

Makalenin Geliş Tarihi : 05.02.2010  
Makalenin Kabul Tarihi : 07.04.2010

## **KİMYASAL ANKRAJLARIN DAYANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Salih YILMAZ<sup>1</sup>, Özlem ÇALIŞKAN<sup>2</sup>, Hasan KAPLAN<sup>3</sup>, Nevzat KIRIÇ<sup>4</sup>

**ÖZET :** Kimyasal ankrajlar mevcut betonarme elemanlar ile yeni yapısal elemanların birlikte çalışması için uygulanabilecek en basit çözüm yöntemidir. Ancak, bu ankrajların dayanımları bağlayıcı cinsi, ankraj deliğinin temizliği ve beton dayanım sınıfına göre çok büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Çalışma kapsamında, kimyasal ankrajlarla ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalar derlenerek ankraj dayanımını etkileyen faktörler irdelenmiştir. Sonuç olarak ankraj dayanımını etkileyen faktörlerden bağlayıcı cinsi ve ankraj deliğinin temizlik durumunun diğerlerine göre daha baskın olduğu görülmüştür. Ekme boyunun ve beton sınıfının belli bir değere kadar etkili olduğu daha sonrasında ise dayanıma etkisinin sınırlı kaldığı gözlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER :** Kimyasal Ankraj, Ankraj Dayanımı, Beton, Kırılma Şekli

### **FACTORS AFFECTING THE STRENGTH OF CHEMICAL ANCHORS**

**ABSTRACT :** Chemical anchors are the simplest methods for achieving the adherence between existing reinforced and new constructed concrete members. However, strength of these anchors can show great differences with respect to the type of binder, cleanliness of anchor hole and compressive strength of concrete. In scope of this study, factors affecting the strength of anchor are considered by reviewing the previous studies about chemical anchors in literature. Consequently, it is seen that the type of adhesive and the cleanliness of anchor hole are the most important factors affecting the strength of anchor when compared to the other ones. It is also observed that the embedment depth and the strength of the concrete are effective until a certain value but after then the effects of them on the strength are limited.

**KEYWORDS :** Chemical Anchor, Anchor Strength, Concrete, Failure Mode

<sup>1,3</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Kampüsü DENİZLİ

<sup>2,4</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Meşelik Kampüsü ESKİŞEHİR

## I. GİRİŞ

Farklı zamanlarda imal edilen yapısal elemanların yapıda imal edilmiş bulunan betonarme elemanlarla bağlantısı ankrajlarla sağlanmaktadır. Bu elemanlara özellikle güçlendirme uygulamalarında ve betonarme-çelik kompozit yapı sistemlerinde sıklıkla rastlanmaktadır. Mevcut betona yeni taşıyıcı elemanların eklenmesi ya da yeni betonun mevcut betonla bir arada çalışabilmesinin sağlanabilmesi için ankrajların farklı yükleme tipleri altındaki davranışı tasarımcı mühendisler açısından hayati öneme sahiptir [1]. Farklı ankraj türleri arasında en çok kullanılanlar uygulama kolaylığı ve düşük maliyet gibi nedenlerden dolayı kimyasal ankrajlardır [2]. Betona sonradan ankre edilen kimyasal ankrajlar planlama, tasarım ve uygulama aşamalarında kullanıcıya büyük esneklik ve avantaj sağlamaktadır [1].

Diğer yandan betonarme yapılarda beton ve donatının birlikte çalışması için beton ile donatı arasında aderansın tam olarak sağlanması gerekmektedir. Çekme gerilmesi taşıyan donatının betondan sıyrılmaması için beton içerisine kenetlenme boyu kadar uzatılması gereklidir. Onarım ve güçlendirme amacıyla mevcut beton içerisine ekilecek donatı filizlerinin kenetlenme boyu kadar beton içerisine yerleştirilmesi pratik olarak mümkün değildir. Dolayısıyla uygulaması yapılabilecek kadar kısa bir mesafede gerekli kenetlenmenin sağlanması ancak sonradan yapılan ankrajlarla mümkün olabilmektedir. Ankrajlar üzerlerindeki çekme yüklerini monte edildikleri betona ankrajın bağlı derinliği boyunca oluşan aderans gerilmeleri vasıtasıyla aktarırlar. Kimyasal ankrajlarda aderansın beş bileşeni:

- Epoksi ile beton arasındaki sürtünme,
- Epoksi ile çelik arasındaki sürtünme,
- Epoksi ile beton arasında oluşan kimyasal bağ,
- Epoksi ile çelik arasındaki kimyasal bağ,
- Çelik üzerindeki mekanik dış kuvvetleridir [1].

Kimyasal ankrajların dayanımı ile ilgili çalışmalar çoğunlukla ankrajların çekme dayanımlarının belirlenmesi üzerine yoğunlaşmış olup kesme dayanımının belirlenmesine yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Bu çalışma kapsamında kimyasal ankrajlarla ilgili önceki çalışmalar taranarak, ankraj dayanımını etkileyen faktörler değerlendirilmiştir.

## **II. ANKRAJ TİPLERİ ve GÖÇME ŞEKİLLERİ**

Betona yapılan ankrajlar, yerleştirilme zamanı ve şekilleri açısından genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır:

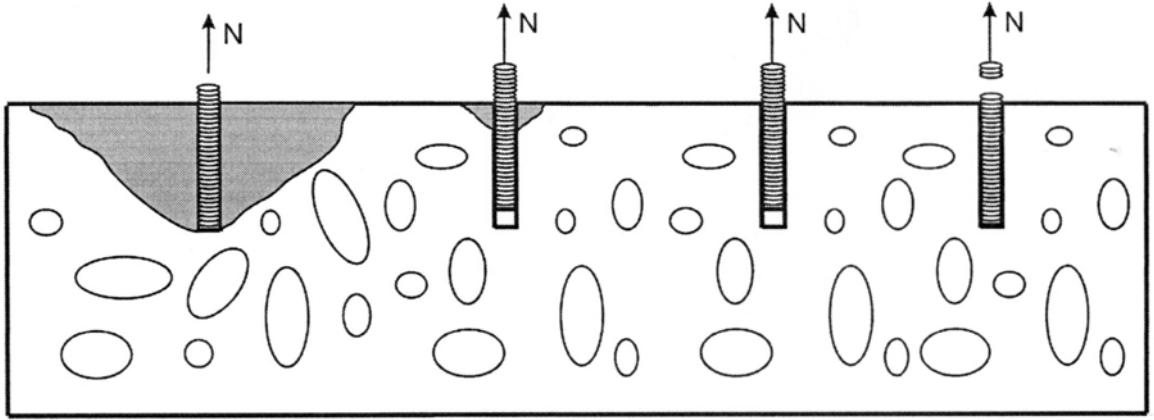
- Betonlama esnasında yerleştirilen ankrajlar (cast-in-place anchors),
- Betona sonradan yapılan ankrajlar (post-installed anchors)

Çalışmanın konusunu içeren ikinci grup ankraj elemanları daha çok onarım ve restorasyon işlerinde kullanılmakta ve uygulamacıya geniş olanaklar sağlamaktadır [3]. Bu tür ankrajlar; betona açılan silindirik şeklindeki deliğe yerleştirilen ve genişleyerek betona sürtünme kuvvetleri yolu ile yük aktaran elemanlar ve betona açılan deliğe yerleştirildikten sonra delik cidarı ile arasındaki boşluk bağlayıcı bir malzeme ile doldurulan elemanlar olmak üzere ikiye ayrılır. Bağlayıcı malzeme açısından da bağlayıcısı polimer esaslı olanlar ve çimento esaslı döküm harçlı olanlar olmak üzere farklı ankraj türlerine rastlanılabilir [3].

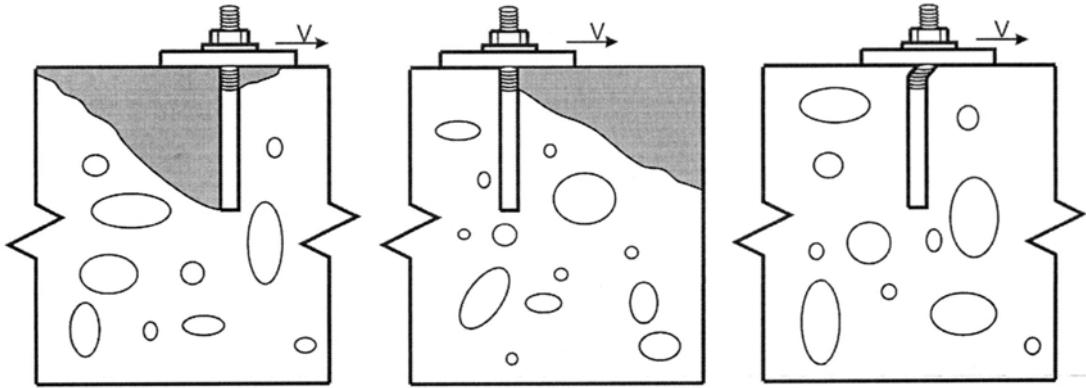
Polimer, epoksi ankraj çubuklarında kullanılan en yaygın bağlayıcı maddedir. Bunun dışında poliester ve vinilester de bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Reçine belli oranda sertleştirici polimer ile karıştırıldıktan sonra deliğe enjekte edilir. Döküm harçları kumlu olabilirler. Açılan deliklerin iyi bir şekilde doldurmaları ve ankraj elemanını sarmaları için bunların yeterli kıvama sahip olmaları gerekir [3].

Betona sonradan yerleştirilen ankrajlarda çekip çıkarma kapasitesi, önceden taze betona yerleştirilen ankrajlardan %10 daha düşüktür [4].

Ankraj elemanlarının çekme ve kesme yükleri altındaki olası hasar çeşitleri sırasıyla Şekil 1 ve 2’de görülmektedir. Betonun kopması veya ezilmesi gibi gevrek hasar şekilleri özellikle düşük dayanımlı betonlarda, sıg ve kenara yakın ankrajlarda daha çok karşılaşılan durumlar iken, ankrajın uygun şekilde tasarlanması ve uygulanması durumunda donatının kopması ile sünek davranış elde edilebilmektedir. Çekme etkisine maruz ankrajlarda ise, uygulamanın temiz olmayan yağlı, nemli deliklerde veya korozyona uğramış donatılarla yapılması durumunda ise donatı sıyrılması gibi gevrek hasarlar da ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 1. Çekme yükleri altında ankraj hasar şekilleri



Şekil 2. Kesme yükleri altında hasar şekilleri

### III. ANKRAJ DAYANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

**Bağlayıcı Cinsi:** Kimyasal ankrajlarda elde edilen yapışma dayanımı kimyasal yapıştırıcının niteliklerine bağlıdır. Her kimyasalın farklı yapışma dayanımı vardır. Kullanılan yapıştırıcının betona yapışma dayanımı, çeliğe yapışma dayanımı ve mekanik özellikleri (çekme ve basınç dayanımları) ankraj performansını etkileyen önemli unsurlardan biridir [5]. Bağlayıcı sisteminin aderans dayanımı üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Genel olarak epoksi esaslı bağlayıcıların esterlerden daha yüksek aderans sağladığı kaydedilmiştir [3].

Özkul ve arkadaşları, döküm harcı ve 2 farklı epoksi ile yaptıkları çalışmalarında en büyük aderans kuvveti değerini döküm harcı ile ekilen sistemde elde etmişlerdir. Bu durum, döküm harcı ile ekilen donatıların delik çaplarının ve aderans boylarının, diğer iki epoksi esaslı bağlayıcıya göre daha büyük olmasından kaynaklanabilir. Döküm harcı kullanıldığında, daha geniş ve derin delik açılması ve dolayısı ile bu delikleri doldurabilmek için daha fazla miktarda bağlayıcı madde kullanılması gerekecektir [3]. Malzeme tercihi yapılırken ekonomik açıdan analiz yapılarak optimum çözüm bulunmalıdır.

Cook, 16 farklı kimyasal yapıştırıcının bağ gerilmelerini belirlemek için kapsamlı bir çalışma yapmış ve bağ gerilmelerinin kullanılan kimyasala göre farklılık gösterdiğini, ankraj rijitliğinin yapışma dayanımı az olan ankrajlarda küçük olduğunu görmüştür. Elastik teoriye göre belli bir ankraj derinliğinden itibaren ankraj derinliğinin artması ankraj kapasitesini arttırmayacaktır. Epoksi ile ekilen ankrajlarda, elastik limitin aşılmasından sonra ankraj davranışının yeterli güvenlikte kestirilemeyeceğini gözlemiştir [6].

Nihai kuvvet yapışma yüzeyine göre parabolik artmaktadır [7]. Statik yükleme altında kimyasal ankrajların davranışı, fazlasıyla bağlayıcı katkı malzemesine bağlıdır. Bu dinamik yükleme içinde geçerli olabilir [8].

Gürbüz ve arkadaşları iki farklı kimyasal yapıştırıcı (M1 ve M2) ile yaptıkları çalışmada, yapışma dayanımlarının M1 kimyasal yapıştırıcı kullanılan ankrajlarda 9-10 MPa, M2 kimyasal yapıştırıcı kullanılan ankrajlarda ise 4-5 MPa düzeylerinde olduğunu görmüşlerdir. Bu da ankraj uygulamalarında kullanılan kimyasal yapıştırıcıların, ankraj performansında çok etkili olabileceğini göstermektedir [5].

**Ankraj Deliğinin Temizliği:** Açılan deliğin yeterince temizlenmemesi birçok üründe ankraj dayanımının düşmesine yol açmaktadır. Bu düşüş büyük bir aralıkta değişmekte ve ortalama olarak temizlenmiş durumdaki dayanımın % 71'ine ulaşabildiği belirtilmiştir [9]. Vakumlu temizlemenin diğer yöntemlere göre daha üstün olduğu kaydedilmiştir [3]. Bağlayıcılar uygulanırken yüzey kalitesi çok önemlidir. Beton yüzeyler temiz ve sağlam olmalı, yağ, gres, çimento şerbeti ve zayıf yapışmış parçacıklardan arındırılmalıdır. Yüzey birikmiş sudan, oynak parçacıklardan ve yapışmaya engel olan mevcut kaplamalardan arındırılmalıdır.

Temizlenmemiş numunelerde, ankrajın eksenel yük kapasitesi temizlenmiş ankrajlara oranla %40'lara varan düşüş göstermiştir. Yüzey temizliği işlemi yapılmamış numunelerde kimyasal

yapıştırıcı delik duvarında yeteri kadar yapışma yüzeyi oluşturamamakta ve düşük yük seviyelerinde yapışma dayanımını kaybederek sıyılmaktadır [1].

**Ankraj Deliğinin Islaklığı:** Islak ankraj delikleri dayanımı bir ölçüde düşürürken su altı uygulamalarında daha büyük düşüşler elde edilmiştir. Su altında kapsül ankrajların daha başarılı olduğu belirtilmiştir [3].

Cook ve Konz, yaptıkları çalışmada nemli yüzeylere yapılan ankrajlarda oluşan yapışma dayanımı, kuru ve temiz yüzeylerde bulunan referans yapışma dayanımlarının ortalama %77'si ve ıslak yüzeylerde oluşan yapışma dayanımının ise referans dayanımının ortalama %43'ü kadar olduğunu gözlemlemiştir [9].

Nemli ve ıslak ankraj deliklerine uygulanan ankrajlarda eksenel yük kapasitelerinde düşüş gözlenmiştir. Kullanılan kimyasal yapıştırıcının kürünü tamamlayabilmesi için gereken ortam şartlarının nemli yüzeylerde sağlanamaması kimyasal yapıştırıcının oluşturduğu kimyasal bağın gücünü düşürmektedir. Nemli yüzeylere uygulanan ankrajların göçme yükleri %30 oranında azalmıştır [1].

**Yüksek Sıcaklık ve Sünme:** Yüksek sıcaklıkta ankraj dayanımı genel olarak düşmektedir, ancak yüksek sıcaklık altında oluşan sünme davranışı daha da önemlidir [3].

Sık sıcaklık değişimi betonda çatlamalara neden olacağından ankraj dayanımını düşürebilmektedir. 43 °C sıcaklığa maruz kalmış kimyasal ankrajlarda bağ dayanımı %25'lere varan değişim göstermiştir [9].

**Ankraj Kenar Uzaklığı ve Ankrajlar Arası Uzaklık:** Ankraj serbest kenara yakın ise taban betonunun çatlayarak yarılması nedeniyle göçme oluşabilir. Ankraj eksenel çekme altında beton oluşan göçme nedeniyle kapasitesine erişiyorsa betonda oluşan çatlaklar yanındaki komşu ankrajların kapasitelerini de etkileyecektir. Ankrajlar arası yeterli mesafe bırakılmadığında oluşan çatlaklar komşu ankrajların kapasitelerini düşürebilmektedir [1].

Kenar göçmelerinin veya oluşacak beton konilerinin birbirini etkilemelerini önlemek amacıyla ASTM E 488'de ankraj ekme aralıkları ve kenar uzaklıkları verilmiştir (Çizelge 1). Ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde derin ankrajlar için verilen alt sınırların yeterli olduğu gözlenirken, tablodaki değerlerin sığ derinlikteki ankrajlar için arttırılması gerektiği görülmüştür [10].

**Çizelge 1. Ankraj Ekme Aralıkları ve Kenar Uzunlukları [11]**

Ekme boyu ( $l_d$ )	Kimyasal Ankrajlar	
	iki ankraj arası uzaklık	kenara ve yükleme çerçevesine olan uzaklık
< $6d_0$ (sığ)	2 $l_d$	1 $l_d$
$6d_0 - 8d_0$ (standart)	1,5 $l_d$	1 $l_d$
> $8d_0$ (derin)	1 $l_d$	0,75 $l_d$

\*  $d_0$ : ankraj çapı,  $l_d$ : ekme boyu

**Ekme Boyunun 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. Belli bir ankraj derinliğinden itibaren derinlikteki artışın ankraj kapasitesine olan etkisi azalmaya başlar. Ankraj derinliği ile ankraj kapasitesi arasındaki ilişkinin doğrusal olmaması, gerçekte ankraj derinliği boyunca oluşan kayma gerilmelerinin düzgün yayılı olmadığına göstergesidir [1, 12]. Diğer yandan nihai kuvvetin doğrusal olarak çelik çubuğun gömme derinliğine ve çapına bağlı olduğuna dair çalışmalarda bulunmaktadır [7]. Ankrajların yük taşıma kapasiteleri ekme boyuyla birlikte artarken bu artışın her zaman doğrusal olmadığı gözlenmiştir. 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 ekme boyu 12 cm den 16 cm ye derinleştğinde göçme yükü yaklaşık % 18 oranında artmıştır [10].

12 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 [10].

Seyhan, derin ankrajlarda sıyrılmadan önce donatının büyük oranda pekleştiği ve ardından ani göçme ile göçtüğünü gözlemlemiştir [13].

Kaya, ankraj derinliğinin beton plak kalınlığının %75'inden daha derin olmasının sakıncalı olduğunu ve bu şekilde üretilmiş ankrajlarda göçme yüklerinin çok altındaki yüklerde gevrek göçme mekanizmaları sergilediklerini gözlemlemiştir [14].

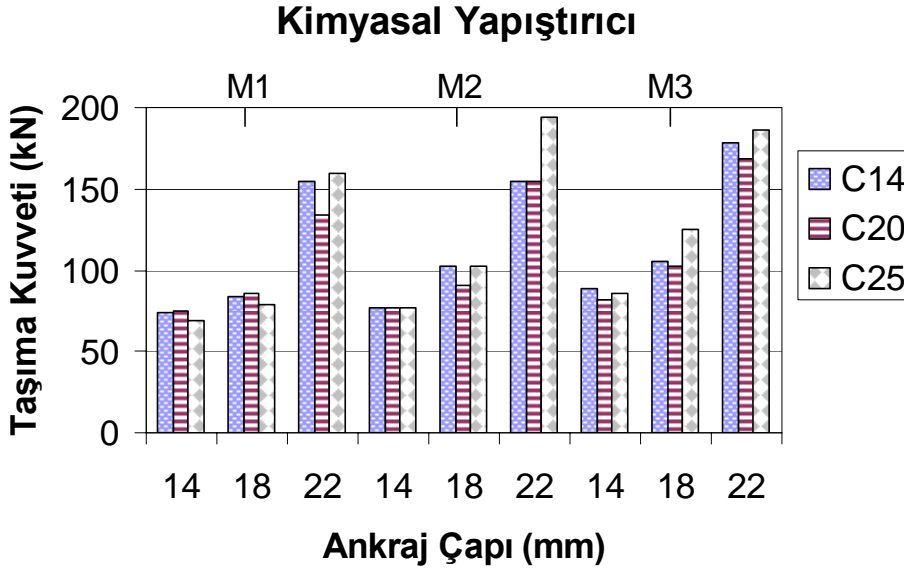
**Beton Dayanımının Etkisi:** Ankraj göçme yükünü etkileyen önemli faktörlerden birisi de beton basınç dayanımıdır. Kimyasal ankrajların nihai kapasitesi beton basınç dayanımı ile arttıkça yükselmektedir. [15].

Sığ ankrajlar incelendiğinde yüksek dayanımlı betondaki kimyasal ve harçlı ankrajların göçme yüklerinin normal dayanımlı betondakilerden % 30 oranında daha büyük olduğu görülmektedir. 12 cm ekme boylarında ise kimyasal ankrajlarda yukarıda verilen oran korunurken, harçlı ankrajlarda her iki betondaki göçme yükleri birbirlerine yakındır [10].

Kimyasal ankrajlar genel olarak beton koni göçmesi göstermiş ve göçme yükleri beton dayanımından etkilenmiştir. 16 cm ekme boyunda kimyasal ankraj deneyleri çelik kopması ile sonlandığı için beton dayanımındaki artıştan pek fazla etkilenmemişlerdir [3].

Kimyasal ankraj çekme kapasitesine betonda oluşan göçme nedeniyle ulaşıyorsa betonun çekme dayanımı ankraj kapasitesini etkilemektedir [1].

**Ankraj Çapının Etkisi:** Ankraj çapının artması aderans gerilmelerinin olduğu yüzey alanının artmasını veya azalmasını sağlayarak, ankraj kapasitesini etkilemektedir [1]. Özkul vd., çalışmalarında 3 farklı ankraj çapında çalışmışlar ve çapı büyük olan donatıların taşıyabildiği kuvveti daha büyük bulmuşlardır [3]. C14, C20 ve C25 beton sınıflarında; 3 farklı kimyasal yapıştırıcı (M1, M2 ve M3) ile 14, 18 ve 22 mm ankraj çaplarında çalışmalar yapmışlardır. Şekil 3'te C14, C20 ve C25 beton dayanımlarında üç değişik malzemenin ankraj çapı – ankraj taşıma kuvveti ilişkisi görülmektedir [3].



**Şekil 3.** C14, C20 ve C25 beton dayanımlarında üç değişik malzemenin ankraj çapı – ankraj taşıma kuvveti ilişkisi



Gürbüz vd., çalışmalarında, ankraj çapının büyümesi aderans gerilmelerinin olduğu yüzey alanının artmasına neden olarak, ankraj kapasitesinin yükseldiğini gözlemlemişlerdir [5].

Özturan vd., çalışmalarında; 6 ve 8 cm ekme boylarındaki 12 mm ve 16 mm çaplı kimyasal ankrajların normal ve yüksek dayanımlı betonlardaki göçme yüklerini karşılaştırmışlardır. 6 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 [10].

Pamukkale Üniversitesi Deprem ve Yapı Teknolojileri Laboratuvarında gerçekleştirilen bir çalışmada [16] beton basınç dayanımı 5-10 MPa düzeyinde bulunan betonlara epoksi ile ankrajlar ekilerek tersinir tekrarlı kesme yüklemesine maruz bırakılmışlardır. Bu çalışmanın neticesinde donatı çapının artması ile kesme dayanımının arttığı ancak bu artışın alan artışı ile orantılı artmadığı görülmüştür. Bu sebeple, büyük çaplı donatılarda erişilen nihai gerilme değerlerinin düştüğü gözlenmiştir.

***Kesme Yükleme Altında Kenar Göçmesi Gösteren Ankrajların Davranışı:*** Kesme yüklemesi altında kenar göçmesine neden olan en önemli etken ankrajın kenar mesafesidir. Kesme yüklemesinde kenar göçmesi gösteren ankrajların göçme yüküne ankraj tipinin, ekme boyunun ve betona çelik lif katılmasının belirgin bir etkisi gözlenmemektedir. 8 cm ekme boyundaki harçlı ankrajlarda daha yüksek göçme yükü gözlenirken, kimyasal ankrajlarda 16 cm ekme boyunda daha yüksek göçme yükü görülmüştür. Kimyasal ankrajlarda kenar göçme yükü ekme boyuyla artış gösterirken, harçlı ankrajlarda azalma gözlenmiştir [10].

Ankrajların statik kesme yükleri altındaki davranışlarına kenar mesafesi, ankraj çapı ve beton dayanımının etkileri olduğu görülmüştür [4]. Ueda ve arkadaşları monolitik kesme yüklemesi altındaki ankraj bulonlarının, kritik kenar uzunluğunun 150 ile 170 mm arasında değiştiğini göstermişlerdir [17].

***Kısa kür süresi:*** Kısa kür süresinde (24 saat) ankrajların yapışma dayanımlarının ortalama %88'ini kazandığı görülmüştür [9].

**Ankrajların bağluluk durumu:** Gürbüz vd., yaptıkları çalışmada, tam bağlı ankrajların çekip çıkarma deneylerinde koni oluşumuyla göçmenin oldukça ani ve gevrek olduğunu gözlemlemişlerdir. Tam bağlı ankraj numunelerinin tümünde aksnel çekme deneylerinde göçme, donatı akma gerilmesine ulaşmadan gerçekleşmiştir. Kısmi bağlı ankraj numunelerinin tümünde sıyrılmaya ile göçme gerçekleşmiştir. Ankraj derinliğinin üst bölümünde serbest bırakılan bölge beton konisi oluşumunu engellemiştir. Kısmi bağlı ankrajlar daha sünek davranış ve daha yüksek göçme dayanımları göstermişlerdir [1, 14].

#### **IV. SONUÇLAR**

Mevcut yapıların onarım ve güçlendirilmesinde; yüksek yapışma dayanımları, düşük maliyetleri, kolay ve hızlı uygulanabilir olmaları sebebiyle kimyasal ankrajlar sıklıkla kullanılmaktadır. Son yıllardaki depremlerden sonra onarım ve güçlendirme uygulamalarının son derece ciddi olduğu daha iyi kavranmış ve yeni yönetmelik çalışmalarında da bu kısma ayrıca bir bölüm ayrılmıştır. Yeni Deprem Yönetmeliği [18] 2007 yılı itibarıyla resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Daha önce hiçbir yönetmeliğe bağlı kalınmadan tamamen uygulayıcıların inisiyatifinde yapılan onarım ve güçlendirme uygulamalarına yönelik olarak asgari şartları içeren bir bölüm 2007 Deprem Yönetmeliğinde yer almıştır. Ancak güçlendirme uygulamalarındaki en kritik noktayı oluşturan ankrajlarla ilgili olarak sadece TS500 [19] sürtünme kesmesi formülüne bir atıf verilmektedir.

Mevcut bilimsel çalışmalar, ankraj dayanımının pek çok faktöre bağlı olarak değişebildiğini ve titiz bir uygulamanın davranışı önemli oranda etkilediğini göstermektedir. Hangi durumlarda gevrek hasarlara izin verilebileceği, bu hasar şekillerine karşılık gelen kapasitelerin nasıl hesaplanacağı Türkiye’de yürürlükte olan yönetmelikler için hayati sorular olarak ortada durmaktadır. Ayrıca, yapılan ankraj uygulamasının denetiminin nasıl yapılacağı konusunda da bir görüş ve uygulama birliği oluşmamıştır. Bu konularda acil olarak çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Özellikle çok düşük dayanımlı betonlara yapılan ankrajlarla ilgili çalışmaların yeterli düzeyde olmadığı ve bu konularda kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunduğu görülmüştür.

## **V. TEŞEKKÜR**

Bu çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi 200815012 nolu BAP ve 107M572 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, destekleri dolayısıyla ESOGU BAP ve TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

## **VI. KAYNAKLAR**

- [1] T. Gürbüz, Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [2] N. Bayülke, Depremlerde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:15, İzmir, 2001.
- [3] H. Özkul, M. Mutlu ve A.R. Sağlam, Beton ankrajları, Teknik Bülten Sayı 4 2001.
- [4] H. Muratlı, R.E. Klingner ve H.L. Graves, Breakout capacity of anchors in concrete-Part 2: shear, ACI Structural Journal, Technical Paper, V.101, No.6, pp. 821-829, 2004.
- [5] T. Gürbüz, E. Seyhan, A. İlki ve N. Kumbasar, Güçlendirme çalışmalarında kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altında davranışları, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- [6] R.A. Cook, Behavior of Chemically bonded anchors, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 119, No:9, pp. 2744-2762, 1993.
- [7] L. Bouazaoui ve A. Li, Analysis of steel/concrete interfacial shear stress by means of pull out test, International Journal of Adhesion & Adhesives 28, pp. 101-108, 2008.
- [8] F. Kazunori, J. Nakayama, H. Sato, S. Mindess ve T. Ishibashi, Chemically bonded anchors subjected to rapid pullout loading, ACI Materials Journal, Technical Paper, V.100, No.3, pp. 246-252, 2003.
- [9] R.A. Cook ve R.C. Konz, Factors influencing bond strength of adhesive anchors, ACI Structural Journal, Technical Paper, January – February, 2001.

- [10] T. Özturan, M. Gesoğlu, M. Özel ve E. Güneyisi, Kimyasal, harçlı ve mekanik ankrajların çekme ve kesme yükleri altındaki davranışları, İMO Teknik Dergi, 3105-3124, Yazı 208, 2004.
- [11] Standard test methods for strength of anchors in concrete and masonry elements, (ASTM E 488-84), 1984 Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- [12] R.A. Cook, G.T. Doerr ve R.E. Klingner, Bond Stress Model for design of adhesive anchors, ACI Structural Journal, Technical Paper, V.90, No.5, pp. 514-524, 1993.
- [13] E.C. Seyhan, Kimyasal ankrajların davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [14] Y. Kaya, Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılacak kısmi bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların aksel çekme davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [15] M. Gesoglu, T. Ozturan, M. Ozel ve E. Guneyisi, Tensile behavior of post-installed anchors in plain and steel fiber-reinforced normal and high strength concretes, ACI Structural Journal, Technical Paper, V.102, No.2, pp. 224-231, 2005.
- [16] S. Yılmaz, Ö. Çalışkan ve H. Kaplan, Düşük ve orta dayanımlı betonlara yapılan kimyasal ankrajların kesme performansı, Uluslararası Sakarya Deprem Sempozyumu, Sakarya, 2009.
- [17] T. Ueda, S. Kitipornchai ve K. Ling, Experimental investigation of anchor bolts under shear, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 116, No.4, pp. 910-924, 1990.
- [18] DBYYHY, Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [19] TS500, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1984.