



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BETONARME YAPILARIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE TASARIM
İLKELERİ**

Ahmet SEVER

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

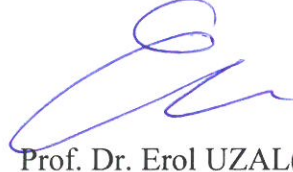
**DANIŞMAN
Prof. Dr. Erol UZAL**

Mayıs, 2018

İSTANBUL

Bu çalışma, 7.05.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı , Makine Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

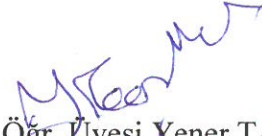
Tez Jürisi



Prof. Dr. Erol UZAL(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



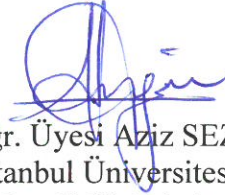
Prof. Dr. Metin Orhan KAYA
İstanbul Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Dr. Öğr. Üyesi Yener TAŞKIN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Dr. Öğr. Üyesi L.Emir SAKMAN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Dr. Öğr. Üyesi Aziz SEZGİN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda ülkemizde sektörel olarak geniş bir yelpazeye sahip olan betonarme yapıların tasarım ilkeleri ve genel özellikleri işlendi. İnsanların yaşam koşullarında hayatta kalıp refah içinde barınabilmeleri için yapılan ev ve işyerleri yapım aşamasında çok büyük hassasiyet ve teknik bilgi gerektirmektedir. Bu alanda çalışanların gerekli seviyede donanımının sağlanması için bazı temel bilgiler verilerek bu alanda yapılmış öz ve özet bir çalışma ortaya koyuldu.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. Erol UZAL' a teşekkürlerimi sunarım. Yine tez hazırlama süresince bana araştırma ve kaynak taraması imkanı sunan Çamlıca Kütüphanesi yetkililerine teşekkür eder ve bu zorlu tez sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli babam, Naci SEVER'E, tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mayıs 2018

Ahmet SEVER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	İV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİL LİSTESİ	İX
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	X
ÖZET	Xii
SUMMARY	Xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. BETON İLE İLGİLİ GENEL ÖZELLİKLER.....	3
2.1.1. Betonun ve Donatının Tanımı	3
2.1.2. Beton ve Donatının Özellikleri	3
2.1.2.1. Betonun Özellikleri	3
2.1.2.2. Betonun Sınıflandırılması	6
2.1.2.3. Donatının Üretimi ve Özellikleri	8
2.1.2.4. Betonun ve Donatının Hizmet Ömrü	10
2.1.3. Betonun Bileşiminde Bulunan Malzemeler	11
2.1.3.1. Su.....	11
2.1.3.2. Kum-Çakıl	11
2.1.3.3. Çimento	12
2.1.3.4. Beton Katkı Maddeleri	12
2.1.4. Beton ve Donatı Kenetlenmesi	13
2.1.4.1. Düz Kenetlenme	13
2.1.4.2. Fiyonk ya da Kanca ile Kenetlenme	13
2.1.4.3. Mekanik Kenetlenme	14
2.1.4.4. Etriyelerin Kenetlenmesi	14
2.1.4.5. Demet Donatının Kenetlenmesi	16

2.2. BETONARME YAPISI, ÖZELLİKLERİ	16
2.2.1. Betonarmenin Özellikleri	16
2.2.1.1. Betonarmenin Tarihsel Gelişimi	16
2.2.1.2. Betonarmenin Uygulama Alanları	17
2.2.1.3. Betonarme Yapıların Tasarımında Gerekli Olan Bilgi ve Belgeler	17
2.2.1.4. Betonarme Yapıların İnşa Edileceği Yerin Seçimi ve Arazi Yapısı	17
2.2.1.5. Betonarme Yapıların Kullanımına Kadar Geçen Aşamalar	18
2.2.2. Betonarme Çeşitleri	19
2.2.2.1. Kiriş Betonarme	19
2.2.2.2. Kolon Betonarme	19
2.2.2.3. Tekil Temel Betonarme	19
2.2.2.4. İstinat Duvarı Betonarme	20
2.2.2.5. Merdiven Betonarme	20
2.2.2.6. Kuyu Temel Betonarme	20
2.2.3. Betonarme Karışım Hesabı ve Donatı Üretimi	21
2.2.3.1. Karışımın Hesaplanması ve Betonun Üretilmesi	21
2.2.3.2. Donatının Üretimi ve Dış Etkilere Karşı Korunması	21
2.3. BETONARME YAPILARININ TASARIM İLKELERİ	21
2.4. KİRİŞ ELEMANLARI VE ÖZELLİKLERİ	22
2.4.1. Kirişlerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	22
2.4.2. Kiriş Elemanlarının Tasarımı ve Üretilmesi	22
2.4.3. Kirişlere Yük Aktarımı	23
2.4.4. Kirişlerin Davranışları	25
2.4.4.1. Tek Donatılı Kesite Sahip Kirişler	25
2.4.4.2. Çift Donatılı Kesite Sahip Kirişler	29
2.4.5. Kiriş Elemanlarının Yapısal Çözümlemesi	30
2.4.6. Kiriş Kesitlerinin Hesap ve Tasarımı	30
2.4.7. Kiriş Elemanlarının Güçlendirilmesi	33
2.4.8. Kirişlerde Kesme ve Burulma Etkisi	34
2.4.8.1. Kesme Donatılı Kirişler	34
2.4.8.2. Kesme Donatısız Kirişler	37
2.4.8.3. Sürtünme Kesmesi	39
2.4.8.4. Kirişlerde Kesme Güvenliği	40

2.5. KOLONLAR VE ÖZELLİKLERİ	40
2.5.1. Kolon Çeşitleri	40
2.5.1.1. Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar	40
2.5.1.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar	40
2.5.2. Kolonlara Yük Aktarımı	41
2.5.3. Kalın (Kısa) Kolonların Hesap ve Tasarımı.....	43
2.5.3.1. Eksenel Basınç Etkisindeki Kolon.....	43
2.5.3.2. Bir Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kolon.....	45
2.5.3.3. İki Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kolon.....	46
2.5.4. Kolonlarda Kesme Güvenliği ve Kesme Donatısının Belirlenmesi.....	47
2.6. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ VE YAPI GÜVENLİĞİ.....	51
2.6.1. Taşıyıcı Sistem Kavramı.....	51
2.6.2. Taşıyıcı Sistem Çeşitleri	52
2.6.2.1. Perde Duvarlı Sistemler.....	52
2.6.2.2. Boşluklu Perde Duvarlı Sistemler.....	53
2.6.2.3. Geleneksel Çerçevesiz Sistemler.....	53
2.6.2.4. Tüp Sistemler	54
2.6.2.5. Taban İzolasyonlu Sistemler	54
2.6.3. Taşıyıcı Sistem Bakımından Yapı Güvenliğinin Temel İlkeleri.....	55
2.6.3.1. Rijitlik.....	55
2.6.3.2. Süneklik	56
2.6.3.3. Kararlılık.....	56
2.6.3.4. Yeterli Sönüm	57
2.6.3.5. Yeterli Dayanım	57
2.6.4. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Etkili Olan Unsurlar	57
2.6.4.1. Yapım Süresi	58
2.6.4.2. Yapım Teknolojisi.....	58
2.6.4.3. Arazi ve Zeminin Durumu	59
2.6.4.4. Yapı Maliyeti	59
2.6.4.5. Mimari Sınırlılıklar	59
2.6.5. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Gerekli Koşullar	60
3. MALZEME YÖNTEM	61
4. BULGULAR	62

5. TARTIŞMA VE SONUÇ	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	70



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Standard kanca ve fiyonglar (TS–500/2000).....	14
Şekil 2.2: Etriyelerde kancalı kenetlenme.....	15
Şekil 2.3: Demet donatı düzenlenmesi.....	15
Şekil 2.4: Kullanılan yapıların geçirdiği aşamalar.....	18
Şekil 2.5: İki doğrultuda çalışan plak.....	24
Şekil 2.6: İki doğrultuda çalışan kare model plak.....	24
Şekil 2.7: Bir doğrultuda çalışan plak.....	25
Şekil 2.8: Tek donatılı kesite sahip kirişler.....	25
Şekil 2.9: Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeden kirişlere aktarılan yükler.....	26
Şekil 2.10: Tek donatıya sahip betonarme bir kiriş.....	27
Şekil 2.11: Çift donatılı kiriş.....	29
Şekil 2.12: Dikdörtgen kesitli kiriş.....	30
Şekil 2.13: Kesitin idealize edilişi.....	32
Şekil 2.14: Birim şekil değiştirme diyagramı.....	32
Şekil 2.15: Değişik mesnetlenme türleri.....	34
Şekil 2.16: Kesiti verilmiş olan betonarme kiriş.....	35
Şekil 2.17: Kesme donatısız kiriş.....	38
Şekil 2.18: Kolon yük aktarımı hesabı.....	41
Şekil 2.19: Kolon kesitinin güvenle taşıyacağı momenti hesabı.....	42
Şekil 2.20: Kolonun çekme kırılması hesabı.....	43
Şekil 2.21: Kalın (kısa) kolonların hesap ve tasarımı.....	44
Şekil 2.22: Kesit için donatı hesabı.....	45
Şekil 2.23: İki doğrultuda bileşik eğilme etkisi.....	46
Şekil 2.24: Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısının belirlenmesi.....	47
Şekil 2.25: Gövdede bulunan yatay kayma donatısı.....	48
Şekil 2.26: Güçlü kolon-zayıf kiriş.....	49
Şekil 2.27: Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısının belirlenmesi.....	50
Şekil 2.28: Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısında boyutlarının belirlenmesi.....	50
Şekil 2.29: Gövdede bulunan kayma donatıları.....	51

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
<i>An</i>	: Kısa Konsolda Yatay Kuvvet İçin Gereken Donatı Kesit Alanı
<i>Ap</i>	: Binanın Tüm Katlarının Plan Alanlarının Toplamı
<i>Asb</i>	: Basınç Donatısı Kesit Alanı
<i>Ase</i>	: Eğilme Donatısı Alanı
<i>Asl</i>	: Kirişte, Gövde Donatısı
<i>Ast</i>	: Boyuna Donatı Kesit Alanı
<i>Asv</i>	: Kısa Konsolda Kiriş Üst Yüzünden 2/3 Derinlik Alanı
<i>bw</i>	: Dişli Döşemede Diş Genişliği
<i>cm</i>	: Santimetre
<i>fcd</i>	: Betonun Tasarım Basınç Dayanımı
<i>fck</i>	: Betonun Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı
<i>fctd</i>	: Betonun Tasarım Eksenel Çekme Dayanımı
<i>fctk</i>	: Betonun Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı
<i>fyd</i>	: Boyuna Donatı Tasarım Akma Dayanımı
<i>fyk</i>	: Donatı Çeliğinin Karakteristik Akma dayanımı
<i>fywd</i>	: Enine Donatının Tasarım Akma Dayanımı
<i>kg</i>	: Kilogram
<i>kNm</i>	: Kilonewton Metre
<i>m³</i>	: Metreküp
<i>mm</i>	: Milimetre
<i>Mra</i>	: Kolonun Veya Perdenin Serbest Yüksekliğinin Alt Ucunda fcd ve fyd'ye Göre Hesaplanan Taşıma Gücü Momenti
<i>Mri</i>	: Kirişin Sol Ucu i'deki Kolon Veya Perde Yüzünde fcd ve fyd'ye Göre Hesaplanan Negatif Veya Pozitif Taşıma Gücü Momenti
<i>Mrj</i>	: Kirişin Sağ Ucu j'deki Kolon Veya Perde Yüzünde fcd ve fyd'ye Göre Hesaplanan Pozitif Veya Negatif Taşıma Gücü Momenti
<i>Mrü</i>	: Kolonun Veya Perdenin Serbest Yüksekliğinin Üst Ucunda fcd ve fyd'ye Göre Hesaplanan Taşıma Gücü Momenti
<i>s</i>	: Etriyeler Arası Aralık
<i>V</i>	: Kesme Kuvveti
<i>Vc</i>	: Kesme Dayanımına Beton Katkısı
<i>Vd</i>	: Tasarım Kesme Kuvveti
<i>Vr</i>	: Kesme Dayanımı
<i>ρ</i>	: Kirişte Çekme Donatısı Oranı
<i>ρ'</i>	: Kirişte Basınç Donatısı Oranı
<i>ρb</i>	: Dengeli Donatı Oranı
<i>ρmax</i>	: Kirişte Maksimum Donatı Oranı
<i>ρmin</i>	: Minimum Donatı Oranı

Kısaltmalar**Açıklama**

<i>a.g.e.</i>	: Adı Geçen Eser
<i>İİBF</i>	: İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
<i>ODTÜ</i>	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
<i>s.</i>	: Sayfa
<i>SDÜ</i>	: Süleyman Demirel Üniversitesi
<i>TC</i>	: Türkiye Cumhuriyeti
<i>TMMOB</i>	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
<i>TS</i>	: Türk Standardı
<i>TSE</i>	: Türk Standartları Enstitüsü
<i>UHPC</i>	: Ultra Yüksek Performanslı Betonlar
<i>vb.</i>	: Ve benzeri
<i>vs.</i>	: Vesaire

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME YAPILARIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE TASARIM İLKELERİ

Ahmet SEVER

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erol UZAL

Bu tez çalışması bulunduğumuz yüzyılda insanların barınmak için en çok kullandığı yapı teknolojisi olan beton ve betonarme yapıların tasarım ilkeleri ve gelişimi hakkında bilgi vermektedir. İnsanoğlu ömrü boyunca hayatını devam ettirebilmek için bir yerlere barınma ihtiyacı duymuştur. Bu gereksinimin ilerleyen teknoloji ile geldiği son nokta betonarme yapılardır. Bu yapılara alternatif farklı malzeme özellikli yapılar da mevcut olmasına karşın en yaygın olanı betonarme yapılardır. Bu çalışmamıza betonun yapısı, kullanım alanları, güçlendirme çalışmaları, yapılış aşaması gibi temel konularla başlayıp betonarme yapıların en önemli yapı birimi olan kiriş ve kolonların yapısal özellikleri ile devam edildi.

Yapı teknolojisi, öncesinde ve sonrasında bazı varsayımların değil matematiksel hesaplamaların dikkate alındığı bir çalışma alanıdır. Bu sebeple bir yapının ortaya koyulma aşamasında ne gibi hususlara dikkat edileceği ve ne gibi analizlerin yapılacağı anlatıldı. Gerekli matematiksel çalışmaların gösterildiği uygulamalar, kiriş ve kolonların birleşim özellikleri ve mekanik dayanımlar incelendi.

Hazırlanan bu tez genel olarak betonarme yapıların özellikleri ve tasarım aşamasındaki temel ilkelerin tanıtılıp buna dair uygulamaların verildiği bir çalışma oldu. Son yıllarda artan deprem olaylarına karşı bu hususların iyi takip edilip uygulanması sonucunda daha güvenilir yapılar ortaya çıkacaktır.

Mayıs 2018, 83 sayfa.

Anahtar Kelimeler: Betonarme, betonarme yapılar, tasarım, beton.

SUMMARY

MASTER'S THESIS

GENERAL CHARACTERISTICS AND DESIGN PRINCIPLES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Ahmet SEVER

İstanbul University

Institute of Science and Technology

Department of Mechanical Engineering Dept.

Advisor: Prof. Dr. Erol UZAL

This thesis study gives information about the design principles and development of concrete and reinforced concrete structures, which are the most used building technologies for the people in our century. Mankind needs to live somewhere to survive for a lifetime. The last point that this requirement comes with advancing technology is reinforced concrete. Although there are alternative structures with different material properties, the most common ones are reinforced concrete structures. This work started with basic topics such as concrete structure, usage areas, strengthening works, construction phase and continued with the structural features of beams and columns which are the most important building units of reinforced concrete structures.

Building technology is a field of study in which mathematical calculations are taken into account, not before and after some assumptions. For this reason, it was explained what kind of points will be taken into consideration in the process of establishing a structure and what kind of analyzes will be done. The applications in which necessary mathematical studies are shown, joining properties of beams and columns and mechanical strengths have been studied.

This thesis which was prepared was a study in which the properties of reinforced concrete structures and the basic principles of the design phase were introduced and applications were given. More reliable structures will emerge as a result of the better monitoring and implementation of these issues against the increasing earthquake events in recent years.

May 2018, 83 pages.

Keywords: Reinforced concrete, reinforced concrete structures, design, concrete

1. GİRİŞ

İnsanoğlu hayatı boyunca yaşamış olduğu çevrede korunaklı bir yapı inşa ederek dış etkilerden korunmak istemiştir. Bu istek ve ihtiyaç yeni yapı elemanlarını dolayısıyla yeni tasarımları beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada incelediğimiz yapı birimi olan beton ise günümüzde en yaygın kullanım alanına sahip malzemedir.

Betonarme, beton ve çeliğin birlikte kullanılmasıyla elde edilen yapı malzemesidir. Betonarme elemanlar (kolon, kiriş, döşeme vb.) yapıda basınç, çekme, kesme ve burulma gibi gerilmelere maruz kalırlar. Gevrek özellikte olan beton, yapısı itibariyle maruz kaldığı etkilerden basınç gerilimine karşı mukavemet gösterebilmektedir. Bu nedenle gevrek olan beton, sünek olan çelik ile güçlendirilerek kompozit bir yapı malzemesi olan betonarmeyi meydana getirir. Betonarme malzemede beton, basınç gerilmelerine, çelik ise çekme gerilmelerine karşı çalışır.

Betonarme yapılarda kullanılan beton ve çelik malzeme sınıfları yapının kullanım amacı ve istenilen dayanımına göre farklılıklar göstermektedir. Örneğin döşeme kalınlıkları belirlenirken, döşeme kalınlığı ve beton sınıfı yapının kullanım amacı doğrultusunda istenilen elastisite modülüne göre belirlenmektedir.

Betonarmede, beton çeliğin, çelik ise betonun zayıflıklarını gidermektedir. Yangına ve korozyona karşı zayıf olan çelik, beton örtü ile korunmakta, çekme dayanımı ve sünekliği yetersiz olan beton ise çelikle donatıldığında, hem basınç ve çekme dayanımı hem de yangın dayanımı yüksek bir yapı malzemesi haline gelmektedir.

Beton özellikleri ve türü kullanım amacı ve yerine göre tespit edildikten sonra yapıda meydana gelecek olan tüm yatay ve düşey kuvvetler dikkate alınarak tasarım aşamasına geçilir. İnşa edilecek yapının tasarımını dış etkilere karşı mukavemetini arttırıcı yönde olmalıdır. Aksi takdirde sadece estetik amaçlar göz önünde bulundurularak yapının dayanıklılığına zarar verecek tasarımlardan uzak durulmalıdır. Tüm bu hesaplamalara mesleğinde tecrübeli ve gerekli bilgisayar destekli analizleri yapabilecek kapasitedeki mühendis ve mimarlar tarafından yürütülmelidir. Ancak günümüzde betonarme bir yapının inşasında her ne kadar yetkili olarak mimar mühendisler görünse de işin gidişatını takip edip yön veren kişiler meslekte uzman

olmayıp genel geçere kurallara göre hareket eden elemanlardır. Bu gibi çalışma ortaklıklarında ilk aşamalarda her ne kadar bir problem görünmese de deprem, sel gibi doğal afet ve dış etkilerde gerekli ayrıntılı hesaplamaların yapılmamasına bağlı olarak çok ciddi problemler ortaya çıkmıştır.

Kısacası yapılan her bir yapının, içerisinde yaşayacak olanın bir can sahibi olduğu düşünülüp bunun bilinç ve sorumluluğunda inşa edilmesi gereklidir. Yapı maruz kalacağı tüm kuvvetlerin hesabı yapılarak tasarlandığı takdirde gerek görüldüğünde estetik dokunuşlarda yapılabilir ancak öncelik can güvenliği ve dayanıklılık olmalıdır. Bu güvenilirliği sağlama konusunda gerekli bilgi ve uygulamalar çalışmamızda yer almaktadır.



2. GENEL KISIMLAR

2.1. BETON İLE İLGİLİ GENEL ÖZELLİKLER

2.1.1. Betonun ve Donatının Tanımı

Beton; su, agregası, çimento ve ihtiyaç halinde katkı malzemelerinin de uygun değerlerde bir araya getirilmesiyle meydana gelmektedir. İlk aşamada plastik bazda sertleşen betonun, sonraki aşamalarda çimentonun hidrasyonu sebebi ile sertleşebilen bir yapı ve onarım malzemesi olduğu söylenebilir. Agregası dolgu elemanı, su ve çimento harcı da bunların boşluklarını dolduran, üstünü bir zarf misali sarmalayan ve agregası parçacıklarını kendi arasında birleştirerek bir kütle haline getirmesinde fayda sağlayan bağlama özellikli malzeme olarak tanımlanmaktadır. Bahsi geçen malzemeler, belirlenmiş miktarlarda bir araya getirildiğinde kalıplarda arzu edilen şekli getirilebilecek plastik malzeme haline getirilmektedir. Betonun birçok yapı elemanından üstün olmasının sebebinin, arzu edilen biçime getirilebilmesi olduğu söylenebilir¹.

İnsanoğlu yaşamı boyunca uygun olmayan doğası şartlarından emniyette kalabilmek için farklı yapılar geliştirdiği görülmektedir. Gelişerek devam eden yapılaşma, şuan dikey yükselmelerle fazla alan kaplamadan icra edilmektedir. Beton ve çelik kullanımı, çok katlı binaların yükleme zamanları ile olumsuz hava koşullarında, sağlamlığı sağlama açısından önemli yere sahip olmaktadır. Donatının hazır hale getirilmesi ve montajı, mühendislik icab eden bir konu olmaktadır².

2.1.2. Beton ve Donatının Özellikleri

2.1.2.1. Betonun Özellikleri

Betonun işlevi ve özellikleri, insanlığın ihtiyacına ve doğanın şartlarına göre günden güne gelişmektedir. Betonlardan günümüzde sadece sertleşmişlik açısından yüksek bir performans yani düşük seviyede geçirgenlik ve yüksek mukavemet beklenmemektedir. Taze betonlardan taşıma ve iletme, yüksek işlenebilirlik açısından da yeni beklentiler oluşmaktadır. Taşıyıcı elemanlarda yoğun donatı elemanlarının bulunması nedeniyle agregaların tane çaplarında da

¹ H. Binici vd., 2000, Değişik Faktörlerin Beton Mukavemetine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2-3), 203-209, s. 203.

² B. Üstün ve M. Dal, 2016, Betonarme Donatı Uygulamalarının Değerlendirilmesi, *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 4(1), 8-18, s. 9.

azalmalar meydana geldiği görülmektedir³. Bununla beraber betonun en önemli ve kendisini avantajlı kılan özelliği yüksek basma gerilmelerine karşı dayanıklılığıdır. Çekme gerilmelerine karşı dayanıklılığının az olmasına bağlı olarak donatıya ihtiyaç duyar.

i. Betonun Dayanımı

Betonarme inşaların güvenilirliğinin hesap edilmesi sonucunda; binanın kullanımına devam edilmesi, onarılması, mukavemetinin artırılması veya yıkım işlemi yapılarak yeniden inşasına karar kılınabilir. Verilen kararın isabetli ve faydalı olabilmesi için yapı üzerinde uzman kişilerin deney ve tespitleri sonucunda verilmiş olması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmaların en başında, hazır betonun basınç dayanımının yer aldığı düşünülebilir⁴.

Beton yapılarda arzu edilen en mühim özelliklerden olan basınç mukavemeti, betonun genel kalitesi hususunda da önemli izlenimler sunmaktadır. Betonda mukavemetin bağlı olduğu birçok unsur bulunmaktadır. Agregaların sağlamlığı hususunda herhangi bir şüphe bulunmuyorsa mukavemette çimento elemanının tesiri görülebilir. Çimento + su + hava formülünden meydana gelen çimento hamurunun kalitesi, ihtiva ettiği çimento yoğunluğuna bağlı olmaktadır⁵. Betonun basınç dayanımı beton sınıflarındırılmasında direkt olarak kullanılır. Örneğin C20 sınıfı beton demek karakteristik basıncı 20 MPa demektir. Bunun dışında C25, C30, C35 gibi beton sınıfları mevcuttur.

ii. Gerilme-Şekil Değişirme İlişkisi

Çeşitli kuvvetlerin etkisindeki cisimler genelde noktaların konumunu değiştirmekte buna da yer değiştirme adı verilmektedir. Cisimlerde yer alan noktalar arasında bulunan mesafelerde herhangi bir değişiklik meydana gelmiyorsa bu cismin rijit bir harekette bulunduğu söylenebilir. Aralarında bulunan bu mesafenin değişmesi de cismin biçim değiştirmesine yol açmaktadır. Meydana gelen bu değişikliğe de deformasyon adı verilmektedir⁶.

Yapı unsurlarının kesit hesabına zemin hazırlayan kuvvetlerin, yapı mekaniği ilkelerine uygun bir analiz ile hesaplanması gerekmektedir. Yapılacak olan bu hesaplama, beton-çelik gerilmesini dikkate alan doğrusal veya doğrusal olmayan kabullerle olabilir. İç kuvvetler,

³ A. Topsakal ve C. Özel, 2012, Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Çökme Kaybının ve Kalıplama Zamanının Sertleşmiş Beton Özellikleri Üzerindeki Etkisi, *SDU International Technologic Science*, 4(2), 124-134, p. 124.

⁴ A. Ergün ve G. Kürklü, 2005, Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 23-25 Mart 2005, 817-826, s. 817.

⁵ Binici vd., a.g.e., s. 204.

⁶ O. Yazıcıoğlu, 1993, *Konstrüksiyonda Mukavemet*, Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, İstanbul, s. 19.

sürekli kiriş ve döşemeler ile çerçeve kirişleri arasında doğrusal elastik metotlar kullanılarak elde edilmektedir. Elde edilen bu iç kuvvetler, denge şartları tam anlamıyla sağlanarak ve gerçek davranışları göz önünde bulundurularak belirlenen oranlarda değiştirilmektedir⁷.

Günümüzde bir yapı malzemesi olarak betonun günden güne daha çok tercih edilmektedir. Betonun maliyet açısından da diğer malzemelere göre daha avantajlı olması, ömrünün daha uzun müddet sürdüreceğini kanıtlar nitelikte olmaktadır. Hayatımıza bu derece girerek yapılarda bu sıklıkta kullanılan betonun üzerinde birçok çalışmalar ve araştırmalar yapılarak betonun davranışı üzerinde ciddi bilgiler elde edilmektedir. Beton üzerine gelen kuvvetler sebebiyle mekanik olarak bazı değişimler göstermektedir. Meydana gelen bu değişimlerin modellenmesinde bazı zorluklar yaşanması, günümüzde hala görülmektedir. Yapıların davranışları ancak gerilme-şekil değiştirme eğrisiyle tam manada anlaşılabilir⁸.

iii. Isıl Genleşme Katsayısı

Isıl genleşme katsayısı ve buna bağlı olarak genleşme olayı beton ve yapının performansında oldukça etkilidir. Genleşme faktörü ihmal edilir ve gerekli hesaplamalar yapılmazsa yapı elemanlarında kırılmalara sebep olacak gerilmeler meydana gelebilir. Bu gerilmelerden olan çekme gerilmeleri agrega ve hamur fazının farklı genleşme katsayılarından meydana çıkmaktadır. Sıcaklığın arttığı durumlarda da betonun genleşme faktörü oluşabilecek hasarlar üzerinde etkilidir ki hamur fazının ve agreganın farklı genleşme kapasiteleri beton içinde yine gerilmelere sebep olarak binada kırılmalar oluşturabilir⁹.

iv. Sünmesi

Sünme olayı, elastik sınır değerinin aşağısında gerilme oluşturabilecek yüklerin zamanla malzeme üzerinde deformasyona yol açması olarak tanımlanabilir. Meydana gelen bu olay, metal malzemelerde yüksek sıcaklık şartlarında meydana gelirken plastik, ahşap beton vs. malzemelerde ise normal şartlarda oluşabilir. Sünme olayının ardından malzeme, kırılma veya şekil değişimi gibi durumlara maruz kalabilir¹⁰.

⁷ TS 5000, Şubat 2000, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 20.

⁸ B. Uzbaşı, 2014, Beton İçin Geliştirilen Gerilme-Şekil Değiştirme Modellerinin Karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, 17(3), 115-126, s.115.

⁹ C. Taşdemir, 2003, Hafif Betonların Isı Yalıtım ve Taşıyıcılık Özellikleri, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5(427), 57-61, s. 57.

¹⁰ H. Elçi ve M. Terzi, 2005, Betonarme Yapılarda Sünmenin Kesit Tesirlerine Etkisi, *DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 43-63, s. 44.

Yapısal olarak çok fazlı kompozit olan betonda, bağlayıcı olarak çimento kullanılmaktadır. Kullanılan bu çimento, hidrasyon etkisiyle gün geçtikçe betonda deformeler meydana getirmektedir. Oluşan bu deformasyonlar da kendisini, rötne veya sünme olarak göstermektedir. Özellik olarak reolojik yapıda olan beton, herhangi bir yükün tesirinde kalarak deformeye zorlandığında bu özelliği ön plana çıkmaktadır. Betonun yapısal özelliklerinden biri olan gözenekli yapısı nedeniyle beton, bu gözeneklerinde suyu muhafaza etmektedir. Gözeneklerde muhafaza edilen bu su sebebiyle ortamın koşullarına göre hacminde değişiklik meydana gelebilir¹¹.

v. Geçirimsizliği

Sert fazdaki betona, içerisindeki çimento oranının belli ölçüde geçilmemesi şartıyla katkı maddeleri eklenebilir. Yapılan bu işlemin amacı, beton içerisinde yer alan boşluklu yapının doldurulması olmaktadır. Betonda geçirimsizlikten bahsedebilmek için betona sirayet eden suyun hacminin buharlaşarak kaybolan suyun hacminden daha küçük olması gerekmektedir¹². İnşa edilen yapıların bazı kısımlarında geçirimsizliğin önemi fazladır. Mesela asansör boşluklarında yapılacak olan duvarların sika gibi katkı maddeleri ile su geçirimsizliğinin artması sağlanır.

2.1.2.2. Betonun Sınıflandırılması

i. Normal Betonlar

Etüv kurusu fazındaki yoğunluk 2000-2600 kg/m³ arasında ise buna normal beton ismi verilmektedir¹³.

Normal betonlar, yaklaşık olarak 2400 kg/m³ ağırlığında olan betonlara denilmekte ve en çok da taşıyıcı amaçlarla kullanılan beton türleri olarak karşımıza çıkmaktadır¹⁴.

ii. Özel Betonlar

Yapısal olarak basit olan betonların hususi durumlarda kullanım alanındaki arzu edilen özellikleri karşılayamadığı zamanlarda özel betonlar kendisine kullanım alanı bulmaktadır. Agregası ağırlığı fazla olan ve ağır beton olarak adlandırılan beton türü genelde nükleer

¹¹ A. Cüneyt Aydın vd., Çimento Esaslı Malzemelerin Zamana Bağlı Davranışının Simülasyonu, *Antalya Yöresinin İnş. Müh. Sorunları Kongresi*, Antalya, 22-24 Eylül 2005, 1-14, s. 2.

¹² MEB, 2007, İnşaat Teknolojisi, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, s. 6.

¹³ TS EN 206-1, Nisan 2002, s. 5.

¹⁴ MEB, a.g.e., s. 19.

santrallerde kullanılmaktadır. Kimyasal etkilere maruz kalınan durumlarda betonun polimerli olması, yüksek seviyedeki geçirimsizliği ile dayanıklılığı istenilen seviyeye taşıyabilir¹⁵.

iii. Yüksek Dayanıma Sahip Betonlar

Yüksek dayanımlı betonlar, aynı zamanda yüksek performans da gerektirmektedir. Yüksek performans ve dayanıma sahip betonların özel zeminler için önemli kullanım kapasitesine sahip oldukları üzerinde de durulmaktadır. İfade edilen bu betonların çatlama riski, normal dayanıma sahip betonlardan daha az olmaktadır. Yüksek dayanımlı betonlarda erken çatlamalara karşı önlemlerin alınması, bu yapıdaki betonların gelecekte de zeminlerde kullanılmasına olanak sağlayabilir¹⁶.

iv. Ultra Yüksek Performansa Sahip Betonlar

Verimliliği oldukça iyi olan betonların süneklik, dayanım ve durabilite özellikleri oldukça iyi durumda bulunmaktadır. Alışılmış özellikteki betonlara göre ultra yüksek performanslı betonlar, kullanılan akışkanlaştırıcılar, çelik lif, silis dumanı ve ince agregalar kullanılarak meydana getirilmektedir. Ultra yüksek performanslı betonların sünek yapıda olmaları bu betonları, yüksek dayanıma sahip betonlardan ayıran en önemli özellik olmakta ve bu özelliği sayesinde yüksek seviyede enerji muhafazası yapmaktadırlar. Süper akışkanlaştırıcıların kullanılması sebebiyle betonun işlenebilmesi için ihtiyaç duyulan su miktarı en aza indirilerek boşluklu yapılar azaltılmaktadır. Çelik yapıda olan liflerin eklenmesi, sünekliğin sağlanması ve mikro düzeyde çatlak kontrolünün yapılabilmesi için gerekli olmaktadır. Ultra yüksek performanslı betonlara ısıtılma işlem uygulanması ile silis dumanının aktif hale gelmesi sağlanmaktadır¹⁷.

İlerleyen teknoloji sayesinde imal edilen malzemelerin, gerek kimyasal gerekse fiziksel özellikleri oldukça iyi seviyelere çıkarılarak ürünlerin performanslarının artırılması amaçlanmaktadır. Üretilen bu malzemelerden biri de UHPC (Ultra high performance concrete) olarak adlandırılan performansı ultra yüksek olan betonlar olarak ifade edilmektedir. Normal betonlara nazaran bu betonlar, 5 kat daha verimli olmakta ve az malzemeyle daha fazla iş yapılma olasılığını ortaya çıkarmaktadır. Ultra yüksek performanslı betonlar, betonarme

¹⁵ Turan Özturan, 2013, Özel Betonlar, *Hazır Beton Dergisi*, Sayı: 118, 70-83, s.70.

¹⁶ M. A. Taşdemir vd., 2003, Geleneksel ve Yüksek Performanslı Çelik Donatılı Betonlar, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 4(426), 76-84, s. 76.

¹⁷ F. Özalp, 2006, *Ultra Yüksek Performanslı Betonların Mekanik Davranışı*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 2

yapıların birçoğunda kullanılabilceği gibi genellikle taşıyıcı özellikte olan köprü, viyadük veya panel sistemlerinde kullanıldığı söylenebilir. Performans olarak yüksek olan bu betonlar, özel tasarım mimari yapılarda da en çok tercih edilen beton türü olarak karşımıza çıkmaktadır¹⁸.

2.1.2.3. Donatının Üretimi ve Özellikleri

i. Donatının Üretimi

Donatı olarak adlandırdığımız kavram betonla bir araya gelerek betonarmeyi oluşturan çeliklerdir. Dolayısıyla betonarme bir yapının davranış ve performansını donatının; konum ve düzeni, kesitteki oranı, yüzey özellikleri, kalitesi ve imalat şekli etkilemektedir. İmalat şekli olarak donatılar, sıcak haddeleme işlemi,soğuk mekanik işlem ve sıcak haddeleme esnasında ısı işlem uygulama yöntemleriyle üretilirler. Bu üretim şekilleri neticesinde üretilen donatıların kullanım alanında arasında çok fark olmamakla beraber süneklik açısından doğal sertlikteki çeliklerin tercih edilmesi tavsiye edilir. Betonlarda çeliğin kullanılmasıyla birlikte betonarme yapılar meydana gelmektedir. Oluşturulan betonarmenin yapısal özellikleri, performans tablosu ve yapısal olarak bütünlüğün sağlanabilmesi için gerekli bilgiler, TSE'nin yönetmeliklerinde yer almaktadır. TS 708 belgesi, TSE'de yer alan yönetmeliklerden birisi olmaktadır. TS 708 belgesine sahip olmayan veya bu belgenin uygulama alanının dışında imalat yapan haddehanelerin bulunduğu ve buralarda imal edilen ürünlerin çoğu inşaat uygulamalarında kullanıldığına da dikkatlerden kaçmaması gerekmektedir¹⁹.

ii. Donatının Yerleştirilmesi

Donatı olarak kullanılacak olan çeliğin, öncelikle fiziksel kirlere arındırılması gerekmektedir. Çizilen projede donatının nereye ve ne miktarda koyulacağı, büyük önem taşımaktadır. Donatının ayrıca asal donatıyı oluşturan basınç ve çekme çubukları dağıtma donatısı ve etriyelerle sağlam bir şekilde bağlanmış olması gerekmektedir. Kolonlarda boyuna donatı, enine donatı ile birleştirilerek sistem olarak rijit bir yapı elde edilmektedir. Beton dökme işlemine başlanmadan önce şantiyeden sorumlu şef ve denetim mühendisinin, kullanılan donatı ile donatı miktarının projeye uygunluğunun incelenmesi ve resmi veya imzalı bir belge altına alınması icap etmektedir. Beton dökme esnasında donatının yerinin kesinlikle değiştirilmemesi,

¹⁸ G. Cengiz, Ultra Yüksek Performanslı Betonun Çatı ve Cepheelerde Kullanımının İncelenmesi, 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, 2-3 Haziran 2016, 1-12, s. 1.

¹⁹ M. K. Aydın, Çelik Sektörü, Betonarme Donatı Çelik Çubuklarının Uygunluğu ve Üreticilerin Değerlendirilmesi, <http://www.mustafakemalaydin.com/wp-content/uploads/2014/10/%C3%87elik-Sekt%C3%B6r%C3%BC-Betonarme-Donat%C4%B1-%C3%87elik-%C3%87ubuklar%C4%B1n%C4%B1n-Uygunlu%C4%9Fu-ve-%C3%9Creticilerin-De%C4%9Feren-dirilmesi.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 3 Kasım 2017].

dikkat edilmesi gereken en önemli şeylerden bir tanesi olmaktadır. İhtiyaç duyulan beton tabakasının oluşturulması için çubuklar etrafında kullanılan donatının askıya alınması gerekmektedir. Beton tabakası oluşturmak için ayrıca kullanılan ve önceden hazırlanmış kalıpla donatıların arasına beton takozların yerleştirilmesi ve iki sıra halinde bulunan donatıların arasında da çelik çubuklardan parçalar yerleştirilmesi gerekmektedir. Beton yapılarda kullanılan etriyeler de yan tarafında bulunan betonla iyice sarılmasının sağlanması ve kiriş ya da döşemelerde bulunan üst donatıların da aşağıya basılmasının önlenmesi önem taşımaktadır. Donatılar yerleştirilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise donatının beton içerisinde iyice sarılmış olmasının olduğu söylenebilir²⁰.

iii. Donatının Dış Etkenlere Karşı Korunması ve Beton Örtüsü

Donatıların betonarme yapılara yerleştirilmeden önce dış kuvvetlere karşı muhafaza edilmesi gerekmektedir. Betonarmenin yapılacağı ortam nemli, ıslak vs. ise bu etkiler, uygun katkı maddeleri ve çimentonun seçilmesi ile etkisiz hale getirilebilir, ancak donatının korunması sadece örtü tabakasının istenilen kalınlığa sahip olması ile sağlanabilir. Ortamın özelliklerine uygun katkı maddeleri ve çimento ile dizayn edilmiş bir betonarme yapı, bu şekilde birçok doğa olaylarına karşı da korunabilir²¹.

Yapı tasarımında, yapının ömrünün dış etkenlere bağlı olarak değişebileceği göz önünde tutularak ilerisi için çok iyi hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Etkili olan dış etkenlerin tekrarlı ve şiddetini arttırabileceği de düşünülürse, uzman görüşlerden mutlaka destek alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Doğa olaylarının şiddeti dikkate alınarak gerekli olan çimento türünün tercih edilmesi ve yapısal dizaynda ihtiyaç duyulmasa da gerekli zamanlarda betonun kalitesinin üst seviyelere çıkarılması gerekmektedir. Üzerinde çalışılan bir yapının bazı bölümlerinin oluşabilecek herhangi çevresel bir etkiye uğramayabileceği söylenebilir. Ortaya çıkarılan yapıdaki betonarme elemanlarından dış kısımlarına bakanlarda yapı için oldukça tehlikeli olan karbonatlaşma olayının her zaman bulunduğu da ifade edilmektedir²².

²⁰ TS 5000, a.g.e., s. 15.

²¹ G. Sümer, 2009, *Betonarme Elemanlarda Donatı Düzenleme İlkeleri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 78.

²² B. Baradan ve S. Aydın, 2013, Betonun Dürabilitesi (Dayanıklılık, Kalcılık), *Hazır Beton Dergisi*, (120), 54-68, s. 67.

2.1.2.4. Betonun ve Donatının Hizmet Ömrü

Betonarme yapılar, yapıldığı günden itibaren farklı sebeplerle onarım ve tadilata ihtiyaç duyulacak duruma gelebilir. Betonun içerisinde yer alan donatı vazifesindeki çeliğin korozyonu sonucunda betonda deformasyon meydana gelebileceği ifade edilmektedir. İklim olarak düşük sıcaklıklara sahip olan yerlerde donma-çözülme etkisinin de buna benzer sorunlara neden olabileceği söylenebilir. İfade edilen sebepler haricindeki diğer dürabilite problemleri, betonda tamiri zor sıkıntılar ortaya çıkarmaktadır. Tasarım aşamasındaki betonarme binaların, dayanımından çok dürabilite şartlarına uygunluğunun üzerinde durulması gerekmektedir. Çelik korozyonu sonucunda meydana gelen çatlak ve kırıkların, yapıların dürabilitesini negatif yönde etkilediği ve performans kaybına sebep olduğu belirtilmektedir²³.

Betonarme yapıları oluşturmak için bir araya gelen beton ve donatı demirinin, gerek fiziksel gerekse kimyasal özelliklerinden dolayı ya da kullanım aşamasında çevresel faktörlere maruz kaldıklarından dolayı zaman içerisinde fonksiyonel olarak ömrünün azaldığı belirtilmektedir. Betonarme yapıların kullanım evresi anlamına gelen hizmet ömrü kavramının, beklenenden önce sona ermemesi için, beton ve donatı demirinin sağlam olması gerekmektedir. Betonun beklenen hizmet ömründe kalabilmesi için; uygun oranlarda karıştırma, doğru ve kullanımı kolay hammadde kullanımı, şartlara uygun yerleştirme, taşıma, sıkıştırma, döküm gibi bazı şartların sağlanması, büyük önem taşımaktadır. Donatı olarak kullanılan demirin betonarme yapıların hizmet ömrünü kısaltmaması için ise çevresel değişimlere karşı muhafazası, geçirimi olmayan beton yapısı, ideal paspayı, donatının ihtiyaç miktarında ve istenen yerde kullanılması gibi şartların sağlanması gerekmektedir. Betonarmede hizmet ömrünü belirleyen en büyük unsurun beton olduğu söylenebilir. Betonun döküm ve imalat aşamasında standartlara uygun işlemler yapılırsa, donatıda meydana gelecek korozyon büyük ölçüde engellenmektedir. Beton ne kadar dayanıklı olursa, betonun oluşturduğu betonarme yapının hizmet ömrü de o ölçüde uzun olmaktadır. Dayanıklı betonlar sayesinde betonarme yapıların ömrü uzamakta ve nihayetinde doğal kaynakların israf edilmesi önlenmektedir²⁴.

²³ M. A. Taşdemir, *Betonun Performansa Göre Tasarımı: Performans Sınıfları*, http://as-beton.com/pdf/performansa_gore_tasarim.pdf, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2017].

²⁴ İ. Bekem vd., *Yapı Ürünlerinin 'Hizmet Ömrü' Açısından Değerlendirilmesi: Betonarme Örneği*, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, 13-15 Mayıs 2009, 2155-2160, s. 2160.

2.1.3. Betonun Bileşiminde Bulunan Malzemeler

2.1.3.1. Su

Su, canlıların hayatına devam edebilmesi için ihtiyaç duyulan unsurlardan en büyüğü olmaktadır. Canlıların yaşamını sürdürmesi yanında su, bir de betonarme yapılarda harç ve betonun yapımında da olmazsa olmazlardan olduğu için değerini daha açık bir şekilde ortaya koymaktadır²⁵.

Beton oluşumunda kullanılacak olan suyun belirlenmesinde içilebilir veya içilemez olması çok da belirleyici bir kriter değildir. İçerisinde fazla miktarda şeker veya gaz içeren sular içiliyor olması rağmen beton yapımı için çok da uygun olmayabilir. İçerik bakımından içilmez olduğu halde beton yapımının da kullanılabilen sular da mevcuttur. Kısaca beton yapımında kullanılacak olan betonda betonun kalitesine, mukavemetine olumsuz etki etmeyecek her su kullanılabilir. Demir malzemesi ise betonda donatı olarak kullanılır. Kullanılan demirin, ihtiyaç miktarında ve istenilen yerde kullanılması, ideal paspaya sahip olması ve geçirimi olmayan bir yapıda olması gereklidir. Betonarme yapılarda ömür süresini belirleyen en önemli unsur betondur. Betonun yapım aşaması, ihtiva ettiği donatı malzemesi ve yoğunluğu betonun kalitesini etkiler ve dolayısıyla yapının ömrüne doğrudan etki eder.

2.1.3.2. Kum-Çakıl

Çakıl, kum gibi (agregalar) katkı maddelerine, agrega denilmektedir. Beton içerisinde %60-75 oranlarında yer alan agrega, beton için çok önemli bir katkı malzemesi olmaktadır. Agregaların yapmış olduğu bu katkılar, parçacık boyutlarına göre kaba ve ince olmak üzere iki sınıfta incelenebilir. Yaklaşık 4 mm çapından büyük olanlar kaba daha aşağısı ise ince agrega olarak adlandırılabilir. Agregalarda olması istenen özellikler, şu şekilde sıralanabilir²⁶;

1. Tane yapısı, uzun veya yassı olmaması,
2. Mukavemeti zayıf taneler içermemesi,
3. Boşluklu olmayıp, dayanıklı ve oldukça sert olması,
4. Aşınmaya ve basınç kuvvetlerine karşı dayanıklı olması,
5. İçerisinde, betonun imalatında negatif rol oynayacak maddeler içermemesi,

²⁵ Z. Şimşek ve N. Akıncıtürk, 2006, Betonarme Yapı Elemanları Üzerindeki Basınçlı Yeraltı Su Geçirimsizliğine Puzzulan Katkı Maddelerinin Etkisi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(2), 33-41, s. 33.

²⁶ S. Alp, 2004, *Kum, Kil ve Taşocakları Sektör Raporu*, İstanbul Ticaret Odası, s. 3.

6. Bir diğerk katkı maddesi olan çimentoyla zararlı bir reaksiyona girmemesi gerekmektedir.

2.1.3.3. Çimento

Alüminyum, kalsiyum, silisyum ve demir gibi oksitleri içeren maddelerin bir araya getirilerek sinterleşme noktasına kadar ısıtılıp pişirilmesi ile elde edilen klinkerin öğütülmesi işleminde meydana gelen hidrolik bağlayıcılar, çimento olarak adlandırılmaktadır. Çimento bir başka ifadeyle, yapısal olarak bileşenleri kil ve kalker olan; çakıl, tuğla, briket gibi mineral parçaları yapıştırma amaçlı kullanılan işlevsel bir malzeme olarak da tanımlanmaktadır. Çimentonun, bahsedilen yapıştırıcılık işlevini ifa edebilmesi için ihtiyacı olan malzemelerden en önemlisi ise su olmakta, çünkü çimentonun sertleşebilmesi için suya ihtiyacı olmaktadır. Üretim açısından çimento, üç safhada incelenmektedir²⁷:

- a. Klinker üretimi,
- b. Çimentoyu meydana getiren hammaddelerin fiziksel olarak işlem görmesi,
- c. Klinkerin öğütülerek, katkı olarak kullanılacak mineral ve alçıtaşının ilave edilmesi.

2.1.3.4. Beton Katkı Maddeleri

Gelişen teknolojiyle beraber betonarme yapıların yapı taşı olan betonun sertleşmesi için kullanılan katkı maddeleri, beton için en önemli yapı unsurlarını meydana getirmektedir. Katkı maddeleri, yeni imal edilmiş betonun fiziksel özelliklerinin daha iyi hale getirilmesi için ve son halini alarak sert halde bulunan betonun kullanıldığı müddetçe karşılaşması beklenen çevresel ya da mekanik etkilere karşı en büyük desteği sağlamaktadır. Kimyasal katkı malzemeler daha birçok kullanım amacı bulunmakla birlikte taze ve sert halde bulunan betonun işlevselliğine yapmış olduğu etki, gelişen teknolojinin ortaya çıkardığı gerek makro gerekse mikro analiz teknikleri vasıtasıyla daha da belirgin hale getirilmektedir. Ortaya çıkan bu gelişmeler, mühendislik alanında ve daha birçok alanda kullanılan malzemelerin mikro boyutta incelenmesi konusunda yarar sağlamaktadır. Nano bilimdeki bu gelişmelerin, beton teknolojisi üzerinde birçok gelişmeye de zemin hazırladığı söylenebilir²⁸.

²⁷ M. Kuruoğlu, 2009, *Türkiye İnşaat Sektörü Hammadde Haritası*, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul, s. 17.

²⁸ B. Y. Pekmezci ve H. N. Atahan, 2014, Kimyasal ve Nano Katkılar: Betonda Kullanımı ve Beton Performansına Etkileri, *Hazır Beton Dergisi*, (123), 69-82, s. 69.

2.1.4. Beton ve Donatı Kenetlenmesi

Betonarme yapılarda mukavemetin sağlanması için beton içerisine koyulmuş donatı malzemenin betonla çok iyi kenetlenmesi gereklidir. İyi bir mukavemete sahip kiriş ve kolonlarda bu kenetlenme çok yeterlidir. Ankraj olarak isimlendirilen kenetlenme bina yapımında çok önemli olacağından gerekli mimari ve mühendislik çalışmalarının çok iyi yapılması gerekir²⁹. Betoanarme yapının kullanım alanı, bölümlerinin kullanım fonksiyonlarına göre beton ve donatı kenetlenme türleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

2.1.4.1. Düz Kenetlenme

Bu kenetlenme türü, hiçbir gereksinme duyulmadan belirlenen yerden doğrusal bir şekilde birimlik uzatılması ile oluşan kenetlenme türüdür. Kullanılan donatı malzemesinin akmasına imkan verecek boyun en düşüğüne kenetlenme boyu denir ki bu değer de aşağıdaki denklemde verilmiştir³⁰.

$$l_b = 0,12 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \phi \geq 20\phi \quad (2.1)$$

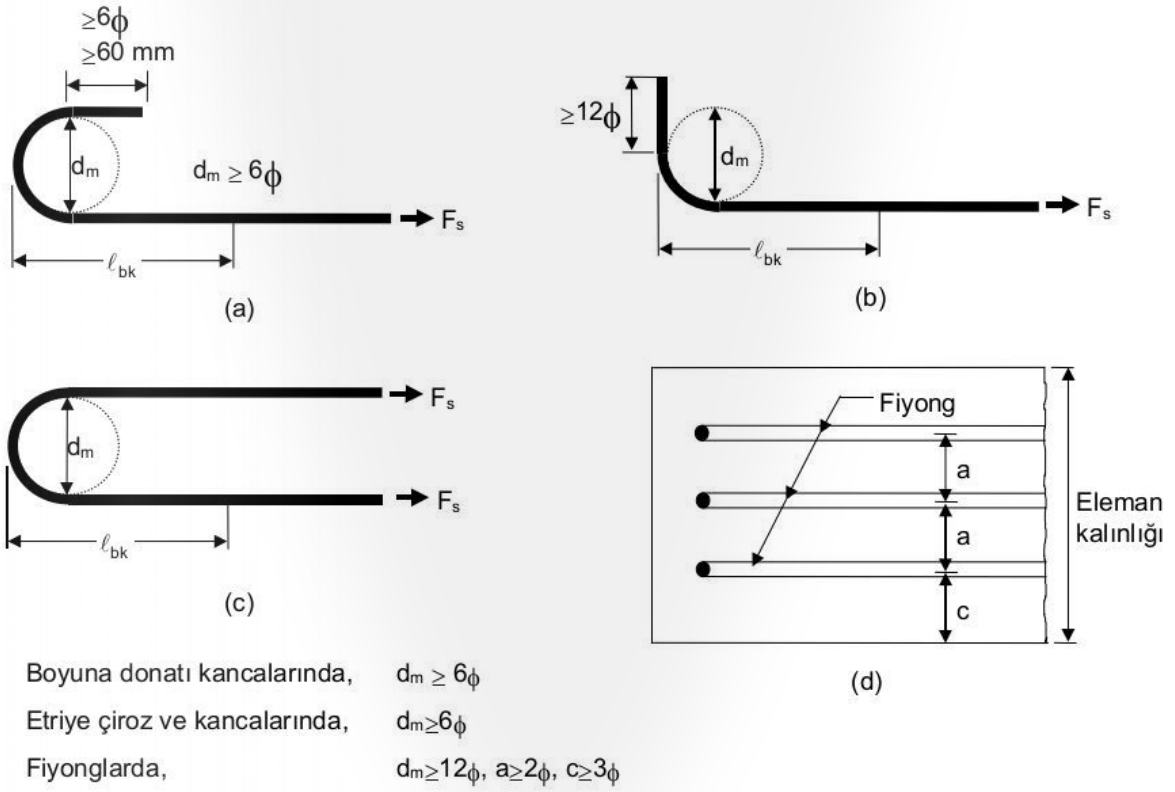
2.1.4.2. Fiyonk ya da Kanca ile Kenetlenme

Betonarme yapılarda kullanılacak olan donatı malzemesinin uç kısmı bükülme işlemi uygulanarak fiyong veya kanca şekline getirilmişse gerekli olan kenetlenme boyu düşebilir. Şekilde gösterilen standart tipli fiyongların olması halinde, kenetlenme boyu denklemden çözümlenecek değerlerin %75 i kadar düşülerek hesaba katılabilir³¹.

²⁹ A. Koçak, 2007, *Donatı Yerleşimi*, Betonarme Yapı Tasarım Dersi, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, s. 2.

³⁰ Sümer, a.g.e., s. 54.

³¹ H. Küçük, 2009, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Kapsamında Türk (TS 500 – TS 498) ve Rus (SNİP – GOST) Standartlarının Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 71.



Şekil 2.1: Standard kanca ve fiyonglar (TS-500/2000).

2.1.4.3. Mekanik Kenetlenme

Mekanik kenetlenme, katkı olarak kullanılan donatının uç kısmına kaynaklama işlemiyle tutturulan veya donatıya vidalamayla yapıştırılan plakalarla sağlanmaktadır. Mekanik kenetlenmenin olduğu durumlarda, malzeme üzerindeki çalışmaların bilimsel olarak denemesinin yapılması ve kullanılacak çubuğun hesap kuvvetinin, kırılma yükünün %70 ini geçmemesi gerekmektedir. Mekanik kenetlenme için kullanım aşamasına geçilmeden önce özel izin alınmasının gerekli olduğu ifade edilmektedir³².

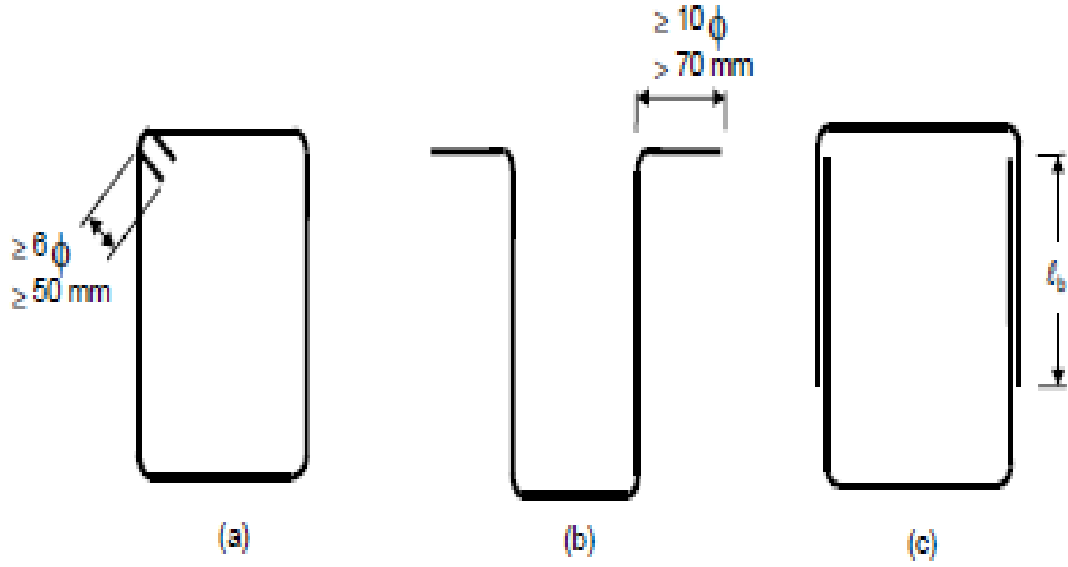
2.1.4.4. Etriyelerin Kenetlenmesi

i. Kanca ile Kenetlenme

Kanca ile kenetlenme de ise Şekil A da gösterilen 900 lük veya duruma göre 135o kancalar kullanılması gerekir. Şekil A(a) da ifade edilen tür, burulma momenti altındaki elemanlar, kare veya dikdörtgen kesitler veya kiriş-kolon sistemleri için kullanılabilir. Diğer şekilde yani Şekil A(b) ise diğer türe nazaran daha dar kapsamlı olup sadece dişi döşeme kirişlerinde kullanılır³³.

³² TS 500, a.g.e., s. 42.

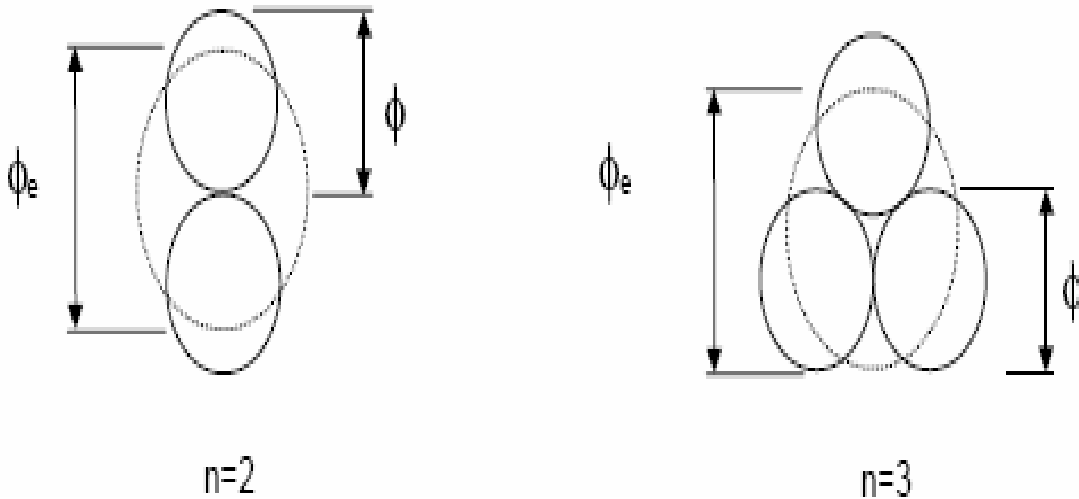
³³ TS 500, a.g.e., s. 43.



Şekil 2.2: Etriyelerde kancalı kenetlenme.

ii. Düz Bindirme ile Kenetlenme

Bu tür bir kenetlenme türü uygulandığında ise ihtiyaç olan bindirme boyu denklemden çıkarılacak değer kadardır. Bu kenetlenme türü genellikle deprem bölgesine kurulan betonarme yapılarda kullanılmalıdır³⁴.



Şekil 2.3: Demet donatı düzenlenmesi.

³⁴ Sümer, a.g.e., s. 62.

2.1.4.5. Demet Donatının Kenetlenmesi

Çubuklar Şekil 4.9' da gösterildiği gibi yapı olarak demet şeklini anımsatan bir dizilişte de dizilebilir. Ancak burada önemli olan bu demet sayısının üçü geçmemesidir³⁵.

2.2. BETONARME YAPISI, ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Betonarmenin Özellikleri

2.2.1.1. Betonarmenin Tarihsel Gelişimi

İlk keşif tarihi kesin olarak bilinmemekle beraber beton kullanımının başlangıcı 1840 lı yılların sonu olarak tahmin edilmektedir. Betonun insan hayatında ilk kullanılmaya başlandığı zamanda Hollandalı Modernist Mimar, Hendrik Petrus BERLAGE 70 yıllık tecrübeden sonra 1922 yılında betonu, malzeme alanında demirden sonraki en önemli buluş olarak tanımlamaktadır. Betonarmenin doğuşu olarak kabul edilen olay ise 1848 yılında Fransız çiftçi Joseph Louis LAMBOT'un beton ve donatıyı bir araya getirerek ürettiği ve 1855 yılında Pariste meraklılara sergilediği küçük bir teknedir. Lambot aynı yıl içerisinde bu teknenin patentini de aldı ve tekne 1902 yılına kadar Miraval Gölünde aktif olarak kullanıldı. Bu gelişmelerden sonra beton ve çelik daha uygun ve kullanışlı olacak şekilde bir araya getirildi ve artık birçok alanda kullanılmaya başlandı. Giderek sistemleşen betonarme kullanımında ilk şartname ABD'de 1904 ve Almanya' da 1906 yılında imzalanmıştır. Ülkemizde ise ilk betonarme yapı 1920 yılında inşa edilse de seri olarak hazır beton kullanımı 1974 yılında başladı. İlerleyen yıllarda , betonunun davranışı, kalite kontrol deneyleri, ekipman kalitesinin devamlılığı, ekonomisinin artması, şartların zor olduğu bölgelerde beton yapı inşası, katkı maddeleri konularında büyük gelişmeler meydana gelmekte ve devam etmektedir. 20. yüzyılın sonlarına doğru kullanılmaya başlanan özel katkı maddeleri sayesinde, mukavemeti oldukça yüksek ve yapı açısından da bir o kadar esteki yapıların meydana getirilebildiği söylenebilir. Günümüz teknolojisinde imal edilen ve kolaylıkla yerleştirilebilen betonlar, bu tür betonların mukavemetindeki izlenen artışların, bu malzemelerle daha farklı veya fonksiyonel yapıların ortaya çıkmasına katkı sağladığı belirtilmektedir. Beyaz renkte çimento kullanılarak imal edilen beyaz betonlar, kalıbı özel tasarlanmış astarlar, katkı olarak pigment kullanılarak üretilen renkli betonlar ve bunların bir araya getirilmesi oluşturulan kombinler, mühendislik alanına birçok yenilikler katmaktadır.

³⁵ Ç. Tabak, 2012, *Betonarme Taşıyıcı Elemanların Konstrüktif Esasları, Yüksek Betonarme Yapıların Tasarımı Ve Enine Donatılarda Kancaların Bilgisayar Programında Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 29.

Mühendislik alanına katkı sağlayan bu malzemeler, mimarlara da çok daha estetik yapılar yapma imkanı sunmaktadır³⁶.

2.2.1.2. Betonarmenin Uygulama Alanları

Beton gelişen teknoloji ile beraber günümüzde en çok kullanılan yapı elemanıdır. Yaşadığımız ortam incelendiğinde barajlar, köprüler, binalar, yollar, hava alanları vb. malzeme olarak beton içerir. Beton taze kıvamda iken koyulduğu kabın veya kalıbın şekline alabilmesi dolayısıyla kullanım alanı bu kadar geniş ve kullanımı kolaydır³⁷.

2.2.1.3. Betonarme Yapıların Tasarımında Gerekli Olan Bilgi ve Belgeler

Bir betonarme yapı gerek yapımından önce gerekse yapım aşaması ve sonrasında belli standart ve yönetmelikler çerçevesinde icra edilir. Bu bilgi ve belgeler TS 500 Türk Standartlarında açıkça ortaya koyulmuştur³⁸. Bununla beraber detay çizimlerinde ve uygulama projesi kalıp planlarında edinilmesi gereken bilgiler; kullanılan betonun sınıf ve kıvamı, donatının sınıfı, çimento standart numarası ve cinsi, agreganın en büyük tane çapı, yapı elemanlarının üzerindeki beton örtü kalınlıkları olarak sayılabilir.

2.2.1.4. Betonarme Yapıların İnşa Edileceği Yerin Seçimi ve Arazi Yapısı

Betonarmenin inşa edileceği temelin tipi ve kotu, genel olarak zemin mekanik özelliği ve yerel koşul değerlendirilmesi ilkelerine göre seçilir. Betondan istenilen verimin alınabilmesi için ham maddenin kaliteli seçilmesi kadar üretim aşamasında gerekli özenin gösterilmesi, doğru yerleştirme ve sıkıştırma ve bakım ve onarıma uygun olması da önemlidir. Zeminlerin yapı periyodunu etkilediği göz önüne alınırsa üzerine yapı inşa edilecek olan zeminin sert olması tavsiye edilir³⁹.

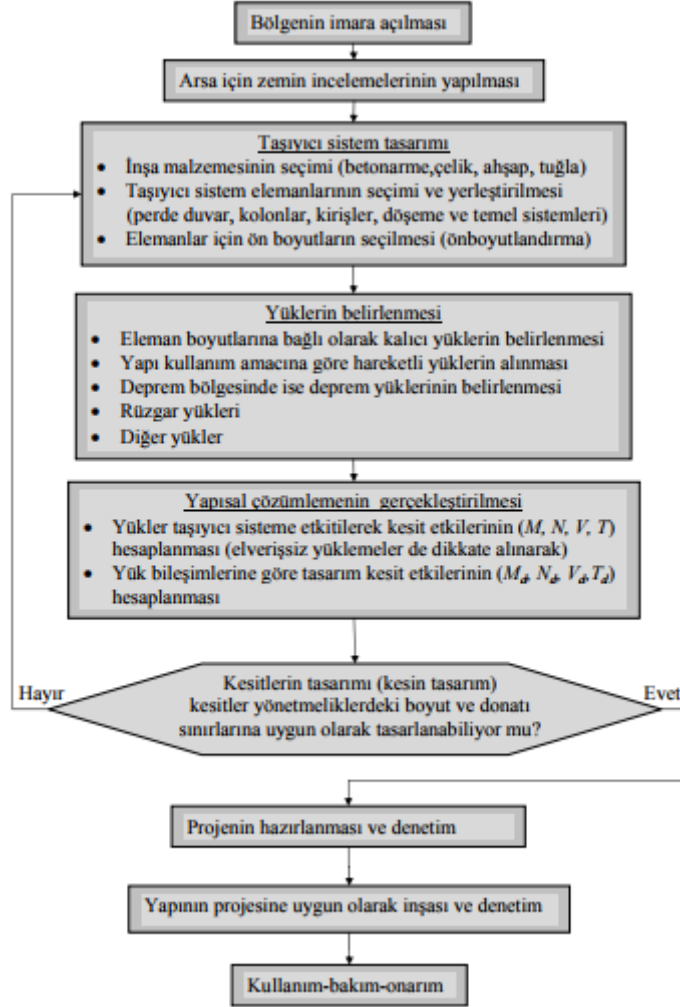
³⁶ M. E. Karagüler, 2014, Mimari Beton Uygulamaları, *Hazır Beton Dergisi*, (125), 73-83, s. 83.

³⁷ MEGEP, 2011, *Beton Dökümü ve Koruma*, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Yayını, Ankara, s. 5.

³⁸ TS 500, a.g.e., s. 8.

³⁹ Mehmet Kevser Derdiman, 2013, Farklı Özelliklere Sahip Zeminlerin Betonarme Yüksek Yapılarda Yapı Salınım Periyoduna Etkisi, *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 13 (2), 9-15, s. 10.

2.2.1.5. Betonarme Yapıların Kullanımına Kadar Geçen Aşamalar



Şekil 2.4: Kullanılan yapıların geçirdiği aşamalar.⁴⁰

Betonarme yapıların kullanıma kadar geçen aşamaları yukarıdaki şekil dikkate alındığında; bölgenin imara açılması, arsa için zemin inlemelerinin tamamlanması ile başlamaktadır. Daha sonra taşıyıcı sistem tasarımı için inşa malzemesinin seçimi (ahşap, tuğla vs.), perde, duvar gibi taşıyıcı sistem elemanlarının hazırlanması, boyutlandırmaların yapılması aşamasına geçilir. Rüzgar yükleri deprem bölgesi yükleri ve hareketli yükler belirlenir. Yapısal çözümler için tasarım kesitler hesaplanır, proje hazırlanır, denetimden geçirilir, inşaat tamamlanır ve kullanım-bakım-onarım sürecine geçilir.

⁴⁰ A. Doğançün, 2008, *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*, Birsen Yayınevi, CD İlaveli Geliştirilmiş 4. Baskı, İstanbul, s. 23.

2.2.2. Betonarme Çeşitleri

2.2.2.1. Kiriş Betonarme

Betonarme yapılarda kullanılan kirişler imalatı ve temas halinde olduğu mesnedin yapısı bakımından farklılık gösterebilir. Bunlar tablalı, ters, konsol, devamlı, ankastre ve basit kirişlerdir. Kirişler taşımaya çalıştıkları yükleri yan duvarlara veya kolonlara aktaran, yapı olarak dikdörtgenel bir kesite sahip, yatay yönlü eğilme momentine maruz kalan elemanlar olmaktadır. Bu yapı elemanlarında tarafsız eksen denilen hizadan yukarısı basınç aşağı taraf ise çekme gerilmelerine maruz kalmaktadır. Kirişlerin temas halinde olduğu mesnetlerin aralarında olan mesafe yani açıklık serbest olmaktadır. Bu hesap açıklığı, 35 cm veya daha az et kalınlığına sahip mesnetlerde eksenler arası mesafe alınmaktadır. Kalınlık 35 cm'den fazla ise hesap açıklığı, serbest açıklığın %5'i ekleme yapılarak bulunabilir⁴¹.

2.2.2.2. Kolon Betonarme

Kolonun, betonarme yapılardaki görevlerinden bir tanesinin, yapıyı oluşturan diğer elemanlarla monolitik bir ilişki oluşturması olduğu söylenebilir. Kolonlar, birçok yüke maruz kaldıkları için birden fazla kuvvet veya momentin etkisinde kalmaktadır. Tasarlanan betonarme yapılardaki kolonların hesabının bu nedenle çok iyi yapılması gerekmektedir⁴².

2.2.2.3. Tekil Temel Betonarme

Tekil temelleri belirlenirken; taban alanı ebatlarının betonarme yapının koyulacağı zeminin dayanımının ve oturmalarının mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Tekil temel kesit hesabı yapılırken önceden belirlenmiş olan zemin basıncının dağılımının da gözden kaçırılmaması büyük önem teşkil etmektedir. Donatı yoğunluğu ve kolon boyutlarının tasarımı aşamasında; kesme kuvveti, eğilme ve burulma momentinin ayrı ayrı hesaplanarak kenetlenme boyunun emniyetli olduğunun ortaya çıkarılması gerekliliği vurgulanmaktadır. Hesaplamalar ayrıntılı olarak yapılmayacak olsa bile en azından inceleme yapılacak olan kolonun yüzeylerinden dışarı taşan temel parçalar, konsol kiriş gibi düşünülerek yine de gerekli hesaplamaların yapılması gerekmektedir⁴³.

⁴¹ T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, *İnşaat Teknolojisi Basit Kiriş Donatıları*, Ankara, s. 3.

⁴² İ. Bedirhanoglu, 2011, *Bileşik Eğilme-Eksenel Basınç ve Eğilme Altındaki Elemanların Taşıma Gücü*, Dicle Üniversitesi, s. 1, http://www.dicle.edu.tr/a/idrisb/webtr/Betonarme1/B6-Bilesik_Egilme.pdf, [Ziyaret Tarihi: 3 Kasım 2017].

⁴³ TSE, Şubat 2000, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Ankara, s. 49.

2.2.2.4. İstinat Duvarı Betonarme

Betonarme yapıların inşa edileceği zeminlerdeki yüksek seviye farklarından dolayı, istinat duvarları kullanılmaktadır. İsnat duvarları, zeminin yayılmasını önleyerek binanın emniyetini sağlanması amacıyla yapılmaktadır. İnşa edilen istinat duvarı, kaymakta olan zemin tarafından kuvvete maruz kalmaktadır, ancak rijit yapıda olan istinat duvarının buna karşı koymak üzere tasarlandığı söylenebilir. İstinat duvarlarının kullanım amaçlarından bazıları şu şekilde sıralanabilir⁴⁴;

1. İnşa edilen köprülerin kenar ayaklarında yer alarak derinliği fazla olan çukurların yan tarafındaki duvarları tutmak,
2. Binanın bodrum katlarının duvarını meydana getirmek,
3. Kaymaya meyilli olan zeminleri emniyetli bir şekilde tutmak,
4. Kanal ve eklüzlerde yer alarak emniyeti sağlamak,
5. Arazilerde eğimin meydana getirdiği dezavantajdan kurtulmak için zemini doğal şev açısından daha dik bir açıyla taşımak,
6. Yol yapım çalışmalarında şev düzenlemeleri yapılırken kullanmak,
7. Deniz kıyılarındaki yerleşkelerin erozyon, toprak kayması gibi doğal afetlerden korumak.

2.2.2.5. Merdiven Betonarme

Tasarım açısından merdivenlerin birçok türü vardır. Merdivenlerde çelik donatının koyulma bölgeleri kiriş ve döşemelerdekilerin aynıdır. Merdivende yer alan plak şeklindeki beton, eğimli olan iki mesnede oturmuş durumda veya konsol vaziyetteki betonarme döşemeden ibarettir⁴⁵.

2.2.2.6. Kuyu Temel Betonarme

Yapının inşa edileceği arazinin çok eğimli, dağınık, gevşek olması gibi olumsuz durumlarda kazı yapılarak oradaki en sağlam yüzey bulunmaktadır. Sözü edilen bu yüzeye kadar açılan bir

⁴⁴ D. Alkaya, 2008, İstinat Duvarlarının Spread Sheet (Excel) Programı ile Çözümü ve Maliyet Analizi ile Uygun Duvar Tipinin Belirlenmesi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5(451), 56-65, s. 57.

⁴⁵ MEB, 2006, Merdiven Planı ve Donatı Çizimi, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, s. 24.

kuyu betonla doldurulur ve bu kuyu temelın üzerine bina inşa edilir ancak bu tavsiye edilen bir temel tipi olmamaktadır⁴⁶.

2.2.3. Betonarme Karışım Hesabı ve Donatı Üretimi

2.2.3.1. Karışımın Hesaplanması ve Betonun Üretilmesi

Yapı alanında ortaya koyulan binalarda en çok kullanılan malzeme türü şüphesi betondur. Beton fiziksel olarak gevrek bir kıvamda olduğu için kullandığı yapının yerine göre bazı malzemelerle mukavemetinin artırılması gerekebilir. Mesela herhangi bir kuvvet altında kaldığında kendisinde oluşabilecek çatlakların engellenmesi için betona süneklik kazandıracak olan cam elyaf destekleyici malzeme olarak kullanılabilir⁴⁷.

Betonun cam elyaf ve benzeri katkı maddeleri ile hangi oranda karışım sağlaması gerektiği bazı metotlarla belirlenir. Bu metotlar; çimento içeriği, çimento-su karışım oranı, yüzey alanı ve incelik modülü olarak sayılabilir. Bu metotların tümünde nihai karışım oranı tespit edilmeden ön karışım oranı ayarlanır. Ön karışımlardaki hacmin sabit olmasına bağlı olarak agrega miktarı da sabit fakat çimento ve su miktarı değişiktir⁴⁸.

2.2.3.2. Donatının Üretimi ve Dış Etkilere Karşı Korunması

Betonarme yapılarda kullanılacak olan donatıların yapının bulunduğu yere göre dış etkilere maruz kalacağı düşünülürse bu kuvvetlere karşı gerekli önlemlerin alınması gereklidir. Bu koruma ise ancak donatının etrafına sarılacak olan yeterli miktardaki örtü tabakası ile elde edilebilir⁴⁹. Uygulamalarda ortaya koyulan pas payı tam da bu amaca hizmet etmekle beraber yeterli kalınlıkta olmasına dikkat edilmelidir.

2.3. BETONARME YAPILARININ TASARIM İLKELERİ

Betonarme bir yapının projelendirilip insanların hizmetine koyabilmek için gerekli olan hesap ve tasarımlar standartlara uygun ve iyi bir iş planlaması neticesinde ortaya çıkar. Yapılacak olan

⁴⁶ İ. Akbulut, 2005, *Sığ Temellerde Jeoteknik Etüt*, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s. 3.

⁴⁷ S. Yıldız vd., 2010, Cam Elyaf Katkısının Betonun Basınç ve Çekme Dayanımı Üzerindeki Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 13(3), 239-243, s. 239.

⁴⁸ Ş. Artırma, *Beton karışımında Bir Yöntem*, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11526.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 3 Kasım 2017].

⁴⁹ H. Özkaynak, 2002, *Deprem Bölgelerindeki Betonarme Yapılarda Donatı Düzenleme İlkeleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 52.

işlem aşamaları; taşıyıcı sistem seçimi, çatı yüklerinin hesabı, kirişlerin ön boyutlandırılması, döşemelerin ön boyutlandırılması, merdiven ve kolon-kiriş tasarımları ve en son olarak da temellerin tasarımı olarak sayılabilir. Yapılar üzerinde yapılan gerekli sayısal çözümler ve hesaplamaların asıl amacı kurulan yapının üzerindeki tüm yük ve kuvvetleri güvenli bir şekilde karşılayıp amacına hizmet etmesini sağlayabilmektir. Yapım aşamasında kullanılacak olan tüm malzemeler ve sistemler yapının güvenliği açısından çok iyi tasarlanmalıdır. Aksi takdirde ortaya koyulan proje istenilen verimi vermeyecek ve arz talep ilişkisi içerisinde ciddi problemlere yol açabilecektir. Bu sebeple gerekli olan hesap ve tasarımlara çalışmamda uygulamalarla birlikte yer verilmiştir⁵⁰.

2.4. KİRİŞ ELEMANLARI VE ÖZELLİKLERİ

2.4.1. Kirişlerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Betonarme yapılarda döşemelerden gelen kuvvet ve yükü kolonlara ileten yapılara kiriş denir. Kirişler düşey olarak yerleştirilmiş olan kolonların üzerine yatay olarak koyulur. Betonarme yapılarda karkas dediğimiz ve döşeme, temel, kolon ve kirişlerden oluşan bir taşıyıcı sistem vardır ve her katta aynıdır. Bu sistem içerisine kirişin nasıl ve hangi bölgelere koyulacağı projede bellidir. Kirişlerin donatılması kalıp planında yer alan brifinglere göre yapılır. Kiriş donatıları pilye, etriye, üst demir ve alt demir donatı elemanlarıyla yapılır. Donatı olarak çapı 12 mm den aşağı eleman kullanılamaz. Bu donatma işlemi gerekli mühendislik çalışmaları yapılarak statik hesaplamalara neticesinde tespit edilir ve sonuçlar kiriş standartlarıyla karşılaştırılır⁵¹.

2.4.2. Kiriş Elemanlarının Tasarımı ve Üretilmesi

Kiriş elemanlarının tasarımı ve üretilmesi bakımından üçe ayırmak mümkün olabilir. Bunlar⁵²;

1. Bütünleşik Kirişler: Bütünleşik kirişler denilen bu tip yapı elemanlarında çelik kirişler, döşeme yükünü sadece üst başlıklar ile taşımaz. Çelik tipli kirişler, ön yapımlı beton döşemenin ya da yerinde dökmenin yüksekliğinde, döşemenin içinde kalarak o sistemin bir bileşeni olur. Bu sayede herhangi bir yangın esnasında alt başlık hariç diğer bütün çelik kiriş korunaklı bir

⁵⁰ TS. 500, a.g.e., s. 18.

⁵¹ T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, a.g.e., s. 3.

⁵² Y.S. Tama ve A. Kaftan, 2006, "Çelik Yapılarda Korozyondan Korunma Maliyetinin Araştırılması", 2. Çelik Yapılar Ulusal Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, s. 67-69.

hale gelmiş olur. Bunun yanında çelik kirişin sistemin içerisinde yer alması, yapıya fazladan bir yüksekliğin verilmesine de mani olur.

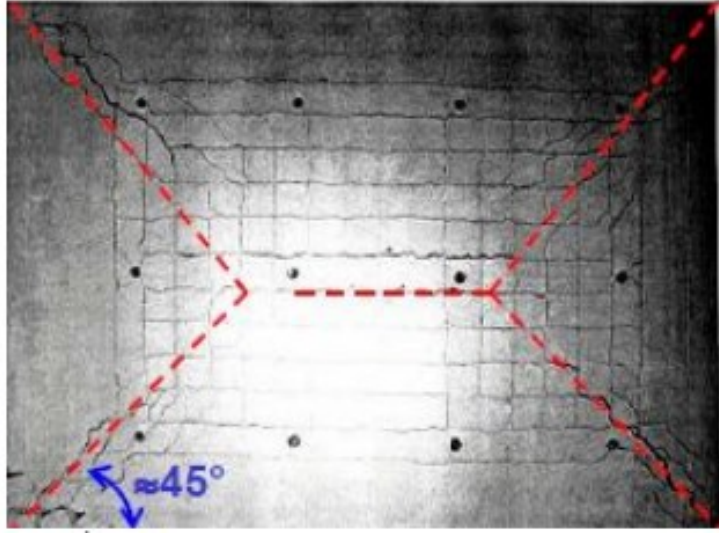
2. Boşluklu Kirişler: Bu tip kirişler gelişen kesim teknolojisi ile beraber kirişin uzunluğu boyunca alev yardımıyla kesilip daha sonra uçtan uca kaynaklama yöntemi ile üretilir. Geçmişte uygulanagelen teknoloji ancak altıgen yapıda kastella kirişlerin üretimine olanak sağlarken gelişen teknoloji ile dikdörtgen yapıda kirişler elde edilebilmektedir.

3. Kısmen Kaplanmış Kiriş ve Kolonlar: Kısmen kaplanmış kolon ya da kirişler alt ve üst başlıklar arası kolon boşlukların, I kesitli çelik tipte taşıyıcıların, donatılı veya düz beton yardımıyla doldurulmasıyla elde edilir ve mukavemet olarak iyi sonuçlar verir. Bu tip kiriş ve kolonların yangına karşı dayanıklılığını artırabilmek için içerisine koyulan çeliğin daha fazla betonla kaplanması ile sağlanabilir. Diğer yöntem olarak beton içine koyulan donatı oran, miktar ve kalitesinin artırılması ile yangına karşı daha iyi bir dayanım sağlanabilir.

2.4.3. Kirişlere Yük Aktarımı

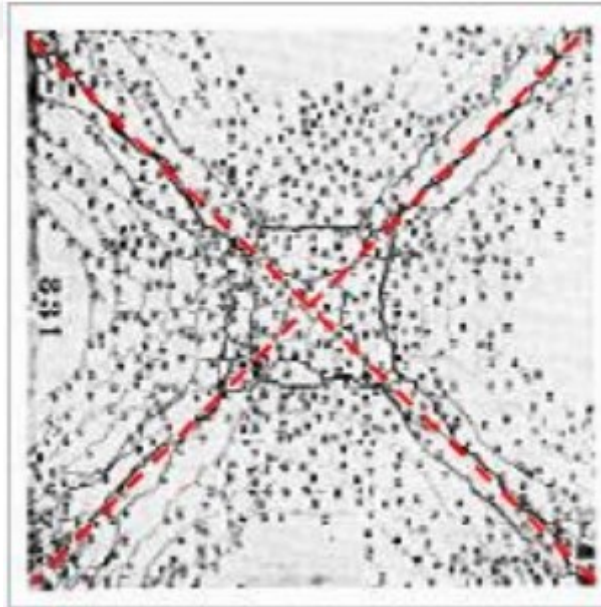
Binalarda kullanılan kirişlere zemin kattan başlayarak en üst katlardaki de dahil olmak üzere yük binmektedir. Bu yük aktarımın gerekli hesap ve uygulamaları çok iyi yapıp binada yaşayan insanların güvenliğinin sağlanması zorunludur⁵³. Kirişlere uzunluğu boyunca binada yer alan ölü ve hareketli yüklerin büyüklüğü, döşemenin kenar oranlarına ve mesnet koşullarına göre değişmektedir. Kiriş üzerine gelen yükler; kirişin kendi öz yükü, üzerindeki duvar yükü, döşemelerden gelen hareketli ve ölü yükler olarak sayılabilir. Dört tarafından kirişli döşemeler üzerine aşırı yükler bindiği zaman şekil 2.5'te de olduğu gibi kesikler çizgiler boyunca kırılmalar meydana gelir. Bu analizden çıkan yaklaşım ise trapez veya üçgen döşeme parçalarının oturdukları kirişler tarafından taşındığıdır.

⁵³ S. Aykaç vd., 2011, BA Yapılarda Konsol Kirişlere Aktarılan İlabe Yükler, *İMO Teknik Dergi*, (351), 5449-5462, s. 5449.



Şekil 2.5: İki doğrultuda çalışan plak.

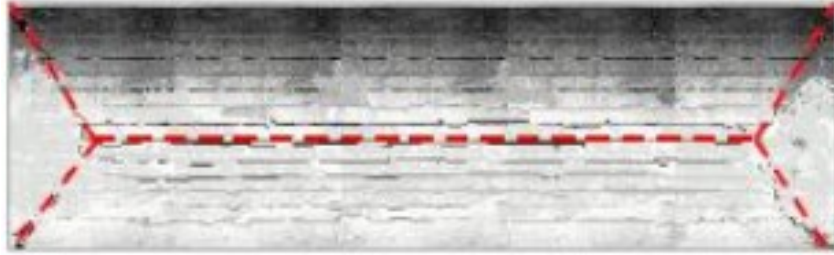
Betonarme alanında yapılan uygulamalarda temel prensiplerden birisi şudur ki; döşeme köşelerinden çizilen açı ortaylar neticesine oluşan alanların yükünü o alanın altında kalan kiriş karşılar. Örneğin kare şekilli bir döşemede açı ortaylar çizildiğinde şekil 2.6'da olduğu gibi üçgen alanlar oluşacak ve bütün kirişlere eşit yüklemeler olacaktır.



Şekil 2.6: İki doğrultuda çalışan kare model plak.

Şekilleriyle beraber bahsettiğimiz iki doğrultuda çalışan plakların yanı sıra bir doğrultuda çalışan plaklar da uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Bu tip döşemelerde kısa kirişlere aktarılan yükün değeri oldukça küçüktür. Bu sebeple döşemenin tüm yükünü uzun doğrultudaki

kirişin karşılandığı varsayılır. Bu durumda uzun kirişlerin yükü şekil 2.7’de olduğu gibi düzgün yayılı olur.

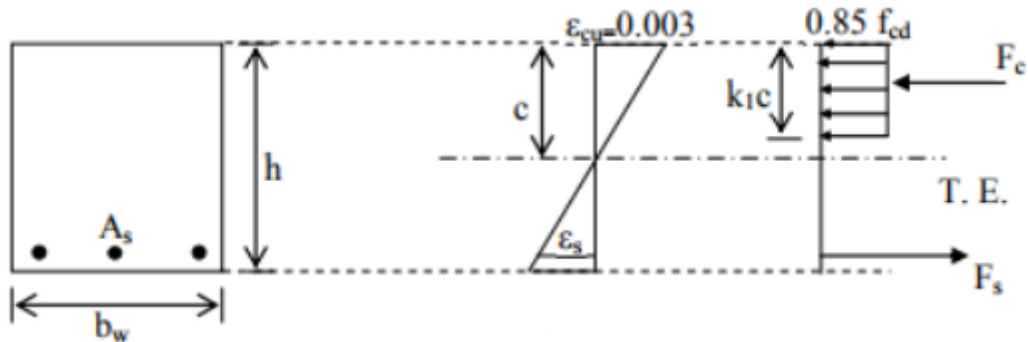


Şekil 2.7: Bir doğrultuda çalışan plak.

2.4.4. Kirişlerin Davranışları

2.4.4.1. Tek Donatılı Kesite Sahip Kirişler

Yönetmeliklerde müsaade edilen kiriş tipi denge altı kirişlerdir. Kesit olarak tek donanımlı olan kirişlerde sadece çekme etkisi oluşur ve bu kuvveti donatı, basınç kuvvetini ise beton karşılar. Kirişlerde herhangi bir yük altında oluşabilecek kırılmaların türünü donatı oranı belirler ki dengeli kırılmayı sağlayacak olan dengeli donatı oranı olmaktadır. Dengeli donatı oranı ρ_b ile gösterilmektedir. Donatı oranı bu değerden üstte olana denge üstü, altta olana ise alt dengeli denilmektedir. Denge altı kirişlerin dış yüzeyinin en üst kısmındaki liflerin birim kısalması ezilme eşiğine ulaşmadan önce çekme donatısı akacağından ($\epsilon_c = \epsilon_{cu}$ için $\epsilon_s > \epsilon_{sy}$), kırılma anı referans alınarak analiz edilen taşıma gücü hesaplamasında $\sigma_s = f_{yd}$ olarak değerlendirilmekte aşağıdaki şekilde ve denge denklemleri sayesinde taşıma gücü kapasitesi hesaplanabilmektedir⁵⁴.



Şekil 2.8: Tek donatılı kesite sahip kirişler.

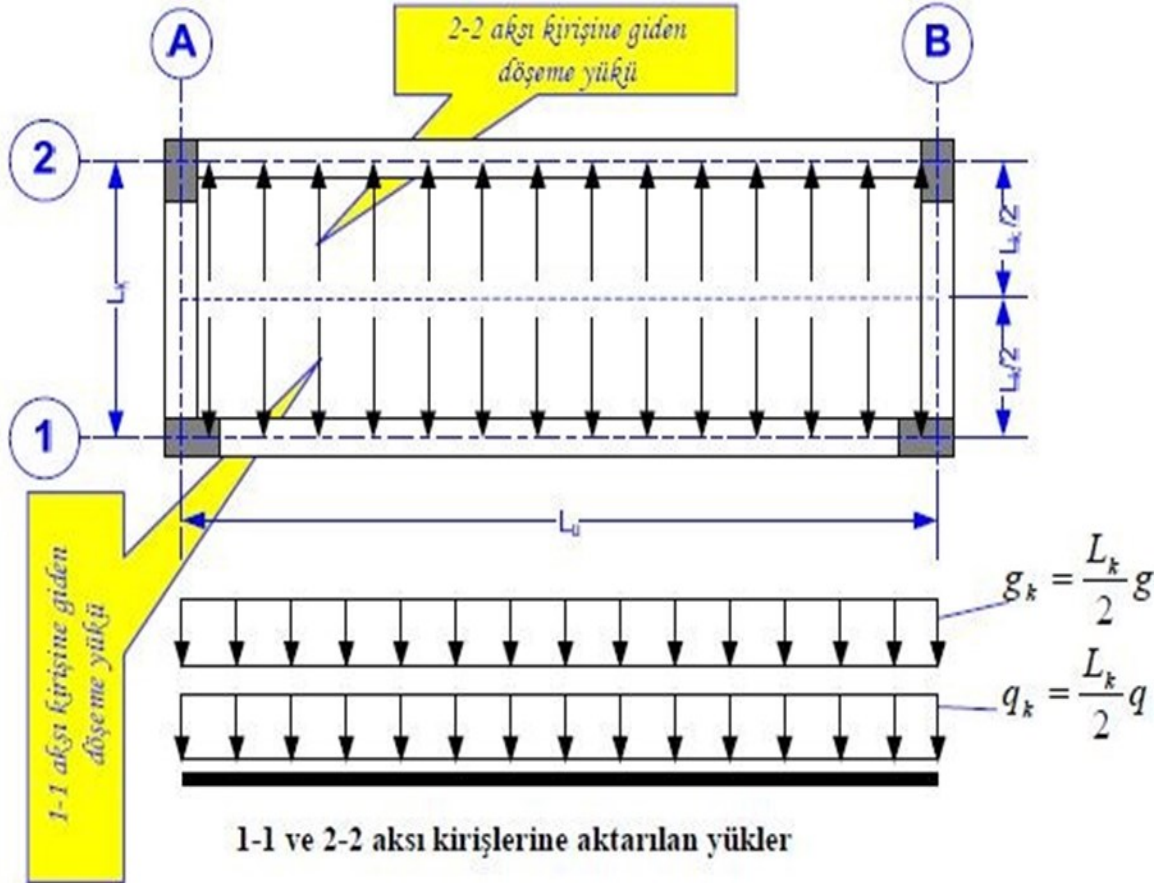
⁵⁴ Cengiz Dünder vd., Örnek Problemlerle Betonarme, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Adana, 2006, s. 12, http://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2015/IMZ303/241760414_ornek_problemlerle_betonarme.pdf, [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].

$$F_c = F_s$$

$$0.85 \cdot f_{cb} \cdot b_w \cdot k_1 \cdot c = A_s \cdot f_{yd}$$

$$M_f = F_s \cdot (j) \cdot d = A_s \cdot f_{yd} \cdot (j) \cdot d, \quad (j=0.86) \quad (2.2)$$

Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeden kirişlere aktarılan yükler:



Şekil 2.9: Bir doğrultuda çalışan kirişli döşemeden kirişlere aktarılan yükler.

$m = L_u/L_k > 2$ olan döşemelerin yükleri uzun doğrultuda yer alan kirişler üzerine eşit oranda aktarılmakta ve kısa doğrultuda yer alan kirişlere yüklerin aktarılmadığı varsayılmaktadır.

g (kN/m²): döşemede üzerinde bulunan karakteristik sabit yükler

q (kN/m²): döşemede üzerinde bulunan karakteristik hareketli yükler

g_k (kN/m): g yükü üzerinden kirişe aktarılmış olan karakteristik yükler

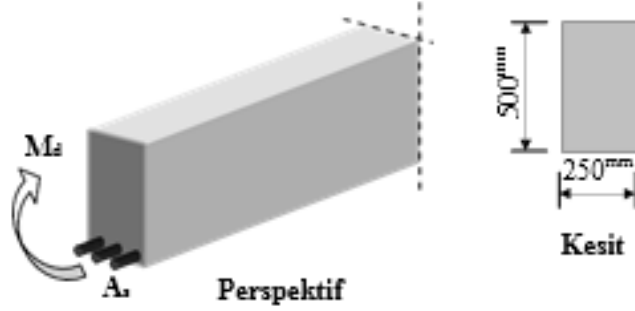
q_k (kN/m): q yükü üzerinden kirişe aktarılmış olan karakteristik yükler

Tek donatılı kesite sahip kirişlerle ilgili bir örnek vermek gerekirse⁵⁵;

⁵⁵ Mustafa Zorbozan ve Cem Aydemir, Betonarme 1 Uygulamaları, <http://www.yildiz.edu.tr/~caydemir/bet1/O1BA1y.pdf> [Ziyaret Tarihi: 13 Şubat 2018].

Örnek 1

Aşağıdaki şekilde kesit boyutlarının verildiği dikdörtgen kesite sahip olan tek donatıya sahip betonarme bir kirişe ait açıklık kesitine,



Şekil 2.10: Tek donatıya sahip betonarme bir kiriş.

- 30 kNm hesap eğilme momenti etkimesi durumu,
- 110 kNm hesap momenti etkimesi durumuna yönelik gerekli görülen eğilme donatısına ait alanı hesaplayarak gerekli seçeneği seçiniz.

Malzeme	Paspayı
C20/S420	d'=40 mm

Çözüm:**➤ Malzeme Tasarım Dayanımlarının Hesaplanması**

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1.5} \approx 13 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)} \quad (2.3)$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{420}{1.15} \approx 365 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

a) 30 kNm hesap eğilme momentinin etkimesi hali,**➤ Kırılma Şeklinin Tasarım Gücünün Sınır Durumunda Belirlenmesi**

Yukarıdaki örnekte sınırlara özel değer değer verilmediği için, kirişte bulunan çekme donatısının sınır değerinin, $0.85\rho_b$ değeri düktil davranış sınırı olarak ele alınmaktadır.

Kirişler boyutlandırılırken temel alınan sınır değerlerinin altında çekme donatıları yer alacağı düşünülürse; $\rho < \rho_b$ olur ($\sigma_s = f_{yd} = 365 \text{ Mpa}$).

➤ Kesitte Kuvvet Dengesi Denklemine Taşıma Gücü Durumundaki Şekli

$$\sum F_{basınç} = \sum F_{çekme} \quad (2.4)$$

$$0.85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot a = A_s \cdot \sigma_s$$

$$0.85 \cdot 13 \cdot 250 \cdot a = A_s \cdot 365$$

$$a = 0.132 \cdot A_s$$

➤ **Kesitte Ortaya Çıkan Moment Denge Denklemi**

Beton eşdeğer gerilme bloğu ağırlık merkezine göre;

$$M_d = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot a) \quad (2.5)$$

$$A_{s1} = 183.5$$

$$30 \cdot 10^6 = A_s \cdot 365 \cdot (460 - 0.5 \cdot 0.132 \cdot A_s) \Rightarrow$$

$$A_{s2} = 6779.5$$

$$A_{s,hesap} \approx 184 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b_w \cdot d = 0.8 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \cdot b_w \cdot d = 0.8 \cdot \frac{1.04}{365} \cdot 250 \cdot 460 = 262 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,hesap} = 184 \text{ mm}^2 < A_{s,min} = 262 \text{ mm}^2 \text{ olduğu için}$$

$$A_{s,hesap} = 262 \text{ mm}^2 \text{ Seçilen donatının } 2\phi 14 \text{ (308 mm}^2\text{)}$$

➤ **Hesaplanmış olan Donatının Kontrol Edilmesi**

$$\text{Üst sınırın; } \rho_{max} = \frac{0.85 \cdot \rho_b}{0.02} = 0,0136 \Rightarrow \rho_{max} = 0,0136$$

$$\text{Alt sınırın; } \rho_{min} = 0.8 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.8 \cdot \frac{1.04}{365} = 0.00228$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{308}{250 \cdot 460} = 0.00268 \Rightarrow \rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

b) 110 kNm hesap eğilme momenti etkimesi durumu,

➤ **Kesitte Kuvvet Denge Denklemine Taşıma Gücü Durumundaki Şekli**

$$\sum F_{basınç} = \sum F_{çekme} \quad (2.6)$$

$$0.85 \cdot 13 \cdot 250 \cdot a = A_s \cdot 365$$

$$a = 0.132 \cdot A_s$$

➤ **Kesitte Ortaya Çıkan Moment Denge Denklemi**

$$M_d = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot a)$$

$$A_{s1} = 732.1$$

$$110 \cdot 10^6 = A_s \cdot 365 \cdot (460 - 0.5 \cdot 0.132 \cdot A_s) \Rightarrow$$

$$A_{s2} = 6230.9$$

$$A_{s,hesap} \approx 732 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,hesap} = 732 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = 262 \text{ mm}^2 \text{ olduğu için}$$

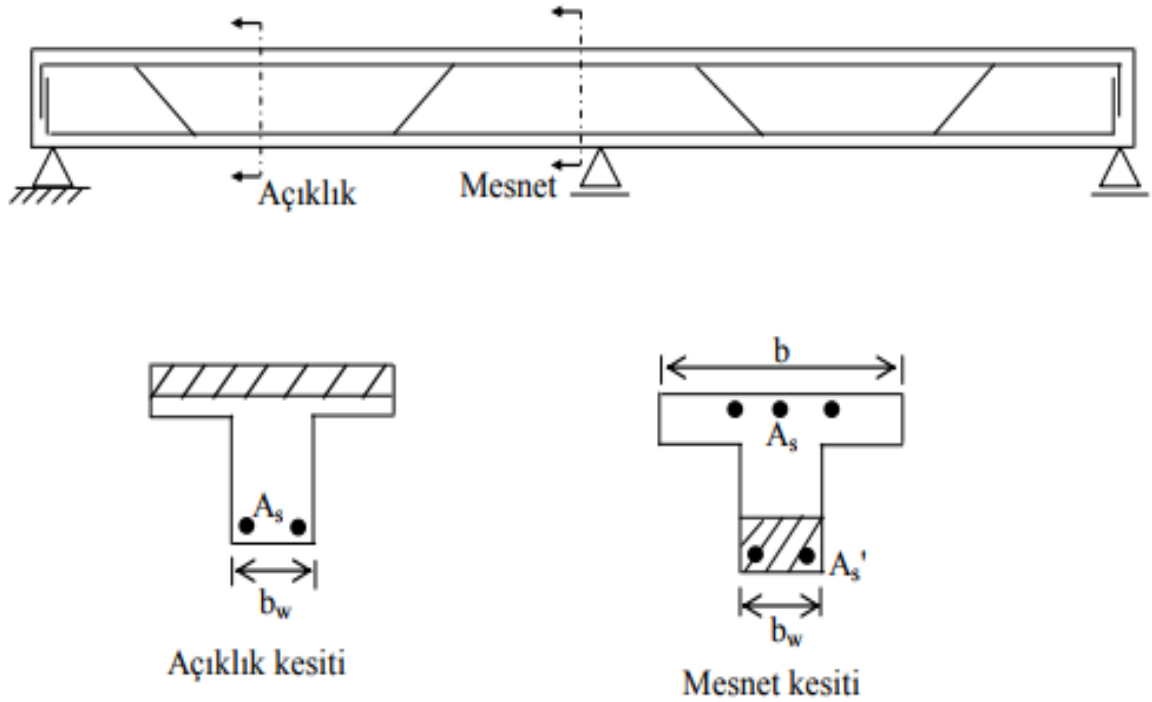
$$A_{s,gerekli} = 732 \text{ mm}^2, \text{ seçilen donatı da } 3\phi 18 \text{ (764 mm}^2\text{)}$$

➤ **Hesaplanan Donatının Kontrolü**

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{764}{250 \cdot 460} = 0.00664 \Rightarrow \rho_{min} = 0.00228 < \rho < \rho_{max} = 0.0136 \checkmark$$

2.4.4.2. Çift Donatılı Kesite Sahip Kirişler

Kirişler koyulduğu yer itibariyle yüksek kuvvetler ve momentler altında ise bu bölgelerde güvenliği ve sağlamlığı sağlamak amacıyla çift donatılı kiriş kullanılabilir. Çift donatılı kiriş kullanılmasının amacı, kuvvetin geldiği bölgelerde basınç alanını artırmak olmaktadır. Şekil 3.3'te T kesitli kiriş, basınç bölgesi tablaya rastladığından genişliği b olan dikdörtgen kesit gibi davranmaktadır. Yönetmelik gereği kullanılan donatının en az %33 ü mesnetten mesnete uzatıldığından kirişin mesnete gelen kısmı çift donatılı kesite dönüşmektedir. Sözü edilen bu tür kesitler için; $Ko' = M b d 2 w$ değerinin hesaplanması boyutlandırmada yararlı olabilir.



Şekil 2.11: Çift donatılı kiriş.

2.4.5. Kiriş Elemanlarının Yapısal Çözümlemesi

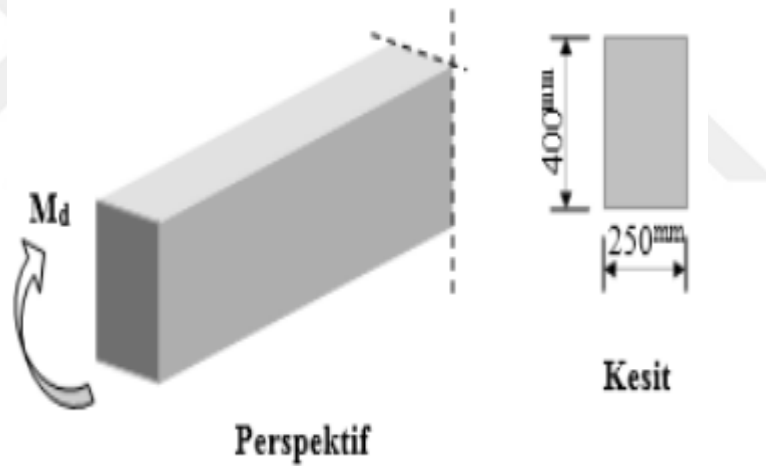
Betonarme yapılarda kullanılan kiriş elemanlarının yapısal çözümlemesi yapı üzerine gelen yüklerin maksimum değerine ulaştığında kesitlerdeki tesirlerin belirlenmesi ile ortaya çıkarılmaktadır⁵⁶.

2.4.6. Kiriş Kesitlerinin Hesap ve Tasarımı

Betonarme yapılar tasarlanırken yapıda kullanılacak olan kirişlerin kesitlerinin hesaplanması ve kullanım amacına göre tasarlanması gerekmektedir. Yapıda kullanılacak olan betonarme kesitlerin kalınlıklarının (h_f) hesabında kesite etkiyen tüm yüklerin hesaba katılması ve ona göre bir boyutlandırma yapılması gerekmektedir⁵⁷.

Kiriş kesitlerinin hesap ve tasarımına yönelik bir örnek vermek gerekirse⁵⁸;

Örnek 2



Şekil 2.12: Dikdörtgen kesitli kiriş.

Yukarıdaki şekil üzerinde boyutları gösterilmiş olan dikdörtgen kesitli kiriş üzerine 150 kNm hesap momenti etki etmektedir. Momentlerin en çok %15'lik bir yeniden dağılımı sağlamanın gerçekleştirilmesi amacıyla çekme donatısını ve gerekli görüldüğü takdirde de basınç donatısına ait alanları hesaplayarak, doğru seçeneği seçiniz.

⁵⁶ H. Elçi, 2005, Büyük Boşluklu Betonarme Kirişlerin Statik-Betonarme Analizi, Türkiye Mühendislik Haberleri, (437), 17-24, s. 18.

⁵⁷ A. Kan, 2016, Betonarme Plak Kalınlığı İçin Önerilen Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 75-83, s. 76.

⁵⁸ Zorbozan ve Aydemir, a.g.e.

Malzeme	Paspayı
C20/S420	d'=40 mm

Çözüm:**1. Kesitin Tek Donatılı Olarak Donatılabileceği Çekme Donatısı Üst Sınırının Belirlenmesi**

%15 oranında tekrar bir dağıtım şartının gözetilmesi talep edildiğinden dolayı, kirişlere ait mesnet kesitlerinin tek donatılı bir şekilde donatılacağı üst sınırın $0.4\rho_b$ olarak alındığı belirtilir ($\rho-\rho' \leq 0.4\rho_b$). Buna göre;

$$\rho_1 = 0.6 \cdot \rho_b = 0.4 \cdot 0.016 = 0.0064 \quad (\rho < \rho_b \Rightarrow \sigma_s = f_{yd} = 365 \text{ Mpa}). \quad (2.7)$$

2. Çekme donatısı kullanılarak hesap momentinin belirlenmesinde kiriş kesiti yeterli oluyor mu?

$$A_{s1} = \rho_1 \cdot b_w \cdot d = 0.0064 \cdot 250 \cdot 360 = 576 \text{ mm}^2$$

3. Taşıma Gücü Halinde Kesitlerde Ortaya Çıkan Kuvvet Denge Denklemi

$$\sum F_{\text{basınç}} = \sum F_{\text{çekme}} \quad (2.8)$$

$$0.85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot a = A_{s1} \cdot \sigma_s$$

$$0.85 \cdot 13 \cdot 250 \cdot a = 576 \cdot 365$$

$$a = 76 \text{ mm}$$

4. Taşıma Gücü Halinde Kesitlerde Ortaya Çıkan Moment Denge Denklemi

Beton eşdeğer gerilme bloğu ağırlık merkezine göre;

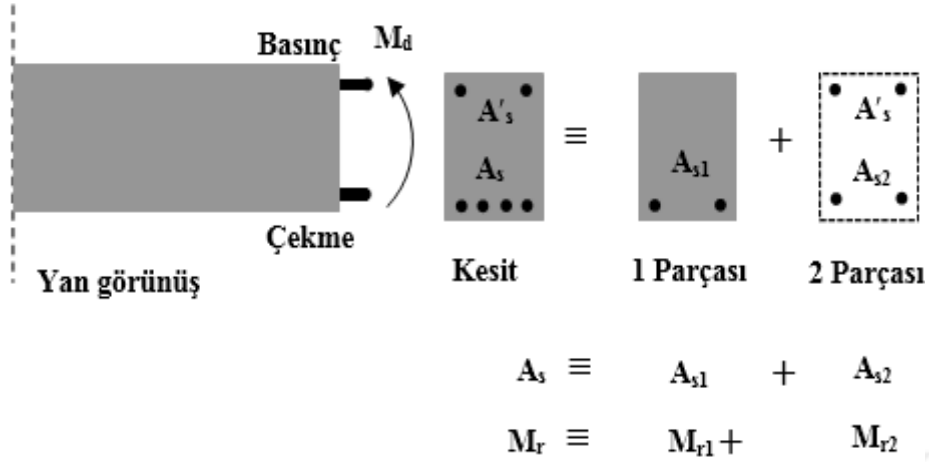
$$M_1 = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot a)$$

$$M_1 = 576 \cdot 365 \cdot (360 - 0.5 \cdot 76) \cdot 10^{-6}$$

$$M_1 = 88.7 \text{ kNm}$$

$M_1 = 88.7 \text{ kNm} < M_d = 150 \text{ kNm}$ olarak hesaplanmasından dolayı kiriş kesitine ait hesap momentini tek donatılı bir şekilde talep edilen tasarım ölçütlerine göre karşılayamamaktadır. Bu gibi durumlarda talep edilen ölçütlerin sağlanabilmesi için basınç donatılarının bulunması gerekmektedir.

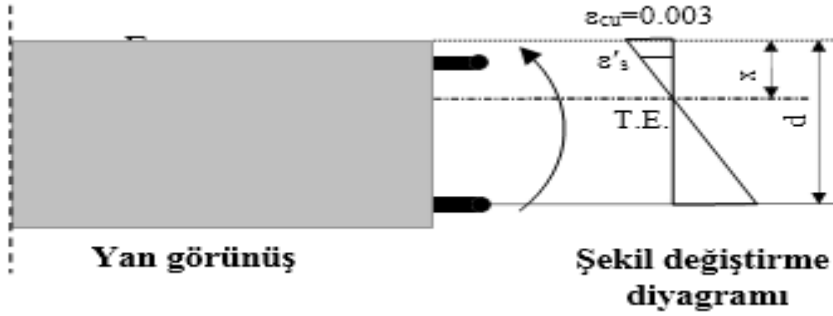
5. Kesitin İdealize Edilişi



$$M_2 = M_d - M_1 = 150 - 88.7 = 61.3 \text{ kNm}$$

Şekil 2.13: Kesitin idealize edilişi.

6. Birim şekil değiştirme diyagramındaki benzerlikten (uygunluk şartı)



Şekil 2.14: Birim şekil değiştirme diyagramı.

$$\frac{x - d'}{x} = \frac{\epsilon'_s}{0.003}$$

$$\frac{x - d'}{x} = \frac{\sigma'_s}{E_s \cdot 0.003} \quad (E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}, a = k_1 \cdot x)$$

$$\sigma'_s = 600 \cdot \left(1 - k_1 \cdot \frac{d'}{a} \right)$$

$$\sigma'_s = 600 \cdot \left(1 - 0.85 \cdot \frac{40}{76} \right) = 331.6 \text{ MPa}$$

$\sigma'_s < f_{yd} = 365 \text{ MPa}$ olduğundan, $\sigma'_s = 331.6 \text{ MPa}$ alınır.

7. İdealize Edilen Sistemde 2 Parçasında Moment Denge Denklemi

$$M_2 = A_{s2} \cdot \sigma_s \cdot (d - d') \quad (2.9)$$

$$61.3 \cdot 10^6 = A_{s2} \cdot 365 \cdot (360 - 40)$$

$$A_{s2} = 524.8 \text{ mm}^2$$

8. İdealize Edilen Sistemde 2 Parçasında Kuvvet Denge Denklemi

$$\sum F_{\text{basınç}} = \sum F_{\text{çekme}} \quad (2.10)$$

$$A'_s \cdot \sigma'_s = A_{s2} \cdot \sigma_s$$

$$A'_s \cdot 331.6 = A_{s2} \cdot 365$$

$$A'_s = 577.7 \text{ mm}^2$$

9. Tüm sistemde (1+2)

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 576 + 524.8 = 1100.8 \text{ mm}^2 \text{ (Seçilen } 3\phi 22 \text{ (1141 mm}^2\text{))}$$

$$A'_s = 577.7 \text{ mm}^2 \text{ (Seçilen } 2\phi 20 \text{ (628 mm}^2\text{))}$$

10. Hesaplanıp Seçilen Donatının Kontrolü

$$\rho - \rho' = \frac{1141 - 628}{250 \cdot 360} = 0.0057 < 0.4 \cdot \rho_b = 0.0064 \checkmark$$

$$\rho = \frac{1141}{250 \cdot 360} = 0.0127 < 0.02 \checkmark$$

$$\rho = 0.0127 > \rho_{\min} = 0.8 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.8 \cdot \frac{1.04}{365} = 0.00228 \checkmark$$

2.4.7. Kiriş Elemanlarının Güçlendirilmesi

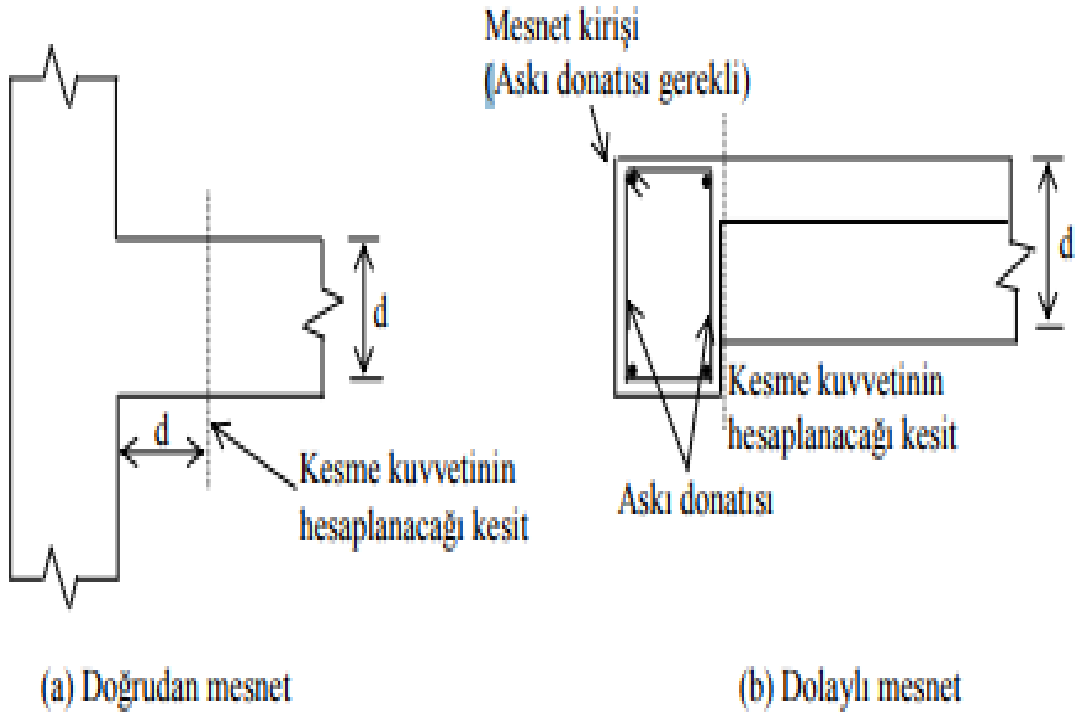
Ülkemizde son yıllarda artan deprem olayları mevcut betonarme yapıların güçlendirilmesi ile ilgili çalışmaların hız kazanmasında önemli yere sahip olmaktadır. Betonarme kiriş elemanlarının güçlendirilmesinin yanında çevre koşulları değiştiği için artık hizmet veremeyen yapıların da güçlendirilmesi günümüzde yapılan çalışmalardan olmaktadır. Yapılan tüm bu çalışmalar yapılırken izlenen metotlar; çelik levha mantolaması, karbon lifli mantolama ve betonarme mantolama olarak sayılabilir. Ortaya çıkan bu güçlendirme çalışmaları sadece ülkemize mahsus olmayıp dünya çapında gelişen teknolojilerle devam etmektedir⁵⁹.

⁵⁹ M. Önal ve A. Koçak, 2016, Betonarme Mantolama ile Güçlendirilmiş Hasarlı Kirişlerin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 94-106, s. 94.

2.4.8. Kirişlerde Kesme ve Burulma Etkisi

2.4.8.1. Kesme Donatılı Kirişler

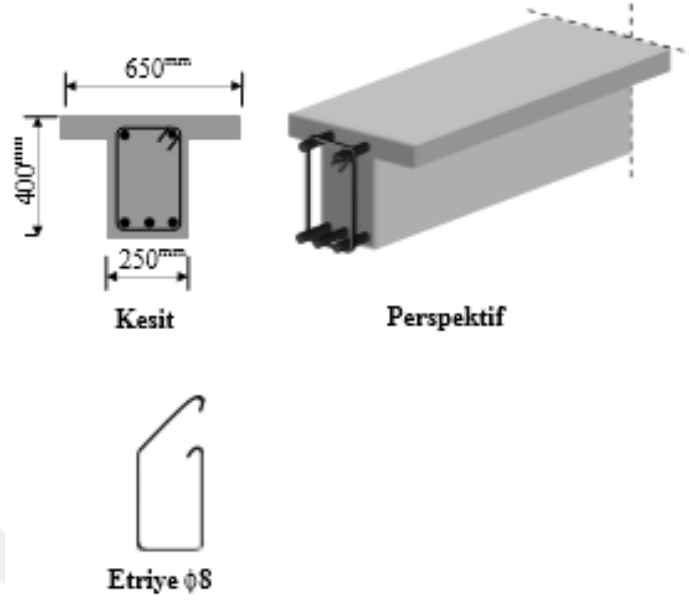
Betonarme yapılar içerisinde yer alan elemanlar üzerine etki eden yatay ve düşey kuvvetler neticesinde eğilme momenti ve buna bağlı olarak yüksek değerlerde kesme kuvveti meydana gelmektedir. Meydana gelen bu yükler, asal çekme gerilmeleri tarafından karşılanmaktadır. Asal basınç gerilmelerinin kontrol altında tutulup gövdeyi deforme edecek seviyeye çıkarılmaması gerekmektedir. Tasarım kesme kuvveti, V_d mesnet yüzeyinden “ d ” kadar uzaklıkta hesaplanmaktadır ancak, kirişlerde dolaylı mesnet olarak ifade edilen ve başka bir eğilme elemanına oturan kirişlerde kesme kuvveti dikkati alınmaktadır⁶⁰.



Şekil 2.15: Değişik mesnetlenme türleri.

⁶⁰ Dündar vd., a.g.e., s. 99.

Örnek 3



Şekil 2.16: Kesiti verilmiş olan betonarme kiriş.

Yukarıda yer alan şekilde kesiti verilmiş olan betonarme kiriş üzerinde kayma donatısı yani enine donatısı olarak 2 kollu ve $\phi 8$ lik düşey bir etriye kullanılmış olduğuna göre;

- 20 cm aralıklarla etriyelerin yerleştirilmesi halinde kiriş üzerindeki kesme kuvvetinin taşıma gücünü hesaplayınız.
- Kayma donatısı yani enine donatısı olarak minimum etriyelerin kullanılması halinde, kesme kuvvetine ait taşıma gücünü hesaplayınız.

$$\left(\frac{A_{sw}}{s} \geq 0.3 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} \cdot b_w\right) \quad (2.11)$$

- Hesap kesme kuvvetinin 150 kN luk etkimesi halinde kiriş üzerindeki etriye hesabını TS500-2000'de yer alan bilgiler ışığında hesaplayınız.

Malzeme	Donatı	Paspayı
C20/S420	4 $\phi 22$ (1521 mm ²)	d'=40 mm

Çözüm;

1. Etriye olarak $\phi 8/20$ kullanılması durumunda $V_r = ?$

- Kesme Dayanımına Betonun Katkısının Belirlenmesi**

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d \quad (2.12)$$

$$V_{cr} = 0.65 \cdot 1.04 \cdot 250 \cdot 360 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{cr} = 60.8 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot V_{cr} = 0.8 \cdot 60.8 = 48.6 \text{ kN}$$

- **Kesme Dayanımına Etriyelerin Katkısının Belirlenmesi**



$$\Rightarrow A_{sw} = 2A_0 = 100 \text{ mm}^2$$

$$V_w = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{d}{s} \quad (2.13)$$

$$V_w = 100 \cdot 365 \cdot \frac{360}{200} \cdot 10^{-3}$$

$$V_w = 65.7 \text{ kN}$$

- **Kirişin Kesme Kuvveti Taşıma Gücünün Belirlenmesi**

$$V_r = V_c + V_w \quad (2.14)$$

$$V_r = 48.6 + 65.7 = 114.3 \text{ kN}$$

2. Minimum Etriye kullanılması durumunda $V_r = ?$

$$\rho_{w,\min} = 0.3 \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{ywd}} = 0.00085$$

$$\rho_{w,\min} = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s_{\max}} \Rightarrow s_{\max} = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,\min}}$$

$$s_{\max} = \frac{100}{250 \cdot 0.00085} = 470 \text{ mm}$$

$$V_w = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{d}{s} = 100 \cdot 365 \cdot \frac{360}{470} \cdot 10^{-3}$$

$$V_w = 28 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_w = 48.6 + 28 = 76.6 \text{ kN}$$

3. 150 kN Hesap Yüğü Etkimesi durumu ($s=?$)

- **Kesit Boyutları Yeterli mi?**

$$V = 0.22 \cdot f \cdot b \cdot d = 0.22 \cdot 13 \cdot 250 \cdot 360 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{\max} = 257.4 \text{ kN}$$

$V_{\max} = 462 \text{ kN} > V_d = 150 \text{ kN}$ olmasından dolayı, kesit boyutlarının yeterli olduğu ifade edilebilir.

- **Kesme Dayanımına Etriyelerin Katkısının Belirlenmesi**

$V_{cr} = 60.8 \text{ kN} < V_d = 150 \text{ kN} < V_{max} = 257.4 \text{ kN}$ olmasından dolayı, etriye hesaplarının bulunması gerekmektedir. Bunun için de minimum etriyeden çok daha fazla etriyeye ihtiyaç duyulabilir.

$$V_w = V_d + V_c \quad (2.16)$$

$$V_w = 150 - 48.6 = 101.4 \text{ kN}$$

$$V_w = A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \frac{d}{s}$$

$$101.4 \cdot 10^3 = 100 \cdot 365 \cdot \frac{360}{s}$$

$$s = 130 \text{ mm}$$

- **Hesaplanan Etriye Aralığının Kontrolü (TS500-2000)**

$$s_{max} = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot \rho_{w,min}} = \frac{100}{250 \cdot 0.00085} = 470 \text{ mm}$$

$$s \leq d / 2 = 360 / 2 = 180 \text{ mm}$$

En düşük koşullar göz önünde bulundurulduğunda, $s_{max} = 180 \text{ mm}$ ve $s_{hesap} = 130 \text{ mm}$ olarak hesaplandığından dolayı seçilen etriyeler de $\phi 8/s = \text{olmaktadır}$.

2.4.8.2. Kesme Donatısız Kirişler

Kirişlerde oluşan kesme moment ve kuvvetine karşı dayanımı olumsuz etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır. Dayanımı olumsuz etkileyen faktörler, yüksek nem, kötü çevre şartlarına bağlı olarak korozyon, yüksek sıcaklık, zemin tuzluluğu, yapım hataları şeklinde sıralanabilir⁶¹.

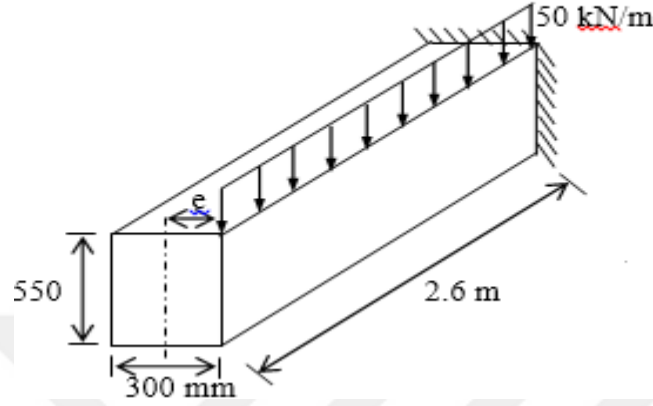
Eğilme kuvvetine maruz kalan betonarme yapı elemanları genelde kesme kuvvetinin de etkisi altında kalmaktadır. Beton yapı olarak yüksek kesme dayanımına sahip olduğu için betonarme yapılarda kesme kırılması pek görülmemektedir. Asal çekme gerilmeleri\ betonun çekme dayanımının düşük olması sebebiyle yapıda önemli deformelere yol açabilir⁶².

⁶¹ M. Keles, 2005, *Betonarme Kirişlerde Açılı CFRP Şeritlerin Kesmeye Katkısı*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü s. 67.

⁶² Ersoy, U. ve Özcebe, G., 2001, *Betonarme Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap*, Evrim Yayınevi, Ankara, 459-640, s. 463.

Kirişlerde kesme ve burulma etkisi ile ilgili bir diğer örnek ise;⁶³

Örnek 4:



Şekil 2.17: Kesme donatısız kiriş.

Yukarıdaki şekilde yer alan konsol kirişin, 50 kN/m lik yayılı yüke ve $e=15$ cm eksantrisiteye maruz bırakıldığı ifade edilmektedir. Kirişlerin burulma, kesme ve eğilmeye göre boyutlarını ve ölçütlerini hesaplayarak tasarımı yapınız. Bu kapsamda malzemeler; paspayı=40 mm ($f_{ctd}=1$ N/mm²), S420, C20 ve etriyeler S220'dir

Çözüm:

- Ortaya çıkan burulma, denge burulması olmaktadır..

$$T_d = 50 \times 0.15 \times 2.6 = 19.5 \text{ kNm} \quad (2.17)$$

$$V_d = 50 \times 2.6 = 130 \text{ kN}$$

$$M_d = 50 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 169 \text{ kNm}$$

$$b_k = 300 - 2 \times 40 = 220 \text{ mm}, h_k = 550 - 2 \times 40 = 470 \text{ mm}$$

$$A_e = b_k h_k = 103400 \text{ mm}^2, U_e = 2(b_k + h_k) = 1380 \text{ mm}.$$

$$S = \frac{1.35}{3} \times 300^2 \times 550 = 22.275 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

⁶³ C. Dündar, S. Tokgöz ve K. Tanrıkulu, 2006, *Örnek Problemlerle Betonarme*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Adana, s. 140.

$$T_{cr}=S f_{ctd}=22.275 \times 10^6 \times 1 \times 10^{-3}=22.275 \times 10^3 \text{ kNmm}=22.275 \text{ kNm} \quad (2.18)$$

- Mesnet yüzünden hesap kesme kuvveti de (d) kadar uzakta ortaya çıkmaktadır. Bu gibi durumlarda;

$$V_d=130-50 \times 0.51=104.5 \text{ kN}$$

$$V_{cr}=0.65 f_{ctd} b_w d, V_{cr}=0.65 \times 1 \times 10^{-3} \times 300 \times 510=99.45 \text{ kN}$$

$$V_c=0.8 V_{cr}=79.56 \text{ kN}$$

- Kayma gerilmesine ait kontrol:

$$\tau = \frac{V_d}{b_w d} + \frac{T_d}{S} = \frac{104.5 \times 10^3}{300 \times 510} + \frac{19.5 \times 10^6}{22.275 \times 10^6} = 1.56 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max}=0.22 f_{cd}=2.86 \text{ N/mm}^2$$

- Çatlama yönü kontrol:

$$\left(\frac{T_d}{T_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{V_d}{V_{cr}}\right)^2 = 1.87 > 1.0 \text{ kesitin çatladığı ifade edilebilir.}$$

$$\frac{A_o}{s} = \frac{V_d - 0.5V_c}{2f_{vwd}(d)} \frac{T_d}{2A_{ef}y_{wd}} = \frac{(104.5 - 0.5 \times 79.56) \times 10^3}{2 \times 191 \times 510} + \frac{19.5 \times 10^6}{2 \times 103400 \times 191} = 0.826 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\min \frac{A_o}{s} = 0.15 \times \frac{1}{191} \times \left(1 + 1.3 \times \frac{19.5 \times 10^3}{104.5 \times 300}\right) \times 300 = 0.426 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_o}{s} > \min \frac{A_o}{s}$$

(2.19)

- Eğilme:

$$M_d=169 \text{ kNm} (K > K_i)$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(j)d} = \frac{169 \times 10^6}{365 \times 0.86 \times 510} = 1055.6 \text{ mm}^2$$

- Burulma boyuna donatısının hesabı:

$$A_{sl} = \frac{A_{ot}U}{s} \frac{f_{ywd}}{f_{yd}} - \frac{19.5 \times 10^6}{2 \times 103400 \times 191} \times 1380 \times \frac{191}{365} = 356.7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Üst: } 1055.6 + \frac{356.7}{2} = 1234 \text{ mm}^2$$

$$\text{Alt: } 0 + \frac{356.7}{2} = 178.35 \text{ mm}^2$$

2.4.8.3. Sürtünme Kesmesi

Sürtünmeye bağlı kesme etkisi, önceden dökülmüş bir betonun yanında daha sonradan ek yapılmak istendiğinde veya farklı türdeki malzemelerin birleştirilmek istendiğinde kendini

göstermektedir. İfade edilen bu işlemlerde yapılacak olan kesme hesabı ile donatı oranının, belli hesap ve kurallara göre yapılması gerekmektedir⁶⁴.

2.4.8.4. Kirişlerde Kesme Güvenliği

Kirişlerde oluşan kesme kuvveti, kesitte meydana gelecek olan eğilme momentinin büyüklüğü göz önüne alınarak hesaplanmaktadır. Ortaya koyulacak olan tasarımın, yapıda meydana gelecek olan yük etkisine göre değil de taşıma gücü kapasitesine göre yapılması gerekmektedir⁶⁵.

2.5. KOLONLAR VE ÖZELLİKLERİ

2.5.1. Kolon Çeşitleri

2.5.1.1. Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar

Kolonlarda boyuna donatının kullanımında gerekli olan düzenlemeler süneklik açısından yüksek ve normal olanlar için gerekli ve geçerli olmaktadır. Donatı eklerinin kolonun alt kısmında yapılması durumunda ise, yüksek oranlı donatı kullanılan kolonlarda enine donatının ek kısmının tamamında kullanılması zorunluluğu yokken normal oranlı donatı kullanılan kolonlarda zorunlu olmaktadır. Kolonlarda kullanılacak olan enine donatının minimum ve maksimum değerleri, kolonun sarılma bölgelerinin durumuna göre belirli standartlara göre verilmektedir. Minimum değerler üzerinde çalışılacak olan kolonun orta kısımlarına göre verilmesi, sözü edilen bu duruma örnek olarak verilebilir⁶⁶.

2.5.1.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Kolonlarda kullanılan donatılara ek yapılacağı zaman bu eklemenin kolonun orta kısımlarına yapılması gerekmektedir. Donatı çapının 26 mm veya daha küçük değerlerde olduğu kolonlarda bindirmeli olarak ek yapılmaktadır. Yapılan ekler, seviye olarak kat hizasında ve boyuna donatının maksimum %50 si aynı kesitte ilave ediliyor ise, bindirmenin boyu minimum 1.25 lb değerinde ve işlem sırasında sargı donatının kullanılması gerekmektedir. Sargı donatı aralığı, minimum değerdeki kesit ebatlarının %30 undan ve 10 cm den büyük olmamasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Eklemelerde sargı donatı kullanılmadığı takdirde ortaya çıkarılan

⁶⁴ TS 5000, a.g.e., s. 32.

⁶⁵ Dündar, Tokgöz ve Tanrıkulu, a.g.e, s. 101.

⁶⁶ Özkaynak, a.g.e., s. 108.

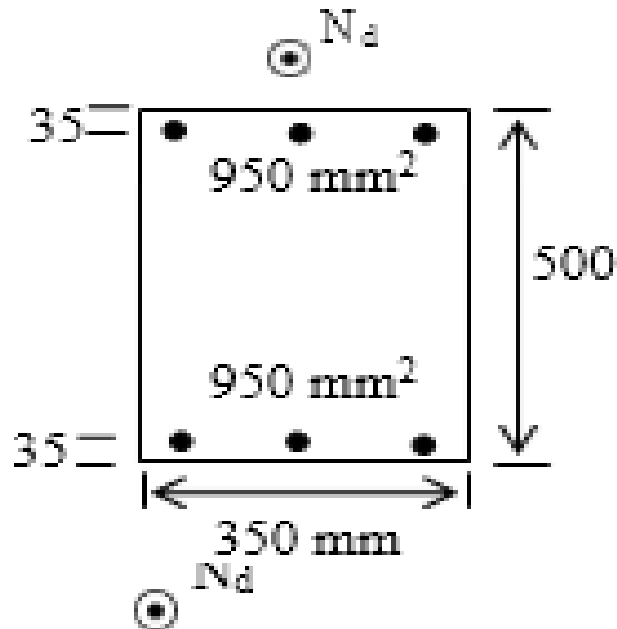
kesitin mukavemeti istenilen seviyede olmayabilir. Deprem koşullarına göre iyi hazırlanmış yapılarda kolon kesit ebatları mümkün olduğu kadar az değişime uğratılması gerekmektedir⁶⁷.

2.5.2. Kolonlara Yük Aktarımı

Betonarme yapılarda kullanılan kolonların, üzerine gelen düşey yükleri ve konumuna göre maruz kaldığı yatay yükleri, emniyetli bir şekilde taşıması gerekmektedir. Kolonların daha çok düşey yüklere maruz kaldığı düşünülürse bu yüklerin en büyük kısmı iç kolonlarda karşılanmaktadır. İç kolonlardan sonra sırasıyla kenar kolonlar ve köşe kolonlar düşey yüklere maruz kalmaktadır. Deprem veya herhangi bir sarsıntı sırasında ise yapıya yatay yüklerin de etkiyeceği düşünülürse köşe kolonların daha sağlam yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır, çünkü yatay yüklerin en büyük kısmı köşe kolonlara etki etmektedir. Sözü edilen bu durumdan dolayı düşey yüklerin köşe kolonlara az miktarda tesir ettiği tespitine dayanılarak zayıf imar edilen köşe kolonlara yatay yükler etki ettiğinde deforme olur ki bu da yapıdaki mukavemeti olumsuz yönde etkilemektedir⁶⁸.

Kolon yük aktarımı hesabı ile ilgili bir örneğe aşağıda yer verilmektedir;⁶⁹

Örnek 5:



Şekil 2.18: Kolon yük aktarımı hesabı.

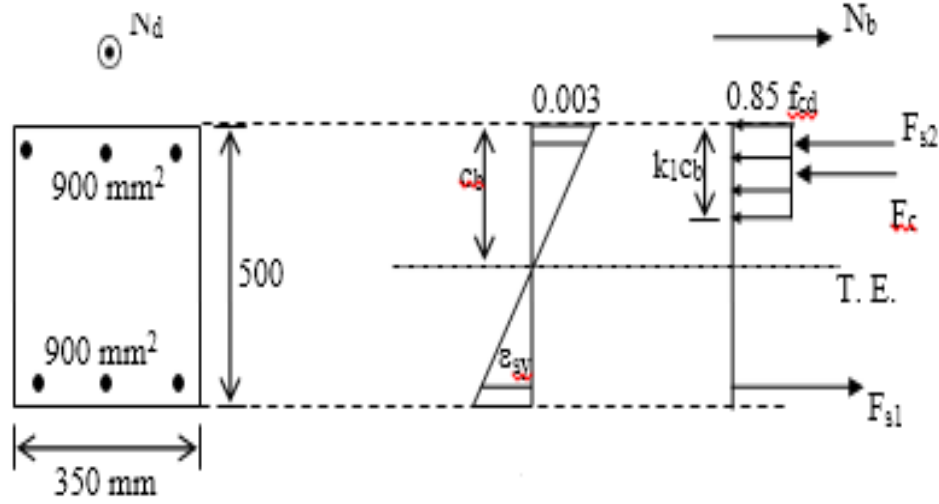
⁶⁷ Özkaynak, a.g.e., s. 110.

⁶⁸ Doğançün, a.g.e., s. 539.

⁶⁹ Dündar vd., a.g.e., s. 63-64.

Yukarıdaki şekilde $N_d=400$ kN olduğuna göre verilmiş olan kolon kesitinin güvenle taşıyacağı momenti hesaplayınız. Malzeme C20, S420.

Çözüm:



Şekil 2.19: Kolon kesitinin güvenle taşıyacağı momenti hesabı.

- Kolonun kırılma biçiminin belirlenmesi gerekmektedir;

Dengeli durumda;

$$\frac{c_b}{d - c_b} = \frac{0.003}{\epsilon_{sy}} \quad \epsilon_{sy} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{365}{2 \times 10^5} = 0.001825$$

$$\frac{c_b}{465 - c_b} = \frac{0.003}{0.001825} \quad c_b = 289.12 \text{ mm olarak bulunur.}$$

- Kesitteki donatı simetrik olduğundan;

$$N_b = F_c + F_{s2} - F_{s1}$$

(2.20)

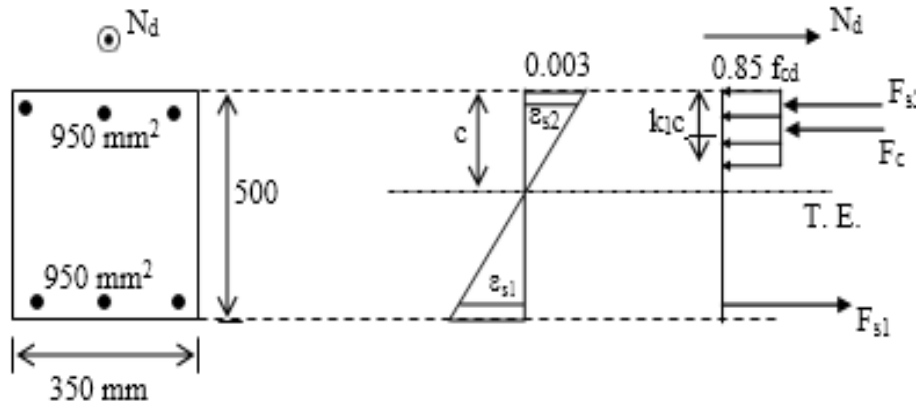
$$N_b = 0.85 f_{cd} k_1 c_b b$$

$$N_b = (0.85 \times 13 \times 0.85 \times 289.12 \times 350) \times 10^{-3}$$

$$N_b = 950.44 \text{ kN}$$

$N_d < N_b$ olduğundan dolayı çekme kırılması meydana gelmektedir.

$$\Psi_c = 0.72 \frac{0.003 E_s}{0.003 E_s - f_{yd} h} \quad d' = 0.72 \times \frac{600}{(600 - 365)} \times \frac{35}{500} = 0.128$$



Şekil 2.20: Kolonun çekme kırılması hesabı.

Tanım gereği;

$\varepsilon_{s1} > \varepsilon_{sy}$, basınç donatısının akıp akmadığı kontrol edilmelidir.

$$\psi = \frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{400 \times 10^3}{350 \times 500 \times 13} = 0.176$$

$\psi > \psi_c$ olduğundan dolayı basınç donatısı da akma donatısı konumuna gelmektedir. $\sigma_{s2} = f_{yd}$ alınacaktır. Tarafsız eksen derinliği kuvvet denge denkleminde elde edilir.

$$N = F_c$$

$$400 \times 10^3 = 0.85 \times 13 \times 0.85 \times c \times 350$$

$c = 121.67$ mm elde edilir. Kesit ağırlık merkezine göre moment alınır;

$$M_r = F_c \left(\frac{h}{2} - \frac{k_1 c}{2} \right) + A_{s2} f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) + A_{s1} f_{yd} \left(\frac{h}{2} - d' \right) \quad (2.21)$$

$$M_r = \left[0.85 \times 13 \times 0.85 \times 121.67 \times 350 \times \left(250 - \frac{0.85 \times 121.67}{2} \right) + 950 \times 365 \times (250 - 35) + 950 \times 365 \times (250 - 35) \right] \times 10^{-6}$$

$M_r = 228.4$ kNm elde edilir.

2.5.3. Kalın (Kısa) Kolonların Hesap ve Tasarımı

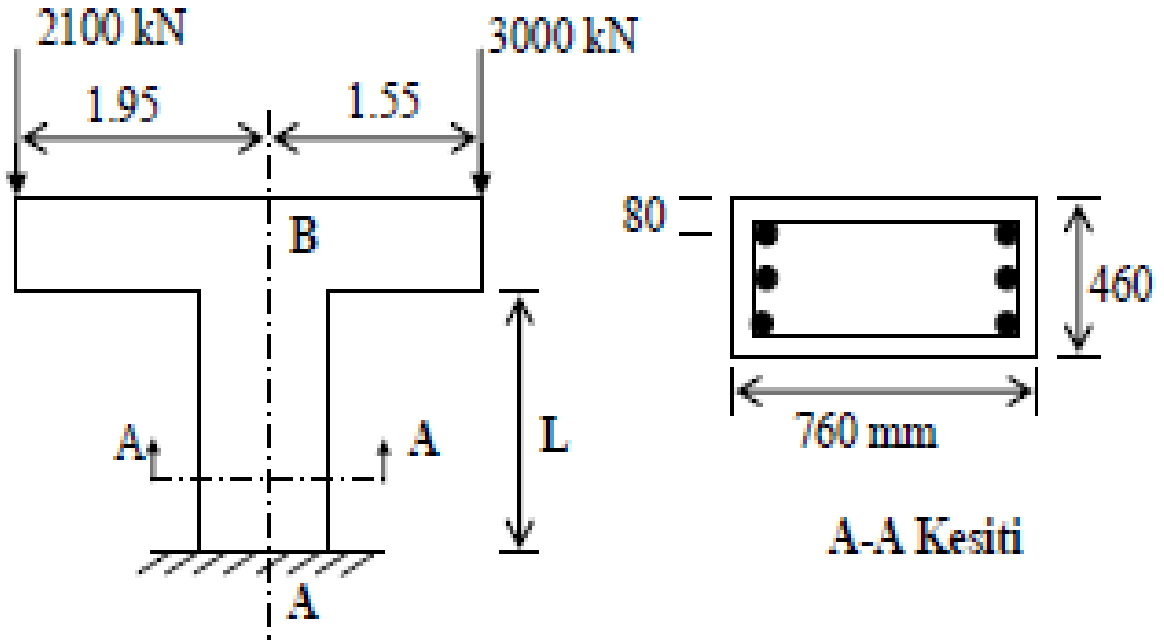
2.5.3.1. Eksenel Basınç Etkisindeki Kolon

Yapılarda kullanılan kolonlara etkiyen kuvvetler ve bu kuvvetlerin binanın taşıma kapasitesini aşması sebebiyle kolonda gevrek ve ani bir deforme meydana gelebilir. Burkulma kuvveti etkisinde kalan boyuna donatılar burkulmakta ve dışta kalan beton deforme olmaktadır. İfade edildiği şekilde hasarlanan kolonlarda ani yıkılmalar görülebilir. Hasar sonrasında sadece

deforme olan kolon değil bu kolonun taşıdığı kirişlerde geniş çaplı bir güçlendirmeye tabi tutulması gerekmektedir⁷⁰.

Kalın (kısa) kolonların hesap ve tasarımı ile ilgili bir örneğe aşağıda yer verilmektedir;⁷¹

Örnek 6:



Şekil 2.21: Kalın (kısa) kolonların hesap ve tasarımı.

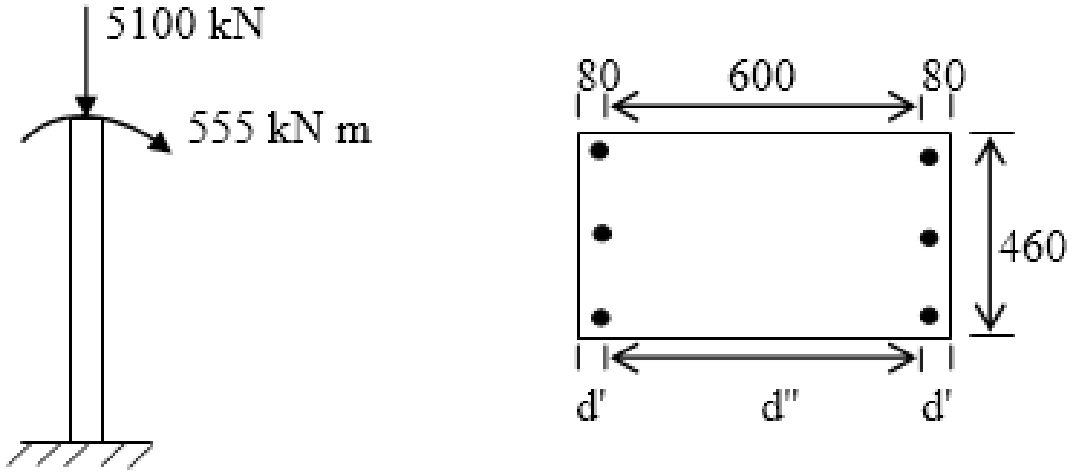
- Kesit için gerekli olan donatıyı hesaplayınız.
- A-B kolonu kısa kolon ise max. L boyu nedir? Malzeme C25, S420 ($f_{cd}=17$ Mpa, $f_{yd}=365$ Mpa).

Çözüm:

a. $M_d=2100 \times 1.95 + 3000 \times 1.55 = 555$ kNm, $N_d=2100 + 3000 = 5100$ kN

⁷⁰ C. Ergin, 1998, *Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirme Teknikleri ve Çok Katlı Bir Yapıya Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 38.

⁷¹ Dündar vd., a.g.e., s. 90-91.



Şekil 2.22: Kesit için donatı hesabı.

$$m = \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{365}{17} = 21.47, \frac{d''}{h} = \frac{600}{760} = 0.8, e = \frac{M_d}{N_d} = \frac{555}{5100} = 0.109 \text{ m} \quad (2.22)$$

$$\frac{N_d}{b h f_{cd}} = \frac{5100 \times 10^3}{460 \times 760 \times 17} = 0.86 \quad \frac{M_d}{b h^2 f_{cd}} = \frac{555 \times 10^6}{460 \times 760^2 \times 17} = 0.123$$

$$e/h = 109/760 = 0.14 \text{ buradan da } p_t m = 0.36, p_t = \frac{0.36}{21.47} = 0.0168$$

$$A_{st} = 0.0168 \times 460 \times 760 = 5873.3 \text{ mm}^2 \text{ (14}\phi 24 = 6333 \text{ mm}^2\text{)}.$$

b. Kısa kolonlar için $\frac{kL}{i} \leq 22$ olması gerekmektedir.

$$\alpha_A = \frac{\sum(I/L)_{\text{kolon}}}{\sum(I/L)_{\text{kiriş}}} = 0 \text{ (Paydanın } \infty \text{ olmasından kaynaklı)} \quad (2.23)$$

$$\alpha_B = \frac{\sum(I/L)_{\text{kolon}}}{\sum(I/L)_{\text{kiriş}}} = \infty \text{ (Paydanın 0 olmasından kaynaklı)} \quad (2.24)$$

$$k = 2 + 0.3\alpha_2, \quad k = 2$$

$$\frac{2 \times L}{0.3 \times 0.76} \leq 22 \text{ olmasından dolayı } L \leq 2.51 \text{ m olarak hesaplanır.}$$

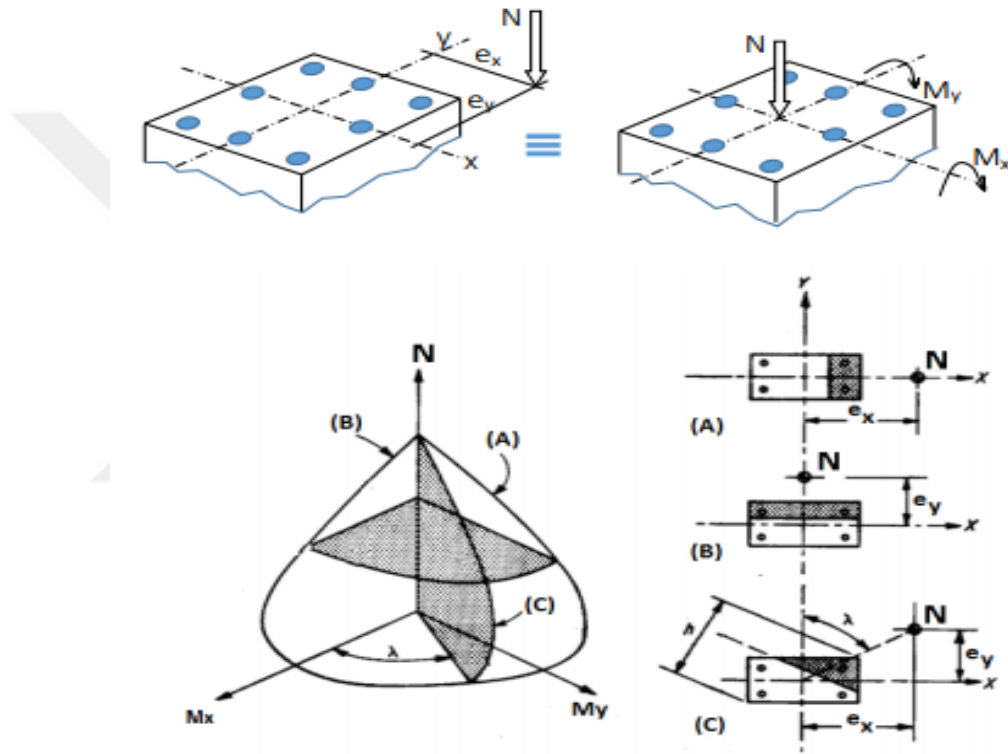
2.5.3.2. Bir Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kolon

Kolonlarda meydana gelen eğilme momentinin asıl sebebi, düşey yükler olmayıp deprem, rüzgar ve sarsıntı gibi yatay yükler olmaktadır. Sözü edilen bu yüklerle karşı kolonlar, diğer yapı elemanları ile monolitik bir sistem çerçevesinde çalışmaktadır. Kolonlar bu yüzden sadece düşey ve aksenal yüklerle değil bu yüklerin yanında yatay yüklerle maruz kalmaktadır. Bu husus

bina yapım aşamasında hassasiyetle üzerinde durulması ve gerekli emniyetin sağlanması için mutlaka icra edilmesi gereken bir husus olmaktadır⁷².

2.5.3.3. İki Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kolon

İki doğrultuda bileşik eğilme etkisi genelde köşe kolon dediğimiz iki doğrultuda kuvvetin altındaki sistemlerde görülmektedir. Bu tip kolonların uygunluk ve denge bağıntılarını matematiksel olarak çözümlenmek oldukça zor olmakta ve bunun yerine bazı yöntemler geliştirildiği ifade edilmektedir⁷³.



Şekil 2.23: İki doğrultuda bileşik eğilme etkisi.

Bileşik eğilmeye maruz kalan kolonda mukavemetin sağlanması için kullanılacak en etkili donatı basınç ve çekme yüzeylerine yerleştirilmiş olan donatılar olmaktadır. Çünkü bu kesitlerde donatılar yüksek kapasitede olmakta ve en çok deformasyona bu kesitler uğramaktadır. Tarafsız eksen etrafında yer alan ara donatılar ise kuvvet ve momentlerden çok etkilenmediği gibi deforme de olmamaktadırlar. Ara donatılar deforme olmamalarına karşın her iki tarafında da donatı kullanılan ve eksantrik olarak yükleme yapılmış kolonlarda tarafsız eksen kesitin içinde varsayılmaktadır. Sözü edilen bu varsayım neticesinde çekme donatısı olarak

⁷² Bedirhanoglu, a.g.e., [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].

⁷³ "İki Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kalın Kolonlar", file:///C:/Users/Dell/Downloads/%C4%B0ki+do%C4%9Frultuda+ bile%C5%9Fik+e%C4%9Filme.pdf, [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].

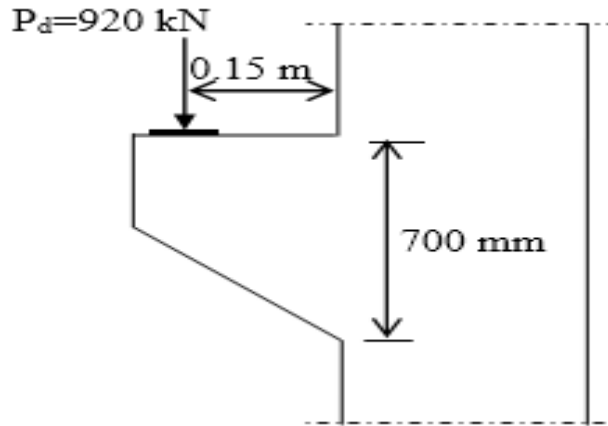
isimlendirilen donatı da basınç etkili donatı olmakta, ancak aralarında ayırım yapılabilmesi için çekme olarak ifade edilmektedir⁷⁴.

2.5.4. Kolonlarda Kesme Güvenliği ve Kesme Donatısının Belirlenmesi

Betonarme yapıların taşıyıcı sistem olarak değerlendirildiği durumlarda en büyük sorunlardan birisi, kesme kuvvetinin etkisi olmaktadır. Taşıyıcı sistemlerde momentlerin karşılanabildiği kirişlerde kesme dayanımının düşük olması sebebiyle gevrek kesme kırılması meydana gelebilir. Bu problemlerin aşılabilmesi için yani kesme dayanımı düşük olan kirişlerin kuvvetlendirilmesi için karbon veya çelik lifli elyaflar, kelepçeleme, mantolama gibi işlemler tavsiye edilmektedir. Yapılan deneme ve uygulama çalışmalarında bu işlemlerden kolon elemanlarının dışından farklı şekillerde yapılan kelepçelemenin kolonların kesme dayanımını artırdığı gibi yapıya süneklik kazandırdığı da belirtilmektedir⁷⁵.

Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısının belirlenmesi ile ilgili bir örneğe aşağıda yer verilmektedir;⁷⁶

Örnek 7:



Şekil 2.24: Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısının belirlenmesi.

Yukarıdaki şekilde gösterilen kısa konsolun;

- a) Kolon yüzünde yer alan derinliği 700 mm olduğuna göre gerekli (bw) genişliğini bulunuz.

⁷⁴ “Bileşik Eğilme Etkisindeki Elemanlar”, http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8b2cc903c609293_ek.pdf [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].

⁷⁵ Elstner, R.C., Hognestad, E., "Laboratory Investigation of Rigid Frame Failure", ACI Structural Journal, V.28, ST.7, 637-667, 1957, p. 638.

⁷⁶ Dündar vd., a.g.e., s. 121-122.

b) Donatı hesabını yapınız. Eksenel kuvvet özel önlemlerle önlenmiştir. Malzeme C25, S420 ve paspayı=40 mm.

Çözüm:

$$1. V_d=920 \text{ kN}, M_d=P(a)=920 \times 0.15=138 \text{ kNm} \quad (2.25)$$

$$b_w = \frac{V_d}{0.22 f_{cd} d} = \frac{920 \times 10^3}{0.22 \times 17 \times 660} = 372.7 \text{ mm}$$

$b_w=400 \text{ mm}$ olarak seçilmektedir.

$$2. A_s = \frac{M_d}{f_{yd} 0.8 d} = \frac{138 \times 10^6}{365 \times 0.8 \times 660} = 716.06 \text{ mm}^2 = A_{st} \quad (A_n = 0)$$

▪ TS500'e göre;

$A_{st} \geq 0.05 \frac{f_{cd} b}{f_{yd}} d_w$ şeklinde olmalıdır. Yani yatay kuvvetleri olmadığından $A_n=0$

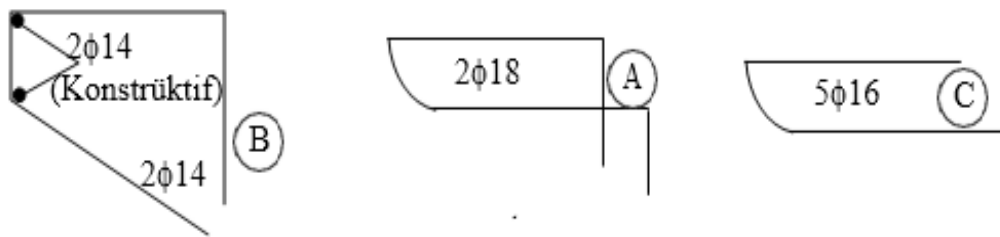
$A_{st} \geq \frac{2}{3} \times 1800 = 1200 \text{ mm}^2 > 975.04 \text{ mm}^2$ olmasından dolayı $A_{st}=1200 \text{ mm}^2$ şeklinde alınması gerekmektedir.

▪ Detaylandırma:

Çekme donatısının 1200 mm^2 olması, seçilen $2\phi 14 = 308 \text{ mm}^2$ (B)

$2\phi 18$ (firkete) = $2 \times 2 \times 254 = 1016 \text{ mm}^2$ (A)

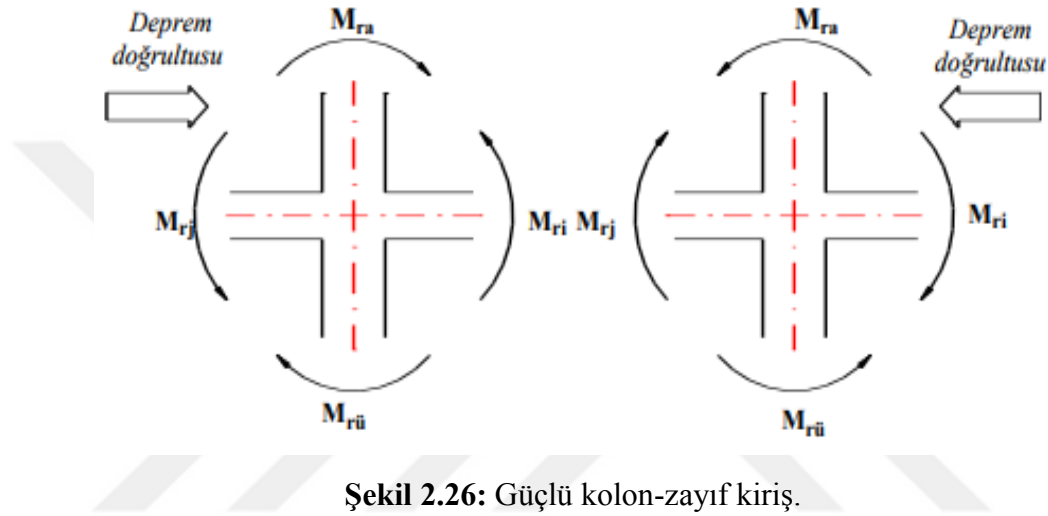
Gövdede bulunan yatay kayma donatısı, $A_{wf}=1800 \text{ mm}^2$ $5\phi 16$ (firkete) = $2 \times 5 \times 201 = 2010 \text{ mm}^2$ (C)



Şekil 2.25: Gövdede bulunan yatay kayma donatısı.

Yapı olarak çerçeve ve perde birleşiminden oluşan veya yalnızca çerçeveli sistemlerden oluşan yapılarda kuvvet veya momente maruz kalan düğüm noktalarıyla irtibatlanan kolonların taşıma gücü momentlerinin büyüklüğü, o kolon-kiriş birleşme noktasına etkiyen kirişlerin

momentlerinden asgari %20 daha fazla olması gerekmektedir. $(M_{ra}+M_{r\ddot{u}}) > 1,2(M_{ri}+M_{rj})$ denkleminin geçerli olabilmesi için kirişlerin belirtilen standartlara uygun olması gerekmektedir. Sözü edilen denklemden görüldüğü üzere her iki yönden maruz kalınan depreme göre olumsuz sonuç verecek şekilde denenmesi gerekmektedir. Uygulanacak olan bu denemeler neticesinde elde edilen verilere göre yapılacak olan moment hesabında depremin yönü de dikkate alınarak moment değerini minimum yapacak olan eksenel kuvvetin dikkate alınması gerekmektedir⁷⁷.

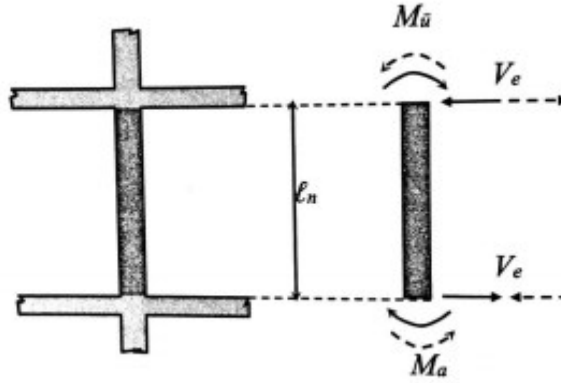


Şekil 2.26: Güçlü kolon-zayıf kiriş.

Deprem yönetmeliğine göre enine donatı hesabında, sünekliği normal seviyedeki kolonlarda düşey yüklerin ve deprem esnasında oluşacak olan yüklerin birleşiminden oluşan kesme kuvvetinin dikkate alınacağı şeklinde bilgilere yer verilmektedir. Sünekliği yüksek seviyede olan kolonlarda ise donatı oranının belirlenebilmesinde tasarım kesme kuvveti yeterli olmayabilir. Yüksek sünekliğe sahip kolonlarda kesme kuvvetinin belirlenerek donatı hesabının yapılması gerekmektedir. Kesme kuvvetinin belirlenmesinde; kolonda kullanılan malzeme özelliklerinin, kolon kesit şeklinin, boyutlarının ve kolonun konumunun göz önüne alınması gerekmektedir⁷⁸.

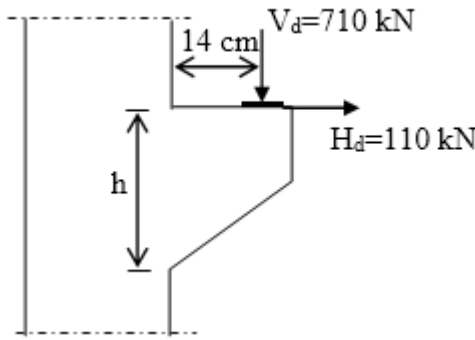
⁷⁷ Selim Çetinkaya, 2003, *Çok Katlı Betonarme Yapı Tasarımı ve Sünme Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 140.

⁷⁸ Onur Onat, "Kolonlar", Betonarme-II, <https://www.munzur.edu.tr/birimler/akademik/fakulteler/muhendislik/bolumler/insaat/Pages/file/Hafta-9.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].



Şekil 2.27: Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısının belirlenmesi.

Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısının belirlenmesi ile ilgili bir diğer örnek aşağıda yer almaktadır;⁷⁹



Şekil 2.28: Kolonlarda kesme güvenliği ve kesme donatısında kısa konsolun belirlenmesi.

Yukarıdaki şekilde gösterilen kısa konsolun boyutlarını belirleyerek donatı hesabını yaparak detaylandırınız. Malzemeler S420, paspayı=50 mm ve C25.

Çözüm:

$$V_d = 0.8 V_r \quad 710 \times 10^3 = 0.8 \times 0.22 \times 17 (b_w) d$$

$b_w = 400$ mm olarak seçilirse d , 593 mm elde edilmektedir. Seçilen boyutlar, b_w 400 mm iken h 650 mm'dir.

$$H_d = 0.2 \times 710 = 142 \text{ kN} > 110 \text{ kN}$$

$$A_{sd} = \frac{V_d a_v + H_d (h - d)}{f_{yd} (0.8) d} \quad (2.26)$$

⁷⁹ Dündar vd., a.g.e., s. 127.

$$A_s = \frac{(710 \times 140 + 142 \times 50) \times 10^3}{365 \times 0.8 \times 600} = 607.9 \text{ mm}^2$$

$$A_n = \frac{H_d}{f_{yd}} = \frac{142 \times 10^3}{365} = 389 \text{ mm}^2$$

$A_{st} = A_s + A_n = 996.9 \text{ mm}^2$ olarak hesaplanmaktadır.

$$A_{st} = 996.9 \geq 0.05 \times \frac{17}{365} \times 400 \times 600 = 558.9 \text{ mm}^2 \text{ uygundur.}$$

$$A_{wf} = \frac{V_d}{\mu f_{yd}} = \frac{710 \times 10^3}{1.4 \times 365} = 1389.4 \text{ mm}^2 \text{ iken } A_{st} \geq \frac{2}{3} A_{wt} + A_n \text{ olması gerekmektedir.}$$

$$A_{st} = 996.9 \geq \frac{2}{3} \times 1389.4 + 389 = 1315.3 \text{ mm}^2 \text{ olduğu durumda } A_{st} = 1315.3 \text{ mm}^2$$

olarak ele alınmaktadır.

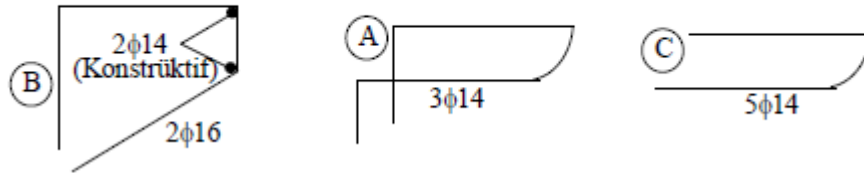
$$A_{sv} \geq 0.5(A_{st} - A_n) = 463 \text{ mm}^2$$

▪ Detaylandırma:

Çekme donatısının 1315.3 mm^2 olduğu durumlarda seçilmiş olan $2\phi 16 = 402 \text{ mm}^2$ (B)

$$3\phi 14 \text{ (firkete)} = 3 \times 2 \times 154 = 924 \text{ mm}^2 \text{ (A)}$$

$$\text{Gövdede bulunan kayma donatıları } 5\phi 14 \text{ (firkete)} = 5 \times 2 \times 154 = 1540 \text{ mm}^2 \text{ (C)}$$



Şekil 2.29: Gövdede bulunan kayma donatıları.

2.6. TAŞIYICI SİSTEM SEÇİMİ VE YAPI GÜVENLİĞİ

2.6.1. Taşıyıcı Sistem Kavramı

Mimari çalışmaların etkisi üzerinde çalışmakta olduğumuz taşıyıcı sistemlerde tasarım safhasında göze çarpmaktadır. Geçmişten günümüze incelendiğinde, çağımızın imar tekniklerini bazı iskelet ve yığma sistemler ortaya koymaktadır. Bu faktörlere yöresellikten ve mühendislik bilgilerinden yoksun yapıların artması da eklenebilir. Tüm bu olumsuzluklara rağmen günümüzde betonarme yapılar giderek önem kazanmaktadır. Oluşan depremler meydana geldiği mahaldeki yapıları adeta bir dayanıklılık testine tabi tutmaktadır. Yapılan bu

denemelere karşı etkinlik binaların tasarımında 1900 lü yılların başlarında ortaya çıkmıştır. Devam ede gelen depremlerden çıkarılan sonuç ve tespitler ışığında taşıyıcı sistemlerin tasarımı ve tasarımda kullanılacak malzeme uygunluğu üzerinde verimli çalışmalar yapılmıştır⁸⁰.

Taşıyıcı sistemler başlıca kiriş-kolon, perde duvarlar, döşeme ve temelden oluşmaktadır. Taşıyıcı sistemlerin alan olarak en büyük kısmını oluşturan döşemeler, herhangi bir deprem etkisi altında çok büyük etkiler altında kalmaz ve bu sebeple zorlanmalarını elastik sınırı aşmamaktadır. Döşemeler, insan vücudundaki diyaframın üstlendiği göreve benzer olarak yüklerin kiriş ve kolonlara aktarılmasında işlev sağlamaktadır. Döşemelerin oldukça sıkı bir yapıda olması ve rijitliğinin iyi olması gerekmektedir. Bu özelliği kolon ve perdeye gelen yüklerin dengelenmesi yönünden önem arz etmektedir. Deprem yönetmeliğinde döşemelerin sıkı olması yönünde alınan önlemler yapının mukavemetinde rahatlık kazandırmaktadır. Taşıyıcı sistemlerde yapının en fazla temele yakın bölgeleri zorlanırken üst seviyeler çıktıkça zorlanma azalmaktadır⁸¹.

2.6.2. Taşıyıcı Sistem Çeşitleri

2.6.2.1. Perde Duvarlı Sistemler

Günümüzde yapılan betonarme yapıların kat sayısı oldukça fazla olduğundan dolayı yatay yer değiştirmeleri de fazla olmaktadır. Yapılarda güvenliği sağlamak için bu sebeple yatay yöndeki rijitliği sağlayacak bazı elamanlar kullanmak gerekebilir. Yapılan pek çok çalışmada kullanılarak gerekli yatay rijitliği sağlayacak elemanlardan en önemlisi perdeler olmaktadır. Bahsedilen çok katlı betonarme yapılarda perdeler hem mimari açıdan hem de mühendislik açıdan tercih edilmektedir. Bu tercihin sebebi ise deprem koşullarında binanın ayakta kalabilmesi için yeteri kadar sünek olması icap ettiğinden dolayı olmaktadır. Kullanılan bu perdeler sayesinde bina herhangi bir olumsuz olayda daha fazla enerji yutabilmektedir⁸².

Perde yapı birimi, en son yayınlanan Deprem Yönetmeliğinde kenarlarından uzun olanının kısa olanından 7 kat büyük olduğu elemanlar olarak tarif edilmektedir. Betonarme yapılarda kullanılan perdelerin yatay yüklerin dengelenmesinde kullanıldığını düşünürsek depremlerin sık olduğu ülkemizde daha fazla öneme sahip olduğu söylenebilir. Şiddetli deprem olaylarında

⁸⁰ N. Akıncıtürk, 2003, Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1), 189-201, s. 197.

⁸¹ A. İlki ve Z. Celep, 11-14 Ekim 2011, Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, ODTÜ, Ankara, 1-20, s. 4.

⁸² B. Doran, Perdeli Sistemler: Statik ve Betonarme Kesit Hesapları, *Yapı Mühendisliği*, s. 1, <http://www.yildiz.edu.tr/~doran/ypm.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 27 Eylül 2017].

perdeler hasarın daha fazla olmasına sebep olan görelî kat ötmemelerini de engellemektedir. Yük taşıma hususunda ise büyük kenarın görevi daha fazladır ve yatay yüklenmeleri kendi doğrultusunda etkili bir şekilde taşımaktadırlar. Genel olarak yüksek yapılarda mukavemeti sağlayan, yatay yer değiştirmelere engel olup hasar oluşumuna mani olan bu perdeler betonarme yapılar için olmazsa olmazlardan olmaktadır⁸³.

2.6.2.2. Boşluklu Perde Duvarlı Sistemler

Betonarme yapılardaki yatay yönde etkiyen yüklerin taşınmasında görev alan perdeler ya çerçeve ile ya da perde grupları halinde kullanılır. Perde duvarı dediğimiz yapılar ise perde içerisindeki boşluklardan veya bağlayıcı kirişler ile meydana gelmektedir. Sözü edilen bu iki yapının rijitlik değerlerinin farklı olması çerçeve düzenlemelerinde dikkate alınmayan ayrıntıların hesaba katılmasını gerektirmektedir. Birleştirilmiş çift perdeli sistem ile bağ kirişleri mesnede etkiyen dış kuvvetlerin sebep olduğu devirme momenti, perdelerin oluşturduğu eğilme momenti ve normal kuvvet çifti tarafından dengelenmektedir. Bu bahsi geçen normal kuvvet bağ kirişlerinin perde düzeneğine göre rölatif tipteki rijitliğinden etkilenmektedir. Rijitlik bakımından bağ kirişlerinin değeri arttırılırsa eğilme momenti artarken, perde sistemi arasındaki etkileşim de artar ve bu sayede daha fazla moment karşılanabilir. Kirişlerin boyu kısa ve bununla beraber uzunluğu yükseğe eğilme momentinin yüksek değerlerine karşı koyabilecek yapıda demektir ve bu sayede kesme kuvveti yüksek değerlere çıkabilir⁸⁴.

2.6.2.3. Geleneksel Çerçevesel Sistemler

Betonarme yapılara etkileyen düşey yüklerin temellere iletildiği gibi deprem, rüzgar gibi yatay kuvvetlerin de iletilmesi gerekmektedir. Tasarlanan yapının bu sebeple, yatay ve düşey yüklerin her ikisini birden karşılar bir özellikte olması gerekmektedir. Bu amaca hizmet etmek üzere kiriş ve kolon elemanlarının birbirine rijit olarak bağlandığı çerçeve sistemler geliřtirilmiřtir⁸⁵.

Çerçeve sistemlerin yatay ve düşey yüklere karşı sağlamlığı betonarme ve çelik malzemedan meydana geldiği düşünülürse kolon ve kirişin bağlantı yerlerindeki rijitliğe bağlı olduğu görülmektedir. Bu sistemlerin en önde gelen avantajlarından bir tanesi kapı, pencere gibi

⁸³ S. Aktan ve N. Kıraç, 2010, Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1),15-32, s. 20.

⁸⁴ Z. Celep ve N. Kumbasar, 2001, *Betonarme Yapılar*, Beta Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003, s. 103.

⁸⁵ T.L. Beyazoğlu, 1997, *Yüksek Binalarda Tübüler Taşıyıcı Sistemler ve Uygulama Örnekleri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 58.

boşluklu planlamaların kolay yapılabilmesi olmaktadır. Çerçeve sistemler, hesaplamalarda kolaylık olması açısından düzlemsel ve uzaysal olarak ele alınmaktadır. Düzlemsel olan türler, düzlemi aynı olan kiriş ve kolonlardan oluşurken, uzaysal ise çok sayıda düzlemselden oluşan taşıyıcı yapılar olmaktadır⁸⁶.

2.6.2.4. Tüp Sistemler

Tüp sistemler, yapı etrafına koyulan kolonlarla meydana gelmektedir. Oluşan bu cephenin strüktürü delikli yapıda bir duvara benzemektedir. Rijitlik değeri çok fazla olan tüpler, yatay yüklere karşı durabilmesi yönüyle konsol kirişlere benzediği ifade edilmektedir. Taşıyıcı sistemler tasarım olarak değerlendirildiğinde bu sahada en etkili ve en yeni gelişmeyi Fazlur Khan tübüler sistem ifadesi ile ortaya çıkarmıştır. Tüp sistemlerde birim metre kareye düşen malzeme miktarı bu yönüyle geleneksel çerçeve ile kıyaslanabilir. Bu tasarımda, cephede kullanılan elemanın yatay yönde etkiyen kuvvetlere karşı koyması beklenir. Yapıda kullanılan dış duvar sistemi rüzgar, fırtına vs. gibi doğal kuvvet yüklerinin tamamını karşılayabildiği için yapı içerisinde herhangi bir önlem almaya gerek kalmamaktadır.⁸⁷

Tübüler sistemlerin çerçeveli sistemlere göre bir avantajı strüktürel etkinliği artırması ve malzeme açısından da daha tasarruflu olması olmaktadır. Tübüler sistemler bu yönüyle daha hafif binaların yapımı için olanak sağlamaktadır. Tübüler sistemler ayrıca strüktür tasarımcıları tarafından en emniyetli, en ekonomik ve en etkin yöntem olarak tanıtılmaktadırlar. Sözü edilen bu sistemlerde yatay kuvvetlere karşı iki yönlü karşılama bulunmaktadır. Birincisi; bu yüklere karşı yapının tamamıyla konsol tüp davranışı çizmesi olmaktadır. İkincisi ise; yatay yöndeki yüklere paralel olarak çift duvar, hemen hemen çerçeve davranışı göstermesi ve bu çerçevelerin kolon-kiriş grubunun deforme olmasıyla yatay kuvvet karşılanabilmesi olduğu belirtilmektedir⁸⁸.

2.6.2.5. Taban İzolasyonlu Sistemler

Sistemlerde ana frekansın ankastre mesnet tipli yapıların ana frekansından ve zeminde hakim olan frekanstan küçük olmasının istendiği yapılar taban izolasyonlu yapılarda aranan öncelik şartlardan birisi olmaktadır. Birinci mod süresince izolasyonlu yapılarda sadece izolasyon

⁸⁶ A. Karakaya, 2000, *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler ve Taşıyıcı Sistem Bileşenlerinin Yapım Yöntemleri Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s. 68.

⁸⁷ F. Yılmaz, 1995, *Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Etkinliği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s. 58.

⁸⁸ Beyazoğlu, a.g.e., s. 60.

sisteminde yer değimi meydana gelmekte, yapının üst kısmı hareket etmeden kalmaktadır. Mod seviyesi yükseldikçe tasarlanan yapıda orthogonal deformeler oluşturmakta ve bu zaman zarfında katılım faktörünü küçük değerler almaktadır. Bu sayede mod frekansı her ne kadar yükselse de zeminde oluşan hareketlilikten meydana gelen enerjinin yapıya etkisi olmamaktadır⁸⁹.

Taban izolasyonlu sistemlerde hedef, deprem meydana geldiğinde ve bu hareketlilikten dolayı meydana gelecek olan enerjinin yapıya herhangi bir zarar vermeden yapının temelinde oluşturulan düzenekle absorbe edilmesi olmaktadır. Bu sayede yapı ortaya çıkacak olan yüksek enerjilerde çok etkilenmeyip daha az bir enerjiye maruz kalmaktadır. Taban izolasyonlu sistemlerin kullanılmadığı yerlerde, depremin etkisi ile tabanda çok fazla yer değişimleri ve bunun sonucunda yapıda deformeler meydana gelebilir⁹⁰.

2.6.3. Taşıyıcı Sistem Bakımından Yapı Güvenliğinin Temel İlkeleri

Betonarme yapılarda düşey kuvvetlerin veya deprem etkisinin altında güvenilir olmasında, sistem elemanları, yükler ve kullanılan malzemelerin özellikleri ile alakalı kabullerin yapılması, sistem analizinin yapılması ve güvenli olup olmayacağına dair kriterlerin tespit edilmesi gerekmektedir. İlk tespitlerde zayıf olarak çıkan yapılar gerekli çalışmalar yapıp kuvvetlendirildikten sonra bunla ilgili bir rapor alınması icap etmektedir. Sözü edilen tüm bu kriterler yeni tasarlanan yapılarda da dikkate alınarak önem sırasına göre kontrole tabi tutulmaktadır⁹¹.

2.6.3.1. Rijitlik

Rijitlik, ikinci mertebeden momentleri mümkün seviye düşürmek, olağan deprem anlarında yapısal olmayan hasarları azaltmada gerekli olmaktadır. Yapıda oluşan yatay yöndeki yüklerin etkisinde rijitliğin en mühim ölçütü sahip olduğu kendi rijitliği ve katlar arasındaki göreceli öteleme miktarı olmaktadır⁹².

Rijitlik hususunda tasarımın geometrisi değil, düşey taşıyıcı sistemlerin yeri ve bu taşıyıcıların hem düşey hem de yatay yöndeki ebatı önemli yer tutmaktadır. Dolgu duvarlar kolon ve

⁸⁹ M. C. Çağlar, 2002, *Yapılarda Taban İzolasyonu Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 1.

⁹⁰ M. Şahin, 1999, "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Pasif ve Aktif Kontrol Sistemleri", *Tasarım-Kuram Dergisi*, Sayı: 1, 60-65, s. 60.

⁹¹ İlki ve Celep, a.g.e., s. 1.

⁹² Aktan ve Kıraç, a.g.e., s. 18.

perdelere göre davranış olarak daha az rijitlik gösterdiğinden rijitlik hesaplamasında dikkate alınmayabilir. Kolon ve perdelerin hesaplamaları yeterli olacaktır ki bu hesaplamalarda da kiriş-kolon yapılarında kullanılan malzemelerin özellikleri, boyutları ve uç kısımlarının mesnetleme özellikler dikkate alınmaktadır⁹³.

2.6.3.2. Süneklik

Süneklik, herhangi bir yüklenme durumunda yapının dayanımında herhangi bir değer kaybı olmadan elastik olarak şekil değiştirebilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Şiddeti yüksek olan depremler öncesinde bazı noktalara elastik olarak şekil değiştirebilme yeteneğine sahip plastik mafsallar yerleştirilerek rijitlik azaltılabilir. Bu sayede sismik kuvvetler azalmakta, periyot büyü ve sonuç olarak depremin şiddeti yapıya zarar veremeyecek kadar küçük değerlere indirilmektedir. Deprem anında oluşan enerjinin yapının içinde sönmülmesi icap etmektedir. Sözü edilen bu sönmüleme ise yapıda bazı bölgelere yerleştirilen ve sünek özellikte olan malzemeler sayesinde yapılmaktadır. Bu süneklik sayesinde depremde meydana gelebilecek hasarlar sönmülendiği gibi yapının yük taşıma kapasitesinde de herhangi bir değişiklik meydana gelmemektedir⁹⁴.

Deprem yükü altında elastik-doğrusal davranış gösteren yapılarda bu esnada meydana gelecek olan enerjinin büyük kısmı plastik aşamaya iletilmeden elastik kısımda absorbe edilmesi gerekmektedir. Sözü edilen bu durumun tahakkuk etmesi için yapı içerisindeki kesitlerin boyutlarının çok büyük olması gerekir ki bu da yapının maliyetini arttırmaktadır. Maliyetin düşük olması ve enerjinin plastik aşamada tüketilmesi amaçlanırsa başvurulacak yollardan bir tanesi yapının sünek olarak tasarlanması gerekmektedir. Sünelik değerinin yüksek olduğu ve düzensiz deformelerin küçük bölgelere yayıldığı durumlarda, doğrusal olmayan deforme ya da eğilme plastik mafsallarda toplanmaktadır. Bu bölgelerin dışında ise sistemin davranış olarak doğrusal-elastik olduğu söylenebilir⁹⁵.

2.6.3.3. Kararlılık

Herhangi bir taşıyıcı sistemin nasıl ve hangi şiddette olursa olsun dengede kalıp güvenilir olabilmesi için kararlı bir halde olması gerekmektedir. Taşıyıcı sistemlerde bu kararlılık

⁹³ Doğançün, a.g.e., s. 103.

⁹⁴ E. T. Hatipoğlu, 2011, *Zayıflatılmış ve Güçlendirilmiş Tipteki Çelik Kolon-Kiriş Birleşimlerinin Deprem Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 14.

⁹⁵ M. H. Arslan, M. A. Köroğlu ve A. Köken, 2008, Binaların Yapısal Performansının Statik İtme Analizi İle Belirlenmesi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 71-84, s. 73.

olmadığı takdirde yapıda oluşacak çok küçük bir sapma bile binada ani çökmelere sebep olabilir⁹⁶.

2.6.3.4. Yeterli Sönüm

Güncel olan yönetmeliklerde betonarme yapılar için belirlenen sönüm oranı %5 olmaktadır. Yük altında kalarak oluşan çatlakların artması sönümü de arttırmaktadır⁹⁷.

2.6.3.5. Yeterli Dayanım

2007 yılında çıkarılan Deprem Yönetmeliği yapıların deprem yüklerine karşı dayanıklılığını ve bu esnada oluşacak enerjiyi tüketerek korunmasını hedeflemektedir. Taşıyıcı sistemlerin kendine etkileyen dikey ve yatay yüklere karşı herhangi bir deformeye uğramadan ve taşıma kapasitesinin eksilmeden kalabilmesini istemektedir. Çıkarılan bu yönetmeliklerin başlıca amacı depremin şiddeti her ne kadar büyük olsa da yapının deformeye uğramaması olmaktadır. Sözü edilen bu hedefleme ise bazı aşamalı yapısal davranış esaslarına dayanır ki bunlardan en önemlileri şu şekilde sıralanabilir⁹⁸:

1. Nadiren olması muhtemel depremlerde yapının plastik davranış göstermesi ve mal ve can kaybının önlenmesi amacıyla binanın gerek tamamının gerek bir kısmının göçmesini engellemek,
2. Orta sıklıkta meydana gelecek depremlerde yapının elastik üst sınırına dayanması, deformelerin onarılabilir olması,
3. Çok sık meydana gelen ve hafif şiddetli deprem yüklerinde yapının elastik olarak davranması ve yapının hiçbir deformeye uğramaması hedeflenmektedir.

2.6.4. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Etkili Olan Unsurlar

20. yüzyıla kadar teknolojik açıdan gelişim sağlanamamasına paralel olarak taşıyıcı sistemlerin de gelişemediği söylenebilir. Günümüz itibariyle ise taşıyıcı sistemlerde çok yararlı teknolojik gelişmeler meydana geldiği ifade edilebilir. Ortaya çıkan bu teknolojilerin kullanılması sayesinde tasarlanan yapılarda dayanıklılığın ve güvenilirliğin sağlanabilmesi için en temel esaslardan olarak doğru ve yeterli malzeme kullanımı öne çıkmaktadır. Taşıyıcı sistemlere

⁹⁶ M. İlkhun ve H. Kasap, 2017, "Betonarme Yapılarda Çerçeve Süreksizliklerinin Yapı Davranışlarına Etkisinin İncelenmesi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (5), 842~850, s. 843.

⁹⁷ G. Toptaş, 2012, *Çok Katlı Yapılarda Geometrik ve Yük Düzensizliklerinin Dinamik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012, s. 4.

⁹⁸ Deprem Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Ankara, s. 55.

yönelik kullanım ve tercihi bazı kriterlere göre yapmakta fayda bulunmaktadır. Sözü edilen bu kriterler ise şu şekilde sıralanabilir⁹⁹;

1. Yangın güvenliği,
2. Maliyet,
3. Malzeme temini ve lojistik,
4. Süre,
5. Teknik özellikler ve işçilik,
6. Dış yüklere karşı dayanıklılık,

7. Esneklik olarak sıralanabilir. Mimari açıdan etkenler de ekonomi, kat adedi ve strüktürel etkinlik olarak söylenebilir. Özellikle yüksek katlı binaların yapımı aşamasında kullanılan malzemelerin özellikleri ve işlevlerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Yapının yer aldığı konuma ve kullanım amacına göre çok iyi tasarlanmış olması ilerisi için çok fayda sağlayacaktır. Tüm bu hususlara dikkat edildiği takdirde taşıyıcı sistemlerin çok etkin olması kaçınılmaz olmaktadır.

2.6.4.1. Yapım Süresi

Son yıllarda ortaya çıkan yapı teknik ve teknolojisi ile beraber yapım süreleri kısalmış bunun yanında maliyet azaltılarak kaliteli binalar inşa edilmiştir. Yapım aşamasında en çok vakit sarf edilmesi gereken perde duvar inşaatı kayar kalıp yöntemi ile kısa vakitlerde bitirilebilmektedir. Kullanılan malzemelerin davranışları metalürji ve malzeme yöntemleri ile daha iyi analiz edilmiş ve bu sayede enerji verimliliği de sağlanmaktadır. Tüm bu gelişmeler yüksek katlı binaların yapım hızını ve güvenilirliğini sağlamada önemli rol üstlenmektedir¹⁰⁰.

2.6.4.2. Yapım Teknolojisi

Yapım teknolojisinin gelişmesi ile beraber mevcut yapıların güçlendirilmesinde kullanılan yöntemlerde daha iyi sonuçlar vermektedir. Sözü edilen bu yöntemler, ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremler sonrasında çeşitli resmi kurum ve kuruluşlarda, sanayi yerleşkelerinde ve konutlarda uygulanmış ve iyi sonuçlar alınmıştır¹⁰¹.

⁹⁹ Y. Koç, A. B. Gültekin, G. Durmuş ve Ç.B. Dikmen, 2009, Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük, Türkiye, s. 5.

¹⁰⁰ Gökhan Polat, 2015, *Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılabilecek Taşıyıcı Sistemler ve Perde-çerçeve Bir Yapının Statik ve Dinamik Hesabı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. S. 2.

¹⁰¹ Doğan Sorguç, 2000, *İnşaatçıların Deprem Hasarlarından Doğan Sorumlulukları ile Hasarlı Binaları Onarma ve Güçlendirme Yolları*, İstanbul Ticaret Odası Yayını, İstanbul, s. 49.

Gelişen teknolojiler ile insanların yaşam tarzları ve ihtiyaçları da değişebilmektedir ki bu gelişmelerden mimari çalışmalar da etkilenmektedir. Yapılan binalar zamanla farklı kişi ve kurumlar tarafından kullanıldığı için yeniden dizayn gerektirmekte ve bu da iç veya dış mimari etkilerin kullanılmasına sebep olmaktadır. Bu değişimler yapılırken elektronik, mekatronik, strüktür ve bilgisayar kontrolü gibi diğer bilim dallarına da başvurulabilir¹⁰².

2.6.4.3. Arazi ve Zeminin Durumu

Yapılaşmanın yasak olduğu kanunla tescillenmiş yerlerde bina yapılamadığı gibi mevcut binalar da onarılamamaktadır. Buna ek olarak yapımından 30 yıl geçmemiş dolgu zeminler üzerinde, hassaten iyileştirilme yapılmadan bina yapılamamaktadır¹⁰³.

2.6.4.4. Yapı Maliyeti

Deprem bölgesi olan ülkemizde yatırım yapılacak olan arazi, zemin, toprak tipi gibi faktörler çok önemli olmaktadır. Çünkü deprem yüklere maruz kaldığında güvenilir ve sağlam bir yapının oluşturabilmesi için tüm bu faktörler göz önünde bulundurulmalı ve gerekli maliyet hesaplamaları yapılması gerekmektedir¹⁰⁴.

Depremler sonucunda meydana gelen deformelerin en büyük sebebi, yapının enerji tüketme, süneklik, dayanım ve rijitlik gibi mekanik özelliklere gerekli önemin verilmemesi olmaktadır. Binalarda güvenilirlik ve istenilen taşıma kapasitesi tüm bu faktörlerin en efektif şekilde kullanılması ile elde edilebilir. Yapıya etkileyen kuvvetler neticesinde yapıdaki sağlamlığın ne kadar büyük olması istenirse maliyet de o kadar artış gösterecektir¹⁰⁵.

2.6.4.5. Mimari Sınırlılıklar

Yapıların taşıma kapasitesinde ve güvenilirliği hususunda mimari tasarımın çok büyük etkileri bulunmaktadır. Uygun olmayan mimari tasarımlara yasalar gereği izin de verilmemektedir¹⁰⁶.

¹⁰² N. İnan, 2014, *Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 4.

¹⁰³ M. N. Aydınoglu, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2.7.1998 tarih ve 23390 sayılı Resmi Gazete, s. 4.

¹⁰⁴ İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, 2015, 2015 Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, Milli Eğitim Bakanlığı, s. 6.

¹⁰⁵ Akıncıtürk, a.g.e., s. 194.

¹⁰⁶ E. Çıtıptıoğlu ve E. Doğan, 1993, Depreme Dayanıklı Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Tasarım ve İnşaatı İçin Öneriler, *Proje ve Yapı Denetimi Sempozyumu*, 209-218, s. 210.

2.6.5. Taşıyıcı Sistem Seçiminde Gerekli Koşullar

Devamlılık, ekoloji ve enerji kullanımı, maliyet-süre dengesi, malzeme temini ve lojistik, dayanım ve uygulama alanları olarak sayılabilir. Tüm bu kriterler dikkate alındığı takdirde yapı için kullanılacak malzeme ve türü daha bilimsel yollarla belirlenmiş olmaktadır. Bu aşamada mimarın mesleki tecrübesi de kullanılan malzeme türü yönüyle yapının şekline yön verebilir¹⁰⁷.

Taşıyıcı sistem seçimi, mesleki olarak tecrübe gerektirmektedir. Deneyimli mühendis ve mimarlar yapmış oldukları işler açısından gerekli donanımına sahip olduğu için doğru sistemi kısa zamanda doğru olarak tespit edebilir. Mesleğe yeni atılmış mühendisler ilk gördüğü projeler ışığında herhangi bir donanımına sahip olamadan bu işlere girdiği takdirde sonucun yanlış olma olasılığı da büyüktür. Bu yüzden yeni mühendisler işine gerekli özen ve çalışmayı gösterip projelerde yer alarak gerekli bilgiye sahip olması gerekmektedir. Taşıyıcı sistemin doğru bir şekilde belirlenmesinden sonra gerekli çizim ve hesaplamaların bilgisayar ortamında yapılması gerekmektedir. Çünkü yönetmeliklerin getirdiği kısıtlı zamanlar el ile hesaplamalara imkan tanımamaktadır. Bu nedenle; iyi bir mühendisin özelliklerinden olarak yönetmelik koşullarını bilen ve yerine getirebilmesi, yazılım ve bilgisayar kullanımı yeterli olması ve çizim sonrası kontrol ve düzeltmelerinin etkili olması sayılabilir¹⁰⁸.

Taşıyıcı sistemin seçiminin bu kadar önemli olmasının sebebi, yapı güvenirliliğine doğrudan etki etmesi olmaktadır. Yapının güvenirliliği ise etkiyen yatay, düşey ve diğer yüklerin kolayca karşılanıp deforme olmamasıyla ilişkilendirilebilir¹⁰⁹.

¹⁰⁷ Karagüler, a.g.e., s. 73.

¹⁰⁸ Ahmet Topçu, Betonarme II, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2018, http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/dersler/betonarme2/sunular/betonarme_2_2.pdf, [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2017].

¹⁰⁹ İlkhun ve Kasap, a.g.e., s. 843.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Yaptığım çalışmada betonarme yapıların genel özellikleri ve tasarım ilkelerinden bahsettim. Bu çalışmada herhangi bir bilimsel deney yapılmamakla beraber betonarme alanında daha önceden yapılmış olan deneysel çalışmalardan yararlandım. Örneğin kiriş üzerine gelen yüklerin analizi, döşemelerin yükünün, üzerine bindikleri kirişler üzerine nasıl paylaşıldığı hususlarına çalışmam içerisinde yer verdim. Ayrıca döşemelerde oluşacak gerilmeler sonunda kırılmaların nasıl ve hangi bölgelerde yoğunlaşacağına deneysel çalışmaların sonuçlarını koyarak yer verdim.

Betonarme alanında yapılacak olan çalışmalar için tecrübe edilmiş bilgilerin de önemi vardır. Bu tecrübe sonuncuna elde edilen bilgiler yönetmelik ve standartlar içerisinde kaldığı takdirde uygulamada iş güvenilirliği ve hızı sağlamaktadır.

4. BULGULAR

Beton ve çeliğin bir araya gelerek meydana getirdiği betonarme yapılar üzerine çıkarılan yönetmelik ve standartların dışına çıkmak bu alanda yapılacak en büyük yanlışlardan birisi olarak söylenebilir. Çünkü bu yönetmelikler deprem ve diğer bazı önemli yüklerin etkisi hesaplanarak bina yapımını sağlayan faktördür. Uygulama alanında yapılan binalarda kolonların çok güçlü yapılması gerektiği, bina yapımından önce tasarım ilkelerinin ilk basamağı olan zemin etüdünün iyi yapılması gibi mevzuları da yine tezim sonucunda elde ettiğim bulgulardandır.

İçerisinde bulunduğum sektör dalını ilgilendiren bir konu olarak başladığım bu betonarme yapıların sonunda mesleki, teknik ve uygulama yöntemleri üzerinde birçok deneyime sahip oldum. Ayrıca incelediğim uygulamaların neticesinde yapım aşamasında betonarme yapılar üzerinde yapılan hataların ve bunların ne gibi sonuçlar doğuracağını farkına vardım.

Betonarme alanında bilgi ve belgelere iyi hakim olunması gerektiği gibi uygulama alanında çok donanımlı olmak gerekir. İş akışını ve koordinesini takip edip can güvenirliliğini her şeyin üzerinde tutmalıdır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Betonarme yapılar insanoğlunun hayatı boyunca ihtiyaç duyduğu ve barınma hususunda birçok gereksinimini karşılayabilen sistemlerdir. Ev, işyeri, okul gibi sosyal yaşam alanlarının tesisi için günümüz teknolojisinde en çok kullanılan yapı elemanı olan beton hakkında geniş bilgi ve birikime sahip olmak gerekliliği, imar edilen yapıların güvenliği için şarttır.

Günümüz yapı teknolojisinde beton kullanımının bu derece fazla olmasının birçok sebebi vardır. Bunlar yüksek ateş dayanımı, hava sızdırmazlığı sayesinde uygun iklimlendirme olanağı, kolay kurulum imkanları, hammaddesi yerel olarak üretilen ve temini kolay olan bir madde olması gibi hususlardır.

Bu çalışmamızda betonarme yapıların genel özellikleri ve tasarım ilkelerinden bahsederek bu alanda gerek teorik gerek uygulamada dikkat edilmesi gereken hususlar anlatıldı. Her ne kadar gelişen teknoloji vesilesiyle uygulamalarda yapılan hata oranı en aza indirilmiş olsa da tecrübe ve bilgi eksikliğinden dolayı telafisi mümkün olmayan olaylar da karşımıza çıkabilmektedir. Bu yüzden bu sektörde çalışacak mühendis, mimar veya işçilerin gerekli bilgi ve donanımın yanın da tecrübeye de ihtiyacı olacaktır. Yapılacak olan bir hatanın insan hayatına mal olacağı düşünülürse imar edilecek olan betonarme yapının yer tespiti, projelendirme, bulunacağı konuma göre maruz kalacağı dış ve iç kuvvetler iyi hesap edilmelidir. Tüm bu hesap ve ön hazırlıklardan sonra tecrübeli, bu alanda birçok yapı ortaya koymuş mühendis ve mimarlar kullanıldığı takdirde uygulama aşamasında çıkacak olan problemlere daha gerçekçi ve reel çözümler bulunabilir. Saha tecrübesi olmayan çalışanlara teorik bilgilerin faydası olmasına karşın yeterli olmayabilir.

Betonarme yapının içerisinde barınanlar için gerekli emniyet koşullarını sağlaması gerekmektedir. bu da imarın her aşamasında kontrollü ve dikkatli adımların atılmasına bağlıdır. Betonarme yapıların fiziksel ve matematiksel olarak şartları sağladıktan sonra üzerine uygulanabilecek tasarım çalışmaları da bu önemli adımlardan bir tanesidir. Tasarım, binanın güvenliğini tehlikeye atmayacak şekilde bulunduğu yere, kullanım amacına ve kullanan kurum veya kuruluşa göre farklılık gösterebilir. Bu farklılıklar ortaya koyulurken iç veya dış mimarlık alanında uzman kişilerden destek alınmalıdır ve binanın güvenliğine veya dayanımına zarar verecek tasarımlardan uzak durulmalıdır.

Yeryüzünde barınma ihtiyacı devam ettiği müddetçe insanların imar uğraşısının devam edeceği açıktır. Bu ihtiyaç günümüzde en çok betonarme yapılar sayesinde karşılanmakta olduğu için bu alanda bir eser ortaya çıkardık. Gelişen teknolojiyle beraber belki farklı yapı elemanlarının kullanım oranı artabilir olsa da yerli ve temini kolay olan betondan kolaylıkla vazgeçilemeyeceği öngörümüzdür.



KAYNAKLAR

- Akbulut, İ., 2005, *Sığ Temellerde Jeoteknik Etüt*, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Akincitürk, N., 2003, Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilici, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1), 189-201.
- Aktan, S., Kıracı, N., 2010, Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 15-32.
- Alkaya, D., 2008, İstinat Duvarlarının Spread Sheet (Excel) Programı ile Çözümü ve Maliyet Analizi ile Uygun Duvar Tipinin Belirlenmesi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5(451), 56-65.
- Alp, S., 2004, *Kum, Kil ve Taşocakları Sektör Raporu*, İstanbul Ticaret Odası.
- Arslan, M. H., Köroğlu, M. A., Köken, A., 2008, Binaların Yapısal Performansının Statik İtme Analizi İle Belirlenmesi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (2), 71-84.
- Artırma, Ş., *Beton Karışımında Bir Yöntem*, <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11526.pdf> [Ziyaret Tarihi: 3 Kasım 2017].
- Aydın, A. C., Arslan, A. S., Gül, R., Çimento Esaslı Malzemelerin Zamana Bağlı Davranışının Simülasyonu, *Antalya Yöresinin İnş. Müh. Sorunları Kongresi*, Antalya, 22-24 Eylül 2005, 1-14.
- Aydın, M. K., Çelik Sektörü, *Betonarme Donatı Çelik Çubuklarının Uygunluğu ve Üreticilerin Değerlendirilmesi*, <http://www.mustafakemalaydin.com/wp-content/uploads/2014/10/%C3%87elik-Sekt%C3%B6r%C3%BC-Betonarme-Donat%C4%B1-%C3%87elik-%C3%87ubuklar%C4%B1n%C4%B1n-Uygunlu%C4%9Fu-ve-%C3%9Creticilerin-De%C4%9Ferlen-dirilmesi.pdf> [Ziyaret Tarihi: 3 Kasım 2017].
- Aydinoğlu, M. N., Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2.6.1998 tarih ve 23390 sayılı Resmi Gazete.
- Aykaç, S., Aykaç, B., Ekinci, Y., 2011, BA Yapılarda Konsol Kirişlere Aktarılan İlave Yükler, *İMO Teknik Dergi*, (351), 5449-5462.
- Baradan, B., Aydın, S., 2013, Betonun Dürabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık), *Hazır Beton Dergisi*, (120), 54-68.
- Bedirhanoğlu, İ., *Bileşik Eğilme-Eksenel Basınç ve Eğilme Altındaki Elemanların Taşıma Gücü*, Dicle Üniversitesi, http://www.dicle.edu.tr/a/idrisb/webtr/Betonarme1/B6-Bileşik_Egilme.pdf [Ziyaret Tarihi: 3 Kasım 2017].
- Bekem, İ., Gültekin, A. B., Dikmen, Ç. B., Yapı Ürünlerinin ‘Hizmet Ömrü’ Açısından Değerlendirilmesi: Betonarme Örneği, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, 13-15 Mayıs 2009, 2155-2160.
- Beyazoğlu, T.L., 1997, *Yüksek Binalarda Tübüler Taşıyıcı Sistemler ve Uygulama Örnekleri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bileşik Eğilme Etkisindeki Elemanlar, http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8b2cc903c609293_ek.pdf [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].

- Binici H., Çağatay, İ. H., Kaplan, H., 2000, Değişik Faktörlerin Beton Mukavemetine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2-3), 203-209.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2001, *Betonarme Yapılar*, Beta Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003.
- Cengiz, G., Ultra Yüksek Performanslı Betonun Çatı ve Cephelerde Kullanımının İncelenmesi, 8. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, 2-3 Haziran 2016, 1-12.
- Çağlar, M.C. 2002, *Yapılarda Taban İzolasyonu Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çetinkaya, S., 2003, *Çok Katlı Betonarme Yapı Tasarımı ve Sünme Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çıtıptınoğlu, E., Doğan, E., 1993, Depreme Dayanıklı Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Tasarım ve İnşaatı İçin Öneriler, *Proje ve Yapı Denetimi Sempozyumu*, 209-218.
- Deprem Bölgelerine Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Ankara.
- Derdiman, M. K., 2013, Farklı Özelliklere Sahip Zeminlerin Betonarme Yüksek Yapılarda Yapı Salınım Periyoduna Etkisi, *Afyon Kocatepe University Journal of Science & Engineering*, 13(2), 9-15.
- Doğan, S., 2000, *İnşaatçıların Deprem Hasarlarından Doğan Sorumlulukları ile Hasarlı Binaları Onarma ve Güçlendirme Yolları*, İstanbul Ticaret Odası Yayını, İstanbul.
- Doğangün, A., 2008, *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*, Birsen Yayınevi, CD İlaveli Geliştirilmiş 4. Baskı, İstanbul.
- Doran, B., Perdeli Sistemler: Statik ve Betonarme Kesit Hesapları, Yapı Mühendisliği, <http://www.yildiz.edu.tr/~doran/ymp.pdf> [Ziyaret Tarihi: 27 Eylül 2017].
- Dündar, C., Tokgöz, S., Tanrikulu, K., 2006, *Örnek Problemlerle Betonarme*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Adana.
- Elçi, H., 2005, Büyük Boşluklu Betonarme Kirişlerin Statik-Betonarme Analizi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, (437), 17-24.
- Elçi, H., Terzi, M., 2005, Betonarme Yapılarda Sünmenin Kesit Tesirlerine Etkisi, *DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 43-63.
- Elstner, R.C., Hognestad, E., Laboratory Investigation of Rigid Frame Failure, *ACI Structural Journal*, 28(7), 637-667, 1957.
- Ergin, C., 1998, *Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirme Teknikleri ve Çok Katlı Bir Yapıya Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ergün, A., Kürklü, G., 2005, Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 23-25 Mart 2005, 817-826.
- Ersoy, U., Özcebe, G., 2001, *Betonarme Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap*, Evrim Yayınevi, Ankara, 459-640.
- Gökhan, P., 2015, *Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılabilecek Taşıyıcı Sistemler ve Perde-çerçeve Bir Yapının Statik ve Dinamik Hesabı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Hatipoğlu, E.T., 2011, *Zayıflatılmış ve Güçlendirilmiş Tipteki Çelik Kolon-Kiriş Birleşimlerinin Deprem Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İki Doğrultuda Bileşik Eğilme Etkisindeki Kalın Kolonlar, file:///C:/Users/Dell/Downloads/%C4%B0ki+do %C4%9Frultuda+ bile%C5%9Fik+e%C4%9Filme.pdf, [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].
- İlkhun, M., Kasap, H., 2017, Betonarme Yapılarda Çerçeve Süreksizliklerinin Yapı Davranışlarına Etkisinin İncelenmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5), 842~850.
- İlki, A., Celep, Z., 11-14 Ekim 2011, Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, ODTÜ, Ankara, 1-20.
- İnan, N., 2014, *Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, 2015, 2015 Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu, Milli Eğitim Bakanlığı.
- Kan, A., 2016, Betonarme Plak Kalınlığı İçin Önerilen Hesap Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 75-83.
- Karagüler, M. E., 2014, “Mimari Beton Uygulamaları”, *Hazır Beton Dergisi*, (125), 73-83.
- Karakaya, A., 2000, *Çok Katlı Yüksek Yapılarda Taşıyıcı Sistemler ve Taşıyıcı Sistem Bileşenlerinin Yapım Yöntemleri Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Keles, M., 2005, *Betonarme Kirişlerde Açılı CFRP Şeritlerin Kesmeye Katkısı*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç, Y., Gültekin, A. B., Durmuş, G. ve Dikmen, Ç.B., 2009, Yüksek Yapı Tasarımının Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Kapsamında İncelenmesi, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15 Mayıs, Karabük, Türkiye.
- Koçak, A., 2007, *Donatı Yerleşimi*, Betonarme Yapı Tasarım Dersi, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Kuruoğlu, M., 2009, *Türkiye İnşaat Sektörü Hammadde Haritası*, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Küçük, H., 2009, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Kapsamında Türk (TS 500 – TS 498) ve Rus (SNİP – GOST) Standartlarının Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- MEB, 2006, Merdiven Planı ve Donatı Çizimi, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara.
- MEB, 2007, İnşaat Teknolojisi, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara.
- MEGEP, 2011, *Beton Dökümü ve Koruma*, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Yayını, Ankara.
- Onat, O., Kolonlar, Betonarme-II, <https://www.munzur.edu.tr/birimler/akademik/fakulteler/muhendislik/bolumler/insaat/Pages/file/Hafta-9.pdf> [Ziyaret Tarihi: 8 Ocak 2018].

- Önal, M., Koçak, A., 2016, Betonarme Mantolama ile Güçlendirilmiş Hasarlı Kirişlerin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 94-106.
- Özalp, F., 2006, *Ultra Yüksek Performanslı Betonların Mekanik Davranışı*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkaynak, H., 2002, *Deprem Bölgelerindeki Betonarme Yapılarda Donatı Düzenleme İlkeleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özturan, T., 2013, Özel Betonlar, *Hazır Beton Dergisi*, (118), 70-83.
- Pekmezci, B. Y., Atahan, H. N., 2014, Kimyasal ve Nano Katkılar: Betonda Kullanımı ve Beton Performansına Etkileri, *Hazır Beton Dergisi*, (123), 69-82.
- Sümer, G., 2009, *Betonarme Elemanlarda Donatı Düzenleme İlkeleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şahin, M., 1999, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Pasif ve Aktif Kontrol Sistemleri, *Tasarım-Kuram Dergisi*, (1), 60-65.
- Şimşek, Z., Akıncıtürk, N., 2006, Betonarme Yapı Elemanları Üzerindeki Basıncılı Yeraltı Su Geçirimsizliğine Puzulan Katkı Maddelerinin Etkisi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(2), 33-41.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2013, *İnşaat Teknolojisi Basit Kiriş Donatıları*, Ankara.
- Tabak, Ç., 2012, *Betonarme Taşıyıcı Elemanların Konstrüktif Esasları, Yüksek Betonarme Yapıların Tasarımı ve Enine Donatılarda Kancaların Bilgisayar Programında Modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tama, Y. S., Kaftan, A., 2006, Çelik Yapılarda Korozyondan Korunma Maliyetinin Araştırılması, 2. *Çelik Yapılar Ulusal Sempozyumu*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- Taşdemir, C., 2003, Hafif Betonların Isı Yalıtım ve Taşıyıcılık Özellikleri, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 5(427), 57-61.
- Taşdemir, M. A., Bayramov, F., Yerlikaya, M., 2003, Geleneksel ve Yüksek Performanslı Çelik Donatılı Betonlar, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 4(426), 76-84.
- Taşdemir, M. A., *Betonun Performansa Göre Tasarımı: Performans Sınıfları*, http://as-beton.com/pdf/performansa_gore_tasarim.pdf, [Ziyaret Tarihi: 5 Kasım 2017].
- Topçu, A., Betonarme II, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2018, http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/dersler/betonarme2/sunular/betonarme_2_2.pdf, [Ziyaret Tarihi: 7 Kasım 2017].
- Topsakal, A., Özel, C., 2012, Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Çökme Kaybının ve Kalıplama Zamanının Sertleşmiş Beton Özellikleri Üzerindeki Etkisi, *SDU International Technologic Science*, 4(2), 124-134.
- Toptaş, G., 2012, *Çok Katlı Yapılarda Geometrik ve Yük Düzensizliklerinin Dinamik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- TS 5000, Şubat 2000, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE, Şubat 2000, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, Ankara.

- Uzbaş, B., 2014, Beton İçin Geliştirilen Gerilme-Şekil Değiştirme Modellerinin Karşılaştırılması, *Politeknik Dergisi*, 17(3), 115-126.
- Üstün, B., Dal, M., 2016, Betonarme Donatı Uygulamalarının Değerlendirilmesi, *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 4(1), 8-18.
- Yazıcıoğlu, O., 1993, *Konstrüksiyonda Mukavemet*, Teknik Eğitim Fakóltesi Yayınları, İstanbul.
- Yıldız, S., Bölükbaş, Y., Keleştemur, O., 2010, Cam Elyaf Katkısının Betonun Basınç ve ekme Dayanımı Üzerindeki Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 13(3), 239-243.
- Yılmaz, F., 1995, *Yüksek Binalarda Taşıyıcı Sistem Etkinliği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zorbozan, M., Aydemir, C., Betonarme 1 Uygulamaları, <http://www.yildiz.edu.tr/~caydemir/bet1/O1BA1y.pdf> [Ziyaret Tarihi: 13 Şubat 2018].



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ahmet SEVER
Doğum Yeri	Mersin
Doğum Tarihi	27.08.1991
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05377935199
E-Posta Adresi	Severahmet33@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Makine Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	18.06.2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Makine Mühendisliği
Programı	Makine Mühendisliği