

Güçlendirme Ankrajlarının Kesme Dayanımının ACI318 ve TS500'e Göre Belirlenmesi

Özlem ÇALIŞKAN^{1*}, Salih YILMAZ², Hasan KAPLAN²

¹Bilecik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Bilecik, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Denizli, Türkiye

ÖZET: Kimyasal ankrajlar, farklı zamanlarda imal edilen betonarme elemanların birlikte çalışabilmesi için kullanılan yöntemlerden birisidir. Mevcut yapıların güçlendirilmesi için de kimyasal ankrajlar yaygın şekilde kullanılmaktadır. Buna rağmen kimyasal ankrajların tasarımı konusunda Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) sadece TS500 sürtünme kesmesi formülüne atıf yapmakta ve başka tasarım kuralı getirmemektedir. Bu çalışmada ACI318 Ek D'de verilen ankraj kesme dayanımının belirlenmesine yönelik yöntemle, TS500 sürtünme kesmesi formülünün bir karşılaştırılması yapılmıştır. Güçlendirme uygulamalarını da yansıtabilecek bir karşılaştırma amacıyla düşük beton dayanımları tercih edilmiştir. Sonuç olarak ACI318 ile DBYBHY'den atıf verilen TS500 sürtünme kesmesi formüllerinin sonuçları arasında özellikle düşük dayanımlı betonlara ekilen kenara yakın ankrajlarda ciddi farkların bulunduğu görülmüştür. DBYBHY'nin güçlendirme bölümünde ankrajlarla ilgili ciddi bir değişiklik yapılması veya TS500'e sonradan ekilen ankrajlarla ilgili yeni bir bölüm ilave edilmesi yerinde olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kimyasal ankrajlar, Kesme dayanımı, TS500, ACI318

Shear Strength of Retrofit Anchors per ACI318 and TS500

ABSTRACT: Adhesive anchors are widely used for anchors post installed to reinforced concrete. One of the widest application areas of them is seismic retrofit works. Although, they are commonly used in practice, recent Turkish Earthquake Code (TEC) refers to TS500 sliding friction formulae for design. In this study, a comparison of ACI318 (Appendix D) method and TS500 sliding friction formulae was performed in view of design shear capacity of post-installed anchors. This comparison envelopes lower concrete grades, which are the common situation for many retrofit works. Design forces according to both standards have significant differences especially for anchors near to free edge at lower concrete grades. Significant revisions are needed for TEC or a new section about post installed anchors should be implemented into TS500.

Keywords: Adhesive anchors, Shear strength, TS500, ACI318

1. GİRİŞ

Ankrajlar iki farklı yapı elemanının birlikte çalışmasını sağlayan elemanlardır. Betonarme-çelik veya betonarme-betonarme eleman bağlantılarının sağlanması amacıyla sıklıkla uygulanmaktadırlar. Özellikle, son yıllarda güçlendirme uygulamalarında meydana gelen artışa paralel olarak betona sonradan yerleştirilen ankraj uygulamalarında da ciddi bir artış meydana gelmiştir [1]. Bu tür uygulamalarda kimyasal veya mekanik ankrajların kullanımı mümkün olmakla birlikte, ekonomik olması nedeniyle çoğunlukla kimyasal ankrajlar tercih edilmektedir. Bu tür ankrajlar bağlandıkları konuma göre, kesme, çekme veya her ikisine birden zorlanabilmektedir.

Literatürde ankrajlarla ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların önemli bir kısmında

ankrajların çekme kapasitesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmalarda çoğunlukla beton basınç dayanımı 30 MPa'dan daha büyük beton elemanlar kullanılmıştır [2-6]. Beton basınç dayanımının 20 MPa'dan daha düşük olduğu çalışmalar ise sayıca azdır [7-10]. Diğer yandan, ankrajların çekme dayanımı ile ilgili pek çok çalışma olmasına rağmen kesme dayanımı ile ilgili çalışmalar ise daha sınırlı düzeyde kalmıştır [11-13]. Yapılan bu çalışmalarda genellikle kenar mesafesi ve ankraj aralığının kesme dayanımına etkisi araştırılmış ve kesme direncinin kenar mesafesi ile arttığını gözlemlenmiştir. Yapılan çeşitli çalışmalarda PCI [14], ACI349 [15] ve ACI318 [16] (CCD) yöntemlerinin ankraj dayanımının belirlenmesi için başarılı sonuçlar verdiği gösterilmiştir [11, 17, 18]. Bu yöntemlerin dışında ankraj dayanımının yapay zekâ yöntemleri ile belirlenmesi konusunda da çalışmalara rastlanılmaktadır [19].

*Sorumlu Yazar: Özlem ÇALIŞKAN, ozlem.caliskan@bilecik.edu.tr

ACI349 ve 355 [20] komiteleri tarafından derlenen ankraj deneyi veri tabanını değerlendiren araştırmacılar, yüklenme doğrultusundaki beton kenar mesafesinin ankrajların kesme dayanımı üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu gözlemişlerdir.

Bilinen literatürde ankraj kesme kapasitelerinin belirlenmesi için çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte, son yıllarda geçerli olan yaklaşım farklı göçme şekillerine ait kapasitelerin ayrı ayrı bulunarak, en düşük dayanımın ankraj kapasitesi olarak ele alınması şeklindedir. Buna paralel olarak ACI318'de (2008) 2002 versiyonundan sonra önemli bir revizyon yapılarak ankraj çekme ve kesme kapasitelerinin hesabı için beton kapasite tasarımı (CCD) yöntemi benimsenmiştir. Diğer yandan TS500 [21]'de betona sonradan ekilen ankrajlarla ilgili olarak verilen bir hüküm bulunmamasıyla birlikte, 2007 yılında yapılan değişiklikle Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar

Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)'e [22] bir onarım ve güçlendirme bölümü eklenmiştir. Bu bölümde ankraj elemanlarının kesme kapasitesi için TS500'de verilen sürtünme kesmesi formülüne atıf yapılmaktadır. TS500'ün 1984 versiyonundan beri değişmeyen bu formülde sadece donatının kapasitesi dikkate alınmakta, beton hasarı kaynaklı daha zayıf göçme şekilleri ihmal edilmektedir. Diğer taraftan, ankraj çekme kapasitesi için verilen herhangi bir yöntem de bulunmamaktadır. Pek çok uygulamacı da bu boşluk dolayısıyla uygun şekilde ekilen ankrajların yeterli çekme kapasitesine sahip olacağı öngörüsü ile hareket etmektedir. Hâlbuki Türkiye'de güçlendirilen yapılardaki beton dayanımı oldukça düşük ve aynı zamanda ankraj işçiliği de yeterli kalitede değildir. Şekil 1'de gösterilen iki uygulama bu durumu açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Güçlendirilen Bazı Yapılarda Beton Kalitesi ve Ankraj İşçiliği

Bu çalışmada, farklı ankraj derinliği, beton sınıfı ve kenar mesafesine sahip ankrajların kesme dayanımları ACI318 ve TS500 sürtünme kesmesi formülü ile hesaplanarak bir karşılaştırma yapılmıştır. Ankraj tasarım süreci ve uygulamadaki önemli eksikliklerin ve yanlışlıkların giderilebilmesi için öneriler sunulmuştur.

2.MATERYAL ve METOD

2.1. Parametreler

Çalışmada ankraj derinliği, beton dayanımı, ankrajın serbest kenara mesafesi ve ankraj çapı değişken parametrelerdir. Çalışma kapsamında 12 mm ile 24 mm aralığında ankrajların kesme kapasiteleri her iki standart

dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

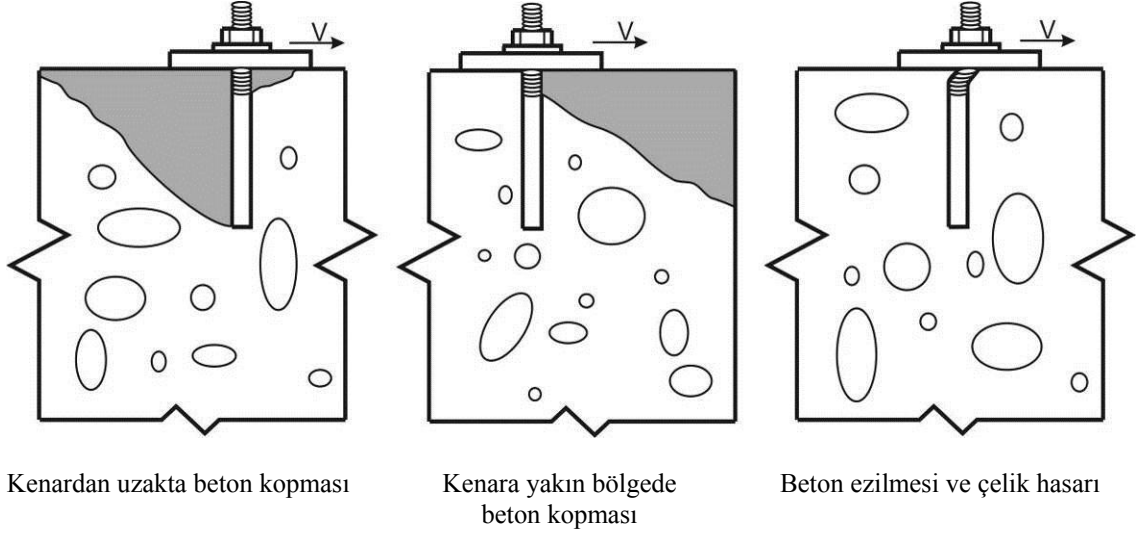
Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Parametreler

Derinlik L	Beton basınç dayanımı C (MPa)	Serbest kenar mesafesi c (mm)	Ankraj çapı d (mm)
10Φ	3	50	12
15Φ	5	100	14
20Φ	8	150	16
	10	200	18
	12		20
	16		22
	20		24
	25		

2.2. ACI318 Yöntemi

ACI318 ankraj kesme kapasitesine erişildiği nihai durum için 3 farklı göçme modu tanımlanmaktadır: çelik kopması, kenara yakın ankrajlarda betonun kopması ve betonun göçmesi. Bu göçme modları Şekil 2'de gösterilmiştir. Ankraj donatısının kenara yakın

olduğu durumlarda, kopma ve göçme kapasitelerinin ankraj kapasitesini belirlediği, kenara uzak ankrajlarda ise donatının dayanımı belirlediği genel olarak ifade edilebilir.



Şekil 2. Kesme Yükleri Altında Ankraj Göçme Şekilleri

Çeliğin kopması durumu dikkate alındığında ankraj dayanımı Denklem 1'e göre hesaplanabilir.

$$V_{sa} = n \cdot A_{se} \cdot f_{uta} \quad (1)$$

Kenara yakın ankrajlarda beton kopmasının olduğu durumda tekil ankraj için Denklem 2,3 grup ankrajlar için Denklem 4,5 ile ilgili kapasite değeri bulunabilmektedir.

$$V_b = 0,6 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0,2} \sqrt{d_0} \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1,5} \quad (2)$$

(tekil ankrajlar için)

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \psi_{ed,v} \psi_{c,v} V_b \quad (3)$$

(tekil ankrajlar için)

$$V_b = 0,7 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0,2} \sqrt{d_0} \sqrt{f'_c} (c_{a1})^{1,5} \quad (4)$$

(grup ankrajlar için)

$$V_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \psi_{ec,v} \psi_{ed,v} \psi_{c,v} V_b \quad (5)$$

(grup ankrajlar için)

Betonun göçmesi için ACI318'in verdiği formül tekil ankrajlar için Denklem 6'da, grup ankrajları için de Denklem 7'de gösterilmiştir. Göçme kapasitesi eksenel yük için verilen betonun kopma kapasitesine bağlı olarak hesaplanabilmektedir.

$$V_{cp} = k_{cp} N_{cb} \quad (6)$$

(tekil ankrajlar için)

$$V_{cpg} = k_{cp} N_{cbg} \quad (7)$$

(grup ankrajlar için)

Burada k_{cp} derinliğe bağlı olan bir katsayı
 $k_{cp}=1.0$ için $h_{ef} < 65$ mm
 $k_{cp}=2.0$ için $h_{ef} \geq 65$ mm

ACI318 yönteminde üç farklı göçme şekli için kapasite hesaplanmakta, en düşük dayanıma sahip göçme şekli dikkate alınarak kapasite belirlenmektedir. Tasarım kesme kuvveti belirlenirken yukarıda açıklandığı şekilde bulunan kesme kapasitesi bir dayanım azaltma katsayısıyla çarpılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Türkiye'deki uygulamalarda ankraj çubuğu olarak yaygın şekilde kullanılan sünek S420a betonarme çelikleri için bu düzeltme katsayısı ACI318'de 0.65 olarak verilmektedir.

2.3. TS500 Yöntemi

TS500'de doğrudan doğruya ankraj kesme kapasitesinin belirlenmesi için bir formülasyon önerilmemiştir. Ancak, DBYBHY (2007) ankraj kesme dayanımının TS500 sürtünme kesmesi formülü ile hesaplanmasını hükme bağlamıştır. Bu yaklaşıma göre, TS500 sürtünme kesmesi formülünün ankraj kesme kapasitesinin belirlenmesi için kullanılması durumunda sadece donatının göçme modu dikkate alınmaktadır. TS500 formülü Denklem 8'de verilmiştir.

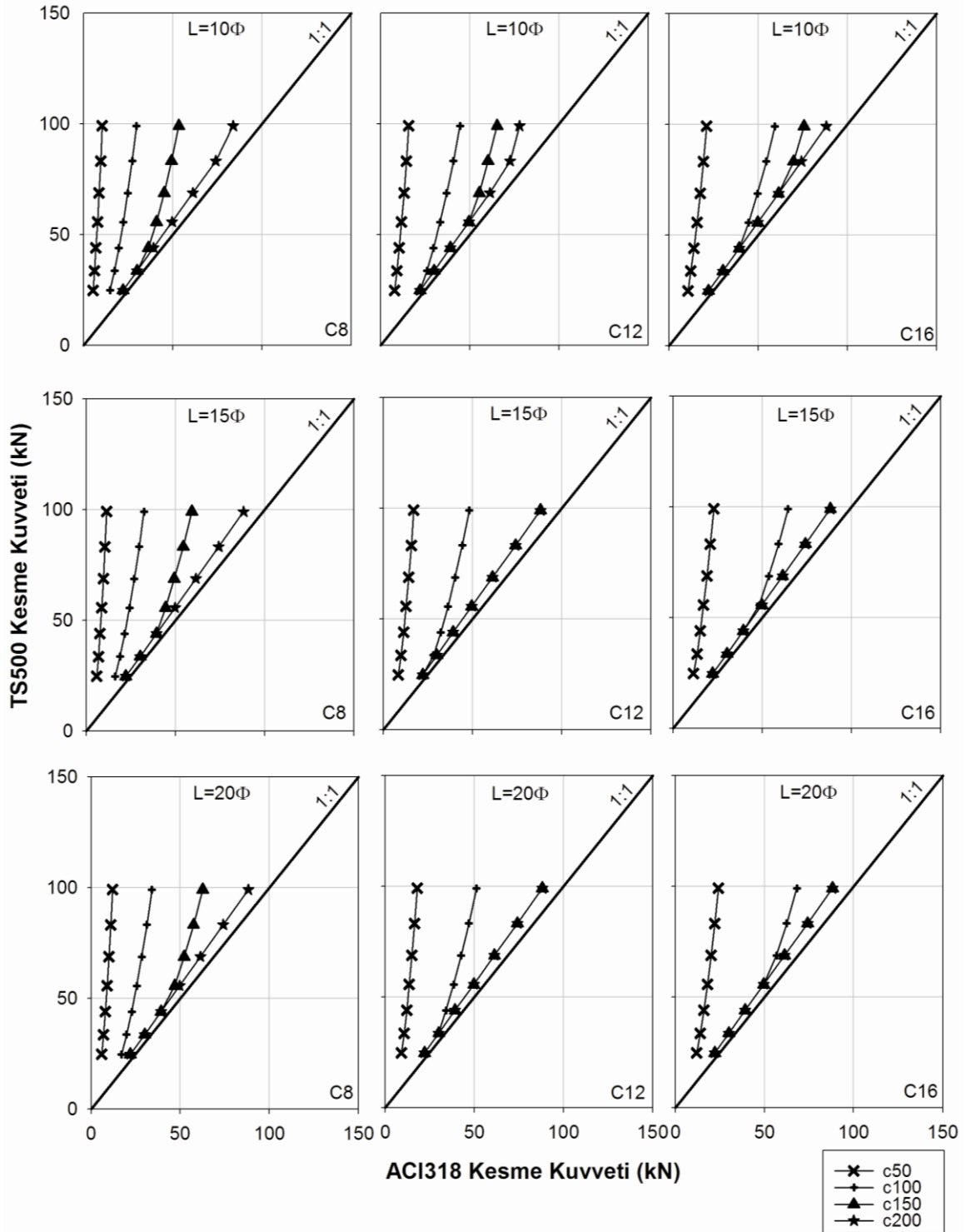
$$V_r = \mu \cdot A_s \cdot f_{yd} \quad (8)$$

TS500 sürtünme katsayısının alabileceği değerleri pürüzsüz, pürüzlü ve birdöküm yüzeyler için sırasıyla 0.6, 1 ve 1.4 olarak vermektedir. Uygulamanın genelinde pürüzsüz yüzey varsayımının geçerli olacağı değerlendirilerek bu çalışmada $\mu=0.6$ değeri kullanılmıştır. Bu değer aynı zamanda TS500'e göre bulunabilecek en düşük kesme dayanımına karşılık gelmektedir.

3. ANKRAJLARIN KESME KAPASİTESİ

Farklı çap, derinlik ve kenar mesafesine sahip ankrajların C8, C12 ve C16 betonlar için TS500 ve ACI318'e göre hesaplanan ankraj tasarım kesme kapasiteleri Şekil 3'te kıyaslanmıştır. Verilen grafiklerde eğriler üzerindeki her nokta farklı çapta bir donatıyı göstermektedir. Ankraj çapları aşağıdan yukarıya doğru sırası ile 12, 14, 16, 18, 20, 22 ve 24 mm dir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi ACI318 dayanımı her durumda TS500 sürtünme kesmesi ile bulunan dayanım değerinden daha küçüktür. Dayanım grubu C8 olan betonlara ekilen ve kenar mesafesi 200 mm olan ankrajlar için TS500 tasarım dayanımı ile ACI318 yöntemine göre belirlenen dayanım değerleri birbirine oldukça yakındır. C12 ve C16 beton sınıfı için değerlendirdiğimizde kenar mesafesi 150 mm ve üzerindeki ankrajlar için TS500 dayanımları ile ACI318 dayanımları birbirine oldukça yakındır. Ancak, bu değerlerde bile büyük çaplı ankrajların dayanımının ACI318'e göre azaldığı görülmektedir. Bu verilere göre beton dayanımının azalması ve donatı çapının artması durumunda, beton hasarını engellemek için serbest kenar uzaklığının da artırılması gerektiği görülmektedir. Serbest kenar uzaklığının sınırlı olduğu durumlarda dayanım artışı sağlamak üzere donatı çapının azaltılması da mümkündür.



Şekil 3. ACI318 – TS500 Tasarım Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

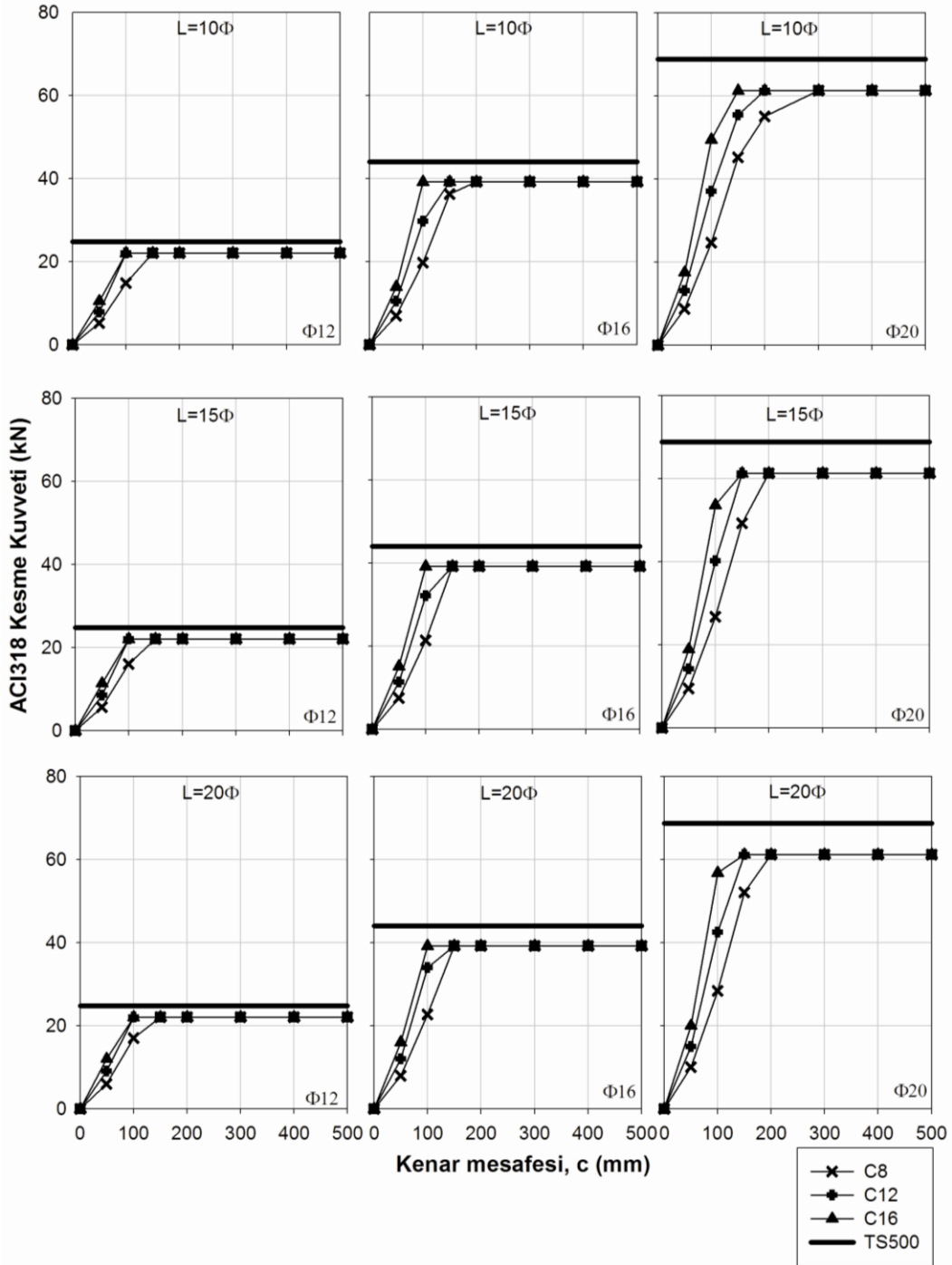
Şekil 4'te değişen kenar mesafelerinde ACI318 ve TS500 değerleri verilmiştir. Bu grafikler üç farklı gömülme derinliği (10Φ, 15Φ ve 20Φ) ve üç farklı donatı çapı (12, 16 ve 20 mm) için verilmiştir. TS500'e göre ankraj çapı değişmediği sürece kesme dayanımı sabit kalmaktadır. Diğer yandan ACI318 yöntemi ile serbest kenara olan uzaklık, beton dayanımı, donatı çapı

ve gömülme derinlikleri kesme dayanımını doğrudan etkilemektedir. Ankrajın kenara yakın olduğu durumda, beton kaynaklı göçme şekilleri dayanımı belirlemektedir. Genel itibarıyla 200 mm ve üzerinde serbest kenar mesafesine sahip ankrajların kapasitesini donatının belirlediği, 100 mm ve altında serbest kenar mesafeleri için beton kapasitesinin etkili olduğu

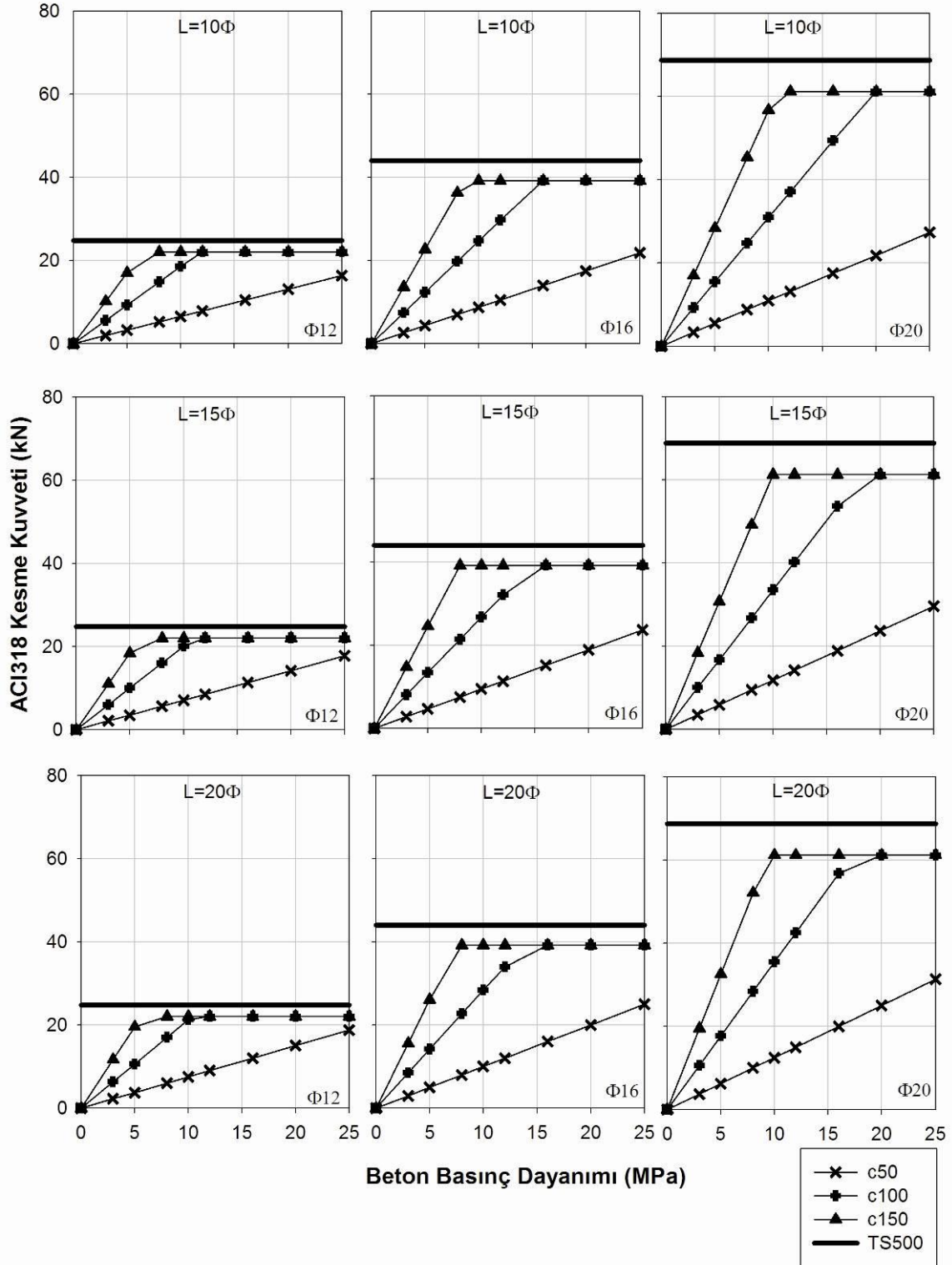
görülmektedir. Bu aralıktaki değerler için beton dayanımı, çap ve derinliğe bağlı olarak bazen donatı bazen de beton hasarı kapasiteyi belirlemektedir.

Beton dayanımının ankraj kapasitesine etkisi donatı çapındaki artışla daha belirgin hale gelmektedir. Ayrıca, gömülme derinliğinin 15 Φ ve 20 Φ olduğu durumlar arasında da önemli bir fark görülmemektedir.

Bu sebeple 15 Φ üzerindeki ankraj derinliklerinin dayanıma bir katkı sağlamayacağı da değerlendirilebilir. Şekil 5'te 25 MPa'dan küçük beton basınç dayanımlarında ACI318 ve TS500 için tasarım ankraj kesme kapasiteleri verilmiştir. Bu grafikler üç farklı gömülme derinliği (10 Φ , 15 Φ ve 20 Φ) ve üç farklı donatı çapı (12, 16 ve 20 mm) için verilmiştir.



Şekil 4. Değişen Kenar Mesafeleri İçin ACI318 – TS500 Tasarım Kesme Kuvvetleri



Şekil 5. Değişen Beton Dayanımları İçin ACI318 – TS500 Tasarım Kesme Kuvvetleri

Kenar mesafesinin 50 mm olduğu durumda beton dayanımı ne olursa olsun, kapasiteyi beton hasarı belirlemektedir. Kenar mesafesinin 100 mm'ye çıkması durumunda Φ12, Φ16 ve Φ20 donatılar için sırasıyla 12 MPa, 16 MPa ve 20 MPa üzerindeki betonlarda donatı dayanımı belirleyicidir. Beton

basınç dayanımının bu sınırların altına düşmesi durumunda donatı hasarı ile göçme elde edilebilmesi için serbest kenar mesafesinin artırılması veya donatı çapının azaltılması gerekmektedir. Serbest kenar mesafesinin 150 mm olması durumunda 10 MPa ve

üzerindeki betonlarda ankraj kapasitesi donatının kapasitesi ile belirlenmektedir.

ACI318 ve TS500 donatı kapasiteleri arasındaki fark düşük düzeyde olsa da hasarın beton kaynaklı olması durumunda büyük kapasite kayıplarının yaşanabileceği görülmektedir. TS500 sürtünme kesmesinin küçük çaplı, kenardan uzak ve 10MPa ve daha büyük dayanıma sahip betonlarda kullanılması ACI318'e göre kabul edilebilir sonuçlar vermekte, bunun dışında ACI318 ile belirlenen kapasitenin oldukça üzerinde dayanım değerleri ortaya çıkmaktadır.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, güçlendirme ankrajlarının tasarımında kullanılan kesme kapasiteleri ACI318 Ek-D ve TS500 sürtünme kesmesi formülü ile hesaplanarak düşük dayanımlı betonlar için karşılaştırılmıştır.

ACI318 yönteminde beton göçme şekillerinin de dikkate alınması dolayısıyla, kenara yakın ve sığ ankrajların dayanımı özellikle beton kalitesi düşükse ciddi oranda azalmaktadır. Ancak, TS500 her durumda sadece donatı göçmesini dikkate aldığından aynı çaptaki donatılar için sabit bir tasarım kesme kuvveti hesaplanmaktadır.

Uygulamada sıklıkla kullanılan $\Phi 20$ mm çaplı donatıların beton sınıfına ve gömülme derinliğine bağlı olarak 300 mm'den daha küçük kenar mesafelerinde beton hasarı ile kapasitelerine erişmeleri olasıdır. Beton basınç dayanımının 10 MPa'dan daha küçük olması durumunda ACI318'e göre beton kaynaklı hasar oluşma ihtimali oldukça yüksektir. Daha genel bir ifade ile beton dayanımı düşük elemanlara ekilen büyük çaplı ve serbest kenara yakın ankrajların TS500 sürtünme kesmesi formülüne göre tasarlanmasının yanıltıcı sonuçlara yol açabileceği görülmüştür.

Uygulamada büyük çaplı ankrajlar, ankraj sayısının azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu durumun sakıncalı sonuçları olabileceği bu çalışma ile görülmüştür. Bu sebeple, ankraj donatıları çapı için bir üst sınır belirlenmesi, serbest kenar uzaklığının sınırlandırılması gereklidir.

Türkiye'de kullanılan ankraj çapları ve mevcut yapıların beton dayanımları dikkate alındığında, DBYBHY'de ankraj kesme kuvveti ile ilgili olarak TS500'e verilen atfın gözden geçirilmesinde ve/veya TS500'e betona sonradan ekilen anrajlarla ilgili hesap ilkeleri konusunda gerekli hükümlerin ilave edilmesi önem taşımaktadır. Bu revizyonda hem kesme hem de çekme etkilerine maruz elemanlar için hesap kuralları verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 107M572 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiş olup, yazarlar TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

REFERANSLAR

- [1] Yılmaz, S. ve Kaplan, H. "Epoksi Ankraj Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gerekli Konular", İMO Denizli Bülten, Sayı: 60, 46-48, 2009.
- [2] Cook, R. A., Collins D. M.i., Klingner R. E. and Polyzois D., "Load-Deflection Behavior of Cast-in-Place and Retrofit Concrete Anchors", ACI Structural Journal, Cilt. 89, No 6. 639-649, 1992.
- [3] McVay, M., Cook, R. A. and Krishnamurthy, K., "Pullout Simulation of Postinstalled Chemically Bonded Anchors", Journal of Structural Engineering, Cilt 122, No 9, 1016-1024, 1996.
- [4] Primavera E. J., Pinelli J. P. and Kalajian E. H., "Tensile Behavior of Cast-in-Place and Undercut Anchors in High-Strength Concrete, ACI Structural Journal, Cilt 94, No 5, 583-594, 1997.
- [5] Fujikake, K., Nakayama J., Sato H., Mindess S. and Ishibashi T., "Chemically Bonded Anchors Subjected to Rapid Pullout Loading", ACI Materials Journal, Cilt100, No 3, 246-252, 2003.
- [6] Zamora N. A., Cook R. A., Konz R. C. and Consolazio G. R., "Behavior and Design of Single, Headed and Unheaded, Grouted Anchors under Tensile Load", ACI Structural Journal, Cilt100, No 2, 222-230, 2003.
- [7] Özkul H., Mutlu M. ve Sağlam A. R., "Beton Ankrajları", Sika Teknik Bülten Sayı 4, 2001.
- [8] Eligehausen, R., Cook, R. A. and Appl, J., "Behavior and Design Adhesive Bonded Anchors", ACI Structural Journal, Cilt 103, No 6, 822-831, 2006.
- [9] Gürbüz, T., Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Kimyasal Ankrajların Eksenel Çekme Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [10] Kaya, Y., Yapıların Güçlendirilmesi Uygulamalarında Kullanılabilecek Kısmi Bağlı Ankraj Detayı ve Yüzey Temizliği Koşulları Altında Ankrajların Eksenel Çekme Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [11] Fuchs, W., Eligehausen, R. and Breen J.E., "Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete", ACI Structural Journal, Cilt 92, No 1, 73-94, 1995.
- [12] Muratli, H., Klingner, R. E. and Graves, H. L., "Breakout Capacity of Anchors in Concrete-Part 2: Shear", ACI Structural Journal, Cilt 101, No 6, 821-829, 2004.
- [13] Özturan, T., Gesoğlu, M., Özel, M. ve Güneyisi, E., "Kimyasal, Harçlı ve Mekanik Ankrajların Çekme ve Kesme Yükleri Altındaki Davranışları", İMO Teknik Dergi, Yazı 208, 2004.
- [14] PCI Design Handbook, 4th Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1992.
- [15] ACI Committee 349, Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures (ACI 349-97),

- American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 1998.
- [16] ACI318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA, 2008.
- [17] Ueda, T., Kitipornchai, S. and Ling, K., "Experimental Investigation of Anchor Bolts under Shear", ASCE Journal of Structural Engineering, Cilt 116, No 4, 910-924, 1990.
- [18] Bickel, T. S. And Shaikh, A. F., "Shear Strength of Adhesive Anchors", PCI Journal, Cilt 47, No 5, 92-101, 2002.
- [19] Alqedra, M. A. and Ashour, A. F., "Prediction of Shear Capacity of Single Anchors Located Near a Concrete Edge using Neural Networks", Computers & Structures, 83, 2495-2502, 2005.
- [20] ACI Committee 355, Evaluating the Performance of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-01), American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2001.
- [21] TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [22] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.