

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONA ANKRAJLANMIŞ ÇELİK BULONLARIN KESME
PERFORMANSININ DENEYSEL İTME-KESME TESTİ İLE
BELİRLENMESİ

ZÜLFİYE ARIÖZ

OCAK 2021

İnşaat Anabilim Dalında Zülfiye ARIÖZ tarafından hazırlanan BETONA ANKRAJLANMIŞ ÇELİK BULONLARIN KESME PERFORMANSININ DENEYSEL İTME-KESME TESTİ İLE BELİRLENMESİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Orhan DOĞAN

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç.Dr. Orhan DOĞAN

Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof.Dr. İlhami DEMİR _____

Üye : Doç.Dr. Baki ÖZTÜRK _____

Üye (Danışman) : Doç.Dr. Orhan DOĞAN _____

...../...../.....

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Recep ÇALIN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

BETONA ANKRAJLANMIŞ ÇELİK BULONLARIN KESME PERFORMANSININ DENEYSEL İTME-KESME TESTİ İLE BELİRLENMESİ

ARIÖZ, Zülfiye

T.C. Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman Doç.Dr. Orhan DOĞAN

OCAK 2021, 75 Sayfa

Genel olarak betonarme yapılarda büyük gerilmeler kolon-kiriş birleşim bölgelerinde meydana geldiği bilinmektedir. Yapım aşamasında kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki etriyelerin sıklaştırılmaması ve betonun iyi yerleştirilememesi nedeniyle, mevcut yapıların büyük çoğunluğunda olası depremde mafsallaşma ve erken göçmeler çerçevenin en zayıf halkası olan bu bölgelerde gözlenmektedir.

Eğilme momentine bağlı en büyük gerilmelerin betonarme (RFC) yapıların kolon-kiriş bağlantı alanlarında meydana geldiği bilinmektedir. Mevcut betonarme binalarda başarısızlık genellikle yetersiz etriye sıklaştırması ve betonun inşaat aşamasında yanlış yerleştirilmesi nedeniyle kolon-kiriş birleşim alanlarında meydana gelmektedir. Bu nedenle, kolon-kiriş bağlantı alanlarının ve yetersiz yük taşıma kapasitesine sahip yapısal elemanların güçlendirilmesi gerekmektedir.

Betonarme yapısının depreme karşı güçlendirilmesi, yapısal elemanların taşıma kapasitesinin çeşitli yöntemlerle yeterli taşıma gücüne yükseltilmesiyle mümkündür. Kolon ve kirişlerin betonarme ile kaplanması, mevcut duvarların perde duvarlarla değiştirilmesi ve mevcut yapı elemanlarının lifli polimerler, çelik saclar ve yapısal çelik profiller kullanılarak kaplanması yaygın olarak kullanılan genel güçlendirme yöntemleridir. Bahsedilen tüm bu yöntemler binanın yapısal ve yapısal olmayan

elemanlarında hasara neden olabilir, binanın toplam ağırlığını artırabilir, bina sakinlerini rahatsız edebilir, uzun zaman alabilir ve yüksek maliyet gerektirebilir.

Bu çalışmada, betonarme ve yığma yapıların farklılaştırılmasında düzlem ek perde duvarları veya çelik etriyelerin eklenmesi ile itme-kesme testi kullanılarak ankraj derinliği ve beton mukavemetine bağlı olarak çelik ankraj bulonların kesme performansının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, çeşitli beton mukavemetleri ve ankraj derinliklerine sahip 15x15x15 cm küp numuneler hazırlanmış ve itme testi kullanılarak kesme performansları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çelik Profillerle Güçlendirme, Deprem, Çelik Dübel, Ankraj Derinliği, Ankraj Bulonlarının Kesme Performansı

ABSTRACT

AN EXPERIMENTAL STUDY ON DETERMINATION OF SHEAR PERFORMANCE OF ANCHOR BOLTS BY PUSH-SHEAR TEST

ARIÖZ, Zülfiye

T.C. Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry, Ph. D. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan DOĞAN

January 2021, 75 pages

In general, in the reinforced concrete structures, the big stresses are the options in the column-beam junction areas. The fact that the majority of existing structures are articulated and early migrations in the possible earthquake,

In the colors where reinforced concrete (RFC) structures occur in column-beam connection. In existing reinforced concrete buildings, it occurs due to insufficient stirrup condensation due to previous failure and column-beam joining due to incorrect placement of concrete during the construction phase. This connection, column-beam connection areas and structural elements with insufficient load carrying capacity should be reinforced.

Strengthening the RFC structure against earthquakes is possible by increasing the bearing capacity of structural members to sufficient bearing capacity by various methods. Common reinforcement methods are covering the beams and columns with reinforced concrete, replacing existing walls with curtain walls, and covering existing building elements using fibrous polymers, steel sheets and structural steel profiles. All these methods mentioned can cause damage to the structural and non-structural elements of the building, increase the total weight of the building, disturb residents, take a long time and require high costs.

In this study, it is aimed to determine the shear performance of steel anchor bolts depending on the anchor depth and concrete strength by using plane additional

curtain walls or steel brackets in the differentiation of reinforced concrete and masonry structures. common reinforcement methods. For this purpose, 15x15x15 cm cube samples with various concrete strengths and anchorage depths were prepared and cutting performances were determined by using a push test.

Key Words: Strengthening with steel profiles, earthquake, steel anchor bolts, anchorage depth, shear performance of anchor bolts



TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması ve deneysel çalışmalarım aşamasında sabırla yardım ve desteğini esirgemeyen öğrencisi olmaktan onur ve gurur duyduğum saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Orhan DOĞAN'a, yardımlarını esirgemeyen Öğr.Gör. Melek AKGÜL'e ve Arş.Gör. Orhan Gazi ODACIOĞLU' na ve her zaman yanımda olan canım aileme teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konunun Tanımı.....	3
1.2 Konunun Amacı.....	3
1.3 Konuya ilişkin önceki çalışmalar.....	4
1.4 Yöntem ve Materyal	8
2. DEPREM ETKİSİ İLE SÜNEKLİLİK TEORİLERİ VE YAPILARDA ANKRAJLANMIŞ ÇELİK BULONLARIN DAVRANIŞLARI.....	10
2.1 Kod 1997 ve Türk Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018 Göre Düzgün Betonarme Yapılar için Sismik Tasarım Gereksinim Teorileri; ve Süneklilik	12
2.1.1 Süneklilik Temelli Modellemelerde Tasarım Kriterleri	20
2.1.2 Betonarme Yapılar İçin Sismik Tasarım	28
2.1.3 Hasar Türleri ; Yapısal ve Yapısal Olmayan Hasarların Kontrolü.....	32
2.2 Deprem Yükleme Testleri’nde Kolon ve Kirişlerde Kullanılacak Çelik Bulon ve Ankrajın Önemi	33
3. ANKRAJLI BULONLARIN DEPREM ETKİSİNE KARŞI GÜÇLENDİRİLMESİ TASARIMI VE UYGULAMA DENEYLERİ.....	36
3.1 Çeliğin Betona Ankrajı için Kullanılan Geleneksel Yaklaşımlar	39
3.2 Önerilen Tasarım Yaklaşımı Arka planı	40
3.3 Önerilen Tasarım Yaklaşımının Ölçülmesi	44
4. DENEY DÜZENEKLERİNİN HAZIRLANMASI	47

4.1	Deney Düzeneğinin ve Numunelerin Hazırlanması	47
4.2	Deneyin Amacı	52
4.3	Deneyin Yapılması	53
4.4	Deney Sonucunda Elde Edilen Bulgular	56
4.5	Deney Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirilmesi	61
4.6.	Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	62
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
	KAYNAKLAR.....	65
	ÖZGEÇMİŞ	75



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. Deprem Düzeyleri Çizelgesi(TBDY-2018).....	19
4.1. İtme-Kesme Testine Tabi Tutulan Deney Numune Özellikleri.....	49
4.2. 10 Ton Kapasiteli Hidrolik Pres Ölçüleri.....	51
4.3. Küp Numune Schmidt Çekici R Okumaları ve Özellikleri	56
4.4. İtme-Kesme Testine Tabi Tutulan Deney Numune Çiftlerinin Özellikleri ve Ankraj Derinlikleri	58
4.5. Ankraj Dübelleri Denklem Modeli.....	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1.Kiriş Salınım Mekanizması	13
2.2 Kolon Salınım Mekanizması	13
2.3 1999 Gölcük Merkez üstlü Depremde İstanbul'daki Binalarda Oluşan Göçük (BBC Türkiye,1999).	20
2.4 Erzincan 1992 depremine ait bir görsel , (Fotoğraf: Fahrettin Şener) Kolon ve kiriş bağlantıları zayıf binadaki hasar (Atabey,2000)	23
2.5 Akış Şeması Çerçeve Elemanlarının Boyutlandırılmasında ve Detaylandırılmasında Adımlar ve Karşılıklı Bağımlılıkların Belirlenmesine Etki Eden Parametreler	27
3.1 Ankrajın Sıkıştırılması Sırasında Oluşan Hatalar ve Hata Düzeltmeleri.....	37
3.2 Ankraj Pabuçlarının Yerleşim Direktiflerinin Uygulanması.....	38
3.3 ASD Prosedürü Şeması	40
3.4 Test parametresi - Yüksek Döngü Yükleme Örneği Nedeniyle Statik Dayanımın Ömrünün Azalması	42
3.5 Teorik ve Deneysel Olarak Malzemenin Yorulma Ömrünün Belirlenmesi Eurocode 4 (26 Test Parametresi İle).	43
3.6 A Tipi Yorulma Kırığı Alanı ve Düşük Statik Güç Arasındaki İlişki – B Tipi Yüksek Döngü Yüklemesinden Sonra Süneklik	44
3.7 Ankraj Dübeli Hesaplarında Yerleşim Hatası Nedeniyle Kenara Yakın Bir Alanda Meydana Gelen Beton Kopması.....	46
3.8 Hatalı Ankraj Dübeli Yerleşim Hesaplamasıyla Orta Alan Beton Yüzeyi Göçmesi ve Ankraj Ezilmesi	46
4.1. Küp Numune Resimleri	47
4.2.Mekanik Ankraj Yöntemi Uygulanan Ø10'luk Ankraj Bulonları.....	48
4.3. Kullanılan Schmidt Çekici	56
4.4. On Ton Kapasiteli Hidrolik Yağ Pompalı Kriko ve Çerçevesi	51
4.5 Deney Sırasında Hidrolik pres kullanımı	52
4.6.Donatılı ve Donatısız Küp Modellemesi	56

4.7.U150 Çelik Profil	564
4.8.Numunelerin Hidrolik Prese Yüklenmesi	564
4.9. Deney Düzeneği Deney Numunelerinin Yerleşim Düzeni ve Göçme Şekli A Tipi Çatlak Kırılması	56
4.10. Eşleştirilmiş Numunelerde Meydana Gelen Beton Kırılması Deformasyonu...	56
4.11. Yüke Bağlı Çatlak Kırılması ve Konik Göçme	58
4.12.Ankraj Derinliğine (L_{ad}) Bağlı Donatılı ve Donatısız Numuneler İçin İki Dübeline Maksimum İtme-Kesme Kuvveti (F_{max})	60
4.13. Beton Dayanımı (f_{ck})'ya Bağlı Donatısız Numuneler İçin İki Dübeline Maksimum İtme-Kesme Kuvveti -(F_{max})	61



SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER DİZİNİ

γ_F	Faya yakınlık katsayısı
L_F	Fay düzlemine olan mesafenin km cinsinden ifade edildiği değer
$\square_m$	Maksimum yapı deformasyonu
δ_μ	Yapı elemanlarının nihai deformasyonu
P_y	Yapı elemanları akma dayanımı
dE_h	Mukavemet sırasında eleman tarafından emilen deprem enerjisini
$\int$	Model sabit parametresini
$P_{f_c, m}$	Betonun deformasyon dayanımı
$P_{f_s, m}$	Ankrajın saplanma gücü
F_c	Silindir basınç dayanımı
E_{cm}	Silindirlerin sekant esneklik modülü
d	Bulon çapı
f_u	Kesme sapının çekme dayanımı
P_{max}	Tepe yükü
P_u	0 noktasındaki statik direnç

KISALTMALAR DİZİNİ

TBDY-2018	2018 yılında son hali yayımlanan Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliği
IBC-97	International Building Code-97
BYS	Bina Yükseklik Sınıfları

DGT	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	Dayanımlı Taşıyıcı Sistemler
LRFD	Çelik Yapılarda Kullanılan Tasarım Felsefeleri. Yük ve Mukavemet Çarpanına Göre Tasarım Kriterlerinin Çalışıldığı Şartname
ASD	Emniyetli Dayanıma Göre Tasarım. Tasarım Felsefelerine Göre Çelik Elemanların Tasarımı ve İnşası
ANSI/AISC	Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım ve İnşa Yönetmeliği
EN 1992-1-1	Beton Yapıların Tasarımı Yönetmeliği. (Eurocode 2)



1. GİRİŞ

Bir malzemeye yük uygulamak ve bu uygulanan yükün malzemede mevcut şekli değiştirmesi ile olan ilişkiye mukavemet denilmektedir ve kuvvetin cinsine göre malzemede oluşan şekil değişimleri mukavemet değeri üzerinden tanımlanmaktadır. Malzemeye uygulanan kuvvetler, çekme, kesme ve basma kuvvetleri olabilir. Elastik davranış, kuvvet uygulandığında yapılan şekil değiştirmenin tamamının ilk haline geri dönmesi ve kalıcı şekle sahip olmamasıdır. Elasto-plastik davranış ise elastik davranışın tam tersidir. Yani malzemede kalıcı şekil değişikliği oluşmaktadır. Bu elasto- plastik davranış ekonomik tasarımlar için gerekli görülmektedir. Süneklik, elemanın plastik şekil değiştirme, taşıyıcı sistemin ise yer değiştirme yapabilme özelliğidir. Yani deprem esnasında açığa çıkan enerjinin absorbe edilebilmesi kapasitesidir. Örneğin rijid özelliğe sahip bir binanın enerjiyi daha az absorbe etmesi yapının, yapıda hasar oluşmasına neden olacaktır. Deprem etkisinde, önemli olan yapının yeterli miktarda yer değiştirme kapasitesine olanak verilerek, enerjinin absorbe edilebilmesini sağlamaktır. Bu da süneklik özelliği sayesinde olabilecektir. Süneklik katsayısı, maksimum ötelemenin, akma anındaki ötelemeye oranıdır. Her malzemede bu oran değişmektedir. Sünek malzeme şekil değiştirme yapabilen malzemelerdir. Depremlerde oluşan hasarların en büyük nedeni, taşıyıcı sistem sünekliğinin yeterli düzeyde olmamasıdır [1].

Yapının dayanımda azalma veya kararsız denge hali oluşmaksızın, deprem (doğal afet) sırasında transfer olan enerjinin büyük bir kısmını, elastik olmayan davranış ve şekil değişimlerle yutma yeteneği ‘süneklik’ olarak tanımlanmakta bu tanım yapı malzemelerinde kullanılmaktadır [2].

Araştırmalar da 5 tip süneklik kullanılmaktadır. Bunlar:

- Enerji Sünekliği
- Eleman sünekliği
- Yapı sünekliği
- Malzeme sünekliği

- Eğrilik sünekliği [3].

Güçlendirme, bir inşanın ya da taşıyıcı malzemelerden birkaçının, ağırlık taşıma kapasitesini; şeklini koruyan cisimlerin, sabitleştirilmesini, sünekliğini veya bu unsurlardan bazılarının hasar almadan önceki durumuna göre üst düzeyde olması amacıyla yer değişikliği kabiliyetinin iyileştirilmesini sağlayabilmektir [4].

Betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi ile ilgili birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler, yapının mevcut deprem performansına göre sistem davranışının iyileştirilmesi veya belirli elemanlar düzeyinde güçlendirme şeklinde uygulanmaktadır. Sistemin tamamını kapsayan güçlendirme yöntemlerinde, yapıya yanal yükleri taşıyacak yeni rijit elemanlar eklenir ya da mevcut yapıya enerji sönümleyici sistemler eklenerek, yanal yüklerin tamamının yapıya aktarılması engellenmektedir. Taşıyıcı sistemin eleman düzeyinde güçlendirilmesi; betonarme ile mantolanması, enine ve boyuna çelik lamalar eklenmesi, lifli polimer malzeme ile tamamen sarılarak mantolanması şeklindedir. Bu yöntemlerin uygulanabilmesi için genellikle yapı iç alanına müdahale edilmesi gerektiğinden binanın boşaltılması gerekmektedir. Ayrıca bu yöntemler bina taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarında tahribatlara yol açmakta, yapı ağırlığını artırmakta, bina sakinlerine ve çevreye rahatsızlık vermekte, uzun zaman ve yüksek maliyet gerekmektedir.

Binaların dıştan çelik çaprazlarla güçlendirilmesi yöntemi, diğer güçlendirme yöntemlerine göre daha kolay uygulanabilen, ekonomik ve hızlı tamamlanabilen, yapının boşaltılmasını gerektirmeden uygulanabilen bir yöntem olması nedeniyle mevcut binaların güçlendirilmesi için tercih edilebilir bir yöntemdir. Bu yöntem uygulanırken, mevcut binaya bağlantısı yapılacak güçlendirme elemanının seçilmesi ve bağlantı detayının doğru şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Uygulanacak güçlendirme sisteminin mevcut bina elemanlarına yapılacak bağlantı ankrajlarının çap ve derinliğine bağlı olarak kesme kapasitesi belirlenirken, ankrajların çelik levha kısmında ezilme ve makaslama güvenlik kuvvetini aşmamasının yanında, betonda da ezilme oluşmayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

1.1. Konunun Tanımı

Ankraj yapısının mühim bölümlerinden biri olan ve çoğunlukta çelik malzemelerden imal edilen elemanlarının kesit alanlarının küçük ve elastik özelliğinin yüksek olması, çekme yüklerinde büyük seviyelerde uzamalar göstermektedir. Ancak ankrajlar yalnızca yüksek çekme özelliği olan çelik elemanlar olmamakla birlikte, deprem sırasında yapının maruz kalacağı yüklerin devamlı bir şekilde taşınması ve ankraj içerisinde bulunan çelik malzemelerin uzamasına olanak sağlaması için mutlaka yük taşıma noktalarına ihtiyaç duymaktadır.

“Ankrajlanmış bulonlar genel davranışları gereği, kesme ve çekme kuvveti dayanımları, öngörmeli yüksek dayanımlı bulonlar, basit sıkılan bulonların ve dış açılan çubukların karakteristik çekme kuvveti veya kesme kuvvet dayanımı, çekme etkisinde kopma ve kayma etkisinde kırılması durumları esas alınarak hesaplanmaktadır.” [5].

Bu çalışmanın konusu olan ankrajlanmış çelik bulonlar ise ankraj yapılacak deliğe monte edilerek ankrajın sağlamlığına yarayan, sağlam bir elemandan yapılan çubuktur. Bu ankraj malzemesi, duvar elemanlarındaki güçlendirme metotunda kullanılmaktadır.

1.2. Konunun Amacı

Ülkemizde bir çok bölge deprem bölgesinde yer almakta, bununla birlikte yetersiz ve ya eksik mühendislik hizmetleri ile inşaa edilmiş yapıların olması, olası depremlerin sonuçlarını acı bir şekilde hissetmemize neden olmaktadır. Bu güvensiz durumun ortadan kalkabilmesi için güçlendirme uygulamaları yapılmaktadır. Bu çalışmada uygulanmak istenen ise düzlem dışı ilave perde veya çelik çaprazlar kullanılarak güçlendirme uygulamasıdır. Bu çalışmada ise mevcut güçlendirme metotlarından farklı olarak dışarıdan güçlendirme işlemi uygulamayı hedeflemektedir.

Deneysel çalışmada, itme-kesme testi uygulanarak, makaslama etkisi ile betondaki ezilme ve bulondaki kesme incelenmiştir. Gerçek binada uygulanacak güçlendirme çalışmalarında çelik güçlendirme elemanı ile beton bağlantısında taşıma gücü

kapasitesinin ankraj derinliği ve beton dayanımına bağlı olarak değişimi gözlemlenmek istenmektedir.

1.3. Konuya ilişkin önceki çalışmalar

Kaya (2007). Araştırmacının çalışması “Yapıların Güçlendirilmesi Uygulamalarında Kullanılabilecek Kısmi Bağlı Ankraj Detayı Ve Yüzey Temizliği Koşulları Altında Ankrajların Eksenel Çekme Davranışlarının İncelenmesi” dir. Deprem güvenliği yeterince sağlanmadan yapılan binalarda yeniden yıkmak yerine güçlendirme işlemleri uygulanmaktadır. Güçlendirme işlemleri uygulanmayan binalarda istenmeyen sonuçlar yapı ve kişileri etkileyebilecektir. Güçlendirme işlemleri kapsamında ankrajlardan sıklıkla yararlanılmaktadır. Kimyasal ankrajların ise detay özgürlüğü ve uygulamada sağladığı avantajlar göz önüne alındığında yapılar için faydalar sağladığını belirtmiştir. Çalışmada güçlendirme uygulamalarına örnek olması açısından düşük dayanım özelliği olan beton levhalar ve sıklıkla kullanılan kimyasal ankraj (epoksi bazlı) ile yapmıştır. Kimyasal ankrajlar, güçlendirme ve onarım uygulamalarında sıklıkla kullanılmakla beraber bu çalışmada eksenel yönde çekme ve statik yükleme durumunda, hareketleri değişik kesit tozluğu ve kesit temizliği durumları için deney ve incelemelerde bulunmuştur. Üç ayrı deney grubu oluşturmuş, bir sıra uygulamalı deneyler yapmıştır. Bu deneyler sayesinde kimyasal ankrajların özelliklerine ilişkin bir metot geliştirmeyi amaçlamıştır [5].

Temur (2011). Araştırmacı yaptığı çalışmada, 4.0, 8.0, ve 10.0 mm kalınlıklarda levhaları hedef beton dayanım sınıfı C8/10, C12/15, C16/20 olan 150-mm küp numuneye delinerek açılmış 14, 18, 22 mm epoksi harçlı deliklere gömülü eksenine dik yüklü 12, 16, 20 mm anma çaplı bütün boyuna diş açılmış ankrajbulonlarıyla bağlanarak elde edilmiş numunelerde bulonların mekaniksel davranışları, levhalar bir kenarından bulon eksenine dik yüklenerek incelenmiştir. Bu çalışmada özellikle bulonda makaslama (kesme) sonucu taşıma gücü tükenmesi incelenmiştir. Bulonların beton çekirdek içerisine gömülme boyu ise 125 mm yapılmıştır. Geliştirilen deney düzeneği kullanılarak çelik levhada yük-ötelenme davranışları kaydedilmiştir. Kısmî faktöriyel tasarımıyla toplam 31 adet deney sonucu değerlendirilerek en uygun güçlendirme elemanlarının seçilmesinde yararlanılabilecek deney düzeneği, deney

yöntemi ve değerlendirme ilkeleri belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan malzemelerle yapısal güçlendirmede sünek davranış sağlanması için 4 mm ve 8 mm güçlendirme levhası kalınlığı için tüm boyuna dış açılmış bulonların sırasıyla en az M16 ve M20 seçilmesinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır [6].

Çelik (2018). Araştırmacının konusu “Mevcut Yığma Binalarda Deprem Gel Güçlendirme Ankrajlarının Çap ve Ankraj Derinliğine Bağlı Çekme ve Kesme Performanslarının Deneysel Olarak İncelenmesi “dir. Ülkemiz deprem kuşağında yer almaktadır. Bu yüzden yapıların inşasına daha fazla önem vermek gereklidir. Ancak yapılar sağlam olmamakta, bu kusurun nedeni ise mühendislik hizmetlerinin yetersiz veya eksik olması ya da uygulama hatalarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kusurların veya hataların giderilebilmesi için yapının güçlendirilmesi gereklidir. Sağlam olmayan duvar binasını güçlendirmeye yönelik duvar yüzeylerine eklenecek betonarmeden yapılan levhaların, ankraj bulonları ile yapılması gerektiğine değinmiştir. Yapılardaki duvar donatıları, binaların deprem etkisindeki davranışlarına etki etmekte ve seçilen donatıya göre, binada farklı deprem mukavemeti davranışları meydana gelebilmektedir. Buna göre, ankrajın duvar öğelerinin kesme ve çekme verimini etkileyeceğini, değişim hesaplamaları yapmadan önce, ankrajların her yapı için kesme ve çekme işlemleri ayrı ayrı ele alınması gerektiğini belirtmiştir. Bu çalışma da elastikiyet değerlerini bulmak için iki ayrı çekme ve kesme levhaları tasarlamış, hazırlanan levhaların yardımı ile 3 farklı yapıda çekme testi ve kesme testi yapmıştır. Kesme deneylerindeki 3 farklı yapıda yapılan gözlemlerden elde edilen sonuçlar birbirleri ile benzer olduğunu, ankraj derinliği ile ilişkin olarak kesme kuvveti artışlarının büyük ve sünek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca ankraj derinliğinde bulunan artışın çaptaki artışa oran ile kesme kuvvetini etkilediğini gözlemlemiştir [7].

Çavunt (2013). Araştırmacı “Mevcut Bir Betonarme Yapı Üzerinde Güçlendirme Ankrajlarının Performanslarının Araştırması” adlı çalışmasında dayanım özelliği düşük olan betona ilave yapılan nervürlü donatının, kesme ve çekme kuvveti altındaki kapasiteleri ayrı yapıştırıcı malzemeler kullanarak gözlemlene ve incelemelerde bulunmuştur. Türkiye’de konum itibarı ile deprem bölgesinde yer almakta ve mevcut yapılar deprem güvenliği açısından yetersiz kalmaktadır. Bu güvensiz durumu önlemek açısından sismik güçlendirme yapılması ön görülmektedir. Güçlendirme uygulamaları ise yapı elemanlarını montajlamak, taşıyıcı unsur eklemek, perde eklemek gibi

metotların yanı sıra eski ve yeni sistemin bütün olarak çalışması için ankraj ile nervürlü donatı uygulanmasıdır. Çalışma mevcut bir betonarme yapıda uygulanmıştır. Deneysel programda, 14 adet çekme ve 16 adet kesme olmak üzere toplam 30 adet örnekler saha ortamında test etmiştir. Araştırmacı çekme ve kesme deneyleri için 3 çeşit kimyasal yapıştırıcı kullanmış ve 1 çeşit ankrajın ise hiçbir kimyasal yapıştırıcı olmadan uygulamıştır. Düşük dayanım özelliğinde sahip beton sahada uygulanan deneylerde kesme ve çekmenin ankraj donatılarına etkilerini irdelenmiş, testin parametresini ise yapıştırıcı tipi olarak ele almıştır. Var olan standartlar ve konu hakkındaki çalışmalarda ankrajlar için varsayılan çekme ve kesme kuvveti altında kapasitelerinde değişimler olabileceğine değinmiş, önceki deneysel çalışmayla karşılaştırıldığını da güvenli olduğunu belirtmiştir [8].

Yoldaş F. (2015) Araştırmacı bu çalışmanın deneysel bölümünde, 1/2 ölçekle modellenmiş 6 adet betonarme çerçeve numuneleri mevcuttur. Numuneler kolon ve kirişten oluşmakta, tek katlı ve tek açıklıklı şekilde tasarlanmıştır. Deneyde betonarme çerçevelerde yatay ve düşey yükün aynı anda verilebileceği deney düzeneği ile testler yapılmıştır. Burada ankraj derinliğinin artması ile bir ankraj dübelinin taşıma kapasitesinin arttığı, ancak beton dayanımının artması ile ankraj dübelinin taşıma kapasitesinin azaldığı görülmektedir. Beton mukavemetinin düşük olması durumunda, ankrajın beton yüzeyine yakın basınç alan bölgesi daha derin ezilmek suretiyle sadece kesme etkisinde olan ankraj dübelinin çekme olarak, hem daha sünek, hemde daha yüksek bir performans sergilemesine neden olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Yapılan deney sonuçları ve gözlemlere dayanarak göçme ve kırılmaların hangi bölgelerde meydana geldiği tespit edilmiştir [9].

Özbek (2008). Araştırmacı “T-Kesitli Betonarme Kirişlerin Kesme-Eğilmeye Karşı Güçlendirilmesi” adlı çalışmada bulunmuştur. Betonarme yapılardaki kirişlerin alt yüzeyine çelik levhalar yapıştırarak, eğilme işlemlerini gerçekleştirilmesi ile güçlendirme uygulaması yapılmaktadır. Bu yöntem sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak yöntemin dezavantajı çekme yüzeyine levha ilave edilmemesi olduğunu edinilen araştırmalarda tespit etmiştir. Ayrıca bu tür sorunların süneklik sorunları olduğu da göz ardı edilmemelidir. Buna göre araştırmacı düz ve delikli levhayla güçlendirilmiş kirişlerin, dayanımınla beraber yeterli süneklik kazandırılması için çelik uç, yan levha

ve bulonlar ile desteklemiştir. Ayrıca kesmeye karşıda güçlendirmiştir. Çalışmasında eğilmeye karşı altısı güçlendirilmiş, birisi referans olarak; Kesme ve eğilmeye karşı altısı güçlendirilmiş, birisi referans olmak üzere unsurlar tek düze yükler ile deney yapmıştır. Bu deneyden çıkan sonuçlara göre enerji harcamak, süneklik, direnç ve rijitlik bakımından incelemiştir. Çıkan değerleri karşılaştırmış ve irdlemiştir. Süneklik ve dayanım oranında artışlar olduğunu da ayrıca belirtmiştir [10].

Gürbüz ve İlki (2011) Araştırmacı düşük dayanımlı betona (12.7 MPa) epoksi esaslı malzeme ile uygulanan kimyasal ankrajların ıslaklık, nemlilik, tozluluk, gömülü derinlik gibi parametrelere göre çekme kuvveti etkisi altındaki davranışlarını inceleyen deneysel bir çalışma yapmıştır. Ayrıca çalışma, ankrajların tam veya kısmi bağlı olarak uygulanmasının ankraj performansı üzerindeki etkisini de kapsamaktadır. Ankraj donatısı $\Phi 16$ mm nervürlü inşaat demiri ve ankrajların ekimi için epoksi esaslı yapıştırıcı kullanmıştır. Deneysel çalışma ankraj deliğinin nemli veya tozlu olmasının ankrajların performansını düşürdüğünü göstermiştir. Bunlara ek olarak düşük dayanımlı betonda kısmi bağlı kimyasal ankrajların performansının tam bağlı ankrajların performansından daha iyi olduğunu gözlemlemiştir [11].

Barragan, Gettu, Agullo, ve Zerbino, (2006). Tarafından yapılan araştırmada, çelik elyaf takviyeli betonun kayma davranışının sonuçları analiz edilmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında, direkt kesme itme testlerini kullanarak normal ve yüksek mukavemetli çelik elyaf takviyeli beton numuneleri üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları testlerin sonucunda, çelik elyaf takviyeli beton için, pik öncesi ve sonrası yanıtların belirlenmesine ve sonuç olarak açık bir çatlak boyunca aktarılabilen kesme geriliminin karakterize edilmesine izin verecek şekilde kararlı bir şekilde gerçekleştirilebileceğini saptamışlardır [12].

Rana, Uy, Mirza, (2015). Tarafından yapılan çalışmada araştırmacılar, gerilmiş kompozit çelik-beton plakalar ile gerilmiş beton plakaların ve profilli kompozit levhaların bina zemin sistemlerindeki yapısal avantajlarını araştırılmıştır. Araştırmaya göre, beton ile ankrajlanmış profilli çelik saclar arasındaki bağın genellikle bu tip levhaların mukavemet, sertlik ve sünekliliği üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Malzemeler üzerinde uygulanan itme testleri, küçük ölçekli testler ve kompozit levha

bükme testleri arasındaki belirgin davranış farklılıklarına rağmen, profilli çelik saclar ve beton arasındaki karmaşık etkileşimi araştırmak için diğer testlere nazaran daha ekonomik bir avantaj sağlamaktadır. Bu bağlamda, malzemedeki öngerilmenin profilli çelik saclar ve beton arasındaki bağ üzerindeki potansiyel etkisini belirlemek için betona ankrajlanmış çelik çubukta gerdirmeye sonrası bir itme testi çalışmasının sonuçlarını incelemek ve malzemenin dayanımını tespit etmek önemlidir. Araştırmacıların çalışmalarında kullanmış oldukları parametreler öngerilme seviyesi ve bağ uzunluğudur. Araştırmacılar çalışmaları sonucunda, gerilme kuvvetinin artmasıyla kompozit levhalarda profilli çelik saclar ve beton arasındaki bağ üzerinde deformasyona sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Bu da malzemelerde, sonradan gerilmiş çelik profilli levhaların nihai mukavemet tayininde dikkate alınması gereken önemli bir bulgu olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırmanın sonucunda, sonlu elemanlar tekniği kullanılarak, öngerilmenin etkilerinin dahil edilmesinde, gerilme sonrası itme testi numunelerinin toplam bağ gerilim ve kayma davranışı için tatmin edici sonuçlar elde edilebileceğini göstermişlerdir [13].

1.4. Yöntem ve Materyal

Bu tez çalışması kapsamında, Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Yapı Mekaniği Laboratuvarında toplam 40 adet 15 x 15 x 15 cm ebatlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Deney numuneleri hazırlanırken beton dayanımları ve ankraj derinlikleri değişken tasarlanmıştır. Küp numunelerden 8 adedi donatının katkısının da belirlenmesi amacıyla, beton kalıba dökülmeden önce, kalıba Ø8 donatı kübik formda yerleştirilerek betonarme olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan beton karışımları kalıpların içerisine dökülerek çelik çubuk yardımıyla kalıp içerisine boşluk bırakılmadan yayılması sağlanmıştır. Beton döküldükten sonra her bir numune üzerine numune adı ve döküm tarihi olan etiketler yapıştırılmış ve oda şartlarında, kür tankında, 28 gün kür edildikten sonra sudan çıkarılmıştır. Bu şekilde kür edilen numuneler için dayanımının belirlenmesi için, sertleşmiş küp numunelerin dayanımını tahribatsız olarak belirlemek amacıyla Schmidt Çekiç (basınç dayanımı testi) kullanılmıştır. Deney gününde numunelerden alınan 3'er adet çekiç okumasının aritmetik ortalaması alınarak beton dayanımları belirlenmiştir. Deney numunelerinin deneye tabi tutulması için 10 Ton kapasiteli hidrolik pres kullanılmıştır. Ankrajlanmış

elik bulonun kesme performansı itme- kesme testine tabii tutulmaktadır. Hazırlanan 40 numuneden, ankraj derinliği aynı ve beton dayanım değeri birbirine yakın olan 40 numune ikiyeşerli gruplar halinde seçilmiş ve numuneler betondaki ezilme ve bulondaki kesmenin incelenmesi amacıyla, 20 adet itme-kesme deneyi yapılmıştır. Küp numunelerin karşılıklı iki yüzünde, güçlendirme amacıyla kullanılacak farklı derinlikte elik dübel ankrajlar yerleştirmiştir. Schmidt çekici okumalarına bağlı olarak elde edilen beton dayanımı değeri belirlenmiştir.

Alınan numunelere ait incelemeye çalışma kapsamında yer verilmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan Schmidt eki testine ilişkin sonuçlar değeriendirilmektedir. Çalışma deneye dayalı bir nitel araştırma biçiminin sunulmasının yanı sıra, literatüre dayalı tarama yöntemini de kullandığından nicel bir araştırmayı kapsamaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada nitel ve nicel araştırma biçimleri birlikte kullanılmıştır. Araştırma evreni çerçevesinde, 40 adet betona ankrajlı elik bulonların itme ve çekme sınırları Schmidt eki testi ile belirlenerek malzemenin mukavemetlerine ilişkin sınır değeri incelenmektedir.

2. DEPREM ETKİSİ İLE SÜNEKLİLİK TEORİLERİ VE YAPILARDA ANKRAJLANMIŞ ÇELİK BULONLARIN DAVRANIŞLARI

Deprem kuşağında yer alan ülkemiz için yapıda büyük hasarların meydana gelmesini önlemek veya yapının tamamen göçmesinin önlenmesi amacıyla, taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesine ilişkin çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Taşıyıcı sisteme etki eden tekrarlı yatay yüklerin büyük bir kısmının, taşıyıcı sistemlerde elastik ötesi yer değiştirme sınırlarının bilinmesi çoğu zaman hayati öneme sahiptir. Can ve mal kaybı yaşıtan doğal felaketlerden biri olarak kabul gören deprem gibi beklenmedik ancak daima tedbirli davranmayı zorunlu kılan haller, bina ekipmanlarının, bina yapımında kullanılacak malzemelerin, kat sayısı gibi bilinen önlemlerin alınmasını gerekli kılmaktadır.

Bu sebeple binalara ilişkin taşıyıcı sistemlerdeki elastik ötesi şekil değiştirmelerde ve yer değiştirmeler artarken, yapının taşıyıcı sisteminin ve yapıda kullanılan malzemelerin elastik ötesi direnç gösterme özelliğine süneklik denildiği gibi, bu kavram aynı zamanda büyük şekil ve yer değiştirmeye yol açan, tekrarlayan güç yüklemelerinde enerji yayılımını azaltan malzeme özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Depremlerde oluşan hasarların en büyük nedeni, taşıyıcı sistemlerde kullanılan malzemelere bağlı olan sünekliğinin yeterli düzeyde olmamasıdır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, yapılarda kullanılan taşıyıcı sistem elemanlarında enerjiyi absorbe etme yeteneği, taşıyıcı sistem elemanlarının açığa çıkan enerji miktarına mukavemet yeteneği kadar önemli bir kavramı karşılamaktadır. Yapı taşıyıcı sistem elemanlarının süneklik oranlarının yeterli düzeyde olmasının yanında, deprem analizlerinde sisteme giren enerji miktarının ve bu enerjinin sistem içerisindeki dağılımı da bu bağlamda oldukça önemli görülmektedir.

Binanın dış katmanı olarak bilinen betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi ile ilgili geliştirilmiş birçok yöntem literatürde yer almaktadır. Uygulamalarda ise yapının mevcut deprem performansına göre sistem davranışının iyileştirilmesi veya binayı oluşturan betonarme elemanların belirli bir kısmının güçlendirilmesi şeklinde yapılır. Sistemin tamamını kapsayan güçlendirme yöntemlerinde, yapıya yanal yükleri

taşıyacak yeni rijit elemanlar eklenir ya da mevcut yapıya enerji sönümleyici sistemler eklenerek, yanal yüklerin tamamının yapıya aktarılması engellenir. Taşıyıcı sistemin eleman düzeyinde güçlendirilmesi; betonarme ile mantolanması, enine ve boyuna çelik lamalar eklenmesi, lifli polimer malzeme ile tamamen sarılarak mantolanması şeklindedir. Bu yöntemlerin mevcut yapılarda uygulanması için genellikle yapı iç alanına müdahale edilmesi gerektiğinden binanın tahliye edilmesi yöntemi izlenmektedir. Ayrıca bu yöntemler bina taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarında tahribatlara yol açmakta, yapı ağırlığını artırmakta, bina sakinlerine ve çevreye rahatsızlık vermekte, uzun zaman ve yüksek maliyet gerektirmektedir.

Binaların dıştan çelik çaprazlarla güçlendirilmesi yöntemi, diğer güçlendirme yöntemlerine göre daha kolay uygulanabilen, ekonomik ve hızlı olup, yapının boşaltılmasını gerektirmeden uygulanabilir bir yöntem olması nedeniyle mevcut binaların güçlendirilmesi için tercih edileceği düşünülmektedir. Bu yöntem uygulanırken, mevcut binaya bağlantısı yapılacak güçlendirme elemanının seçimi ve bağlantı detayının doğru şekilde belirlenmesi gerekmektedir. TBDY yönetmeliği'nde ayrıca bina güçlendirmede uygulanacak güçlendirme sisteminin mevcut bina elemanlarına yapılacak bağlantı ankrajlarının çap ve derinliğine bağlı olarak, kesme kapasitesi belirlenirken, ankrajların çelik levha tarafında ezilme ve makaslama güvenlik kuvvetini aşmamasının yanında, betonda da ezilme oluşmayacak şekilde belirlenmesinin gerekliği belirtilmiştir. Güçlendirilen betonarme elemanlarda oluşan hasarlar özellikle ticari binalarda ticari kazancın etkilenmesi ,konut olarak kullanılan binalarda ise hane halkına ekstra bir konaklama bedelinin yansması gibi istenmeyen durumların oluşmasına sebep olmaktadır.

Bu sebeple, bu tez çalışması kapsamında, itme-kesme testi uygulanarak makaslama etkisi ile betondaki ezilme ve bulundaki kesme incelenmiş ve gerçek binada uygulanacak güçlendirme çalışmalarında çelik güçlendirme elemanı ile beton bağlantısında taşıma gücü kapasitesinin ankraj derinliği ve beton dayanımına bağlı olarak değişiminin gözlemlenmesi ve sonuçlarının incelenmesi amacına odaklanılmıştır.

Çalışma kapsamında belirlenmiş bina taşıyıcı sistem malzemelerinden oluşan numunelerden elde edilen sayısal veriler istatistiksel analize tabi tutularak taşıma gücü kapasitesi; ankraj derinliği ve beton dayanımına bağlı olarak formüller elde edilmiştir. Bu bağlamda çalışmanın odak noktasından hareketle bu bölümde yurdumuzun özellikle deprem bölgesi olarak bilinen riskli alanlarında çalışma sonucuna yönelik olarak önerilerde bulunmak temel amacının yanı sıra bu bölümde yurdumuzun deprem duyarlılığına ilişkin bilgilere yer verilmesi planlanmaktadır. Bu çalışmanın dördüncü bölümünde ise güçlendirmede kullanılan ankrajların deprem durumundaki kesme performansının incelenmesi için yapılan deney anlatılacak olup, deney verilerinin oluşturulması ve deney sonuçlarının irdelenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ise bulguların değerlendirilmesi ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile birlikte çalışmanın sonlandırılması planmaktadır.

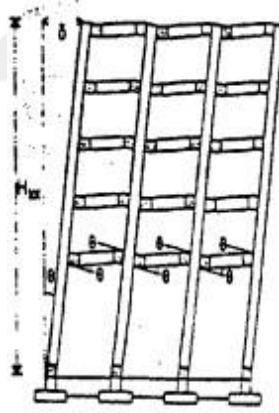
2.1. Kod 1997 ve Türk Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018 Göre Düzgün Betonarme Yapılar için Sismik Tasarım Gereksinim Teorileri; ve Süneklik

Eurocode 97 mevcut deprem kodlarının önemini ortaya çıkararak temel kavramların anlaşılması noktasında bir rehber sunmaktadır. Binalar kullanım ömrü boyunca birkaç kez meydana gelen küçük, düşük yoğunluklu depremlere, yani herhangi bir hasar vermeden dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Özel momentlere dayanıklı çerçeve ilkesine göre; yapısal bileşenler elastik aralıkta kalmalıdır. Ayrıca, yapılar, yaşamları boyunca bir kez meydana gelmesi dışında, hasar olmadan orta şiddetteki depremlere de direnmelidirler. Yüksek yoğunluklu bir deprem için hem yapısal hem de yapısal olmayan hasarlar oluşabilmektedir [14].

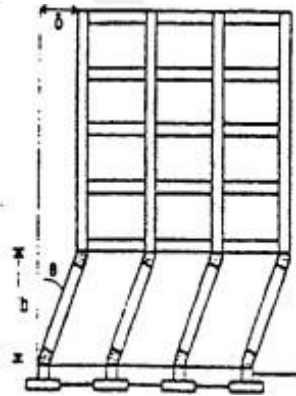
Mühendislik tasarımında amaçlanan deprem esnasında yapısal hasarlarda yapının çökmesinin engellenmesidir. Yapısal hasar, yük taşıyıcı elemanlarının hasarını ifade eder. Yapısal olmayan hasar ise binanın mimari cepheler, bölme duvarları ve tavanlar gibi yapısal olmayan elemanlarının hasarını ifade etmektedir [15].

Şiddetli bir sismik etki sırasında yapının elastik sınırının aşılmasına izin verildiğinden, yapının mukavemetinin büyük bir yüzdesini kaybetmeden elastik olmayan deformasyona uğrayabilmesi beklenmektedir. Bu yapısal özellik süneklik olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel sismik tasarım yönteminde, yapısal elemanların süneklik kapasitesi bu nedenle önemlidir [16].

Ağır bir sismik eyleme elastik olarak yanıt verecek bir bina tasarlamak teknik olarak mümkündür, ancak pahalıdır. Deprem kodlarının esnek olmayan yanıt, yani sünek tasarım önermesinin nedeni budur [17]. Sünek elemanlar, büyük elastik olmayan deformasyon deneyimleyerek, deprem kaynaklı kinetik enerjiyi önemli miktarda emebilme özelliğine sahiptirler. Bununla birlikte, yapının onarılamaz olmasına neden olabilecek önemli miktarda yapısal ve yapısal olmayan hasar yaşaması beklentiler olasılığındadır. Bu sebeple gerekli sünekliği sağlamak için, moment çerçevelerinde, bir sütun salınım mekanizması yerine bir kiriş salınım mekanizması teoremi ileri sürülmüştür. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2.'de sünekliğe dayalı moment teorisi görselleri yer almaktadır.



Şekil 2.1. Kiriş Salınım Mekanizması



Şekil 2.2. Kolon Salınım Mekanizması

Bir bina yapısında, onarımı nispeten kolay olan kirişler, yapısal stabilitenin önemli unsurları değildir. Bu nedenle, binayı bir deprem sırasında kirişlerde elastik olmayan deformasyonun oluşacağı ve kolonlar gibi daha önemli unsurların elastik olarak tepki vereceği şekilde tasarlamak mantıklıdır. Bu amaç, her kiriş-kolon eklemesindeki kolonların bükülme mukavemetinin toplamının bir miktar gücü aşmasını gerektirerek,

güçlü kolon-zayıf kiriş yaklaşımı olarak adlandırılan birleşenleri olarak düşünebilir. Bu sebeple, eğilme mukavemetinin toplamının aşılması gerekmektedir. Güçlü kolon zayıf kiriş yaklaşımında, kirişler kasıtlı olarak sütunlardan daha zayıf olarak tasarlanırlar. Bunun bir sonucu, çoğu binada güçlü bir kolonun, kiriş zayıflığı çerçevesi, sadece yerçekimi yüklerine dayanması beklenenden çok daha büyük kolon boyutlarıyla sonuçlanmaktadır. Kritik bölgelerde önemli deprem dalgası enerji dağılımı sağlamak için gereken kiriş sapmaları genellikle büyüktür. Bunun yanı sıra, genellikle dolgu duvarları, bölmeler ve tavanlar gibi yapısal olmayan elemanlara ciddi hasarlara neden olmaktadır. Sismik kodlar, sismik tasarım kuvveti seviyesini, tipik olarak motorlar için gereken mukavemetten dört ila altı kat daha düşük bir seviyeye düşürerek sünek verimden yararlanarak yapının elastik kalmasını amaçlar. Bu amaca uygun olarak tasarlanan binalarda dalgalanma enerjisi elastik kapasiteyi aşacak ve elastik eylem gerçekleşecektir. Bu sismik yaklaşım, güçlü kolon ve zayıf kiriş tasarım yaklaşımı bina genelinin dayanmasına rağmen, beton kolonların enine takviye ile kapatılmasını gerektiren kolonlarda plastik bulonların kullanılması olasılığı da dikkate alınmalıdır. Betonun uygun şekilde tasarlanmış ve ayrıntılı takviye ile sınırlandırılması, bina güçlendirme noktalarına bağlı, bina elemanlarının mukavemetini ve deforme edilebilirliğini arttırmaktadır. Bu etki de beton kolonun genel davranışının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Teoreme ilişkin bir diğer aksaklık ise kolonlardaki uzunlamasına takviyenin davranışlarının, sınırlı betonun tepe geriliminin ötesinde deforme edilebilirliğini etkilemesidir. Kolonun yaklaşık en yüksek gerilime yayılması, uzunlamasına takviyeyi burkulmaya karşı hassas hale getirmektedir. Bu sebeple yeterince yüksek boyuna takviye stabilitesi için yanal takviye sağlamayı gerekli kılmaktadır. Bu beton yan takviye elemanları sismik hareket sonrası yapılar üzerinde önemli bir rol oynamaktadır [18].

Yapılar için enerji dağılımı, süneklik ve süneklik azaltma faktörlerini seçmek üzere, çelik yapılar ve güçlü hareketleri içeren analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Deprem kodları, küresel süneklilik değerlerinin yerel süneklik değerlerine oranı için genellikle $1/3$ değerini önermektedir; Böylece, yerel süneklik kapasitesi, güçlendirilmiş yapı elemanlarının tasarımı için temel olarak belirtildiğinde, küresel süneklik kapasitesinin $1/3$ oranının kullanılmasıyla hesaplanmaktadır. Sismik kodlarda dolaylı olarak küresel süneklik azaltma faktörünün büyüklüğünün yaklaşık 4 olduğu varsayılmaktadır [17-

21]. Süneklik azaltma faktörünün, süneklığe olması önerilen oranına göre, dünya geneli yanıt parametreleri için $3/4$ değerinin uygun olduğunu ve yerel yanıt parametreleri için 2'den büyük değerlere ulaşılabilceğı ülkemiz deprem yönetmeliğı dahil olmak üzere deprem parametresi olmak üzere yönetmeliklere dahil edilmiştir [22]. Süneklilik genel anlamda kirişlerde kullanılan ve istenen bir özellik iken, kolonların esnemeye karşı hem rijit davranış göstermesi hem de süneklığın az miktarda var olması istenmektedir [23]. Bu bağlamda, ülkemiz deprem yönetmeliğinde olduğu gibi, fay hattı üzerinde yer alan bölgeler için uygulamada esas alınacak değerlerin hesabı, statik eşdeğer yanal kuvvet gibi basitleştirilmiş yöntemlerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Küresel ölçekte kabul gören bir deprem kodu olan Eurocode 97'nin, çalışmaya dahil olması, Ülkemiz deprem afet bölgelerinde yapılacak binalarda uyulması gereken kuralları, Deprem Bina Yönetmeliğı ile ortaya koyarak, yapısal bir bakış açısından, geleneksel olmayan tasarımlarla, ancak yerel bir bakış açısının geliştirilmesi çabasını sunmasıdır [24].

Depreme dayanıklı yapılar sunulması üzerine geliştirilen deprem kodları yahut yönetmeliklerinde, yapının deprem etkisi altında davranışının gözlemlenmesi için test ve deneysel çalışmaların üretilmesi, bu çalışmalardan elde edilen modellerin sunulması son derece önemli olmakla birlikte, deprem coğrafyası olarak bildiğimiz bazı bölgelerde uyumluluğı farklılık arz edebilmektedir. Yapılan deneysel çalışmaya göre bir yapının her zaman en zayıf noktası olan bağlantı bölgelerinin performansını artırmak için ankraj ve çelik borularla güçlendirilen yapının farklı gerilim bölgelerinde deprem etkisi altındaki davranışı gözlemlendiğinde bina davranışının değişimi söz konusu olabilmektedir. Bunun bir parametre olarak kabulü, ancak deney sayısının artırılması ve elde edilen sonucun her biçimde binanın göçme derecesinde etki göstermemesi ile mümkündür [25]. Bu noktada binanın iç yapı elemanlarının zarar görmesi çoğunlukla göz ardı edilebilmekte ancak depremden etkilenmemesi ve deprem sonrası hizmete devam etmesi beklenen hastane, karakol gibi binaların iç yapı hasarı dahil olmak üzere, zarar görmemesi istenmektedir. Yaşam alanı olarak hizmet verecek binalardan, örneğin evlerimizin, iç yapı hasarı görse de yıkımın olmaması ve deprem enerjisini sünek yapı göstererek yahut rijitliğe dayalı olarak bertaraf edilmesi ve yapının çökmeden ayakta kalabilmesi böylelikle can kaybının oluşmaması ana hedefte yer almaktadır [26]. Bu hedefler ülkemizde sonuncusu 2018 yılında

yayınlanan Bina Deprem Yönetmeliği'nden de okunabilmektedir [27]. Her iki kavrama ilişkin değerler alt ve üst sınır değerleri olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018'de yer almaktadır.

Döngüsel yükleme testleri, kare beton dolgulu çelik boru kolonlar ve çelik kirişler arasındaki sekiz ankrajlı kör bulonlu uzatılmış uç plaka ek yerlerinde gerçekleştirilecek ankrajlamada ise, test parametreleri arasında uç levha kalınlığı, çelik boru duvar kalınlığı, kiriş kesiti boyutu, yerel güçlendirme bağlantı yöntemi, kör bulon ankraj yöntemi ve takviyelere yer verilmesi literatüre dayalı çalışmalarda sıklıkla karşılaşılan parametrelerdir [28,29]. Bu birleşim noktalarının dayanımını değerlendiren testlerde, deprem enerjisinin yıkıcı davranışı, sertlik, mukavemet, süneklik, mukavemet bozulması, sertlik bozulması ve enerji dağıtma kapasitesinin incelenmesi ve analizi gerekli bağıl değişken parametrelerin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır [30]. Test sonuçlarına bağlı olarak, ankrajlı kör bulonların ve yerel olarak güçlendirilmiş bir çelik borunun uygulanmasının bulon mukavemetini tam olarak kullanabildiğini ve özellikle mukavemet ve mukavemet bozulması açısından bağlantı performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir [31]. Deneyler sonucu gözlemler, birleşimler için üç tipik arıza modunun ortaya çıkarılmasına ve bu arıza modunun, en zayıf bileşene bağlı olduğu kanısı ise genele hâkim durumdadır [32]. Bunlara ek olarak, C-kanalının yerel olarak güçlendirilmesi ve ankraj yöntemindeki değişiklik önerileri, başlangıçtaki sertlik üzerinde sınırlı bir etki derecesine sahip olmasına dayandırıldığı çalışmaların çoğunlukla göz ardı edildiği vurgusu literatürün önemli bir kısmını göz önüne koymaktadır [33]. Tüm bu parametreler düşünülerek bu çalışmada itme çekme testlerinin en temel olgu olarak dayanımı temellendirdiği aşıkardır [34]. Bununla birlikte uç plaka kalınlıkları ve sertleştiricilerin kullanımı eklem sertliğini önemli ölçüde arttıran bir parametredir. Bu da sertlik bozulma oranını azaltan bir yöntemi beraberinde getirmektedir. Çelik bağlantı elemanının, eklemlerden dışarı doğru hareketi ile sünekliği ve enerji dağılımını önemli ölçüde artırdığı bilinen bir malzeme davranışını ortaya koymaktadır [35].

Beton dolgulu çelik boruda, kolonlarının yanıl ve eksenel darbeleri yüklemeye karşı davranışı literatüre dayalı bir şekilde incelendiğinde kolon ile çelik kiriş arasındaki

bağlantının çarpma tepkisi hakkında bilgi eksikliğinin olduğu açıkça görülmektedir [36]. Bu boşluğu kapatmak için, yanal darbe yükleri altında, basit bir bağlantı olarak kısmi derinlikli uç plakalı ve moment dirençli bağlantı yöntemi önermesi ise incelenmeye açıkça muhtaçtır [37]. Yükleme rejimi altında bağlantı yanıtının tam kapsamlı analizleri, daha sonra bağlantıların iç kuvvetlerini ve enerji dağılımını incelemeye ilişkin yapılan bir çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenmiştir [38]:

1. Araştırılan her iki bağlantı türü olarak ankrajlanmış çelik bulon ve sıradan ankrajlarda meydana gelen bozunma, aşınma gibi malzeme deformasyonlarını tanımlayan arıza modları deprem etkisi altında benzer davranış sergilemelerine rağmen, sıradan ankrajlarla tutturulmuş plakalarda daha geniş çatlakların meydana geldiği gözlemlenebilmektedir. Buna yırtılma kırığı da denilebilmektedir.
2. Daha kalın bir uç plakanın kullanılması bağlantının moment kapasitesini arttırmış, ancak enerjinin soğurmasını azaltmıştır.
3. Uzun ankrajların performansı, bağlantıyı kopana kadar uygun süneklikle sağlamak üzerine başarılı bir performans göstermiştir.

Bu başarı performansı sonradan monte edilmiş çelik ankrajlar kullanılarak betonarme yassı plakaların bir güçlendirme tekniğinde kullanılabileceği argümanını sunmaktadır [39]. Bununla birlikte, bir iç döşeme-kolon bağlantısını temsil eden iki büyük ölçekli betonarme levhanın test edimesine ilişkin sonuçlar, güçlendirme tekniğinin, levhaların bükülme kırılmasına kadar yükü arttırdığını ve kontrole göre levhanın sünekliğini de arttırdığını göstermektedir [40].

Güçlendirme tekniğinin başarısı kırılma modunun kırılma delme kesme modundan sünek eğilme kırılma moduna değiştirilmesine de katkı sağlamaktadır. Testlerden elde edilen kesme dirençleri, analitik yöntemle tahmin edilenlerle karşılaştırılmış ve makul bir uyum gözlenmiştir [41]. Burkulma sınırlandırılmış çelik plaka perde duvarların kayma taşınımı olarak bilinen; bina yükünün deprem etkisi altında hareket etmesi ve bir miktar yer değiştirmesinden ileri gelen, gerilme dağılımlarına göre bina donatılarının geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle malzemenin davranış biçimini belirlemede itme çekme testleri önemli olmaktadır. Kayma taşıma kapasitesi daima panelin etkili kesme alanı ve kenar destek elemanları tarafından sağlanmaktadır.

Burkulmanın sınırlandırılması, çelik plaka perde duvarların kayma taşıma kapasitesi için tek tip bir formül geliştirilmesi yönünde bir engel teşkil etmektedir. Bu sebeple deneysel çalışmalarda, 0.5 ila 2.0 pratik en-boy oranları aralıklarının sıklıkla kullanılması söz konusudur [42]. Etkili kesme alanı belirlemesi, sadece kirişlerle bağlanan perde duvarlarının tüm panelin % 20 ila 55'i oranında değişmesi ve taşıma kapasitesinin % 10 ila 52 oranında azalması; kirişler hem de kolonlarla bağlantılı duvarlar ile karşılaştırıldığında, emniyet marjının, kiriş ve kolonlarla birbirine bağlanan duvarlara ve köşelerde önceden yırtılma nedeniyle yan kolon eklentisi bulunan duvarlara göre daha düşük olması, sonradan güçlendirme çalışmalarının yapılmasını gerekli kılacaktır [43]. Bu da sadece kirişlerle bağlanan duvarların, her iki dikey kenarında sütun eklemelenmesini gerekli kılacaktır ki; maliyet analizi sağlanırsa yapılacak bu son eklemelerin bina üretim maliyetini arttırmasını da beraberinde getirecektir [44]. Bu noktada tüm panelde etkili bir kayma gerilimi alanı sağlamak için yan kolon kesit alanlarının gerekliliği TBDY-2018'de kolon ve kesit alanları başlığında ele alınmaktadır [45].

Deprem hareketinin hesabı TBDY-2018 güncellenmiş Türkiye Deprem Tehlikesi Haritalarını sunmaktadır. Güncellenmiş deprem haritaları Türkiye'de sınırları içerisinde yer alan her noktanın SDS (kısa periyod bölgesi) ve SD1(uzun periyod bölgesi) değerlerini okunabilir hale getirmiştir [29]. TBDY-2018'e göre; kısa periyod $T = 0.2$ saniye olarak, uzun periyod ise $T = 1.0$ saniye olarak adlandırılmış, spektral ivme katsayılarını periyod noktalarına karşılık gelen katsayılar olarak sunmuştur [30]. Spektral ivme katsayıları; kısa ve uzun periyot katsayılarının, zemin özellikleri katsayılarıyla çarpımından elde edilen değer olarak TBDY-2018 Eki'nde tanımlanmıştır. Spektral ivme katsayılarının bulunmasıyla (SDS, SD1) tasarım için hesaplanan ivme spektrumu oluşturulmasına yine TBDY-2018 çerçevesinde tasarımın ivme spektrumuna göre inşa edilmesine yönelim planlaması yapılması esas alınmaktadır [31]. TBDY-2018'e göre; tasarım spektrumundaki SDS (S_s) bölgesi, spektral katsayının periyoddan bağımsız olarak en yüksek değerleriyle ivmelenmenin en etkin olduğu bölgeyi tanımlamaktadır. Spektral katsayının periyoda bağlı olarak azaldığı ve hızın etkin olduğu bölge ise SD1(S_1) bölgesidir. TBDY-2018, ilk kez, 1997 yılına ait Amerikan yapı yönetmeliklerinde (IBC-97) yayınlanan tasarım spektrumunun Türkiye için tanımlanmış halini sunmaktadır [32].

Bu tanımlama fay hattı yakınlığı 25 km'den daha az olan bölgelerde uzun periyoda bağlı tasarım spektral ivme katsayısının artması ile sonuçlanacak bir γ_F katsayısını beraberinde getirmiştir. γ_F değeri, faya yakınlık katsayısı olarak tanımlanmış ve herhangi bir uzunluk ölçüsü birimini yansıtmadığı belirtilmiştir. Başka bir deyişle bu değer birimi olmayan bir değerdir. LF ise fay düzlemine olan mesafenin km cinsinden ifade edildiği değeri göstermektedir [33].

$$\gamma_F = 1.2 \quad LF \leq 15 \text{ ve } ; \gamma_F = 1.2 - 0.02 (LF - 15) \quad 15 \leq LF \leq 25 \quad (2.1)$$

TBDY-2018'de standart tasarım deprem yer hareketi için baz alınan istatistiksel parametreler, Çizelge 2.1.'de belirtildiği gibi tanımlanmıştır. Bununla birlikte kat sayısı parametresine özel bir başlık açılmış ve yüksek katlı binaların tasarımında farklı deprem düzeylerinin kullanımı esas alınmıştır. Yönetmelikte tanımlanan deprem düzey parametreleri Çizelge 2.1. 'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 2.1. Deprem Düzeyleri Tablosu (TBDY-2018)

Deprem Düzeyleri	Parametreler		
	50 Yılda Bir Aşılma Oranı(%)	Tekrarlama Periyodu	Deprem Yer Hareketi
DD-1	% 2	2475 Yıl	Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketidir.
DD-2	% 10	475 Yıl	Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
DD-3	% 50	72 Yıl	Bu deprem yer hareketi sık deprem yer hareketini nitelemektedir.
DD-4	% 68	43 Yıl	çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Servis deprem yer hareketi olarak adlandırılır.

2.1.1. Süneklik Temelli Modellemelerde Tasarım Kriterleri

Esnek olmayan tepki sağlayan süneklik temelli tasarım yaklaşımlarında, kalıcı hasar veya yapının g çmesiyle karşılaşmayı kaçınılmaz kılan bir onarım maliyeti ile oluşma olasılığı mevcuttur [34]. Bu sebeple, kontrollü hasarların oluşumu öngörebilmek için, yer değiştirmelerin, beklenen düzeyde bir sismik eylem temeline dayanan önceden belirlenmiş değerlerle sınırlanması gerekmektedir [35]. Binalarda oluşan hasarların ekonomik kayıplara yol açacağı bilinen bir gerçektir. Bu ekonomik kayıplara iş merkezi binalarının hasarlı durumda çalışamayacağı gerçeği de göz önünde bulundurulursa, kaybın büyümesini kaçınılmaz kılacaktır [36].

Ülkemiz deprem kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle ülkemizdeki binaların tasarımında deprem riskine yönelik tedbir alabilmek önemlidir. Sonradan oluşabilecek büyük ekonomi kayıplarının önlenmesinin yanı sıra, riski bertaraf ederek can kaybının önlenmesi amacını gerçekleştirmek en önemli amaçtır. 1999 Gölcük merkezli deprem tüm Marmara bölgesini etkilemesiyle halen hafızalardaki yerini korumaktadır [37].



şekil 2.3. 1999 Gölcük Merkez  stl  Depremde İstanbul'daki Binalarda Oluşan G   k (BBC Türkiye,1999).

Kocaeli İli, Gölcük İlçesi merkezüstü olarak belirlenen 1999 depremi, toplam 14,5 milyon insanın yaşadığı 9 ili (Bolu, Bursa, Düzce, Eskişehir, İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Zonguldak) etkilemiştir. 2010 yılında yayınlanan Meclis Araştırması

Raporu'na göre 18.373 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 48.901 vatandaşımız yaralanmış, 505 vatandaşımızın bedensel özürü kalmasına neden olmuştur. Depremde ayrıca, 96 bin 796 konut ve 15 bin 939 işyeri kullanılamaz hale gelmiştir. Resmi rakamlara göre Merkez üssü İstanbul'a yaklaşık 120 km uzaklıktaki bu depremde, İstanbul'da 981 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, Avcılar'da 1823 konut ve 326 işyeri kullanılamaz hale gelmiştir; İstanbul genelinde yaklaşık 4000 bina ağır hasar görmüştür [31].

Bu bilançoya, yapısal olmayan hasarlı binaların tahliyesi de eklendiğinde, bina tahliyelerini gerekli kılan hasarlar nedeniyle çok sayıda insanın çalıştığı işyerlerinin tahliyesiyle işin durması ve şirketlerin de parasal kayıplara uğramalarına neden olmuştur [39].

Bu verilere dayanarak, IBC-97' nin can güvenliğini sağlamayı yönelik yapıların inşaatı sırasında kriterleri ortaya koyma hedefinin yerinde olduğunu söylemek mümkündür. Bununla birlikte, IBC-97'nin süreklilik modelinde yapısal olmayan hasarlara yönelik modellenmeler göz ardı edilmiştir [40]. Ancak, deprem gerçekliğinde yapısal olmayan hasarların yol açtığı ekonomik kayıpların göz ardı edilemez oluşu ve sismik tasarımın can güvenliğınden sadece hasar kontrollü işlevselliğıne değışip değışmeyeceğı konusu önemle ele alınmalıdır. Can güvenliğini korumak elbette önemlidir ancak, tek başına bu amaç yeterli değıldir. Şiddetli bir depremden sonra operasyona devam etmeleri elzem olan hastaneler, polis karakolları, iletişim binaları gibi belirli yapılar vardır. Binaların bu etkiyi, tahliyeyi gerekli kılmayacak en az hasarla atlatması veya etkilenmemesi için, etkilenirse de iyileşme maliyetini en aza indirmek için daha geliştirilmiş başka tasarım yöntemlerine de ihtiyaç duyulduğunu doğrular niteliktedir [41].

Büyük bir deprem sırasında aşırı bina hareketlerinden kaynaklanan yüksek hasar riski taşıyan yapısal olmayan yapı elemanlarına örnek olarak sert, kırılğan dolgu duvarları, yapısal bileşenler arasında da sıkıca sabitlenmiş perde pencere duvarları, birkaç kat arasındaki sürekli merdivenler veya iki veya daha fazla kat arasında devam eden esnek olmayan kolonlar sayılabilir [42].

Kat seviyelerinde yükseklerle çıkıldıkça bölme elemanları, yapısal sistemin aşırı kesişme kayması, hareketli zeminler arasında ezilme riskini beraberinde getirecektir. Bu da yapısal olmayan elemanların fazlaca hasar görmesine neden olabilmektedir. Sünek tasarım yaklaşımının kullanılması, bina çökmelerinin yaşanmasını azaltmaya yönelik tedbirleri sağlamaktadır. Ancak yapısal olmayan bileşenler için hasar riskinin artmasına neden olduğu da bir gerçektir [43]. Bina içeriğinin değeri, basit bir ofis binasından gösterişli dizaynlara sahip yüksek teknoloji üreten yapılara kadar değişebilen, geniş bir yelpazeye sahiptir. Binanın kullanım amacına bağlı olarak, bina maliyetleri büyük ölçüde değişim göstermektedir [44]. Veri işleme merkezleri, kimyasal depolama tesisleri, araştırma laboratuvarları gibi ileri teknoloji hizmeti verecek binaların inşaatı sırasındaki bina maliyetleri diğer binalara nazaran çok daha yüksektir. İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında, bina içeriğini tanımlayan yapısal olmayan hasar nedeniyle oluşan ekonomik kayıplar, binanın yapımı için harcanan maliyetlerden çok daha önemli olabilmektedir [45]. Bilindiği üzere Türkiye bir deprem ülkesidir ve bu gerçeklikle birlikte yaşamayı benimsemek gereklidir. Kolon ve kirişlerdeki hasarların tespiti ve deprem öncesinde güçlendirilmesi önem arz etmektedir [46].

Depremın yıkıcı etkisi dediğimizde aklımıza daha çok hizmet aldığımız, çalıştığımız, eğitim gördüğümüz veya konakladığımız güvenli yerler olarak benimsediğimiz alanlar yani yapılar gelmekte ve bu doğrultuda düşüncelerimiz şekillenmektedir. Deprem ertesinde daha önce orada olmasına rağmen çökme riskini düşünmediğimiz atıl binalar, depremin hemen ertesinde çok daha fazla tedirgin olmamıza neden olmaktadır. Bu basit olarak günlük hayatta unuttuğumuz ancak kendini hatırlattığında, nelere sebep olabileceğini hatırladığımız bir algı seçiciliğinin oluşması halidir. Bununla birlikte yıkıcı deprem etkilerinde öne sürülen argümanlardan biri de depremin saatidir. Bunun belirlenmesi, şu an için mümkün olmayan ancak her zaman tedbirli olmayı esas kılan bir olgu olmakla beraber, afet tanımında geçerli bir olguyu temsil etmemektedir. Yani günün herhangi bir zamanında meydana gelebilir ve bu afet etkisini azaltacak olan her tedbir, inşaat sırasında uygulanarak en az zararla etkinin azaltılması temel hedef olmalıdır [47].

Bu çalışma temelinde, deprem için kolonların güçlendirilmesi ve yapı elemanlarının deneysel analizleri ile deprem kodlarının oluşturulduğu düşünüldüğünde, depremin yıkıcı etkisinin azaltılması için belirlenen deprem yönetmeliklerinden bağımsız değildir [48]. Yönetmeliklere dayanarak seçilen yapısal elemanların güçlendirilmesi için ankrajlanmış çelik bulonların kullanılması, modern deprem yönetmeliklerinde bahsedilen güçlendirme tekniklerinde kullanılan bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye deprem bölgelerindeki binalarda inşa sırasında alınacak tedbirler konusunda, ilk somut adımlarını 1992 yılında Erzincan İli' nde meydana gelen deprem ile birlikte atmış olup, bu tarihten itibaren alınacak tedbirlere ilişkin güncellemelere yer verdiğini söylemek mümkündür [49].



Şekil 2.4. Erzincan 1992 depremine ait bir görsel , (Fotoğraf: Fahrettin Şener)
Kolon ve kiriş bağlantıları zayıf binadaki hasar (Atabey,2000)

Ekonomik kayıpları sınırlayarak tasarım yapmak için, bir deprem nedeniyle binada meydana gelecek kayıpların tahmin edilmesi için tasarım yöntemlerine ihtiyacımız bulunmaktadır. Yapısal tepki ile parasal hasar arasındaki ilişkilendirmelerde kullanılmak üzere çeşitli hasar kontrollü modeller bulunmaktadır. Ancak bu modellere duyulan temel ihtiyaç, toplam hasarın, yani yapısal ve yapısal olmayan elemanlar ve içeriklerdeki ekonomik hasarın toplamının görülebildiği modelleri yansıtması noktasında bir boşluk bulunmaktadır. Buna rağmen betonarme yapılara verilen zararı tahmin etmek üzere bir dizi hasar endeksi geliştirilmiş olup, bunlardan çoğu, ekonomik

kayıpların nicel bir değerini vermek yerine, mevcut binaların yenilenip yenilenmeyeceğine dair karar vermek üzere kullanılacak modelleri sunmaktadırlar. Önerilen hasar endeksleri arasında Park'ın hasar indeksi yaygın olarak kullanılmaktadır [50].

Bu yapısal hasar endeksi normalize edilmiş deformasyon ve enerji emiliminin basit bir doğrusal kombinasyonunu ifade eder ve denklem 2.2.'de yer aldığı gibi formüle edilmektedir [50].

$$DI = \frac{\delta_m}{\delta_\mu} + \frac{\beta}{\delta_\mu P_y} \int dE_h \quad (2.2)$$

Burada;

δ_m : Maksimum yapı deformasyonunu,

δ_μ : Yapı elemanlarının nihai deformasyonunu,

P_y : Yapı elemanları akma dayanımını,

dE_h : Mukavemet sırasında eleman tarafından emilen deprem enerjisini,

β : Model sabit parametresini, ifade etmektedir.

TBDY-2018'e göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasını esas almaktadır. Mevcut binaların değerlendirmesi ve güçlendirilmesinde esas alınan performans kriterleri ise; can güvenliğinin yanı sıra, üç farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır.

Betonarme ve prefabrike betonarme binalar için tertip edilen bu üç kriter [51];

1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi
2. Can Güvenliği Performans Düzeyi
3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

şeklinde sıralanmaktadır.

TBDY-2018'e göre göçme; göçme öncesi performans düzeyinin sağlanmaması hali olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalı olarak belirtilmektedir. Depremi şiddeti ve binanın deprem etkisindeki performansı incelendiğinde literatürden farklı bir olguya rastlanmamaktadır. Dolayısıyla her üç yönetmelik çerçevesinde depreme dayalı enerjiye karşı direnç kriterleri, süneklik, rijitlik ve yeterli malzeme kullanımı temelinde şekillendiği görünen gerçekliği ifade etmektedir [52]. TBDY-2018'de yeterli rijitlik; Yüklemeler altında yapının, dengede kalması olarak tanımlanır. Yer değişiminin sınırlandırılması rijitlik olarak adlandırır. Moment rijitliğinde bina elemanının örneğin kolonun yön değişimi atalet momentinin değişimine bağlı olarak değişmektedir [53]. Yapı sünek olarak tasarlandığında faylanma etkisiyle meydana gelen histerik enerji kolon-kiriş birleşim noktasında sönümlenmesi hedeflenerek dizayn edilebilmektedir. Temelde rijit yapının tasarım modellemelerinde yer almaması, yapının deprem kuvvetlerine karşı kendi ağırlığı ve rijitliğiyle mukavemet edecek olmasıdır. Bu da yapının gereğinden fazla ağır olmasına neden olacak ekonomik açıdan ise pahalı bir yapı sunacak ve depreme karşı çözüm olmayacaktır. Bu nedenle TBDY-2018'de yeterli rijitlik(hareketsiz, stabil, durağan yapı özelliği) olarak tanımlanmış ve istenen değerleri belirtilmiştir. Bina taşıyıcı sistemleri için belirtilmiş yeterli süneklik eğilimi de aynı biçimde yeterli ölçüde olmak üzere belirtilmiş ve yapının, küçük ve orta şiddetteki depremlerde esnek davranması, yüksek eylemlilik içeren şiddetli depremlerde de rijitlik üst sınırı aşılarak yapının sünek bir davranış sergilemesi böylelikle de göçmenin önlenmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle sünek modellemelerle yapının, deprem karşısında hasar görmesi beklense de göçmenin önlenmesiyle can güvenliğini koruyabilen yapılar oluşturulmasına izin vermektedir [54].

Binanın ve eylemlerin tanımı şu örnekleri içerir [55]:

- İçine çerçeveselendikleri kolonların kapasite tasarımı için kirişlerin uç kısımlarındaki moment dirençlerin kullanılması;
- Elemanların ve çerçeveselendikleri parçaların makaslama kapasite tasarımı için kiriş ve kolon uçlarındaki moment dirençleri,
- Kolonları burkulmaya karşı sınırlayan kirişlerin çatlak sertliği,

- Temellerinin tasarımı için sütunların veya duvarların tabanındaki kapasite tasarımı büyütme faktörleri, vb.

Ankrajlanmış bulonun kullanılacağı alanlar olan kolon ve kirişlerde istenen özellikler, TBDY 2018’de aşağıdaki gibi belirlenmiştir [56].

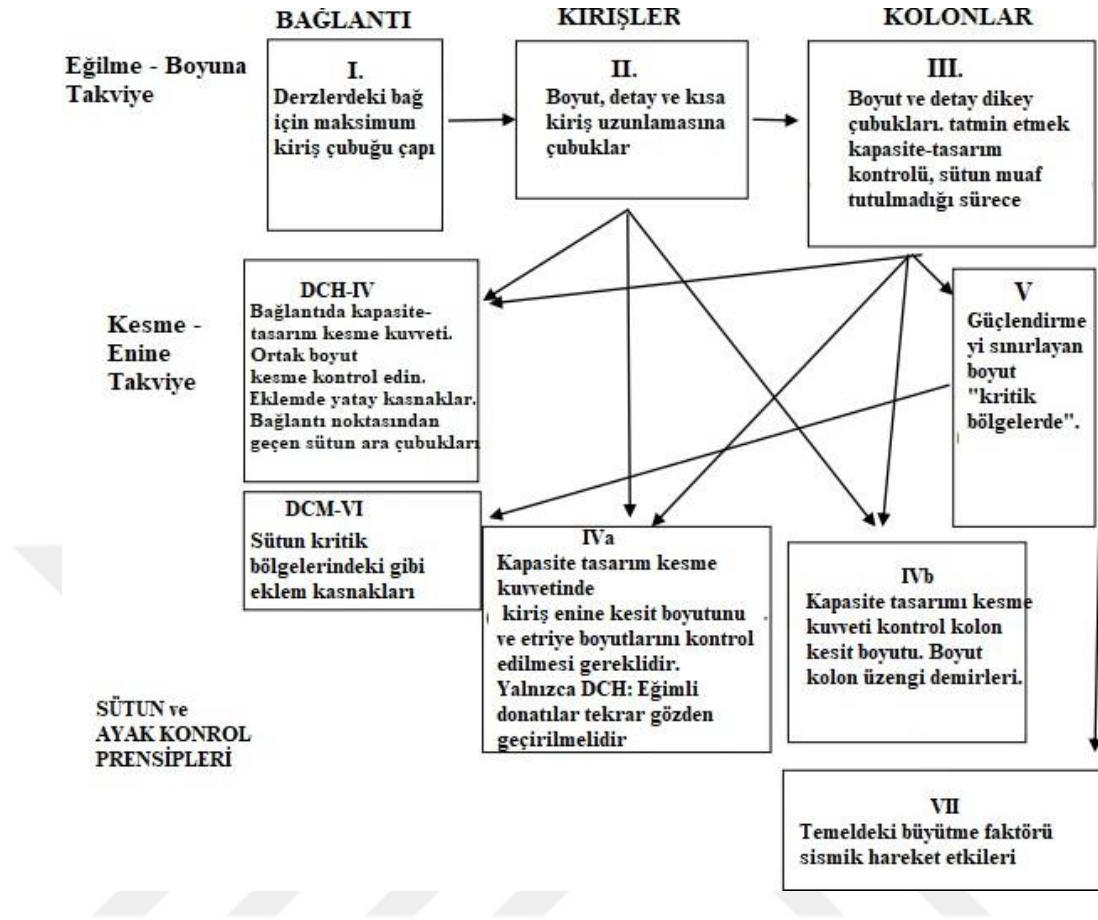
- Bir kolonun veya bir kirişin makaslamadaki boyutlandırılması, kendi uzunlamasına donatı miktarına ve detayına ve ayrıca bunların her iki ucunda çerçevelenenlere bağlıdır [57];

Özellikle çerçevelerde, kapasite tasarımı, bir binanın süneklik için ayrıntılı sismik tasarımının çeşitli aşamaları arasında güçlü bir karşılıklı bağımlılık sağlar:

- Bir kolonun bükülmede boyutlandırılması, bağlı olduğu kirişlerin herhangi bir yatay yönde boylamasına donatılarının miktarına ve yerleşimine bağlıdır;
- Bir kolonun veya bir kirişin makaslamadaki boyutlandırılması, kendi uzunlamasına takviyesinin miktarına ve detayına, ayrıca bunların her iki ucunda çerçevelenenlere bağlıdır; temel zemininin ve temel elemanlarının tasarımının doğrulanması (özellikle bireysel temeller ve bunların bağ kirişleri) miktarına ve düzenine bağlıdır. Destekledikleri dikey elemanların boylamasına güçlendirilmesi
- Bir perde duvarın herhangi bir katının perdede boyutlandırılması, malzemenin miktarına ve detayına bağlıdır. alt katın tabanında dikey takviye; vb.

Ayrıntılı tasarım işlemleri belirli bir sırayı takip etmelidir, böylece bir adımda gerekli olan bilgiler zaten mevcut olur. Daha da önemlisi, eğer ayrıntılı tasarım entegre bir hesaplama ortamında gerçekleşirse (sadece yaygın değil, aynı zamanda günümüzde gerekli olduğu gibi), bu bilgi sistemin çeşitli modülleri arasında uygun şekilde aktarılmalıdır [58].

Akış Şemaları, ayrıntılı bir tasarım sürecinin çeşitli bileşenlerinin karşılıklı bağımlılığını göstermektedir. Şekil 2.5.’de bir yapı için süneklik bağımlılıklarının karşılıklı gösteriminin listesine yer verilmektedir [59].



Şekil 2.5. Akış Şeması Çerçeve Elemanlarının Boyutlandırılmasında ve Detaylandırılmasında Adımlar ve Karşılıklı Bağımlılıkların Belirlenmesine Etki Eden Parametreler

TBDY-2018'e göre; kiriş tasarımı, her seferinde birçok katlı düzlem çerçeve için, muhtemelen farklı katlarda farklı sayıda bölme ile gerçekleştirilir. Temel kirişleri, aynı şekilde ve aynı hesaplama modülü ile bükülerek tasarlanır, ancak bunları birçok katlı en alt seviyedeki kirişler olarak değil, tek katlı elemanlar olarak belirtilmelidir [60]. Bir bina yapısında, yapısal kararlılık için elemanların yer aldığı ve onarımı nispeten kolay olan kirişler çok önemli değildir. Bu nedenle, yapıyı uzun süre kalacak şekilde tasarlamak mantıklıdır. Bir deprem oluştuğunda, kirişlerde elastik olmayan deformasyonun meydana gelmesi beklenir ve daha fazlası sütunlar gibi önemli elemanlar elastik tepki verir. Güçlü sütun zayıf kirişte yaklaşım, kirişler kasıtlı olarak sütunlardan daha zayıf tasarlanmıştır, yani kirişlerin daha erken göçmeye

zorlanmasıyla sonuçlanmaktadır [61]. Bunun sonucunda, çoğu binada sütun zayıflaması görülmektedir. Kiriş çerçevesi, beklenenden çok daha büyük kolon boyutlarına neden olan ve sadece yerçekimi yüklerine dayanan bir yapı yaratır. Bina kat sayısı yükseldikçe, katlar arası sürüklenmeler kritik bölgelerde histeretik enerji kaybını genellikle dolgu duvarlar, bölmeler ve tavanlar gibi yapısal olmayan elemanlarda önemli hasarlar meydana getirerek sönümlenmesini sağlayacaktır. Sismik verimli süneklikten yararlanarak, sismik enerjinin seviyesini azaltmak için tasarım kuvveti, tipik uygulamalarda yapının elastik kalması için gereken güçten dört ila altı kat daha düşük bir seviyede elastik kapasiteyi aşacak ve esnek olmayan eylemin meydana gelmesine sebep olacağı öngörülmektedir [62]. Mevcut sismik yaklaşım, güçlü kolon-zayıf kiriş konseptine dayanmasına rağmen, Sütunlarda plastik menteşelerin oluşma olasılığı, sınırlama gerektiren bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Beton kolonların enine donatıları ayrıca dikkate alınmalıdır [63]. Kapatılma beton ile uygun şekilde tasarlanmış ve ayrıntılı takviye dayanıklılığının artmasına yol açacaktır [64]. Kolonlarda boyuna donatı davranışı, en yüksek gerilimin ötesinde sınırlı betonda boylamasına takviyeyi burkulmaya duyarlı hale getirmektedir. Boyuna donatı sağlamlığı için yanal donatı sağlanmalıdır. Yanal takviye miktarı, pik sonrası özellikler üzerinde önemli bir role sahiptir. TBDY-2018 yüksek binalarda özel bir dizaynı önermektedir [65].

2.1.2. Betonarme Yapılar İçin Sismik Tasarım

Sismik tasarım hükümlerinin amacı, can güvenliği tehlikelerini en aza indirmek ve yapıların göçmesini önlemektir. Bu amaçla, oluşturulan sismik kodlar, dikkatlice detaylandırılmış somut bileşenlerin yeteneğinden yararlanarak sismik etkiyle oluşan histerik enerjinin dağıtılarak sönümlenmesini sağlamak üzere üretilmişlerdir. Betonarme yapılarda çatlama veya betonun ezilmesi, çeliğin esnemesi gibi hasarların meydana gelmesine izin vererek, en yüksek elastik tepkinin, katlı sürüklenmeyeceği ölçüde izin vermektedirler [66].

TBDY-2018’de Bina Yükseklik Sınıfları (BYS) bina taşıyıcı sistemleri ve bu sistemler için izin verilen süneklik düzeylerini ve hesaplama yöntemlerini sunmaktadır. $BYS=1$ yüksek katlı binaları tanımlarken, izin verilen Bina Yükseklik Sınıfı $BYS \geq 2$ daha alt

kat sayılarını tanımlamaktadır. Bu tanımlamalara ilişkin Dayanım Göre Tasarım (DGT) kriterleri ve Dayanımlı Taşıyıcı Sistemler (DTS) değerleri sınırları sunulmuştur. Buna göre; Süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler(1. grup), süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler(2. grup) ve süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler (B ve C grubunda 2, D,E,F gruplarında 3) olmak üzere taşıyıcı sistemlerdeki süneklik düzeyleri belirlenmiş ve önüretimli betonarme bina taşıyıcı sistemleri(B grubu), çelik bina taşıyıcı sistemleri(C grubu), hafif çelik bina taşıyıcı sistemleri(D Grubu) , yığma bina taşıyıcı sistemleri(E grubu) ve ahşap bina taşıyıcı sistemleri (F grubu) olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplamada taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R),dayanım fazlalığı katsayısı (D), izin verilen bina yükseklik sınıfları (BYS) olarak tanımlanmıştır. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar BYS aralığında tanımsız kalırken, Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar $BYS=8$ tanımında, Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar $BYS \geq 2$ değerini almaktadırlar. Bu değer TBDY'ye göre bina yükseklik sınıfının yüksek olarak değerlendirildiği aralık olarak belirtilmiştir (TBDY-2018, Tablo:4.1). Burada önemli olan esaslardan biri tek katlı bir bina yüksekliğinde dikkate alınan değerin 12m'den yüksek olmayan şeklinde tanımlanmasıdır. Bu noktada ankraj derinliği ve kolonun yüksekliği ile birlikte güçlendirilmesi önem arz etmektedir [1, 67].

Yapısal mühendisler, aşırı şiddetli depremlere dayanacak, bina sakinlerini ve ekipmanı koruyacak yapılar tasarlamak için yeni ve daha iyi yöntemlerin araştırmasını sağlamaktadırlar [68]. Geleneksel depreme dayanıklı tasarım yaklaşımları, yapının yanal yüklere dirençli olmasına odaklanır. İç malzeme kayması sınırlamaları yalnızca mantıksız esnekliğe sahip yapılara karşı koruma sağlamak için oluşturulmuştur. Bir yapının deprem hasarı sadece bölgenin depremselliği ile değil, aynı zamanda yapıyı tasarlamak için kullanılan metodoloji ile de ilişkilidir [69]. Deprem tehlikelerinin nedeni, deprem yer hareketinin yapı çevre ile etkileşimidir [70]. Hasar, kuvvetlerden çok deformasyonun bir sonucudur. Uzun yıllardır araştırmalar, yapısal elemanların esnek olmayan deformasyon yoluyla enerjiyi emme kabiliyetini en üst düzeye

çıkarmaya odaklanmıştır [71]. Yapısal malzemelerin yetersiz dayanımı nedeniyle, mühendisler binanın elastik olmayan deformasyonunu kabul etmektedirler [72]. Ancak sismik tasarım, yapısal elemanların elastik olmayan deformasyonuna dayandığında, yalnızca bina sakinlerinin yahut çalışanlarının yaralanmalara veya can kaybına karşı korunması olarak tanımlanan can güvenliği kriterini karşılayabilmek önemsenmektedir [73]. Ancak, binanın güçlü bir sismik hareketten sonra tekrar kullanılamaz hale gelmesi kaçınılmaz sonucu verirken yeni deprem kodları, elastik olmayan deformasyonu en aza indirmeye ve bir depremin yapıya indüklediği enerjiyi başka bir şekilde hasarı azaltmak için dağıtmaya odaklanmaktadır [74].

Deprem kodlarındaki felsefe, mal sahibine özgü performans hedeflerini karşılamaktır. Bina proje üreticileri, yalnızca kuralların gerekliliklerini yerine getirmekle kalmayıp aynı zamanda depremle ilgili maliyetler dahil ekonomik performansı da göz önünde bulunduran çeşitli tasarım seçenekleri sunmakla mükelleftir [75]]. Tasarım seçenekleri yüksek başlangıç değerine sahip en az hasara sahip bir tasarımdan, düşük bir başlangıç değerine ve yüksek hasar maliyetine sahip bir tasarıma kadar değişmektedir [76]. Bu da tasarım performanslarının seçilmelerine olanak tanımaktadır. Performans hedefi, istenen bina davranışını ifade etmektedir. Performans seviyesi ise, belirli bir deprem tasarım seviyesinden dolayı bir yapıya verilebilecek maksimum hasarın bir ifadesidir. İzin verilen hasar seviyesi, binanın görevine bağlıdır [77].

Ticari binalarda, bir depremden sonra tam olarak çalışır durumda olması gereken bir hastaneye göre daha yüksek bir hasara izin verilebilir. İzin verilen hasarın seçimini etkileyen diğer bir faktör, bina kaybının ekonomik etkisidir. Şirketin envanterinin %100' üne sahip bir binanın kaybı, şirketin envanterinin yalnızca %10'una sahip bir binanın kaybindan daha az kabul edilebilirdir [78].

Performans hedeflerinin seçimi bina finansmanı sağlayıcısına danışılarak proje yürütücüsü tarafından yapılmalıdır. Burada proje yürütücüsü olan bina üretim görevlisi, her bir performans seviyesi için hasarın ne anlama geldiğini finansman sahibine açıklayabilmelidir. Çoğunlukla mal sahipleri, geleneksel olarak tasarlanmış yapılarının şiddetli bir deprem sırasında tamamen kayba ve hatta çökmeye neden olabileceğinin farkında değildir. Finansman sahipleri gerçeği bilselerdi, eğer proje

yürütücüsü olan mühendis onlara maliyet etüdünün onarım maliyetini de içerdği bir maliyet-performans ilişkisi gösterebilirse, muhtemelen ek koruma için para ödemeye istekli olacaklardır [79]. Mühendisler çoğu zaman mal sahiplerinin ne satın aldıklarını açıklamakta zorlanırlar, bu nedenle proje sahipleri, konsepti önerilen performans seviyeleri ile ilişkilendiremezler. Dolayısıyla bu kavramlar, kullanıcılar için daha anlamlı ifadeler şeklinde yapılandırılmalıdır [80]. Tesisin istenen ömrü için bir değeri aşmama olasılığı anlamlı bir terim olabilir, bu da bu tasarım yaklaşımının uygulanmasını kolaylaştıracaktır [81].

Bir tasarım seçeneği için genel maliyete karşı aşma olasılığını (veya aşmama olasılığını) gösteren bir ifade sunulmalıdır, yani her tasarım seçeneği, her biri belirli bir aşma olasılığına sahip olan tüm maliyet değerlerinin birkaçına sahip olacaktır. Mevcut seçeneklerin her birinin değerlendirilmesinde, bu tür terimler faydalıdır. Mevcut malzemeler için yapı finansmanını bina sahibine aralarında seçim yapma fırsatı bir maliyet-fayda analiziyle verilmelidir. Bu konuyu bu terimlerle sunarak sahiplerin kafasını karıştırabilecek kavramlar, örneğin tesadüfler veya belirsizlikler gibi yer hareketi, kararını daha kolay verebilecek şekilde gizlenmektedir [82].

Hasar genellikle nitel terimlerle tanımlanır. Birçok araştırmacı, nicel hasar değerlerine ihtiyaç duyulduğu görüşünü ileri sürerler [83]. Bir yapıya verilen hasar deformasyonla ilişkili olduğundan, sınır, yapının deformasyonu üzerinde olmalıdır görüşü de örneğin; bir binanın katını sınırlayan bitişik iki kat arasındaki göreceli yanal yer değiştirme olarak tanımlanan katlar arası kayma yapısal olmayan unsurların, yapısal unsurlara etkisi ve yapısal açıdan çok yararlı bir performans göstergesi olabileceği görüşü sismik bina tasarımlarının önemli bir unsurudur [84].

Kayma kontrollü tasarımda, rijitliği belirlemek için bir yol gösterici bir kılavuz olarak beklenen tasarımın deprem etkisi altında yapının tahmini yanal yer değiştirmelerini ve binanın ağırlık gücünün kullanıldığı performans değerleri önem arz etmektedir [85]. Bu yaklaşımın anahtarı, maksimum kat kaymasının analitik değerlendirmesidir. Yapısal bir sistem için hedef tasarım yer değiştirme kapasitesi, performans hedeflerinden ve tahmini taleplerden belirlenebileceği yöntemde Eurocode8, can güvenliği için %1,5 ve çökmeye yakın seviyeler için %2 katlar arası sapma oranı

önermektedir [86]. Performans hedefleri sadece yapısal sistemin davranışında değil, aynı zamanda yapısal olmayan ve içerik hasarının kontrolüne de dayanmalıdır. Hasar kontrollü tasarım uygulamak için, bir saha sismisite çalışması yapılması bu noktada önemlidir. Bu sismisite çalışması deprem oluşma olasılığının bir fonksiyonu olarak sismik ivmelenmenin elde edilmesi gereklidir. Bu gereklilik farklı deprem seviyelerindeki yapısal tepkiyi tahmin etmek için, yapısal analiz teknikleri kullanılır. Son olarak, yapısal tepkinin hasarla ilişkilendirilmesi noktasında TBDY-2018’de önerilen sismik ivme katsayıları belirlenmiştir. Eurocode8 ile TBDY-2018’in bu noktada paralellik arz ettiği görülecektir.

2.1.3. Hasar Türleri; Yapısal ve Yapısal Olmayan Hasarların Kontrolü

Bir sismik harekete maruz kalan bir yapının hasar görmesi birçok şekilde görünebilir. Depremi neden olduğu bina hasarı yapısal, yapısal olmayan ve muhteviyat hasarlarından oluşur. Yapısal olmayan hasar, mimari hasar ile mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat hasarlarından oluşmaktadır [87].

Yapısal hasar; dikey destek bileşenleri (kolonlar, iskeleler, taşıyıcı duvarlar, temeller vb.), Yatay açıklık elemanları (döşeme levhaları, kirişler, kirişler, vb.) ve diğer binaların ölü ve hareketli yüklerini taşımak için kullanılan yapısal elemanlarda meydana gelen hasarı tanımlamaktadır. Yapısal hasar, yapısal bir bileşen bir kuvvete direnme kapasitesinin ötesinde yüklendiğinde meydana gelmektedir. Bir yapısal elemanın deforme olması iki farklı şekilde incelenebilmektedir. Bunlardan ilki kalıcı deformasyon olmadan orijinal durumuna geri dönebilen, yapı elemanının elastik aralığı içinde davranmasıdır. Buna karşın ikinci davranış biçimi; yapı elemanının, elastik aralığının ötesinde, yani elastik olmayan aralıkta bir deformasyon yaşaması halidir. Bu da yapı elemanının orijinal durumuna geri dönemeyeceği ve kalıcı olarak deforme olarak, hasar görmesi halini tanımlamaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere, betonarme yapılarda yapısal hasar, aşırı deformasyona bağlı olarak yahut tekrarlanan yük altında oluşan küçük hasarların birikmesinden kaynaklanabilmektedir [88]. Yapısal hasar, takviye çeliği hasarını, çimento agrera matrisini tanımlayabilmektedir. Bu da büyük beton deformasyonları ve donatı veriminde kayıpların kalıcı yapısal hasara neden olmasıyla sonuçlanabilmektedir [89].

Yapısal olmayan hasarlar ise; yapısal olmayan öğeler, tüm mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat bileşenlerine ek olarak bir bina sisteminde bulunan tüm mimari bileşenlerde örneğin; döşemeler, tavanlar, bölmeler, kapılar, pencereler, merdivenler, korkuluklar gibi yapısal olmayan malzemelerde meydana gelen hasarı tanımlamaktadır. Aşırı hasarın neden olduğu hasar riski yüksek olan yapısal olmayan yapı elemanlarının, yüksek şiddette bir deprem sırasında bina hareketleri sert, kırılğan dolgu duvarları, yapısal bileşenler arasında sıkıca sabitlenmiş perde pencere duvarları, birkaç kat arasındaki sürekli merdivenler veya iki veya daha fazla kat arasındaki esnek olmayan boru yükselticileri de sayılabilmektedir. Tam yükseklikte bir bölme elemanında, yapısal sistemin aşırı katlar arası kayma yaşayan katlar arasında ezilebileceğidir. Esnek tasarım yaklaşımının kullanılması, bina çökmelerinin sıklığını düşürmektedir [90].

2.2. Deprem Yükleme Testleri'nde Kolon ve Kirişlerde Kullanılacak Çelik Bulon ve Ankrajın Önemi

Döngüsel yükleme testleri, kare beton dolgulu çelik boru kolonlar ve çelik kirişler arasındaki sekiz ankrajlı kör bulonlu uzatılmış uç plaka ek yerlerinde gerçekleştirilecek ankrajlamada ise, test parametreleri arasında uç levha kalınlığı, çelik boru duvar kalınlığı, kiriş kesiti boyutu, yerel güçlendirme bağlantı yöntemi, kör bulon ankraj yöntemi ve takviyelere yer verilmesi literatüre dayalı çalışmalarda sıklıkla karşılaşılan parametrelerdir [91]. Bu eklemlerin başarısızlığı değerlendiren testlerde, histeretik davranış, sertlik, mukavemet, süneklik, mukavemet bozulması, sertlik bozulması ve enerji dağıtma kapasitesinin incelenmesi ve analizi gerekli bağıl değişken parametrelerin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır [92]. Test sonuçlarına bağlı olarak, ankrajlı kör bulonların ve yerel olarak güçlendirilmiş bir çelik borunun uygulanmasının cıvata mukavemetini tam olarak kullanabildiğini ve özellikle mukavemet ve mukavemet bozulması açısından bağlantı performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir [93]. Test gözlemleri, eklemler için üç tipik arıza modunun ortaya çıkarılmasına ve bu arıza modunun, en zayıf bileşene bağlı olduğu kanısı ise genele hâkim durumdadır [94]. Bunlara ek olarak, C-kanalının yerel olarak güçlendirilmesi ve ankraj yöntemindeki değişiklik önerileri, başlangıçtaki sertlik üzerinde sınırlı bir etki derecesine sahip olmasına dayandırıldığı çalışmaların

çoğunlukla göz ardı edildiği vurgusu literatürün önemli bir kısmını göz önüne koymaktadır [95]. Tüm bu parametreler düşünülerek bu çalışmada itme çekme testlerinin en temel olgu olarak dayanımı temellendirdiği aşikar olmaktadır [96]. Bununla birlikte uç plaka kalınlıkları ve sertleştiricilerin kullanımı eklem sertliğini önemli ölçüde arttıran bir parametredir. Bu da sertlik bozulma oranını azaltan bir yöntemi beraberinde getirmektedir. Çelik menteşenin eklemlerden dışarı doğru hareketi ile sünekliği ve enerji dağılımını önemli ölçüde artırdığı bilinen bir malzeme davranışını ortaya koymaktadır [97].

Beton dolgulu çelik boruda, kolonlarının yanal ve eksenel darbeli yüklemeye karşı davranışı literatüre dayalı bir şekilde incelendiğinde kolon ile çelik kiriş arasındaki bağlantının çarpma tepkisi hakkında bilgi eksikliğinin olduğu açıkça görülmektedir [98]. Bu boşluğu kapatmak için, yanal darbe yükleri altında, basit bir bağlantı olarak kısmi derinlikli uç plakalı ve moment dirençli bağlantı yöntemi önermesi ise incelenmeye açıkça muhtaçtır [99]. Yükleme rejimi altında bağlantı yanıtının tam kapsamlı analizleri, daha sonra bağlantıların iç kuvvetlerini ve enerji dağılımını incelemeye ilişkin yapılan bir çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenmiştir [100]:

1. Araştırılan her iki bağlantı türü olarak ankrajlanmış çelik bulon ve sıradan cıvataların arıza modları, deprem etkisi altında benzer davranış sergilemelerine rağmen, sıradan cıvatalarla tutturulmuş plakalarda daha yüksek yırtılma kırığı meydana gelmiştir.
2. Daha kalın bir uç plakanın kullanılması bağlantının moment kapasitesini arttırmış, ancak enerjinin soğurmasını azaltmıştır.
3. Uzun cıvataların performansı, bağlantıyı kopana kadar uygun süneklikle sağlamak üzerine başarılı bir performans göstermiştir.

Bu başarımlı performansı sonradan monte edilmiş çelik cıvatalar kullanılarak betonarme yassı plakaların bir güçlendirme tekniğinde kullanılabileceği argümanını sunmaktadır [101]. Bununla birlikte, bir iç döşeme-kolon bağlantısını temsil eden iki büyük ölçekli betonarme levhanın test edimesine ilişkin sonuçlar, güçlendirme tekniğinin, levhaların bükülme kırılmasına kadar yükü artırdığını ve kontrole göre levhanın sünekliğini de arttırdığını göstermektedir [102].

Güçlendirme tekniğinin başarısı: kırılma modunun kırılma delme kesme modundan sünek eğilme kırılma moduna değiştirilmesine de katkı sağlamaktadır. Testlerden elde edilen kesme dirençleri, analitik yöntemle tahmin edilenlerle karşılaştırılmış ve makul bir uyum gözlenmiştir [100]. Burkulma sınırlandırılmış çelik plaka perde duvarların kayma taşınımı, gerilme dağılımlarına göre geliştirilmeyi gerekli kılmaktadır. Bu nedenle malzemenin davranış biçimini belirlemede itme çekme testleri önemli olmaktadır. Kayma taşıma kapasitesi daima panelin etkili kesme alanı ve kenar destek elemanları tarafından sağlanmaktadır. Burkulmanın sınırlandırılması, çelik plaka perde duvarların kayma taşıma kapasitesi için tek tip bir formül geliştirilmesi yönünde bir engel teşkil etmektedir. Bu sebeple deneysel çalışmalarda, 0.5 ila 2.0 pratik en-boy oranları aralıklarının sıklıkla kullanılması söz konusudur [101]. Etkili kesme alanı belirlenmesi, sadece kirişlerle bağlanan perde duvarlarının tüm panelin % 20 ila 55'i oranında değişmesi ve taşıma kapasitesinin % 10 ila 52 oranında azalması; kirişler hem de kolonlarla bağlantılı duvarlar ile karşılaştırıldığında, emniyet marjının, kiriş ve kolonlarla birbirine bağlanan duvarlara ve köşelerde önceden yırtılma nedeniyle yan kolon eklentisi bulunan duvarlara göre daha düşük olması, sonradan güçlendirme çalışmalarının yapılmasını gerekli kılacaktır [105]. Bu da sadece kirişlerle bağlanan duvarların, her iki dikey kenarında sütun eklemelenmesini gerekli kılacaktır ki; maliyet analizi sağlanırsa yapılacak bu son eklemlemelerin bina üretim maliyetini arttırmasını da beraberinde getirecektir [100]. Bu noktada tüm panelde etkili bir kayma gerilimi alanı sağlamak için yan kolon kesit alanlarının gerekliliği TBDY-2018'de kolon ve kesit alanları başlığında ele alınmaktadır [1].

TBDY-2018 kesit alanlarına uygun olarak kolon ve bileşimlerini taşıyan ankrajlanmış bulonlara önemli bir görev yüklemektedir. Ankrajlı bulonların davranışları hesaplamaları ve güçlendirme deneylerine 3. Bölümde yer verilmektedir.

3. ANKRAJLI BULONLARIN DEPREM ETKİSİNE KARŞI GÜÇLENDİRİLMESİ TASARIMI VE UYGULAMA DENEYLERİ

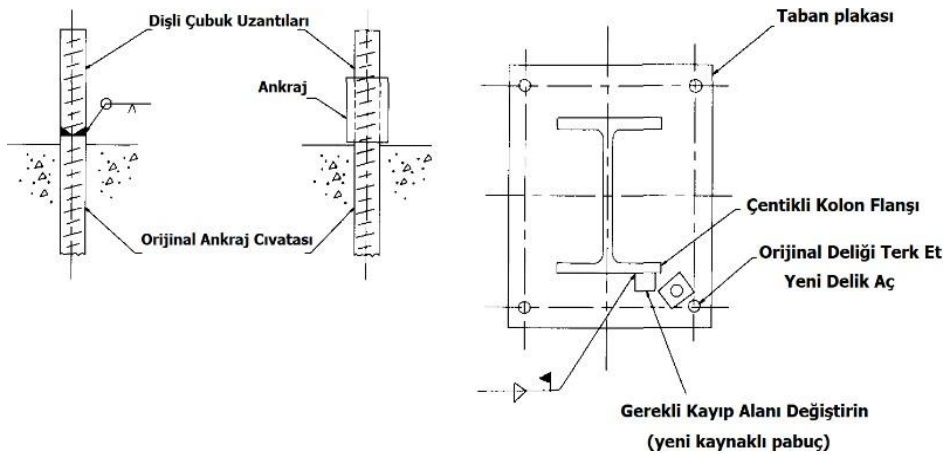
Normal kolon taban kesme kuvvetleri yeterli olan eksenel basınç yükü nedeniyle sürtünmeye karşı direnç gösterilen dirençle ortaya konmaktadır. Genel yaklaşımda ek taban kesme dayanımından çok, gerinimi karşılamak üzere ankrajlanmış alana odaklanılmasını gerekli kılmaktadır. Genel yaklaşımda vaka örnekleri, sert çerçeveler için önerilen bağlantılarda yükselme meydana gelirse, uygulanan sürtünme direnci aşılar ve kesme kuvveti, direnmenin dört ana emasında ele alınmaktadır. Bunlar: sürtünme gelişimindeki somun içine tutturulacak cıvatanın adımıyla dış atlaması, ankrajlamadaki somun yatağı, somun kullanımı ve kesme kulpları, sütun tabanının gömülmesini içermektedir. Bu yaklaşımda sürtünme, eksenel sıkıştırma yükünden kaynaklandığı varsayılmaktadır. LRFD Spesifikasyonuna ilişkin en temel varsayımlar AISC 1986'ya dayanmaktadır. Bu yaklaşımda sürtünme katsayısının (μ), karşılanması için yerleştirilen betonarme yapı için 0.90 olmasını gerektirmektedir [101]. Genel yaklaşımda betonarme yapı ile zemin temas düzleminde haddelenmiş çelik, tam plaka kalınlığı beton yüzeyin altında; 0.70 beton veya harç için temas düzlemi ile haddelenmiş çeliğe karşı yerleştirilmiş beton yüzey ile çakışık; 0.55 harç için, harç ve harç arasındaki temas düzlemi koşullarının beton yüzeyin üzerinde haddelenmiş çeliğin konumlandırılmasında, TBDY ve Eurocod'a göre bu değerler sınır durum koşullarını belirlemektedir. ASD için bu değerler μ , 2.0'a eşit bir güvenlik faktörü ile kullanılması gerekliliğini beraberinde getirmektedir.

Genel yaklaşımda Trezos'a göre, eksenel basınç yükünün yüksek oranda tahmin sapması ve bu nedenle ölü yükün %75'inin hesaplanmasında kullanılması sürtünme direncinin yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Kesme ayrıca ankraj cıvataları ile de dirençlenebileceği için kayma sürtünmesinin veya yatağın gelişmesi için kullanılabilmesi ile mümkün olmaktadır [74]. Kesme sürtünmesi, bağlayıcı ekipmanlarda bir kenetleme kuvvetinin var olmasını gerektirmektedir. Kesme sırasında, ankraj cıvatası somunları sıkıldığında, plakaya karşı bir direncin meydana gelmesine yol açmaktadır [98]. Yine tasarıma ilişkin genel yaklaşımda, Jeddi ve arkadaşlarına göre, kenetleme kuvvetinde ve taban plakası ankrajında da yeterince

sıkılmamış cıvatalardan sismik etki altındayken telafi edilmeyecek sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu sorunlar arasında, sıkılmamış civatanın bitiştirindeki betonda yanal çatlamasına (bıçakla kesilmiş bir görüme sahip olarak) kopması ile sonuçlanması da yer almaktadır [72].

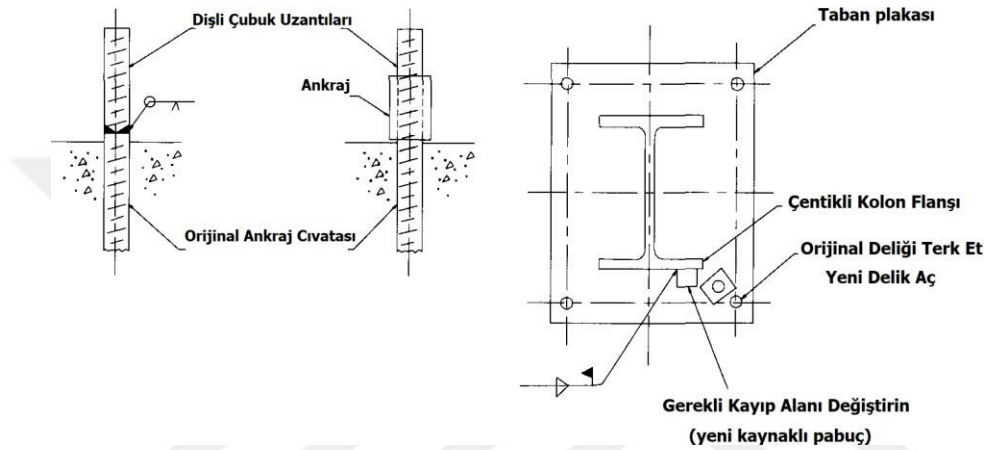
Yukarıdaki çalışmalarda belirtildiğı üzere kayma sirtünmesi kenetlemeye bağıdır ve bu da ankrajların önemini ortaya çıkarmaktadır. Ankraj gerginliğı taban yatağıında bulunan ankraj cıvatalarının gerginliğinin önemini de yansıtmaktadır. Ankrajın sabitlenmesi sırasında cıvataların sıkıştırılması, normal uygulamada harcın kendi yolunda ilerlemeye devam etmesi ile akışkanlığının kontrolü noktasında cıvata ile plaka arasındaki taşıma kapasitesini üstlenen çelik bulunun taşıma kapasitesinden çok daha küçük olmasını gerektirmektedir. Bu noktada yapı tasarımında, uygun malzemenin seçiminin sismik etkisine direnç ve salınım ile karşı koyması için belirleme seçeneklerini sunmaktadır. Genel tasarım yaklaşımında, cıvatalar kesilmeye direnmek için kullanılabilir [75].

Bu durumda, kenetleme yoluyla kesme aktarımı geliştirmek için zemin yatağı ve bina elemanlarının birleşiminin sismik dirence katkısını inceleyen çalışmalarda ankraj pabuçlarının kullanımına ayrıca yer verildiğı görülmektedir. Buna örnek olarak yapılan bir tasarımda, Kwan ve ark. [65] çalışmasındaki ankrajın sıkıştırılmasına ilişkin gösterimine Şekil 3.1.'de yer verilmektedir.



Şekil 3.1. Ankrajın Sıkıştırılması Sırasında Oluşan Hatalar ve Hata Düzeltmeleri

Ankraj pabucu, çelik borunun betona ankrajlanması için kullanılan bir plakadır ve taban plakasının altına dik olarak kaynaklanması klasik tasarım yaklaşımlarından biri olarak kabul edilmektedir. Ankraj kuvvetinin ölçümü için, daha taban plakasının hareketi ile ölçülmektedir [68]. Bu ölçüm geleneksel tasarımda Kwan ve ark. [65] tarafından Şekil.3.2.'de yer alan tasarımla sunulmaktadır.



Şekil 3.2. Ankraj Pabuçlarının Yerleşimi Direktiflerinin Uygulanması

Geleneksel tasarımda ankraj pabuçları için yerleşimine yönelik olarak, daha fazla test yapılmasının önemi herhangi bir başarısızlıkta, bir beton plakanın kopmasına neden olduğu gözlemlerinden ileri gelmektedir [83].

Geleneksel tasarım yaklaşımları, bilgi eksikliğinden kaynaklanan başarısızlıkların önüne geçilmesi bu yolla giderimesini kapsamaktadır. Geleneksel tasarımda, betondaki izin verilen yatak gerinimi ve tasarım elemanlarının sınır değerleri ile güçlendirilmiş tasarım yaklaşımları da aynı yöntemi kullanmakla birlikte üst sınırın en geniş çapta belirlenmesi için kullanılmaktadır [86]. Geleneksel tasarım yaklaşımındaki izin verilenlerin kullanımıyla yazılan şartnameler ve sismik etki altındaki gözlemlere dayanarak deprem yönetmeliklerinin yazılmasına katkı sunmaktadır. Bina tasarımları için üretilen yaklaşımlarda, sismik etkide harcın tam taşıma potansiyelini hesaba katılarak ankraj hesaplamalarını gerekli kılmaktadır [87].

Geleneksel tasarımda, 0,35 değeriyle eşit sınırlandırılmamış izin verilen yatak gerilmesi, plakanın bir kısmına dayandığını varsayar ve beton temele bitişik, yani plakanın altındaki harçta yer alan üst kısım Rulman cetveli bu yükseklik boyunca tekdüze olarak dağılacak şekilde toplanarak hesaplanmaktadır. Kirişler, bu temel değerle zemin yatağı ve bina elemanlarının boyutlandırılmasını sağlamak üzere kullanılmaktadır [98].

Ankraj pabucunun yerleştirilmesinde, geleneksel olarak uygulanan tasarımında taban plakası ile beton temel birleşiminde yeterli sayıda ankraj pabucunun etrafına harç yerleştirilmesini esas almaktadır. Daha sert harçları gerektiren tasarımlarda ise, harç delikleri kullanmak ve beton destekteki çentikli çelik plakanın ötesine uzanan bir yan yerleştirme bağlantı elemanının kullanımına yönelim sağlanmaktadır. Geleneksel tasarımdan farklı olarak çeliğin direkt olarak betonun içine ankrajlanması ise deprem direncinin artmasına yönelik önerilen tasarım yaklaşımını sunmaktadır. Önerilen yöntemde makas, harç yoluyla aktarılır yatay ve gerekli gömme derinliği harcın taşıma kapasitesine bağlı olarak değişmektedir [87].

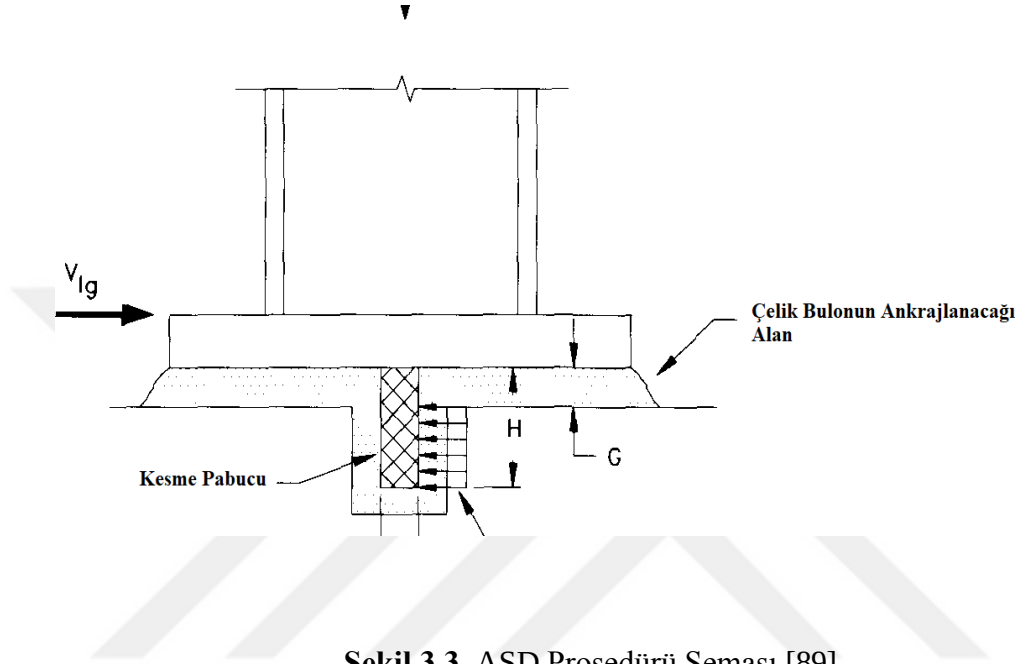
Daha geleneksel olan tasarımlarda bu değer Goldman tasarım değeri olan 0,5 ksi basınç ile planlamak için kullanılmaktadır [93].

3.1 Çeliğin Betona Ankraji için Kullanılan Geleneksel Yaklaşımlar

Depreme karşı dayanıklı tasarımların geliştirilmesine yönelik olarak tasarım yaklaşımlarında, sürtünme katsayısı hesaplamalarına önem verilmektedir. Örneğin LRFD Spesifikasyonundan bir faktör ile sürtünme ASD prosedürü için 2.0 değerinin kabulü genellikle tasarımın güvenli tasarım olarak kabulünü getirmektedir. Bu genel kabul LRFD için, uygun yük faktörlerinin kullanılmış olup olmadığını inceleyerek sağlanmaktadır. Kullanılan yük, bina elemanlarının sabit yük hesaplamasını ve ilave olarak hareketli yüklerin bir kısmını içerecek şekilde hesaplanmaktadır. Aynı biçimde ankraj pabucunun yerleştirilmesine yönelik olarak da tavsiye edilen değerler, izin verilen yatak gerilimine göre dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır.

Örneğin; İzin Verilen Stres Tasarımı (ASD) değerinin 0.85, ve Yük ve Direnç Faktörü Tasarımı (LRFD)'nin 0,60 olarak kabul edildiği bir geleneksel yaklaşımda, ankraj

pabucu kalınlığının ihmal edilmesini kimi zaman mümkündür. ASD Prosedürü gereği: Bina statik yükünün yarısına eşit olan sürtünme katsayısının kabulü ile hareketli canlı yükün bu toplama dahil edilmesi, ankraj kuvvetinin artmasını gerektirirken ankrajın dayanımı, pabuç, ile sonradan uygulanan civatının dayanımı arasındaki farka eşit olur. Bu aynı zamanda sürtünme direncine eşit olarak kabul edilir. Bu örneğe dair ASD prosedürünü gösterir bir şekle Şekil.3.3.'te yer verilmektedir [89].



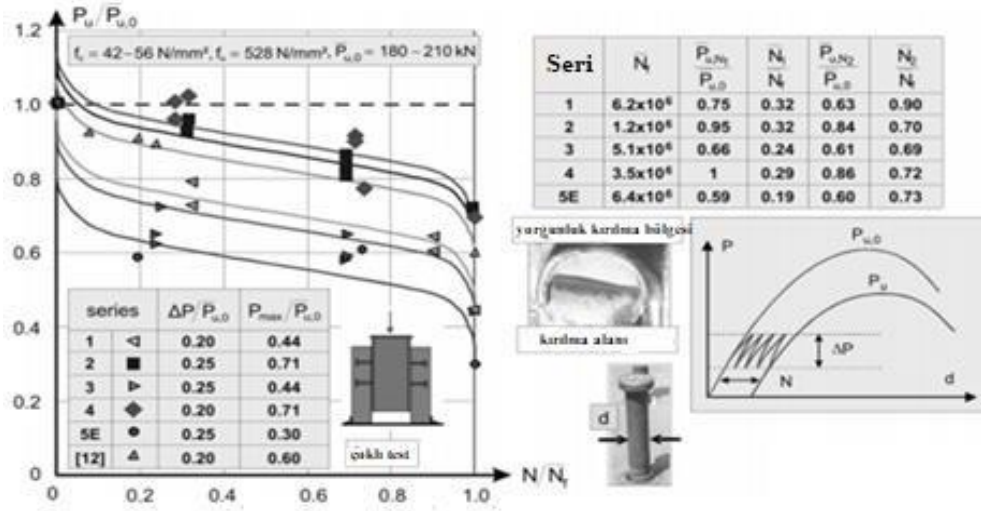
Şekil 3.3. ASD Prosedürü Şeması [89]

3.2 Önerilen Tasarım Yaklaşımı Arka planı

Sabit ve hareketli yüklerin varlığı geleneksel tasarım yaklaşımlarının sıklıkla test edilmesinin bunun için de değişken yüklerin dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle köprülerde bu kesme saplamaları sürekli artan bir sayıya maruz kalır yapının ömrü boyunca yorulmadan kaynaklı bozunmaya yol açabilen yüksek devirli yükler olduğu göz önünde bulundurularak gerek Avrupa standartları (EN 1994-1-1 ve EN 1994-2) nihai yük kapasitesinin , ankraj kesme saplamalarının yorulma ömrünün belirlenmesinde önemli rol üstlendiğini, nihai limit durumu, servis edilebilirlik limiti durumu ve yorgunluk limitinde ayrı ve bağımsız doğrulamalarla gerçekleştirmiş, gerek se TBDY 2018 de nihai yük kapasitesinin hesaplanması için farklı statik hesaplama yöntemleri sunulmaktadır.

Genel anlamda yorulma direnci, malzemenin nominal gerilme aralıklarına sahip bir konsepte dayalı olarak çelik yapılarla karşılaştırılabilir şekilde doğrulanmaktadır. Palmgren ve Miner'e göre doğrusal hasar birikimi kuralı nedeniyle ön hasarın etkileri yüksek devirli yüklemeye ihmal edilmektedir. Ancak, donatıların yerleştirilmesinde belli alanda yapılan(örneğin alt pabuç ile bina yüzeyi ile kesiştiği yerde meydana gelen) ankrak çapındaki döngüsel yüklenme statik mukavemetin azalmasına yol açmaktadır, bu da bağımsız limit durumlar için tek sabit bir değerin varlığının kabulünü bir noktada güvenli bulunsada devir yükü ile orantılı olarak makasın tasarım ömrünü, saplamalar, deformasyon davranışında önemli bir değişiklik ve güçte bozulma ile karakterize olduğu gerçekliğini göz ardı etmeyi doğurabilmektedir. Yorulma yüküne maruz kalan çelik ve beton bileşimiyle üretilen yapıların güvenilirlik endeksini yönetmeliklerde belirtilen hedef değerlerin altına düşebilmesine yol açabilmektedir. Bu arka planda 90'dan fazla kapsamlı bir program standart EC4-itme ve kesme deneylerinin yapılmasını sağlamak üzere birçok örneklem sunmaktadır. Bu örneklem bir yapıyı incelemek ve saplama ayağından çatlak yayılması ve betonu çevreleyen betonun yerel hasarı yüksek devirli yüklemenin ilgili sonuçları olarak meydana gelen saplamaların incelenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

Döngüsel yükleme parametreleri için bir referans değer olarak alınan nihai statik yükün ortalama değerini belirlemek için statik testleri yaptıktan sonra, statik mukavemet pik yükün değerine düşürülmesi de bu test yöntemlerinden birini sunmaktadır. Her saplama ayağında erken bir çatlak başlangıcı ve ardından uzun bir çatlak ilerlemesi aşaması nedeniyle kritik bir çatlak uzunluğuna kadar, tüm test serilerinde statik mukavemet her birinin %10-30'undan sonra azalır ortalama yaşam süresinin azalması anlamına gelecektir Şekil. 3.4.'te Bir yorulma kırılması deneyine yer verilmektedir.

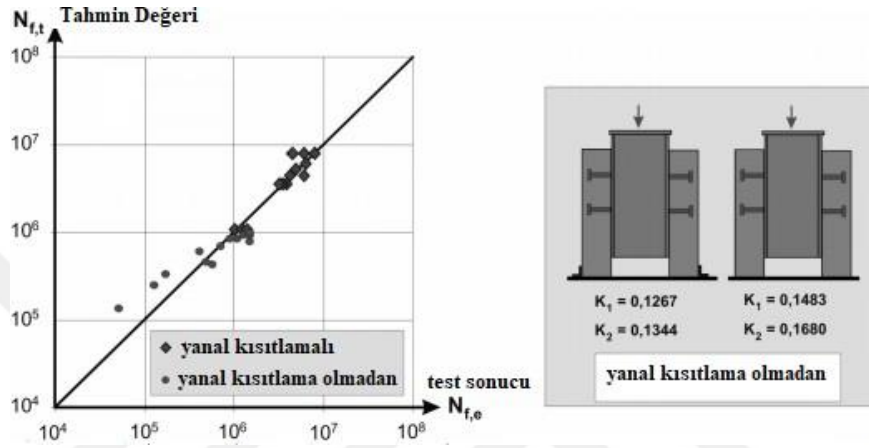


Şekil 3.4. Test Parametresi - Yüksek Döngü Yükleme Örneği Nedeniyle Statik Dayanımın Ömrünün Azalması

Bu testler 0.20 -ve 0.25 arasında sadece küçük bir göreceli yük aralığını kapsamaması halinde, ek değerlerle daha fazla test dikkate alınabiliyorsa regresyon analizi tekrarlanarak daha sağlıklı değerlerin elde edilmesini ve yeni bir modelin sunulmasını sağlayacaktır [72-78].

Statik testlerin sonuçları, teorik modelin tahmini ile uyumludur. Eurocode 4, Denklem 2.1.'de verilmiştir. Sırasıyla betonun deformasyon dayanımı $=P_{fc}$, mve ankrajın saplanması $=P_{fs}$, m durumunda kayma direnci açıklanmış olacaktır [87]. Düşük beton mukavemeti durumunda kayma direncinin sadece başarısızlık ile belirlendiği şaftın alt kısmında kalan beton dayanan bu model yüksek beton mukavemeti durumunda, makaslamanın direnç ankraj sapının kesme direnci ile belirlenmektedir. F_c ve E_{cm} , silindir basınç dayanımı ve silindirlerin sekant esneklik modülüdür. Beton, sırasıyla, EN 1992-1-1 ve d ve f_u 'ya uygun olarak, sap ve kesme saplamasının çekme dayanımlarını ifade etmektedir. Azaltılmış statik güç tepe değerine ulaştığında, yorulma sınır durumunu, verilen yük belirlemektedir. Bu nedenle, dışarı itilen numunelerde yorulma ömrü sadece yükten etkilenmez. P aralığı, aynı zamanda P_{max} tepe yükü ve P_u , 0 statik direnci ile açıklanabilmektedir. Bu etkileri dikkate almak için ulusal ve uluslararası yorulma testleri yeniden analiz edilmesi çoğunlukla Eurocode 4

gereksinimlerini karşılayan test numuneleri içeren testlerin dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır [81-84]. Aynı ilişki Eurocode 4 verileriyle Türkiye yerel uygulamayı için yapılan hesaplamalarla TBDY-2018 yönetmeliği ile de belirlenmiştir. 26 test kuralı olarak belirlenen testler genellikle beton ve çelik malzemelerden oluşan yapıların makas davranışlarını belirlemektedirler. 26 Test parametresine ilişkin malzemelerin yaklaşık alt sınırını gösteren deneysel yapıya Şekil 3.5'te yer verilmektedir [100].



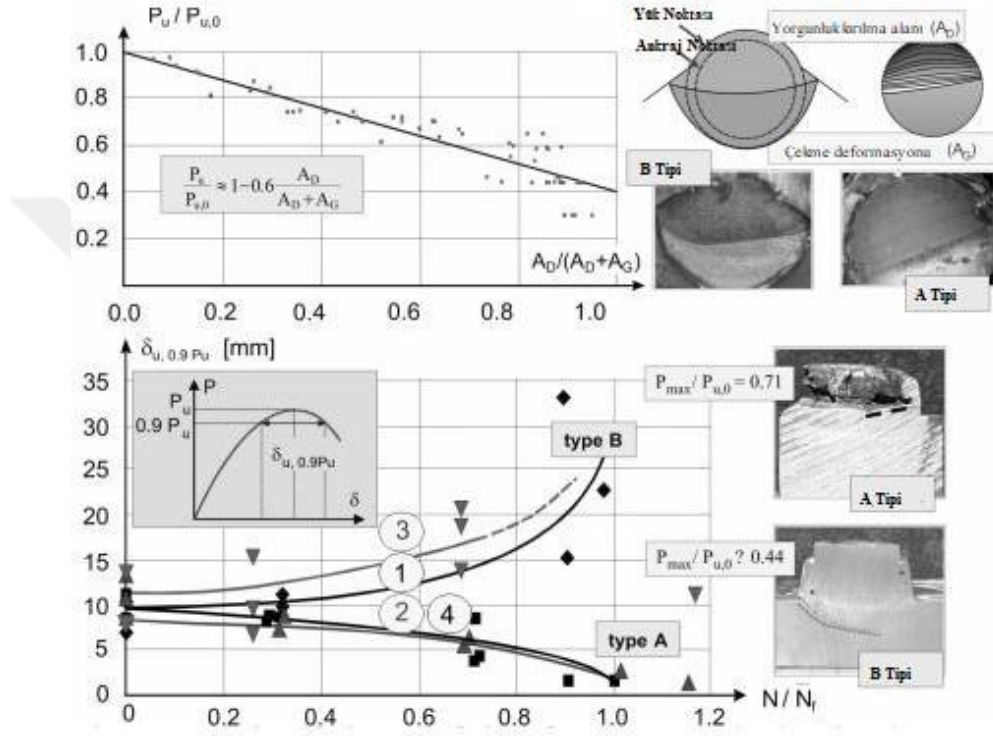
Şekil 3.5. Teorik ve Deneysel Olarak Malzemenin Yorulma Ömrünün Belirlenmesi Eurocode 4 (26 Test Parametresi ile)[100].

TBDY-2018 'de belirtilen bu sınır değerler kullanılarak deney arka planının kullanımı ile 26 teste dayanan doğrusal bir regresyon modelinin kısıtlı bir analizi bu çalışma kapsamında kullanılmaktadır.

Beton plakaların destekleyici durumu ile ilgili olarak, analiz, Şekil 2'de verilen K1 ve K2 parametresinin, donatılı ve donatısız ekipmanlara bağlı olarak belirlenmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Döngü yüklü kirişlerin sayısal simülasyonlarında "yanal kısıtlamalı" durum değerleri kullanılmalıdır. Yine bu model, araştırılan parametre aralıkları dışında dikkatle kullanılmalıdır.

Eurocode 4'e göre yapılan bu deneyde önyüklemekten sonra yapılan statik testlerden, yük sapma davranışının, kendisi ile yakından ilişkili olan çatlak oluşumundan önemli

ölçüde tepe yük seviyesi etkilendiği bulunmuştur. Çok yüksek tepe yükleri, Şekil 3.6.'da gösterilen çatlak tipi A gibi çatlak ayağı boyunca yatay çatlaklara neden olur. Bu formasyon, kullanım ömrü boyunca sünekliğin kademeli olarak azalmasına neden olur ve değerler, kodların hedef değerlerinin altına düşmesine neden olan bu tip çatlaklar, azaltılmış statik mukavemet ile yorulma çatlama bölgesinin büyüklüğü arasında neredeyse doğrusal bir korelasyon olduğunu göstermektedir [100].



Şekil 3.6. A Tipi Yorulma Kırığı Alanı ve Düşük Statik Güç Arasındaki İlişki – B Tipi Yüksek Döngü Yüklemesinden Sonra Süneklik

3.3 TBDY'ye Göre Önerilen Tasarım Yaklaşımının Ölçülmesi

Çelik çapraz profillerle düzlem dışı güçlendirmelerde elemanlara veya düğüm noktalarında bağlantı elemanı olarak kullanılan ankrajların kesme performansının belirlenmesi statik analizlerin güvenilirliği bakımında çok büyük bir önem taşımaktadır. Binaların dıştan düzlem dışı, çelik çaprazlarla güçlendirilmesi yöntemi, diğer güçlendirme yöntemlerine göre daha kolay uygulanabilen, ekonomik ve hızlı olup, yapının boşaltılmasını gerektirmeden uygulanabilir bir yöntem olması nedeniyle

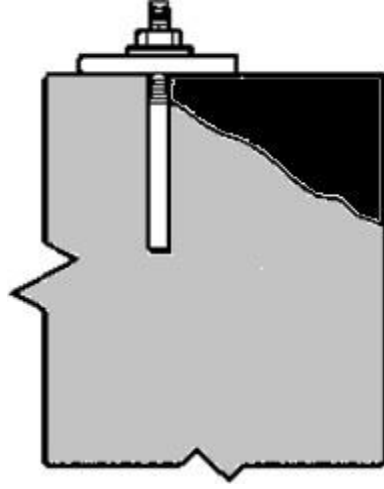
ayrık nizam mevcut binaların güçlendirilmesi için tercih edileceği düşünülmektedir. Bu yöntem uygulanırken, mevcut binaya bağlantısı yapılacak güçlendirme elemanının seçimi ve bağlantı detayının doğru şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Düzlem dışı güçlendirmelerde mevcut binanın taşıyıcı elemanlarına yapılacak bağlantı ankrajlarının çap ve derinliğine bağlı olarak kesme kapasitesi belirlenirken, ankrajların çelik levha tarafında ezilme ve makaslama güvenlik kuvvetini aşmamasının yanında, betonda da ezilme oluşmayacak şekilde belirlenmesini gerektirmektedir.

Bu noktada ankraj dübellerin beton üzerinde muhtemel hasarlarından bahsetmek gerekli görülmektedir. Ankraj dübelleri beton üzerinde çeşitli deformasyon arızalarına neden olabilmektedir. Örneğin ankraj dübelinin beton yapı içerisine çakılması sırasında uygulanan kesme kuvveti ile birlikte betonun kenara yakın bir alandan kopması veya ankraj dübelinin ortalığı durumlarda orta alanda meydana gelebilecek beton göçmesi söz konusu olabilmektedir. Bu deformasyonlara ilişkin görsellere Şekil 3.7. ve Şekil 3.8.' de yer verilmektedir [102].

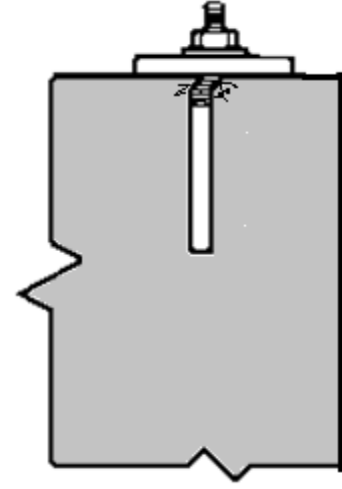
ACI 318 (2005) göre betona ankrajlanmış dübeller, maksimum kesme kapasitesine ulaştığında 3 farklı göçme durumu oluşturmaktadır. Bu durumlar şöyledir;

- Kenar bölgede beton kopması
- Ara bölgelerde beton göçmesi
- Ankraj dübeli hasarı şeklindedir.

Üç farklı göçme durumu için yapılan hesaplara göre en düşük dayanıma sahip göçme durumu ankraj kapasitesini belirlemektedir [103].



Şekil 3.7. Ankraj Dübeli Hesaplarında Yerleşim Hatası Nedeniyle Kenara Yakın Bir Alanda Meydana Gelen Beton Kopması



Şekil 3.8. Hatalı Ankraj Dübeli Yerleşim Hesaplaması ile Orta Alan Beton Yüzeyi Göçmesi ve Ankraj Ezilmesi

4. DENEY DÜZENEKLERİNİN HAZIRLANMASI

4.1. Deney Düzeneginin ve Numunelerinin Hazırlanması

Bu çalışmaya katkı sağlayan tasarımın deney düzeneği için ilk olarak Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Yapı Mekanigi Laboratuvarında toplam 40 adet 15 x 15 x 15 cm ebatlarında küp numuneler hazırlanmıştır. Deney numuneleri hazırlanırken beton dayanımları ve ankraj derinlikleri değişken tasarlanmıştır. Bu değişkenlere göre testler yapılmıştır. Ankraj edilen dübel adeti ve çapı her küp numune çifti için sabit tutulmuştur. Önerilen tasarım başlığındaki gerekliliklerin incelendiği bu deneysel çalışmada, TBDY-2018 Yönetmeliği'ne dayanarak oluşturulan şartnameye dayanarak, alt limit değeri olan 25 Mpa'nın altında düşük mukavemetli 15x15x15 cm'lik 20 çift beton küp numune hazırlanarak deneyin veri seti oluşturulmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Küp Numune Resimleri

Bu veri setinde Schmidt Çekici, beton malzemenin dayanımını ölçmek için okumalar yapılmak üzere kullanılmıştır. Çelik ankraj dübellerinde kesme göçmesi olmaması için

Ø10'luk çelik ankraj dübelleri alınarak deney veri setine eklenmiştir. Küp numune çiftlerine 12 mm çapında delikler açılarak, 1'er adet 10 mm çapında çakma çelik dübeller ankraj edilmiştir (Şekil 4.2).



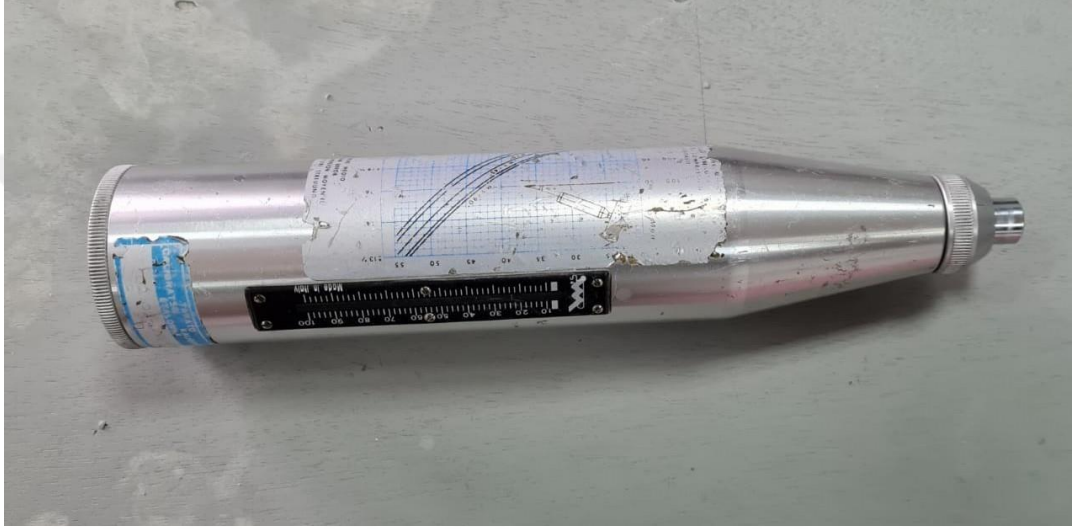
Şekil 4.2. Mekanik Ankraj Yöntemi Uygulanan Ø10'luk Ankraj Bulonları

Ankraj yerleşim hesaplaması yapılırken, kesme kuvvetlerinin de dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Bu çalışma sırasında kullanılan deney numunelerinin özelliklerine Çizelge 4.1.'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.1. İtme-Kesme Testine Tabi Tutulan Deney Numunelerinin Özellikleri

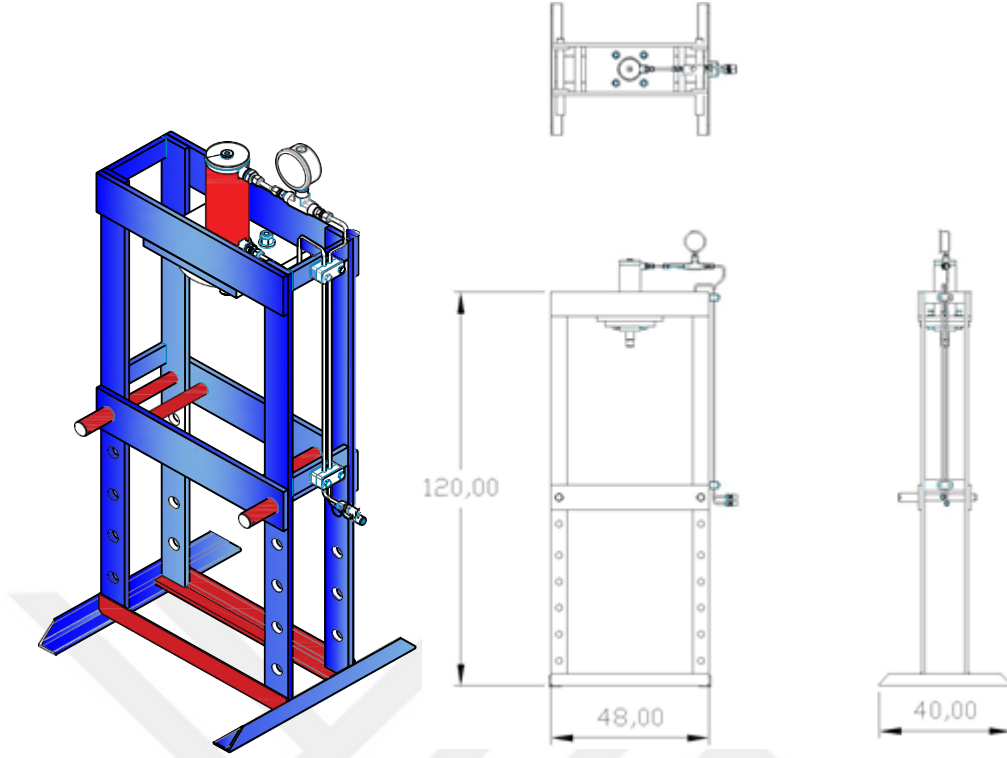
Numune No	Ağırlık (kg)	Küp Numune Boyutları (cm)	Numune Öze liği
1	8,42	15x15x15	Donatılı
2	7,58	15x15x15	Donatısız
3	7,52	15x15x15	Donatısız
4	7,42	15x15x15	Donatısız
5	7,4	15x15x15	Donatısız
6	8,38	15x15x15	Donatılı
7	7,24	15x15x15	Donatısız
8	7,52	15x15x15	Donatısız
9	7,56	15x15x15	Donatısız
10	8,3	15x15x15	Donatılı
11	8,02	15x15x15	Donatılı
12	7,62	15x15x15	Donatısız
13	7,4	15x15x15	Donatısız
14	7,88	15x15x15	Donatılı
15	7,28	15x15x15	Donatısız
16	7,24	15x15x15	Donatısız
17	7,38	15x15x15	Donatısız
18	7,38	15x15x15	Donatısız
19	7,4	15x15x15	Donatısız
20	7,24	15x15x15	Donatısız
21	7,98	15x15x15	Donatılı
22	7,36	15x15x15	Donatısız
23	8,5	15x15x15	Donatılı
24	8,22	15x15x15	Donatılı
25	7,66	15x15x15	Donatısız
26	7,56	15x15x15	Donatısız
27	7,62	15x15x15	Donatısız
28	7,08	15x15x15	Donatısız
29	7,3	15x15x15	Donatısız
30	7,32	15x15x15	Donatısız
31	7,68	15x15x15	Donatısız
32	7,24	15x15x15	Donatısız
33	7,16	15x15x15	Donatısız
34	7,48	15x15x15	Donatısız
35	7,24	15x15x15	Donatısız
36	7,38	15x15x15	Donatısız
37	7,24	15x15x15	Donatısız
38	7,68	15x15x15	Donatısız
39	7,58	15x15x15	Donatısız
40	7,68	15x15x15	Donatısız

Deney seti oluşturulurken malzemelerin kuvvet etkilerine karşı dayanımlarının gözlemlenmesi gerektiği düşünülerek bir ölçüm cihazına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu işlem için Schmidt Çekici okumalar yapmak üzere hazır edilmiştir. Schmidt Çekici betonun yüzey sertliğini ölçebilmektedir. Kullandığımız test çekici N Tipi sertleşmiş betonun basınç dayanımı özelliklerinin hasarsız yöntem ölçülmesinde kullanılan bir schmidt çekici türüdür. Test çekici 10-70 N/mm² ölçüm aralığı ve 2,207 Nm darbe enerjisine sahiptir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Kullanılan Schmidt Çekici

Deneyde kullanılan bir başka ekipman ise hidrolik yağ krikosudur. Bu kriko kullanılarak deney sırasında betona ankrajlanmış çelik bulonların ve betonarme malzeme davranışının yük altında (itme çekme ve kesme yükleri) altındaki davranışları için yük eğrisi oluşturabilmek ve farklı numunelerin farklı yükler altındaki dayanımlarını belirlemek üzere kullanılmıştır. Kullanılan hidrolik yağ krikosunun şematik gösterimine Şekil 4.4.'de yer verilmektedir.



Şekil 4.4. On Ton Kapasiteli Hidrolik Yağ Pompalı Kriko ve Çerçevesi

Şekil 4.4.'de de görüleceği üzere deney setinde yer alan hidrolik yağ krikosu destek ayakları arasındaki mesafe 40 cm boyu 120 cm ve eni 48 cm'dir. Deney sırasında kenar dirseklerin, betona ankrajlanmış beton ve bağlı ankrajlı halde bulunan çelik bulonların davranışı için 60 cm yükseklikte ortalanarak asılı bulunacaktır. 10 ton kapasiteli hidrolik prese ait teknik detaylara Çizelge 4.2.'de yer verilmektedir.

Çizelge 4.2. 10 Ton Kapasiteli Hidrolik Pres Ölçüleri

Pres Kapasitesi	10 Ton
Pres Yüksekliği	120 Cm
Genişlik	48 Cm
Kriko Başlık Çapı	45 mm

Deney sırasında elde edilen bir görsele Şekil 4.5.'de yer verilmektedir.



Şekil 4.5. Deney Sırasında Hidrolik Pres Kullanımı

Şekil 4.5.'de görüldüğü üzere Çizelge 4.4.' de verilen aynı beton dayanımına sahip olan tüm numuneler hidrolik yağ krikosu ile itme ve kesme testlerine tabi tutulmuşlardır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde tüm numune davranışlarına yer verilecektir. Deney sırasında, Şekil 4.5.'de yer aldığı üzere ikili şekilde numuneler gruplandırılmış ve birlikte teste tabi tutulmuşlardır. Bu bilgiye deneyin ilerleyen bölümlerinde tekrar yer verilmesi planlanmaktadır.

Son olarak deneyde kullanılan su ve çimento oranı hesaplanarak betonun oluşması için 28 gün kürlenmesinin gerçekleştirildiği küp şeklindeki kürleme tankı kullanılmıştır.

4.2. Deneyin Amacı

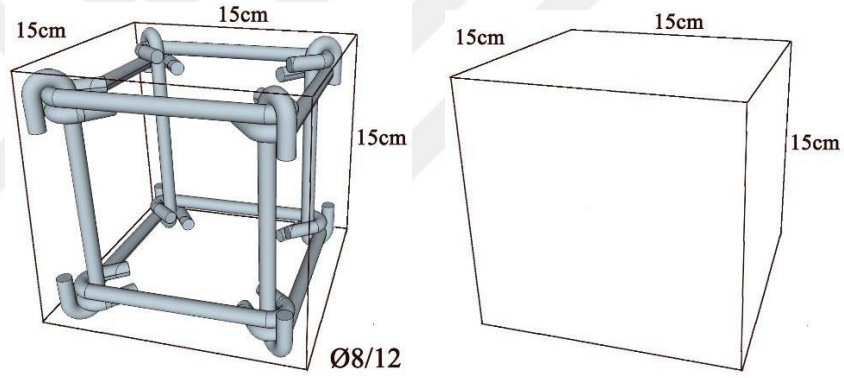
Tüm deney veri seti ekipmanları itme-kesme testine tabi tutularak donatılı ve donatısız farklı beton dayanımlarının bulunarak sismik etki altında davranışlarını kontrol etmek üzere uygun ankraj derinliklerinin tespit edilmesidir.

Bunun için çelik ankraj dübellerinin kesme performansının incelenmesiyle uygun modelin eldesi için kullanımı amaçlanmıştır. Numunelerden elde edilen sayısal verilerle istatistiksel analizin yapılması, ankraj derinliği ve beton dayanımına bağlı

olarak elik dübelin kesme kapasitesinin incelenmesiyle tahmini bağıntı modeller elde ederek performans ölçümlerinin değerlendirilmesine yönelik hizmet etmek ve deprem etkisi altında en iyi performansı tespit edebilmek amaçlanmıştır.

4.3. Deneyin Yapılması

Farklı dayanıma sahip küp numuneler elde etmek amacıyla karışımdaki su/imento oranı değiştirilerek, farklı dayanımlarda 20 çift 15x15x15 cm ebatlarında beton küp numuneler hazırlanmıştır. Betonarme donatının ankraj donatısının kesme performansına katkısını belirleyebilmek için küp numunelerin 8 adedine, 8 donatı kübik formda bağ telleri ile bağlanarak kp kalıplara yerleştirilmiştir. Bu numuneler 1,6,10,11,14,21,23, ve 24 nolu numunelerdir (şekil 4.6).



şekil 4.6. Donatılı ve Donatısız Kp Modellemesi

Hazırlanan beton karışımları kalıpların içerisine dökülerek elik çubuk yardımıyla kalıp içerisinde hiç boşluk bırakılmadan yayılması sağlanmıştır. Beton döküldükten sonra oda şartlarında bulunan kr tankında 28 gün boyunca kr edilmiştir.

Deney gününde numunelerden alınan 3'er adet Schmidt eki okumasının aritmetik ortalaması alınarak, beton numuneleri eşleştirilmiştir ASTM (2013).

Eşleştirilen her bir numune çiftine farklı derinliklerde ve dübel kılıfından 2 mm daha geniş açılan deliklere elik dübeller çakılarak ankre edilmiştir. 20 adet deney

numunesi, U150 bir elik profilin başlıklarına ortalı bir şekilde simetrik olarak açılmış deliklerden, eşleştirilen küplerin elik dübelleri geçirilerek somunları elle sıkılarak oluşturulmuştur [102] (TS-500) (şekil 4.7.).



şekil 4.7. U150 elik Profil

Deney numuneler; 10 ton kapasiteli, krik o başlık çapı 45 mm olan yağ pompalı krik o ve yüksekliği 120 cm, taban alanı 40x48 cm² olan elik ereve kullanılarak yapılmıştır. Krikoya ilişkin teknik detaylara izelge 4.1.'de ve teknik detayların görsel sunumuna şekil 4.11.'de deney seti elemanları başlığı altında yer verilmiştir.

Hazırlanan deney numuneleri bir rijit elik plak üzerine yerleştirilmiştir. Bu yüklemeye ilişkin bir görüntüye şekil 4.8.'de yer verilmektedir.



şekil 4.8. Numunelerin Hidrolik Prese Yüklenmesi

Malzemeler hidrolik prese yüklendikten sonra, yukarıdan aşağıya U150 çelik plakaya ortalı bir şekilde hidrolik krika ile yük etki ettirilerek test edilmiştir. Yapılan teste ilişkin görüntülere Şekil 4.9.'da yer verilmektedir.



Şekil 4.9. Deney Düzenegi Deney Numunelerinin Yerleşim Düzeni ve Göçme Şekli
A Tipi Çatlak Kırılması

Her iki küp numunesinden biri çatlayarak göçünceye kadar hidrolik krika ile ankrajda itme-kesme deneyi devam ettirilmiş ve maksimum yükleme bar cinsinden kaydedilmiştir. Şekil 4.9.'da Deney sırasında eşleştirilmiş numunelerde meydana gelen başka bir deformasyona yer verilmektedir.

Malzemenin belli bir bölgeden başlayarak aynı bölgeden kırılıma devam etmesi ile birlikte malzemenin tamamen bu yolu izleyerek kopmasını da mümkün kılmaktadır. Bu tip tek yönlü çatlama bıçak kesiğini andırdığından çatlak kırılması olarak adlandırılabilir. Çatlak kırığı sonucunda malzemenin tamamen kopması da söz konusu olabilmektedir. Şekil 4.10.'da da görüleceği üzere 34 nolu numune çatlak kırığı sonucu küp numune tamamen kırılmıştır.



Şekil 4.10. Eşleştirilmiş Numunelerde Meydana Gelen Beton Kırılması Deformasyonu

4.4. Deney Sonucunda Elde Edilen Bulgular

Hazırlanan 40 numuneden 8 adedi (1, 6, 10, 11, 14, 21, 23 ve 24 nolu numuneler) donatılı olarak hazırlanmıştır. Schmidt çekiç okuma değerleri kullanılarak küplerin küp basınç dayanımları elde edilmiştir Çizelge 4.3.'te bu değerlere yer verilmektedir.

Çizelge 4.3. Küp Numune Schmidt Çekici R Okumaları ve Özellikleri

Numune No	Ağırlık (kg)	R Okumaları			R _{ort}	Dayanım (MPa)
		1	2	3		
1	8,42	24	24	23	23,67	19
2	7,58	25	26	25	25,33	21
3	7,52	21	19	22	20,67	15
4	7,42	16	18	15	16,33	12
5	7,40	14	14	13	13,67	10
6	8,38	25	24	22	23,67	18
7	7,24	18	17	18	17,67	13
8	7,52	21	19	22	20,67	15
9	7,56	23	23	24	23,33	18
10	8,30	22	22	19	21,00	16
11	8,02	20	24	20	21,33	16
12	7,62	26	25	26	25,67	21
13	7,40	14	14	13	13,67	10
14	7,88	22	22	19	21,00	16
15	7,28	16	14	14	14,67	11

16	7,24	18	16	16	16,67	12
17	7,38	17	14	14	15,00	11
18	7,38	17	14	14	15,00	11
19	7,40	14	14	13	13,67	10
20	7,24	18	16	16	16,67	12
21	7,98	18	17	17	17,33	12
22	7,36	12	16	14	14,00	10
23	8,50	25	24	23	24,00	20
24	8,22	22	25	24	23,67	19
25	7,66	21	22	25	22,67	17
26	7,56	21	19	21	20,33	15
27	7,62	21	24	25	23,33	18
28	7,08	11	12	12	11,67	9
29	7,30	12	13	13	12,67	10
30	7,32	14	16	14	14,67	11
31	7,68	16	18	16	16,67	12
32	7,24	16	12	14	14,00	10
33	7,16	16	12	14	14,00	10
34	7,48	12	14	14	13,33	10
35	7,24	18	17	18	17,67	13
36	7,-38	17	14	14	15,00	11
37	7,24	20	19	19	19,33	14
38	7,68	26	24	30	26,67	23
39	7,58	16	16	15	15,67	11
40	7,68	26	24	30	26,67	23

Düşük mukavemetli numunelerde ankraj dübellerinde kesme göçmesi kırılması görülmezken göçme tamamen betonda ezilme şeklinde meydana gelmiştir. Ezilme kırılmasına bağlı olarak hem konik hem de çatlak kırılmasının birlikte yaşandığı deney eşleştirmesine ait bir görsele Şekil 4.11.'de yer verilmektedir.



Şekil 4.11. Yüke bağlı Çatlak Kırılması ve Konik Göçme

Her deney numune çiftinin basınç dayanımı belirlenirken, erken göçme çiftlerden dayanımı en düşük olan küpte gerçekleştiği için dayanımı küçük olan küpün dayanımı $(f_{ck})_{min}$ olarak alınmıştır. Bar olarak elde edilen maksimum yağ basıncı (P_{max}), hidrolik 45 mm çaplı presin piston başlık yüzey alanı (15.9 cm^2) ile çarpılarak maksimum itme-kesme kuvvetleri (F_{max}) hesaplanmıştır Çizelge 4.4.'te bu değerlere yer verilmektedir.

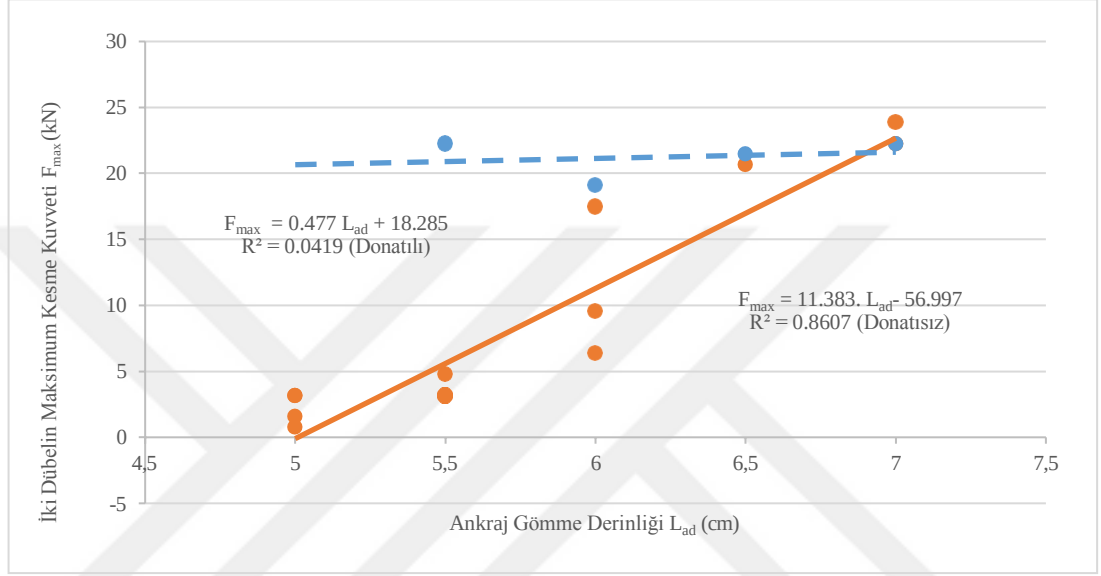
Çizelge 4.4. İtme-Kesme Testine Tabi Tutulan Deney Numune Çiftlerinin Özellikleri ve Ankraj Derinlikleri (L_{ad})

Numune No	Dayanım (f_{ck})	Dayanım ($f_{ck})_{min}$	P_{max} (Bar)	P_{max} (Mpa)	İki Ankraj Dübeli için F_{max} (kN)	Derinlik L_{ad} (cm)
33	10	10	5	0,5	0.795	5
34	10					
20	12	12	20	2	3.180	5
37	14					
5	10	10	10	1	1.590	5
13	10					
39	11	11	20	2	3.180	5
15	11					
18	11	11	20	2	3.180	5,5
14	11					
32	10	10	20	2	3.180	5,5
19	10					

28	9	9	20	2	3.180	5,5
29	10					
31	12	10	20	2	3.180	5,5
22	10					
17	11	11	20	2	3.180	5,5
36	11					
4	12	12	30	3	4.770	5,5
16	12					
7	13	13	40	4	6.360	6
35	13					
9	18	18	60	6	9.540	6
27	1-8					
40	23	23	110	11	17.490	6
38	23					
3	15	15	130	13	20.670	6,5
26	15					
25	17	15	140	14	22.260	7
8	15					
2	21	21	150	15	23.850	7
12	21					
1	19	19*	140	14	22.260	5,5
24	19					
10	16	12*	120	12	19.080	6,0
21	12					
14	16	16*	135	13,5	21.465	6,5
11	16					
23	20	18*	140	14	22.260	7
6	18					
*Donatılı küp numuneler						

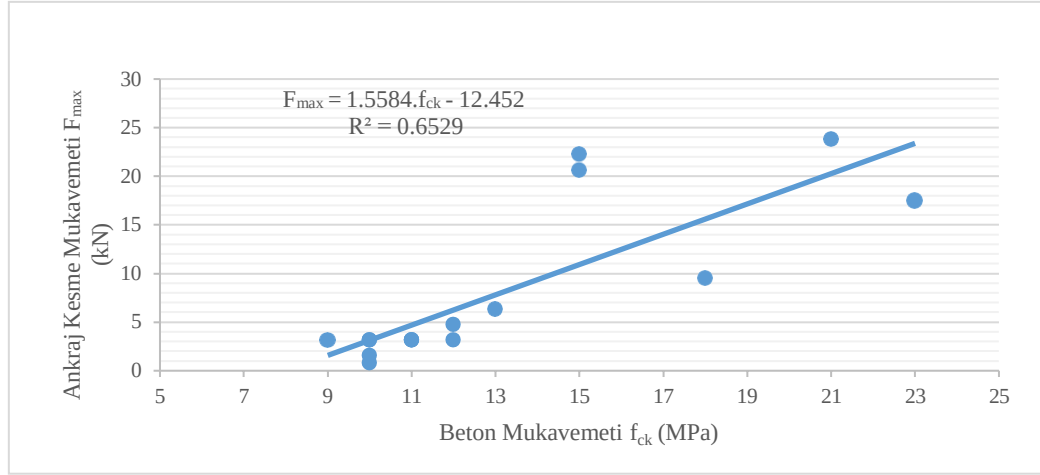
Deneilerin tamamlanması sonrası alınan veriler değerlendirilerek donatılı ve donatısız beton numunelerinin davranışlarını gösteren ankraj derinliği ve maksimum kesme kuvveti grafiği çizilmiştir (Şekil 4.12.). Grafikte mavi renk ile farklı gömme derinlikleri ile ankre edilen 8 adet donatılı numunenin maksimum basınç altında hesaplanan kesme kuvveti gösterilmektedir. Kırmızı renkli eğri ise farklı gömme derinlikleri ile ankre edilen donatısız numunelerin maksimum basınç altındaki kesme kuvvetini göstermektedir. Ayrıca donatılı numunelerde ankraj derinliğinin artması ile kesme kuvveti artışı minimum gözlenirken, donatısız numunelerde ankraj derinliğine bağlı kesme kuvveti artışı diyagonal yükselme grafiği göstermektedir.

İtme kesme mukavemetinin, yakın mukavemetteki beton ve aynı derinlikli ankraj dübelli numuneler için donatılı küp numunelerin donatısızlara oranla, düşük beton mukavemetlerinde ve 5.5 cm ankraj derinliği için yaklaşık 3 katı yani donatı katkısının çok büyük olduğu, beton mukavemetinin ve ankraj derinliğinin artması ile bu oranın birlere düştüğü, yani donatının ankraj kesmesine katkısının minimize olduğu görülmüştür



Şekil 4.12. Ankraj derinliğine (L_{ad}) bağlı donatılı ve donatısız numuneler için iki dübelin maksimum itme-kesme kuvveti (F_{max})

Ankraj dübellerinin kesme performansı ile beton mukavemeti arasında 0.653 regresyonla, ankraj derinliği (L_{ad})'den sonra ikinci dereceden etkili parametrenin beton dayanımının olduğu görülmüştür. Bu parametrenin ankraj kesme mukavemeti üzerindeki etkisini görmek için çizilen grafik ise Şekil 4.13'deki gibidir. 32 adet donatısız numunelerin beton mukavemeti esas alınarak çizilen grafikte beton mukavemeti arttıkça ankraj kesme mukavemetinde arttığı görülmektedir.



Şekil 4.13. Beton dayanımı (f_{ck})'ya bağlı donatısız numuneler için iki dübelin maksimum itme-kesme kuvveti -(F_{max})

4.5. Deney Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

SPSS 22 İstatistiksel Paket Programı ile regresyon değeri dikkate alınarak, ankraj boyu derinliği (L_{ad}), beton dayanımı (f_{ck}) ve hatta küp numune ağırlığına (W) bağlı olarak iki ankraj dübelinin maksimum taşıma kapasitesi (F_{max}) arasında aşağıdaki tahmini denklem modelleri elde edilmiştir Çizelge 4.5.'te bu değerler gösterilmektedir [104].

Çizelge 4.5. Ankraj Dübelleri Denklem Modeli

	2 Ankraj Dübeli için Tahmini Denklem Modelleri	F - Testi	R ²
1	$F_{max} = -49,637 + 8,659L_{ad} + 0,623f_{ck}$	F=70,751	%95,7
2	$F_{max} = -97,017 + 8,616L_{ad} + 0,357f_{ck} + 6,943W$	F=47,322	%96
3	$F_{max} = 16,835 - 31,032L_{ad} + 3,307L_{ad}^2 + 7,355W + 0,380f_{ck}$	F=53,975	%97,5
4	$F_{max} = -56,997 + 11,383L_{ad}$	F=86,524	%86,1
5	$F_{max} = -228,926 + 32,155W$	F=18,324	%56,7
6	$F_{max} = -12,452 + 1,558f_{ck}$	F=26,338	%65,3

SPSS 22 paket programı ile regresyon modelleri ve bu modeller arasında anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir. Donatısız 16 deney numunesinin tanımlayıcı istatistiği yapıldığında ise ortalama değerleri- standart sapma değerleri L_{ad} için 7.00- 0.6575, W için 7.82- 0.1889, f_{ck} için 23.85- 4.1828, F_{max} için 23.85- 8.0669 olarak bulunmuştur.

4.6. Deney Sonuçlarının Değerlendirmesi

Laboratuvar ortamında hazırlanan farklı beton mukavemetine sahip 32 adet beton, 8 adet betonarme 15x15x15 cm küp numuneler ikişerli gruplar halinde 10 Ton pres kapasiteli hidrolik krika aracılığıyla itme-kesme deneyine tabi tutulmuştur. Göçme oluncaya kadar yükleme yapılmış olup maksimum yağ basıncı altında ankraj dübellerinin ve beton numunelerin davranışları incelenmiştir.

Donatısız küp numunelerde beton mukavemeti ve ankraj derinliği arttıkça ankraj kesme kapasitesinin arttığı; düşük mukavemetli numunelerde ise betonda ezilme şeklinde göçme olduğu görülmüştür.

Donatılı küp numunelerde beton basınç dayanımı ve ankraj derinliğinin artması ile ankraj kesme mukavemetinin arttığı görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çelik elemanların kullanıldığı betonarme yapılarda evrensel bir model bulunmamakla ve yerel ölçeklerde karşılaştırma sağlanması noktasında ise bölgesel değerlerin dikkate alınması noktasında deprem yönetmelikleri yol gösterici birer kılavuz sunmaktadır. Ulusal ölçekte ve evrensel ölçekte Deprem yönetmelikleri statik hesapların yapılmasına imkân tanımakla birlikte tüm yapı elemanlarının hesaplama yöntemleri çoğunlukla sınır değerleri sunmamaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada itme- kesme testi uygulamalarının artmasıyla sınır değerlerinin her birleşim bölgesi için araştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ile gerçek bir yapının güçlendirilmesinde, beton dayanımına göre uygun ankraj çapı ve derinliğinin seçiminde; ankrajda kesme göçmelerinin önüne geçilmesi ve daha efektif güçlendirmenin yapılabilmesi için ankrajlı rijit bağlantı noktalarını daha kararlı yani min. %20 daha güçlü tasarlanması amaçlanmıştır. Laboratuvar ortamında 10 Ton kapasiteli hidrolik krika aracılığıyla, ikişerli gruplar halinde itme-kesme deneyinde hazırlanan 15x15x15 cm küp numuneler kullanılmıştır.

Bu deneysel çalışma ile profillerle güçlendirilmiş betonarme çerçeve üzerinde ankrajlanmış çelik dübelli farklı mevcut çalışma verileri karşılaştırıldığında;

- Düşük mukavemetli numunelerde ankraj dübellerinde kesme göçmesi görülmezken göçmenin tamamen betonda ezilme şeklinde meydana geldiği,
- Beton dayanımı ve ankraj dübel derinliği arttıkça, dübelin daha sünek davrandığı ve kesme kapasitesinin arttığı,
- Ankraj dübel derinliğinin yaklaşık %86 regresyonla kesme kapasitesi üzerinde birinci etken parametre, beton dayanımının ise %65 regresyonla ikinci etken parametre olduğu, her ikisinin ise yaklaşık %98 regresyonla etken parametreler olduğu,
- Aynı beton basınç dayanıma ve ankraj derinliğine sahip numunelerden betonarme olanların düşük mukavemetli betonlar için kesme performansının çok yüksek olduğu, ancak beton mukavemetinin artması ile donatı etkisinin minimize olduğu,
- Gerçek yapıda uygulanacak güçlendirme çalışmasında, yapıya eklenecek çelik elemanların mevcut yapı ile bağlantısında ankraj derinliğinin doğru belirlenmesi ile mevcut beton dayanımının yetersiz olmasına rağmen yapı yatay yük taşıma

kapasitesinin istenen seviyelere taşınmanın mümkün olacağı anlaşılmıştır.

Ayrıca ileriki çalışmalar için;

- Binaların güçlendirilmesinde, çelik diyagonal/çapraz profillerin kullanımıyla büyük eğilme momenti ve kesme kuvveti etkisi altındaki elemanların birleşim bölgelerinde beklenen öncül ve ani göçmelerin önlenmesi için basit ve tercih edilen düzlem dışı güçlendirme yönteminde, ankrajların kayma performansını araştırmak için itme-kesme testi kullanılması,
- Kesme performansı ile ilgili daha anlamlı ve çok yönlü korelasyonlar elde etmek için; beton dayanımı (normal ve yüksek dayanımlı), ankraj derinliği ve ankraj çapı değişken tutularak itme-kesme testleri uygulayarak, farklı beton mukavemetli (normal ve yüksek) yapıların güçlendirilmesinde kullanmak üzere denklem modellerinin oluşturulması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] M. M. Berilgen vd., "I-7. Deprem Etkisi Altında Zemin Davranışı ve Temel Tasarımı (TBDY-2018 BÖLÜM 16)," In Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) Eğitim Elkitabı Açıklamalar ve Uygulama Örnekleri Kısım-I, Ankara: Tmmob İnşaat Tmmob İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, 2018.
- [2] Hasgür, Z., Gündüz, A. N. Betonarme Çok Katlı Yapılar, 1. Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., ss 33-40, İstanbul, 1996.
- [3] Yüksel İ. Sistem Akma Deplasmanında Yeni Bir Yaklaşımla Sünek Yapılarda Performans Değerlendirmeleri. Deprem sempozyumu, Mart 2005, ss 12, Kocaeli, 2005.
- [4] Koç V. "Onarım ve Güçlendirme Ders Notları". Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun,ss.221.Erişim:<https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/kvarol/70266/yap%C4%B1lar%C4%B1n%20onar%C4%B1m%20ve%20g%C3%BC%C3%A7lendirmesine%20giri%C5%9F%201.hafta-1.pdf>(Erişim tarihi: 12.06.2020)
- [5] Kaya Y., Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılabilecek kısmi bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların eksenel çekme davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. ss 185. İstanbul. 2007
- [6] Temur N., Betonarme elemanların çelik levhalarla güçlendirilmesinde bulon seçimi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi. ss74. Tekirdağ. 2011
- [7] Çelik F., Mevcut Yığma binalarda depremsel güçlendirme ankrajlarının çap ve ankraj derinliğine bağlı çekme ve kesme performanslarının deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi. ss 113 . Kırıkkale. 2018.
- [8] Çavunt D. Mevcut Bir Betonarme Yapı Üzerinde Güçlendirme Ankrajlarının Performanslarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. ss 115. İstanbul. 2013.
- [9] Yoldaş F. Çelik Profillerde Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerde Çelik Dübellerin Performans Analizinin Deneysel Olarak Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi. ss 92 Kırıkkale.2015
- [10] Özbek, E. T-Kesitli Betonarme Kirişlerin Kesme-Eğilmeye Karşı Güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, ss 200, Ankara, 2008.

- [11] Gürbüz T. , İlki A. Pullout Performance of Fully and Partially Bonded Retrofit Anchors in Low-Strength Concrete. *Acı Structural Journal*, vol 108, ıss 1, ss 61-70,2011.
- [12] Zerbino, R., Barragan, B., Garcia, T., Agullo, L., & Gettu, R. (2009). Workability tests and rheological parameters in self-compacting concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 42(7), 947–960.
- [13] Rana, M. M., Uy, B., & Mirza, O. Experimental and numerical study of the bond-slip relationship for post-tensioned composite slabs. *Journal of Constructional Steel Research*, 114, 362–379. 2015.
- [14] Naeim, F. Earthquake engineering- from engineering seismology to performance based engineering. *Earthquake Spectrum*, 21 (2), 609-611. 2005.
- [15] Gaylord, E. H., & Gaylord, C. N. *Structural Engineering Handbook*. McGraw-Hill, New York 1979.
- [16] Sucuoğlu, H., Akkar, S., Sucuoğlu, H., & Akkar, S. (2014). Seismic Design of Reinforced Concrete Structures. In *Basic Earthquake Engineering* (pp. 241–282). Springer International Publishing.
- [17] Boğaziçi Üniversitesi ve Kandilli Rasathanesi Deprem Afet ve Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, Deprem Kodları, (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>) Erişim: 20.06. 2020
- [18] Concrete, R., Structures, F., & Talaat, M. M. Computational modeling of progressive collapse in reinforced concrete frame structures. *Environmental Engineering*. Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, 2008.
- [19] Park, Y.J., Ang, A.H.S. ve Wen, Y.K. (1987) Damage limiting aseismic design of buildings, *Earthquake Spectra*, 3(1), 1-26. <https://doi.org/10.1193/1.1585416>.
- [20] Doğan, O., Arıöz, Z., Hamidiye, F., Uzbaş, B. (2020). Betona Ankrajlanmış Çelik Bulonların Kesme Performansının Deneysel İtme-Kesme Testi ile Belirlenmesi. *Construction Materials Engineering and Architecture Congress*, Ankara- 12-14 June 2020.
- [21] Doğan, O., Dinç E. (2020). 6306 Sayılı Kanun Kapsamında Kırıkkale'deki Örnek Binaların Analitik Risk Oranları ve Gözlemsel Hızlı Değerleme Sonuçlarının Karşılaştırılması. *Mas International European Conference On*

Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-X1- March 13-15, 2020
Tokat-Turkey syf 47-54

- [22] Yardımcı, N., Çelik, M.C., (). UBC-97 ve DBYBHY (2007) Yönetmeliklerinin Karşılaştırmalı Birleşim Tasarımları. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [23] Fib. (2003). Displacement-based seismic design of reinforced concrete buildings. State-of-the-Art Report Prepared by Task Group 7, 2.
- [24] Toplu, E., Kırtel, O. Patlama Yükleri Etkisi Altında Sismik Yalıtımlı Betonarme Yapıların Performansının İncelenmesi. Academic Perspective Procedia, 2 (2), 110-119. 2019. DOI: 10.33793/acperpro.02.02.15
- [25] Sattar, S., McAllister, T., Johnson, K., Clavin, C., Segura, C., McCabe, S., ... Harris, J. Research Needs to Support Immediate Occupancy Building Performance Objective Following Natural Hazard Events. Nist (pp. 1–95). 2018.
- [26] Day, R. W. Foundation Engineering Handbook: design and construction with the 2006 international building code. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015 (1 Ed.). McGraw-Hil, United States of America.
- [27] Booth, E. Earthquake resistant concrete structures. Engineering Structures, 20 (7), 644. 1998.
- [28] Booth, E. Concrete Structures in Earthquake Regions: Design and Analysis. Longman Scientific & Technical. 1994.
- [29] ICBO. UBC:97 Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, Whittier, California, 1997. (https://icc-es.org/evaluation-report-program/reports-directory/?csi_num=07270&view_details=yes).
- [30] Sharpe, R.L. Acceptable Earthquake Damage or Desired Performance. Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. 10, 5891- 5895, Rotterdam, 1992.
- [31] Özmen, B., 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), TDV/DR 010-53, Türkiye Deprem Vakfı, 132 sayfa, 2000.
- [32] Kashani, M. M., Crewe, A. J., & Alexander, N. A. Nonlinear stress-strain behaviour of corrosion-damaged reinforcing bars including inelastic buckling. Engineering Structures, 48, 417–429. 2013.

- [33] Shoraka, M. B., & Elwood, K. J. Mechanical model for non ductile reinforced concrete columns. *Journal of Earthquake Engineering*, 17(7), 937–957. 2013.
 - [34] Bisch, P., Carvalho, E., Degee, H., Fajfar, P., Fardis, M., Franchin, P., Kreslin, M., Pecker, A., Pinto, P., Plumier, A., Somja, H., Tsionis, G. Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples. Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes. Worked examples presented at the Workshop “EC 8: Seismic Design of Buildings”, Lisbon, 10-11 Feb. 2011.
 - [35] Zhang, J., & Wu, S. Finite element analysis of anti-seismic properties of steel-reinforced lightweight concrete frame joints. *Tumu Gongcheng Xuebao / Chinese Civil Engineering Journal*, 47, 164–168, 2014.
 - [36] El-Tawil, S., & Deierlein, GG Strength and ductility of concrete covered composite columns. *Structural Engineering Journal*, 125 (9), 1009–1019, 1999.
 - [37] Ellobody, E., & Young, B. Numerical simulation of concrete covered steel composite columns. *Structural Steel Research Journal*, 67 (2), 211–222, 2011.
 - [38] Lachemi, M., Bae, S., Hossain, KMA, & Sahmaran, M. Steel-concrete bond strength of lightweight self-compacting concrete. *Materials and Structures - Materiaux et Constructions*, 42 (7), 1015–1023, 2009.
 - [39] Li, JH, & Wang, XT Behavior of steel reinforced high strength concrete columns under low speed reverse loading. 8. International Conference on Steel-Concrete Composite and Hybrid Structures, Proceedings, 741–747, 2006.
- <Go to ISI>: [https // WOS: 000246409600113](https://wos.000246409600113) received from
- [40] Chen, C., Wang, C., & Sun, H. Experimental study on seismic behavior of fully covered steel-concrete composite columns. *Structural Engineering Journal (United States)*, 140 (6), 2014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000951](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000951)
 - [41] Kristombu Baduge, S., & Mendis, P. New energy-based rational for the nominal ductility design of very high strength concrete columns (> 100 MPa). *Engineering Structures*, 198, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109497>
 - [42] Ma, CK, Awang, AZ, & Omar, W. Flexural ductility design of closed high strength concrete columns: Theoretical modeling. Measurement: *Journal of the International Confederation of Measurement*, 78, 42–48, 2016.

- [43] EL-Attar, MM, El-Karmoty, HZ & EL-Moneim, A.A., Behavior of ultra high strength reinforced concrete columns under axial and rotational lateral loads. *HBRC Journal*, 12 (3), 284–295, 2016.
- [44] Yuan, F., Chen, M., Zhou, F., & Yang, C., Behavior of steel reinforced ECC columns under eccentric compression. *Construction and Building Materials*, 185, 402–413, 2018.
- [45] Tavassoli, A., & Sheikh, SA, Seismic resistance of circular columns reinforced with steel and GFRP. *Journal of Construction Composites*, 21 (4) 18, 2017.
- [46] Aliasghar-Mamaghani, M., & Khaloo, A., Seismic behavior of concrete moment frame reinforced with GFRP bars. *Composites Section B: Engineering*, 163, 324–338, 2019.
- [47] Charif, A., Shannag, MJ, & Dghaither, S., Ductility of light reinforced concrete beams and columns. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 11 (7), 1251–1274, 2014.
- [48] Breccolotti, M., Materazzi, AL, & Regnicoli Benitez, B. Curvature ductility of short biaxially loaded reinforced concrete columns. *Engineering Structures*, 200, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109669>
- [49] Arslan, G., & Cihanli, E., Curvature ductility estimation of reinforced high strength concrete beam sections. *Civil Engineering and Management Journal*, 16 (4), 462–470, 2010.
- [50] Park, Y.J., Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete. *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 111(4) 722-739, 1985.
- [51] Bouzid, H., & Kassoul, A., Curvature ductility estimation of high strength concrete beams. *Structural Engineering and Mechanics*, 66 (2) 195-201, 2018.
- [52] Zhou, J., He, F., & Liu, T., Curvature ductility and structural displacement ductility of columns in reinforced concrete lattice structures exposed to ground movements. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 63; 174–183, 2014.
- [53] Bazan, JL, and Fernandez-Davila, VI., Evaluation of experimental curvature ductility of RC beams externally reinforced with CFRP bands. *Constructions*, 26; 1010–1020, 2020.
- [54] Dabiri, H., Kheyroddin, A., & Kaviani, A., A Numerical Study on the Seismic Response of RC Large Column-Beam Joints. *International Civil Engineering Journal*, 17 (3) 377–395, 2019.

- [55] Matthews, JJ, & Arjomandi, K., Improved Ductility Design of Bolted Double Angle Shear Connections. *Application Periodical on Structural Design and Construction*, 22 (3) 46-49, 2017.
- [56] Astaneh, A., Ductility demand and supply in steel shear joints. *Journal of Structural Steel Research*, 14 (1)1–19, 1989.
- [57] Skalomenos, K.A., Nakashima, M. and Kur Ata, M., Seismic capacity measurement of angle-plate connections against fracture for ductility based design. *Structural Engineering Journal (United States)*, 144; 10, 2018.
- [58] Chen, X.C., Bai, ZZ, & Au, F.T. K, The effect of coiling on the ductility design of concrete beams. *Computers and Concrete*, 20 (2) 129–143, 2017.
- [59] Bai, Z.Z., & Au, F.T.K., Ductility design of high strength concrete beams. *Structural Design of High and Special Buildings*, 22 (6) 521–542, 2013.
- [60] Shi, Y., & Cui, Y., Nonlinear analysis based on ductility design method and coupling ratio of inclined column and hybrid coupled wall system. *World Earthquake Engineering*, 34 (4) 95–103, 2018.
- [61] Kharmale, S.B., & Ghosh, S. Seismic lateral force distribution for ductility based design of steel plate shear walls. *Earthquake and Tsunami Magazine*, 6 ;1, 2012. <https://doi.org/10.1142/S1793431112500042>
- [62] Hradil, P., Talja, A., Kurkela, J., Fülöp, L., & Ongelin, P., Evaluation of ductility limits for structural steel design. *Structural Steel Research Journal*, 135; 1–10, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2017.03.022>
- [63] Amin, A., & Ian Gilbert, R., Concrete beams reinforced with steel wire- Part II: Strength, ductility and design. *ACI Structural Journal*, 116 (2) 113–123, 2019.
- [64] Lam, J.Y.K, Ho, J.C.M, & Kwan, A.K.H., Minimum bending ductility design of high strength concrete columns. *HKIE Operations Hong Kong Engineering Institute*, 16 (4)2–9, 2009.
- [65] Kwan, A.K.H, Au, F.T.K, and Chau, S.L., Effects of confinement on the flexural strength and ductility design of HS concrete beams. *Structural Engineer*, 82 (23–24) 38–44, 2004.
- [66] Wang, Z., Wang, X., & Xu, Z., Curvature ductility factor of closed steel tubular steel reinforced concrete scaffolding under high axial load ratio. *Journal of Southeast University (Natural Science Edition)*, 45 (3) 563-568, 2015.

- [67] Si Youcef, Y., & Chemrouk, M., Curvature ductility factor of reinforced concrete beams with rectangular section. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil, Environmental, Structural, Civil and Architectural Engineering*, 6 (3) 994–999, 2012.
- [68] Lee, H.J., Curvature ductility factor estimates of double reinforced concrete beams with high strength materials. *Computers and Concrete*, 12 (6) 831–850, 2013.
- [69] Chithra, R., Thenmozhi, R., & Ravathi, M.C., Prefabricated Lattice reinforced steel-concrete composite beams flexural ductility. *Asian Journal of Civil Engineering*, 12 (6) 719–729, 2011.
- [70] Francavilla, A.B., Latour, M., Piluso, V., & Rizzano, G., Design of full strength full ductility extended end plate beam-to-column connections. *Journal of Structural Steel Research*, 148; 77–96, 2018.
- [71] Chen, M.T., & Ho, J.C.M., Combined strain gradient and concrete strength effects on the flexural strength and ductility design of reinforced concrete columns. *Computers and Concrete*, 15 (4) 607–642, 2015.
- [72] Zeinizadeh Jeddi, M., Ramli Sulong, N.H., & Arabnejad Khanouki, M.M., Seismic performance of a new rib reinforcement beam connection to steel tubular columns filled with concrete: An experimental study. *Engineering Structures*, 131; 477–491, 2017.
- [73] Costanzo, S., D’Aniello, M., & Landolfo, R., The effect of moment-resistant beam-column connections on the seismic behavior of concentric braced frames. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 113; 136–147, 2018.
- [74] Trezos, C.G., Reliability considerations for limiting RC columns for ductility. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 16 (1) 1–8, 1997.
- [75] Wang, Z., Wang, J., & Xu, Z., A quantitative calculation of the seismic ductility of concrete filled steel tubular composite scaffolds. *Harbin Gongcheng Daxue Xuebao / Harbin Engineering University Journal*, 37 (5) 672-677, 2016.
- [76] Li, TX, Tong, GS, & Zhang, L., Curvature ductility based seismic force reduction factor, bending type structure. *Zhejiang Daxue Xuebao (Gongxue Ban) / Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 52 (7) 8, 2018.

- [77] Du, J.S., Au, F.T.K, Cheung, Y.K., & Kwan, A.K.H., Ductility analysis of prestressed concrete beams with unbonded tendon. *Engineering Structures*, 30 (1)13–21, 2008.
- [78] Subramanian, N., Winding reinforcement design for reinforced concrete columns. *Indian Concrete Journal*. (2011, August),2011.
- [79] Ho, J.C.M., & Pam, H.J., Inelastic strength of low-axis loaded high-strength reinforced concrete columns design. *Engineering Structures*, 25 (8)1083-1096, 2003.
- [80] Song, M., He, J., Liu, Y., Zhang, H., Ge, C., Jin, Y., Liu, Y., Seismic behavior of a three-layer prestressed fabricated concrete frame at dynamic and low reverse cyclic loading. *Advances in Civil Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7876908>
- [81] Kim, C.G., Park, H.G., & Eom, T.S., Effects of rod thrust type on reinforced concrete columns exposed to cyclic loading. *ACI Structural Journal*,116 (2)183–194, 2019.
- [82] Campione, G., Strength and ductility of reinforced concrete columns reinforced with steel angles and laths. *Construction and Building Materials*, 35; 800–807, 2012.
- [83] Zhao, Q., Sun, J., Li, Y., & Li, Z. (2017). Cyclic analysis of corrugated steel plate shear walls. In *Structural Design of Tall and Special Buildings* (Vol. 26). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/tal.1351>
- [84] Farmani, MA, & Ghassemieh, M., Shape memory alloy based moment links with superior self-centering properties. *Smart Materials and Structures*, 25 (7)11-16, 2016.
- [85] Bahrami, A., & Yavari, M., Performance of double-sided reinforced concrete shear walls. *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, 9 (3) 228–239, 2019.
- [86] Ataei, A., Bradford, MA, & Liu, X., Computational modeling of the moment-turn relationship for beam-column composite joints with reconstructed straight endplates. *Journal of Structural Steel Research*, 129; 75–92, 2017.
- [87] Shi, Y.L., Zheng, L., & Wang, W.D., The effect of the key component characteristic on the resistance to progressive collapse of the composite

- connection with concrete-filled steel tubular column and steel beam with bolt extension end plate. *Boundaries in Materials*, 6, 2019.
- [88] Zheng, L., Wang, W., Li, H., & Li, T., Research on the performance of a CFST column to a steel beam joint with an extended end plate with bolts against progressive collapse. *Jianzhu Jiegou Xuebao / Journal of Building Structures*, 40 (11)140-149, 2019.
 - [89] Oosterhof, S.A., & Driver, R.G., The performance of steel shear joints under combined moment, shear and stress. *Incoming Buildings Congress 2012 - Constructions Congress Proceedings American Society of Civil Engineers (ASCE)*, (S 146-157). <https://doi.org/10.1061/9780784412367.014>
 - [90] Jiang, Z. qin, Li, S. huan, Liu, X. chun, Qiu, P., & Niu, Z., The effect of bolts on seismic performance of earthquake resistant prefabricated sinusoidal corrugated steel beam-column joints. *Journal of Structural Steel Research*, 172, 2020.
 - [91] Girao Coelho, A.M., Bijlaard, F.S.K, and Simoes da Silva, L., Experimental evaluation of the ductility of extended end plate joints. *Engineering Structures*, 26 (9)1185–1206, 2004.
 - [92] Chen, Z., Liu, J., & Yu, Y., Experimental study on internal connections in modular steel buildings. *Engineering Structures*, 147; 625–638, 2017.
 - [93] Liu, X., Yang, Z., Wang, H., Zhang, A., Pu, S., & Wu, L., Seismic performance of beam-to-column connection in bolt-mounted multi-storey steel structure. *Jianzhu Jiegou Xuebao Journal of Building Structures*, 38 (6) 34-42, 2017.
 - [94] Liu, X., Cui, X., Yang, Z., & Zhan, X., Analysis of seismic performance of construction site bolted beam-column connections in modular prefabricated steel structures. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1932730>
 - [95] Chou, C.C., & Chen, S.Y., Sub-assembly tests and finite element analysis of crosses with sandwich buckling retainers. *Engineering Structures*, 32(8) 2108–2121, 2010.
 - [96] Pavlovic, M., Markovic, Z., Veljkovic, M., & Bucrossed D Signevac, D., Bolted shear connectors and headed studs behavior in thrust tests. *Journal of Structural Steel Research*, 88; 134–149, 2013.

- [97] Rice, J.R. and Tracey, D.M., About the ductile expansion of voids in triaxial stress fields. *Journal of Mechanics and Physics of Solids*, 17 (3) 201–217, 1969.
- [98] Nguyen, H.T., & Kim, S.E., Finite element modeling of push tests for large stud break connectors. *Structural Steel Research Journal*, 65 (10–11) 1909–1920, 2009.
- [99] Ellobody, E., Young, B., & Lam, D., Behavior of normal and high strength concrete filled compact steel tube circular stud columns. *Structural Steel Research Journal*, 62 (7) 706–715, 2006.
- [100] Afefy, H., El-Tony, E. Punching shear resistance of strengthened reinforced concrete interior slab–column connections using ultra-high-performance strain-hardening cementitious composite material. *Advances in Structural Engineering*, 22(2019/02), 2019.
- [101] Christopoulos, C., Tremblay, R., Kim, HJ, & Lacerte, M., Self-centering energy dispersive support system for seismic resistance of structures: Development and verification. *Structural Engineering Journal*, 134 (1) 96-107, 2008.
- [102] TS-500 Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures. (<https://standards.globalspec.com/std/1045748/TS%20500>) Erişim: 12. 11.2020.
- [103] ACI318 Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Detroit, USA,2005.
- [104] SPSS 22. Statistical Package for the Social Sciences

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Zülfiye ARIÖZ

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi:

Medeni Durum: Evli

Sürücü Belgesi: B Sınıfı

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim Durumu

Lisans: Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü (2002-2006)

Lise: Ankara Tevfik İleri Anadolu İmam-Hatip Lisesi (1995-2002)

İş Deneyimi

Kahramankazan Belediyesi İmar Müdürlüğü (2006-2017)

Kahramankazan Belediyesi Ruhsat ve Denetim Müd.V. (2017-2020)

Kahramankazan Belediyesi Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müd.V. (2020-
Devam ediyor)