L08SM	Çelik	49	5.97	19.1
NFG16L16SM	Çelik	56	5.93	22.8
NFG16L16SE	Çelik	56	5.93	22.3

Ankraj tipinin tekrarlı çekme yüklemesi altındaki göçme yüküne etkisi Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da, 8 ve 16 cm ekme boylarındaki kimyasal, harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajların normal ve yüksek dayanımlı yalın ve lif katkılı betonlardaki maksimum yük taşıma kapasiteleri görülmektedir. Normal dayanımlı betonda sığ derinlikteki ankrajlar yalın betonda önemli farklılıklar göstermez iken, lifli betonda kimyasal ankraj en yüksek, genişleyen tip mekanik ankraj ise en küçük göçme yüklerine sahiptirler. Derin ankrajlarda kimyasal ve harçlı ankrajların kapasiteleri birbirine oldukça yakınken, genişleyen tip mekanik ankrajların yük taşıma kapasiteleri ise % 15 kadar daha düşüktür. Kimyasal ve harçlı ankrajlarda 16 cm ekme boyu deneyin çelik kopması ile sonlanması için yeterli olmuşken, çift bilezikli mekanik ankrajlar betondan sıyrılarak göçmüşlerdir. Yüksek dayanımlı yalın betonda 8 cm ekme boyunda tüm ankraj tipleri beton koni göçmesi gösterirken, harçlı ankrajda daha yüksek taşıma kapasitesi gözlenmiştir. Lif katkılı betonda ise kimyasal ve harçlı ankraj deneyleri beton koni göçmesi ile sonlanmış olup taşıma kapasiteleri birbirlerine yakındır. Buna karşın genişleyen tip mekanik ankrajlar ise taşıma kapasitelerini genelde betondan sıyrılarak yitirmiş ve daha küçük yük seviyesinde kalmışlardır. Onaltı cm lik derin ankrajlarda ise ilk iki ankraj türünde hem yalın hem de lifli betonlarda maksimum yükler eşit kabul edilebilir. Ancak, çift bilezikli mekanik ankraj ile diğerleri arasında yine çok büyük fark (yaklaşık % 40) vardır. Ankrajlar arasındaki göçme modu farklılıkları bu sonuçları doğurmaktadır. Genişleyen tip mekanik ankrajlarda göçme yüküne etkileyen diğer bir faktör ankrajın genişleme mekanizmasıdır (Tablo 3 ve 6). Tüm beton türlerinde çift bilezikli mekanik ankrajlarda daha etkin bir genişleme ile ankraj ile beton arasında daha yüksek sürtünme kuvvetine erişilmiş ve daha yüksek göçme yüklerine ulaşılmıştır.

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları

Tablo 6. Yüksek Dayanımlı Betona Ekilen Ankrajların Statik Çekme Yükleme Deney Sonuçları

Deney Kodu	Göçme Modu	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Deplasman (mm)	Rijitlik (kN/mm)
HCH12L04T	Koni	18	0.38	64.2
HCH12L06T1	Koni	34	0.20	281.4
HCH12L08T	Koni	46	0.61	161.5
HCH12L12T	Çelik	41	1.88	290.3
HCH16L06T	Koni	43	0.53	301.1
HCH16L08T	Koni	63	0.69	181.7
HCH16L10T	Koni	76	1.45	41.6
HCH16L12T1	Koni	95	0.55	330.1
HCH16L12T2	Koni	69	0.92	170.0
HCH16L16T1	Çelik	100	1.66	324.1
HCH16L16T2	Çelik	105	1.14	950.8
HFCH12L06T1	Koni	32	0.43	187.5
HFCH12L06T2	Koni-sıyırılma	38	0.51	199.5
HFCH12L08T1	Sıyırılma	48	0.77	165.3
HFCH12L08T2	Koni	46	0.87	131.0
HFCH16L08T1	Koni	69	0.74	240.8
HFCH16L08T2	Koni	55	0.92	229.6
HFCH16L12T1	Koni-sıyırılma	106	1.28	312.1
HFCH16L12T2	Koni	100	1.73	146.2
HFCH16L16T	Çelik	104	1.08	306.1
HG16L08T1	Koni	61	0.38	310.9
HG16L08T2	Koni	53	0.57	274.8
HG16L12T1	Çelik	92	1.70	257.5
HG16L12T2	Koni	93	0.57	309.9
HG16L16T1	Çelik	105	0.95	456.0
HG16L16T2	Çelik	99	0.28	523.3
HFG16L08T	Koni-sıyırılma	64	0.42	371.3
HFG16L16T1	Çelik	97	1.72	340.6
HFG16L16T2	Çelik	92	1.57	384.9
HEXA08T	Koni	43	1.39	371.3
HEXA12T	Koni	74	6.82	197.1
HEXA16T	Sıyırılma	81	7.47	91.9
HMC08T	Koni	40	1.89	723.0
HFEXA08T	Sıyırılma	37	7.09	292.6
HFEXA16T	Çelik	88	9.72	354.0
HFMC8T1	Sıyırılma	35	4.25	171.8
HFMC8T2	Sıyırılma	27	4.07	221.0

3.4. Ekme Boyunun Yük Taşıma Kapasitesine Etkisi

Ankrajların yük taşıma kapasitelerini etkileyen diğer bir parametre ise ankraj ekme boyudur. Göçme yükü ekme boyuyla birlikte artarken bu artışın her zaman doğrusal olmadığı gözlenmiştir. Şekil 7 'de 16 mm ve 12 mm çapındaki kimyasal ankrajların statik çekme altındaki göçme yüklerine ankraj ekme boyunun etkisi görülmektedir. Onaltı mm çapındaki ankrajların göçme yükleri 6 cm den 12 cm ye kadar olan ekme boylarında doğrusal olarak artarken, 12 cm den büyük ekme boylarında göçme yükü artış oranı azalmıştır. Yüksek dayanımlı betonda 12 cm ekme boyundaki ankrajların deneyleri beton koni göçmesi ile sonlandığı halde çeliğin kopma yüküne yakın taşıma kapasitelerine ulaşılmıştır. Bu durum normal dayanımlı betonlara ekilen ankrajlar için geçerli değildir ve Şekil 7'de görüldüğü gibi ekme boyu 12 cm den 16 cm ye derinleştğinde göçme yükü yaklaşık % 18 oranında artmıştır. Benzer davranışlar lif katkılı betonlarda da görülmektedir. Oniki mm çapındaki ankrajlar ise hem normal hem de yüksek dayanımlı betonlarda 4, 6 ve 8 cm derinliklerde ekme boyu ile doğrusal artan göçme yüklerine ulaşmışlardır. Ekme boyunun 16 mm çaplı harçlı ankrajların göçme yüklerine etkisi ise Şekil 8' de incelenmiştir. Bu tür ankrajlarda 12 cm ekme boyundan sonra göçme yükünün önemli bir artış göstermediği görülmektedir. Çünkü her iki tür betonda da hem 12 cm hem de 16 cm cm ekme boyuna sahip ankrajlar çelik kopması göstermişlerdir. Dolayısıyla ekme boyunun 12 cm den itibaren artmasının, ankraj göçmesinde beton dayanımının etkisinin olmaması nedeniyle, ankraj yük taşıma kapasitesine etkisi gözlenmemiştir. Genişleyen tip mekanik ankrajlarda da harçlı tipe benzeyen bir davranış biçimi görülmüştür (Tablo 3 ve 6). Normal dayanımlı yalın betonda ekme boyu 8 cm den 12 cm ye çıktığında göçme yükünde yaklaşık % 10 luk bir artış gözlenirken, 12 cm den sonra bir artış kaydedilmemiştir.

3.5. Beton Özelliklerinin Ankraj Göçme Yüküne Etkisi

Ankraj göçme yükünü etkileyen önemli faktörlerden birisi de beton basınç dayanımıdır. Bu çalışmada beton dayanımının yanısıra, betona çelik lif katılmasının etkisi de incelenmiştir. Şekil 5' de yalın betonlardaki ankrajların statik çekme yüklemesi altındaki davranışlarına beton basınç dayanımının etkisi görülmektedir. Beton dayanımı beklenildiği üzere etkisini daha çok beton koni göçmesi ile yük taşıma kapasitesine erişen ankrajların göçme yük seviyeleri üzerinde göstermiştir. Bu amaçla sığ ankrajlar incelendiğinde yüksek dayanımlı betondaki kimyasal ve harçlı ankrajların göçme yüklerinin normal dayanımlı betondakilerden % 30 oranında daha büyük olduğu görülmektedir. Bu oran tek bilezikli mekanik ankrajlarda ise % 20 kadardır. Oniki cm ekme boylarında ise kimyasal ankrajlarda yukarıda verilen oran korunurken, harçlı ankrajlarda her iki betondaki göçme yükleri birbirlerine yakındır. Yukarıda belirtilen kimyasal ankrajlar genel olarak beton koni göçmesi göstermiş ve göçme yükleri beton dayanımından etkilenmişken, harçlı ankrajların kapasiteleri çelik kopması ile sonlandığı için, maksimum taşıma kapasitesini ankraj çeliğinin dayanımı belirlemiştir. Onaltı cm ekme boyunda hem kimyasal hem de harçlı ankraj deneyleri çelik kopması ile sonlandığı için beton dayanımındaki artıştan pek fazla etkilenmemişlerdir. Diğer taraftan beton dayanımındaki iyileşmeye bağlı olarak çift bilezikli mekanik ankrajlarının kapasitelerinde az da olsa bir artış görülmüştür.

Tablo 7. Yüksek Dayanımlı Betona Ekilen Ankrajların Tekrarlı Çekme Yükleme Deney Sonuçları

Deney Kodu	Göçme Modu	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Deplasman (mm)	Rijitlik (kN/mm)	
				İlk yükleme	Son yükleme
HCH12L08C	Koni-sıyrılma	42	2.55	678.7	173.3
HCH16L08C	Koni	38	0.33	632.6	356.6
HCH16L16C	Çelik	106	1.49	258.7	255.3
HCH16L16C	Çelik	100	1.29	387.9	302.1
HFCH12L08	Koni-sıyrılma	48	0.92	453.4	195.2
HFCH16L08	Koni	65	3.52	119.9	55.3
HFCH16L16	Çelik	103	0.92	263.7	320.8
HG16L08C1	Koni	66	0.78	134.9	91.5
HG16L08C2	Koni	66	0.56	387.1	163.8
HG16L16C1	Çelik	108	0.97	766.9	331.2
HG16L16C2	Çelik	106	1.24	452.4	287.1
HFG16L08C	Koni	51	0.68	347.6	129.2
HFG16L16C	Çelik	104	0.87	362.9	247.5
HEXA12C	Koni	46	4.56	83.9	76.9
HEXA16C	Sıyrılma	66	3.52	180.8	172.8
HMC08C	Koni	40	3.89	62.8	59.6
HFEXA08C	Koni-sıyrılma	41	2.07	202.6	199.5
HFEXA16C	Başarısız	-	-	-	-
HFMC08C	Sıyrılma	36	4.74	134.6	125.3

Şekil 6'da ise tekrarlı çekme yüklemesi altındaki üç tip ankrajın dört beton türünde göçme yükleri karşılaştırılmıştır. Sekiz cm ekme boyundaki kimyasal ankrajların ulaşabildikleri maksimum yük seviyesi beton dayanımıyla genelde artmaktayken, yüksek dayanımlı yalın betondaki ankraj beklenenin dışında bir sonuç vermiştir. Onaltı cm ekme boyundaki kimyasal ankraj deneylerinde beton dayanımının iyileştirilmesiyle çok küçük artışlar söz konusudur. Harçlı ankrajlarda ise beton dayanımı biraz daha etkili olmuştur. Ancak, bu tip ankrajlarda betona çelik lif katılmasının hem normal hem de yüksek dayanımlı betonlarda ankraj kapasitesini arttırmadığı hatta bir miktar düşürdüğü görülmektedir. Normal dayanımlı betona lif katılmasıyla ankraj göçme yükünde küçük bir azalma gözlenirken, yüksek dayanımlı betonda 8 cm ekme boyundaki ankrajın çekme kapasitesinde daha büyük bir azalma gözlenmiştir. Betona çelik lif katılmasının ankraj göçme yükü üzerinde çok etkili olmadığı 8 cm derinliğindeki genişleyen tip mekanik ankrajlar için de söz konusudur. Ayrıca bu tip ankrajlarda 16 cm ekme boyunda da beton dayanımının olumlu etkisi görülmemektedir. Sonuç olarak tekrarlı çekme yükü altındaki harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajların maksimum göçme yükleri betona çelik lif eklenmesiyle artış

göstermemiş, hatta bir miktar azalmıştır. Kimyasal ankrajlarda ise bir miktar iyileşme görülmüştür.

Tablo 3 ve 6 'da 8 cm ekme boyundaki çift ve tek bilezikli mekanik ankrajların değişik beton tiplerindeki göçme yükleri görülmektedir. Tekrarlı çekme yüklemesi deneylerinde olduğu gibi, betona çelik lif katılmasıyla statik çekme yüklemesinde de genişleyen tip mekanik ankrajların göçme yükleri azalmıştır. Bu tip ankraj deneyleri genel olarak sıyrılma moduyla sonlanmışlardır. Bu göçme modunda esas olan beton ile ankraj genişleme yüksüğü arasındaki sürtünme kuvvetinden oluşan aderanstır. Çelik lifli betonda ankraj deliği açılırken yüzeyinde kusur oluşma olasılığı artmış aderans yüzeyinde ankraj çeliği-beton temas alanı azalmış ve dolayısıyla sürtünme katsayısı ve sürtünme kuvveti azalmış olabilir.

Tablo 8. Yüksek Dayanımlı Betona Ekilen Ankrajların Kesme Yüklemesi Deney Sonuçları

Deneş Kodu	Göçme Modu	Maxsimum Yük (kN)	Maksimum Deplasman (mm)	Rijitlik (kN/mm)
HCH16L08SE1	Kenar	42	1.15	129.7
HCH16L08SE2	Kenar	41	2.26	22.2
HCH16L16SE1	Kenar	59	3.97	35.1
HCH16L16SM	Çelik	58	3.81	39.6
HFCH16L08SE	Kenar	27	1.79	19.1
HFCH16L16SE	Çelik	60	5.38	31.9
HG16L08SE1	Kenar	50	2.83	27.5
HG16L08SE2	Çelik	63	6.06	21.1
HG16L08SM	Kenar	37	1.85	23.2
HG16L16SE1	Kenar	38	1.79	21.8
HG16L16SE2	Çelik	45	15.11	10.5
HG16L16SM	Çelik	61	7.27	30.7
HFG16L08SE1	Çelik	55	8.01	10.8
HFG16L08SE2	Kenar	54	7.64	18.0
HFG16L16SE	Çelik	47	6.29	19.9

Şekil 7'de görüldüğü gibi statik çekme yüklemesinde test edilen 16 mm çapındaki kimyasal ankrajlarda beton dayanımının artmasıyla 6, 8, 10 ve 12 cm ekme boylarında ankraj göçme yükü neredeyse sabit oranlarla artmıştır. Daha önce de belirtildiği gibi 12 cm den büyük derinliğe ekilen ankrajların göçme yüklerini beton dayanımından çok ankraj çeliğinin dayanımı belirlediğinden dolayı, 16 cm ekme boyunda bu artış önemini yitirmiştir. Betona çelik lif katılmasıyla ankrajların göçme yüklerinde küçük bir iyileşme görülmüştür. Fakat bu iyileşme 12 mm çapındaki ankrajlarda ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Onaltı mm çapındaki ankrajlarda olduğu gibi, 12 mm çapındaki ankrajlarda da beton dayanımın

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları

artması 4, 6 ve 8 cm ekme boylarında ankraj çekme yükünü yaklaşık aynı oranlarda arttırmıştır.

Beton dayanımının ve çelik lif katkısının statik çekme yüklemesi altındaki harçlı ankrajlara etkisi ise Şekil 8'de görülmektedir. Sekiz cm ekme boyunda ankraj çekme kapasitesi üzerinde beton dayanımının etkisi önemli oranda hissedilirken, 12 ve 16 cm ekme boylarında bu etki önemini yitirmiştir. Betona çelik lif katılmasıyla 16 cm derinliğindeki ankrajların göçme yükleri küçük oranda azalırken, 8 cm ekme boylarında bir azalma görülmesine de çok önemli bir iyileşme de söz konusu değildir.

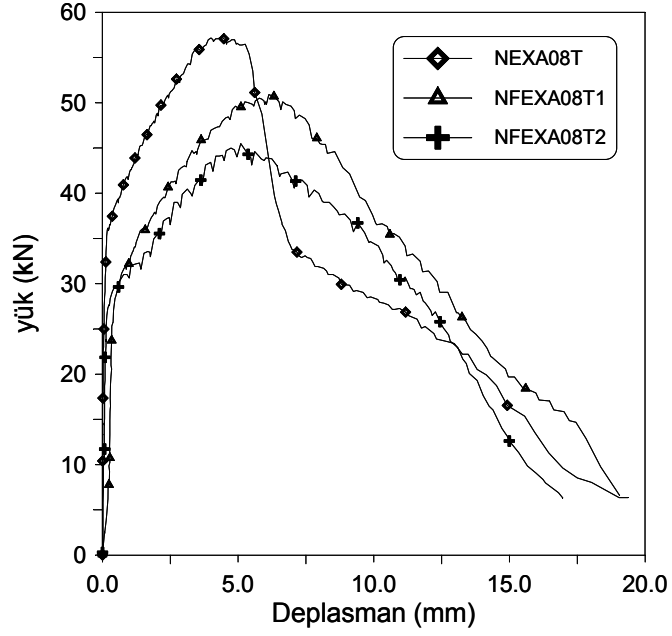
Statik çekme yükü altındaki genişleyen tip mekanik ankrajların yük taşıma kapasiteleri beton tipinden ve ekme boyundan etkilenmektedir (Tablo 3 ve 6). Sıyrılmaya ile sonlanan 16 cm ekme boyundaki genişleyen tip mekanik ankrajların çekme deneyinde beton dayanımının artmasıyla ankraj yükü küçük bir miktar artış göstermiştir. Yine Tablo 3 ve 6'dan görüldüğü üzere 8 cm ekme boyundaki sığ ankrajlarda çelik lif katılması normal dayanımlı betona ekilen ankraj yükünü düşürürken, yüksek dayanımlı betona 16 cm derinliğe ekilen ankrajlarda ise çelik lif etkisi olumlu sonuç vermiştir. Lifli betondaki ankraj, çelik kopması göstererek daha yüksek yük seviyesine erişmiştir.

3.6. Ankraj Çapının Göçme Yüküne Etkisi

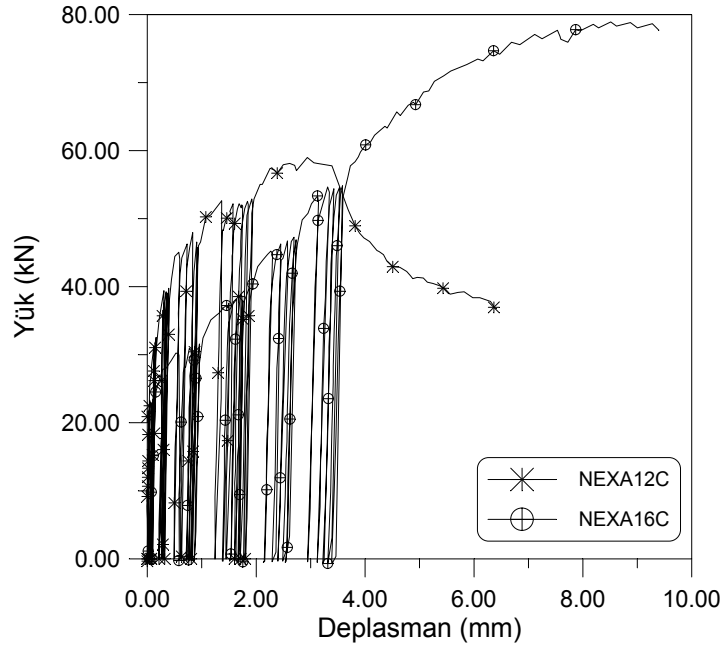
Şekil 7'de 6 ve 8 cm ekme boylarındaki 12 mm ve 16 mm çaplı kimyasal ankrajların normal ve yüksek dayanımlı betonlardaki göçme yükleri karşılaştırılmaktadır. Altı cm derinliğe ekilen ankrajlar incelendiğinde normal ve yüksek dayanımlı yalın betonlarda ankraj çapının artmasıyla göçme yükü artmakta olup bu artış normal dayanımlı betonda daha küçüktür. Benzer davranış 8 cm derinliğe ekilen ankrajlar için de geçerlidir. Burada da yine çapın büyümesi ankraj göçme yükünün artmasını sağlamış ve bu artışın yüksek dayanımlı yalın ve lifli betonlarda daha etkili olduğu gözlenmiştir.

3.7. Tekrarlı Yüklemenin Ankraj Rijitliğine Etkisi

Ankraj rijitlikleri yük-deplasman grafiklerinin doğrusal kısmındaki veriler kullanılarak en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış ve Tablo 3-6'da verilmiştir. Tekrarlı yüklemenin ankraj rijitliğine etkisini incelemek amacıyla birinci ve sonuncu yüklemelerdeki rijitlikler karşılaştırılmış ve ankraj rijitliğinde tekrarlı yükleme sonucu bir azalma olduğu saptanmıştır. Tekrarlı yükleme sonunda ankrajların rijitliklerinde birinci ve son yükleme arasında ankraj tipine ve ekme boyuna bağlı olarak farklı oranlarda azalmalar görülmüştür (Tablo 4 ve 7). Kimyasal ve harçlı ankrajlara oranla genişleyen tip ankrajlardaki azalmalar çok daha küçüktür. Lif katkılı normal dayanımlı betonda kimyasal ve harçlı ankraj rijitliklerindeki azalmanın yalın betondakine göre daha düşük olduğu görülmüştür. Fakat 8 cm derinliğindeki ankrajlar için yüksek dayanımlı betonda yukarıdakinin tersi bir eğilim gözlenmiştir.

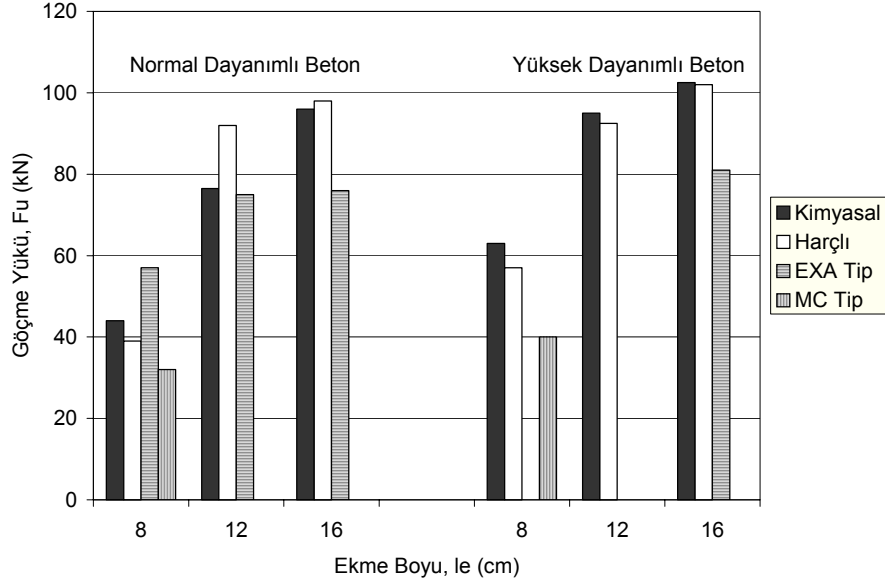


Şekil 3. Normal Dayanımlı Lipli Betonda EXA Ankrajlar (Statik Çekme)

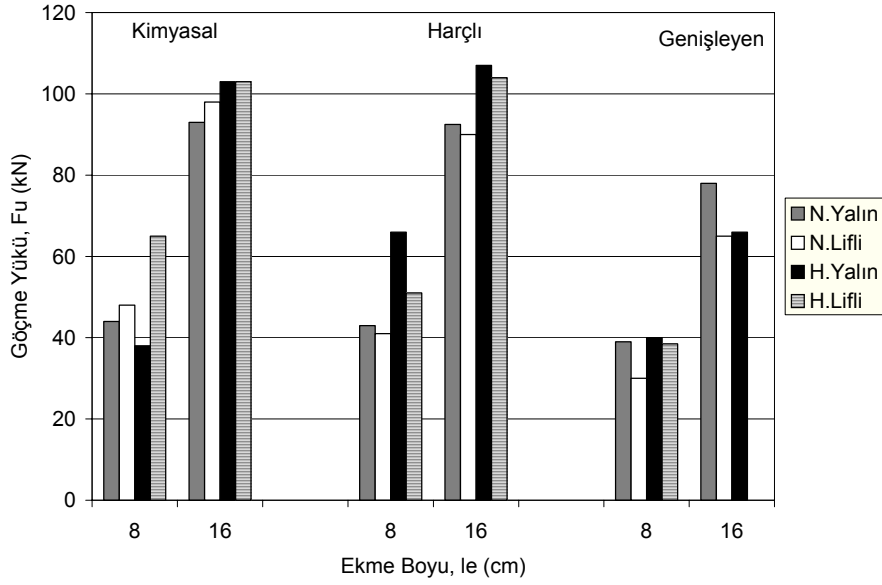


Şekil 4. Normal Dayanımlı Yalın Betonda EXA Ankrajlar (Tekrarlı Çekme)

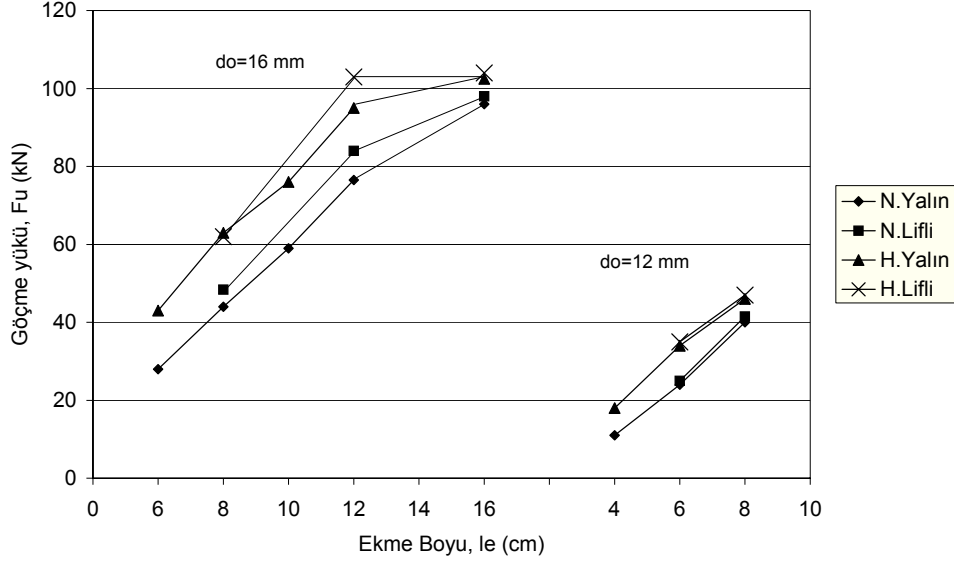
Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları



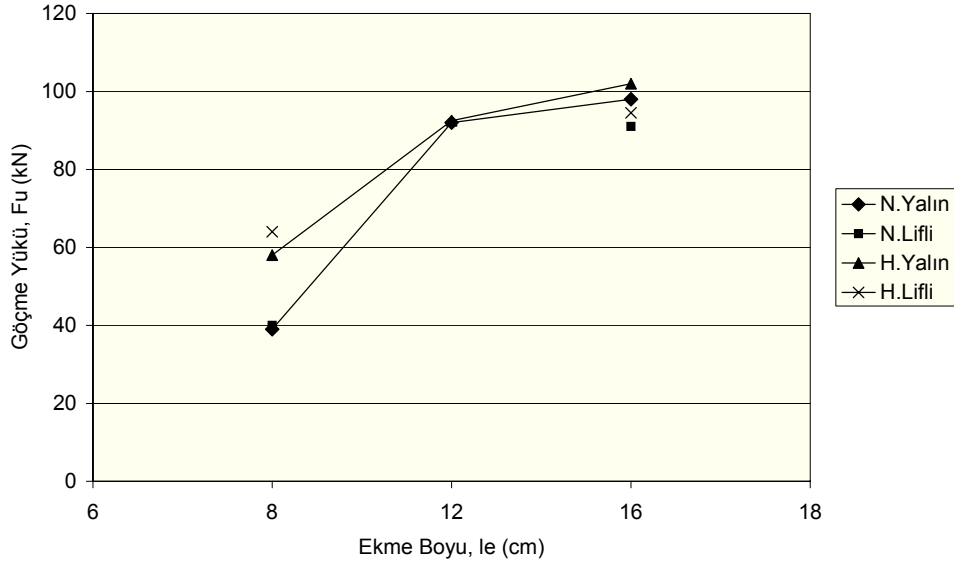
Şekil 5. Yalın Betonlarda Statik Çekme Yükleme Altındaki Ankrajların Göçme Yükleri



Şekil 6. Tekrarlı Çekme Yükleme Altında Ankrajların Göçme Yükleri



Şekil 7. Değişik Çaplardaki Kimyasal Ankrajların Statik Çekme Yükleme Altındaki Göçme Yükleri



Şekil 8. Harçlı Tip Ankrajların Statik Çekme Yükleme Altındaki Göçme Yükleri

3.8. Kesme Yüklemesi Altında Kenar Göçmesi Gösteren Ankrajların Davranışları

Kesme yüklemesi altında kenar göçmesine neden olan en önemli etken ankrajın kenar mesafesidir. Ankrajlar yerleştirilirken bu tür bir sonlanmanın engellenmesi amacıyla ASTM E 488 de verilen sınırlara uyulduysa da bazı ankraj deneylerinde bu tür göçmenin önüne geçilememiştir. Tablo 5 ve 8’ de görüldüğü gibi kesme yüklemesinde kenar göçmesi gösteren ankrajların göçme yüküne ankraj tipinin, ekme boyunun ve betona çelik lif katılmasının belirgin bir etkisi gözlenmemektedir. Sekiz cm ekme boyundaki harçlı ankrajlarda daha yüksek göçme yükü gözlenirken, kimyasal ankrajlarda 16 cm ekme boyunda daha yüksek göçme yükü görülmüştür. Her iki tipte de lif katkısıyla 8 cm ekme boyunda göçme yükü bir miktar azalırken, 16 cm ekme boyunda bir miktar artmıştır. Kimyasal ankrajlarda kenar göçme yükü ekme boyuyla artış gösterirken, harçlı ankrajlarda azalma gözlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1. ASTM E 488’de ankrajlar arası uzaklık ve kenar uzaklıkları için verilen alt sınır değerleri derin ankrajlar için yeterli olsa da, sığ ve orta derinlikteki ankrajlar için yetersiz bulunmuştur.
2. Statik çekme deneylerinde çelik lif donatılı betonlara ekilen ankrajlar daha sünek bir davranış göstermiş, buna karşılık yük taşıma kapasiteleri betona çelik lif katılmasından pek fazla etkilenmemiştir. Tekrarlı çekme deneylerinde harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajların maksimum göçme yükleri betona çelik lif katılmasıyla artış göstermemiş ve hatta bir miktar azalmıştır. Kimyasal ankrajlarda ise küçük bir iyileşme görülmüştür. Diğer taraftan tekrarlı yük etkisindeki genişleyen tip mekanik ankrajlarda betona çelik lif katılmasıyla ankraj rijitliklerindeki azalmanın, kimyasal ve harçlı ankrajlara oranla daha az olduğu gözlenmiştir. Kesme deneylerinde ise betona lif katkısı ile beton kenar göçmesi gösteren ankrajların göçme yükünde belirgin bir etkilenme gözlenmemiştir.
3. Beton basınç dayanımının artışıyla kimyasal ve harçlı ankrajların statik çekme yükleri altındaki taşıma kapasiteleri yaklaşık % 30 oranında artmıştır. Bu artış oranı genişleyen tip mekanik ankrajlarda % 20 civarındadır. Ankraj ekme boyunun artışıyla beton basınç dayanımının etkisi azalmakta veya ortadan kalkmaktadır. Tekrarlı çekme yüklemelerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.
4. Statik çekme yükleri altındaki sığ kimyasal ankrajlarda ekme boyunun artmasıyla ankraj çekme yükleri doğrusal olarak artarken, derin ankrajların göçme yüklerinde daha az oranda artış gözlenmiştir. Benzer davranışlar çelik lif katılı betonlarda da görülmektedir. Harçlı ve genişleyen tip mekanik ankrajların statik çekme yükü altındaki davranışlarında ekme boyunun etkisi benzer olmaktadır.
5. Normal ve yüksek dayanımlı yalın betonlara 6 ve 8 cm boylarda ekilen kimyasal ankrajlarda ankraj çapının artmasıyla statik çekme yüklemesinde ankraj taşıma kapasitesi artmaktadır. Bu artış normal dayanımlı betonlarda biraz daha küçük olmaktadır. Ayrıca ankraj çapındaki artışla statik çekme altındaki ankraj rijitliği de artmıştır.

6. Tekrarlı çekme yükleri altında normal dayanımlı lif katkılı betonlarda sığ ekme boylarında kimyasal ankrajlar en yüksek, genişleyen ankrajlar ise en düşük göçme yüklerine sahiptirler. Yalın betonda ise önemli farklılık gözlenmemektedir. Derin ekme boylarında kimyasal ve harçlı ankrajların kapasiteleri birbirine yakın, genişleyen tip mekanik ankrajların ise daha düşüktür. Yüksek dayanımlı yalın betonda sığ ekme boylarında tüm ankrajlar beton koni göçmesi göstermekte ve harçlı ankrajda daha yüksek taşıma kapasitelerine ulaşılmaktadır. Yüksek dayanımlı lif katkılı betonda, harçlı ve kimyasal ankrajların göçme yükleri birbirlerine yakın olmaktadır. Derin ekme boylarında ise harçlı ve kimyasal ankrajlar yalın ve lifli betonlarda benzer taşıma kapasitelerine sahiptirler.

TEŞEKKÜR

Bu makale TUBİTAK tarafından desteklenen İNTAG 548 projesi kapsamında hazırlanmıştır. Yazarlar, TUBİTAK' a ve Boğaziçi Üniversitesi Yapı ve Malzeme Laboratuvarları personeline teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] ACI Committee 349, Code Requirements for Nuclear Safety Related Structures (ACI 349-85) (Revised 1990), Appendix B – Steel Embedments, American Concrete Institute, Detroit, 1990.
- [2] Eligehausen R., Fuchs W. ve Mayer B., Tragverhalten Von Dübelbefestigungen bei Zugbeanspruchung, Teil 1 (Load Bearing Behavior of Anchor Fastenings in Tension, Part 1), Betonwerk+Fertigteil-Technik, No. 12, 826-832, 1987.
- [3] Eligehausen R., Anchorage to Concrete by Metallic Expansion Anchors, SP 103-10, American Concrete Institute, 181-201, Detroit, 1987.
- [4] Eligehausen R., Malle R. ve Rehm G., Befestigungen mit Verbundankern, (Fixings Formed with Resin Anchors), Betonwerk+Fertigteil-Technik, No. 10, 686-692, 1984.
- [5] Eligehausen R., Malle R. ve Rehm G., Befestigungen mit Verbundankern, Teil 2 (Fixings Formed with Resin Anchors, Part 2), Betonwerk+Fertigteil-Technik, No. 11, 781-785, 1984.
- [6] Eligehausen R., Malle R. ve Rehm G., Befestigungen mit Verbundankern, Teil 3 (Fixings Formed with Resin Anchors, Part 3), Betonwerk+Fertigteil-Technik, No. 12, 825-829, 1984.
- [7] Eligehausen R. ve Fuchs W., Tragverhalten Von Dübelbefestigungen bei Querschragzug-und Biegebeanspruchung (Load Bearing Behavior of Anchor Fastenings Under Shear, Combined Tension and Shear or Flexural loading), Betonwerk+Fertigteil-Technik, No. 2, 48-56, 1988.
- [8] Eligehausen R., Fuchs W. ve Mayer B., Tragverhalten Von Dübelbefestigungen bei Zugbeanspruchung, Teil 2 (Load Bearing Behavior of Anchor Fastenings in Tension, Part 2), Betonwerk+Fertigteil-Technik, No. 1, 29-35, 1988.
- [9] Cook R.A., Behavior of Chemically Bonded Anchors, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 119, No. 9, 2744-2762, 1993.

Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları

- [10] Burdette E., Perry T. ve Funk R., Tests of Undercut Anchors, SP-103-8, American Concrete Institute, 133-152, Detroit, 1987.
- [11] Ueda T., Kitipornchai S. ve Ling K., Experimental Investigation of Anchor Bolts Under Shear, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 116, No. 4, 910-924, 1990.
- [12] Fuchs W., Eligehausen R. ve Breen J.E., Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete, ACI Structural Journal, Vol. 92, No. 1, 73-94, 1995.
- [13] Cook R.A., Doerr G.T. ve Klingner R.E., Bond Stress Model for Design of Adhesive Anchors, ACI Structural Journal, Vol. 90, No. 5, 514-524, 1993.
- [14] ASTM E488-90, Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete and Masonry Elements, The American Society for Testing and Materials, 433-440, 1990.