

Kimyasal Ankrajların Kesme Yükleri Altında Maksimum Kapasitesini Etkileyen Parametreler

İffet Feyza ÇIRAK¹, Hasan KAPLAN², Salih YILMAZ³

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta.

²Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli.

³Katip Çelebi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Özet: Son yıllarda kimyasal ankrajlar özellikle güçlendirme uygulamalarında eski ve yeni yapısal elemanların arasındaki yük aktarımını sağlamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Dolayısıyla ankraj tasarımında çekme ve kesme yüklerinin doğru olarak hesaplanması gerekmektedir. Pamukkale Üniversitesi Deprem ve Yapı Teknolojileri Laboratuvarında, mevcut betonarme yapıların güçlendirilmesine yönelik yapılan deneylerin sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme sonuçları regresyon analizine tabi tutulmuş ve doğrusal olmayan ankraj kayma modeli önerilmiştir. Modelin oluşturulmasında kullanılan veriler, değişik dayanım düzeyindeki mevcut yapıları temsil edecek şekilde farklı basınç dayanımına sahip betonarme bloklara farklı çap ve derinlikte ankraj filizleri ekilerek kesme yükleri altında test edilerek elde edilmiştir. Bu çalışmada, ankrajların kesme kapasitesi ile ilgili bazı genellemelerin yapılabilmesi için önerilen ankraj kayma modelinde farklı girdilerle parametrik çalışmalar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kimyasal ankraj, kesme kapasitesi, yük aktarımı

Effective Parameters on Maximum Capacity of Chemical Anchors Under Shear Loads

Abstract: In recent years, chemical anchors are widely used for transferring loads between old and new structural members in strengthening applications. In case, pullout and shear loads must be calculated accurately. Data obtained from the experiments performed in Pamukkale University Earthquake and Construction Technology Research Laboratory for strengthening existing concrete structures and regression analysis is carried out and a anchor shear model was developed. Data used in creating the model is obtained by testing steel bars having different diameters embedded into concrete blocks representing the existing structures having different concrete compressive strength and their shear strength were determined. In this study, a parametric study is carried out with different parameters to generalize about anchor shear capacity.

Keywords: Chemical anchors, shear capacity, load transfer

1. GİRİŞ

Ankrajlar, eski ve yeni yapı elemanların arasındaki yük aktarımını sağlayan birleştirici elemanlardır. Betona sonradan ankre edilen kimyasal ankrajlar planlama, tasarım ve uygulama aşamalarında kullanıcıya büyük esneklik ve avantaj sağlamaktadır (Gürbüz, 2007). Ankrajların deprem sırasındaki davranışı, yapının davranışını doğrudan etkilemektedir

(Peterson vd., 2013). Ancak, bu elemanlar ile ilgili kesin tasarım esasları henüz tam olarak belirlenmemiştir (Bickel, Shaikh, 2002). Ancak, özellikle deprem bölgelerinde ankraj davranışının yapının maruz kaldığı yüklemeye biçimiyle, beton ve çelik malzemelerle doğrudan ilişkili olduğu çok iyi bilinmektedir (Lin vd. 2013).

Ankraj tasarımında, kayma davranışının önemli olduğu bilinmektedir. Ancak, mevcut

literatüre bakıldığında kimyasal ankrajların kesme davranışına yönelik çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Oysa ki özellikle güçlendirme uygulaması yapılmış yapıların performansının, yapıya sonradan ilave edilen elemanlar ile mevcut yapı arasındaki yük aktarımını sağlayan ankrajların performansına bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Pamukkale Üniversitesi Deprem ve Yapı Teknolojileri Laboratuvarında, mevcut betonarme yapıların güçlendirilmesine yönelik bir dizi deneyler yapılmıştır (Çalışkan, 2010; Yılmaz vd. 2010).

Bu deneylerden elde edilen yük-yer değiştirme sonuçları regresyon analizine tabi tutulmuş ve doğrusal olmayan ankraj kayma modeli önerilmiştir (Çırak, 2011). Bu çalışmada, önerilen ankraj kayma modelinde (Çırak, 2011) maksimum kesme kapasitesine değişik parametrelerin etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Birçok Avrupa ülkesinde betonarme bina stokunun çok büyük bir kısmı 40 yaşın üzerindedir (Fabbrocino vd. 2005).

Ülkemizde de durum değişmemektedir. Dolayısıyla, günümüzde mevcut betonarme binaların performans analizi yapıldığında, birçoğunun sismik açıdan yetersiz olduğu görülmektedir. Bu durumda, bazı binaların yıkımı, bazılarının ise onarım veya güçlendirilmesi gerekmektedir.

Güçlendirme uygulamalarında ise, eski ve yeni yapısal elemanlar arasındaki yük aktarımının doğru olarak

gerçekleştirilebilmesi, yapının kapasitesini doğrudan etkileyen bir durumdur (Petersen vd. 2013).

Bu bağlamda, kimyasal ankrajların kesme dayanımı da sıklıkla kullanılan bir ara eleman olması nedeni ile oldukça önemlidir.

Ankraj tasarımında DBYBHY(2007), TS500'de bulunan sürtünme kesmesi formülünü (1) dikkate almaktadır.

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

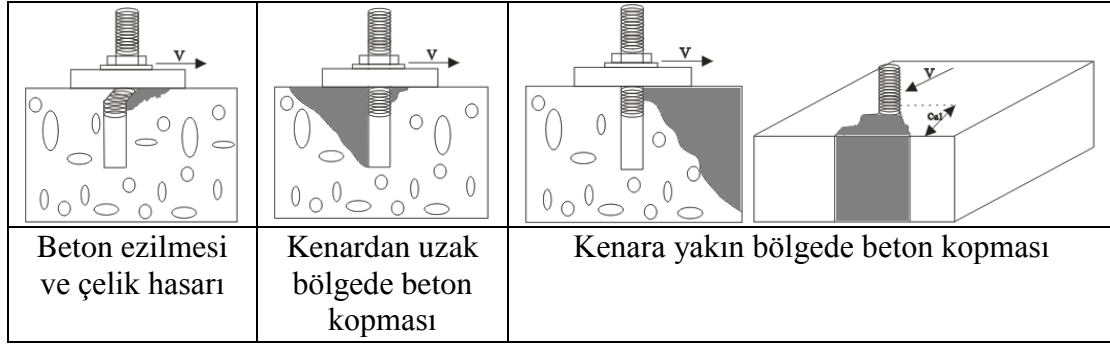
Burada A_{wf} kesme-sürtünme donatısı kesit alanı, f_{yd} boyuna donatı tasarım akma dayanımı olarak ifade edilmiştir. Tablo 1'de TS500'ün μ için sunduğu değerler mevcuttur.

Tablo 1. TS 500'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 | $\mu = 0.7$ |

Bu formüle bakıldığında, beton dayanımının dikkate alınmadığı görülmektedir. Oysa ki ankrajın uygulandığı elemanın beton dayanımı oldukça önemlidir.

ACI 318'de ise, ankrajların kesme kapasitesinin nihai değeri için 3 farklı göçme modu tanımlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. ACI 318 [12]'de 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 [12]'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 aksenal yüklerdir. k_{cp} , ankraj gömme derinliğine (l_e) bağlı katsayıdır. $h_{ef} < 65$ mm olan ankrajlarda, $k_{cp} = 1.0$, $h_{ef} \geq 65$ mm olan ankrajlarda ise, $k_{cp} = 2.0$ olarak dikkate alınır. Kenara yakın bölgede beton kopması ile nihai kesme kapasitesi (V_b) ise;

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

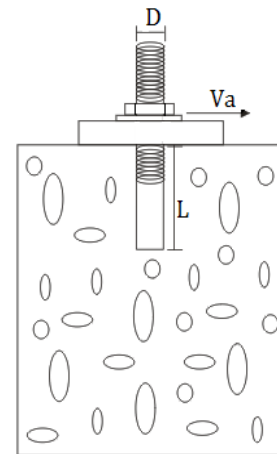
ifadesi ile hesaplanmaktadır. Burada, l_e (mm) etkili ankraj gömme derinliği, d_0 (mm) ankraj donatısının çapı, c_{a1} (mm) kesme yükü

doğrultusunda serbest kenara olan uzaklık, f'_c (MPa) ise, beton basınç dayanımıdır.

Bu çalışmada kullanılan ankraj kayma modeli [7] ise, ankraj çapına (D), ankraj gömme derinliğine (L), beton basınç dayanımına (f'_c) ve donatının akma dayanımına (f_y) bağlı ampirik bir formüldür (6).

$$V_a = 10.44 \cdot (L \cdot D)^{f'_c} + 2 \cdot (D \cdot L \cdot F_y)^{0.5} - 3.55 \cdot L^{0.5} \quad (6)$$

Burada V_a : Ankraj kesme yükü (kN); f'_c : Beton basınç dayanımı (kN/mm^2); f_y : Donatı akma dayanımı (kN/mm^2); D : Ankraj donatısının çapı (mm); L : Ankraj gömme derinliği (mm) olarak ifade edilmiştir.



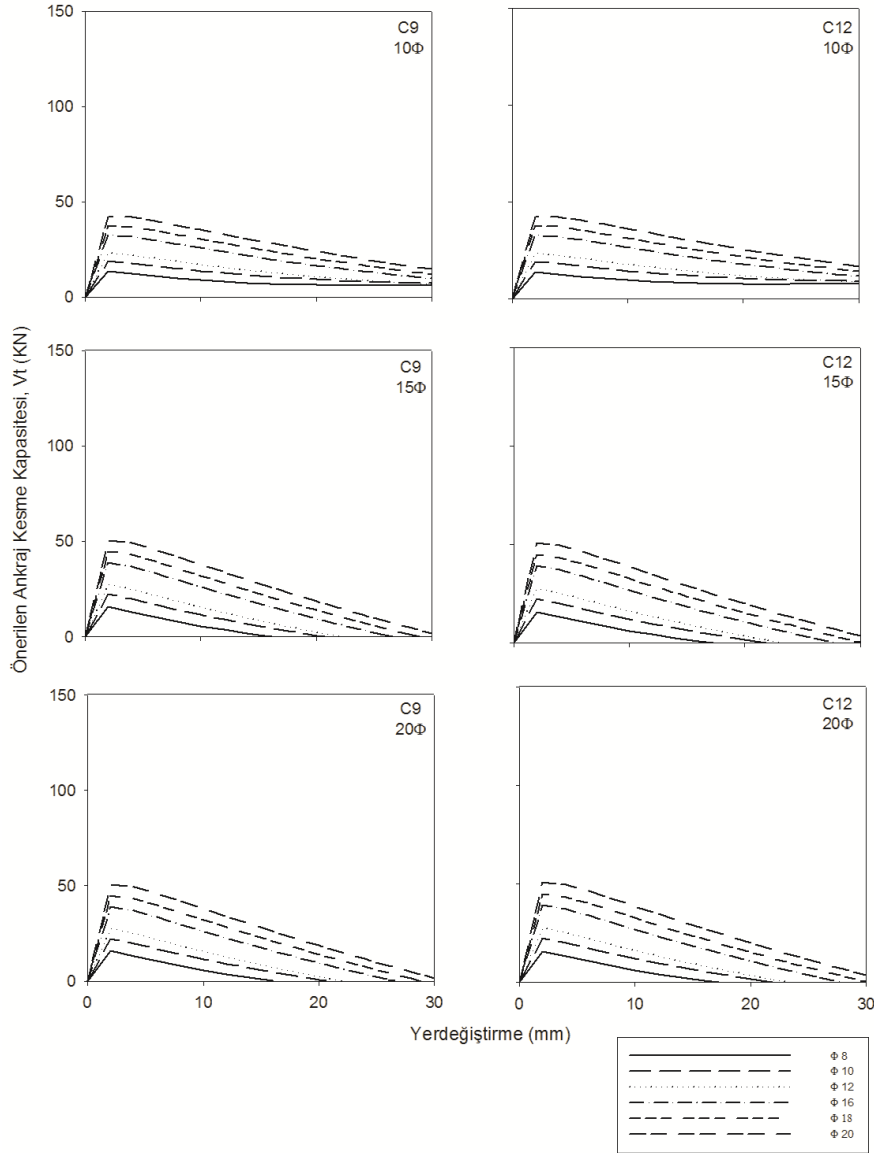
Şekil 2. Önerilen ankraj kayma modelinde (Cırak, 2011) parametreler

2.1. Maksimum kapasite üzerinde farklı parametrelerin etkisi

Ankrajların kesme kapasitesi ile ilgili bazı genellemelerin yapılabilmesi için önerilen

modelde (Çırak, 2011) kullanılan farklı girdiler ile parametrik çalışmalar yapılmıştır.

Şekil 3'de, farklı beton basınç dayanımı değerlerinde 100 mm, 150 mm ve 200 mm gömme derinlikleri için ankraj çapları değişken olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 3. 10 □, 15 □ ve 20 □ derinlik için farklı beton sınıflarında gömme derinliği etkisi

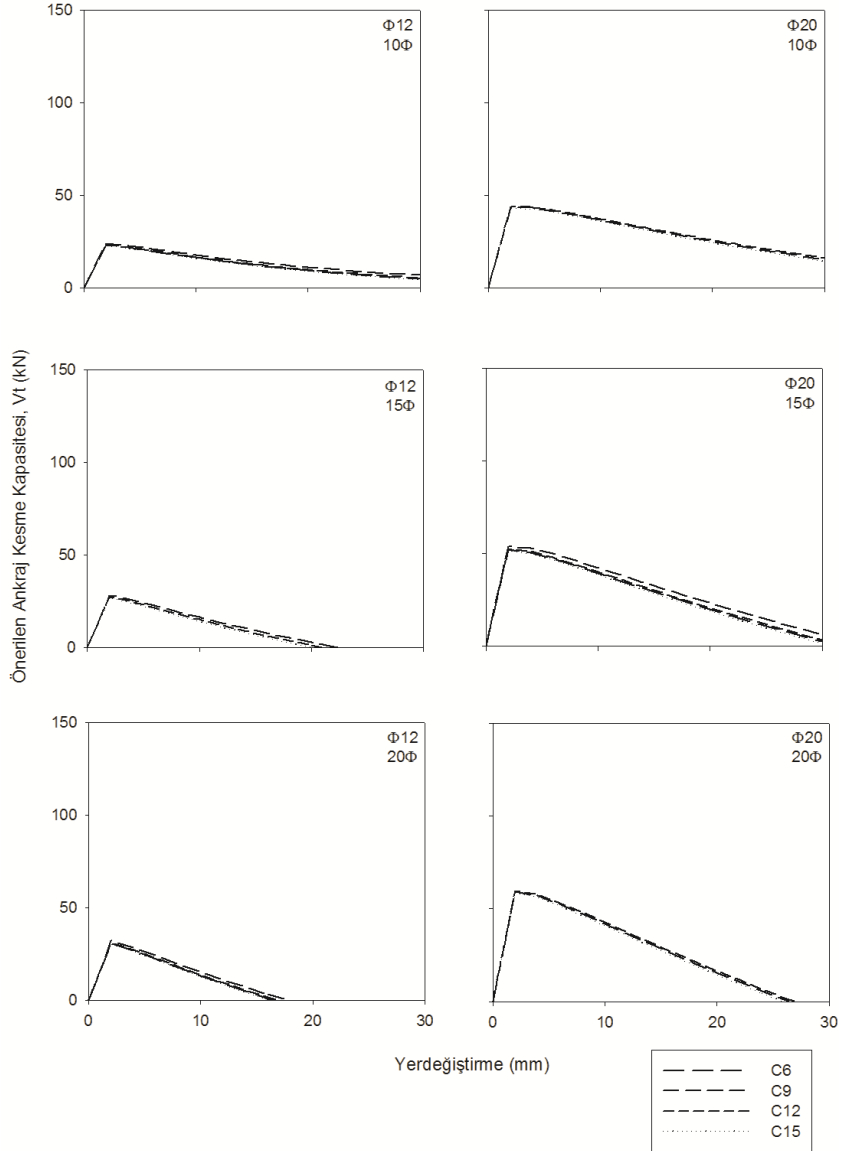
Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında, ankrajların gömme derinliğinin çekme kapasitesini etkileyen en önemli unsurlardan biri olduğu ifade edilmektedir (Sakla vd., 2005). Etkili gömme derinliğinin, beton kesme kapasitesinin üzerindeki etkisinin ise çok küçük olduğu belirtilmiştir (Ashor vd., 2005). Şekil 3'de, önerilen modelde (Çırak, 2011)gömme derinliği, ankraj çapı ve beton

basınç dayanımının farklı kombinasyonlarla ankraj kesme kapasitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Şekiller incelendiğinde, gömme derinliğindeki artışa bağlı olarak ankraj kesme kapasitesinde de bir miktar da olsa artış olduğu görülmektedir.

Şekil 4'de farklı ankraj çapları için beton basınç dayanımı değişken olarak dikkate

alınmış, gömme derinliklerinin ankraj kesme kuvveti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Burada, farklı çaplardaki ankraj donatılarında

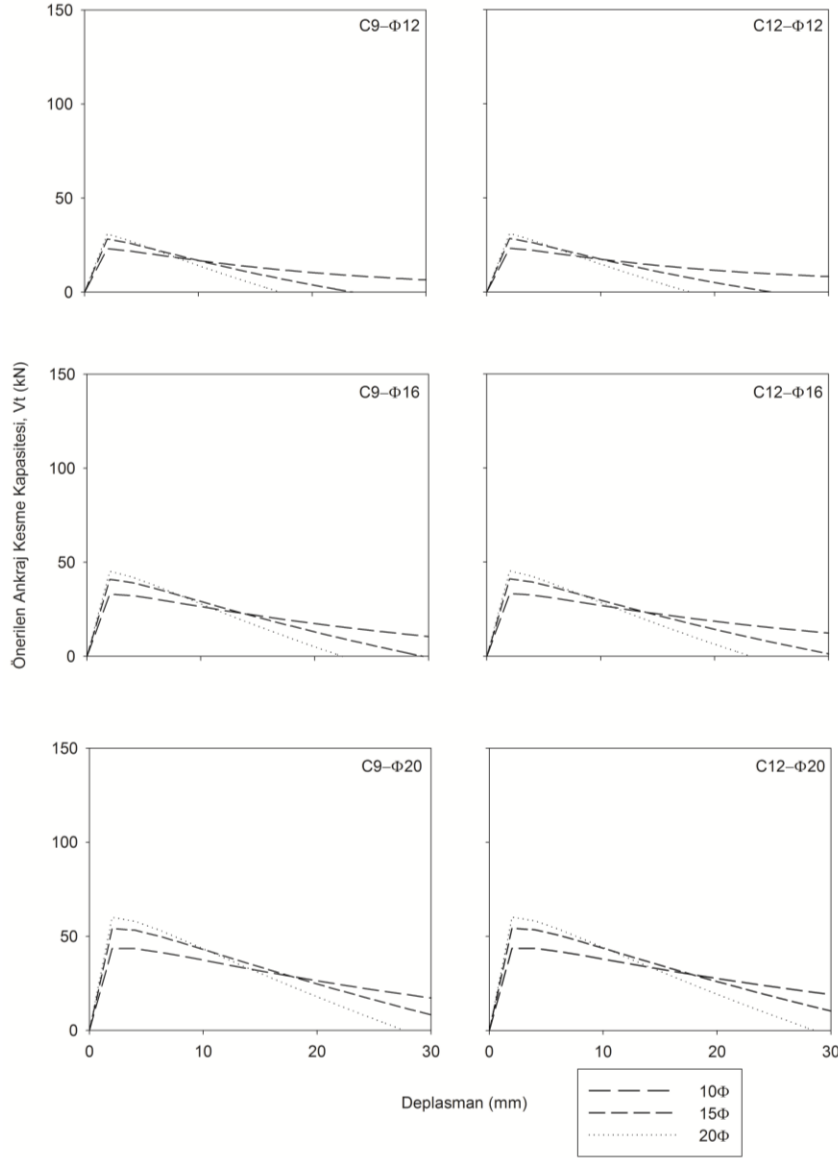
gömme derinliğine bağlı olarak kapasitede bir miktar artış görülmektedir.



Şekil 4. 10 □, 15 □ ve 20 □ derinlik için farklı donatı çaplarında gömme derinliği etkisi

Şekil 5'de ise, farklı beton sınıfları ve ankraj çapları için gömme derinliklerine bağlı olarak kapasite değişimi araştırılmıştır. Burada, aynı çaptaki ankrajlar için beton basınç dayanımındaki artışa bağlı olarak

dayanımın da bir miktar arttığı görülmüştür. Ayrıca, gömme derinlikleri arttıkça, maksimum kapasitede değişim meydana gelmiştir.



Şekil 5. Gömme derinliklerine bağlı olarak farklı beton sınıfları ve ankraj çapları için kapasite değişimi

Bu grafikler incelendiğinde, kesme davranışında kapasiteyi en çok ankraj çapının etkilediği görülmektedir.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, önerilen ankraj kesme modeli (Çırak, 2011) dikkate alınarak parametrik çalışmalar yapılmıştır. Farklı beton sınıfları ve farklı ankraj donatısı çapları için gömme derinliği değişken olarak dikkate alınmış ve bu parametrelerin kapasite üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen grafikler incelendiğinde, ankraj gömme derinliğinin kapasiteyi önemli derecede etkilediği

görülmektedir. Ayrıca, aynı çaptaki ankrajlar için beton basınç dayanımındaki artışa bağlı olarak dayanımın bir miktar arttığı görülmektedir. Oysa ki Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007’de ankraj kesme kapasitesi hesabı için referans olarak alınan TS 500’de bulunan sürtünme kesmesi ($V_r = A_{wf} \cdot f_{yd} \cdot \mu$) ifadesi, gömme derinliği ve beton basınç dayanımını dikkate almamaktadır. Yani, ankrajların çelik hasarı ile kapasiteye ulaştıkları varsayılmaktadır. Dolayısıyla, DBYBHY’de ankraj kesme kapasitesi hesabına yönelik beton dayanımı ve gömme derinliği parametrelerini de içeren, ayrıca

ACI 318’de olduğu gibi kenara yakın ve uzak bölgelerde beton hasarını dikkate alan yeni bir ifadenin yer alması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

T. Gürbüz, Yapıların güçlendirilmesinde kullanılan kimyasal ankrajların eksenel çekme etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2007.

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.

Bickel, T.S., Shaikh, A.F., “Shear Strength of Adhesive Anchors”, *PCI Journal*, 47, 92-102, 2002.

Lin, Z., Zhao, J., Petersen, D., “Failure Analysis of Anchors in Shear under Simulated seismic Loads”, *Engineering failure Analysis*, 31, 59-67, 2013.

Çalışkan, Ö., Mevcut Betonarme Binaların Dış Perde Duvar ile Güçlendirilmesinde Ankraj Uygulamalarının Deneysel Olarak Araştırılması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2010.

Yılmaz S., Çetinkaya, N., Çalışkan, Ö., Çırak, İ. F., Dış Perde Duvar İle Güçlendirme Yönteminde Ankraj Uygulamalarının Deneysel Olarak Araştırılması, TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: 107M572, Denizli, 2010.

Çırak İ.F., Güçlendirme Perdeleri ile Mevcut Yapı Elemanları Arasındaki Kayma Davranışının Modellenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2011.

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.

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.

DBYYHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.

TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1984.

ACI 318[6] –05. Building Code Requirements for Reinforced Concrete. American Concrete Institute, Detroit, USA, 2005.

Sakla, S.S.S., Ashour, A.F., Prediction of tensile capacity of single adhesive anchors using neural networks. *Computers & Structures* 83, 1792-1803, 2005.

Ashour, A.F., Alqedra, M.A., Concrete breakout strength of single anchors in tension using neural networks., *Advances in Engineering Software* 36, 87-97, 2005.