

KİMYASAL ANKRAJLARIN KESME DAYANIMINDA ETKİLİ PARAMETRELER
EFFECTİVE PARAMETERS ON SHEAR STRENGTH OF CHEMICAL ANCHORS

İffet Feyza ÇIRAK*

* Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 32260 Çünür/Isparta

ÖZET

Son yıllarda kimyasal ankrajlar, özellikle deprem bakımından yetersiz yapıların güçlendirme uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Kimyasal ankrajlardan yüksek performans elde etmek için kesme ve çekme yüklerine dayanım göstermesi gerekmektedir. Ancak, mevcut çalışmalar incelendiğinde, ankrajların kesme davranışını inceleyen çalışmaların sınırlı düzeyde olduğu görülmektedir. Ankrajlar, mevcut ve yeni eleman arasındaki yük aktarımını sağlamaktadırlar. Dolayısıyla, ankraj tasarımının doğru olarak yapılabilmesi için aktarılan bu yükün doğru hesaplanması çok önemlidir. Ancak, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY), ankrajların kesme dayanımının belirlenmesi için, sadece TS500'de bulunan sürtünme kesmesi ifadesini dikkate almaktadır. Bu çalışmada, farklı beton dayanımına, ankraj gömme derinliğine ve ankraj çapına sahip modeller oluşturulmuş, TS500'de verilen sürtünme kesmesi ifadesi ile ACI318 Ek D'de verilen ankraj kesme dayanımını veren ifadeler ile bu modeller üzerinde hesaplamalar yapılarak ankraj kesme dayanımını belirleyen önemli parametreler üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal ankraj, kesme davranışı, dayanım

ABSTRACT

In recent years, chemical anchors are widely used for strengthening seismically deficient reinforced concrete structures. For obtaining high performance from chemical anchors, they must show resistance to shear and tensile loads. However, in existing literature, studies about shear behavior of chemical anchors are limited. Anchors ensure load transfer between structural members. In case, for accurate anchor design, correct calculation of these loads is important. Nevertheless, in Turkish Earthquake Code (DBYBHY), for calculating shear performance of anchors, the formulation in TS 500 is certified. In this study, models having different concrete compressive strength, anchor embedment depth and anchor diameter are composed and using the formulations in TS 500 and ACI 318 Appendix D, effective parameters on anchor shear strength are emphasised.

Key Words: Chemical anchor, shear behaviour, strength

***Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** İffet Feyza Çırak, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 32260 Çünür/Isparta, E-mail: feyzacirak@sdu.edu.tr

1.GİRİŞ

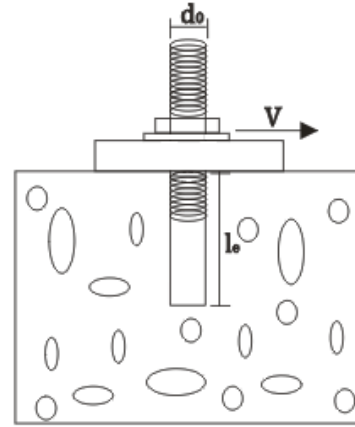
Ülkemizde yakın geçmişte meydana gelen depremlerde oluşan hasar ve can kayıplarına bakıldığında, mevcut yapı stokunun önemli bir kısmının taşıyıcı sistem bakımından yetersiz olduğu görülmektedir. Yumuşak kat, yetersiz işçilik ve güçlü kiriş-zayıf kolan bağlantıları [1], bu kusurlardan sadece bazılarıdır. Dolayısıyla, son yıllarda binaların güçlendirilmesine yönelik araştırmalar ve uygulamalar artmıştır. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, güçlendirme uygulamalarında ilave edilen yeni elemanlar ile mevcut elemanlar arasındaki yük aktarımının doğru olarak sağlanmasıdır.

Son yıllarda kimyasal ankrajlar, eski ve yeni elemanların birleştirilmesinde ara eleman olarak sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu elemanlar, yük aktarımını sağladıkları için hassas bir görev üstlenmektedirler. Ankrajların deprem sırasındaki davranışı, yapının davranışını doğrudan etkilemektedir [2]. Ancak, bu elemanlar ile ilgili kesin tasarım esasları henüz tam olarak belirlenememiştir [3].

Kimyasal ankrajlar, sertleşmiş betona delikler açılarak yerleştirilir. Bu delikler, yaklaşık olarak kullanılacak ankraj çubuğunun çapının % 50 fazlası olarak düzenlenir [4]. Deliklerin içine kuvvetli yapıştırıcı malzeme enjekte edilerek ankrajlar yerleştirilir. Burada, yapıştırıcı malzemenin türü yanında, ankraj deliklerinin temizliği, delik yüzeyinin ıslak olması da ankrajların kapasitesini etkilemektedir. ıslak delik yüzeyinde oluşan ankraj dayanımı, kuru ve temiz yüzeyde oluşan ankraj dayanımının ancak %43'üne, ıslak delik yüzeyinde oluşan ankraj dayanımı, kuru ve temiz yüzeyde oluşan ankraj dayanımının %77'sine ulaşabilmiştir. Tozlu deliklerde elde edilen dayanım ise, temiz yüzeyde oluşan ankraj dayanımının %71'i kadar olmuştur [5]. Ayrıca, ankrajın serbest kenara yakın olarak ekilmesi ve serbest kenara uzak ankrajın beton hasarı ile kapasiteye ulaşması da mümkündür [6]. Bu çalışmada, farklı beton dayanımına, farklı ankraj çapı ve gömme derinliğine sahip modeller oluşturularak, ankrajların kesme dayanımı üzerinde etkisi olan parametreler, TS500 [7] ve ACI318 [8]'de verilen formüller yardımıyla değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bilindiği gibi, birçok Avrupa ülkesinde betonarme bina stokunun çok büyük bir kısmı 40 yaşın üzerindedir [9]. Ülkemizde de durum değişmemektedir. Dolayısıyla, özellikle yapımı uzun yıllar olmuş olan binalarda, sismik açıdan mevcut yönetmelik ve standartlardan çok fazla destek alınmadığı düşünülmektedir. Bu durumda, ekonomik olarak da değerlendirilerek bazı binaların yıkımı, bazılarının ise onarım veya güçlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Ankraj kesme kapasitesi hesabında kullanılan bazı parametreler

Güçlendirme uygulamalarında ise, eski ve yeni yapısal elemanlar arasındaki yük aktarımının doğru olarak gerçekleştirilebilmesi, yapının kapasitesini doğrudan etkileyen bir durumdur [2]. Bu bağlamda, kimyasal ankrajların kesme dayanımı da sıklıkla kullanılan bir ara eleman olması nedeni ile oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, mevcut yapılarda rastlanabilecek kusur ve yetersizlikleri de yansıtması açısından, farklı beton dayanımı, ankraj çapı ve gömme derinliği içeren 24 farklı model üzerinde bazı hesaplamalar yapılarak ankrajların kesme davranışında önemli olan parametrelerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Modeller oluşturulurken, f_c (MPa) beton basınç dayanımı, f_y (MPa) donatı akma dayanımı, d_0 (mm) ankraj donatısının çapı ve l_e (mm), ankraj gömme derinliği olarak dikkate

alınmıştır. Örneğin, C5d010le100 olarak adlandırılan modelin açılımı, $f_c=5$ MPa, $d_0=10$ mm, $l_e=100$ şeklindedir. V, ankraj kesme kuvvetidir. Bu parametrelerden bazıları Şekil 1'de, oluşturulan modellerin özellikleri ise, Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ankraj kesme kapasitesi hesabı için oluşturulan modeller

Modeller	f_y (MPa)	f_c (MPa)	d_0 (mm)	l_e (mm)
C5d ₀ 10l _e 100	365	5	10	100
C5d ₀ 10l _e 200			10	200
C5d ₀ 12l _e 120			12	120
C5d ₀ 12l _e 240			12	240
C5d ₀ 16l _e 160			16	160
C5d ₀ 16l _e 320			16	320
C10d ₀ 10l _e 100	365	10	10	100
C10d ₀ 10l _e 200			10	200
C10d ₀ 12l _e 120			12	120
C10d ₀ 12l _e 240			12	240
C10d ₀ 16l _e 160			16	160
C10d ₀ 16l _e 320			16	320
C16d ₀ 10l _e 100	365	16	10	100
C16d ₀ 10l _e 200			10	200
C16d ₀ 12l _e 120			12	120
C16d ₀ 12l _e 240			12	240
C16d ₀ 16l _e 160			16	160
C16d ₀ 16l _e 320			16	320
C20d ₀ 10l _e 100	365	20	10	100
C20d ₀ 10l _e 200			10	200
C20d ₀ 12l _e 120			12	120
C20d ₀ 12l _e 240			12	240
C20d ₀ 16l _e 160			16	160
C20d ₀ 16l _e 320			16	320

DBYBHY [10], ankrajların kesme kapasitesi hesabı için TS500'de bulunan sürtünme kesmesi (1) ifadesini referans göstermiştir.

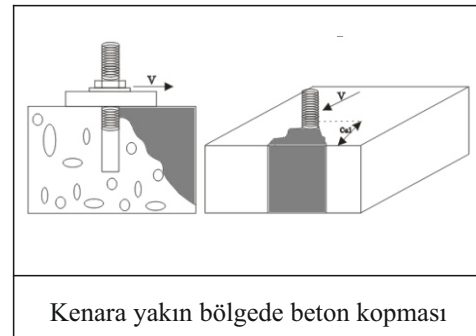
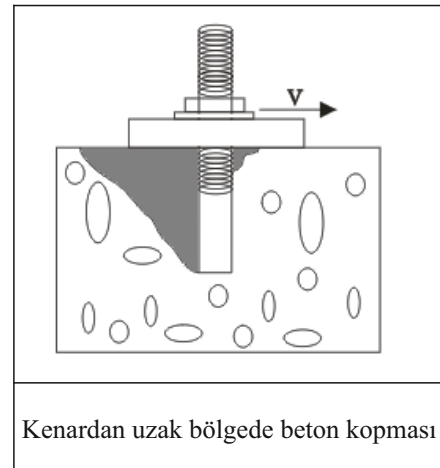
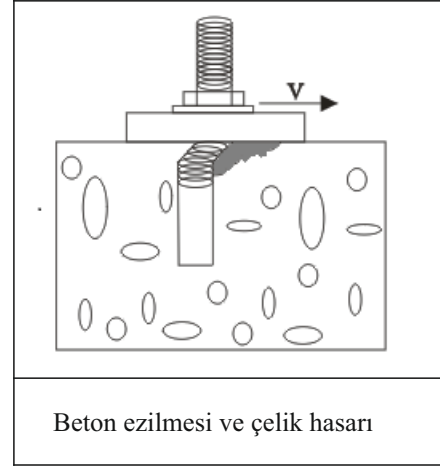
$$V_r = A_{wf} \cdot f_{yd} \cdot \mu \quad (1)$$

TS500 [7]'de, A_{wf} kesme-sürtünme donatısı kesit alanı, f_{yd} boyuna donatı tasarım akma dayanımı olarak ifade edilmiştir. TS500 [7]'ün μ için sunduğu değerler Tablo 2'de mevcuttur. Bu çalışmada, $\mu = 1.0$ olarak seçilmesi uygundur.

Tablo 2. TS 500 [7]'de değişik durumlar için kesme-sürtünme katsayısı

Birdöküm beton (monolitik)	$\mu = 1.4$
Sertleşmiş beton ile yeni betonun birleştiği yüzeylerde pürüzlendirilmiş yüzey (pürüz ≥ 5 mm)	$\mu = 1.0$
pürüzlendirilmemiş yüzey	$\mu = 0.6$
Çelik profil ve betonun birleştiği yüzeylerde	$\mu = 0.7$

ACI 318 [8]'de ise, ankrajların kesme kapasitesinin nihai değeri için 3 farklı göçme modu tanımlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Kesme yükleri altında ankraj göçme şekilleri

Beton ezilmesi ve çelik hasarı

$$V_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad (2)$$

ifadesi ile tanımlanmaktadır. Burada, n ankraj sayısı, A_{se} (mm^2) ankrajın donatısının kesit alanı, f_{uta} (MPa) ise ankraj donatısının akma dayanımıdır.

Kenardan uzak bölgede betonun koparak nihai kesme kapasitesine ulaşması ACI 318 [8]'de

$$V_{cp} = k_{cp} \cdot N_{cb} \quad (\text{tekil ankrajlar}) \quad (3)$$

$$V_{cpg} = k_{cp} \cdot N_{cbg} \quad (\text{grup ankrajlar}) \quad (4)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada, V_{cp} (N) ve V_{cpg} (N) sırasıyla, tekil ve grup ankrajlara ait koparak göçme kapasitesi; N_{cb} (N) ve N_{cbg} (N) sırasıyla, tekil ve grup ankrajlara ait eksenel yüklerdir. k_{cp} , ankraj gömme derinliğine (l_e) bağlı katsayıdır. $h_{ef} < 65$ mm olan ankrajlarda, $k_{cp}=0.1$, $h_{ef} \geq 65$ mm olan ankrajlarda ise, $k_{cp}=0.2$ olarak dikkate alınır.

Kenara yakın bölgede beton kopması ile nihai kesme kapasitesi (V_b) ise;

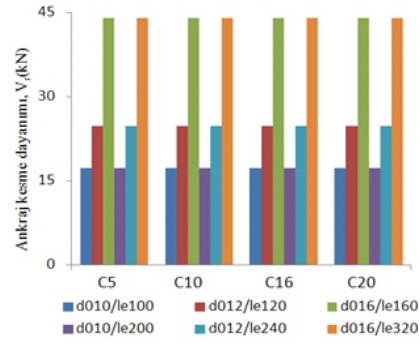
$$V_b = 0.6 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5} \quad (5)$$

ifadesi ile hesaplanmaktadır. Burada, l_e (mm) etkili ankraj gömme derinliği, d_0 (mm) ankraj donatısının çapı, c_{a1} (mm) kesme yükü doğrultusunda serbest kenara olan uzaklık, f'_c (MPa) ise, beton basınç dayanımıdır.

Çalışmada, Tablo 1'de verilen modeller, TS500 [7] ve ACI318 [8]'de bulunan bu ifadelerle test edilerek bu formüllerdeki parametrelerin ankraj kesme dayanımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

TS500 [7]'de verilen sürtünme - kesmesi ($V_r = A_{wf} \cdot f_{yd} \cdot \mu$) ifadesine göre Tablo 1'de verilen modellerin kesme dayanımları belirlenerek Şekil 3'de gösterilmiştir.

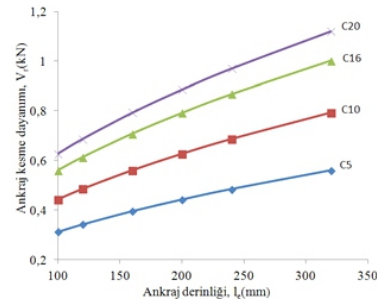


Şekil 3. TS500 [7] sürtünme kesmesi formülüne göre ankraj kesme kapasitesi

Şekil 3 incelendiğinde, ankraj kesme kapasitesi üzerinde beton dayanımı ve gömme derinliğinin etkisi olmadığı, ankrajların kesme kapasitesine donatı hasarı ile eriştiği sonucu çıkarılabilir. ACI318 [8]'de bulunan beton ezilmesi ve çelik hasarı ($V_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta}$) ifadesi ile de aynı sonuçlar elde edilmektedir. Burada, daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için ACI318 [8]'de bulunan, gömme derinliği, beton dayanımı, serbest kenara uzaklık gibi parametreleri de dikkate alan kenardan uzak bölgede beton kopması ($V_{cp} = k_{cp} \cdot N_{cb}$) ve kenara yakın bölgede beton kopması

$$(V_b = 0.6 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1.5})$$

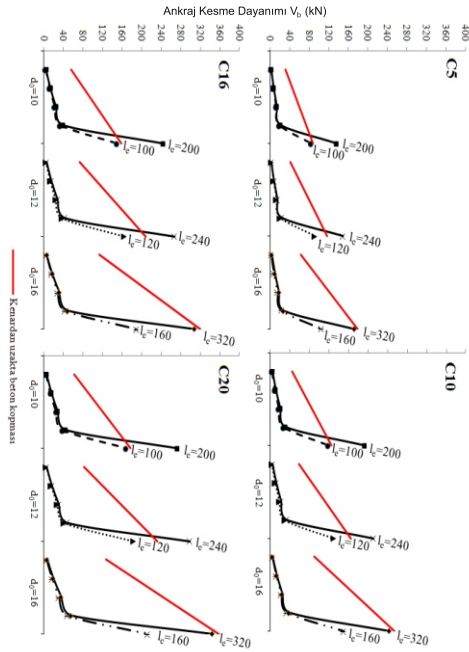
ifadelerini dikkate alarak kesme kapasitesi hesabı yapılmalı ve etkili parametreler dikkate alınmalıdır. Şekil 4'de, kenardan uzak bölgede beton kopması halinde ankraj kesme kapasitesindeki değişim görülmektedir. Burada, etkili parametreler ankraj gömme derinliği ve beton basınç dayanımıdır.



Şekil 4. Kenardan uzak bölgede beton kopması halinde ankraj kesme kapasitesindeki değişim

Şekil 4 incelendiğinde, ankraj gömme derinliği (l_c) arttıkça, kapasitenin de arttığı görülmektedir. Beton basınç dayanımı (f_c) arttığında ise, ankraj kesme kapasitesinde ciddi miktarda bir artış gözlenmektedir. Buradan, ankraj kesme kapasitesi hesabında ankraj gömme derinliği (l_c) ve beton basınç dayanımının göz ardı edilmemesi gereken parametreler olduğu sonucuna varılabilir.

Şekil 5'de, kenardan uzakta beton kopması durumunda ankraj kesme kapasitesindeki değişim ile kenara yakın bölgede beton kopması durumunda ankraj kesme kapasitesindeki değişim farklı beton basınç dayanımları için incelenmiştir.



Şekil 5. Kenardan uzak bölgede ve kenara yakın bölgede beton kopması durumunda ankraj kesme kapasitesindeki değişim

Şekil 5 incelendiğinde, ankraj gömme derinliğinin (l_c) kesme kapasitesini neredeyse %40 arttırdığı görülmektedir. Ayrıca, C5 betonuna ekilen ankrajla C20 betonuna ekilen ankraj arasında neredeyse %50 oranında kapasite farkı vardır. Buradan, delik çapının

(d_0), ankraj gömme derinliğinin (l_c) ve beton basınç dayanımının (f_c) ankraj kesme kapasitesi üzerinde etkili parametreler olduğu sonucuna varılabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yapısal elemanlar arasındaki yük aktarımını sağlayan ankrajların kesme dayanımını etkileyen parametreler incelenmiştir. Son yıllarda ülkemizde özellikle güçlendirme uygulamalarında ankrajların sıklıkla uygulanmakta, ancak kesme tasarımında TS 500 [7]'de bulunan sürtünme kesmesi formülü dikkate alınmaktadır. Bu formüldeki parametreler ankraj donatısının kesit alanı ve akma dayanımıdır. Ancak, uygulamadaki ankrajların çelik hasarı ile kapasitelerine ulaşması mümkün değildir. Dolayısıyla, çalışmada ACI 318 [8]'de bulunan ankraj kesme kapasitesi hesabı için önerilen formüller ile TS500 [7]'de verilen sürtünme kesmesi formülü karşılaştırılmıştır. Çünkü, ACI318 [8]'de bulunan formüller, beton hasarının söz konusu olduğu durumları da dikkate almaktadır.

ACI318 [8]'de bulunan kenardan uzak bölgede beton kopması durumunda etkili parametre, beton basınç dayanımıdır. Ayrıca gömme derinliğinin de kapasiteyi etkilediği görülmektedir. Ancak, ankrajların tamamının kenara uzak bölgeye ekilmesi söz konusu olmayacağı için, kenara yakın bölgede beton kopması durumu da dikkate alınmıştır. Burada da, yine beton basınç dayanımının, gömme derinliğinin ve ankrajın kenara olan mesafesinin kapasiteyi etkileyen önemli parametreler olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan bu çalışmada, ankraj uygulamalarında TS500 [7]'de bulunan kesme sürtünmesi formülü dışında beton hasarı durumunu da dikkate alan başka formüller kullanılmasının ankraj kesme davranışını ve elemanlar arasındaki yük aktarımını daha gerçekçi yansıması açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Altın, S., Anıl, Ö., Kara, M.E., “Strengthening of RC nonductile frames with RC infills: An experimental study”, *Cement & Concrete Composites*, 30, 612–621, 2008.
- [2] Petersen, D., Johnston, J., Zhao, J., Shahrooz, B., “ Seismic Behavior And Design Of Cast-In- Place Anchors” *ACI Structure J*, 110(1), 53-62, 2013.
- [3] Bickel, T.S., Shaikh, A.F., “Shear Strength of Adhesive Anchors”, *PCI Journal*, 47, 92-102, 2002.
- [4] Eligehausen, R., Cook, R.A., Appl, J., “Behavior and Design of Adhesive Bonded Anchors”, *ACI Structure J*, 103(6), 822-832, 2006.
- [5] Cook, R.A., Conz, R.C., “Factors Influencing Bond Strength of Adhesive Anchors”, *ACI Structure J*, 98, 76-86, 2008.
- [6] Malée, R., Pusill-wachtsmuth, P., “Design of Anchors Close to an Edge Under Shear Loading, Beton-und Stahlbetonbau, 102, 450-458, 2007.
- [7] TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1984.
- [8] ACI 318[6] –05. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. American Concrete Institute, Detroit, USA, 2005.
- [9] Fabbrocino, G., Verderame, M.G., Manfredi, G., “Experimental Behaviour of Anchored Smooth Rebars in Old Type Reinforced Concrete Buildings”, *Engineering Structures*, 27, 1575–1585, 2005.
- [10] DBYYHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [11] Çalışkan, Ö., Yılmaz, S., Kaplan, H., Kıraç, N., “Shear Strength Of Epoxy Anchors Embedded Into Low Strength Concrete”, *Construction and Building Materials*, 38, 723-730, 2013.
- [12] Alqedra, M.A., Ashour, A.F., “Prediction of Shear Capacity of Single Anchors Located Near a Concrete Edge Using Neural Networks”, *Computers & Structures*, 83, 2495-2502, 2005.
- [13] Özen, M.A., Yılmaz S., Tensile Performance of Retrofitting Anchors, Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, İstanbul, 2014.