İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İRAN DEPREM YÖNETMELİĞİN TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Armin MOKARRAMİ

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İRAN DEPREM YÖNETMELİĞİN TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Armin MOKARRAMİ
(501051015)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Haziran 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Melike ALTAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Melike ALTAN
Prof.Dr. Metin AYDOĞAN
Doç.Dr. Mustafa ZORBOZAN

HAZİRAN 2009

Eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Dünyanın oluşumundan beri, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremlerin ardışıklı olarak oluştuğu ve sonucundan da milyonlarca insanın ve barınakların yok olduğu bilinmektedir.

Bilindiği gibi İran ve Türkiye dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de sık sık oluşacak depremlerle büyük can ve mal kaybına uğrayacağımız bir gerçektir.

Bu amaçla iki ülkenin deprem yönetmeliklerinin karşılaştırması ele alındı ve bunun sonucunda özellikle İran Deprem Yönetmeliğinde eksikler tespit edildi. Bu tespitlerin her iki ülkenin gerekli makamlarına bildirilecek üzere çeşitli seminerler düzenlenecektır.

Tezin hazırlanması sırasında bilgi ve deneyimleri ile desteğini esirgemeyen danışman hocam, Sn. Prof.Dr.Melike ALTAN na mükemmel yol göstericiliği, tavsiyeleri, cesaretlendirmeleri, her zamanki inceliği ve tarif edilmesi zor ilgi ve arkadaşlığı için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aileme; özellikle eşime tez çalışmalarım sırasında gösterdiği özveri, anlayış ve güvenden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran2009

Armin MOKARRAMİ

(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÇİZELGE LİSTESİ……..ix

ŞEKİL LİSTESİ……xi
ÖZET……xiii
SUMMARY……...xv
1. GİRİŞ……...1
2. DEPREM YÖNETMELİĞİN TARİHÇESİ……4
3.YÖNETMELİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI……5
3.1 Genel İlkeler……5
3.2 Düzensizlikler……..8
3.3 Bina Önem Katsayısı……14
3.4 Etkin Yer İvme Katsayısının Belirlenmesi……16
3.5 Spektrum Katsayısı……18
3.6 Bina Doğal Titreşim Periyodu……...22
3.7 Taşıyıcı Sistemin Davranış Katsayısı……23
3.8 Hesap Yöntemleri……..27
4. Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları…….31
4.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar……31
4.1.1 Enkesit koşulları……...31
4.1.2 Boyuna donatı…….....33
4.1.3 Enine donatı……34
4.1.4 Kolonların kirşlerden daha güçlu olması……41
4.1.5 Kolonların kesme güvenliği……43
4.2 Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler……..46
4.2.1 Enkesit koşulları……...46
4.2.2 Boyuna donatı……..49
4.2.3 Enine donat……..52
4.3 Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeve Sistemlerinde Kolon-Kiriş Birleşimi……..53
4.3.1 Kuşatılmış-kuşatılmamış……...53
4.3.2 Kolon-Kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği……...54
4.4 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler……58
4.4.1 Enkesit koşulları……58
4.4.2 Donatı koşulları……60
4.5 Süneklik Düzeyi Normal……62
4.5.1 Enkesit koşulları……..62
4.5.2 Botuna donatı koşulları……...64
4.5.3 Enine donatı koşulları……64
4.6 Süneklik Düzeyi Normal Kirişler……..65
4.6.1 Enkesit koşulları……65
4.6.2 Boyuna donatı koşulları……..68
4.6.3 Enine Donatı……...68
4.7 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler……69
5. DİĞER KONULAR……71
5.1 Donatının Kenetlenmesi……71
5.1.1 Çekme donatısında düz kenetlenme……...71
5.1.2 Çekme donatısının kanca veya fiyongla kenetlenmesi……...74
5.1.3 Çekme donatısının demet halinde kenetlenmesi……77

5.2 Basınç Donatısının Kenetlenmesi……78
5.3 Etriyelerin Kenetlenmesi……..78
5.4 Zımbalama……80
6. SONUÇ VE ÖNERİLER…….85
KAYNAKLAR……..87

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : İran'da son yüz yılda yaşanan önemli depremlerin kronolojisi. 2
Çizelge 1.2 : Türkiye'de son yüz yılda yaşanan önemli depremlerin kronolojisi.....3
Çizelge 3.1 : Binadan Beklenen Performanslar 5
Çizelge 3.2 : Binadan Beklenen Performanslar 6
Çizelge 3.3 : Bina Önemine Göre Gruplandırma 14
Çizelge 3.4 : Bina Önemine Göre Gruplandırma 15
Çizelge 3.5 : Etkin Yer İvme Katsayısı 17
Çizelge 3.6 : Etkine Yer İvme Katsayısı.....17
Çizelge 3.7 : Spektrum Karakteristik Katsayısı 19
Çizelge 3.8 : Spektrum Karakteristik Periyotları 21
Çizelge 3.9 : Spektrum KAtsayısı Örneği 21
Çizelge 3.10 : Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması 23
Çizelge 3.11 : Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılması 25
Çizelge 3.12 : Bina Taşıyıcı Sistemine Göre Davranış Katsayısı 26
Çizelge 3.13 : Hareketli Yük Yüzdesi 28
Çizelge 3.14 : Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulayabileceği Binalar.....29
Çizelge 4.1 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlaron Enkesit Karşılaştırması. 33
Çizelge 4.2 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Karşılaştırması. 34
Çizelge 4.3 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Karşılaştırılması. 39
Çizelge 4.4 : Sarılma Bölgesindeki Enine Donatıların Aralığı. 39
Çizelge 4.5 : Sarılma Bölgenin dışında kalan bölgede Enine Donatıların Aralığı.....39
Çizelge 4.6 : Dikdörtgen ve Dairesel kesitli kolonların Donatı Oranı. 39
Çizelge 4.7 : Mü ve Ma nın Hesabı. 46
Çizelge 4.8 : Süneklik Düzeyi Yüksek kirişlerin Enkesit Karşılaştırması.....49
Çizelge 4.9 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerin Enine Donatı Karşılaştırması. 53
Çizelge 4.10 : Süneklik Düzeyi Yüksek Perdelerin Enkesit Koşulu. 58
Çizelge 4.11 : Perdelerde Donatı Koşulları. 60
Çizelge 4.12 : Süneklik Düzeyi Normal Kolonların Karşılaştırılması. 64
Çizelge 4.13 : Süneklik Düzeyi Normal Kolonlarda Enine Donatı Aralığı. 65
Çizelge 4.14 : Süneklik Düzeyi Normal Kirişlerin Karşılaştırılması. 67
Çizelge 4.15 : Karşılaştırma. 69
Çizelge 5.1 : Donatı çapına göre en az bükülme çapı.....76

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : A1 Düzensizliği 10
Şekil 3.2 : A2 Düzensizlikler 10
Şekil 3.3 : A3 Düzensizlikler 11
Şekil 3.4 : Düşey Doğrultudaki Düzensizlikler 12
Şekil 3.5 :. Çok Fazla ve Fazla Riskli Bölgeler için.....19
Şekil 3.6 : Orta ve Az Riskli Bölgeler için 20
Şekil 3.7 : Spektrum Katsayısı 20
Şekil 3.8 : İran Deprem Yönetmeliğine göre Basit Çerçeveli Sistem 24
Şekil 3.9 : İran Deprem Yönetmeliğine göre Perdeli-Çerçeveli Sistem..... 24
Şekil 4.1 : Kolon kesiti ……..33
Şekil 4.2 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar Enine Donatı.....35
Şekil 4.3 : Kolon sarılma bölgelerindeki enine donatı 35
Şekil 4.4 : Kolon Kesiti.....38
Şekil 4.5 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Donatı Düzenlenmesi.....39
Şekil 4.6 : Pekleşmeli Momentler(İran)..... 41
Şekil 4.7 : Pekleşmeli Momentler(Türkiye).....42
Şekil 4.8 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar için kesme Kuvveti 43
Şekil 4.9 : Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar İçin Kesme Kuvveti 44
Şekil 4.10 : Kiriş-Kolon Birleşimi ……48
Şekil 4.11 : Kirişte Kritik Bölgeler.....51
Şekil 4.12 : Enine Donatı Aralıkları 52
Şekil 4.13 : Kuşatılmış kolon-kiriş birleşimi 54
Şekil 4.14 : Kuşatılmamış kolon-kiriş birleşimi.....54
Şekil 4.15 : Kolon- kiriş birleşimindeki yükler.....55
Şekil 4.16 : Etkili Alan 56
Şekil 4.17 : Kesme Kuvvetleri 56
Şekil 4.18 : Süneklik Düzeyi Yüksek kolon ve kiriş birleşim bölgesi için dikkate alınacak kesme kuvvetinin Belirlenmesi..... 57
Şekil 4.19 : Perde Kesiti.....58
Şekil 4.20 : Perdelerde Donatı Düzenlemesi..... 61
Şekil 4.21 : Perde Uç ve Gövde Bölgesi.....61
Şekil 4.22 : Perdelerde Uç ve Gövde Bölgesi.....62
Şekil 4.23 : Kolon Kesiti..... 63
Şekil 4.24 : Kiriş-Kolon Birleşimi.....67
Şekil 4.25 : Süneklik Düzeyi Normal Kirişlerde Enine Donatı Aralığı 68
Şekil 5.1 : Çekme donatının kanca veya fiyongla kenetlenmesi.....75
Şekil 5.2 : Çekme Donatısında Kanca 76
Şekil 5.3 : Etriyelerin Kenetlenmesi.....79
Şekil 5.4 : Zımbalamada kırılma yüzeyleri 80
Şekil 5.5 : Dikdörtgen ve Dairesel kesitli orta kolonlar 81
Şekil 5.6 : Kenar Kolonda Meydan Gelen Kayma Gelirmesi.....83

İRAN DEPREM YÖNETMELİĞİN TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Doğal afet, en geniş anlamı ile insanlara zarar veren olaylara denir. Başka bir ifade ile can ve mal kaybına yol açan doğal olaylardır. Afetin ilk özelliği doğal olması, ikincisi can ve mal kaybına neden olması bir diğeri çok kısa zamanda meydana gelmesi ve son olarak da başladıktan sonra insanlar tarafından engellenememesidir. Bazı afetlerin yeryüzünün nerelerinde daha çok olduğu bilinmektedir. Örneğin deprem, heyelan, çığ, sel, don ve bazı afetlerin sonuçları depremde olduğu gibi doğrudan ve hemen ortaya çıkar. Ama kuraklıkta olduğu gibi bazılarının sonuçları ise uzun bir zaman sonra ve dolaylı olarak görülür.

Bu çalışmada; İran Deprem Yönetmeliği ile Türk Deprem Yönetmeliğinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma 2005de yayınlanan (3.revize) İran Deprem Yönetmeliği ve 2007 de yayınlanan Türkiye Deprem Yönetmeliği arasında yapılmıştır.

Çalışmadan amaç, deprem konusunda, İran ve Türkiye arasındaki iletişim kolaylığı çalışmalarına bir katkıda bulunmaktır.

İran ve Türkiyenin Deprem yönetmeliklerin tarihçesine deyindikten sonra, her iki deprem yönetmeliği, bölüm bölüm incelemeye alınmıştır. Karşılaştırmalar daha net görülmesi için, çizelgeler ve örenklerle ifade edilmiştir.

Türkiye Deprem Yönetmeliğine ilave edilen 7.bölüm, “mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi” hakkında İran Deprem Yönetmeliğinde herhangi bir bölüm olmadığından, bu bölüm karşılaştırmaya dahil edilmemiştir.

Çalışmanın 4.bölümünde ise, betonarme binalar için depreme dayanıklı tasarım kurallarına yer verilmiştir. Bu bölüm İran Deprem Yönetmeliğinde olmadığından dolayı, İran Betonarme Yönetmeliği ele alınmıştır.

Çalışmanın son bölümü, ağırlıklı olarak donatı kenetlenmesine yer verilmiştir. Bu bölümde, betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları (TS-500) ve İran Betonarme Yönetmeliği karşılaştırılmıştır.

Ayrıca, çalışmalarda İranda betonarme yapılar konusunda en önemli hocalardan biri olmak üzere Sayın Prof.Dr.Shapour TAHUNİ ve Türkiyede aynı konuda uzman olan hocalardan Sayın Prof.dr.Zekai CELEP ve Sayın Prof.Dr.Nahit KUMBASAR ın yayınlarından istifade edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliğinin İran Deprem Yönetmeliğine göre daha kapsamlı olduğu görülmektedir. Ancak bununla kalmayıp deprem konusunda yeni teknik gelişmelerin izlenmesi gerektiği de açıktır.

THE COMPARITION BETWEEN IRANIAN AND TURKISH CODE OF PRACTICE FOR SEISMIC RESISTANT DESIGN OF BUILDINGS

SUMMARY

A natural disaster is the effect of a natural hazard (e.g. flood, volcanic eruption, earthquake, or landslide) that affects the environment, and leads to financial, environmental and/or human losses. The resulting loss depends on the capacity of the population to support or resist the disaster, and their resilience. This understanding is concentrated in the formulation: "disasters occur when hazards meet vulnerability." A natural hazard will hence never result in a natural disaster in areas without vulnerability, e.g. strong earthquakes in uninhabited areas. The term natural has consequently been disputed because the events simply are not hazards or disasters without human involvement.

In this study, it has been carried out the comparison of the Turkish earthquake regulations with the İran earthquake regulations. This is the comparison between 2005 published (3rd edition) Iranian seismic Code and 2007 published Turkish Seismic Code.

The first target study which has been performed taking into account the developments in the earthquake regulations in the last years is to contribute to the communication facility between the countries about the earthquake in this study.

After focus on Iran and Turkey's earthquake history, the both seismic codes, have been taken to review section by section. The tables and examples are expressed to see the comparison more clearly.

Cause of nothing exist any chapter about “Evaluation and strengthening of existing buildings” in Iranian Seismic Code, this section is not included in the comparison.

The 4rd chapter of this Study is about rules that given for the reinforced concrete buildings for earthquake-resistant design. this section does not exist in Iranian Seismic Code, so the Iranian Reinforced concrete Code has been taken up.

The last section fo this study, has been given primarily to development lenght. In this section, the design of reinforced concrete structures and construction rules (TS-500) and Iranian Reinforce Concrete are compared.

The studies performed in this sence, have revealed that the Turkish earthquake regulation is sufficient in consideration with the İran earthquake regulations. However, it is also clear that it is essential not to content with but to follow the new technical developments.

1. GİRİŞ

Bu çalışmada incelemeye alınan ülke güneybatı Asya da İRAN adlı ülkedir. Türkiye ile birlikte Ortadoğu'nun **Arap olmayan** iki unsurundan birini oluşturan İran, köklü kültürü, büyük nüfusu ve zengin yeraltı kaynakları ile bölgenin önemli ülkelerinden biridir. Kuzeyinde Ermenistan, Azerbaycan, Hazar Denizi, Türkmenistan, doğusunda Afganistan, Pakistan, güneyinde Hint Okyanusu ve Fars Körfezi, batısında ise Irak ve Türkiye ile çevrili olan İran, 1 648 000 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin komşuları arasında yüzölçümü Türkiye'den büyük olan tek ülke, aynı zamanda yüzölçümü açısından dünyanın 18. büyük ülkesidir. Kuzeyinde Kebir Çölü(Deşt-i Kebir), güneyinde ise Lut Çölü (Deşt-i Lut) bulunmaktadır. Ülkenin güney sahilleri Fars Körfezi, Umman Körfezi ve Umman Denizi 'ne açılmaktadır. 75 milyon civarında tahmin edilen bir nüfusa sahip olan ülke, hem etnik hem de mezhepsel bakımdan büyük çeşitlilik göstermektedir.

Alp-Himalaya sistemi üzerinde bulunan İran, kuzeyde Elborz, güneyde Zagros Dağ sıraları arasında nispeten alçak düzlüklerin bulunduğu dağlık bir plato görünümündedir. Yükseklikleri yer yer 5000 metreye yaklaşan bu dağ sıraları iç bölgelerde çok sert bir kara ikliminin yaşanmasına neden olur. Hatta bu bölgelerde geniş çöl alanları bulunur. Bu jeolojik yapının bir sonucu da İran'ın sık sık şiddetli depremlerle sarsılmasıdır.

İran'da Deprem Kronolojisi

Aktif fay hatları üzerinde bulunan İran'da, 20'inci yüzyıl boyunca meydana gelen 20 civarındaki büyük deprem ardında 140 binden fazla ölü bırakmıştır. İran'da son yıllarda meydana gelen ve çok sayıda kişinin ölümüne yol açan depremler çizelge 1.1'de verilmektedir.

Çizelge1.1: İran'da son yüz yılda yaşanan önemli depremlerin kronolojisi.

TARİH	YER	MAGNİTÜD	ÖLÜ
23.01.1909	Silakhor	7.3	6,000
25.05.1923	Torbat-e Heydariyeh	5.8	2,200
01.05.1929	Koppeh Dagh	7.3	3,300
06.05.1930	Salmas	7.2	2, 500
12.02. 1953	Torud	6.5	970
02.07.1957	Māzandarān	7.1	1,200
13.12.1957	Sahneh	7.1	1,130
01.09.1962	Bou'in-Zahra	7.1	12,225
10.02.1965	Bostanabad-e Bala	5.1	20
31.08.1968	Dasht-e-Bayaz	7.3	7,000
10.04.1972	Fars	7.1	5,054
16.09.1978	Tabas	7.8	15,000
11.06.1981	Kerman	6.9	3,000
28.07.1981	Kerman	7.3	1,500
20.06.1990	Manjil Rudbar	7.4	40,000
28.02.1997	Ardabil	6.0	1100
10.05.1997	Birjand-Qaen	7.3	1,567
14.03.1998	Golbaf	6.6	5
22.06.2002	Qazvin	6.5	262
26.12.2003	Bam	6.6	30,000
28.05.2004	Mazandaran	6.3	35
22.02.2005	Zarand	6.4	602
27.11.2005	Gheshm	6.0	13
31.03.2006	Brujerd	6.1	70

Türkiyede Deprem Kronolojisi

Türkiye'de 1902 yılından itibaren yaşanan depremlerin kronolojisi çizelge1.2 ‘de verilmektedir.

Çizelge1.2: Türkiye’de son yüz yılda yaşanan önemli depremlerin kronolojisi.

TARİH	YER	MAGNİTÜD	ÖLÜ
24.04.1903	Malazgirt	6.7	2626
09.08.1912	Mürefte	7.3	216
04.10.1914	Afyon/Bolvadin	5.1	400
13.05.1924	Çaykara	5.3	50
31.05.1946	Varto/Hınıs	5.7	839
17.08.1949	Karlıova	7.0	450
13.08.1951	Kurşunlu	6.9	52
03.01.1952	Hasankale	5.8	133
18.03.1953	Yenice/Gönen	7.4	265
06.10.1964	Manyas	7.0	23
19.08.1966	Varto	6.9	2394
22.07.2967	Adapazarı	7.2	89
26.07.1967	Pürümür	6.2	97
06.09.1975	Lice	6.9	2385
30.10.1983	Erzurum	6.8	1155
13.03.1992	Erzincan	6.8	653
01.10.1995	Dinar	6.0	96
27.06.1998	Adana/Ceyhan	6.3	145
17.08.1999	Gölcük/Kocaeli	7.8	17480
12.11.1999	Düzce	7,5	763
03.02.2002	Afyon	6.4	44
01.05.2003	Bingöl	6.4	176
02.07.2004	Ağrı	5.1	17

2. DEPREM YÖNETMELİĞN TARİHÇESİ

İran Deprem Yönetmeliği

İlk deprem yönetmeliği, 1 Eylül 1962 BUİN ZAHRA depreminden sonra,1964 de Bütçe ve Program Bakanlığı tarafından geçici yönetmelik olarak hazırlandı. Daha sonra Bayındırlık ve İskân Bakanlığında yönetmelik ve araştırma komitesi kurularak BİNALARIN DEPREME KARŞI GÜVENLİĞİ adı altında 1988 Eylül ayında bir yönetmelik yayınlandı. Bu yönetmelik ile üç kat üzeri veya 11 metreden yüksek binaların betonarme veya çelik yapı ile yapılması şartı getirildi. Bu yönetmelik binalar ve binaların deprem yüküne karşı hesabı olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır.

Bu çalışma 2005 de yayınlanan, 3' üncü revize deprem yönetmeliği ele alınmıştır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye 'de Cumhuriyetin kuruluşundan sonra Deprem zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmaları kapsayan ilk yasa 22 Temmuz 1944 tarihinde "Yersarsıntılarından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun " adı altında yürürlüğe girmiştir. 4623 sayılı bu yasa gereği Bayındırlık ve Milli Eğitim Bakanlıkları tarafından 1945 yılında ilk resmi "Yersarsıntıları Bölgeleri Haritası" ve buna paralel olarak ta " Deprem Yönetmeliği" hazırlanmıştır.

Türkiye'de 1950 yıllarından sonra 1962, 1968 ve 1975 yıllarında deprem yönetmelikleri yürürlüğe girmiş olup edinilen deneyimlerden 1997'de deprem yönetmeliği olarak değiştirilmiş ve bu yönetmelik 1998 yılında yürürlüğe girmiş, 2007 yılında bu yönetmeliğe bir bölüm eklenmiştir. Bu yönetmeliğin amacı, deprem bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi veya sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektedir.

3. YÖNETMELİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

3.1 Genel İlkeler

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğine göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarım sonucunda, binadan beklenen performans aşağıda açıklanmıştır:

- Hafif ve orta şiddetteki depremlerde, binada yapısal elemanlar herhangi bir hasar görmemelidir.
- Şiddetli depremlerde, en az can kaybı ile bina göçmemelidir.

Buna göre binalar beklenen performanslar aşağıda **Çizelge3.1** 'de gösterilmiştir.

Çizelge3.1 : Binadan Beklenen Performanslar.

Bina önem katsayısı	Tasarım Depremi	Servis Depremi
I=1,4	Bina önemli yapısal hasar görmeden hemen kullanılabilmelidir.	---
I=1,2	---	Bina kullanılabilir kalmalıdır.
I=1,0	---	Binanın yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanları en az hasarı görmelidir

İran Deprem Yönetmeliğinde iki tip deprem tanımlanmıştır.

- Şiddetli deprem (tasarım depremi): bu depremin oluşabilme olasılığı binanın 50 yıl ömrü boyunca %10'dan daha azdır.
- Hafif şiddetli ve Orta şiddetli deprem (servis depremi): bu depremin oluşabilme olasılığı binanın 50 yıl ömrü boyunca %99,5 den fazladır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Yönetmeliğine göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi:

- Hafif şiddetteki depremlerde, binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemelidir.
- Orta şiddetteki depremlerde, yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalmalıdır.
- Şiddetli depremlerde, can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlanmalıdır.

Çizelge 3.2'de, performans seviyeleri bina türü ve kullanım amacına göre tanımlanmıştır.

Çizelge3.2 : Binadan Beklenen Performanslar.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	**Deprem Etkisi**		
	Servis Depremi	**Tasarım Depremi**	**En Büyük Deprem**
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar (I=1,5)	--	HK	CG
İnsanların Uzun ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar (I=1,4)	HK	--	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar (I=1,2)	--	CG	GÖ
Tehlikeli Madde İçeren Binalar	--	HK	GÖ
Diğer Binalar (I=1,0)	--	CG	--

HK: Hemen Kullanım**, CG:** Can Güvenliği**, GÖ:** Göçme Önlenmesi

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde üç tip deprem tanımlanmıştır.

- Servis (kullanım) depremi: 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 75 yıldır.

- Tasarım depremi: 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 500 yıldır. Bu deprem 1998 Türk deprem yönetmeliğinde esas alınmaktadır.
- En büyük deprem: 50 yılda aşılma olasılığı % 2, dönüş periyodu yaklaşık 2500 yıl olan bir depremdir. Bu depremin etkisi tasarım depreminin yaklaşık 1.50 katıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde bina deprem performans seviyeleri, uygulanan deprem etkisi altında yapı sisteminde oluşması beklenen hasarın durumu ile ilişkili olup dört farklı hasar durumu için tanımlanmıştır.

Hemen Kullanım Performans Seviyesi: Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamalar görülebilir ancak bunlar onarılabilir düzeylerdedir.

Can Güvenliği Performans Seviyesi: Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür, ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlar hasarlı olmakla birlikte dolgu duvarlar yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir, ancak gözle fark edilebilir düzeyde değildir.

Göçmenin Önlendiği Performans Seviyesi: Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yükleri taşımak için yeterlidir, ancak bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur.

Göçme Durumu: Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyen elemanlar düşey yükleri taşıyabilmektedir; fakat rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddetteki bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir.

Karşılaştırma

Her iki deprem yönetmeliğinde ve hesaplarda göz önüne alınan tasarım depremi tanımı aynıdır.

Performans seviyelerin incelendiğinde İran Deprem Yönetmeliği performansları açık olarak belirlenmemiştir. Ancak her iki deprem yönetmeliğinde tasarım depremi için öngörülen şartlar karşılaştırılırsa

I=1,4 ve I=1,5 olan yapılar için aynıdır, hemen kullanım öngörülmüştür.

I=1,2 olan yapılar için İran Deprem Yönetmeliğin binanın kullanılabilir olması belirtilirken Türkiye Deprem Yönetmeliğinde can güvenliği performans seviyesi aranmaktadır.

I= 1,0 olan yapılar için her iki yönetmelikte aynı performans istenmektedir.(göçme olmaması.)

3.2. Düzensizlikler

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğine göre şekil bakımından binalar planda ve düşeyde, düzenli ve düzensiz olmak üzere iki guruba ayrılmaktadırlar.

a) Düzenli Binalar

a.1) Planda Düzenli Olmak

- Her katta, ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki uzaklık her iki dik doğrultuda, bina boyun %20' sini geçmemelidir.
- Her katta, en büyük göreli kat ötelemesi o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli kat ötelenmesinin %20'sini geçmemelidir.

- Her bir kattaki ani döşeme rijitliği değişimleri komşu katlarının %50'sini geçmemelidir ve döşemedeki boşluk alanların toplamı, döşeme brüt alanın %50' sinden fazla olmamalıdır.
- Yatay yüklerin zemine aktarıldığı yönde süreksizlik olmamalıdır.
- Bina planı, asal eksenlerine göre simetrik veya yaklaşık simetrik olmalıdır. Girinti çıkıntılar olduğu durumlarda, bina boyunun %25' ini geçmemelidir.

a.2) Düşey Doğrultuda Düzenli Olmak

- Katlar arasında kat ağırlık farkı %50 'den az olmalıdır. Bina yüksekliği boyuncu ağırlık dağılımı yaklaşık eşit olmalıdır.
- Her kattaki yanal rijitliğin bir üst kat yanal rijitliğin %70 den az veya üç kat üstündeki yanal rijitliğin ortalamasından %80 az olmamalıdır.(yumuşak kat olmamaktadır.)
- Hiçbir katta yanal dayanım bir üst kat dayanımının %80'den az olmamalıdır. Her kattaki yanal dayanım toplam etkili kesme alanına eşittir.(zayıf kat olmamaktadır.)

b) Düzensiz Binalar

a.1 ve a.2 bölümündeki maddeleri kapsamayan binalar Düzensiz binalar olarak nitelendirilir.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

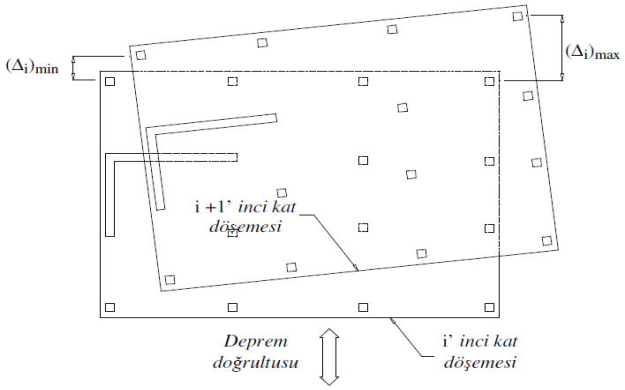
a) Düzensiz Binalar

a.1) Plan da Düzensizlikler

- Burulma Düzensizliği(A1):

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden burulma Düzensizliği Katsayısının 1,2'den büyük olması.

(Şekil3.1)



Şekil3.1: A1 Düzensizliği.

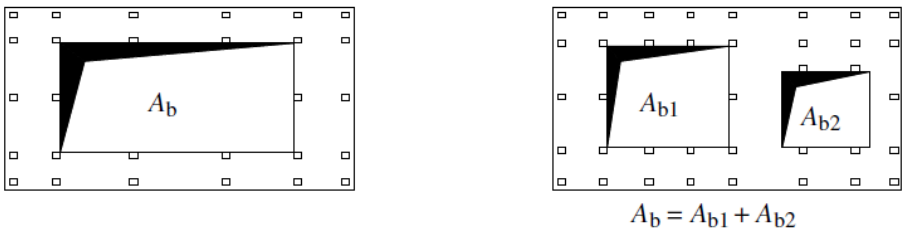
- Döşeme Süreksizlikleri(A2):

Herhangi bir kattaki döşemede,

-Merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu. **(Şekil3.2)**

-Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu. **(Şekil3.2)**

-Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu.**(Şekil3.2)**

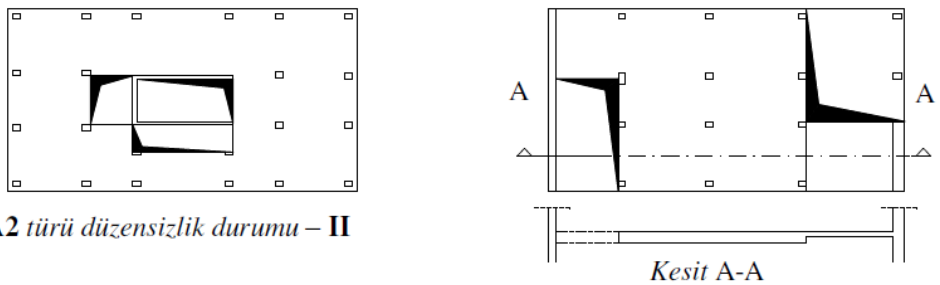


A2 *türü düzensizlik durumu* – **I**

$A_b / A > 1/3$

A_b : *Boşluk alanları toplamı*

A : *Brüt kat alanı*



A2 *türü düzensizlik durumu* – **II**

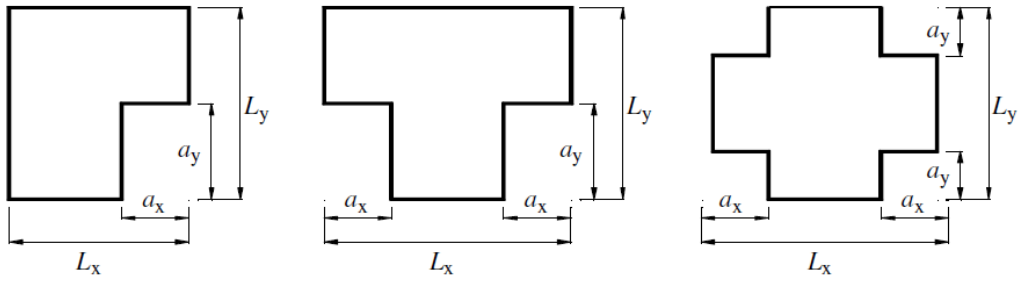
Kesit A-A

A2 *türü düzensizlik durumu* – **II** ve **III**

Şekil3.2: A2 Düzensizlikler.

- Planda Çıkıntılar Bulunması(A3):

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu. **(Şekil3.3)**



A3 *türü düzensizlik durumu:*
$a_x > 0.2\ L_x$ *ve aynı zamanda* $a_y > 0.2\ L_y$

Şekil3.3: A3 Düzensizlikler.

a.2) Düşey Doğrultuda Düzensizlikler

- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (B1):

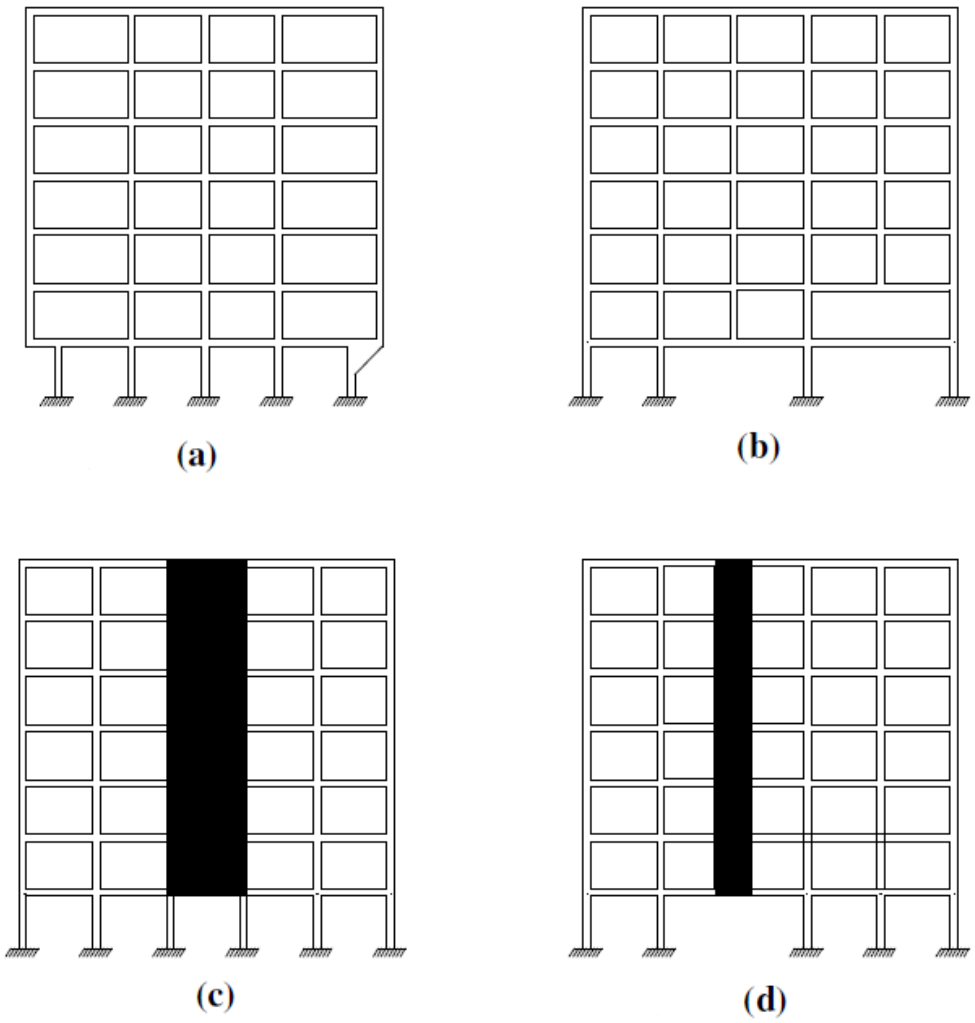
Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım Düzensizliği Katsayısı 0.80'den küçük olması durumu. (Zayıf Kat) **(Şekil3.4)**

- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (B2):

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı 2,0'den fazla olması durumu. (Yumuşak Kat) **(Şekil3.4)**

- Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği(B3):

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu. **(Şekil3.4)**



Şekil3.4: Düşey Doğrultudaki Düzensizlikler.

b) Düzenli Binalar

a.1 ve a.2 bölümündeki maddeleri kapsamayan binalar düzenli binalar olarak tanımlanmaktadır.

Karşılaştırma

Düzensizlik konusunda İran ve Türkiye deprem yönetmeliklerini karşılaştırdığımızda, aşağıdaki farklar görülmektedir:

İran Deprem Yönetmeliğinde döşeme toplam boşluk alanı brüt döşeme alanın oranı 0,50'den az olması istenirken Türkiye Deprem Yönetmeliğinde bu oran 0,33 dır. Bu durumda İran Deprem Yönetmeliği daha esnek davranmaktadır.

Döşeme rijitliğin ani azalmasında İran Deprem Yönetmeliğinde %50 sınırı tanımlanmıştır. Türkiye Deprem Yönetmeliğinde döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu planda düzensizlik olarak tanımlanmışsa da bir oran verilmemiştir.

Planda çıkıntılar göz önüne alındığında, İran Deprem Yönetmeliğinde planda çıkıntılardan dolayı tanımlanan düzensizlik katsayısı 0,25 alındığı halde Türkiye Deprem Yönetmeliğinde bu katsayı 0,20 dır. Bu durumda İran Deprem Yönetmeliği daha esnek davranmaktadır.

İran Deprem Yönetmeliğinde yumuşak kat

{ i'inci katın yanal rijitliği < [(i+1) 'inci katın yanal rijitliğin] %70

i'inci katın yanal rijitliği < [(i+1), (i+2)ve (i+3) 'üncü katların yanal rijitliği ortalamasının]%80

Yukarda verilen sınırlarlar tarif edilmektedir Türkiye Deprem Yönetmeliğinde ise rijitlik düzensizliğin katsayısı

$$\text{Rijitlik Düzensizliği Katsayısı} = \frac{\text{i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelenmesi}}{\text{(i+1)'inci veya (i-1)'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemsi}}$$

Olarak tarif edilmiş olup bu değerin 2'den fazla olması durumda yumuşak kat söz konusudur.

3.2 bölümde açıklanan diğer maddeler her iki yönetmelikte de birbirine yakındır.

3.3. Bina Önem Katsayısı

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğine göre binalar önem bakımından 4 gruba ayrılmaktadır, bu gruplar **Çizelge3.3 '**de verilmektedir.

Çizelge3.3: Bina Önemine Göre Gruplandırma.

Açıklama	**Bina Önem Katsayısı (I)**
1.ÇOK FAZLA ÖNEM TAŞIYAN BİNALAR (Bu gruptaki binaların depremden sonra kullanıla bilir olması çok önemlidir: Hastaneler, İtfaiye bina ve tesisleri, Enerji üretim ve dağılım tesisleri, Uçak kulesi, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, İlk yardım ve afet planlama istasyonları)	1.4
2.FAZLA ÖNEM TAŞIYAN BİNALAR (Depremde hasar görme durumunda fazla can kaybına sebep olan binalar: Okullar, Camiler, Stadyumlar, Sinemalar ve Gösteri merkezleri, Alışveriş merkezleri, sinema, tiyatro, ulaşım istasyonları ve 300 kişiden fazla insan barındıran kapalı mekânlar) (Depremde hasar görme durumunda milli sermaye kaybına sebep olan binalar: Müzeler, Kütüphaneler, Milli evrak ve senet depoları) (Depremde hasar görme durumunda yangına veya çevre kirliliğine sebep olan binalar: Yakıt santralleri ve depoları, Doğalgaz santralleri ve dağıtım istasyonları)	1.2
3.ORTA ÖNEM TAŞIYAN BİNALAR a,b ve c gruplarında yer almayan binalar(Konutlar, İş yerleri, Oteller, Bina türü endüstri yapılar)	1.0
4.AZ ÖNEM TAŞIYAN BİNALAR Hasar gördüğünde çok az can kaybına sebep olan binalar. (Tarım depoları vb) İki yıla kadar kullanmak üzere yapılmış geçici binalar.	0.8

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre binalar **Çizelge3.4** 'de verildiği gibi önem bakımından dört gruba ayrılmaktadır.

Çizelge3.4: Bina Önemine Göre Gruplandırma.

Açıklama	**Bina Önem Katsayısı (I)**
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) Toksin, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. Müzeler	1.4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

Kaşılaştırma

Bina önem katsayısı konusunda İran ve Türkiye deprem yönetmeliklerini karşılaştırdığında, aşağıdaki farklar görülmektedir:

- Gruplandırma ile ilgili:

Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki 1.grup da yer alan Patlayıcı maddelerin depolandığı bina türü yapılar İran yönetmeliğinde 2.grup da yani fazla önem taşıyan bina türlerinde yer almaktadırlar. Bunun dışında Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 1.grup da yer alan bina türleri İran yönetmeliğin 1.grup binalar aynıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 2.grup da yer alan bina türleri İran Deprem Yönetmeliğin 2.grup bina türlerine denktir.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 3.grup da yer alan bina türleri İran yönetmeliğin 2.grup bina türlerine denktir.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 4.grup da yer alan bina türleri İran Deprem Yönetmeliğin 3.grup bina türlerine denktir.

İran Deprem Yönetmeliğinde 4.grup bina türleri hakkında Türkiye Deprem Yönetmeliğinde herhangi bir gruplandırma mevcut değildir.

- Bina önem katsayısı ile ilgili:

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 1.grup da yer alan binaların, bina önem katsayısı, İran Deprem Yönetmeliğine göre %7 daha fazladır(1,5 dan 1.4e), ancak bu katsayı patlayıcı madde içeren bina türleri için karşılaştırdığında %25 daha fazladır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 2.grup da yer alan binaların, bina önem katsayısı, İran Deprem Yönetmeliğine göre %16,7 daha fazladır.(1,4 den 1,2)

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 3.grup da yer alan binaların, bina önem katsayısı, İran Deprem Yönetmeliği ile aynıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 4.grup da yer alan binaların, bina önem katsayısı, İran Deprem Yönetmeliğinde öngörülen 3.grup ile aynıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğin 1.grup ile İran Deprem Yönetmeliğin 1.grupta yer alan binalar aynı olup katsayısı Türkiye Deprem Yönetmeliği 1,5 iken İran Deprem Yönetmeliği 1,4 alınmıştır.(Türkiye Deprem Yönetmeliği %7 fazladır.)

3.4 Etkin Yer İvme Katsayısının Belirlenmesi

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğinde etkin yer ivme katsayısı(A) ,deprem bölgelerine göre aşağıdaki tabloda verilmiştir**,(Çizelge3.5)**

Çizelge3.5: Etkin Yer İvme Katsayısı.

Bölge	**Açıklama**	**A**
1	Çok fazla riskli bölge	0.35
2	Fazla riskli bölge	0.30
3	Orta riskli bölge	0.25
4	Az riskli bölge	0.20

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde etkin yer ivme katsayısı (Ao) ,deprem bölgelerine göre **Çizelge3.6** ‘da verilmiştir.

Çizelge3.6: Etkin Yer İvme Katsayısı.

Deprem Bölgesi	**Ao**
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Karşılaştırma

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6 **'**da görüldüğü gibi etkin yer ivme katsayısı için deprem bölgelerine göre Türkiye ve İran deprem yönetmeliklerinde farklı değerler verilmektedir. Bu değerleri karşılaştırıldığında,

1.deprem bölgesi için Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki etkin yer ivme katsayı değeri, İran Deprem Yönetmeliğindeki etkin yer ivme katsayı değerinden %14,3 daha fazla olduğu, halde 2.deprem bölgesi için bu değer aynıdır.

3.deprem bölgesi için Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki etkin yer ivme katsayı değeri, İran Deprem Yönetmeliğindeki etkin yer ivme katsayı değerinden %20 daha az,

4.deprem bölgesi için Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki etkin yer ivme katsayı değeri, İran Deprem Yönetmeliğindeki etkin yer ivme katsayı değerinden %50 daha az olduğu, görülmektedir.

3.5 Spektrum Katsayısı

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğine göre spektrum katsayı aşağıda verilen **Denk 3.1** 'den elde edilir. Ayrıca spektrum katsayısı deprem bölgelerine göre **Şekil 3.5** ve **Şekil 3.6** da verilen diyagramlardan elde edilebilir.

$$\begin{cases} B = 1+S(T/To) & 0 \le T \le To \\ B = S+1 & To \le T \le Ts \\ B = (S+1)(Ts/T)^{2/3} & T \ge Ts \end{cases}$$

Denk 3.1

Bu denklemde:

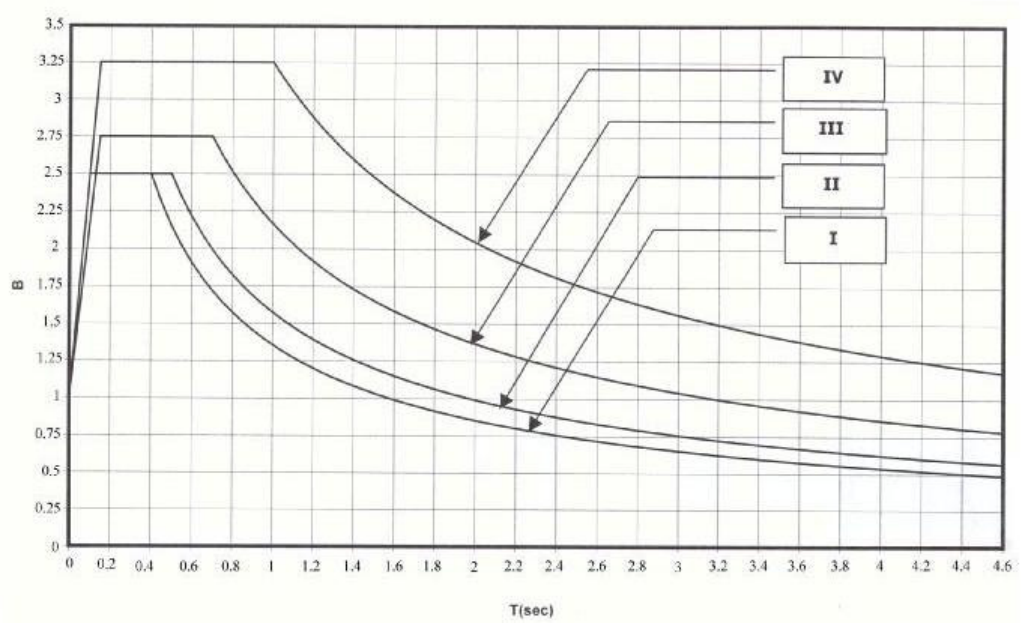
B: Spektrum katsayısı

S,To, Ts: Spektrum karakteristik katsayıları (zemin sınıfına ve deprem bölgesine bağlıdır.)

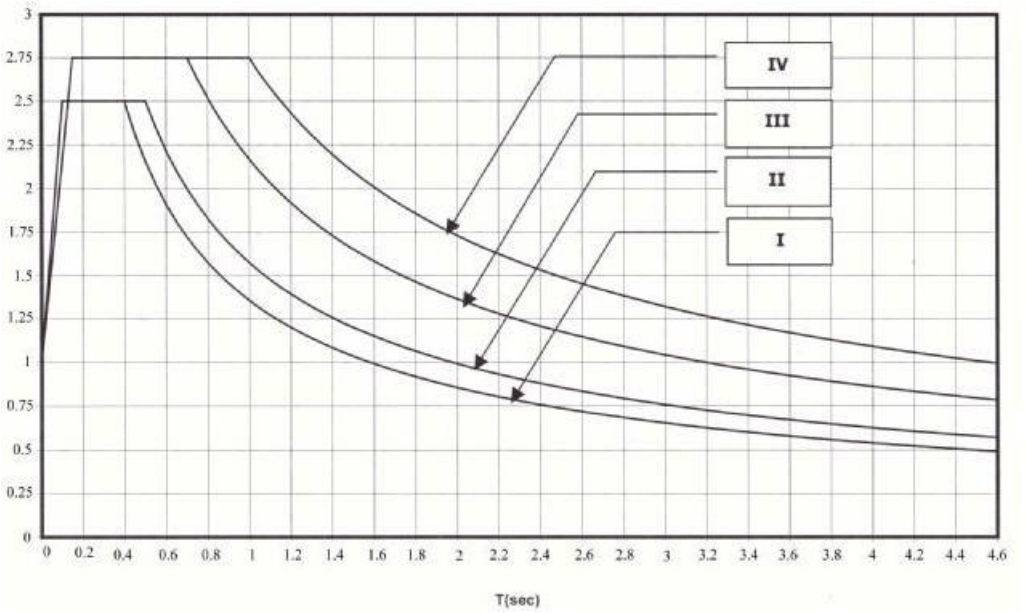
Spektrum karakteristik katsayıları **Çizelge3.7'**den elde edilir.

Çizelge3.7: Spektrum Karakteristik Katsayıları.

Zemin Sınıfı	To	Ts	Az ve Orta Riskli Bölge	Fazla ve Çok fazla Riskli Bölge
			S	S
I	0.1	0.4	1.5	1.5
II	0.1	0.5	1.5	1.5
III	0.15	0.7	1.75	1.75
IV	0.15	1.00	2.25	1.75



Şekil3.5: Çok Fazle ve Fazla Riskli Bölgeler için.



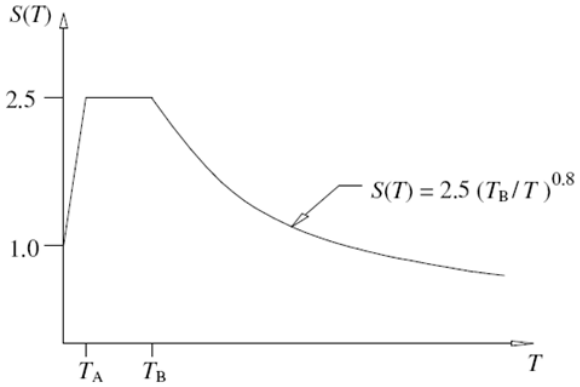
Şekil3.6: Orta ve Az Riskli Bölgeler için.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde Spektrum katsayısı, S(T), yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak **Denk3.2** 'ile hesaplanacaktır.(**Şekil3.7)**

$$\begin{cases} S(T) = 1 + 1{,}5\,(T / T_A) & (0 \le T \le T_A) \\ S(T) = 2{,}5 & (T_A \le T \le T_B) \\ S(T) = 2{,}5\,[T_B / T]^{0{,}8} & (T_B < T) \end{cases}$$

Denk3.2



Şekil3.7: Spektrum Katsayısı.

Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B, **Çizelge3.8**'de Yerel Zemin Sınıflarına bağlı olarak verilmiştir.

Çizelge3.8: Spektrum Karakteristik Peryotları.

Yerel Zemin Sınıfı	**T_A**	**T_B**
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

Karşılaştırma

İran Deprem Yönetmeliğinde Spektrum katsayısı, zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı olarak elde edilmektedir ancak bu katsayı Türkiye Deprem Yönetmeliğinde sadece yerel zemin sınıfına bağlıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde Spektrum katsayısı en fazla 2,5 değeri alabilirken bu değer İran Deprem Yönetmeliğinde 3,25'e kadar çıkabilmektedir.

Çizelge3.9'de spektrum katsayısı örnek olarak farklı peyotlarla, iki yönetmelikle hesaplanmıştır.

Çizelge3.9: Spektrum Katsayısı Örneği.

Zemin sınıfı / T	**İran Deprem Yönetmeliği**	**Türkiye Deprem Yönetmeliği**
I, Z_1 / T=0,35	B=2,5	S(T)=2,21
I , Z_1/ T=0,60	B=1,91	S(T)=1,43
IV, Z_4 / T=0,90	B=3,25	S(T)=2,5
IV, Z_4 / T=0,95	B=3,25	S(T)=2,39

3.6 Bina Doğal Titreşim Peryodu

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğinde, Bina Doğal Titreşim Periyodu, taşıyıcı sistem ve binanın yüksekliğini baz alarak, deneylerden elde edilen denklemlerden belirlenmektedir.

-Moment taşıyan çerçevelerden oluşan binalarda;

Dolgu Duvarların, çerçevedeki yer değiştirmelerinde bir etkisi olmadığı durumda:

Çelik Çerçevelerde……...$T = 0.08\ H^{3/4}$

Betonarme Çerçevelerde……..$T = 0.07\ H^{3/4}$

Dolgu Duvarların, çerçeve yerdeğişitirmelerine etkisi olduğu durumda, yukarda belirlenen T miktarının %80 alınmaktadır.

-Diğer tip taşıyıcı sistemi olan binalarda……...$T = 0.05\ H^{3/4}$

H: Binanın temelden yüksekliği (m) olup harpuşta var ise ve ağırlığı çatının %25 den fazla ise onun yüksekliği de ilave edilmelidir.

Bina Doğal Periyodu, **Denk3.3**' den de belirlenebilmektedir ancak deneylerden elde edilen denklemlerden çıkan değerin 1,25 den fazla olmaması gerekmektedir.

$$T = 2\pi\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} w_i \delta_i^2\right) \div \left(g\sum_{i=1}^{n} F_i \delta_i\right)} \qquad \textbf{Denk3.3}$$

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmelik de, E de er Deprem Yükü Yöntemi'nin uygulanması durumunda, binanın deprem do rultusundaki hakim do al periyodu, **Denk3.4** 'den hesaplanan de erden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i\, d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi}\, d_{fi}} \right)^{1/2} \qquad \textbf{Denk 3.4}$$

$\mathbf{m_i}$: Binanın i'inci katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)

$\mathbf{d_{fi}}$: Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdegistirme

$\mathbf{F_{fi}}$: Birinci dogal titresim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük

Karşılaştırma

Bina doğal periyodu, İran Deprem Yönetmeliğinde hem analiz yöntem ile ve hem de deneylerden elde edilen denklemlerden elde edilmektedir, ancak Türkiye Deprem Yönetmeliğinde bina doğal periyodunu sadece analiz yöntemlerden elde edilmektedir.

Bu durumda her iki yönetmelikte de rayleigh yöntemi ile yapılan hesap aynıdır.

3.7 Taşıyıcı Sistemin Davranış Katsayısı

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğinde bu katsayı taşıyıcı sistem türüne ve bina yüksekliğine göre **Çizelge 3.11** 'dan alınmaktadır.

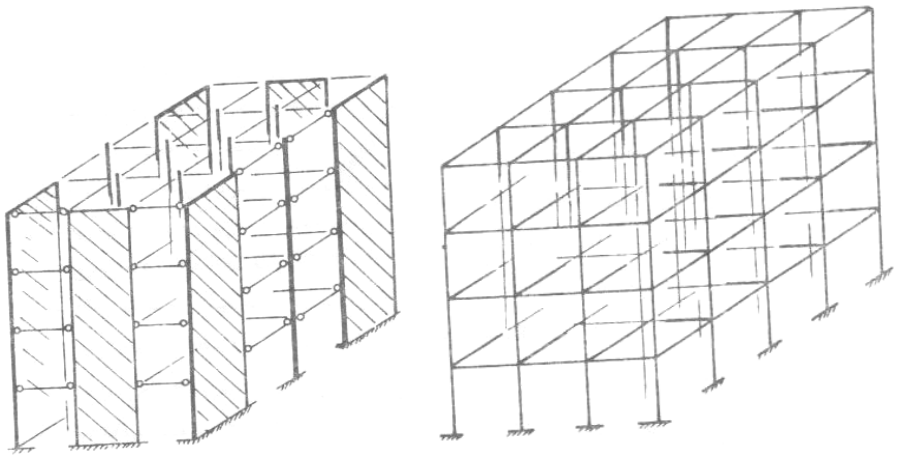
Bu çizelgede Yüksek, Orta ve Normal olarak belirlenmiş çerçeve sistemleri, süneklik düzeyi Yüksek, Orta ve Normal sistemler anlamında kullanılmıştır.

İran Deprem Yönetmeliğinde çok fazla risk taşıyan deprem bölgelerinde ve çok fazla önem taşıyan binalarda sadece süneklik düzeyi Yüksek sistemlerde kullanmasına şart koşulmuştur.

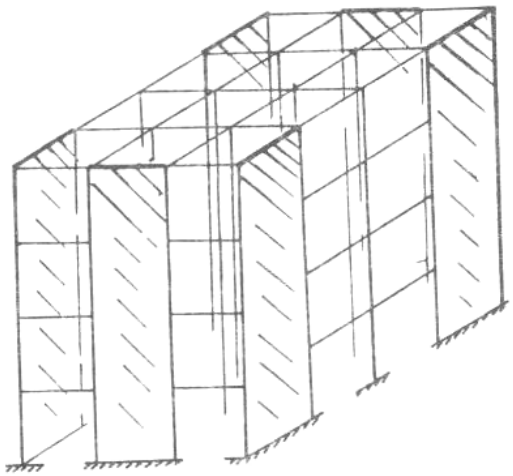
Ayrıca, bu yönetmelikte 15 kat ve üzeri veya 50 metre den yüksek binalarda süneklik düzeyi Yüksek taşıyıcı sistemlerin veya karma taşıyıcı sistemlerin kullanılmasına şartı mevcuttur.

Çizelge3.10: Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Sınıflandırılmas.

Taşıyıcı Sistem	**Düşey Yükü karşılayan Eleman**	**Yatay Yükleri Karşılayan Eleman**
Taşıyıcı Duvar	Taşıyıcı Duvarlar	Perde Duvarlar
Basit Çerçeveli(Şekil 3.8)	Mafsallı Birleşimli Çerçeveler	Perde Duvarlar
Moment Taşıyan Çerçeveli(Şekil 3.9)	Çerçeveler	Çerçeveler
Perdeli-Çerçeveli(Şekil 3.10)	Çerçeveler	Çerçeveler + Perde Duvarlar



Şekil3.8: İran Deprem Yönetmeliğine göre Basit Çerçeveli Sistem.



Şekil3.9: İran Deprem Yönetmeliğine göre Perdeli-Çerçeveli Sistem.

Çizelge3.11 ‘daki değerler sadece Emniyet Gerilmeler Yöntemi ile tasarlanmış binalarda kullanmalıdır.

Çizelge3.11: Taşıyıcı Sistemine göre Davranış Katsayısı.

Yapı Sistemi	Yatay Yüklere karşı Gelen Sistem	Süneklik Düzeyi	R	H_{max}
TAŞIYICI DUVAR SİSTEMİ	Betonarme Perde Duvarlar	Yüksek	7	50
		Orta	6	50
		Normal	5	30
BASİT ÇERÇEVE SİSTEMİ	Betonarme Çerçeveler	Yüksek	8	50
		Orta	7	50
		Normal	5	30
MOMENT TAŞIYAN ÇERÇEVE SİSTEMİ	Moment Taşıyan Betonarme Çerçeveler	Yüksek	10	150
		Orta	7	50
		Normal	4	-
KARMA SİSTEMLER	Moment Taşıyan Betonarme Çerçeve + Betonarme Perde Duvar	Yüksek	11	200
	Moment Taşıyan Betonarme Çerçeve + Betonarme Perde Duvar	Orta	8	70

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, Depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını göz önüne almak üzere, spektral ivme katsayısına göre bulunacak elastik deprem yükleri, aşağıda tanımlanan Deprem Yükü Azaltma Katsayısı’na bölünecektir.

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, çeşitli taşıyıcı sistemler için **Çizelge3.12** 'de tanımlanan Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R'ye ve doğal titreşim periyodu, T'ye bağlı olarak **(3.5)** ile belirlenecektir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R-1.5)\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le T \le T_A)$$
$$R_a(T) = R \qquad (T_A < T) \qquad \textbf{(3.5)}$$

Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde;

Taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlerin kullanılması zorunludur.

Bina Önem Katsayısı I = 1,5 ve I = 1,4 olan tüm binalarda süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler veya süneklik düzeyi bakımından karma taşıyıcı sistemler kullanılacaktır.

Çizelge3.12: Bina Taşıyıcı Sistemine göre Davranış Katsayısı.

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	**SÜNEKLİK DÜZEYİ NORMAL**	**SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK**
Yerinde Dökme Betonarme Binalar Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli(boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli(boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Karşılaştırma

İran Deprem Yönetmeliğinde taşıyıcı sistem davranış katsayısı taşıyıcı sistem türüne, Süneklik düzeyine ve bina yüksekliğine bağlıdır. Ancak Türkiye Deprem Yönetmeliğinde taşıyıcı sistem davranış katsayısı taşıyıcı sistem ve Süneklilik düzeyine bağlı olmakla birlikte bina doğal periyodu (T) ve spektrum karakteristik periyodu(T_A, T_B) ve dolayısıyla yerel zemin sınıf ile de bağlantılıdır.

3.8. Hesap Yöntemleri

İran Deprem Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğinde, deprem hesabı, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Dinamik Analiz Yöntemi(Mod Birleştirme – Zaman Tanım Alanında hesap) ile hesaplanmaktadır.

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi,

-Yüksekliği 50 m den az olan düzenli binalarda

-Yüksekliği 18 m den az olan veya 5kat ve altı düzensiz binalar

-Alt katların ortalama kat rijitliği en az üst katların 10 katı olan, binanın doğal periyodu üst kısımların doğal periyodundan %10 fazla olan ve binanın hem alt hem üst bölümü düzenli olan binalar

İçin kullanıla bilmektedir.

Taban kesme kuvveti İran Deprem Yönetmeliğinde **(3.6)** ve **(3.7)** 'den belirlenmektedir.

$$v = C.W \qquad (3.6)$$

$$C = (A.\ B.\ I\ )/\ R \qquad (3.7)$$

Bu Denklemlerde:

v: Taban kesme kuvveti

C: Deprem katsayısı

A: Etkin yer ivmesi katsayısı

B: Spektrum katsayısı

I: Bina önem katsayısı

R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

W: Binanın ağırlığı

(Toplam Sabit Yük + Sabit Tesisat Ağırlığı + **Çizelge 3.13** 'da verilen Hareketli yük ve Kar yükün yüzdesi)

Taban kesme kuvveti aynı zamanda 0.10(A.I.W) den az olmamalıdır.(v≤0,10 AIW)

Çizelge3.13: Hareketli Yük Yüzdesi.

Hareketli Yük	**Hareketli Yük Yüzdesi**
%20 ve üzeri meyilli çatılar	------
Düz ya da %20 den az meyilli çatılar	20
Konut Binaları, Kamu Binaları, Oteller ve Otoparklar	20
Hastaneler, Okullar, Alışveriş Merkezleri	40
Depolar ve Kütüphaneler	60
Su depoları veya benzer Depolar	100

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde deprem hesabı için ,Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri kullanılmaktadır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin uygula bileceği binalar **Çizelge3.14** 'de verilmektedir.

Çizelge3.14: Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Uygulabileceği Binalar.

Deprem Bölgesi	**Bina Türü**	**Toplam Yükseklik Sınırı**
1 ve 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ ko ulunu sa ladı ı binalar	$H_N \leq 25$ m
1 ve 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ ko ulunu sa ladı ı ve ayrıca B2 türü düzencili inin olmadı ı binalar	$H_N \leq 40$ m
3 ve 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

η_{bi}: i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizli i Katsayısı

H_N: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği

Karşılaştırma

Örnek olarak seçilen bir yapıya, depremden dolayı etkileyecek yatay Eşdeğer deprem Yükünü Iran ve Türkiye Deprem Yönetmeliği ile hesaplayarak karşılaştırmaktayız. Sayısal uygulamaya konu olan kat yüksekliği 3 metre ve toplam 4 katlı yapının, kullanım amacı konut olup deprem yüklerinin tamamının çerçeveler tarafından taşındığı, süneklik düzeyi yüksek yerinde dökme betonarme bir taşıyıcı sisteme sahip olduğu, yapının 1.derece deprem bölgesinde inşa edileceği, yapının oturduğu yerel zeminin sıkı kum-çakıldan oluştuğu kabul edilmektedir.

<u>Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre hesap:</u>

1.derece deprem bölgesi olduğundan dolayı→ Ao=0.40

Binanın kullanım amacına göre, Bina önem katsayısı→ I=1

Zemin gurubu ve spektrum karakteristik periyotları → Z_1,T_A=0.1s,T_B=0.3s

Bina doğal titreşim periyodu→ T=0.451s

Spektrum katsayısı($T > T_B$)→$S(T)=2,5(T/ T_B)^{0,8}$→ S(T)=1.804

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı→R=8

Deprem yükü azaltma katsayısı($T_A < T$)→ $R_a(T_1)$=R=8

Spektral ivme katsayısı [A(T)=AoIS(T)]→ A(T)=0,7216

Toplam Eşdeğer Deprem Yükü(taban kesme kuvveti)→ $V_t= WA(T_1)/R_a(T_1)$

$V_t= 0.09W$

Iran Deprem Yönetmeliğine göre hesap:

Çok fazla riskli deprem bölgesi olduğundan dolayı→ A=0.35

Bina önem katsayısı→ I=1

I.grup zemin sınıfı olduğundan dolayı, spektrum karakteristik periyotları→ To=0,1,Ts=0,4,S=1,5

Bina doğal titreşim periyodu→ T=0.451s

Spektrum katsayısı($T > T_s$)→$B=(S+1)(T_s/T)^{2/3}$→B=2.308

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı→R=8

Toplam Eşdeğer Deprem Yükü(taban kesme kuvveti)→ $V_t= W(ABI/R)$

$$V_t= 0.1W$$

Toplam Eşdeğer Deprem Yüklerini karşılaştırıldığında, Iran Deprem Yönetmeliğindeki değer %11 daha fazladır.

4. BETONARME BİNALAR İÇİN DEPREME DAYANIKLI TASARIM KURALLARI

Karşılaştırmanın bu bölümü İran Deprem Yönetmeliğinde olmadığı için İran Betonarme Yönetmeliğini ele alıp kıyaslama gerçekleştirilmiştir.
İran Betonarme Yönetmeliğinde, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde olduğu gibi süneklik düzeyi yüksek ve süneklik düzeyi normal olmak üzere iki grup için şartlar konulmuştur.

4.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

4.1.1 Enkesit koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran betonarme yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek basınç ve çekmeye maruz elemanlar için enkesit koşulları:

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutun 300mm ‘den az ve diğer boyutun 0,4’den az olmamalıdır.
- Eleman serbest boyu ve enkesit boyun oranı, iki uçta eğilme momentine maruz kalan elemanlarda 16’dan fazla ve konsol çalışan elemanlarda 10’dan fazla olmamalıdır.
- Kolon şartı: $N_u > 0{,}09\, f_c A_g$

$\mathbf{N_u}$: Eksenel kuvvet

$\mathbf{f_c}$: Betonun karakteristik basınç dayanımı

$\mathbf{A_g}$: Kolonun brüt enkesit alanı

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde süneklilik düzeyi yüksek kolonlar için enkesit koşulları:

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm'den ve enkesit alanı 75000mm^2 den daha az olmayacaktır. Dairesel kolonların çapı en az 300 mm olacaktır.
- Kolonun brüt enkesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm} / (0.50\ f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

N_{dm}: Eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü

A_c: Kolonun brüt enkesit alanı

f_{ck}: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı

- Eğilme ile zorlanan elemanlarda kolon olarak kabul edilme şartı:

  $N_d \geq 0{,}1\ A_c\ f_{ck}$

N_d: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet

A_c: Kolonun brüt enkesit alanı

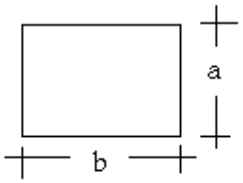
f_{ck}: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı

Karşılaştırma

İki yönetmelik karşılaştırıldığında, İran Betonarme Yönetmeliğine göre dikdörtgen kesitlerde minimum boyut 50mm daha fazladır. Ayrıca İran Betonarme Yönetmeliğinde ilave şartlar mevcuttur.

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre minimum enkesit boyutları 250mm*300mm iken İran Betonarme Yönetmeliğinde minimum kolon ebatları 300mm*300mm dır. **(Şekil4.1)**

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde kolonun serbest boyu ve enkesit boyun oranı ile ilgili herhangi bir şart mevcut değilken İran Betonarme Yönetmeliğinde ilave şart konulmuştur. Ancak bu şart l serbest boyunun 6,5 m yi aştığı durumda önem kazanmaktadır.



Şekil4.1: Kolon kesiti. (a≤ b)

Çizelge4.1: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Enkesit Karşılaştırması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$a \geq 250mm$ **ve** $(a.b) \geq 75000\ mm^2$	$a \geq 0.4b$ ve 300 mm
$N_d \geq 0{,}1\ A_c\ f_{ck}$	$N_u > 0.09\ f_c A_g$
----	-İki ucundaki eğilme momentin etkisinde iki yöne eğile bilir kolonlarda----------L/a≤16 -konsol çalışan kolonlarda ise----------L/a≤10

4.1.2 Boyuna donatı

İran Betonarme Yönetmeliği

İran yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek kolonlar için donatı koşulları:

- Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin, S400 çelik çubuğu kullanıldığında %1'inden az, %4,5'ünden fazla olmayacaktır. Diğer çelik sınıfları kullanıldığında ise %1'inden az, %6'ünden fazla olmayacaktır.
- Donatıların akstan aksa uzaklığı 200mm 'den fazla olmamalıdır.

İran Betonarme Yönetmeliğine göre, kolon boyuna donatıların bindirmeli eklerinin, kolon orta bölgesinde olmalıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek kolonlar için donatı koşulları:

- Kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin %1'inden az, %4'ünden fazla olmayacaktır.
- En az donatı, dikdörtgen kesitli kolonlarda 4Φ16 veya 6Φ14, dairesel kolonlarda ise 6Φ14 olacaktır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre kolon boyuna donatıların bindirmeli eklerinin mümkün olduğu kadar, kolon orta bölgesinde olmalıdır ve bu boy TS500 de verildiği kenetlenme boyuna l_b ye eşit olmalıdır.

Karşılaştırma

İran Betonarme Yönetmeliğinde, kolonlarda boyuna donatı brüt alanı kesitin S400 dışındaki beton çelikleri için %6 kadar sınır tanılmışken bu sınır Türkiye Deprem Yönetmeliğinde %4'e kadardır.

Boyuna donatılar ile ilgili iki yönetmeliği karşılaştırdığımızda, donatı alanın yüzdesi birbirine çok yakındır.

Çizelge4.2: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Karşılaştırılması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
%1 ≤ Donatı brüt alanı ≤ % 4	%1 ≤ S400 donatı brüt alanı ≤ % 4,5
%1 ≤ Bindirmeli ek yapılan kesitlerde, donatı brüt alanı ≤ % 6	%1 ≤ diğer sınıf donatı brüt alanı ≤ % 6

4.1.3 Enine donatı

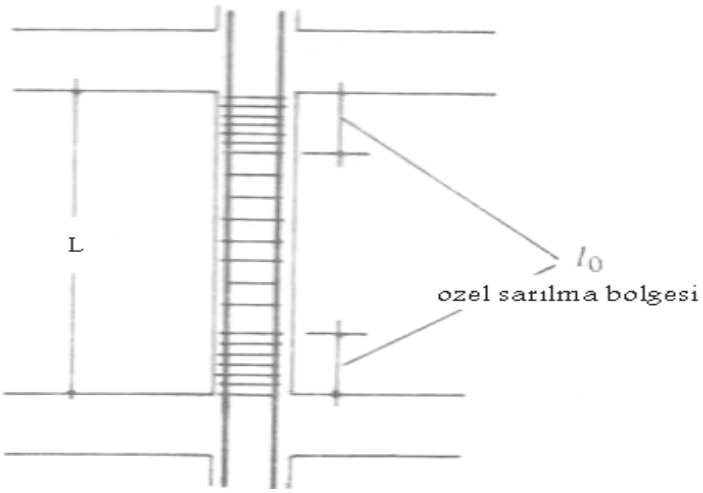
İran Betonarme Yönetmeliği

İran betonarme yönetmeliğine göre her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulacaktır.

Sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, kolon kesitinin büyük boyutundan (dairesel kesitlerde kolon çapından), kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından ve 450 mm' den az olmayacaktır.**(Şekil4.2)**

Özel sarılma bölgelerinde Φ8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır.

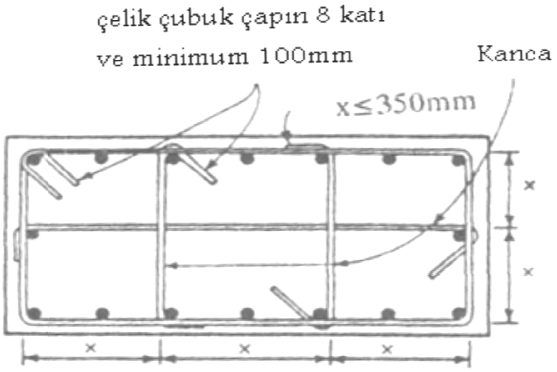
Özel sarılma bölgelerinde**,** boyuna doğrultudaki etriye ve çiroz aralığı en küçük enkesit boyutunun 1/4'ünden, en küçük boyuna donatı çapının 8 katından ve 125 mm' den daha fazla olmamalıdır.



Şekil4.2: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar Enine Donatı.

l_0:özel sarılma bölgesi

Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, x, 350mm'den fazla olmayacaktır. **(Sekil 4.3)**



Şekil4.3: Kolon sarılma bölgelerindeki enine donatı. (x≤350 mm)

Kolon sarılma bölgelerin dı ında kalan bölgeler için, Φ8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den ve minimum boyuna donatı çapın 6 katından daha fazla olmayacaktır.

Dikdörtge kesitli kolonlarda sarılma bölgelerinde minimum toplam enine donatı alanı**,(4.1)**'den verilen koşullarin elverişsiz olanın sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

$$A_{sh} \geq 0{,}30 s h_c [(A_g/A_{ch})-1](f_c/f_{yh}) \qquad \textbf{(4.1)}$$

$$A_{sh} \geq 0{,}09 s h_c (fc/f_{yh})$$

A_{sh}: s eninedonatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerinin göz önüne alınan h_c'ya dik doğrultudaki izdüşüülerinin toplamı

s: Enine donatı aralıgı, spiral donatı adımı

h_c: Birbirine dik yatay dogrultuların her biri için, kolon uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu

A_g: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı

A_{ch}: Sargı donatısının dısından dısına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

f_c: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı

f_{yh}: Enine donatının karakteristik akma dayanımı

Spiral donatılı dairesel kesitli kolonlarda sarılma bölgelerindeki enine donatının minimum hacimsal oranı, **(4.2)**'deki koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

$$\rho_s \geq 0{,}45\ [(A_g/A_c)-1](f_c/f_{yh}) \qquad \textbf{(4.2)}$$

$$\rho_s \geq 0{,}12\ (fc/f_{yh})$$

$$\rho_s = (4a_s/sD_c)$$

ρ_s: Kolonda spiral donatının hacimsal oranı

a_s: Spiral donatının enkesit alanı

D_c: Spiral donatı eksenleri arasındaki uzaklık

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre, her bir kolonun alt ve üst uçlarında özel sarılma bölgeleri oluşturulacaktır.

Sarılma bölgelerinin her birinin uzunluğu, döşeme üst kotundan yukarıya doğru veya kolona bağlanan en derin kirişin alt yüzünden başlayarak aşağıya doğru ölçülmek üzere, kolon kesitinin büyük boyutundan (dairesel kesitlerde kolon çapından), kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından ve 500 mm'den az olmayacaktır.

Sarılma bölgelerinde Φ8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Bu bölgede, boyuna doğrultudaki etriye ve çiroz aralığı en küçük enkesit boyutunun 1/3'ünden ve 100 mm'den daha fazla, 50 mm'den daha az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, *a*, etriye çapının 20 katından fazla olmayacaktır. Sürekli dairesel spirallerin adımı, göbek çapının 1/5'inden ve 80 mm'den fazla olmayacaktır.

Kolon orta bölgesinde ∅8'den küçük çaplı enine donatı kullanılmayacaktır. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den daha fazla olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, *a*, etriye çapının 20 katından daha fazla olmayacaktır. **(Sekil 4.9)**

Etriyeli kolonlarda N_d>0,20 $A_c f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerinde minimum toplam enine donatı alanı**,(4.3)**'den verilen koşullarin elverişsiz olanın sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

$$A_{sh} \geq 0{,}30 s b_k [(A_c/A_{ck})-1](f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \textbf{(4.3)}$$

$$A_{sh} \geq 0{,}075 sbk(fck/f_{ywk})$$

A_{sh}: s eninedonatı aralığına karşı gelen yükseklik boyunca, kolonda uç bölgesindeki tüm etriye kollarının ve çirozların enkesit alanı değerinin göz önüne alınan bk'ya dik doğrultudaki izdüşüülerinin toplamı

s: Enine donatı aralıgı, spiral donatı adımı

b_k: Birbirine dik yatay dogrultuların her biri için, kolon uç bölgesi çekirdeğinin enkesit boyutu

A_c: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı

A_{ck}: Sargı donatısının dısından dısına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı

f_{ck}: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı

f_{ywk}: Enine donatının karakteristik akma dayanımı

Spiral donatılı kolonlarda $N_d>0,20\ A_c f_{ck}$ olması durumunda sarılma bölgelerindeki enine donatının minimum hacimsal oranı, **(4.4)**'deki koşulların elverişsiz olanını sağlayacak şekilde hesaplanacaktır.

$$\rho_s \geq 0,45\ [(A_c/A_{ck})-1](f_{ck}/f_{ywk}) \qquad \textbf{(4.4)}$$

$$\rho_s \geq 0,12\ (fck/f_{ywk})$$

$\rho_s=(4A_{os}/sD_s)$

ρ_s: Kolonda spiral donatının hacimsal oranı

A_{os}: Spiral donatının enkesit alanı

Ds: Spiral donatı eksenleri arasındaki uzaklık

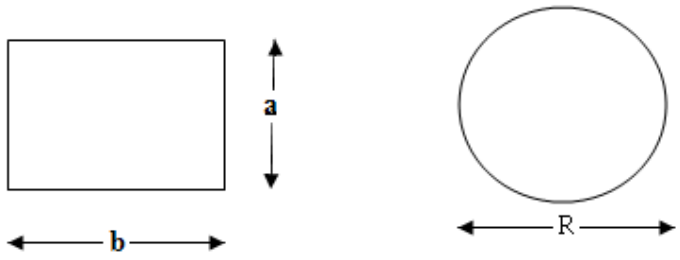
Karşılaştırma

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde etriye kollarının ve /veya çirozlar arasındaki yatay uzaklık etriye çapına göre seçilirken($a\leq 20\Phi$), İran Deprem Yönetmeliğinde bu uzaklık 350mm ile sınırlandırılmıştır. Etriye çapına bağlı değildir.

Örnek:

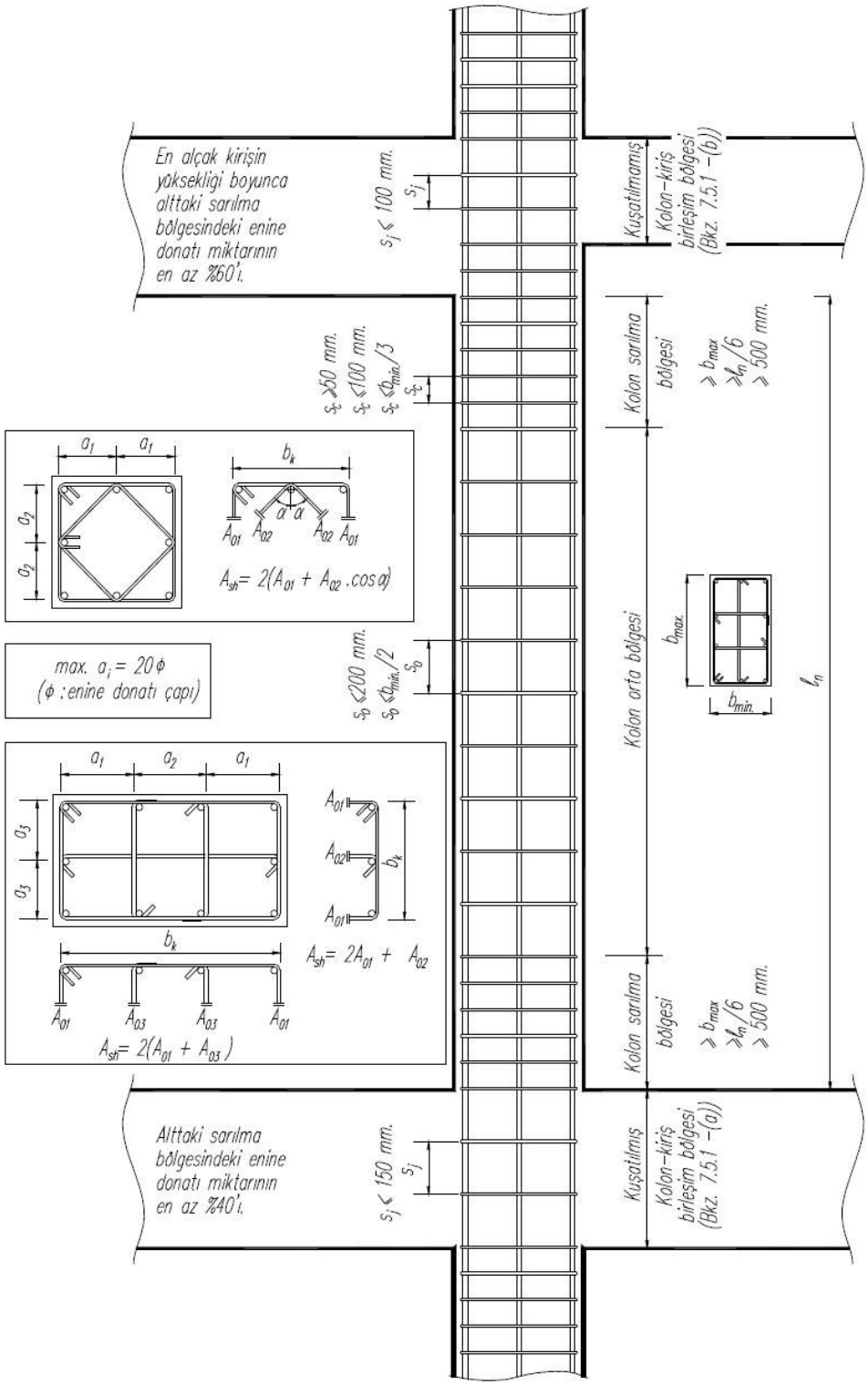
Φ=8mm→a=160mm

Kolon sarılma bölgesi sınırları iki yönetmelikte birbirine çok yakındır.



Şekil4.4: Kolon Kesiti. (a≤b)

Karşılaştırmalar daha net görülmesi için **Çizelge4.3, Çizelge4.4** ve **Çizelge4.5 Çizelge4.6**' de özetlenmiştir.



Şekil4.5: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Donatı Düzenlenmesi.

Çizelge4.3: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonların Karşılaştırılması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$l_0 \geq L/6$	$l_0 \geq L/6$
$l_0 \geq (b,R)$	$l_0 \geq (b,R)$
$l_0 \geq 500mm$	$l_0 \geq 450mm$

Çizelge4.4: Sarılma Bölgesindeki Enine Donatıların Aralı ı.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$s \leq 100$ mm	$s \leq 125mm$
$s \geq 50$ mm	Minimum boyuna donatı çapın 8 katı
$s \leq a/3$	$s \leq a/4$

Çizelge4.5: Sarılma Bölgenin dı ında kalan bölgede Enine Donatıların Aralı ı.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$s \leq 200$ mm	$s \leq 200$ mm
----	Minimum boyuna donatı çapın 6 katı
$s \leq a/2$	$s \leq a/2, R/2$

Çizelge4.6: Dikdörtgen ve Dairesel kesitli kolonların Donatı Oranı.

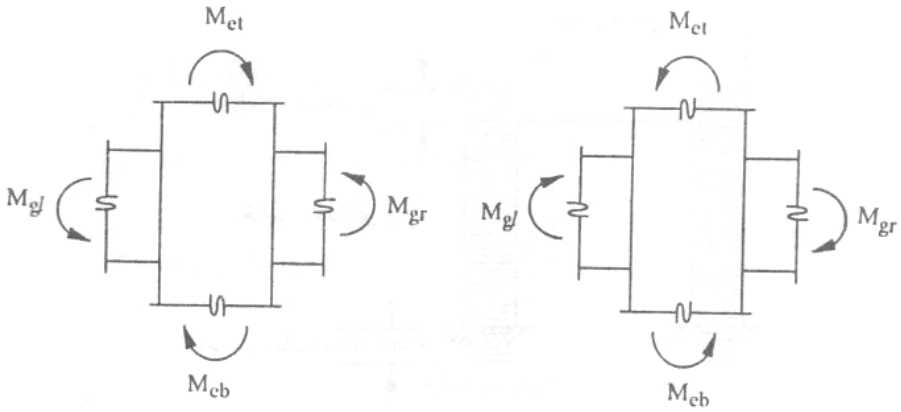
Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$A_{sh} \geq 0,30 s b_k [(A_c/A_{ck})-1](f_{ck}/f_{ywk})$	$A_{sh} \geq 0,30 s h_c [(A_g/A_{ch})-1](f_c/f_{yh})$
$A_{sh} \geq 0,075 s b_k (fck/f_{ywk})$	$A_{sh} \geq 0,09 s h_c (fc/f_{yh})$
$\rho_s \geq 0,45 [(A_c/A_{ck})-1](f_{ck}/f_{ywk})$	$\rho_s \geq 0,45 [(A_g/A_c)-1](f_c/f_{yh})$
$\rho_s \geq 0,12 (fck/f_{ywk})$	$\rho_s \geq 0,12 (fc/f_{yh})$

4.1.4 Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, aynı düğüm noktasına birleşen kolon kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olmalıdır şartı konulmuştur.

$$M_{et} + M_{eb} \geq 1{,}2\ (M_{gl} + M_{gr}) \qquad \textbf{(4.5)}$$



Şekil4.6: Pekleşmeli Momentler.

M_{et}: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucundaki taşıma gücü momenti

M_{eb}: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucundaki taşıma gücü momenti

M_{gl}: Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde taşıma gücü momenti

M_{gr}: Kirişin sağ ucu i'deki kolon yüzünde taşıma gücü momenti

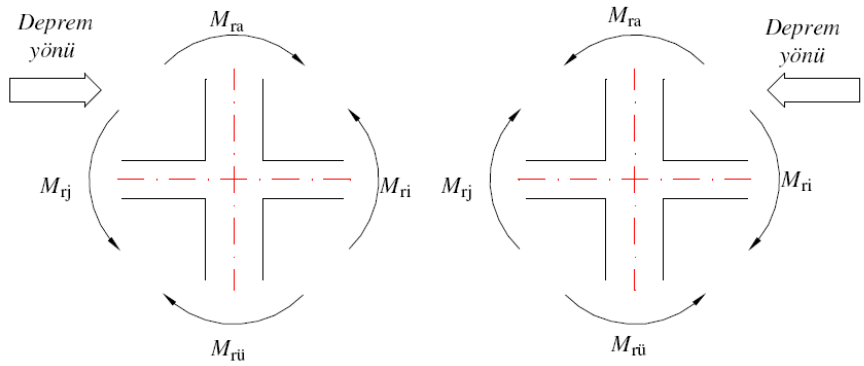
Ancak, herhangi bir kattaki kolon sayısı 4den fazla ise, her dört kolondan biri yukarda ki koşulu sağlamaya bilir.

Tek veya çift katlı çerçevelerdeki kolonlar ve çok katlı çerçevelerin son kattaki kolonlarda bu koşu sağlanmadığı durumda, kolon boyunca özel enine donatılarla sarılması gerekmektedir.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır.

$$(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1{,}2 (M_{ri} + M_{rj}) \qquad \textbf{(4.6)}$$



Şekil4.7: Pekleşmeli Momentler.

M_{ra}: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucundaki taşıma gücü momenti

$M_{rü}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucundaki taşıma gücü momenti

M_{ri}: Kirişin sol ucu i'deki kolon yüzünde taşıma gücü momenti

M_{rj}: Kirişin sağ ucu i'deki kolon yüzünde taşıma gücü momenti

(4.5)'de her bir deprem doğrultusunda ve depremin her iki yönü için elverişsiz sonuç verevek şekilde ayrı ayrı uygulanacaktır.

Ancak, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde aşağıda belirlenmiş olduğu durumlarda **(4.6)** sağlanmamasına izin verilmiştir:

-Düğüm noktasında birleşen kolonların her ikisinde de $N_d \leq 0{,}10\ A_c f_{ck}$ olması durumunda (N_d: momentleri en küçük yapan eksenel kuvveti)

-Tek katlı binalarda ve çok katlı binaların kolonları üset katta devam etmeyen düğüm noktalarında

-Kirişlerin saplandığı perdenin zayıf doğrultuda kolon gibi çalışmas durumunda

Karşılaştırma

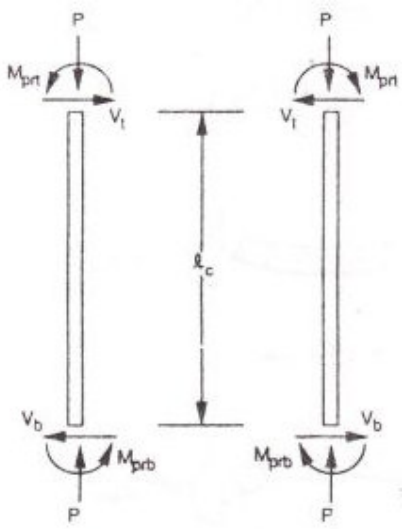
Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, kolonların kirişlerden daha güçlü olması içi verilen koşu İran Betonarme Yönetmeliği ile aynıdır.

Ancak, İran Betonarme Yönetmeliğinde bu koşulu sağlanmadığı durumlar için, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde verildiği $\alpha_i=V_{is}/V_{ik} \geq 0{,}70$, herhangi bir ikinci koşulu verilmemiştir.

4.1.5 Kolonların kesme güvenliği

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde, Süneklik düzeyi yüksek kolonların enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti $v_l=v_b(M_{pt}+M_{pb})/L_n$, bağıntıdan hesaplanmaktadır. Hesaplanan kesme kuvveti, kolon kesitin kesme dayanımından fazla olmayacaktır.



$$v_l = v_b = \frac{M_{prt} + M_{prb}}{l_c}$$

$$v_l = v_b \leq V_r$$

Şekil4.8: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar için kesme Kuvveti.

V_l, V_b: Kolon enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti

V_r: Kolon kesitinin kesme dayanımı

M_{pb}: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda hesaplanan moment kapasitesi

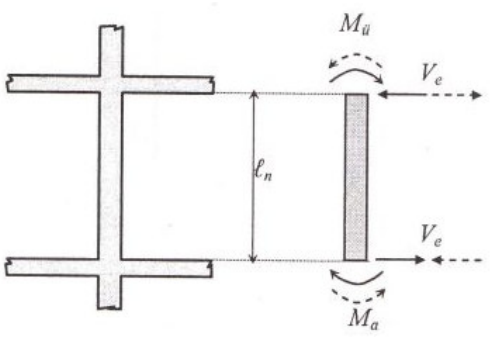
M_{pb}: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda hesaplanan moment kapasitesi

l_n: Kolon Boyu

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, Süneklik düzeyi yüksek kolonların enine donatı hesabına esas alınacak kesme kuvveti $V_e = (M_a+M_ü) / L_n$, bağıntıdan hesaplanmaktadır. Hesaplanan kesme kuvveti (V_e), aşağıda verilen koşulu sağlamalıdır.

$V_e \leq 0{,}22\ A_w\ f_{cd}$, koşulu sağlanmadığı durumunda kesit boyutları gereği kadar büyültülerek deprem hsebaı tekrarlanacaktır.



$$V_e = (M_a+M_ü) / L_n$$

$$\begin{cases} V_e \leq V_r \\ V_e \leq 0{,}22\ A_w\ f_{cd} \end{cases}$$

Şekil4.9: Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar İçin Kesme Kuvveti.

V_e: Kolon enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti

V_r: Kolon kesitinin kesme dayanımı

M_a: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

$M_ü$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin hesabında esas alınan moment

A_w: Kolon enkesiti etkin gövde alanı
f_{cd}: Betonun tasarım basınç dayanımı

M_a ve $M_ü$ 'nün hesaplanması için aşağıda belirtilen iki yoldan biri izlenecektir:

1- Yapının göçme mekanizmasında plastik mafsaların kolonlar yerinde, kirişlerde oluşması durumu, yani $(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1{,}2 (M_{ri} + M_{rj})$ Sağlandığı durumunda:

Bu denklemin sağlandığı düğüm noktasına birleşen kirişlerin uçlarındaki moment kapasitelerinin toplamı hesaplanacaktır.

$$\Sigma M_p = M_{pi} + M_{pj}$$

ΣM_p: Düğüm noktasına birleşen kirişlerin moment kapasitelerin toplamı

M_{pi}: Kirisin sol ucu i' deki kolon yüzünde f_{ck}, f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi

M_{pj}: Kirisin sağ ucu i' deki kolon yüzünde f_{ck}, f_{yk} çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan pozitif veya negatif moment kapasitesi

Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda, $M_{pi} \approx 1{,}4\ M_{ri}$ ve $M_{pj} \approx 1{,}4\ M_{rJ}$ olarak alınabilir.

2- Yapının göçme mekanizmasında plastik mafsaların kolonlarda oluşması durumu, yani $(M_{ra} + M_{rü}) \geq 1{,}2\ (M_{ri} + M_{rj})$ Sağlanmadığı durumda:

Bu denklemin sağlanmadığı düğüm noktasına birleşen kolonların uçlarındaki momentler, kolonların moment kapasiteleri olarak hesaplanacaktır.

$$\Sigma M_p = M_{pa} + M_{pü}$$

ΣM_p: Düğüm noktasına birleşen kirişlerin moment kapasitelerin toplamı

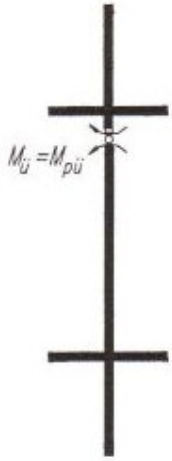
M_{pa}: Kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{ck}, f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi

$M_{pü}$: Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{ck}, f_{yk} ve çeliğin pekleşmesi göz önüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi

Daha kesin hesap yapılmadığı durumlarda, $M_{Pa} \approx 1{,}4\ M_{ra}$ ve $M_{Pü} \approx 1{,}4\ M_{rü}$ olarak alınabilir.

$M_ü$ ve M_a hesapları daha net bir şekilde **Çizelge4.7** verilmektedir.

Çizelge4.7: $M_ü$ ve M_a nın Hesabı.

$(M_{ra}+M_{rü}) \geq 1{,}2(M_{ri}+M_{rj})$		$(M_{ra}+M_{rü}) < 1{,}2(M_{ri}+M_{rj})$	
$M_ü$	M_a	$M_ü$	M_a
			
$\Sigma M_p = M_{pi} + M_{pj}$ $M_ü = \frac{M_{hü(i)} \quad \Sigma M_p}{M_{hü(i)} + M_{ha(i+1)}}$	$\Sigma M_p = M_{pi} + M_{pj}$ $M_a = \frac{M_{ha(i)} \quad \Sigma M_p}{M_{ha(i)} + M_{hü(i-1)}}$	$M_ü = M_{pü}$	$M_a = M_{pa}$

$M_{hü}$: i'inci kat kolonu üst ucunda bulunan moment

M_{ha}: i'inci kat kolonu alt ucunda bulunan moment

Karşılaştırma

Her iki yönetmelikte kolon kesme güvenliği için aynı yöntemler verilmiştir.verilen şartlar aynıdır.

Ancak, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, kesme kuvveti için $V_e \leq 0{,}22\ A_w\ f_{cd}$ koşulu İran Betonarme yönetmeliğinde mevcut değildir.

4.2 Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler

4.2.1 Enkesit koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek eğilmeye maruz elmanlar için enkesit koşulları:

- Kiriş gövde genişliği,

-En az 250 mm olacaktır.

-Kiriş yüksekliğin 3/4'ü ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

-Kiriş yüksekliğin 0,3' dan az olmamalıdır.

-Kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliği ile buna dik diğer kolon genişliğin 1/4'ün toplamını geçmeyecektir.

- Kiriş yüksekliği,

-Serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olmamalıdır.

- $N_u \leq 0.09 f_c A_g$

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek kirişler için enkesit koşulları:

- Kiriş gövde genişliği,

-En az 250 mm olacaktır.

-Kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

- Kiriş yüksekliği,

-Serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olmalı

-Döşeme kalınlığının 3 katından daha az olmayacaktır.

-300 mm' den daha az olmayacaktır.

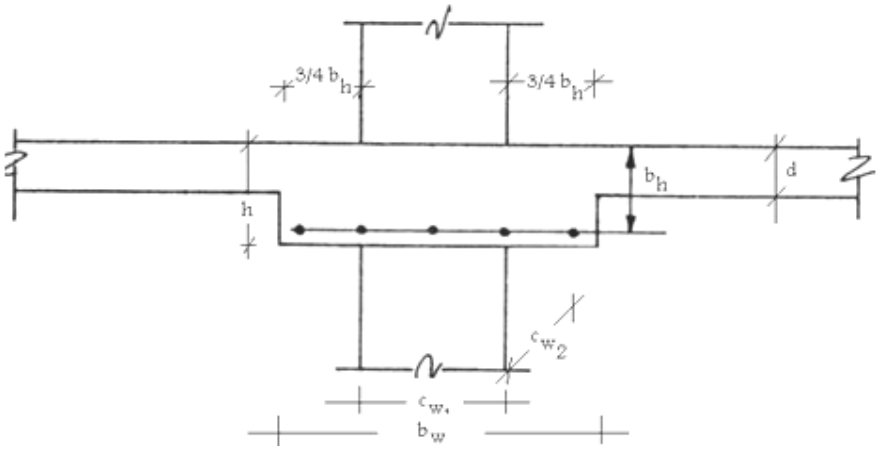
-Kiriş gövde genişliğinin 3,5 katından daha fazla olmayacaktır.

- Kiriş olarak boyutlandırılıp donatılacak taşıyıcı sistem elemanlarında, tasarım eksenel basınç kuvvetinin $N_d \leq 0.1 A_c f_{ck}$ koşulunu sağlaması zorunludur.

Karşılaştırma

Süneklik düzeyi yüksek kirişler için iki yönetmelikteki değerler birbirine çok yakındır. Ancak İran Betonarme Yönetmeliğinde kiriş yüksekliği için minimum yükseklik belirtmemişken Türkiye Deprem Yönetmeliğinde 300mm den az olmama şartı mevcuttur. Türkiye Deprem Yönetmeliğinde kiriş gövde genişliği, kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamına geçmeyecek koşulu İran Betonarme Yönetmeliğinde kiriş yüksekliğin ¾ ile verilmiştir.(**Şekil 4.10**)

Bu koşullar karşılaştığında, İran Betonarme Yönetmeliğinde kiriş genişliği daha az seçilmektedir. Ayrıca İran Betonarme Yönetmeliğinde faydalı yükseklik için koşulan şartların Türkiye Deprem Yönetmeliğinde kiriş yüksekliği için olduğu göz önüne alındığında İran Betonarme Yönetmeliğinde kiriş yüksekliği daha fazla alınabilmektedir.



Şekil4.10: Kiriş-Kolon Birleşimi.

b_h: Kiriş faydalı yüksekliği

b_w: Kiriş genişliği

h:Kirişi yüksekliği

d:Döşeme kalınlığı

c_{w1}, c_{w2}: Kolon boyutu

Çizelge4.8: Süneklik Düzeyi Yüksek kirişlerin Enkesit Karşılaştırması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$b_w \geq 250mm$	$b_w \geq 250mm$
$b_w \leq (h + c_{w1})$	$b_w \leq (3/4\ b_h + 3/4\ b_h + c_{w1}) = 1{,}5\ b_h + c_{w1}$
---	$b_w \leq (1/4\ c_{w2} + 1/4\ c_{w2} + c_{w1}) = 0{,}5\ c_{w2} + c_{w1}$
$h \leq 3{,}5\ b_w$	$b_h \leq 3.33\ b_w$
$h \geq$ (3d ve 300mm)	----
$h \leq ¼\ L$	$b_h \leq ¼\ L$

4.2.2 Boyuna donatı

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek kirişler için donatı koşulları:

- Kiriş boyunca bütün kesitlerde, Kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının oranı $\frac{0{,}25\sqrt{f_c}}{f_y}$ ve $\frac{1{,}4}{f_y}$ 'dan az olmamalıdır.
- Boyuna donatıların çapı 12 mm' den az olmayacaktır. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunacaktır.
- Kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50'sinden daha az olamaz.
- Alt ve üst donatıların %75'i kolon çekirdeğinden geçip veya onun içinde kenetlenmesi gereklidir.
- Kiriş sarılma bölgeleri, kolon-kiriş birleşim bölgeleri ve plastik mafsal oluşa bilecek bölgelerde, bindirmeli ek yapılmayacaktır.
- Bindirmeli ek boyunca, enine donatıların aralıkları kiriş derinliğinin 1/4'ünü ve 100 mm' i aşmayacaktır.
- Kirişin iki ucundaki mesnet üst donatılarının büyük olanının en az 1/4'ü tüm kiriş boyunca sürekli olarak devam ettirilecektir.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek kirişler için donatı koşulları:

- Kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının minimum oranı için **(4.7)**' de verilen koşula uyulacaktır.

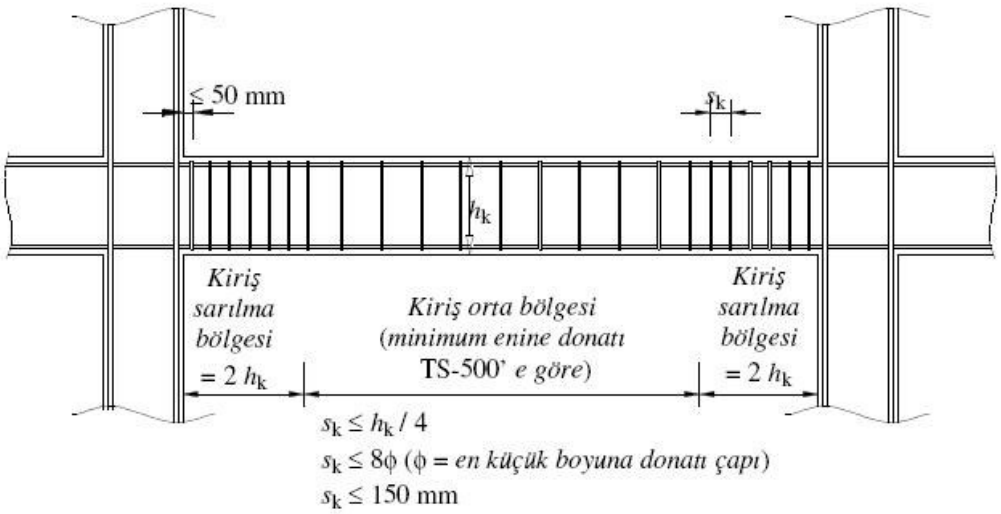
$$\rho \geq 0.8\, f_{ctd} / f_{yd} \qquad \textbf{(4.7)}$$

ρ : Kiris mesnedinde üstteki veya alttaki çekme donatısı oranı

$\mathbf{f_{ctd}}$: Betonun tasarım çekme dayanımı

$\mathbf{f_{yd}}$: Boyuna donatının tasarım akma dayanımı

- Boyuna donatıların çapı 12 mm' den az olmayacaktır. Kirişin alt ve üstünde en az iki donatı çubuğu, kiriş açıklığı boyunca sürekli olarak bulunacaktır.
- Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki taşıyıcı sistemlerde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50'sinden daha az olamaz. Ancak, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde bu oran %30'a indirilebilir.
- Kiriş yüksekliği, serbest açıklığın 1/4 'ünden daha fazla olduğu durumlarda, kiriş gövdesinin her iki yüzüne, kiriş yüksekliği boyunca gövde donatısı konulacaktır. Toplam gövde donatısı alanı, sağ veya sol mesnet kesitlerinde üst ve alt boyuna donatı alanları toplamının en büyüğünün %30'undan daha az olmayacaktır. Gövde donatısı çapı 12 mm' den az, aralığı ise 300 mm' den fazla olmayacaktır.
- Kirişin iki ucundaki mesnet üst donatılarının büyük olanının en az 1/4'ü tüm kiriş boyunca sürekli olarak devam ettirilecektir.
- Bindirmeli eklerin yapılabileceği yerlerde, ek boyunca özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Bu etriyelerin aralıkları kiriş derinliğinin 1/4'ünü ve 100 mm' yi aşmayacaktır. Üst montaj donatısının açıklık ortasındaki eklerinde özel deprem etriyeleri kullanılmasına gerek yoktur**(Şekil 4.16)**.



Şekil4.11: Kirişde Kritik Bölgeler.

Karşılaştırma

İran Betonarme Yönetmeliğinde, Kiriş mesnetlerinde çekme donatılarının minimum oranı için iki değer verilmiştir. Verilen değerlerden biri Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki ile birbirin çok yakındır.

$$f_{ctd} = \frac{0{,}35\sqrt{f_{ck}}}{1{,}5} = 0{,}23\sqrt{f_{ck}}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1{,}15} = 0{,}87\, f_{yk}$$

$$\rho_{min} = \frac{0{,}8 * 0{,}23\sqrt{f_{ck}}}{0{,}87\, f_{yk}}$$

$$\rho_{min} = \frac{0{,}21\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, kiriş mesnedindeki alt donatı, aynı mesnetteki üst donatının %50'sinden daha az olamaz şartı 3. ve 4. Derece deprem bölgeleri için %30 oranına inmişken, İran Betonarme Yönetmeliğinde bütün deprem bölgeleri için %50 oranı şart konulmuştur.

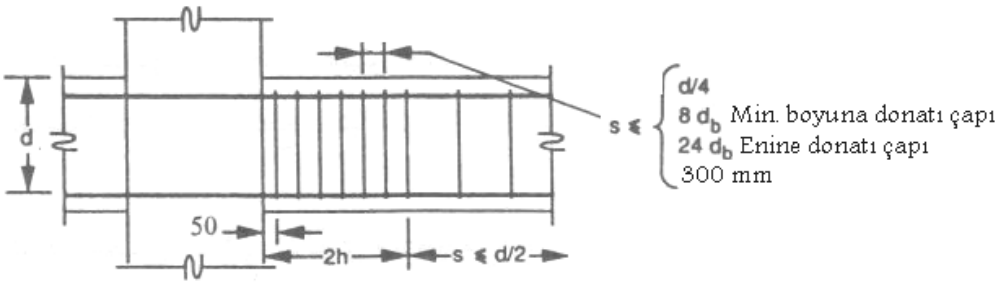
4.2.3 Enine Donatı Koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran betonarme yönetmeliğinde, Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, Sarılma Bölgesi olarak tanımlanmaktadır ve bu bölge boyunca özel deprem etriyeleri kullanılmasına şart konulmuştur **(Şekil 4.12)**.

Özel deprem etriyeler için verilen koşullar:

- Enine donatıların çapı 8mm'dan az olmamalıdır
- Sarılma bölgelerindeki enine donatıların aralığı kiriş yüksekliğin ¼ den, minimum boyuna donatı çapın 8 katından, enine donatı çapın 24 katından ve 300mm den fazla olmayacaktır.



Şekil4.12: Enine Donatı Aralıkları.

- İlk etriyenin mesnet den uzaklığı 50mm' den fazla olmamalıdır.
- Özel deprem etriyelerine gerek kalmayan kiriş bölgelerinde ise, enine donatıların aralığı kiriş yüksekliğin yarısından fazla olmayacaktır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre, Kiriş mesnetlerinde kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge, Sarılma Bölgesi olarak tanımlanacak ve bu bölge boyunca özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Sarılma bölgesinde, ilk etriyenin kolon yüzüne uzaklığı en çok 50 mm olacaktır, etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/4'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 8 katını ve 150 mm' i aşmayacaktır. Sarılma bölgesi dışında, TS-500'de verilen minimum enine donatı koşullarına uyulacaktır.

Karşılaştırma

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde sarılma bölgesindeki enine donatılar arasındaki en az aralık sınırlarında 150mm dır. Ancak, İran Betonarme Yönetmeliğinde bu değer 300mm dır ve enine donatının 24 katı değeri de ilave olarak verilmiştir.

Çizelge4.9: Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişlerin Enine Donatı Karşılaştırması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$s \leq 150$ mm	$s \leq 300$ mm
Minimum boyuna donatı çapın 8 katı	Minimum boyuna donatı çapın 8 katı
$s \leq d/4$	$s \leq d/4$
---	s≤ enine donatı çapın 24 katı

4.3 Süneklik Düzeyi Yüksek çerçeve Sistemlerinde kolon-kiriş birleşim bölgeleri

4.3.1 Kuşatılmış-kuşatılmamış birleşimler

İran Betonarme Yönetmeliği

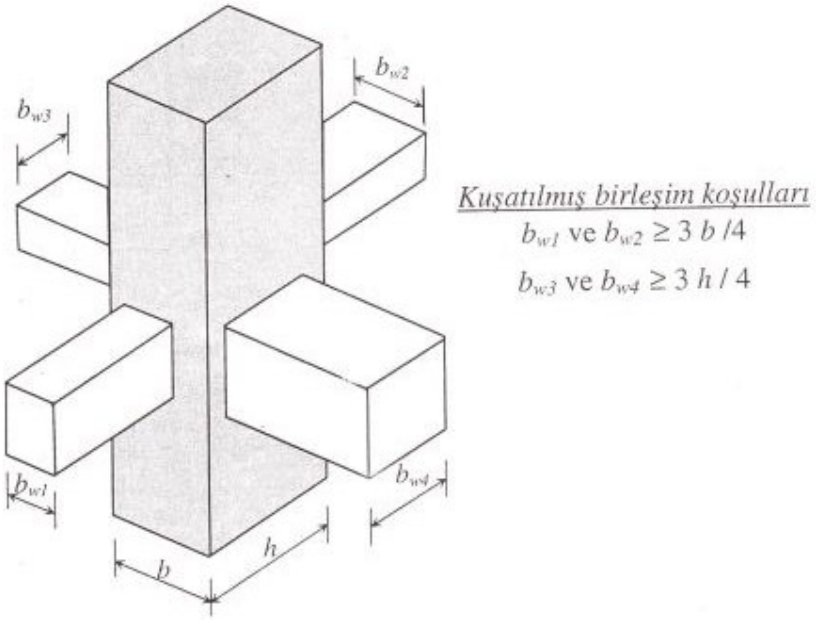
İran Betonarme Yönetmeliğine göre, Kirişlerin kolona dört, üç veya karşılıklı iki taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin 3/4'ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi kuşatılmış birleşim olarak tanımlanacaktır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

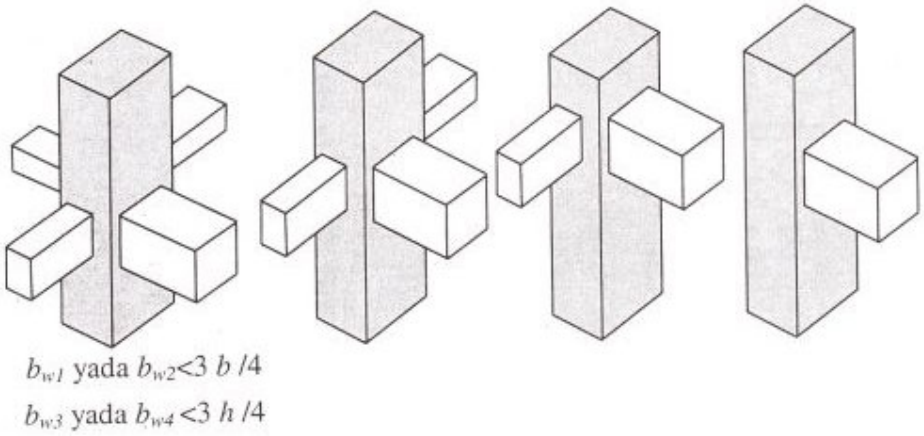
Süneklik düzeyi yüksek ve normal kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşimleri, iki sınıfa ayrılacaktır:

a- Kirişlerin kolona dört taraftan birleşmesi ve her bir kirişin genişliğinin birleştiği kolon genişliğinin 3/4'ünden daha az olmaması durumunda, kolon-kiriş birleşimi kuşatılmış birleşim olarak tanımlanacaktır. **(Şekil 4.13)**

b- Yukarıdaki koşulları sağlamayan tüm birleşimler, kuşatılmamış birleşim olarak tanımlanacaktır. **(Şekil 4.14)**



Şekil4.13: Kuşatılmış kolon-kiriş birleşimi.

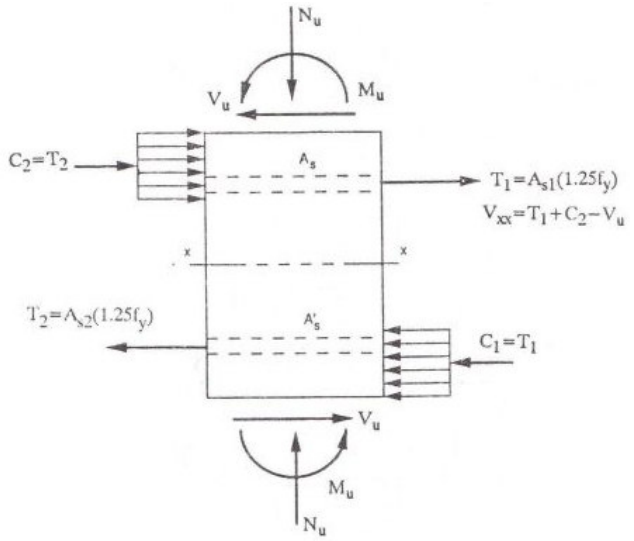


Şekil4.14: Kuşatılmamış kolon-kiriş birleşimi.

4.3.2 kolon – kiriş birleşim bölgelerinin kesme güvenliği

İran Betonarme Yönetmeliği

Kolon-Kiriş birleşimi, özellikle deprem bölgelerinde en kritik birleşimdir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti **şekil 4.15** 'de verildiği gibi $V_{x\text{-}x}= T_1+C_2 - V_u$ ile hesaplanacaktır.



Şekil 4.15: Kolon- kiriş birleşimindeki yükler.

$V_{x\text{-}x}= T_1+C_2 - V_u$

$V_{x\text{-}x}= (1{,}25f_y As_1)+(1{,}25f_y A_{s2}) - V_u$

$V_{x\text{-}x}= 1{,}25f_y (A_{s1}+A_{s2}) - V_u$

İran Betonarme Yönetmeliğinde kesme kuvveti için verilen koşullar:

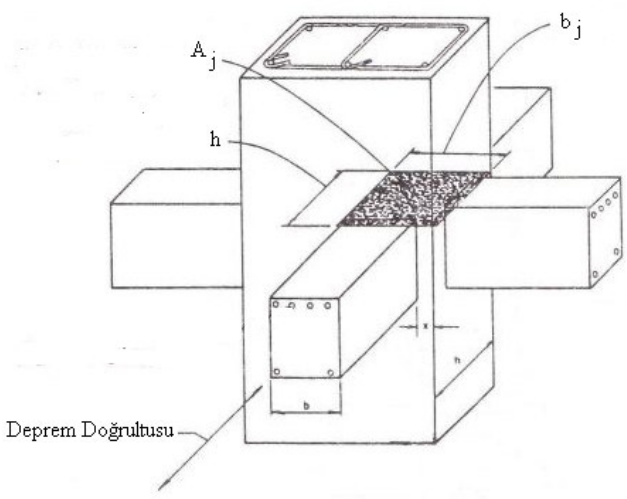
Dört taraftan kuşatılmış kolonlar için, ----------$V_{x\text{-}x}\leq 1{,}2\sqrt{f_c}\, b_j h$

Karşılıklı iki taraftan veya üç taraftan kuşatılmış kolonlar için ---------$V_{x\text{-}x}\leq 0{,}9\sqrt{f_c}\, b_j h$

Kuşatılmamış kolonlar için ----------$V_{x\text{-}x}\leq 0{,}72\sqrt{f_c}\, b_j h$

b_j: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz**(şekil4.16)**

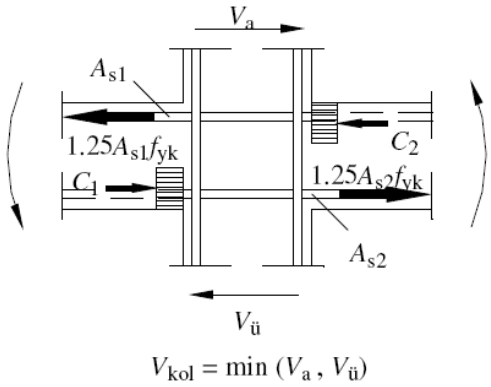
h: Kolonun gözönüne alınan deprem dogrultusundaki enkesit boyutu



Şekil4.16: Etkili Alan.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda kolon-kiriş birleşim bölgelerindeki kesme kuvveti $V_e = 1{,}25\ f_{yk}\ (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$ ile hesaplanacaktır.



Şekil4.17: Kesme Kuvvetleri.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde kolon kesme kuvveti için verinle koşullar:

Kuşatılmış Birleşimler için----------$V_e \leq 0.60\ b_j\ h\ f_{cd}$

Kuşatılmamış Birleşimler için ----------$V_e \leq 0.45\ b_j\ h\ f_{cd}$

$\mathbf{V_e}$: Kolonda enine donatı hesabına esas alınan kesme kuvveti

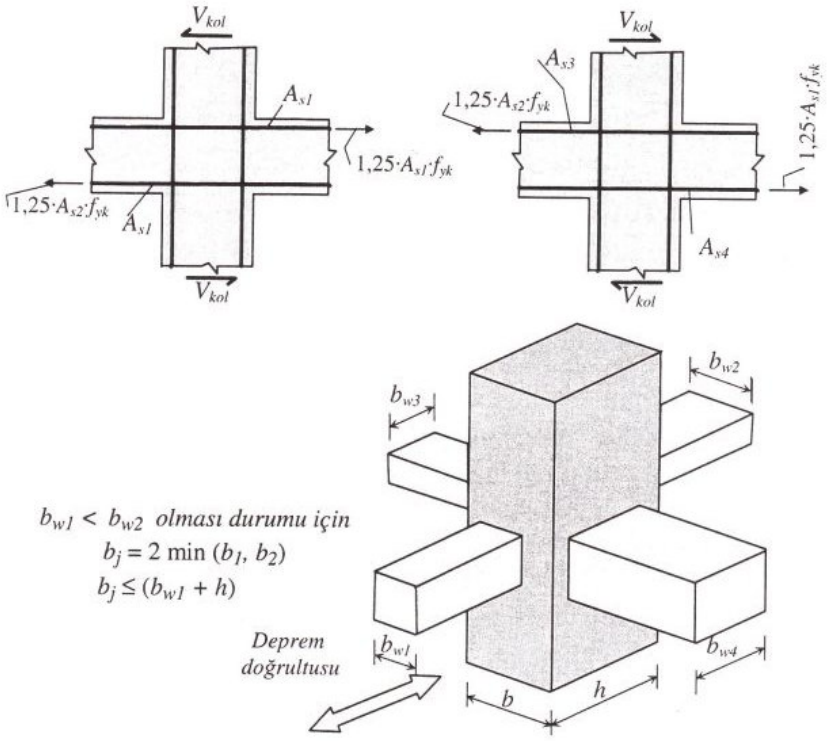
b_j:Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, birleşim bölgesine saplanan kirişin düşey orta ekseninden itibaren kolon kenarlarına olan uzaklıklardan küçük olanının iki katı (Kiriş genişliği ile birleşimin derinliğinin toplamını aşamaz(**şekil4.18)**

f_{cd}: Betonun tasarım basınç dayanımı

h: Kolonun gözönüne alınan deprem dogrultusundaki enkesit boyutu

A_{s1}:Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı

A_{s2}:Kolon-kiriş düğüm noktasının A_{s1}'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı



Şekil4.18: Süneklik Düzeyi Yüksek kolon ve kiriş birleşim bölgesi için dikkate alınacak kesme kuvvetinin Belirlenmesi.

Karşılaştırma

Örnek: **f_{ck}=25 MPa**

$f_{cd}=f_{ck}/1{,}5$

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, kuşatılmaış kolonlar için **$V_e \le 10 b_j h$** iken, İran Betonarme Yönetmeliğinde dört taraftan kuşatılmış kolonlar için **$V_{x\text{-}x} \le 6 b_j h$** ve üç taraftan vekarşılıklı iki taraftan kuşatılmış kolonlar için **$V_{x\text{-}x} \le 4{,}5 b_j h$** dır.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, kuşatılmamış kolonlar için **$V_e \le 7{,}5\ b_j\ h$** iken, İran Betonarme Yönetmeliğinde kuşatılmamış kolonlar için **$V_{x\text{-}x} \le 3{,}6 b_j h$** dır.

4.4 Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

4.4.1 Enkesit Koşulları

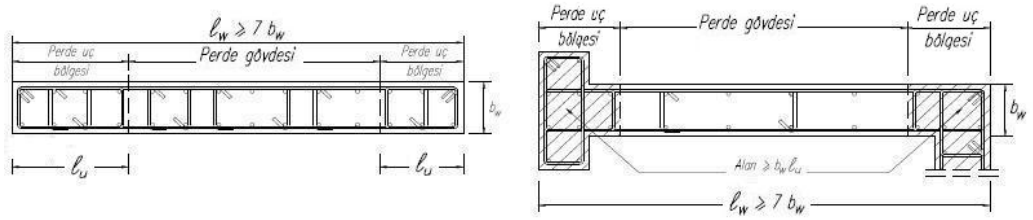
İran Betonarme Yönetmeliği

İran yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek perdeler için enkesit koşulları:

- Perde kalınlığı 150mm'den az olmamalıdır.
- Gövde uçlarında kesit değişikliği gerekirse, bu kalınlık 300mm'den az olmamalıdır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek perdeler için enkesit koşulları:



Şekil4.19: Perde Kesiti.

($H_w/l_w > 2$) olan perdelerin planda her iki ucunda perde uç bölgeleri oluşturulacaktır.

Hw: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

l_w: Perdenin plandaki uzunluğu

l_u: Perde uç bölgesi

Çizelge4.10: Süneklik Düzeyi Yüksek Perdelerin Enkesit Koşulu.

Bölge	Açıklama		Perde kalınlığı
Gövde	Özel Durum	a)Taşıyıcı sistemi sadece perdelerden oluşan binalarda ($\Sigma Ag / \Sigma Ap \geq 0,002$) ve ($Vt/\Sigma Ag \leq 0,5f_{ctd}$) Koşulların her ikisinin de sağlanması durumunda	Binada ki en yüksek katın yüksekliğinin 1/20'sinden ve 150mm' den az olmayacaktır
		b)Kat yüksekliği 6 m' den daha büyük olan ve kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulan perdelerde	Yanal doğrultuda tutulduğu noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak bu kalınlık 300 mm' den az olamaz.
	(a) ve (b) gruplar dışında kalan durumlarda		Kat yüksekliğinin 1/20'sinden ve 200 mm' den az olmayacaktır.
Uç	(a) grubu dışında kalan durumlarda		Kat yüksekliğinin 1/15'inden ve 200 mm' den az olmayacaktır.
	Perde uç bölgelerinin, kat yüksekliğinin en az 1/5'ine eşit uzunluktaki elemanlarla yanal doğrultuda tutulduğu durumlarda		Yanal doğrultuda tutulan noktalar arasındaki yatay uzunluğun en az 1/20'sine eşit olabilir. Ancak, bu kalınlık kat yüksekliğinin 1/20'sinden veya 300 mm' den az olamaz

Karşılaştırma

Iran Betonarme Yönetmeliği, Türkiye Deprem Yönetmeliği ile karşılaştırıldığında enkesit koşulları ile ilgili Türkiye Deprem Yönetmeliğinde daha detaylı koşullar mevcuttur.

4.4.2 Donatı Koşulları

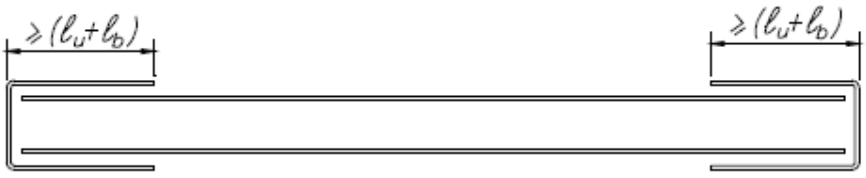
Türkiye Deprem Yönetmeliği ve İran Betonarme Yönetmeliği

Çizelge4.11: Perdelerde Donatı Koşulları.

Bölge	Özel deprem çirozu
Uç bölgeleri dışında, perde gövdelerinin her iki yüzündeki donatı ağları	Beher metrekare perde yüzünde en az 4 adet özel deprem çirozu ile karşılıklı olarak bağlanacaktır
Kritik perde yüksekliği boyunca, uç bölgeleri dışında	Beher metrekare perde yüzünde en az 10 adet özel deprem çirozu kullanılacaktır

Yatay gövde donatıları etriyelerle sarılı perde uç bölgesinin sonunda 90 derece kıvrılarak karsı yüzde kösedeki düşey donatıya 135 derecelik kanca ile bağlanacaktır.

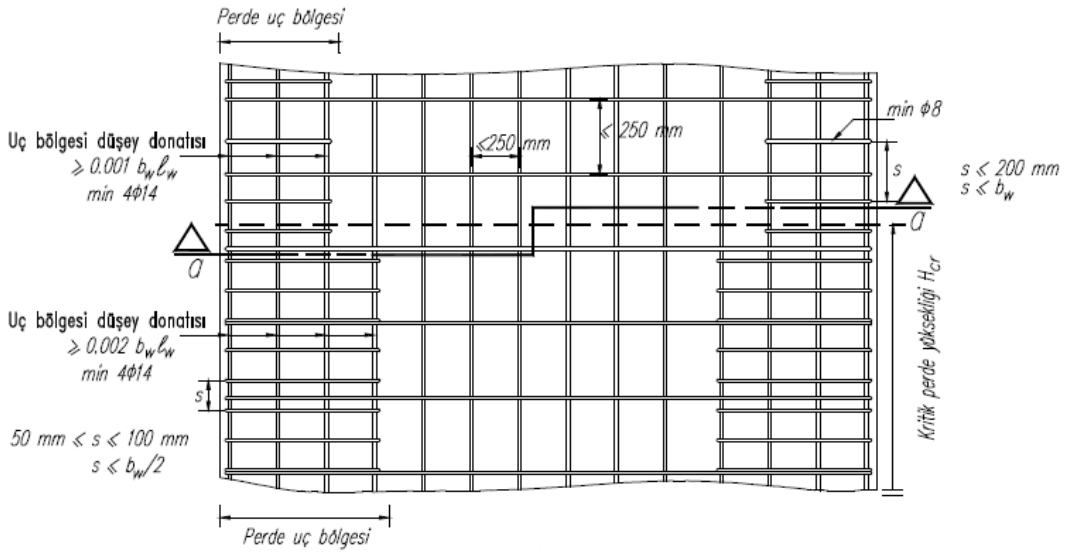
Yatay gövde donatılarının perde ucunda 90 derece kıvrım yapılmaksızın bitirilmesi durumunda, perdenin her iki ucuna gövde donatısı ile aynı çapta olan ⊃ biçiminde yatay donatılar yerleştirilecektir. Bu donatılar, perde uç bölgesinin iç sınırından itibaren perde gövdesine doğru en az kenetlenme boyu kadar uzatılacaklardır.



Perde Uç Bölgelerinde Donatı Koşulları

Perde uç bölgelerinin her birinde, düşey donatı toplam alanının perde brüt enkesit alanına oranı 0.001'den az olmayacaktır ve düşey donatı miktarı 4Φ14'ten az olmayacaktır.

Kritik perde yüksekliği boyunca bu oran 0.002'ye çıkarılacaktır ve düşey donatı miktarı 4Φ14'ten az olmayacaktır.

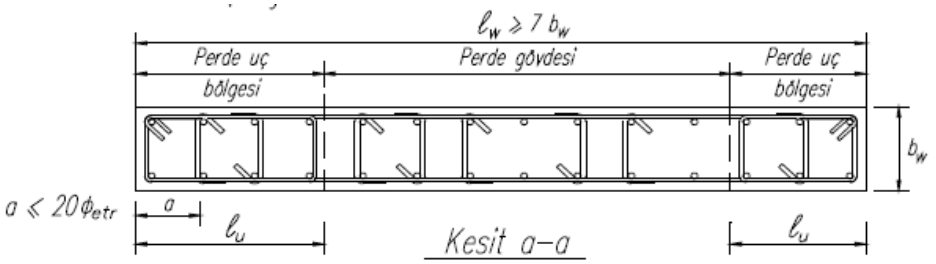


Şekil 4.20: Perdelerde Donatı Düzenlemesi.

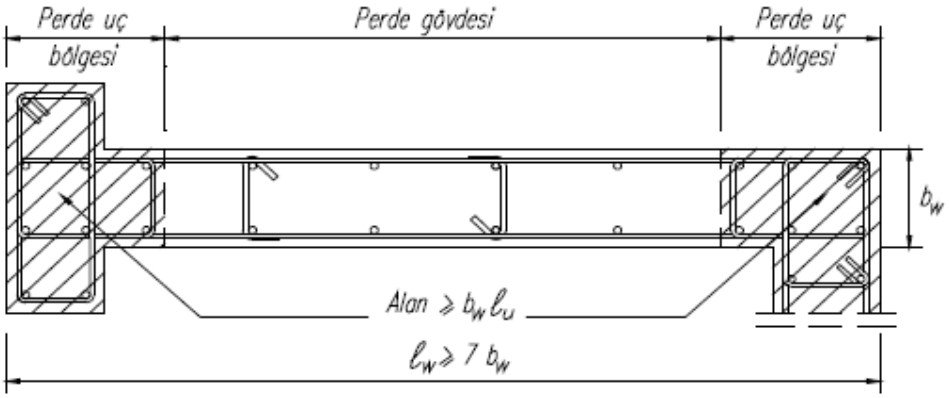
Kritik perde yüksekliği boyunca perde uç bölgelerine, düşey doğrultuda etriye ve/veya çiroz aralığı perde kalınlığının yarısından ve 100 mm' den daha fazla, 50 mm' den daha az olmayacaktır.

Kritik perde yüksekliğinin dışında kalan perde uç bölgelerinde düşey doğrultudaki etriye ve/veya çiroz aralığı, perde duvar kalınlığından ve 200 mm' den daha fazla olmayacaktır.

Uç bölgelerinde kullanılacak enine donatının çapı 8 mm' den az olmayacaktır. Etriye kollarının ve/veya çirozların arasındaki yatay uzaklık, *a*, etriye ve çiroz çapının 20 ka tından fazla olmayacaktır.



Şekil4.21: Perde Uç ve Gövde Bölgesi.



Şekil4.22: Perdelerde Uç ve Gövde Bölgesi.

Karşılaştırma

Her iki yönetmeliktede gövde donatı koşulu için verilen şartlar birebir aynı olduğunda dolayı sadece biri yazılmıştır. Dolayısıyla herhangi bir farka raslanılmamıştır.

4.5 Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar

4.5.1 Enkesit Koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal kolonlar için enkesit koşullar:

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutun 250 mm ‘den az ve diğer boyutun 0,3’den az olmamalıdır.
- Kolonun serbest boyun enkesit boyuna oranı 25’den fazla olmamalıdır.
- $N_u \leq 0.15\varphi_c f_c$

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal kolonlar için enkesit koşullar:

- Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük boyutu 250 mm’ den ve enkesit alanı 75000mm^2 den daha az olmayacaktır. Dairesel kolonların çapı en az 300 mm olacaktır.

- Kolonun brüt enkesit alanı, N_{dm} düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü olmak üzere, $A_c \geq N_{dm} / (0.50\ f_{ck})$ koşulunu sağlayacaktır.

N_{dm}: Eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü

A_c: Kolonun brüt enkesit alanı

- Eğilme ile zorlanan elemanlarda kolon olara kabul edilme şartı:

$N_d \geq 0{,}1\ A_c\ f_{ck}$

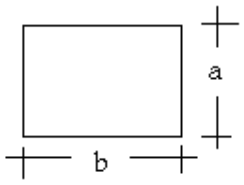
Karşılaştırma

İki yönetmelik karşılaştırıldığında, İran Betonarme Yönetmeliğine göre dikdörtgen kesitlerde minimum boyut 50mm daha fazladır. Ayrıca İran Betonarme Yönetmeliğinde ilave şartlar mevcuttur.

Türkiye Deprem Yönetmeliğine göre a=250mm alındığında b=300mm olmalıdır. İran Betonarme Yönetmeliğine göre a=250mm alındığında b≤833mm olması gerekmektedir. **(Şekil 4.23)**

Kolonun küçük boyutu (a) için bir alt sınır her iki yönetmelikte de aynı olduğu halde Türkiye Deprem Yönetmeliğinde a ya bağlı olarak diğer boyutun olabileceği maksimum değer hakkında bir kısıtlama mevcut değildir.

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde kolonun serbest boyu ve enkesit boyun oranı ile ilgili herhangi bir şart mevcut değilken İran Betonarme Yönetmeliğinde ilave şart konulmuştur. Ancak bu şart l serbest boyunun 6,5 m yi aştığı durumda önem kazanmaktadır.



Şekil4.23: Kolon Kesiti. (a<b)

Karşılaştırma daha net göstere bilmek için **Çizelge4.12** kullanılmıştır.

Çizelge4.12: Süneklik Düzeyi Normal Kolonların Karşılaştırılması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	İran Betonarme Yönetmeliği
$a \geq 250mm$ ve $(a.b) \geq 75000\ mm^2$	$a \geq 0.3b$ ve 250 mm
$N_d \geq 0{,}1\ A_c\ f_{ck}$	$N_u > 0.09\ f_c A_g$
---	$l/a \leq 25$

4.5.2 Boyuna Donatı Koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran betonarme yönetmeliğinde, boyuna donatıya ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar ve donatı düzenlenmesi, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, boyuna donatıya ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kolonlar için belirtilen koşullar ve donatı düzenlenmesi, süneklik düzeyi normal olan kolonlar için de geçerlidir.

4.5.3 Enine Donatı Koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal kolonların özel sarılma bölgesi boyunca enine donatıların aralığı, en küçük boyuna donatı çapın 8 katından, enine donatı çapının 24 katından, en küçük enkesit boyun yarısından ve 250 mm den fazla olmayacaktır.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi yüksek kolonlarda kullanılacak minimum enine donatı koşulları, süneklik düzeyi normal kolonlar için de geçerlidir.

Ancak, süneklik düzeyi normal olan kolonlarda sarılma bölgesindeki enine donatı aralığı, en küçük enkesit boyutunun 1/3' ünden, en küçük boyuna donatı çapının 8 katından ve 150 mm' den daha fazla olmayacaktır.

Karşılaştırma

Türkiye Deprem Yönetmeliği ve İran Betonarme Yönetmeliğin süneklik düzeyi normal kolonlar için boyuna donatı düzenlemesi ile ilgili şartlar, süneklik düzeyi yüksek kolonlar için aynı olduğundan dolayı karşılaştırmalarda aynıdır.

Ancak enine donatılar da sarılma bölgesindeki en az aralık ile ilgili şartlar arasındaki aşağıda karşılaştırıldığı gibi farklar görülmektedir.

Çizelge4.13: Süneklik Düzeyi Normal Kolonlarda Enine Donatı Aralığı**.**

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$s \leq 150$ mm	$s \leq 250$ mm
Minimum boyuna donatı çapın 8 katı	Minimum boyuna donatı çapın 8 katı
$s \leq a/3$	$s \leq a/2$

a: en küçük enkesit boyu

Bu durumda Türkiye Deprem Yönetmeliği enine donatıların aralıklarını daha sık yapılmasını şart konulduğunu açıkça göre biliriz.

4.6 Süneklik Düzeyi Normal Kirişler

4.6.1 Enkesit Koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal kirişler için enkesit koşullar:

- Kiriş gövde genişliği,

-En az 250 mm olacaktır.

-Kiriş yüksekliğin 3/4'ü ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

-Kiriş yüksekliğin 1/4' den az olmamalıdır.

-Kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliği ile buna dik diğer kolon genişliğin 1/4'ün toplamını geçmeyecektir.

- Kiriş yüksekliği,

-Serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olmamalıdır.

- $N_u \leq 0.09\, f_c A_g$

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal kirişler için enkesit koşulları:

- Kiriş gövde genişliği,

- En az 250 mm olacaktır.

-Kiriş yüksekliği ile kirişin birleştiği kolonun kirişe dik genişliğinin toplamını geçmeyecektir.

- Kiriş yüksekliği,

-Serbest açıklığın 1/4'ünden daha fazla olmalı

-Döşeme kalınlığının 3 katından daha az olmayacaktır.

-300 mm' den daha az olmayacaktır.

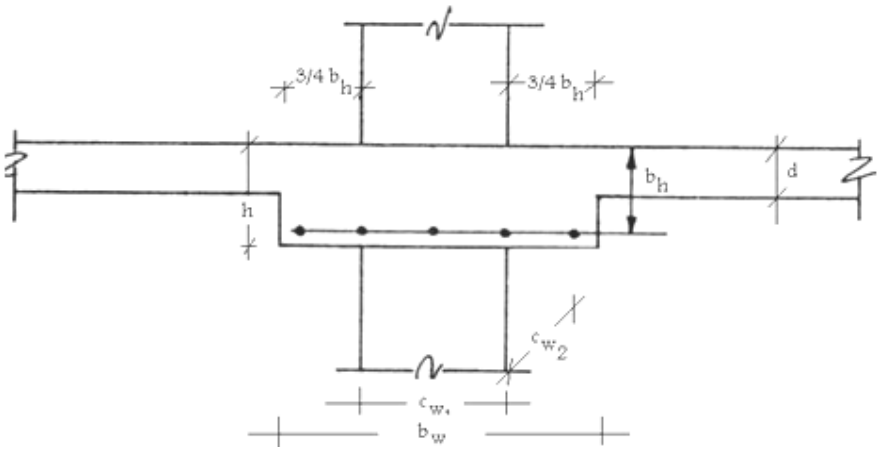
-Kiriş gövde genişliğinin 3,5 katından daha fazla olmayacaktır.

- Kiriş olarak boyutlandırılıp donatılacak taşıyıcı sistem elemanlarında, tasarım eksenel basınç kuvvetinin Nd $\leq 0.1 A$c $f$ck koşulunu sağlaması zorunludur.

Karşılaştırma

Süneklik düzeyi normal kiri ler için iki yönetmelikteki de erler birbirine çok yakındır. Ancak ran Betonarme Yönetmeli inde kiri yüksekli i için minimum yükseklik belirtmemi ken Türkiye Deprem Yönetmeli inde 300mm den az olmama artı mevcuttur. Türkiye Deprem Yönetmeli inde kiri gövde geni li i, kiri yüksekli i ile kiri in birle ti i kolonun kiri e dik geni li inin toplamına geçmeyecek ko ulu ran Betonarme Yönetmeli inde kiri yüksekli in ile verilmi tir.(**ekil 4.5)**

Bu koşullar karşılaştığında, İran Betonarme Yönetmeliğinde kiriş genişliği daha fazla seçilmektedir. Ayrıca İran Betonarme Yönetmeliğinde faydalı yükseklik için koşulan şartların Türkiye Deprem Yönetmeliğinde kiriş yüksekliği için olduğu göz önüne alındığında İran Betonarme Yönetmeliğinde kiriş yüksekliği daha fazla alınabilmektedir.



Şekil4.24: Kiriş-Kolon Birleşimi.

b_h:Kiriş faydalı yüksekliği

b_w: Kiriş genişliği

h: Kirişi yüksekliği

d: Döşeme kalınlığı

c_{w1}, c_{w2}: Kolon boyutu

Çizelge4.14: Süneklik Düzeyi Normal Kirişlerin Karşılaştırılması.

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
$b_w \geq 250mm$	$b_w \geq 250mm$
$b_w \leq (h + c_{w1})$	$b_w \leq (3/4\ b_h + 3/4\ b_h + c_{w1}) = 1{,}5\ b_h + c_{w1}$
---	$b_w \leq (1/4\ c_{w2} + 1/4\ c_{w2} + c_{w1}) = 0{,}5\ c_{w2} + c_{w1}$
$h \leq 3{,}5\ b_w$	$b_h \leq 4\ b_w$
$h \geq$ (3d ve 300mm)	----
$h \leq$ ¼ L	$b_h \leq$ ¼ L

4.6.2 Boyuna Donatı Koşulları

İran Betonarme Yönetmeliği

İran betonarme yönetmeliğinde, boyuna donatının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için koşullar ve düzenlenmeler, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.

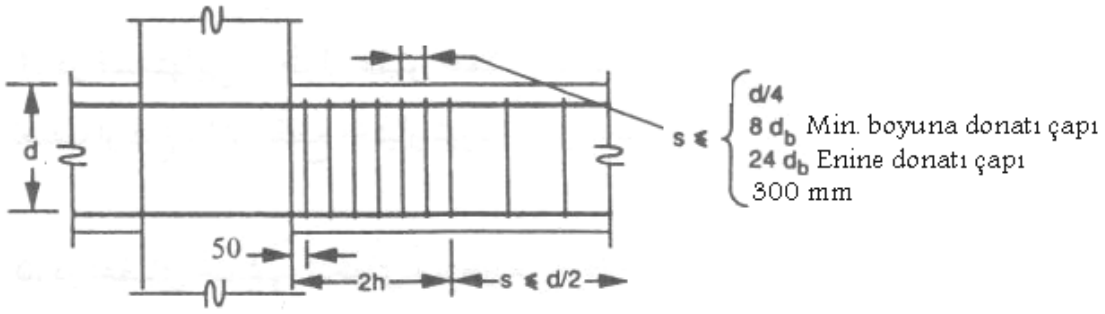
Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, boyuna donatının düzenlenmesine ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için koşullar ve düzenlenmeler, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.

4.6.3 Enine Donatı

İran Betonarme Yönetmeliği

İran betonarme yönetmeliğinde, enine donatıya ilişkin olarak süneklik düzeyi yüksek kirişler için belirtilen koşullar ve donatı düzenlenmesi, süneklik düzeyi normal olan kirişler için de geçerlidir.



Şekil4.25: Süneklik Düzeyi Normal Kirişlerde Enine Donatı Aralığı.

Türkiye Deprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal kirişlerde sarılma bölgesi boyunca, özel deprem etriyeleri kullanılacaktır. Sarılma bölgesinde, ilk etriyenin kolon yüzüne uzaklığı en çok 50 mm olacaktır. Etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/3'ünü, en küçük boyuna donatı çapının 10 katını ve 200 mm' yi aşmayacaktır. Sarılma bölgesi dışında, TS-500'de verilen enine donatı koşullarına uyulacaktır.

Karşılaştırma

Türkiye Deprem Yönetmeliği ve İran Betonarme Yönetmeliğin süneklik düzeyi normal kirişler için boyuna donatı düzenlemesi ile ilgili şartlar, süneklik düzeyi yüksek kirişler için aynı olduğundan dolayı karşılaştırmalarda aynıdır.

Ancak enine donatılar da sarılma bölgesindeki en az aralık ile ilgili şartlar arasındaki aşağıda karşılaştırıldığı gibi farklar görülmektedir.

Çizelge4.15: Karşılaştırma**.**

Türkiye Deprem Yönetmeliği	**İran Betonarme Yönetmeliği**
s≤ 200 mm	s≤ 300 mm
Minimum boyuna donatı çapın 10 katı	Minimum boyuna donatı çapın 8 katı
s≤ d/3	s≤ d/4
---	s≤ enine donatı çapın 24 katı

4.7 Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

İran Betonarme Yönetmeliği

İran yönetmeliğinde, süneklik düzeyi normal perdeler için enkesit koşullar:
Süneklik düzeyi yüksek perdeler için **4. 4**'de verilen enkesit koşullar, süneklik düzeyi normal olan perdeler için de geçerlidir.

TürkiyeDeprem Yönetmeliği

Türkiye Deprem Yönetmeli inde, süneklik düzeyi normal perdeler için enkesit koşulları:
Süneklik düzeyi yüksek perdeler için **4.4**'de verilen enkesit koşullar, süneklik düzeyi normal olan perdeler için de geçerlidir.

5. DİĞER KONULAR

5.1 Donatının Kenetlenmesi

Donatının kenetlenmesi ile ilgili, TS-500 ve İran Betonarme Yönetmeliği karşılaştırmak üzere ele alınmıştır.

5.1.1 Çekme donatısında düz kenetlenme

TS-500

Kenetlenme, donatının gereksinme duyulmayan noktadan düz olarak l_b kadar uzatılması ile sağlanabilir. Kenetlenme boyu nervürlü çubuklar için **(5.1)** den hesaplanmalıdır.

$$\ell_b = \left(0{,}12 \frac{f_{yd}}{f_{ctd}} \phi \right) \geq 20\phi \qquad \textbf{(5.1)}$$

f_{ctd}: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı

f_{yd}: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı

Aderansın tam olarak sağlanabilmesi için gerekli kenetlenme boyu, kesitteki donatı çubuklarının betonlama sırasındaki konumuna bağlıdır.

Konum I: Genel durum (Konum II de olmayan bütün çubuklar)

Konum II: Betonlama sırasında eğimi yatayla 45˚ - 90˚ arasında olanlar ile daha az eğimli veya yatay olup da betonlama sırasında kesitin alt yarısında veya kesitin serbest üst yüzünden 300 mm den daha uzakta olan çubuklar

Nervürlü çubuklarda→	l_b
Düz yüzeyli çubuklarda→	$2\ l_b$
Konum I e giren çubuklar için→	$1{,}4 l_b$

Konum II ye giren çubuklar için→ l_b

Donatı çapın 32mm < $\varphi \leq$ 40mm olduğu durumlarda→ $100/(132-\varphi)\, l_b$

Kesitteki donatının, hesaplanan gerekli donatıdan fazla olduğu durumlarda, yukarıdaki denklemlerden belirlenen kenetlenme boyları, hesaplanan donatı alanının mevcut donatı alanına oranı ile çarpılarak azaltılabilir. Ancak, bu azaltma ile bulunan kenetlenme boyu, Denk.1.a den hesaplanan boyun ½ sinden ve 20φ den az olamaz.

Beton örtüsünün donatı çapından az olduğu veya aynı sıradaki donatı çubukları arasındaki net uzaklığın donatı çapının bir buçuk katından küçük olduğu durumlarda, Denk.1.a den hesaplanan kenetlenme boyları 1,2 ile çarpılarak artırılmalıdır.

İran Betonarme Yönetmeliği

Çekme donatısının kenetlenme boyu (l_d), aşağıdaki denklemden elde edilecektir ayrıca bu değer 300mm'den az olmayacaktır.

$$l_d = [\frac{f_y}{\sqrt{f_c}}\, \alpha\beta\gamma\ ]d_b$$

Konum I: Genel durum (Konum II de olmayan bütün çubuklar)

Konum II: Betonlama sırasında kesitin alt yarısında veya kesitin serbest üst yüzünden 300 mm den daha uzakta olan çubuklar

α: Donatı konumun katsayısı

Konum I de yer alan donatılar için → (α=1,3)

Konum II de yer alan donatılar için → (α=1)

β: Donatı kaplama katsayısı

Epiksi ile kaplanmış donatılar

Beton örtü tabakası $3d_b$ den az olan → (β =1,5)

Donatıların serbest açıklığı $6d_b$ den az olan

Epoksi ile kaplanmış donatılar için → (β =1,2)

Epoksi ile kaplanmamış donatılar için → (β =1)

- α.β >1,7 olmasına gerek yoktur.

γ : Donatı çapı katsayısı

φ ≤ 20mm olan donatılar için →γ = 0,8

φ > 20mm olan donatılar için → γ =1

Kesitteki donatının, hesaplanan gerekli donatıdan fazla olduğu durumlarda, yukarıdaki denklemlerden belirlenen kenetlenme boyları, hesaplanan donatı alanının mevcut donatı alanına oranı ile çarpılarak azaltılabilir.

KARŞILAŞTIRMA

Kancasız kenetlenme durumu B25, BÇ S400 (f_{ck}=25 N/mm^2, f_y=400N/mm^2)

İran Betonarme Yönetmeliğinde,

α=1 (Konum II)

β =1 (Epoksi ile kaplanmış donatılar için)

γ = 0,8 (φ ≤ 20mm)

$$l_d = [\frac{f_y}{\sqrt{f_c}}\ \alpha\beta\gamma\ ]d_b$$

l_d=[(400/5).1.1.0,8]d_b→ (l_d= 64 d_b) : φ ≤ 20mm olan donatılar için

α=1 (Konum II)

β =1 (Epoksi ile kaplanmış donatılar için)

γ = 1 (φ > 20mm)

$$l_d = [\frac{f_y}{\sqrt{f_c}}\ \alpha\beta\gamma\ ]d_b$$

l_d=[(400/5).1.1.1]d_b→ (l_d= 80 d_b) : φ > 20mm olan donatılar için

TS500 'de,

$$\ell_b = \left(0{,}12\frac{f_{yd}}{f_{ctd}}\phi\right) \geq 20\phi$$

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_{mc}$
$f_{ctk} = 0{,}35\sqrt{f_{ck}}$
$\gamma_{mc} = 1{,}5$

$f_{ctd} = 0{,}35 \cdot 5 / 1{,}5 \rightarrow f_{ctd} = 1{,}17$ MPa

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{ms}$
$\gamma_{ms} = 1{,}15$

$f_{yk} = 400$ MPa $\qquad f_{yd} = 400 / 1{,}15 \rightarrow f_{yd} = 348$ MPa

$l_b = [0{,}12 \cdot (348/1{,}17)\Phi] \rightarrow l_b = 35{,}70\Phi$

İran Betonarme Yönetmeliğine göre kancasız kenetlenme boyun, TS 500 'e göre kancasız kenetlenme boyun oranları,

$\Phi < 20^{mm}$ donatılar için $(l_d / l_b) \rightarrow 35{,}70/64 = 0{,}56$

ve

$\Phi > 20^{mm}$ donatılar için $(l_d / l_b) \rightarrow 35{,}70/80 = 0{,}45$

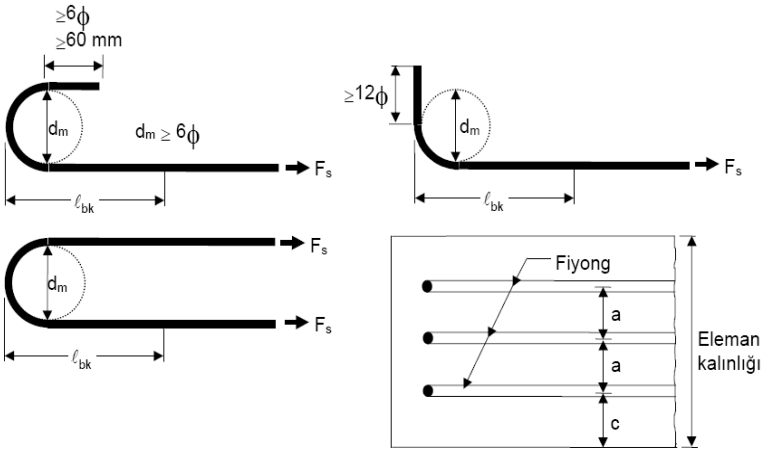
Olmaktadır.

5.1.2 Çekme donatının kanca veya fiyongla kenetlenmesi

TS-500

Donatının ucu bükülerek kanca veya fiyong yapılıyorsa gerekli kenetlenme boyu azaltılabilir. Standart Kanca ve Fiyong, şekil 1.b' de verilmektedir.

Donatının ucu bükülerek kanca veya fiyong yapılıyorsa $\rightarrow$ ¾ l_b



Boyuna donatı kancalarında, $d_m \geq 6\phi$

Etriye çiroz ve kancalarında, $d_m \geq 6\phi$

Fiyonglarda, $d_m \geq 12\phi$, $a \geq 2\phi$, $c \geq 3\phi$

Şekil5.1: Çekme donatının kanca veya fiyongla kenetlenmesi

İran Betonarme Yönetmeliği

Yeterli kenetlenme boyu, çekmede çalışan donatılar için temin edilemediği durumlarda, donatıların ucunda 180, 135 veya 90 derecelik kancalar icat ederek kenetlenme boyu temin edilmelidir.

Kancalı çekme donatısının kenetlenme boyu(l_{dh}), aşağıdaki denklemden elde edilir.

$$l_{dh} = [0.25k\beta \frac{f_y}{\sqrt{f_c}}]d_b \qquad \textbf{(5.2)}$$

β: Donatı kaplama katsayısı

Epoksi ile kaplanmış donatılar

Beton örtü tabakası $3d_b$ den az olan → (β =1,5)

Donatıların serbest açıklığı $6d_b$ den az olan

Epoksi ile kaplanmış diğer donatılar için → (β =1,2)

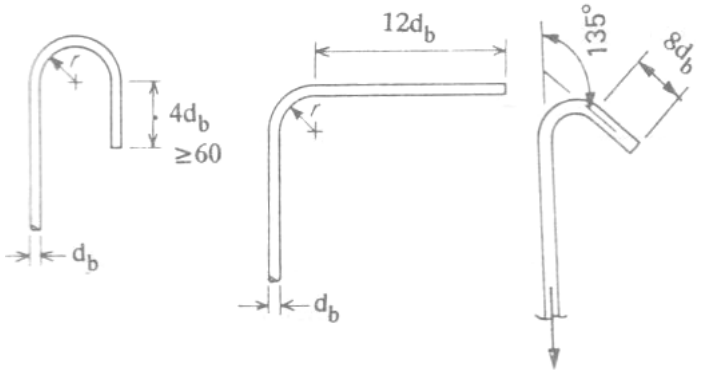
Epoksi ile kaplanmamış donatılar için → (β =1)

k=0,7

-kanca düzlemine dik olan doğrultuda, kanca üzerindeki beton tabakası, 180 lik kancalar için 65mm'den fazla olduğu durumlarda

-kanca düzlemine dik olan doğrultuda, kanca üzerindeki beton tabakası,90 lik kancalar için 65mm den fazla veya eşit ve kanca düzlemin içinde, kanca üzerindeki beton tabakası, 90 lik kancalar için 50mm den fazla veya eşit olduğu durumlarda

K=1 (yukarda belirtilen iki durum dışında)



Şekil5.2: Çekme donatının kanca.

Donatı çapı 16mm'den fazla olan etriyelerde ve çekme donatıların bükülme çapı, aşağıda verilen değerlerden daha az olmamalıdır. Donatı çapı 16mm'den az olan etriyelerde donatı bükülme çapı 4 d_b 'den az olmayacaktır.

Çizelge5.1: Donatı çapına göre en az bükülme çapı.

Donatı çapı	**En az bükülme çapı**
φ ≤28mm	6 d_b
28mm< φ ≤34mm	8d_b
36< φ ≤55mm	10d_b

d_b: donatı çapı

KARŞILAŞTIRMA

Kanca ile kenetlenme durumu B25, BÇ S400 (f_c=25 N/mm^2, f_y=400N/mm^2)

İran Betonarme Yönetmeliğinde,

K=0,7

β =1

$$l_{dh} = [0.25k\beta \frac{f_y}{\sqrt{f_c}}]d_b$$

l_{dh}= [0,25.0,7.1.400/5]d_b→ l_{dh}= 14 d_b

K=1

β =1

$$l_{dh} = [0.25k\beta \frac{f_y}{\sqrt{f_c}}]d_b$$

l_{dh}= [0,25.1.1.400/5]d_b→ l_{dh}= 20 d_b

TS500 'de,

l_{bk}= ¾ l_b

l_{bk}= ¾ (35,70Φ)→ l_{bk}=26,77 Φ

5.1.3 Çekme donatısının demet donatı halinde kenetlenmesi

TS-500

Demet donatının kenetlenme boyunun hesabında, eşdeğer çap φ_e kullanılmalıdır.

$$\phi_e = 1{,}2\phi\sqrt{n} \qquad \textbf{(5.3)}$$

φe: Demet donatının eşdeğer çapı

φ: Demet yapılan çubukların çapı

n: Demetteki donatı sayısıdır

İran Betonarme Yönetmeliği

Çekme veya basınçta çalışan demet donatıların kenetlenme boyu, üçlü ve dörtlü gruplar için sırasıyla tek donatının kenetlenme boyun 1,2 ve 1,33 katıdır. İkili gruplar için kenetlenme boyunun artırmasına gerek yoktur.

3 donatıdan oluşan demetlerde→ 1,2 l_d veya ldc

4 donatıdan oluşan demetlerde→1,33 l_d veya l_{dc}

5.2 Basınç Donatısının Kenetlenmesi

TS-500

Basınç donatısına kanca yapılamaz. Donatı çubuğu bütün yük düzenlemeleri altında basınca çalışıyorsa, kenetlenme boyu

$$\ell_b = \left(0{,}12\frac{f_{yd}}{f_{ctd}}\phi\right) \geq 20\phi \qquad \textbf{(5.4)}$$

'den hesaplanan değerin 3/4 üne kadar azaltılabilir.

İran Betonarme Yönetmeliği

Basınç donatısının kenetlenme boyu(l_{dc}), en az aşağıda verilen iki denklemden elde edilen en büyük değere eşit olmalıdır. Ayrıca 200mm'den az olmayacaktır.

Basınç donatısına kanca yapılamaz.

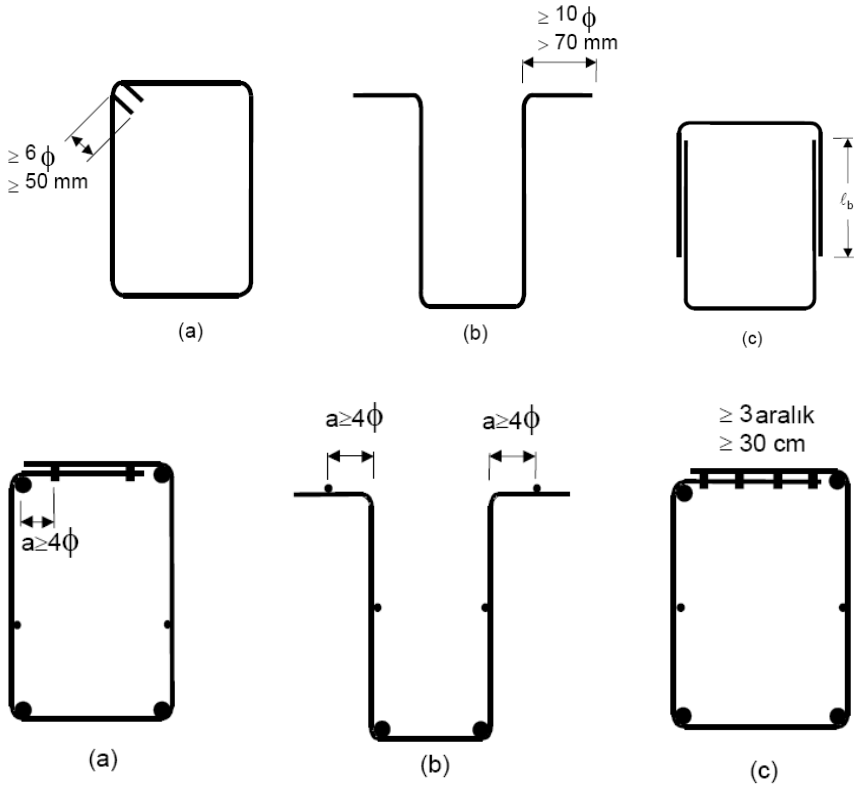
$$\begin{cases} l_{dc} = [0.25\dfrac{f_y}{\sqrt{f_c}}]d_b \\ \mathbf{l_{dc}=}\ (00{,}4\ f_y)\ d_b \end{cases}$$

Kesitteki donatının, hesaplanan gerekli donatıdan fazla olduğu durumlarda, yukarıdaki denklemlerden belirlenen kenetlenme boyları, hesaplanan donatı alanının mevcut donatı alanına oranı ile çarpılarak azaltılabilir.

5.3 Etriyelerin Kenetlenmesi

TS-500

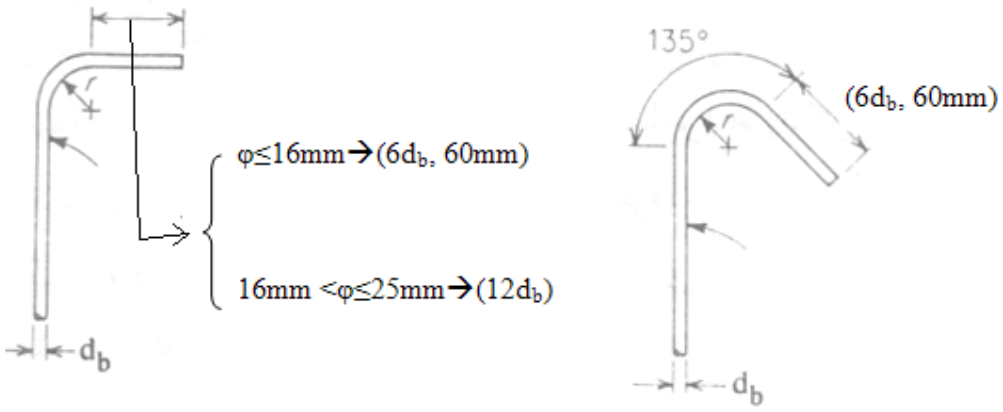
Bu tür kenetlenme, 135 veya 90 lik kancalarla sağlanmalıdır. **Şekil5.3.a** da gösterilen tür, dikdörtgen kesitler, kolonlar ve özellikle burulmaya maruz elemanlar için kullanılmalıdır. **Şekil5.3.b** de gösterilen tür ise, kanca tabla içinde kalmak koşuluyla, ancak dişli döşeme kirişlerinde kullanılabilir. **Şekil5.3.c** de gösterilen düz bindirme, deprem veya burulma etkisi altındaki yapı elemanlarında kullanılamaz. Etriyelerde bu tür kenetlenme ancak hasır donatı ile yapılır



Şekil5.3: Etriyelerin Kenetlenmesi.

İran Betonarme Yönetmeliği

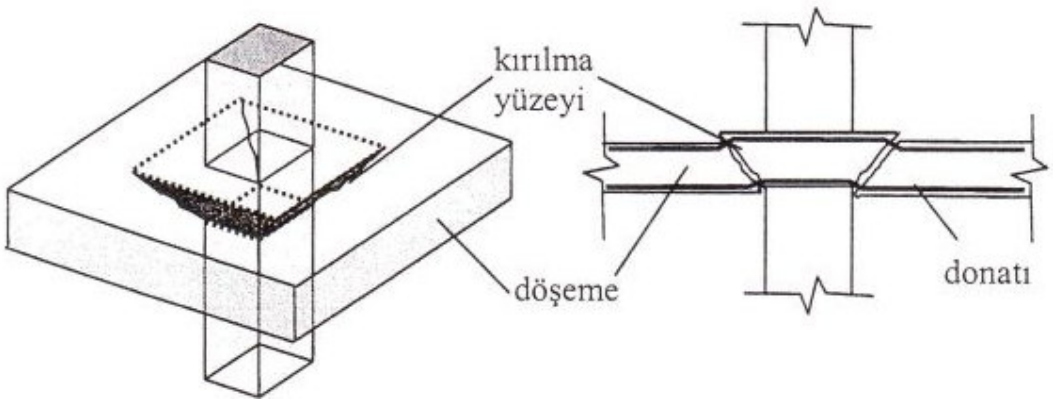
Etriyelerde kenetlenme, gösterildiği gibi 135˚veya 90˚lik kancalarla sağlanmalıdır.



5.4 Zımbalama

Kirişsiz döşeme dışındaki döşemelerde kayma gerilmeleri genellikle oldukça düşük düzeylerde kaldığından, kayma güvenliği genelde kritik olmaz. Ancak, özellikle tablasız ve başlıksız kirişsiz döşemelerde kolon çevresinde oluşan kayma gerilmeleri, dolayısıyla da asala çekme gerilmeleri betonun çekme dayanımını aşabilir. Bu durumda aşağıdaki şekilde gösterilen ve zımbalama olayı olarak adlandırılan durumla karşılaşılır. Bu durum kirişsiz kiriş siz döşemelerde çok önemli olduğundan zımbalama dayanımı hesaplanarak, bunun tasarım zımbalama kuvvetinden büyük ya da eşit olduğu kanıtlanmalıdır.

Aksi takdirde son derece ani ve gevrek olan bu zımbalama kırılması, birkaç saniye içinde yapının yerle bir olmasına neden olabilir.



Şekil5.4: Zımbalamada kırılma yüzeyleri.

TS-500

TS500'de, zımbalama kontrolü için Vpr ≥ Vpd şartı konulmuştur. Bu bağlantıda, Vpd, tasarım zımbalama kuvveti ve Vpr, zımbalama dayanımıdır.

$$\mathbf{Vpr = \gamma\ f_{ctd}\ u_p\ d}$$

γ :Zımbalamada eğilme etkisini yansıtan katsayı

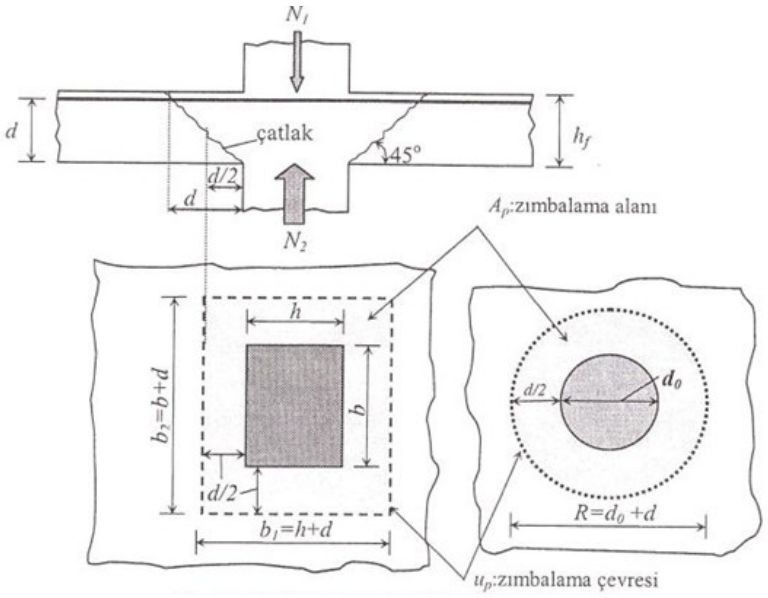
f_{ctd}: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı

u_p: Zımbalama çevresi (yüklenen alana d/2 uzaklıkta)

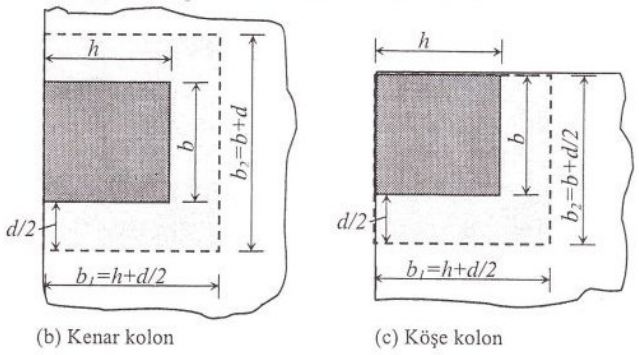
d: Döşemelerde, faydalı yükseklik

Zımbalama çevresi olarak adlandıran ve u_p ile gösterilen çevrenin, kolon yüzünden itibaren meydana geldiği kabul edilen, 45˚ çatlağın yatay bileşeninin yarısından geçtiği kabul edilmektedir. Zımbalama çevresinin belirlenmesi için kolon yüzünden itibaren d/2 (d:döşemelerde, iki doğrultudaki faydalı yükseklikler ortalamasıdır) kadar mesafenin dikkate alınması yeterli olmaktadır.

Kolon kesitin kare ya da dikdörtgen olması durumunda, zımbalama çevresi $u_p=2(b_1+b_2)$ bağlantıdan hesaplanmaktadır. Kolon kesitin dairesel olması durumunda, zımbalama çevresi $u_p=\pi(d_o+d)$ bağlantıdan hesaplanmaktadır.



Şekil5.5: Dikdörtgen ve Dairesel kesitli orta kolonlar.



Şekil5.6

Dışmerkezliğin hesabı aşağıdaki bağlantıdan elde edilmektedir.

TS500'e göre, zımbalamada eğilme etkisini yansıtan katsayı γ, eksenel yükleme durumunda, eşit 1 alınmalıdır.(γ=1)

Ancak, dışmerkezli yükleme söz konusu odluğunda bu katsayı plak kenarında veya köşesinde olmayan dikdörtgen kolonlar için

$$\gamma = \frac{1}{1 + 1{,}5\dfrac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x b_y}}}$$

Ve plak kenarında veya köşesinde olmayan dairesel kolonlar için

$$\gamma = \frac{1}{1 + \dfrac{2e}{d + d_0}}$$

, bağlantıdan hesaplanmaktadır.

b_1,b_2: Zımbalama çevresini (u_p) içine alan en küçük dikdörtgenin boyutları

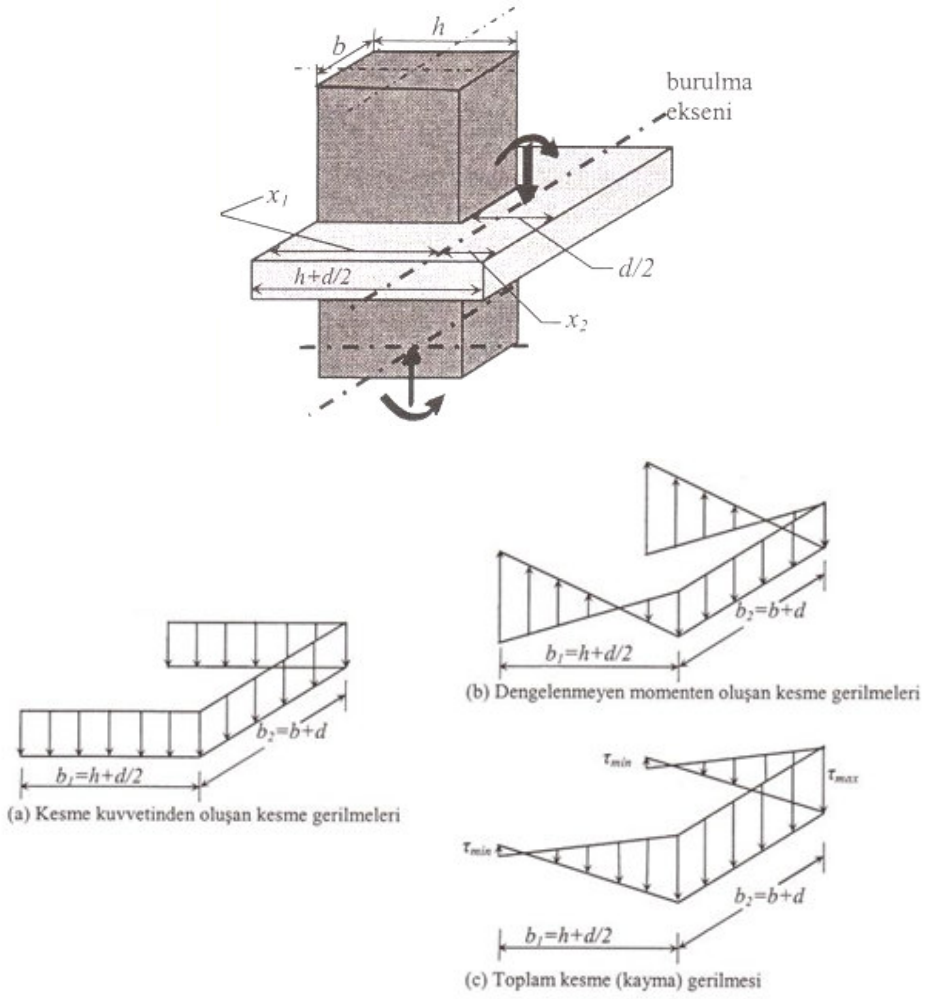
(b_1dışmerkezlik doğrultusundaki boyut)

e: Eğilme düzleminde hesaba katılacak dışmerkezlik

u_p: Zımbalama çevresi (yüklenen alana d/2 uzaklıkta)

d: Döşemelerde, faydalı yükseklik

Orta kolonların dışındaki kolonlar için, γ katsayısının belirlenmesine yardımcı olmasın amacıyla, kesme kuvveti ve dengelenmemiş eğilme momenti etkisindeki kenar kolonu için zımbalama çevresinde oluşan kesme gerilmeleri aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil5.6: Kenar Kolonda Meydan Gelen Kayma Gelirmesi.

Şekilde görülen kenar kolonu için x_2 mesafesi, $x_2=b_1$^2 / $(2b_1+b_2)$ bağlantısıyla, zımbalama yüzeyi ağırlık merkezinden geçen eksene göre atalet momenti ise,

$$J_c = \left[\frac{2b_1^3}{3} - (2b_1 + b_2)x_2^2 \right] d + \frac{b_1 d^3}{6}$$

Bağlantısıyla belirlenebilir. Zımbalama çevresi içinde kalan alanın dayanım momenti (W_m); yukarıda belirlenmiş olan J_c ve x_2 ye bağlı olarak,

$$W_m = \frac{J_c}{x_2}$$

Bağlantısıyla hesaplanabilir. TS 500 'e göre γ katsayısı, orta kolonlar dışındaki kolonlar için,

$$\eta = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{b_2}{b_1}}}$$

Olmak üzere,

$$\gamma = \frac{1}{1+\eta\frac{e}{W_m}u_p d} \qquad b_2 \geq 0{,}7b_1$$

Bağlantısıyla belirlenmektedir.

İran Betonarme Yönetmeliği

İran Betonarme Yönetmeliğinde, zımbalama kontrolü için $V_c \geq V_u$ şartı konulmuştur. Bu bağlantıda, V_c, kesme kuvveti ve V_u, betonun kesmeye dayanabilecek nihai kuvvet dır.

$V_c = (1+2/\beta_c)0{,}12\sqrt{f_c}\, b_o d$

$$\begin{cases} V_u \leq \min & Vc = ((\alpha_s d/b_o)+1)0{,}12\sqrt{f_c}\, b_o d \end{cases}$$

$V_c = 0{,}24\sqrt{f_c}\, b_o d$

β_c= (kolonun büyük boyutu / kolonun küçük boyutu)

$$\alpha_s = \begin{cases} 20\ldots\text{Orta kolonlar için} \\ 15\ldots\text{Kenar kolonlar için} \\ 10\ldots\text{Köşe kolonlar için} \end{cases}$$

b_o: Zımbalama çevresi

d: Döşemelerde, faydalı yükseklik

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İran ve Türkiye Deprem Yönetmelikleri ayrı ayrı incelenmiştir ve herbir konunun sonunda numerik karşılaştırmalar yapılmıştır. Bunun sonucunda, iki deprem yönetmeliğin birbirine benzerlikleri olduğu görülmüştür.

Ancak, Türkiye Deprem Yönetmeliği daha detaylı ve net açıklamaları kapsarken İran Deprem Yönetmeliğinde daha üstü kapalı şekilde ve anlaşılması zor halinde kolular beyan edilmişdır. Türkiye Deprem Yönetmeliğinde bazı konular, İran Deprem Yönetmeliğinde mevcut olmadığından, İran Betonarme Yönetmeliğide incelenmeye alınmıştır.

Ayrıca, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde mevcut yapıların performansının tespitine esas olacak bir bölüm eklenmiştir(DBYYBHY Bölüm7). Bu bölüm çok detaylı olup, İran Deprem Yönetmeliğinde buna benzer bir bölümün eklenmesi uygun olacaktır.

İki komşu ülkenin, Türkiye ve İran, deprem kuşağında olduğundan dolayı ve deprem kronojisini bakıldığında kötü bir karneye sahip olduğundan yönetmeliğin çok fazla önem taşıdığının kanaatindeyiz ve iki ülkenin bu konu üzerinde ortak bir çalışma yapıldığında ve kendine özgür, detayları daha fazla bir deprem yönetmeliğin oluşturulması halinde bir çok kazaların önlenmesine sebep olabilir.

KAYNAKLAR

Celep, Z. and Kumbasar, N., 2005: Betonarme Yapılar

Tahuni, Sh., 2006: Betonarme Yapıların Tasarımı

2007: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

Requirements for Design & Construction of Reinforced Concrete Structure (TS500)

Design Loads for Buildings (TS498)

2005: İranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings
(Standard No.2800 3nd. Edition)

Aba (İran Betonarme Yönetmeliği)



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Armin MOKARRAMİ

Doğum Yeri ve Tarihi: İran/Tehran 1980

Adres: Bahçeşehir-Şelale Evler-Düden8-D.65

Büyükçekmece/İstanbul

Lisans Üniversite: Tehran Azad Üniversitesi

Web site: www.arminmokarrami.com

E-mail: info@arminmokarrami.com

engineer@arminmokarrami.com