

AYRIŞIK TIP DİSK BAŞLIKLİ ANKRAJLARIN KESME VE ÇEKME DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

F. Keleş^{1*}, S. Diker² ve F. Sütçü³

¹İnş Müh., Afet Yönetimi Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Araş. Gör., İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

³Dr. Öğr. Üys., İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
Email: kelesf19@itu.edu.tr

ÖZET:

Deprem güçlendirmesi uygulamalarındaki zorluklardan biri, mevcut yapı ve güçlendirme için eklenen yeni elemanların bütünlüğünü etkili şekilde sağlayabilecek bağlantı detaylarının tasarımıdır. Mevcut binaların görece düşük beton dayanımı sebebiyle mevcut yapı elemanları ve eklenen yeni elemanlar arasındaki yüksek kesme kuvvetlerini aktarmak için çok sayıda geleneksel ankraj kullanılması gerekir. Ayırışık Tip Disk Başlıklı Ankrajlar deprem kuvvetlerini güvenli bir şekilde aktarmak, kullanılacak ankraj sayısını azaltmak, işçilikten, zamandan, ekonomiden tasarruf etmek ve daha da önemlisi betonun gevrek şekilde ezildiği göçme modunu önlemek için geliştirilmiştir. Ayırışık Tip Disk Başlıklı Ankrajlar bağlantı vidası ve bağımsız bir diskten oluşurlar. Ankrajın disk kısmı mevcut eleman ve yeni eklenecek elemanın ara yüzünde kesme kuvvetini etkili bir şekilde aktaracak biçimde yerleştirilir. Diskin içinden geçen bağlantı vidası ise mevcut ve yeni eklenen elemanlar arasındaki bağlantıyı sağlar. Bu çalışmada, 12 MPa ve 20 MPa arasında değişen basınç dayanımına sahip beton bloklar içerisine iki farklı ekme derinliği ile eklenen Ayırışık Disk Başlıklı Ankrajların kesme davranışlarını incelemek için bir dizi kesme deneyi yapılmıştır. Test sonuçları, Ayırışık Tip Disk Başlıklı Ankrajların ilgili kılavuzlara göre belirlenen tasarım kesme kuvveti seviyelerini aştığını göstermektedir. Ayrıca Disk Başlıklı Ankrajların yüksek malzeme dayanımı ve büyük kesme kuvveti aktarım yüzeyi sayesinde, maksimum kesme dayanımlarına ulaştıktan sonra dahi önemli miktarda deformasyon yaptıkları gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: deneysel çalışma, kesme deneyleri, disk ankraj, deprem güçlendirmesi

EXPERIMENTAL WORKS ON SHEAR AND PULL-OUT BEHAVIOR OF SEPARATED DISC ANCHORS

ABSTRACT:

One of the challenges in seismic retrofit applications is the design of the connection detail that ensures the integrity of existing structure and the members added for retrofit. Due to the low concrete strength of existing buildings large number of conventional anchors must be used to efficiently transfer shear forces between existing structure and the added members. Separated Disc Anchors which are developed to safely transfer seismic forces, can reduce the number of anchors, save labor time, provide economy and more importantly prevent the failure mode in which the concrete is crushed and collapsed in a brittle way. Separated Disc Anchors consist of connecting bolt and an individual disc. In application, Disc part is installed to remain on the interface of connecting members. The connection bolt passing through the disc ensures the bond between existing&new member. In this study, a set of pure shear experiments was conducted to observe the behavior of the Disc Anchors with two different embedment depth in concrete grades ranging between 12MPa to 20 MPa compressive strength. The test results show that, disc anchors exceeded the design shear force levels determined according to relevant guidelines. Moreover, disc anchors experienced a significant deformation after reaching maximum strength with a slight decrease in shear capacity due to their greater material quality and shear transfer surface.

KEYWORDS: experimental works, shear tests, disc anchors, seismic retrofit

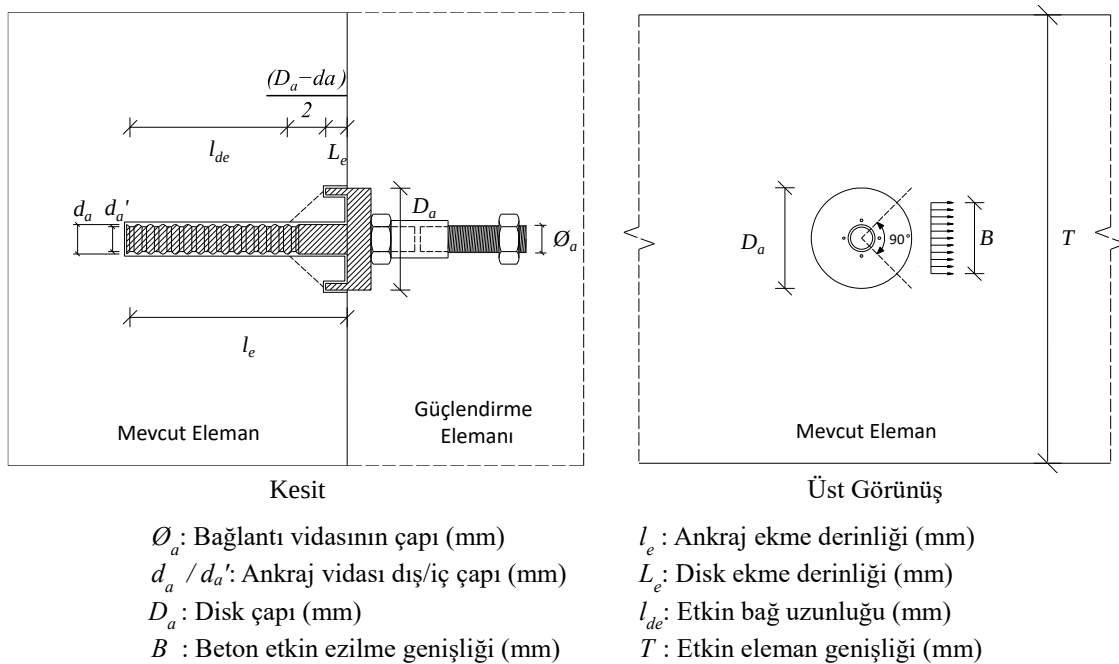
1. GİRİŞ

Geleneksel ankrajlar yeni yapıların inşasında veya mevcut yapıların güçlendirmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ankrajlar yeni bir yapıda, monolitik olmayan elemanların entegrasyonu için kullanılırken, güçlendirme uygulamalarında yapısal sistemin genel davranışını iyileştirmek amacıyla güçlendirme elemanlarını mevcut yapı ile bütünleştirmek için kullanılırlar. Mevcut yapı stokundaki binalar genellikle yönetmelikte öngörülen değere göre düşük beton dayanımına sahiptir ve güçlendirme elemanı ile mevcut eleman arasında kesme kuvveti aktarımının gerektirdiği dayanımı sağlayamazlar. Ayrıca, gevrek kesme kırılması, güçlendirmenin bir sonucu olarak beklenen sünek davranışı engeller. Bu koşullar altında, nispeten yeni bir araştırma konusu olan ankrajların sismik performansının incelenmesi kritik hale gelmektedir.

Çeşitli ankraj tipleri ve geleneksel ankrajlar için daha gerçekçi tasarım yöntemleri ve prensipleri, Cook v.d. (1992,1993), tarafından çalışılmıştır. Fuchs v.d. (1995) ve Lotze v.d. (2001), ankrajların kesme ve çekme davranışlarını statik olarak araştırmışlardır. Daha sonra, Shirvani v.d. (2004) ve Muratlı v.d (2003), dinamik ve statik yüklere maruz kalan ankrajları incelemiş ve her bir göçme modu için tasarım yöntemleri geliştirmişlerdir. Eligehausen v.d. (2006), çekme yüklemesine maruz kalan kimyasal ankrajlar için bir tasarım modeli geliştirmiştir. Düşük dayanımlı beton üzerine yaptıkları çalışmada Çalışkan v.d. (2013), bağ tipine, ekme derinliğine ve çapına göre değişen ankrajların kesme dayanımını araştırmışlardır. Epackachi v.d. (2015), birleşik çekme ve kesme yüklerine maruz kalan kimyasal ankrajların davranışlarını incelemişlerdir.

Geleneksel ankraj uygulamalarında betonun ezilmesi ile gevrek bir şekilde gerçekleşen göçme, beton ezilmesinin daha kontrollü bir hale getirilmesiyle önlenabilir ve güçlendirme ile yapıya kazandırılması beklenen sünek davranış elde edilebilir böylece ankrajlı bağlantının sismik performansı artırılabilir.

Şekil 1’de detayları görülen Ayrışık Tip Disk Ankraj, bir ankraj cıvatası ve güçlendirme elemanı ile mevcut yapı elemanın bağlantı ara yüzüne yerleştirilen bağımsız bir diskten oluşur. Ankraj cıvatasının mevcut elemanın içerisine ekilen kısmı disk dışına kadar uzamakta ve burada yeni eklenecek güçlendirme elemanı içinde kalacak olan bağlantı vidasına bir manşon ile birleştirilmektedir. Yenilikçi bir ankraj türü olan Ayrışık Tip Disk Ankrajlarda, ankrajın birleşim ara yüzünde kesilerek kopması Disk ile zorlaştırılmış ve bu tür ankrajların kesme dayanımını belirleyen esas etken olan betonun ezilmesi de arttırılmış kesme kuvveti aktarım yüzeyi sayesinde daha kontrollü bir hale getirilmiştir.



Şekil 1. Ayrışık Tip Disk Ankraj.

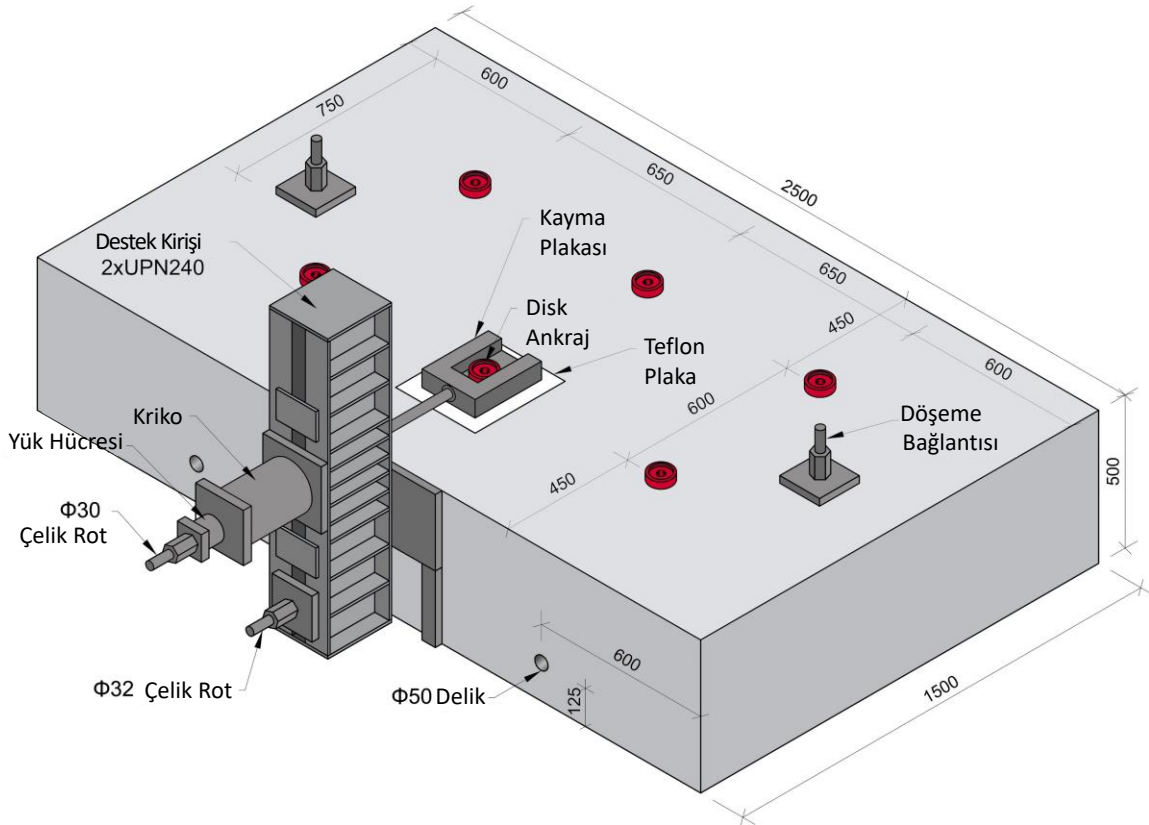
Bu çalışmada Japonya’da geliştirilmiş yeni nesil bir ankraj olan Ayrışık Tip Disk Ankrajların, basınç dayanımı 12-20MPa arasında değişen betonlardaki, kesme davranışını incelemek için 192mm ve 264 mm ekilen ankrajlara bir dizi saf kesme deneyi yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Ayrışık Tip Disk Ankrajların saf kesme yüklemesi altında davranışını incelemek için mevcut beton bloklara kimyasal yapıştırıcı ile ekilen disk ankrajlar üzerinde bir dizi kesme deneyi yapılmıştır.

2.1. Numuneler

Her biri 2.500 mm uzunluğunda, 1.500 mm genişliğinde ve 500 mm yüksekliğinde beton bloklar hazırlanmış ve pürüzsüz bir ankraj uygulama yüzeyi için her bir beton blok ters çevrilmiştir. Ters çevrilen her bloka altı adet ankraj ekilmiştir (Şekil 2). Kullanılan deney değişkenleri, beton basınç dayanımı (12MPa, 16MPa ve 20 MPa) ve ekme boyudur (160 mm ve 192 mm).



Şekil 2. Kesme deneyi deney düzeneği.

Her özgün ankraj numunesinden 3 adet test edilmiştir. Ankraj numunelerinin adlandırılmasında, kullanılan sayılar, ortalama beton mukavemetini, ekme derinliğini ve numune numarasını gösterir. Tablo 1’de, test gününde ortalama beton dayanımı dahil olmak üzere test edilen numunelerle ilgili ayrıntılar sunulmaktadır.

Tablo 1. Deney numunelerinin detayları.

Sayı	Numune Adı	Beton Dayanımı σ_B [N/mm ²]	$\varnothing_a$ Bağlantı Vidası Çapı (mm)	d_a Ankraj Vidası Çapı (mm)
1	DA-S-C12-192-1	11.54	22	26
2	DA-S-C12-192-2			
3	DA-S-C12-192-3			
4	DA-S-C12-264-1			
5	DA-S-C12-264-2			
6	DA-S-C12-264-3			
7	DA-S-C16-192-1	16.57		
8	DA-S-C16-192-2			
9	DA-S-C16-192-3			
10	DA-S-C16-264-1			
11	DA-S-C16-264-2			
12	DA-S-C16-264-3			
13	DA-S-C20-192-1	19.68		
14	DA-S-C20-192-2			
15	DA-S-C20-192-3			
16	DA-S-C20-264-1			
17	DA-S-C20-264-2			
18	DA-S-C20-264-3			

2.2. Kesme deneyi

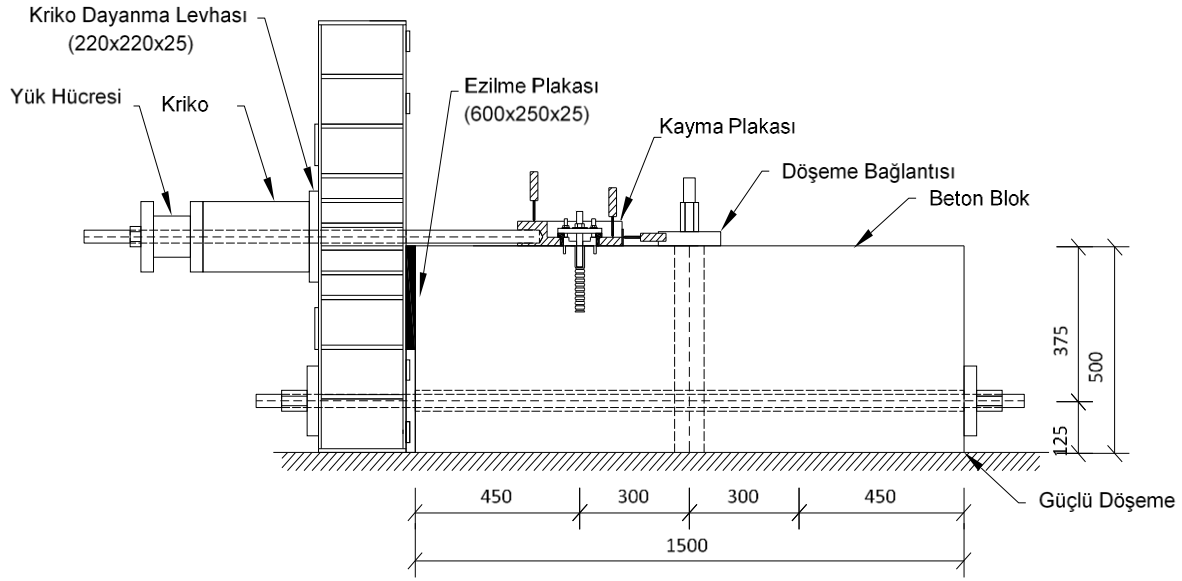
Bu çalışmada kesme yüklemesi altında, kesme kuvveti-deformasyonu ilişkisi araştırılmıştır. Kesme deneyleri muhtemel bir deprem etkisi altında, mevcut yapı elemanı ve yeni eklenen eleman arasındaki bağlantıyı sağlayan disk ankraj üzerinde oluşabilecek kesme etkilerini temsil etmektedir.

2.2.1 Deney düzeneği

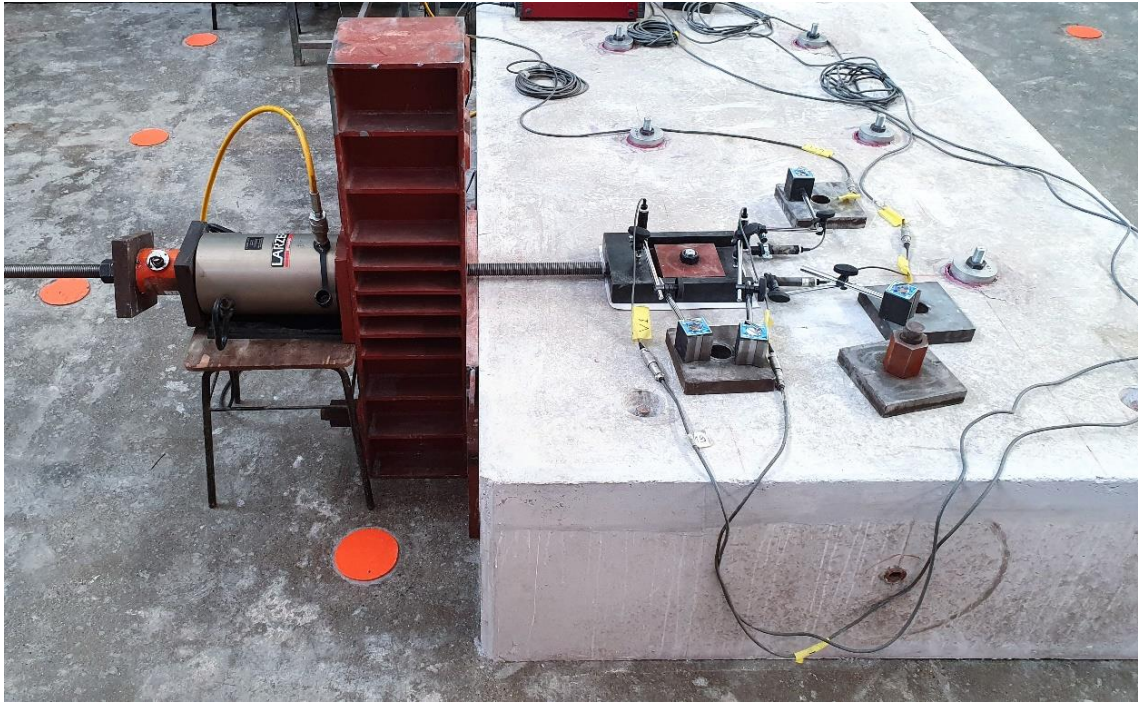
Kesme deneyi düzeneği Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmektedir. Yükleme düzeni, kesme kuvveti altında kesme deformasyonunu gözlemlemek ve ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Öncelikle döşeme bağlantı çubukları üzerine ardgerme uygulanarak beton blok sağlam döşemeye sıkıca mesnetlenmiştir. İkinci olarak, kayma plakasına bağlanan çubuğun (çelik rot) eksenini ile ezilme plakası arasındaki hafif eksantriklik nedeniyle destek kirişinin olası dönmesine karşı koymak için ek bir stabilite önlemi alınmıştır. Destek kirişinin yüksek kuvvetteki yükleme durumlarında dönmesini önlemek için, destek kirişinden ve beton bloktan geçecek şekilde yükleme yönüne paralel olarak ilave bir ardgermeli çubuk ile kiriş beton bloka sabitlenmiştir. Son olarak destek kirişi ile beton blok arasında kenar kırılmasını engelleyecek şekilde 25 mm kalınlığında çelik levha (ezilme plakası) yerleştirilmiştir

Kayma plakası, beton yüzeyi üzerinde kalan diskin tüm yüzeyine temas ederek, boşluk kalmayacak bir biçimde diski kavraması için tasarlanmıştır ve kayma plakasının dönmesini önlemek için disk ankraja ilave bir plaka ile vidalanmıştır. Ek olarak, kayma plakası ile beton yüzeyi arasında sürtünmeyi mümkün olduğunca ortadan kaldırmak için kayma plakasının altına 1 mm kalınlığında bir teflon levha yerleştirilmiştir (Şekil 5).

Ankrajlara kesme kuvveti uygulayabilmek için kayma plakasına 30mm çapında yüksek mukavemetli bir çelik çubuk takılarak destek kirişine mesnetlenen 600 kN kapasiteli bir merkezi delikli hidrolik kriko vasıtasıyla tek yönlü yükleme uygulanmıştır. Tasarlanan kesme deneyi düzeneği sayesinde, kesme plakası aracılığıyla ankrajlara yalnızca kesme kuvveti aktarılmıştır. Tasarlanan yükleme düzeneği, mevcut bir yapıya yeni betonarme veya çelik elemanların eklenerek depreme karşı güçlendirilmesi için kullanılan bir disk ankraj üzerinde meydana gelebilecek etkileri büyük bir benzerlikle temsil etmektedir.



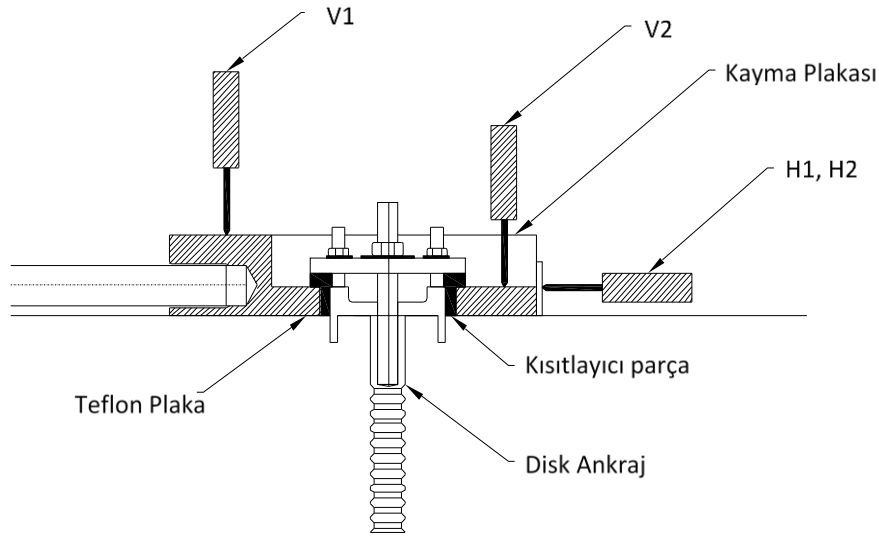
Şekil 3. Kesme deneyi düzeneği kesiti.



Şekil 4. Kesme deneyi ve ölçüm düzeneği fotoğrafı.

2.2.2 Ölçüm düzeneği

Ankraj kesme deneyleri sırasında uygulanan kuvvet ve kuvvet doğrultusundaki deplasman ölçülmüştür. Yatay deplasman kayma plakasına bağlı iki LVDT ile kaydedilmiştir (H1 ve H2) ve deney sonucunda kuvvet-deplasman grafikleri oluşturulmuştur. Değerlendirmede iki LVDT'den okunan sonuçların ortalaması kullanılmıştır. Kesme kuvveti ise, hidrolik krikoya seri olarak yerleştirilmiş bir merkez delikli yük hücresi ile ölçülmüştür (Şekil 5). Ayrıca kayma plakasındaki muhtemel dönme miktarının tespiti için iki LVDT daha kullanılmıştır (V1 ve V2)



Şekil 5. Ankraj kesme deneyi ölçüm düzeneği, kesit görünüşü.

2.3. Disk ankraj hesap dayanımı

Japonya Bina Afet Önleme Derneği (JBDPA) tarafından yayınlanan “Technical Manual for Seismic Evaluation and Seismic Retrofit of Existing Reinforced Concrete Buildings” (2001) kılavuzuna göre ankrajların kesme kapasitesi kriteri 2 mm deplasmandaki kesme kuvvetine karşılık gelir. Disk Ankrajın 2mm yer değiştirmesine karşılık gelen kesme dayanımı Q_{Da} , beton ezilmesi sınır durumu için Denklem 1 ve Denklem 2 ile hesaplanır. Bu bölümde verilen denklemler ile hesaplanan hesap kesme kuvvetleri deneysel olarak elde edilen ankraj dayanımları ile kıyaslanacaktır. Denklem 1 incelendiğinde disk ankrajların hesap kesme dayanımının, ankraj ekme derinliğinin, ankraj ile beton yüzeyi arasındaki etkin kesme alanının ve beton basınç dayanımının bir fonksiyonu olduğu görülmektedir.

$$Q_{Da} = \alpha \cdot \kappa \cdot B \cdot L_e \cdot (T/B)^{0.63} \cdot 8\sigma_B^{0.5} \quad (1)$$

$$\alpha = \min \left\{ 0.9 ; 0.9 \left(\frac{\sigma_B}{22.5} + 0.2 \right) \right\}, \quad \kappa = \frac{d_a \sqrt{l_e - L_e}}{285}, \quad T/B \leq 10 \quad (2)$$

Burada;

- α : Dayanım azaltma katsayısı.
- l_e : Ankraj ekme derinliği (mm).
- B : (=63.6 mm) Beton etkin ezilme genişliği= $(D_a) \times \cos 45^\circ$.
- κ : Ankraj vidası çapı ve ankraj derinliğine bağlı ampirik bir değerdir.
- L_e : Disk ekme derinliği (19mm).
- T : Etkin eleman genişliği (≤ 600 mm).
- σ_B : Mevcut çerçevenin beton basınç dayanımı (N/mm²).
- d_a : Ankraj vidası çapı (26mm).

2.4. Deney sonuçları

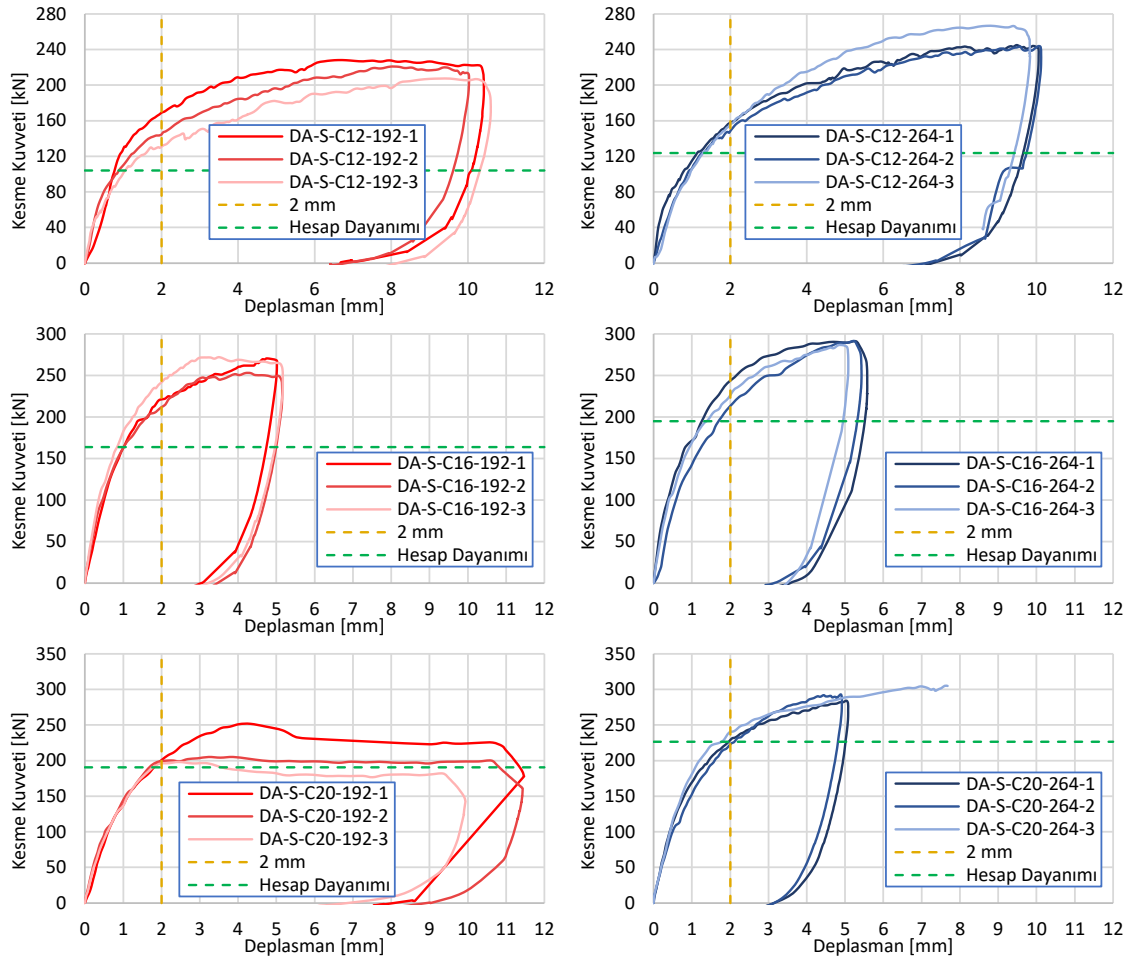
Disk ankrajların kesme deneyleri, yer değiştirme kontrollü bir yükleme ile 10mm deplasmana kadar planlanmıştır. Bazı deneylerde deney düzeneğinin kuvvet kapasitesine ulaşıldığı düşünülerek güvenlik amaçlı olarak 5mm deplasmana kadar yükleme yapılmıştır.

Şekil 6’da kesme kuvveti uygulanan yönü ve kesme deneyi sonrası numunelerin tipik göçme durumları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, disk başlık nedeniyle beton ezilmesi konvansiyonel ankrajlara kıyasla daha geniş bir alanda gözlemlenmektedir.

Şekil 7, deney yapılan her numunenin kesme deneyi sonucu elde edilen kesme kuvveti-deplasman ilişkisini bloklara ve beton dayanımlarına göre ayrı ayrı göstermektedir. Şekil 7’de bir önceki bölümde elde edilen kesme hesap dayanımı seviyeleri yeşil renkli kesikli çizgilerle ve ankrajların kesme dayanımına ulaştığı kabul edilen 2mm seviyesi ise sarı renkli kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Kesme testlerinde sınır değere çok yakın olan DA-S-C20-264-2 numunesi hariç tüm numunelerin 2 mm yer değiştirme seviyesinde hesap kesme dayanımını aştığı gözlemlenmiştir. Kesme deneyleri sırasında ölçülen deplasman yaklaşık 2 mm’ye ulaştığında numunelerin maksimum dayanımlarının büyük bir kısmına ulaştığı anlaşılmıştır. Bu durum Disk Ankrajlar için kesme kuvveti-deplasman arasındaki ilişkinin belirleyici özelliklerinden biridir.



Şekil 6. Kesme deneyi sonrası tipik göçme modu.

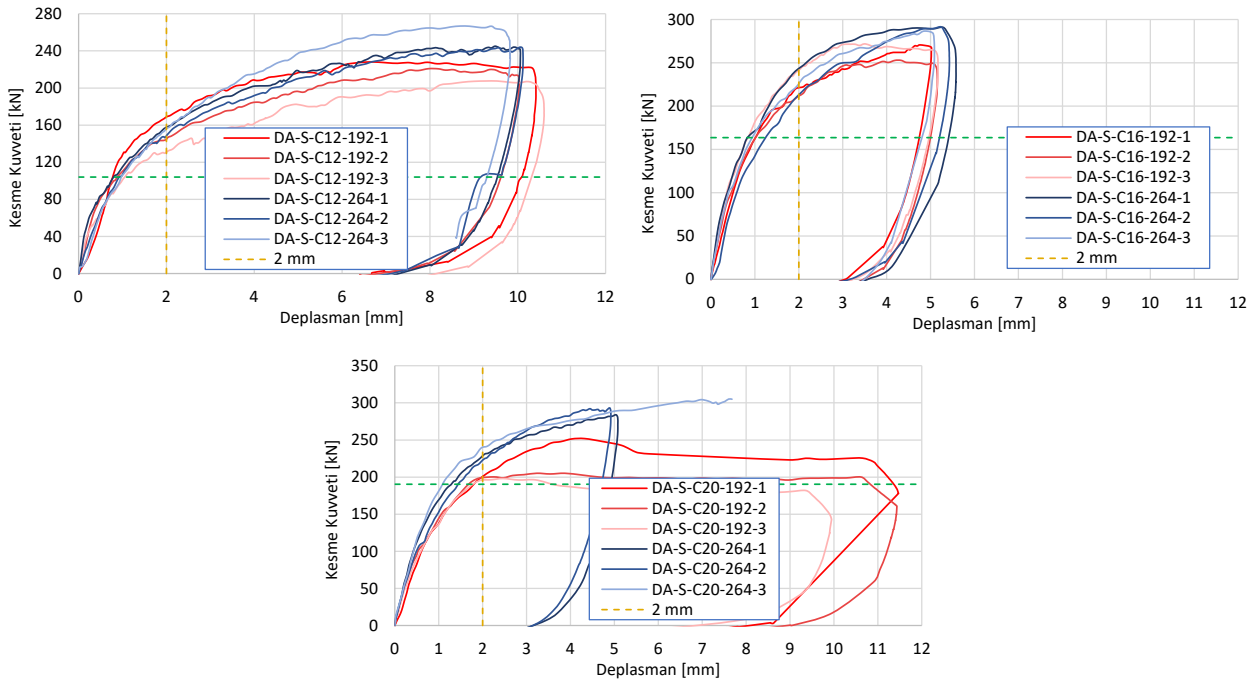


Şekil 7. Kesme kuvveti-deplasman ilişkisi.

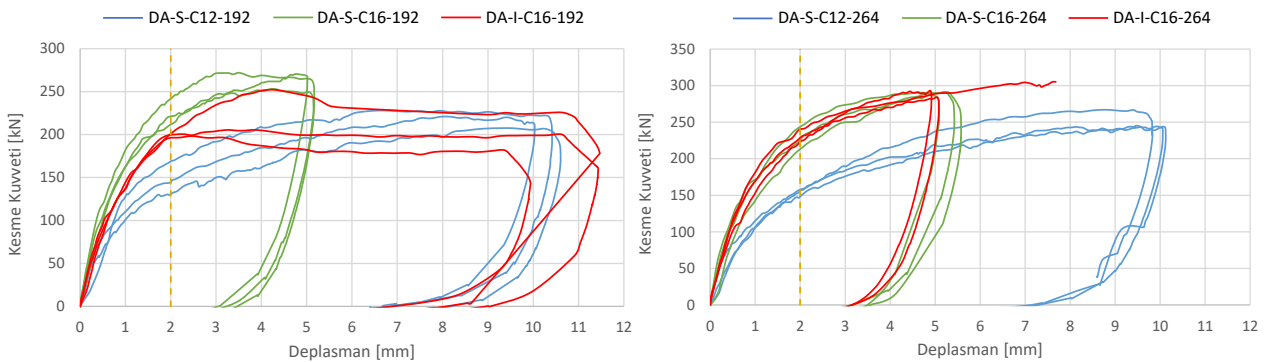
Şekil 8, kesme deneyi sonuçlarını ekme derinliği açısından (192mm ve 264mm) karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Şekil incelendiğinde, ekme derinliğinin kesme kapasitesini veya kesme rijitliğini büyük ölçüde etkilemediği, ancak 2 mm kesme deformasyonu aşıldıktan sonra, daha büyük ekme derinliğine sahip ankrajlarda kesme kuvvetinin artmaya devam ettiği görülmektedir.

Şekil 9, farklı beton sınıfları açısından kesme deneylerinin sonuçlarını karşılaştırmalı olarak göstermekte olup beklenildiği gibi beton mukavemetinin ankraj kesme dayanımı üzerinde etkili olduğu açıkça görülmektedir.

Tüm deney sonuçlarının özeti Tablo 2’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 8. Disk Ankrajların ekme derinliği açısından karşılaştırmalı kesme kuvveti-deplasman ilişkisi.



Şekil 9. Disk Ankrajların beton basınç dayanımı açısından karşılaştırmalı kesme kuvveti-deplasman ilişkisi.

Tablo 2. Deney sonuçlarının ve hesap dayanımlarının karşılaştırması.

Sayı	Numune Adı	Hesap Kesme Dayanımı Q_{Da} [kN]	Kesme Deneyi Sonucu Q_{deney} @2mm [kN]	$\frac{Q_{deney}}{Q_{Da}}$
1	DA-S-C12-192-1	103.99	168.82	1.62
2	DA-S-C12-192-2		145.05	1.39
3	DA-S-C12-192-3		130.88	1.26
4	DA-S-C12-264-1	123.75	157.49	1.27
5	DA-S-C12-264-2		148.23	1.20
6	DA-S-C12-264-3		156.32	1.26
7	DA-S-C16-192-1	163.68	221.20	1.35
8	DA-S-C16-192-2		211.83	1.29
9	DA-S-C16-192-3		241.69	1.48
10	DA-S-C16-264-1	194.78	243.67	1.25
11	DA-S-C16-264-2		212.98	1.09
12	DA-S-C16-264-3		226.07	1.16
13	DA-S-C20-192-1	190.49	200.71	1.05
14	DA-S-C20-192-2		199.24	1.05
15	DA-S-C20-192-3		196.05	1.03
16	DA-S-C20-264-1	226.69	228.58	1.01
17	DA-S-C20-264-2		222.60	0.98
18	DA-S-C20-264-3		239.74	1.06

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Ayrışık Tip Disk Ankrajların kesme kapasiteleri deneysel olarak incelenmiştir. Üç farklı düşük dayanımlı beton bloklara, iki farklı ekme derinliği ile ekilen disk ankrajların davranışını araştırmak için bir dizi kesme deneyi yapılmıştır ve sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kesme deneylerinde, hesaba esas deplasman limiti olarak kabul edilen 2 mm deplasmanda numuneler hesap dayanımını aşmıştır ve göçmeye kadar devam eden deneylerde göçme mekanizması beton ezilmesi şeklinde gerçekleşmiştir.
- Kesme deneyleri sırasında ölçülen deplasman yaklaşık 2 mm'ye ulaştığında numunelerin maksimum dayanımlarının büyük bir kısmına ulaştığı anlaşılmıştır. Bu durum Disk Ankrajlar için kesme kuvveti-deplasman arasındaki ilişkinin belirleyici özelliklerinden biridir.
- Artan beton mukavemetine bağlı olarak Disk Ankrajların kesme dayanımı önemli ölçüde değişmektedir.
- Ekme derinliğinin kesme kapasitesi üzerinde gözle görülür bir etkiye sebep olmadığı tespit edilmiş fakat ekme derinliğinin artmasıyla, sınır deformasyon olan 2mm'den sonra dahi, dayanımın artarak ilerlediği tespit edilmiştir.
- Konvansiyonel ankrajlarla karşılaştırıldığında Disk Ankrajların sünek bir kesme performansı gösterdiği ve ayrıca yüksek kesme kuvvetlerinin güvenle aktarımı için gerekli ankraj adedini azaltarak imalat süresini ve maliyetini azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

4. TEŞEKKÜR

Bu araştırma projesinin mali desteği için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK, Proje no: 218M557), deney numunelerinin temini ve hazırlanması için verdiği desteklerden ötürü Maeda Corporation-Japonya, GKMC İnşaat ve Danışmanlık A.Ş. ve beton blokların imalatındaki yardımlarından dolayı Emek Prefabrik'e teşekkür ederiz.

Bütün deneyler İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Mühendisliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden ötürü laboratuvar personellerine ve araştırma görevlilerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Caliskan O., Yilmaz S., Kaplan H., Kirac N., (2013) Shear Strength of Epoxy Anchors Embedded Into Low Strength Concrete. *Construction and Building Materials*, 38: 723-730. (İngilizce)
- Cook R. A., Collins D. M., Klingner R.E., Polyzos D. (1992) Load-deflection Behavior of Cast-in-place and Retrofit Concrete Anchors. *ACI Structural Journal*, 89(6): 639-649. (İngilizce)
- Cook R.A., Doerr G.T., Klingner R.E., (1993) Bond Stress Model for Design of Adhesive Anchors. *ACI Structural Journal*, 90(5): 514-524. (İngilizce)
- Eligehausen, R., Cook, R. A., Appl J., (2006) Behavior and Design of Adhesive Bonded Anchors. *ACI Structural Journal*, 103(6): 822–831. (İngilizce)
- Epackachi S., Esmaili O., Mirghaderi R.S., Behbahani T.A.A. (2015) Behavior of Adhesive Bonded Anchors Under Tension and Shear Loads. *Journal of Constructional Steel Research*, 114: 269-280. (İngilizce)
- Fuchs W., Eligehausen R., John E.B., (1995) Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete. *ACI Structural Journal*, 92(1): 73-94. (İngilizce)
- Lotze D., Klingner R.E., Graves L. H., (2001) Static Behavior of Anchors Under Combinations of Tension and Shear Loading. *ACI Structural Journal*, 98(4): 9-26. (İngilizce)
- MaSTER FRAME Retrofit Method: Design and Construction Guidelines (2012) Maeda Corporation, Japan. (İngilizce)
- Muratli H., Klinger R.E., Graves L.H. (2004) Breakout Capacity of Anchors in Concrete Part 2: Shear. *ACI Structural Journal*, 101(6): 821-829. (İngilizce)
- Shirvani M., Klinger R.E., Graves L. H., (2004) Breakout Capacity of Anchors in Concrete Part 1: Tension. *ACI Structural Journal*, 101(6): 812-820. (İngilizce)
- Technical Manual for Seismic Evaluation and Seismic Retrofit of Existing Reinforced Concrete Buildings. (2001) The Japan Building Disaster Prevention Association, Japan. (İngilizce)