

BÖLÜM I

3. DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME BİNALAR

3.1. MALZEME	I.3/2
3.1.1. Beton	I.3/2
3.1.2. Donatı	I.3/5
3.1.3. Aderans	I.3/6
3.2. DÖŞEMELER	I.3/7
3.3. KİRİŞLER	I.3/10
3.3.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler	I.3/11
3.3.2. Süneklik Düzeyi Normal Kirişler	I.3/14
3.4. KOLONLAR	I.3/15
3.4.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar	I.3/17
3.4.2. Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar	I.3/18
3.5. PERDELER	I.3/18
3.5.1. Süneklik Düzeyi Normal Perdeler	I.3/21
3.5.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler	I.3/22
3.6. BİRLEŞİM BÖLGELERİ	I.3/24
3.6.1. Döşeme-kiriş Birleşimi	I.3/24
3.6.2. Döşeme-kolon ve Perde Birleşimi	I.3/25
3.6.3. Kiriş-kolon Birleşim Bölgeleri	I.3/26
3.7. TEMELLER	I.3/30
3.8. GENEL KURALLAR	I.3/31
3.9. TÜRKÇE KAYNAK YAYINLAR	I.3/32

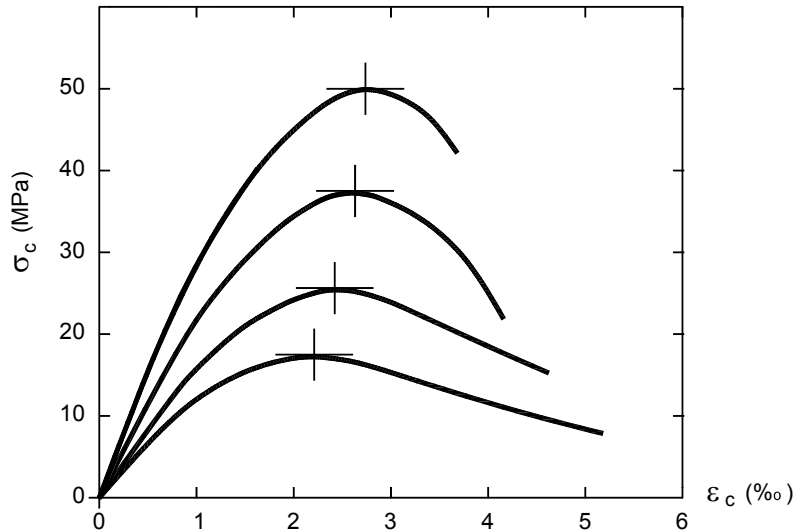
3.1. MALZEME

3.1.1. Beton

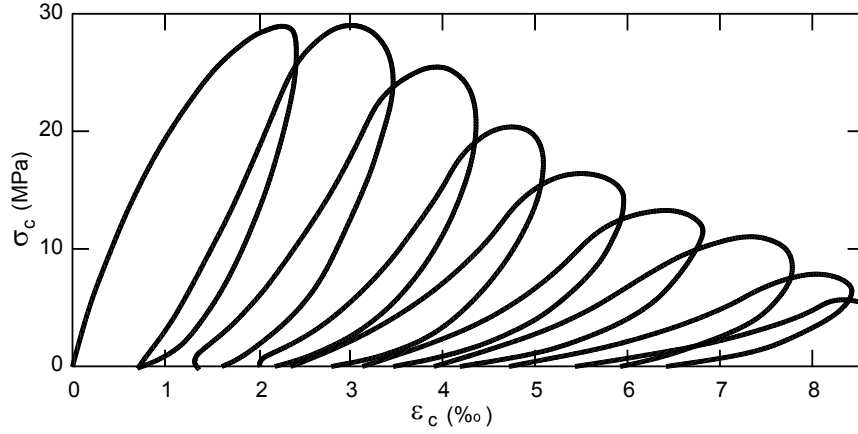
Beton, basınç dayanımı yüksek, buna karşılık çekme dayanımı düşük gevrek bir malzemedir. Betonun basınç dayanımı numunenin yaşına, boyutlarına ve yükleme türüne önemli ölçüde bağlıdır. Betonun sınıflandırılmasında üretilmesinden 28 gün sonra elde edilen basınç dayanımları belirleyici olur. Bu amaçla taban çapı 150mm ve yüksekliği 300mm olan silindir numuneler kullanılır. Şekil 3.1.de değişik kalitedeki betonlara ait birim kısalma-basınç gerilmesi değişimi gösterilmiştir. En büyük gerilmenin basınç kısalması 0.002 ile 0.0025 değerlerinde ve en büyük kısalmanın da 0.003 den sonra başlayarak 0.005 değerlerine kadar çıktığı görülmektedir. TS500 de kesit tasarımında en büyük beton kısalması 0.003 olarak verilmektedir. Yurdumuzda betonarme inşaatla kullanılan betonun f_{ck} karakteristik basınç dayanımı 20MPa (C20) ile 50MPa (C50) değişmektedir.

Şekil 3.1.de de görüldüğü gibi, beton, dayanımının yaklaşık % 40 ma kadar doğrusal elastik kabul edilebilir. Ancak, yaklaşık dayanımın % 70 inden sonra eğim (elastiklik modülü) azalırken, eğrisel bir değişim ortaya çıkar. Dayanıma yakın gerilmelerde genellikle yükleme doğrultusuna paralel çatlaklar oluşur ve ani bir şekilde güç tükenmesine erişilir. Bu değişimlerin incelenmesinde dayanımın yükselmesi ile maksimum kısalma değerinin azaldığı, doğrusal bölümün arttığı ve bu özelliğin sonucu olarak sünekliğin azaldığı görülür. Elastiklik modülü E_c başlangıçla $0.4 f_{ck}$ gerilme seviyesi gözönüne alınarak hesaplanan sekant elastiklik modülü olarak tanımlanır.

Boyuna yükleme sırasında, enine genişlemenin boyuna kısalmaya oranı olarak tanımlanan Poisson oranı, ortalaması 0.20 olmak üzere 0.15 ile 0.25 arasında değişir. Betonun sıcaklıkla genleşme oranı çelik ile aynı değer $10^{-5} \times 1/^\circ\text{C}$ olarak kabul edilebilir.

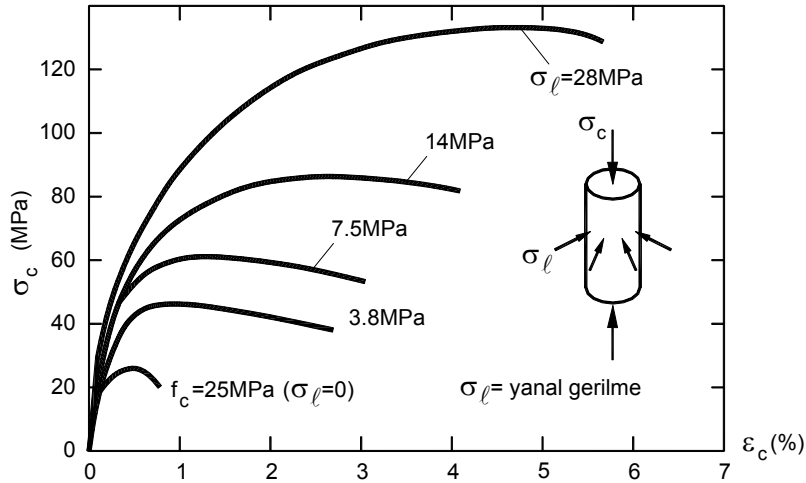


Şekil 3.1. Değişik dayanıma sahip betonların gerilme-şekil değiştirme eğrileri



Şekil 3.2. Tekrarlı eksenel yük altında betonun gerilme-şekil değiştirme eğrisi

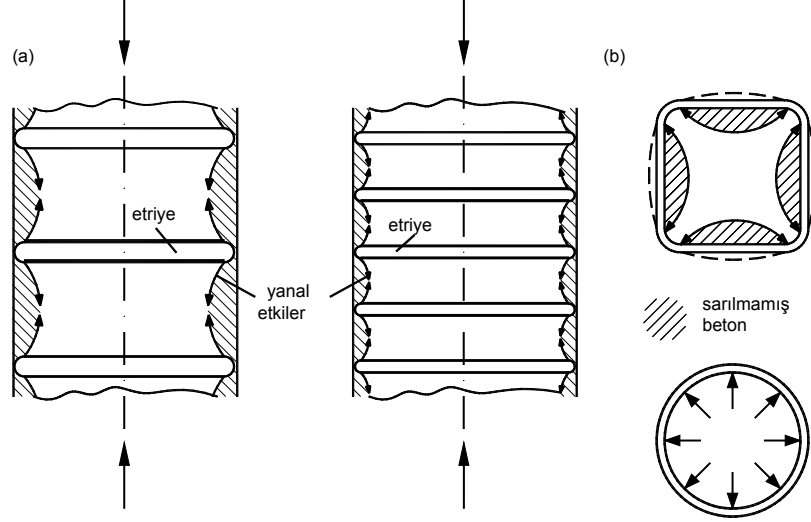
Şekil 3.2.de betonun tekrarlı yükleme ve boşaltma durumundaki davranışı verilmiştir. Deney sonuçları, bulunan eğrilerin zarf eğrisinin tek eksenli düz basınç yüklemesi eğrisiyle hemen hemen üst üste düştüğünü göstermiştir. Şeklin incelenmesinden tekrarlarla betonun yumuşadığı ve daha kolay şekil değiştirebilir duruma geldiği görülmektedir. Yükleme ile boşaltma eğrileri arasında kalan alanın birim hacimde plastik şekil değiştirme sonucu kaybolan enerji olduğu hatırlanırsa, bunun tekrarlı yüklemelerle azaldığı görülmektedir. Benzer durum, deprem ve rüzgar gibi yön değiştiren ve tekrar eden yükler altındaki betonun davranışında da ortaya çıkar. Betonun çekme dayanımı, basınç dayanımından yaklaşık olarak $f_{ctk} = 0.35 \sqrt{f_{ck}}$ (MPa) bağıntısından hesaplanabilir.



Şekil 3.3. Yanal basınç etkisindeki beton silindirin gerilme-şekil değiştirme eğrisi

Sabit dönel simetrik basınç altında, eksenel gerilmenin artırılması şeklinde yapılan deneyler, bu duruma ait beton dayanımının ve süneklik diye adlandırılabilir şekil değiştirme yapabilme kapasitesinin yükseldiğini göstermiştir. Şekil 3.3.de gösterildiği gibi eksenel basınç yüklemesi yanında σ_ℓ yanıl basınç uygulanması durumunda, f_{cc} eksenel basınç dayanımının $f_{cc} \approx f_c + 4.1 \sigma_\ell$ yaklaşık bağıntısıyla arttığı belirlenmiştir. Burada f_c tek eksenli yükleme dayanımını göstermektedir. Şekil 3.3.de bu tür deneylerde elde edilen gerilme-şekil değiştirme eğrileri verilmiştir. Her bir eğri üzerinde yanıl basınç sabit

tutulurken, eksenel basınç gerilmesi güç tükenmesine kadar artırılmıştır. Kısa zamanda yapılan yüklemelerle elde edilen bu eğrilerden yanal basıncın artırılmasıyla, betonun dayanımı ve sünekliği artmakta, yani güç tükenmesine ulaşmadan büyük şekil değiştirmeler yapabilmekte ve bunun sonucu olarak da plastik şekil değiştirmeler yoluyla tüketebilen şekil değiştirme enerjisi artmaktadır. Bu durum, uygulanan yanal basıncın güç tükenmesine sebep olan boyuna çatlakları geciktirmesi olarak açıklanabilir.



Şekil 3.4. (a) Enine etriye aralığının betonun sarılmasına etkisi ve (b) dikdörtgen ve dairesel etriye durumunda sargı etkisi

Uygulamada; beton, enine sargı donatısı ile sarılır. Eksenel gerilmenin düşük seviyelerinde boyuna kısaltmalar küçük, dolayısıyla enine genişlemeler de küçük olduğu için, beton ile enine sargı donatısı arasında önemli bir etkileşim ortaya çıkmaz. Bu durumda betonda gerilme durumu bir eksenli olarak kabul edilebilir. Boyuna gerilmelerin artmasıyla beton enine genişlemeye çalışacağı için sargı donatısını da açılmaya zorlar. Betonun bir eksenli güç tükenmesi yüküne yaklaşıldığında, ilerleyen iç çatlaklardan dolayı betonun enine şekil değiştirmeleri büyür ve beton sargı şeklinde bulunan enine donatıyı zorlar. Aradaki etkileşim dolayısıyla beton ile sargı donatısı olarak bulunan enine donatı arasında önemli gerilmeler meydana gelir. Böylece betonun enine şekil değiştirilmesi donatı ile pasif olarak sınırlandırılmış olur. Yukarıda açıklandığı gibi, enine basınç uygulanması nedeniyle sargılı betonun şekil değiştirme kapasitesi artar.

Şekil 3.4.de sargıdan etkilenerek yanal şekil değiştirmesi sınırlanan hacmin, etriye aralığı ve kesit şekli ile olan değişimi gösterilmiştir. Etriye aralığı arttıkça iki etriye arasında kalan bölgede yanal şekil değiştirmenin sınırlanması zayıflar. Bunun gibi dairesel spiral enine donatı durumunda yanal etki çevre boyunca sürekli olarak ortaya çıkar. Sık dairesel donatı enine etkiyen hidrostatik basınca benzer bir etki oluşur. Dikdörtgen kesitte, etriyelerle beton arasında ise, köşelerde önemli yanal basınç etkileşimi ortaya çıkar. Buna karşılık, kesit iç bölgelerinde de iç kemerlenme etkisiyle bir ölçüde betonun yanal şekil değiştirmesi sınırlandırılır. Kenar ortalarında ise, betonun yanal şekil değiştirmesi kolayca etriyenin de yanal yer değiştirmesine sebep olmaktadır. Bu durumda da kare veya dikdörtgen etriye betonun yanal şekil değiştirmesini, dairesel görece, daha düşük oranda önler. Dikdörtgen kesitte boyutların büyük olması durumunda, çevreye konulan ve köşe donatıları bağlayan etriyeye ek olarak, ara donatıları da bağlayan ek etriye (çiroz) konulması uygundur. Bu suretle etkileşimi sağlayan köşeler çoğaltılmış olur. Bu ek

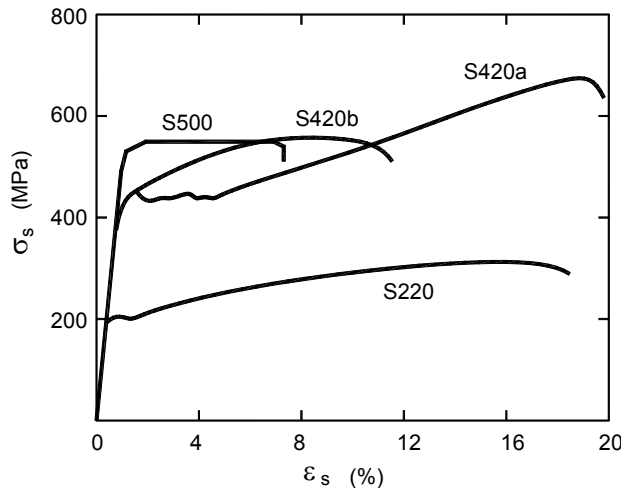
etrierelerin kancalarının da aynı özenle yapılması ve uçlarının betona kenetlenmesine özen gösterilmesi gerekir.

Dairesel ve kare kesitlerin her ikisinde de etriyenin yanal şekil değiştirmeyi sınırlandırmasının etkisi başlangıçta görülmez. Ancak, beton tek eksenli güç tükenmesine yaklaştığında, enine donatının etkisi ortaya çıkar ve betonun gerilme-şekil değiştirme davranışını değiştirir. Enine donatının sık ve kalın bulunması, bunun gibi donatının akma gerilmesinin büyük olması enine basıncı arttıracak için betonun dayanım ve sünekliğini de artırır (Şekil 3.3). Enine donatının dışında bulunan betonun yanal şekil değiştirmesine bir sınırlandırma konulmadığı için, beton tek eksenli dayanımına eriştiği zaman kabuk şeklinde dökülür. Bu nedenle yanal etki gözönüne alındığında, kesitin etriye içinde kalan çekirdek beton alanının hesaba katılması uygundur.

Kirişlerde ve özellikle kolonlarda boyuna donatılar ana donatı olarak kabul edildiği ve enine donatı olarak etriyelerin belirlenmesinde genellikle konstrüktif kurallar etkili olduğu için, bazen bunlara gereken önem verilmez. Özellikle, deprem gibi sünekliğin önemli olduğu durumlarda etriyelerin gereken şekilde yerleştirilmemiş olması, betonun kolayca dağılmasına ve boyuna donatıların kendilerinden bekleneni yapamamasına neden olur. Kesitin büyük olması durumunda kenar ortalarındaki boyuna donatıyı saran etriyelerin yerleştirilmesi veya kesitin uzun dikdörtgen şeklinde olması durumunda da ek ara etriyelerle karşılıklı donatıların bağlanması gerekir.

3.1.2. Donatı

Betonarme inşaatta kullanılan ve donatı olarak isimlendirilen çelik, daire kesitlidir. Düz yüzeyli olanları da vardır. Ancak, betonla beraber çalışma özelliğini arttırmak ve beton içinde iken betona göre göreceli uzama ve kısalmasını önlemek için, yüzeyi nervürlü olanları daha yaygındır. Nervürler yüzey üzerinde bırakılmış ve belirli geometrik şekle sahip çıkıntılardır. Ayrıca, iki doğrultuda ince çaplı nervürlü donatının birbirine kaynaklanması ile elde edilen hasır çelik de yapı elemanlarında donatı olarak kullanılır.

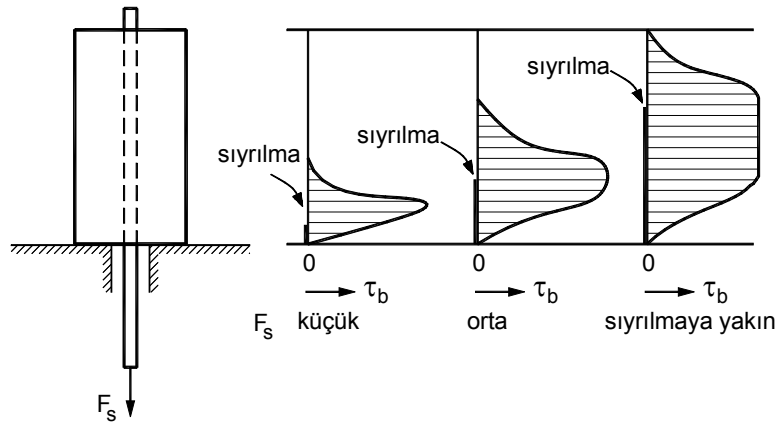


Şekil 3.5. Betonarme çelikleri için gerilme-şekil değiştirme eğrileri

Şekil 3.5.de betonarme çeliklerinin tipik gerilme-şekil değiştirme (birim uzama ve kısalma) eğrileri verilmiştir. Gerilme-şekil değiştirme eğrisinin incelenmesinden üç tür çeliğin de başlangıçta aynı doğrusal elastik davranışı sergilediği ve bu bölgede elastiklik modülünün $E_s = 200GPa$ olarak kabul edilebileceği görülür. Doğrusal davranışın

sonunda gerilmenin az değiştiği bir akma sahanlığı görülür. Bu iki bölge birbirinden akma noktası ve buna karşı gelen akma gerilmesi f_y ile ayrılır. Özellikle soğukta işlenmiş çeliklerde açık bir akma sahanlığı görülmeyebilir. Bu durumda akma gerilmesi, kalıcı % 0.2 birim uzamaya karşı gelen gerilme olarak tarif edilir. Akma bölgesinden sonra gerilmenin belirgin bir şekilde arttığı pekleşme bölgesi görülür. Yüklemeye devam edilirse, donatı çubuğu yerel zayıflığın bulunduğu bir yerden incelerek kopar. Kopma gerilmesi f_{su} ve karşı gelen birim uzama ε_{su} olarak gösterilir. Çelik kalitesinin yükselmesi ile birim kopma uzaması azalır. Gerilme-şekil değiştirme eğrisi altında kalan alan, çeliğe kopmaya erişinceye kadar verilen birim hacim şekil değiştirme enerjisine eşittir. Bu nedenle bu alanın büyümesi çeliğin sünek olmasına karşı gelir. Yük artışlarında büyük şekil değiştirmelerin meydana gelmesi istenildiği için, kopma uzamasının bir minimum değerinin bulunması gereklidir.

Doğal sertlikteki çeliklerin, birleşimi düzenlenerek ve sıcakta haddelenerek istenilen özelliklere sahip olması sağlanır. İkinci tür olan soğukta işlenmiş çelikler ise, birinciye göre çok daha düşük sıcaklıklarda burularak özelliklerinin arzu edilen seviyeye gelmesi sağlanır. İkinci tür işlem birinciye göre daha kolay yapılabildiği için, uygulama alanı daha yaygındır. Şekil 3.5.de görüldüğü gibi bu iki tür çeliğin gerilme-şekil değiştirme eğrileri birbirinden farklıdır. Soğukta şekil verilmiş çeliklerde belirgin bir akma sahanlığının bulunmaması yanında, kopma uzaması da düşüktür.



Şekil 3.6. Çekip-çıkarma deneyinde aderans gerilmelerinin değişimi

3.1.3. Aderans

Betonarme kesiti oluşturan beton ile donatı meydana gelen etkiler nedeniyle şekil değiştirirler. Bu sırada iki malzeme arasında gerilme geçişi meydana gelir. Arada sıyrılma olmadan bu tür gerilme geçişinin ortaya çıkmasına aderans denir. Aderans olayı betonarmenin en önemli faydalı özelliklerinden biridir. Bu suretle iki malzemenin beraberce kullanılması ve birbirini tamamlaması mümkün olur. Donatıda meydana gelen gerilme azalması ve artması, komşu beton bölgelerine gerilme geçişi ile meydana gelir. Bu durum düz yüzeyli çelik çubuklarda kayma gerilmelerinin doğrudan oluşmasıyla açıklanabilir. Nervürlü çubuklarda ise geçişin nervür etrafında oluşan karmaşık bir gerilme durumunun bileşkesi olarak ortaya çıkan kayma gerilmeleri tarafından sağlandığı kabul edilebilir. Her iki durumda da ortaya çıkan gerilmeler eşdeğer bir kayma gerilmesine dönüştürülerek *Aderans Gerilmesi* olarak isimlendirilir.

Genellikle aderansın çubuk düz yüzü ile çimento harcı arasındaki kimyasal yapışma sonucu ortaya çıktığı kabul edilirse de, düşük zorlamalar bile bu yapışmayı çözer ve çubuk sıyrılır. Bu tür sıyrılmanın başlamasıyla sürtünme ve kama etkisi ile oluşan aderans başlar. Sürtünmeden ortaya çıkan aderans, donatı çubuğunun pürüzlülüğüne bağlıdır. Dikkatli incelendiğinde düz yüzeyli çubukta da pürüzlülüğün bulunduğu görülür. Donatının korozyonunda sıyrılabilir bir tabaka oluşturması, betonun içindeki donatının bu tabakadan sıyrılmasını kolaylaştırarak, aderansın kolayca çözülmesine sebep olur. Bu nedenle, korozyon aderansı olumsuz yönde etkiler ve ileri durumlarda aderansın kaybolmasına neden olur. Bunun yanında, donatının eksenini doğrultusunda sürtünme kuvvetinin ve yanal gerilmelerin bulunması ile betonun büzülmesi de aderansa olumlu katkıda bulunur.

Şekil 3.6.da gösterilen ve çekip-çıkarma deneyi olarak bilinen düzenle, beton bir kütle içinde gömülü donatı çubuğuna uygulanan kuvvetin beton kütleyle aderans gerilmeleri yoluyla geçişi incelenir. Donatıya uygulanan küçük bir yük bile yükleme ucunda büyük aderans gerilmelerinin ortaya çıkmasına ve küçük de olsa bir sıyrılma meydana gelmesine neden olur. Yük artmasıyla sıyrılma bölgesi ilerlerken aderans gerilmeleri de daha uzun bir bölgeye yayılır. Beton ile donatı arasındaki etkileşimi sağlayan ve kayma gerilmesi gibi kabul edilebilecek aderans gerilmelerinin yayılışı Şekil 3.6.da gösterilmiştir. Sıyrılma bölgesinin diğer uca erişmesiyle donatı sıyrılarak çıkar. Eğer aderans dayanımı yüksekse veya çubuğun beton içindeki boyu büyükse çubuk sıyrılmadan kopabilir. Donatının kenetlenme boyu, donatıdaki sıyrılma ve kopma olaylarının beraberce ortaya çıkması durumundan belirlenir.

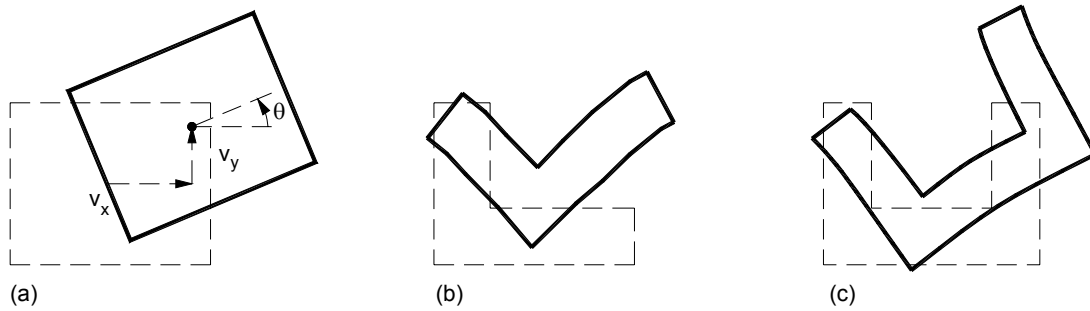
3.2. DÖŞEMELER

Döşemeler esas olarak düşey yükleri karşılar ve bunları kolon ve perdelerle iletirler. Bunun yanında deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması da döşemeler tarafından yapılır. Bu durumda döşemeler düzlemleri içindeki yüklerin etkisi altında bulunur ve yük aktarmaları diyafram davranışı ile ortaya çıkar. Genel olarak döşemeler düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu durumda yükün düşey elemanlara paylaştırılması tamamen bu elemanların rijitliğine bağlı olur ve döşemenin düzlemleri içinde şekil değiştirmesi ise diğer elemanların şekil değiştirmesi yanında ihmal edilir. Bu durumun karşıtı döşemenin kendi düzlemi içinde şekil değiştirme yapabilir kabul edilmesidir. Döşemede yatay yüklerden oluşan düzlemi içindeki kesme kuvveti ve eğilme momenti etkilerinin bulunmasından sonra, bunların karşılandığının gösterilmesi gerekir. Yatay deprem kuvvetlerinin kolon ve perde gibi düşey elemanlara aktarıldığı bölgelerde ek zorlamalar meydana gelir. Döşemeler bu elemanlara kirişlerle bağlı ve düşey elemanlar planda nispeten düzgün dağıtılmış ise, ek zorlamalar düşük seviyelerde kalır. Ancak, döşemeler kiriş olmaksızın doğrudan kolon ve perdelerle bağlanmışsa, döşemelerin bağlantı bölgeleri daha fazla zorlanır. Ayrıca, bu bölgelerde boşluklar bulunması ilave gerilme yığılmalarına sebep olur. Döşemelerin bu bölgelerinin ayrıntılı biçimde incelenmesi ve bu zorlamaların karşılanması önemlidir. Döşeme ile kolon ve perde gibi düşey taşıyıcılar arasındaki kuvvet iletimi için bu bölgelere ek donatı gerekebilir. Ayrıca, yatay düzlemde meydana gelen eğilme momenti nedeniyle döşeme çevresinde de ek donatıya ihtiyaç duyulabilir.

Kirişsiz döşemelerde, döşeme doğrudan kolon ve perdelerle mesnetlenir. Bu durumda kolon ve perde etrafındaki döşeme bölgesinde kesit etkilerinde önemli artışlar meydana gelir. Bu etkilerin güvenli bir şekilde karşılanması gerekir. Benzer durum, kirişleri

döşeme kalınlığı içinde kalan dişli döşemelerde de söz konusu olur. Özellikle deprem momentlerinin büyük olduğu alt katlarda kiriş kesitlerinin büyütülmesi gerektiğinden yüksekliği küçük geniş kirişler gerektirir, bu ise kirişsiz döşemelerde söz konusu olan sorunları bu döşeme türünde de ortaya çıkarır.

Boşluksuz yeterli kalınlığa sahip döşemeler düzlemi içinde rijit hareket ettiği kabul edilebilir ve düzlem içi hareketleri iki yöndeki yatay yerdeğiştirme ($v_x; v_y$) ve düşey eksen etrafındaki dönme (θ) ile tanımlanabilir (Şekil 3.7). Eğer döşemede davranışını etkileyen büyük boşluklar varsa veya döşeme düzgün dikdörtgen şeklinde değil L veya U şeklinde ise, döşemenin rijit bir diyafram gibi şekil değiştirdiği kabulü geçerli olmayabilir. Bu durumda döşemenin düzlem içi hareketinin tanımlanması için üç serbestlik derecesi yeterli olmaz. Döşeme parçaları birbirine göre göreceli olarak hareket eder ve bunun sonucu olarak özellikle parçaların birleştiği bölgelerde ek zorlamalar meydana gelir. Döşeme boşluklarının büyük olması ve döşemenin dikdörtgen biçimini bozan kollarının olması büyük ek zorlamaların artmasına sebep olur. Bu durum taşıyıcı sistem düzensizliği olarak adlandırılır. Özellikle deprem etkisinin büyük olduğu durumlarda, kat döşemelerinin kendi düzlemleri içindeki deprem kuvvetlerini kolon ve perdelerle güvenle iletmesinin sağlanması önemlidir. Döşemelerin kalınlıklarında değişiklik, düzlem içi rijitlikte ani değişikliklerin doğmasına ve ilave zorlamaların oluşmasına sebep olur.



Şekil 3.7. Planda döşemenin rijit diyafram (a) olan ve (b) ve (c) olmayan türden yerdeğiştirmesi

Döşemeler sabit yüklerin yoğunlaştığı ve hareketli yüklerin bulunduğu yerler olduğu için, deprem yüklerinin buralarda oluştuğu ve kat seviyelerinde taşıyıcı sisteme iletildiği kabul edilir. Bu kuvvetler, döşemeyi rijitliğinin büyük olduğu düzlemi içinde zorlayarak, kolon ve perdelerle iletilirler. Özellikle kirişli plak döşemelerde büyük bir boşluk bulunmuyorsa, bu kuvvetler döşemede önemli etkiler meydana getirmeden aktarılırlar. Döşeme süreksizlikleri deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara iletilmesi sırasında gerilme yığılmalarının çıkmasına ve döşemenin kendi düzlemi içerisinde rijit bir diyafram gibi davranmasına engel olurlar. Merdiven ve asansör boşlukları da dahil olmak üzere, döşemede boşluk alanlarının toplamının toplam alanın 1/3 ünden fazla olması döşeme süreksizliği oluşturur. Kirişsiz döşemelerde, kolonları birleştiren şeritler kiriş gibi davranarak, düşey taşıyıcılar arasındaki beraber çalışmayı sağlarlar. Bu tür kirişsiz döşemelerde, kolon ve perde kenarlarına komşu boşluklar, özellikle kolon şeridindeki boşluklar, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılmasını önler. Bunun gibi, kirişsiz döşemelerde özellikle döşemelerin kenar kolonlara yük aktarması sırasında önemli gerilme yığılmaları ortaya çıkar. Bunun önlenmesi için, kirişsiz döşemelerde kenar kirişi düzenlemesi ve deprem yüklerinin

önemli bir kısmının karşılanması için perde konulması uygundur. Döşemenin düzlem içi ani rijitlik ve dayanım azalmaları da yük aktarımında olumsuzluk oluşturur. Bu gibi döşeme süreksizliğinin bulunduğu durumlarda deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle dağıtılması sağlanmalıdır.

TABLO 3.1 - BİR DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER İLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR

<i>Tanım</i>	<i>S500</i>	<i>Yönetmelik</i>
$\min h_f$	$l / 25$ (bir açıklıklı); $l / 30$ (çok açıklıklı)	-
$\max s_{kisa}$	$1.5 h_f$; 200mm	-
$\max s_{uzun}$	300mm	-
$\min \rho_{kisa}$	0.003 (S220) ; 0.002 (S420, S500)	-

TABLO 3.2 - İKİ DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER İLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR

<i>Tanım</i>	<i>TS500</i>	<i>Yönetmelik</i>
$\min h_f$	TS500 formül (11.1)	-
$\max s_{kisa}$	$1.5h_f$; 200mm	-
$\max s_{uzun}$	$1.5h_f$; 250mm	-
$\min \rho_{x,y toplam}$	0.0040 (S220); 0.0035 (S420, S500)	-

TABLO 3.3 - DIŞLI DÖŞEMELER İLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR

<i>Tanım</i>	<i>TS500</i>	<i>Yönetmelik</i>
$\min h_f$	50mm	50mm
$\min etriye$	$\phi 8/250mm$	-
$\min b_w$	100mm	-

Döşemelerle ilgili koşullar döşeme türüne bağlı olarak Tablo 3.1-3.4.de verilmiştir. Burada h_f döşeme kalınlığını, ρ_x ve ρ_y iki doğrultudaki donatı oranını ve s donatılar arası mesafeyi göstermektedir. Basit döşeme deliklerinin her iki yanına altta ve üstte en az bir $\phi 12$ lik bir donatı konulması ve konulan bu donatının delikten dolayı kesilen donatıdan az olmaması uygundur. Bunun yanında deliklerin her köşesine 45° lik açy yapan altta ve üstte en az bir $\phi 12$ lik donatı da yerleştirilebilir.

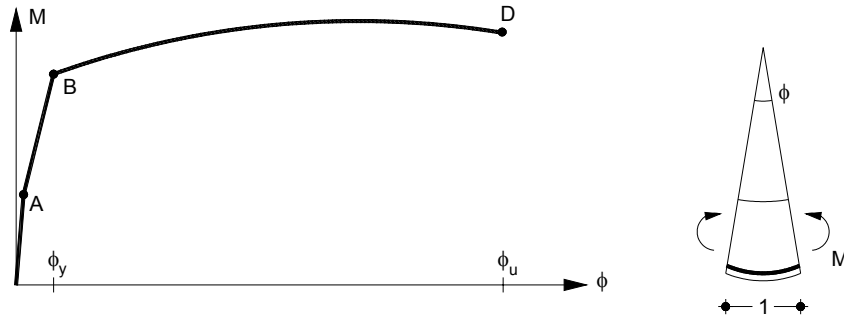
TABLO 3.4. KİRİŞSİZ DÖŞEMELER İLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR

<i>Tanım</i>	<i>TS500</i>	<i>Yönetmelik</i>
$\min h_f$	$\ell_n / 30$; 180mm	-
$\max s_{kisa}$	$1.5 h_f$; 250mm	-

max s_{uzun}	$1.5 h_f ; 250mm$	-
min $\rho_{x,y toplam}$	$0.0040 (S220) ; 0.0035 (S420, S500)$	-

3.3. KİRİŞLER

Kirişler, normal kuvvete göre eğilme momentinin çok daha etkin olduğu yapı elemanları olarak tanımlanır. Kiriş kesitlerinde eğilme momenti etkisiyle basınç ve çekme gerilmeleri meydana gelir. Eğilme momentinin küçük değerleri için betonda basınç ve çekme gerilmeleri meydana gelirken, momentin artmasıyla beton çatlar, çekme gerilmelerinin önemli bir kısmı çekme donatısı tarafından taşınır. Eğilme momenti artarken, beton basınç gerilmeleri dağılışı doğrusal olmayan bir değişimle meydana gelir, donatı akma gerilmesine ulaşarak plastik şekil değiştirmeler yapar ve kesit de taşıma gücüne erişir. Donatının dengeli donatının altında veya üstünde olmasına bağlı olarak iki farklı $M - \phi$ moment-eğrilik eğrisi ortaya çıkar. Her iki eğri başlangıçta doğrusal değişim gösterir ve $EI = M / \phi$ bağıntısı geçerli olur. Burada; EI kesitin eğilme rijitliğine karşı gelir. Momentin artması ile çekme bölgesindeki beton çatladığı için eğilme rijitliğinde azalma görülür. Eğrinin bundan sonraki bölümünde daha çok donatı etkili olur. Hafif donatılı kesitlerde donatının akmasından sonra daha yatık bir eğim izlenir ve donatının büyük uzamalar yapması ve betonun ezilmesi sonucu kesit güç tükenmesi durumuna gelir. Buna karşılık dengeli donatının üzerinde donatılı kesitlerde beton basınç gerilmelerinin elastik olmayan değişimine bağlı olarak moment-eğrilik değişimi doğrusal olmayan bir değişim gösterir. Donatı akmaya erişmeden kesitin üst kenarındaki beton ezilirken, eğri bir maksimumdan sonra ani bir düşüşe geçerek küçük eğrilik değerlerinde kesit güç tükenmesine erişir. Sünek olmayan bu davranış, kesitlerde denge altı donatı kullanılarak önlenabilir.



Şekil 3.8. Basit eğilme etkisindeki kiriş kesitinde moment-eğrilik bağıntısı

Sünek davranış gösteren denge altı donatılı kesitlerdeki tipik $M - \phi$ değişimi Şekil 3.8.de gösterilmiştir. Burada ilk kırıklık (A) çekme bölgesinde çatlakların meydana gelmesine ve ikinci kırıklık da (B) çekme donatısının akmasına karşı gelmektedir. En son noktada da (D) beton ezilmekte veya varsa basınç donatısı burkulmaktadır.

Eğilme etkisindeki bir betonarme kesitte süneklik, kesitin dayanımında önemli bir azalma meydana gelmeden oluşan en büyük eğriliğin, çekme donatısında akmanın meydana geldiği durumdaki eğriliğe oranı olarak $\mu = \phi_u / \phi_y$ tanımlanabilir. Güç tükenmesi durumunun, betonun en büyük birim kısalmasını yapmasıyla ortaya çıktığı kabul edilirse, bu duruma karşı gelen eğrilik için $\phi_u = \varepsilon_{cu} / x_u$ yazılabilir. Kesitte sargı

donatısının bulunması ε_{cu} betonun en büyük birim kısalmasını büyüteceği için sünekliği de artırır. Bunun gibi, dikdörtgen kesite göre, tablalı kesitte gerekli basınç bölgesi yüksekliği azalacağı için süneklik de artacaktır.

TABLO 3.5 - SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK KİRİŞLERLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR (ŞEKİL 3.9)

Tanım	TS500	Yönetmelik
$\min b_w$	200mm	250mm
$\max b_w$	kolon genişliği + h	kolon genişliği + h
$\min h$	300mm ; 3 h_f	300mm ; 3 h_f
$\max h$	—	$l_n / 4$; 3.5 b_w
$\min l_c$	—	2 h
$\min l_2$	—	$l_n / 4$
$\min (l_{b1} + l_{b2})$	—	l_b ; (0.4 $l_b + 12 \phi$) ; 50 ϕ ($l_{b2}=0$ ise)
$\min l_3$	—	l_b
$\max s$	$d / 2$; 300mm	—
$\max s_c$	$d / 4$; 8 ϕ_l ; 150mm	$h / 4$; 8 ϕ_l ; 150mm
$\min \rho_1$	—	f_{ctd} / f_{yd}
$\min \rho_2$	0.8 f_{ctd} / f_{yd}	—
$\max \rho_1$; $\max \rho_2$	0.85 ρ_b ; 0.02	0.02
$\min \rho_1'$	$\rho_2 / 3$	0.5 ρ_1 (1. ve 2.) ; 0.3 ρ_1 (3.ve 4.deprem bölgesinde)
$\min \rho_2'$	—	$\rho_1 / 4$
$\min \phi_l$	—	12mm
$\min \phi_h$	—	8mm

Tasarım eksenel kuvveti

$$N_d \leq 0.1 A_c f_{ck} \quad (3.1)$$

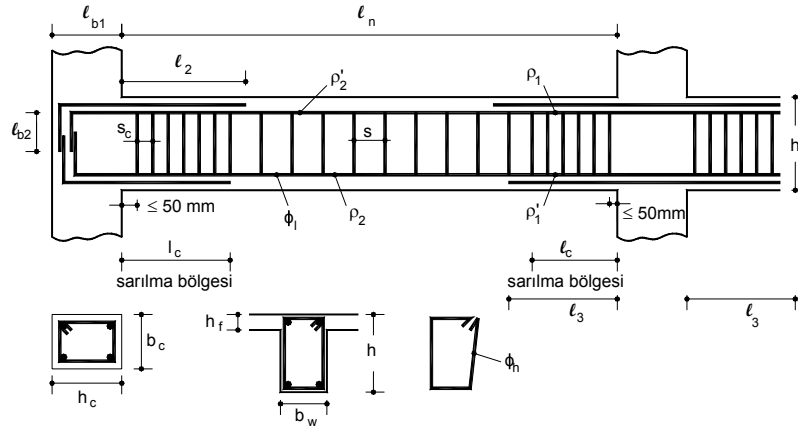
olan ve esas olarak eğilme momenti taşıyan elemanlar kiriş olarak kabul edilir. Kirişler sünekliklerine göre iki kısımda gözönüne alınır.

Kesme kuvvetinin karşılanmasında kiriş boyunca yayılı olarak bulunan eğik çekme gerilmelerinin bazı kesitlerde toplanarak pilye ile karşılanması ek çatlamalara ve gerilme yığılmalarına sebep olur. Ayrıca, kesme kuvvetinin yön değiştirmesi durumunda pilye kullanılması uygun olmadığı için, kesme kuvvetinin karşılanmasında sadece etriye kullanılması tavsiye edilir.

3.3.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kirişler

Süneklik düzeyi yüksek kirişlerle ilgili uyulması gerekli koşullar Tablo 3.5.de verilmiştir. Tabloda $\min b_w$, $\max b_w$, $\min h$ ve $\max h$ için verilen koşullar sadece kolonlarla moment aktaracak şekilde birleşerek çerçeve oluşturan kirişler için geçerli olup, bir ana kirişe mesnetlenen ikincil kirişlerde uyulması zorunlu değildir. Kirişin yüksekliği serbest

açıklığın dörtte biri ile üstten sınırlandırılmıştır. Bu değerden büyük kirişler yüksek kiriş türünden davranış göstereceği için, gövde donatısı önem kazanır. Bu durumda kiriş gövdesinin her iki yüzündeki gövde donatısının toplam alanı, sağ ve sol mesnet kesitlerinde üst ve altta bulunan donatı alanları toplamının %30 undan az olmamalıdır. Böylece bulunan gövde donatısı çapı 12mm den küçük, aralığı 300mm den fazla olmamalı ve bunların kenetlenmesi boyuna donatılarda olduğu gibi sağlanmalıdır.



Şekil 3.9. Kirişlerle ilgili konstrüktif kurallar (Tablo 3.5)

Kiriş kesitlerinin alt ve üstünde en az $2 \phi 12$ donatısı bulunmalıdır. Deprem etkileri, açıklık ve mesnette düşey yüklerden meydana gelen momentin işaretini değiştirebileceği için, mesnette belirli bir pozitif ve açıklıkta belirli bir negatif moment kapasitesinin bulunması donatı oranlarına konulan koşullarla sağlanmaya çalışılmıştır (Tablo 3.5). Deprem yükleri altında kirişlerin mesnet bölgeleri, işaret değiştiren ek eğilme momentleri nedeniyle daha çok zorlanır. Kiriş alt donatıları, kolon yüzünden komşu açıklığa en az kenetlenme boyu kadar uzatılmalıdır. Geniş kirişlerde etriye kol sayısı artırılarak iç çatlakların sınırlandırılması ve kirişin her kesitinde bir minimum pozitif ve negatif moment kapasitesinin sağlanması için, donatı oranları üzerine konulan sınırlar da öngörülen kurallar arasındadır. Etriyelerin konulmaması veya kancalarının yeterli kenetlenme boyuna sahip olmaması, özenle yapılmış olan kesit hesaplarının anlamını kaybetmesine sebep olabilir. Bu nedenle boyuna ve enine donatı düzenine gösterilecek özen her zaman yerini bulur. Kiriş ile kolon arasındaki yük aktarımının sağlanmasında kesiti küçük olan aktarımda etkili olur. Örneğin, Şekil 3.18.de gösterildiği gibi geniş bir kirişin dar bir kolona mesnetlenmesi durumunda kuvvet çizgileri kolona yaklaştıkça yoğunlaşarak çalışan kiriş genişliğinin b_w den küçük olmasına sebep olur. Bu ise kesit hesaplarında genel olarak gözönüne alınmayan ek etkileri doğurur. Bu nedenle Tablo 3.1.de en büyük kiriş genişliği için bir sınırlama mevcuttur. Kirişlerin kolonlarla olan birleşim bölgeleri taşıyıcı sistemin önemli bölgelerindendir. Bu bölgelerde betonun dayanımını ve sünekliğini arttırmak için, Şekil 3.9.da gösterildiği gibi tanımlanan ℓ_c boyundaki kiriş sarılma bölgelerinde sargı donatısı kullanılır. Bu sarılma bölgelerinde bindirme eki yapılmamasına çalışılmalıdır. Bu bölgede bindirme ekinin zorunlu olduğu durumlarda aralığı $h/4$ ve $100mm$ yi geçmeyen etriyelerle sarılarak ek yapılabilir. Şekil 3.9.da verilen sayısal değerlerle, donatının kenar mesnette kenetlenmesi, üst ve alt ek donatıların moment diyagramını örtecek şekilde uzatılması sağlanmaktadır.

Kirişlerin kolonlara birleştiği yerde, kiriş alt donatıları kolon yüzünden itibaren komşu açıklığa ℓ_b kenetlenme boyu kadar uzatılmalıdır. Kenar kirişlerde de donatının kolon içindeki yatay ve düşey bölümleri Şekil 3.9.da verilen değerleri sağlamalıdır. Eğer kiriş bir perdeye düzlemi içinde bağlanıyorsa, donatı kenetlenme boyu ℓ_b ve 50ϕ den az olmamalıdır.

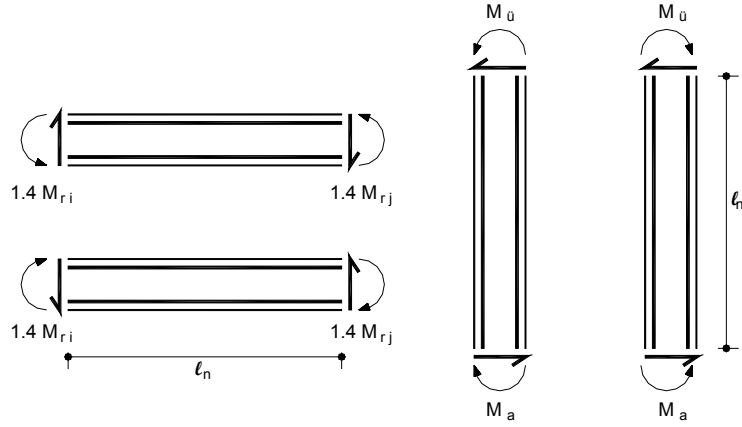
Binaların depreme göre boyutlandırılmasında basitleştirme amacıyla çeşitli kabuller yapılır. Bir yandan deprem etkisinin karmaşık ve belirsiz olması ve diğer yandan taşıyıcı sistemin çözümü için gerekli olan basitleştirmeler, bu kabulleri zorunlu kılar. Bunun sonucu olarak, bazı önemli ayrıntılar gözden kaçabilir. Bunları önlemek amacıyla yönetmelikte konstrüktif kurallar konulmuştur. Bu kuralların bir kısmı, daha önce meydana gelen depremlerin, yapılarda meydana getirdiği etkinin incelenmesi ile ortaya çıkmıştır. Bazı durumlarda da, ilgili etkilerin hesaplanmasının karmaşık olması, konstrüktif tedbirlerin alınmasını zorunlu kılar.

Yeni yapılan binaların taşıyıcı sistem çözümlemelerinde brüt kesit atalet momenti ve mevcut binaların güvenliklerinin değerlendirilmesinde çatlamış kesit atalet momenti kullanılır. Yeni binalarda kendi düzlemleri içinde perdelere bağlanan kirişlerde atalet momenti çatlama gözönüne alınarak azaltılabilir. Deprem bölgelerinde yapılacak binalarda C20 den daha düşük kalitede beton kullanılamaz. Süneklik düzeyi normal betonarme yapı elemanlarında düşey yük etkilerinden ve deprem yüklerinden oluşan etkilerin birleştirilmesi sonucu elde edilen değerler esas alınarak kesit hesabı yapılır. Buna karşılık süneklik düzeyi yüksek sistemin elemanlarında, güç tükenmesi durumunun kontrol edilmesi amacıyla kapasite tasarımı ilkeleri kullanılır.

Süneklik düzeyi yüksek kirişlerde tasarıma esas olan kesme kuvveti; kirişin iki ucundaki eğilme momenti kapasiteleri M_{ri} ve M_{rj} ile düşey yük basit kiriş kesme kuvveti V_{dy} kullanılarak

$$V_e = V_{dy} \pm 1.4 \frac{M_{ri} + M_{rj}}{l_n} \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanacaktır (Şekil 3.10). Bu suretle aşırı büyük yüklerde kirişte gevrek kesme kuvveti güç tükenmesi yerine, sünek eğilme momenti güç tükenmesi meydana gelmesi sağlanır. Kiriş uçlarındaki moment kapasiteleri hesaplanırken beton ve donatının hesap gerilmeleri kullanılmalıdır. Ancak, donatıdaki pekleşmeyi gözönüne almak ve sünek güç tükenmesinin güvenli bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamak amacıyla (3.2) de kiriş uç kesitlerinin eğilme momenti kapasiteleri %40 oranında arttırılmıştır. Kirişte kesme kuvvetinin meydana getireceği eğik basınç gerilmelerinin oluşturabileceği gevrek güç tükenmesinin de önlenmesi amacıyla, tasarım kesme kuvvetinin üst sınırı



Şekil 3.10. Kiriş ve kolon uç kesitlerinde eğilme momenti kapasitesine uygun kesme kuvveti

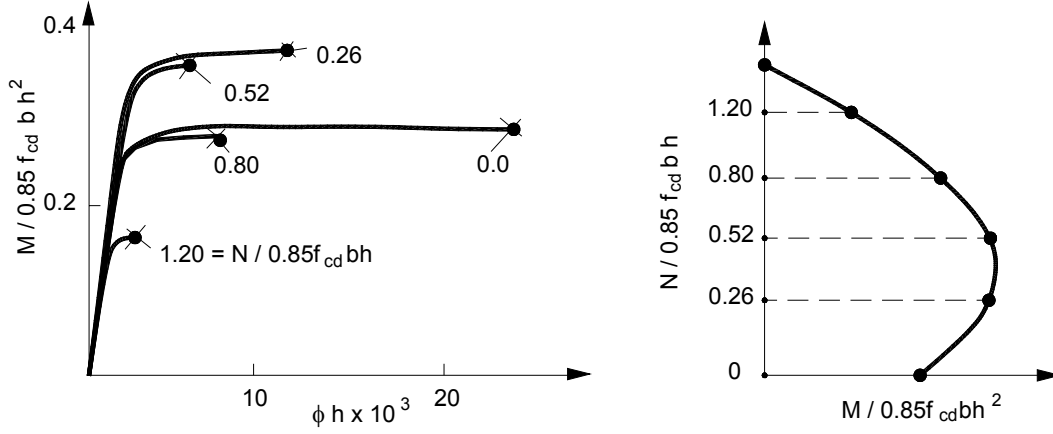
$$V_e \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (3.3)$$

olarak verilmiştir. Kiriş boyunca kesme kuvvetinin sürekli yayılı bulunması ve deprem yükü yön değiştirdiğinde işaret değiştirmesi nedeniyle, bu etkinin pilye gibi bazı kesitlerde yoğunlaşmış ve bir yönlü kesme kuvveti taşıyabilen donatı ile alınmasına deprem bölgelerinde izin verilmez. Kesme kuvveti donatısı olarak sadece kiriş boyunca yayılı yerleştirilen etriye kullanılması gereklidir. Bunun yanında kirişlerde kesme kuvvetinin karşılanması, depremin yön değiştiren ve tekrarlı bir etki olduğu göz önüne alınarak, depremin etkili olduğu $V_e - V_{dy} \geq 0.5 V_d$ durumunda, betonun katkısı olmadığı kabul edilecektir. Buna karşılık, depremin daha az etkili olduğu $V_e - V_{dy} < 0.5 V_d$ durumunda ise, TS500 de verilen kurallar uygulanacaktır. Burada V_d kesme kuvveti $G + Q + E$ etkilerinden ortaya çıkan kesit etkisidir.

Deprem gibi bir yatay yük altında bir çerçevenin moment diyagramı incelenirse, kirişlerin mesnet bölgelerinin en çok zorlanan kısımlar olduğu anlaşılır. Bu nedenle kolon yüzünden itibaren kiriş yüksekliğinin iki katı kadar uzunluktaki bölge Sarılma Bölgesi olarak adlandırılır ve sargı donatısı kullanılır (Tablo 3.5). Böylece sargı donatısının oluşturacağı enine basınç gerilmeleri ile betonun dayanımı ve özellikle sünekliği artırılır.

3.3.2. Süneklik Düzeyi Normal Kirişler

Bu tür kirişler tasarım kesme kuvveti olarak, (3.2) ifadesi yerine, taşıyıcı sistemin deprem hesabından elde edilen değer kullanılır ve aynı şekilde pilyelerin katkısı göz önüne alınmaz. Bu suretle kesme kuvvetinin karşılanmasında kapasite tasarımı ilkesinin gözönüne alınmasına ihtiyaç olmayıp, kesme kuvveti donatısının hesabında $1.4 G + 1.6 Q$ ve $G + Q + E$ yüklemesi sonuçları etkili olmaktadır. Bunun yanında Tablo 3.5.de sarılma bölgesindeki etriye aralığı için verilen sınır $150mm$ den $200mm$ ye çıkarılmıştır. Bunun dışında yukarıda süneklik düzeyi yüksek kirişler için verilen diğer koşullar, süneklik düzeyi normal kirişler için de geçerlidir.



Şekil 3.11. Eğilme momenti ve eğrilik değişiminin normal kuvvet seviyesine olan bağılılığı

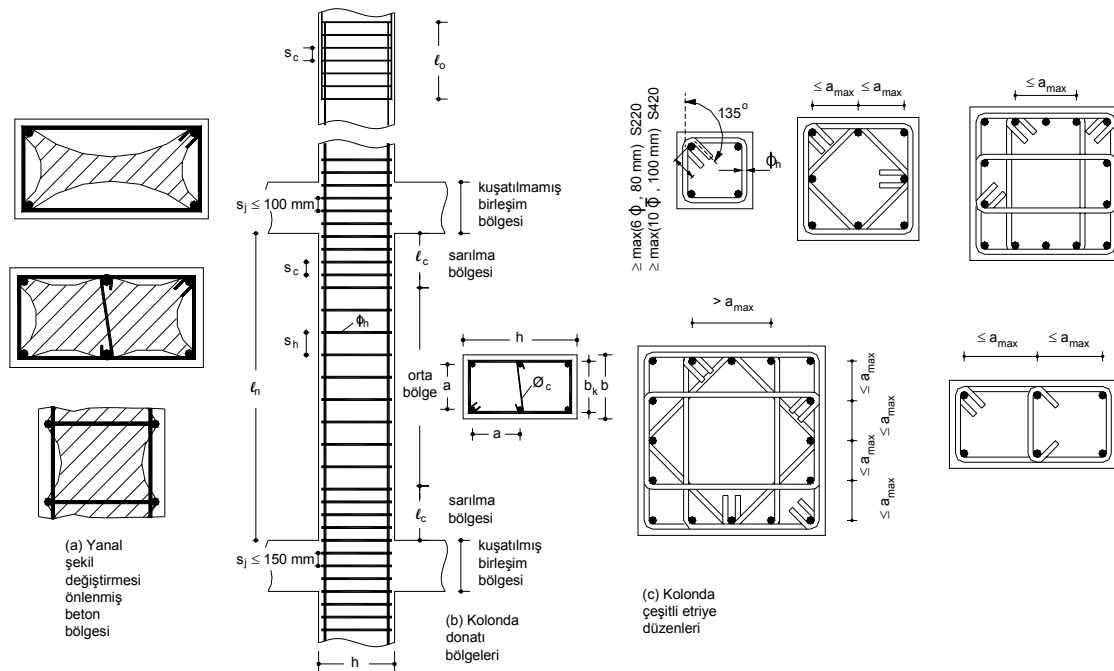
3.4. KOLONLAR

Binalarda genellikle oluşturulan çerçevenin düşey taşıyıcıları kolon olarak isimlendirilir. Ancak bu tanım, normal kuvvetin eğilme momentine göre daha etkin olduğu elemanlar kolon olarak kabul edilerek genelleştirilebilir. Deprem hareketinin her iki doğrultu ve yönde meydana gelmesi nedeniyle, genellikle kolonlar eksenlerine göre simetrik donatılır. Deprem sırasında, kolonlardaki basınç kuvvetinde genellikle küçük artma ve azalma görülür. Buna karşılık depremden meydana gelen eğilme momenti, düşey yüklerden oluşan eğilme momentinden daha çok etkili olabilir. Şekil 3.11.de bir kesitte moment-eğrilik değişimi değişik normal kuvvet değerleri için gösterilmiştir. Verilen karşılıklı etki diyagramından da görüldüğü gibi, basit eğilmeden başlayarak belirli bir normal kuvvet değerine kadar normal kuvvet değeri ile kesitteki basınç bölgesi büyüdüğü için, kesitin eğilme kapasitesi de artar. Ancak, normal kuvvetin artmaya devam etmesi eğilme momenti dayanımı azalmaktadır. Buna karşılık, Şekil 3.11.deki, normal kuvvet artarken, güç tükenmesi durumundaki eğrilik dolayısıyla süneklik sürekli bir şekilde azalır. Genel olarak eğilme momenti yanında normal kuvvetin bulunması sünekliği azaltır. Kolon gibi, normal kuvvetin bulunduğu elemanlarda kesit büyütülerek dolayısıyla gerilme düşürülerek bu olumsuz durum bir ölçüde giderilmeye çalışılır.

Kolonlar ve özellikle kirişler, eğilme momenti etkisi yanında kesme kuvveti etkisinde bulunur. Eğilme donatısında dengeli donatının altında kalarak ve sargı donatısı kullanarak, eğilme momenti güç tükenmesinin sünek biçimde ortaya çıkmasını sağlamak mümkündür. Ancak, kesme kuvveti taşıma gücünün aşılması ile ortaya çıkan güç tükenmesi genellikle sünek değildir. Bu nedenle boyutlandırmaya esas olandan daha büyük deprem zorlaması durumunda ortaya çıkacak güç tükenmesinin sünek olması için, elemanın kesme kuvveti dayanımının eğilme dayanımından daha büyük tutulması gerekir. Kesit eğilme hesaplarında, konstrüktif nedenlerle veya hesaplanan donatı alanının tam karşılığı bulunamadığı için, daima hesapta bulunandan daha fazla donatı konulur. Bu nedenle kesitin eğilme momenti kapasitesi, hesap eğilme momentinden fazla olur. Ayrıca, donatıdaki pekleşme de kapasitenin artmasına sebep olur. Kullanılan güvenlik katsayılarının da gerçek kapasiteyi düşük gösterdiği unutulmamalıdır. Bu nedenlerden dolayı kesme kuvvetinin karşılanmasında

kullanılacak donatının, hesap kesme kuvveti yerine elemanın uç kesitlerinin eğilme momenti kapasiteleri ve açıklık üzerinde mevcut yükler de gözönüne alınarak hesaplanması gerekir. Bu suretle, elemanın kesme kuvveti kapasitesi eğilme kapasitesinden daha büyük tutularak sünek olmayan kesme kuvveti güç tükenmesinin meydana gelmesi önlenmiş olur. Kolonların uç eğilme momenti kapasitelerinin hesaplanmasında kesitteki oluşacak normal kuvvetin de gözönüne alınması gerekir.

Çerçevevi yapılarda depremden meydana gelen eğilme momenti, kolonda doğrusal bir değişim göstererek, kolon alt ve üst uçlarını daha fazla zorlar. Kolonlarda betonda basınç gerilmeleri etkin olduğu için, betonun yanal şekil değiştirmesinin sınırlandırılması ile hem beton basınç dayanımında ve hem de süneklikte önemli artış sağlamak mümkündür. Bu amaçla bu bölgelerde sargı donatısı kullanılır. Bu donatı ile özellikle aşırı deprem etkisinde plastik mafsallın meydana gelebileceği bu bölgelerde belirli bir normal kuvvet altında kesitte dönme meydana gelirken erişilen eğilme momenti değerinde önemli bir değişiklik meydana gelmeden sünek kesit davranışının oluşması amaçlanır. Kolonlarda güç tükenmesine genellikle betonun davranışı etkili olduğu için, kolonun davranış eğrisinde beton belirleyici olur. Sarılma bölgelerinde yanal şekil değiştirmenin sınırlandırılması kolonun hem dayanımını ve hem de sünekliğini artırır. Bu bölgelerin büyütülmesi için, sargı donatısının sık olması ve geniş kolonlarda çiroz kullanarak köşelerin oluşturulması önemlidir (*Şekil 3.12.a*). Ancak, betonun kolay yerleştirilmesini önleyecek ve içinde boşluk kalmasına sebep olacak sıklıktaki enine donatı düzeninden kaçınılmalıdır.



Şekil 3.12. (a) Yanal şekil değiştirmesi önlenmiş beton bölgesi, (b) Kolonlarda donatı bölgeleri ve (c) Kolonlarda çeşitli etriye düzenleri

**TABLO 3.6 - SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK KOLONLARLA İLGİLİ
KONSTRÜKTİF KURALLAR (ŞEKİL 3.12)**

<i>Tanım</i>	<i>TS500</i>	<i>Yönetmelik</i>
--------------	--------------	-------------------

$\max N_d$	$0.6 f_{ck} A_c$	$0.5 f_{ck} A_c$
$\min b$	250mm	250mm
$\max (h / b)$		7.0
$\max a$	300mm	$25 \phi_h$
$\max s_o$	200mm ; $12 \phi_l$	200mm ; $b / 2$; $h / 2$
$\min s_o$	–	50mm
$\max s_c$	–	100mm ; $b / 3$; $h / 3$
$\max s_{cj}$	–	150mm (kuşatılmış) ; 100mm (kuşatılmamış)
$\max l_c$	–	500mm ; h ; b ; $l_n / 6$
$\min \phi_h$; $\min \phi_c$	$\phi_l / 3$	8mm
$\min \rho_{toplam}$	0.01	0.01
$\max \rho_{toplam}$	0.04	0.04
$\min A_s$	4 $\phi 14$	4 $\phi 16$ veya 6 $\phi 14$
$\min A_c$	-	75000mm ²
\min dışmerkezlik	0.1 h ; 25mm	–

Deprem etkisinden meydana gelen kesme kuvvetinin, düşey yüklerden meydana gelenden daha etkili olduğu durumda, kesitteki kesme kuvveti dolayısıyla betonda oluşan basınç ve çekme gerilmeleri yön değiştirecektir. Çekme gerilmeleri altında çatlayan beton eleman basınç gerilmesi taşıyabilirse de, deprem etkisinin önemli olduğu böyle durumlarda, kesme kuvvetinin taşınmasında betonun katkısının gözönüne alınmaması tavsiye edilir.

Kolonlar, normal kuvvetin eğilme momentine göre daha etkili olduğu elemanlar olup, hesap eksenel kuvveti

$$N_d \geq 0.1 A_c f_{ck} \quad (3.4)$$

bağıntısını sağlayan olarak tanımlanır. Kolonlar sünekliklerine göre iki kısımda gözönüne alınır.

3.4.1. Süneklik Düzeyi Yüksek Kolonlar

Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda Tablo 3.6.da verilen koşullara uyulması gerekir. Kolon donatıları bindirmeli ekleri, mümkün olduğunca kolon orta bölgesinde yapılmalı ve ℓ_b kenetlenme boyu sağlanmalıdır. Bindirme eklerinin yarısından azının (fazlasının) kolon alt ucunda yapılması durumunda, kenetlenme boyu %25 (%50) arttırılmalıdır. Kattan kata kolon kesitin değişmesi nedeniyle üst kat kolonu içinde kenetlenemeyen donatı, kiriş veya döşeme içine en az 40 ϕ ve 1.5 ℓ_b sokularak kenetlenmelidir.

Süneklik düzeyi yüksek kolonlarda, kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulunun sağlanmasına (sağlanmamasına) bağlı olarak, tasarıma esas olan kesme kuvveti; kiriş (kolon) kesitlerinin kapasitelerine erişmesi kabulü ile elde edilir. Bu durumda kolonlarda $M_{\ddot{u}} = 1.4 M_{r\ddot{u}}$ ve $M_a = 1.4 M_{ra}$ kolon uç kesit eğilme momenti kapasiteleri kullanılarak

$$V_e = \frac{M_{\ddot{u}} + M_a}{l_n} = 1.4 \frac{M_{r\ddot{u}} + M_{ra}}{l_n} \quad (3.5)$$

tasarıma esas olan kesme kuvveti bulunur (Şekil 3.10). Kolonlarda da, kirişte olduğu gibi, kesme kuvveti sonucu meydana gelen eğik basınç gerilmelerinin oluşturabileceği gevrek güç tükenmesinin de önlenmesi amacıyla, tasarım kesme kuvvetinin üst sınırı

$$V_e \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (3.6)$$

ifadesi ile verilmiştir. Kolonlar donatı düzeni bakımından Kolon Orta Bölgesi ve Kolon Sarılma Bölgesi olarak ikiye ayrılır (Şekil 3.12.b). Kolon sarılma bölgelerinde $V_e \geq 0.5 V_d$ ve aynı zamanda $N_d \leq 0.05 A_c f_{ck}$ olması durumunda, betonun katkısı alınmayacaktır. Deprem etkisinde daha fazla zorlanan sarılma bölgesinde aşağıda verilen ek koşulların sağlanması gerekir.

*Kolon Sarılma Bölgesi'*nde sargı donatısı ile oluşturulacak yanal basınç gerilmeleri ile betonun dayanımı ve sünekliğin artırılması amaçlanır (Şekil 3.12.b ve Tablo 3.6). Kolonlarda $N_d > 0.20 A_c f_{ck}$ ise, sargı donatısının yanal şekil değiştirmeyi yeterli düzeyde sınırlandırabilmesi için,

$$\frac{A_{sh}}{s b_k} \geq 0.30 \left[\left(\frac{A_c}{A_{ck}} \right) - 1 \right] \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad \frac{A_{sh}}{s b_k} \geq 0.075 \frac{f_{ck}}{f_{ywk}} \quad (3.7)$$

koşullarını sağlaması öngörülmüştür. Burada, f_{ywk} etriye donatısının karakteristik akma gerilmesi, A_c brüt beton kesit alanı, A_{ck} etriye içinde kalan beton alanı ve A_{sh} kesit yüksekliğine paralel kabul edilen deprem doğrultusunda kolon eksen boyu s aralığı ile bulunan tüm etriye kollarının en kesit alanıdır. Etriyelerin deprem doğrultusu ile açı yapması durumunda, etriye alanı açının kosinüsü ile azaltılarak A_{sh} alanına dahil edilecektir. Eğer $N_d < 0.20 A_c f_{ck}$ ise, yukarıda öngörülen enine donatının 2/3 oranında yerleştirilmesi öngörülmüştür. *Kolon Orta Bölgesi'*nde ilgili koşullar Şekil 3.12.b ve Tablo 3.6.da gösterilmiştir.

Süneklik düzeyi yüksek bir kolon, taşıyıcı sistemin durumu nedeniyle veya kolonlar arasında bırakılan boşluk nedeniyle kısa kolon durumuna girerse, kapasite tasarımı esas alınarak hesaplanıp karşılanacak kesme kuvvetinde ℓ_n kısa kolon boyu olarak alınır. Kısa kolon boyunca, kolonların sarılma bölgeleri için öngörülen minimum etriye ve yerleştirme koşulları uygulanır. Dolgu duvarları arasında kalarak kısa kolon durumuna gelen kolonlarda, enine donatılar tüm kat yüksekliğinde devam ettirilir.

3.4.2. Süneklik Düzeyi Normal Kolonlar

Bu tür kolonlarda tasarım kesme kuvvetinin, kiriş veya kolon kesitlerinin eğilme momenti kapasitelerinden hareketle hesaplanması gerekir. Bunun yerine, tasarım kesme kuvveti olarak, taşıyıcı sistemin deprem hesabından elde edilen değer kullanılır. Kesme kuvvetinin karşılanmasında kapasite tasarımı ilkesinin gözönüne alınmasına ihtiyaç olmayıp, $1.4 G + 1.6 Q$ ve $G + Q + E$ yükleme sonuçları esas alınır. Tasarım kesme

kuvvetinin üst sınırı için verilen (3.5) şartı bu tür kolonlar için de geçerlidir. Kesme kuvvetinin karşılanması, betonun katkısı, normal kuvvetin etkisi de göz önüne alınarak, TS500 de öngörüldüğü gibi hesaba alınacaktır.

Kolon Sarılma Bölgesi'nde sargı donatısı aralığı orta bölge için hesaplananın yarısı kadar olacaktır. *Kolon Orta Bölgesi*'nde kesme kuvvetinin karşılanması TS500 de verilen ilkeler kullanılacak ve etriye aralığı 200mm yi geçmemesi öngörülmüştür.

Bütün deprem bölgelerinde, süneklik düzeyi normal ve yüksek olan kolonlarda etriyelerinin 135° kıvrılarak beton içinde kenetlenmelerine özen gösterilmelidir (Şekil 3.12.c).

3.5. PERDELER

Yüksek binalarda yatay yüklerin karşılanmasında ve yatay yerdeğiştirmenin sınırlandırılmasında perdeler etkili bir şekilde, çerçevelerle beraber veya bağ kirişleriyle birleşen perde grupları halinde de kullanılırlar. Plandaki yerleri ve geometrileri genellikle mimari fonksiyonlarının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu nedenle davranışları ve çözümlemeleri değişiklikler gösterir. Perdeler, yüksek binalarda, dayanım yanında yanal yerdeğiştirmeyi sınırlaması yönünden de tercih edilir. Büyük depremlerde, perdeler plastik şekil değiştirmelerle yatay kuvvetlerin dinamik etkisine karşı koyar. Özenli bir şekilde düzenlenen perdeler, taşıyıcı sistemin toplam göçmesini önledikleri gibi, yapısal olmayan hasarların sınırlandırılmasında da etkili olurlar.

Tek başına bulunan bir perde betonarme konsol kolon gibi davranır. Ancak, perdenin ince kesiti yanal burkulma tehlikesini hatıra getirirse de, genellikle çok katlı binadaki döşemeler perdede yeterli bir yanal rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi ortadan kaldırırlar. Perdelerde yatay yüklerden eğilme momenti ve kesme kuvveti oluşurken, düşey yüklerden normal kuvvet meydana gelir. En çok zorlanan kesit tabanda olup, eğilme momenti ve normal kuvvet etkileşimi gözönüne alınarak boyutlandırılır. Böyle bir hesapta perdenin gövde donatılarının hesaba katılması ekonomik sonuç verebilir. Perdenin yatay yükleri karşılaması bakımından, kat döşemelerine olan bağlantısı ve tüm yükü zemine iletmesi için yeterli temel düzeni sağlanmalıdır.

Perdeler kolonlara göre rijitliklerinin büyük olması nedeniyle yatay yüklerin önemli bir kısmını karşılarlar ve kesitlerinde önemli eğilme momenti meydana gelir. Buna karşılık kolon ve perdeler civarında bulunan açıklıkların birbirinden çok farklı olmaması normal kuvvetlerinin birbirine yakın olarak oluşmasına sebep olur. Sonuç olarak, deprem etkisinde kolon kesitlerinde normal kuvvet ve eğilme momenti aynı ölçüde etkili olurken, perde kesitlerinde esas olarak eğilme momenti etkili olur. Bu durum kolon ve perde temellerine de aynı şekilde yansır. Düşük normal kuvvet nedeniyle perde temellerinin, komşu kolonlarla birleştirilerek düzenlenmesi uygundur. Eğer perde bir binaya sonradan güçlendirme maksadıyla ilave edilmişse, perdenin normal kuvveti, sadece daha sonra gelecek hareketli yüklerden oluşacağı için, perde temelini genişletilerek komşu kolon temelleri ile bütünleşmesi gerekir. Bu suretle kolonların normal kuvvetlerinden faydalanılarak temeldeki normal kuvvet dış merkezliği azaltılır. Bunun yanında perde kesitinin küçültülerek, kolon kesitlerinin büyütülmesi ile de, perdede meydana gelen deprem momentinin azaltılması da bazı durumlarda, perde temelini düzenlenmesinde ortaya çıkan zorluğun yenilmesindeki çözümün bir parçası olabilir.

Perdelerde bırakılan boşluklardan veya iki perdenin bağ kirişleri ile birleştirilmesinden beraber çalışan perde duvarları meydana gelir. Perde ile bağ kirişlerin rijitliklerinin birbirinden çok farklı olması, normal çerçeve çözümlemesinde gözönüne alınmayan etkilerin hesaba katılmasını gerektirir. Yeniden uyum kuralı kullanılarak perdelerde denge denklemini sağlamak şartı ile eğilme momenti değiştirme oranının % 30 u aşmaması, perdede çatlakların kabul edilebilir düzeyde kalmasını sağlar. TS500 de bu uyum kirişler için %15 ile sınırlandırılmıştır. Perde bağ kirişlerinin boyutlamasında elde edilen sürekli kesme kuvveti değişimi yerine kademeli bir değişim de kullanılabilir. Ancak, böyle bir değişiklikte bağ kirişlerinin kesme kuvvetlerinin yükseklik boyunca toplamının her iki durumda da eşit olmasına dikkat edilmelidir. Böylece düşey denge zedelenmemiş olur. Perdenin herhangi bir kesitindeki normal kuvvet, daha yukarıda bulunan bağ kirişlerinin kesme kuvvetlerinin toplamından ve düşey yükten oluşur.

Perdeler arası bağ kirişleri ayrıca iki perde sisteminin rijitliğini arttırarak yanal yerdeğiştirmeleri azaltır. Bağ kirişinin rijitliğinin arttırılması ile bağ kirişinde eğilme momentleri büyürken, perdeler arası etkileşim de artar ve perde kesitlerinde meydana gelen normal kuvvetle daha büyük momentin taşınması mümkün olur. Ancak, rijitliğin arttırılması ile periyodun da azalacağı ve deprem yüklerinin artabileceği unutulmamalıdır. Perdeler arası etkileşim bağ kirişleri yanında döşeme tarafından da sağlanır. Perdeler konsol kiriş davranışından dolayı, üst katlarda çerçevelere göre daha fazla yerdeğiştirme ve dönme yapar.

İki perdeli sistemde mesnet bölgelerinin akma durumuna erişmesiyle dayanımın sonuna gelmiş olur. Perdelerden hangisinin daha önce akma durumuna geleceği elemanların birbirine göre olan rijitliklerine bağlıdır. Bu duruma gelinceye kadar mevcut süneklik ile deprem enerjisinin karşılanması büyük hasarı önler. Bunun için ilk önce bağ kirişlerinin büyük bölümünün güç tükenmesi durumuna gelmesi tercih edilir. Böylece, perdelerin mesnet kesitleri daha güç tükenmesine gelmeden yükün büyük bir kısmı karşılanmış ve perdelerde önemli hasar meydana gelmemiş olur. Gerçekte de perdeler konsol davranışı gösterdiği için, üst katlarda deprem kuvvetleri altında perdede büyük dönme, bağlanan kirişlerde büyük eğilme momentleri meydana gelir. Ancak, eğilmenin hakim olduğu üst kat bağ kirişlerinde tekrarlı ve yön değiştiren yüklemeden dolayı bu kesitlerin plastikleşmesi ve önemli rijitlik kaybı söz konusudur. Bağ kirişlerinde donatının akması, çatlamların oluşması veya hasar meydana gelmesi durumu taşıyıcı sistemin bütününe etkilemez ve kolayca onarılabilir. Bu kirişlerin çatlayacakları gözönüne alınarak atalet momentlerinde bir azaltma yapılması ve bu suretle gelen etkilerin de azaltılması mümkündür. Ancak, bu durumda perdede oluşacak normal kuvvet de azalacağı için, perdeler arası etkileşim zayıflar. Aşırı azaltılma durumunda, perdeler sadece aynı yatay yerdeğiştirmeyi yaparak birbiriyle etkileşirken, yatay kuvvetin karşılanmasında sadece kesit atalet momentleri etkili olur.

Tünel kalıp sistemine göre inşa edilen binalar çok rijit olup, deprem kuvvetinin tamamı perdeler tarafından taşınır. Bu tür taşıyıcı sistemlerin yatay yük taşıma güçleri çok yüksektir. Ancak, kritik kesitleri sadece perdelerin temelle birleştiği kesit olduğu için, süneklikleri sınırlıdır. Perdelerde boşlukların oluşturulması, taşıma güçlerini azaltırken, süneklikleri arttırır. Bu tür perdelerin çerçevelerle birleştirilmesiyle daha sünek taşıyıcı sistemler elde edilir. Sünek taşıyıcı sistemler, deprem etkisi altında daha fazla şekil değiştirirken kritik kesitlerinin sayısı da artar ve bu suretle elastik ötesi şekil değiştirmeler de büyür. Perdeler boşluklu da olsalar, çerçeve ile de beraber bulunsalar,

konsol kiriş şeklinde davrandıkları için kritik kesitleri mesnetleridir. Bu kesit mesnette bir bölge olarak ortaya çıkar ve kritik perde yüksekliği olarak adlandırılabilir bu boy perdenin plandaki uzunluğuna ve perde yüksekliğine bağlıdır. Kritik perde yüksekliği boyunca perdenin kalınlığının büyütülmesi ve uç bölgelerinin donatısının artırılması tavsiye edilir.

Yüksekliği az olan yapılarıdaki perdelerin yükseklikleri genişliklerinden daha küçük olabilir. Bu tür perdelerin davranışlarında kesme kuvveti eğilme momenti kadar etkili olur. Eğilme momenti ile kesme kuvveti etkisinin birbiri ile karşılıklı etkileşimde olduğu için, bu iki etkinin ayrı ayrı gözönüne alınması uygun olmaz. Yüksekliği az olan bu tür perdelerde eğilme momenti küçük olduğu için, düşey donatının kesit içinde düzgün dağıtılması tavsiye edilir. Bu tür perdelerin eğilme ve kesme kuvveti dayanımı genellikle büyük olduğu için, davranışları elastik bölgede kalır ve konstrüktif donatı yeterli olur.

Uygun düzenlenen perdeler ekonomik ve etkili yatay rijitleştirici elemanlardır. Kuvvetli depremde çok katlı binalarda önemli hasarlara sebep olan göreceli kat yerdeğiştirmelerini azaltır. Birbirine bağ kirişleriyle kat seviyelerinde bağlı birden fazla perde de beraberce kullanılabilir. Bu tür sistemlerde bağ kirişlerinde meydana gelen hasarlarla deprem enerjisinin önemli bir kısmı karşılanır. Bağ kirişi hasarı, perdede meydana gelecek hasara göre çok daha kolay onarılabilmesi yönünden tercih edilir.

Perdeler planda uzun kenarının kalınlığına oranı en az 7 olan düşey taşıyıcı elemanlar olarak kabul edilir. Eğilme etkisindeki perdelerde kesit uçlarında büyük gerilmeler meydana gelir. Bu nedenle perde uç bölgeleri oluşturulur ve bu bölgeler, boyuna donatı ve etriye bakımından, kolon kesitine benzer düzenlenir. Konsol kirişe benzer davranış gösteren perdelerin temele birleşen bölümü en çok zorlanan bölgesidir. Bu nedenle temel üstünden itibaren toplam perde yüksekliğinin belirli bölgesi perde kritik bölgesi olarak tanımlanır ve bu bölgede kesit ve donatı için daha ağır koşullar sözkonusu olur. Perdelerde yeterli bir sünek davranışın sağlanması için yeter derecede sık olan düşey ve yatay donatıya ihtiyaç vardır.

3.5.1. Süneklik Düzeyi Normal Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek ve normal perdelerin düzenlenmesinde boyut ve kesit bakımından Tablo 3.7.de verilen koşullara uyulması gerekir. Perdeler konsol kiriş gibi davrandığı için temele birleşen bölgeleri daha çok zorlanır. Genişliği ℓ_w ve yüksekliği H_w olan bir perdede

$$2 \ell_w \geq H_{cr} \geq \max (\ell_w; H_w / 6) \quad (3.8)$$

olarak tabandan ölçülen H_{cr} Kritik Perde Yüksekliği perdenin en çok zorlanan bölgesini oluşturur. Bu nedenle $H_w / \ell_w > 2$ olan yüksek perdelerde kritik perde yüksekliği boyunca perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/12 sinden az olmamalıdır. Bazı binalarda mimari istek nedeniyle veya seçilen taşıyıcı sistemin özelliği nedeniyle (tünel kalıp sistemiyle inşa edilen binalarda olduğu gibi) perde alanı büyükse, donatılarda azaltmaya gidilebilir. Bu tür, deprem yüklerinin perdelerle taşındığı binalarda

$$V_t / \sum A_g \leq 0.5 f_{ctd} \quad \sum A_g / \sum A_p \geq 0.002 \quad (3.9)$$

şartlarının beraberce sağlanması durumunda, perde kalınlığı kat yüksekliğinin 1/20'nden ve 150mm'den az olmamalıdır. Bu durumda boyuna ve enine toplam gövde donatılarının her birinin oranı 0.0015 değerine indirilebilir. Ancak bu durumda enine donatı aralığı 300mm'yi geçmeyecektir. Burada; V_t bina toplam taban kesme kuvvetini, ΣA_g deprem doğrultusundaki perdelerin alanlarının toplamını, ΣA_p binanın tüm katlarının plan alanlarının toplamını göstermektedir. Kritik perde yüksekliğince uç bölge boyu $\ell_{uç} = \max(0.2 \ell_w; 2 b_w)$ ve daha yüksekte $\ell_{uç} = \max(0.1 \ell_w; b_w)$ olacaktır. Perde uç bölgesinde Tablo 3.7'de 0.001 olarak öngörülen donatı oranı, kritik perde yüksekliği boyunca, 0.002 değerine çıkarılacaktır. Boyuna donatıların burkulmasının önlenmesi ve sünekliğin artırılması için, etriyelerin mesnetlenmemiş boyu çapının 25 katından fazla olmayacaktır. Kritik perde yüksekliği boyunca, perde uç bölgelerinde kolon sarılma bölgeleri için (3.7) ile belirlenen etriyenin 2/3'ü konulacaktır. Perdelerde kesitin kesme kuvveti kapasitesi nedeniyle ve kesme kuvveti etkisinde oluşan sünek olmayan güç tükenmesinin önlenmesi için, tasarım kesme kuvveti için üst sınır konulmuştur:

$$V_d \leq 0.65 f_{ctd} A_g + f_{yd} A_{sh} \quad V_d \leq 0.22 f_{cd} A_g \quad (3.10)$$

Burada; A_g perde brüt alanını ve $A_{sh} = \rho_h A_g$ perde yatay donatılarının toplam alanını göstermektedir.

Perdenin her iki yüzdeki gövde donatılarının karşılıklı bağlanması için, yatay donatı ile aynı çapta metrekarede 4 adet (kritik perde yüksekliğinde 10 adet) çiroz kullanılmalıdır. Perdelerin yatay donatıları uç elemanı içinde kıvrılarak kenetlenmelidir. Perde kesitinin boyutlandırılmasında $G + Q + E$ yükleme yanında, bazı durumlarda daha elverişsiz olabilen $0.9 G + E$ yükleme de göz önüne alınmalıdır. Perdeler için verilen tüm kural ve koşullar, bağ kirişli perdeleri oluşturan perde parçalarının her biri için de geçerlidir.

Perde gövde donatıları metrekarede 4 çiroz donatısı ile karşılıklı bağlanarak beton dökülürken de yerinde kalmaları sağlanırken, donatılar burkulmaya karşı da korunmuş olur. Perdenin ucunda sona eren yatay donatılar 135° açılı kancalarla düşey donatılara sarılarak beton içine kenetlenmelidir. Perde uç kısmında U biçimli yatay firketelerle düşey donatılar sarılmalıdır. Perdelerde bulunan boşlukların üst ve alt kenarlarında en az 2 ϕ 16 bulunmalıdır. Gerilme yığılmalarını karşılamak için, boşluk köşelerine 45° eğimli 2 ϕ 16 donatı yerleştirilmelidir. En büyük kenarı, kat yüksekliğinin 1/4'ünü aşan boşluk bulunması durumunda taşıyıcı sistem çözümünde bu boşluk gözönüne alınmalıdır. Boşluk kenarına konulacak donatı, boşluk nedeni ile kesilenden az olmamalıdır.

TABLO 3.7 - PERDELERLE İLGİLİ KONSTRÜKTİF KURALLAR

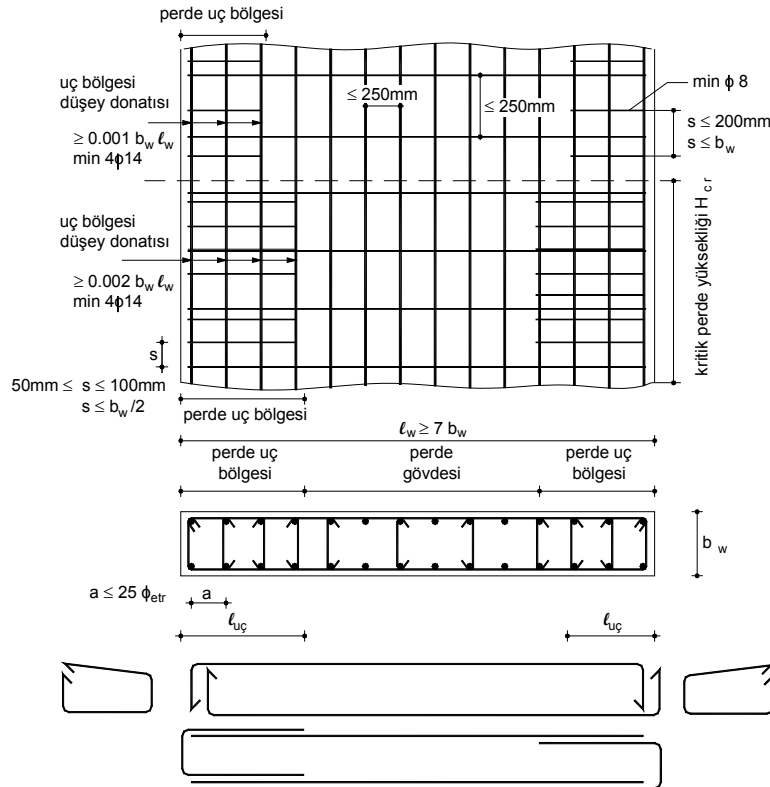
Tanım	TS500	Yönetmelik
$\min l_w$	–	$7 b_w$
$\min b_w$	–	200mm ; kat yüksekliği / 15
$\max s_w ; \max s_h$	–	250mm
$\min \phi_w ; \min \phi_h$	–	8mm
$\min \rho_v ; \min \rho_h$	–	0.0025
$\min \rho_{uç} = A_{s uç} / (b_w l_w)$	–	0.001

$\min A_{s\ u\check{c}}$	–	$4\phi 14$
$\min l_{u\check{c}} [H_{cr} \text{ içinde (dışında)}]$	–	$0.2 (0.1) l_w ; 2.0 (1.0) b_w$
$\max s_{u\check{c}} [H_{cr} \text{ içinde (dışında)}]$	–	$100 (200) \text{ mm} ; 0.5 (1.0) b_w$
$\min \phi_{u\check{c}}$	–	8mm

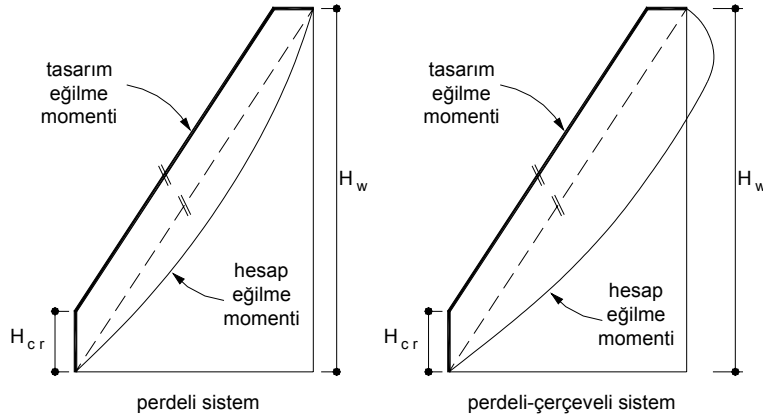
3.5.2. Süneklik Düzeyi Yüksek Perdeler

Süneklik düzeyi yüksek perdelerde sünekliğin sağlanması için ek önlemler gerekir. Bu nedenle perdenin deprem etkilerinde en çok zorlanan bölgelerindeki betonun donatı ile sarılarak, sünekliği ve dayanımının artırılması ve güç tükenmesinin sünek davranış ortaya çıkmasının sağlanması için tedbir alınır. Süneklik düzeyi yüksek perdeler için süneklik düzeyi normal perdelerde verilen bütün kural ve koşullara ek olarak aşağıda verilen hususlar geçerlidir.

$H_w / \ell_w > 2.0$ olan süneklik düzeyi yüksek perdelerde uç bölgeleri oluşturulması ve buraların kolonlar gibi etriyelerle sarılması öngörülmüştür. Ayrıca, bu koşulu sağlayan perdelerde kritik perde yüksekliği boyunca eğilme donatısı sabit olarak devam ettirilir. Kritik perde yüksekliğinin sona erdiği kesitin üstünde ise, perde tabanında ve tepesinde hesaplanan momentleri birleştiren doğruya paralel olan doğrusal moment diyagramı perde kesit hesaplarında esas alınır (Şekil 3.13). Her bir katta perdenin taşıma gücü kendisine düzlemi içinde bağlanan kirişlerin taşıma güçlerinin toplamından %20 daha büyük olmalıdır. Bu koşulun sağlanmadığı durumda perde kesit veya donatılarının artırılması ve deprem hesabının tekrarlanması gerekir.



Şekil 3.13. Perdelerde donatı düzeni



Şekil 3.14. Perdede tasarım momentinin elde edilmesi

Süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) perdelerin taşıyıcı sistem katsayısı, dolayısıyla deprem yükü azaltma katsayısı, bağ kirişsiz olanlara göre daha büyüktür. Bu nedenle, süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) perde düzenlenmesinde; perde parçaları için yukarıda verilen koşullar yanında, bağ kirişleri için de ek koşullar öngörülmüştür. Dış yüklerin tabanda oluşturduğu eğilme momenti bağ kirişli perdede, perde eğilme momenti yanında, perde kesitinde meydana gelen çekme ve basınç normal kuvvetlerinin etkisiyle de karşılanır. Bu tür normal kuvvetler, bağ kirişlerindeki kesme kuvveti nedeni ile oluşur. Boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin etkili olması sünekliği artırır. Perde momentleri, perdeler arasında %30 a varan oranda birbirine aktarılabilir. Ayrık perdeler için verilen koşullar bağ kirişli perde parçaları için de geçerlidir.

3.6. BİRLEŞİM BÖLGELERİ

Deprem yükleri kütlelerin yoğun olarak bulunduğu döşemelerde ortaya çıkar. Döşemelerden, kirişlere, kolonlara, perdelerle geçerek, temel yoluyla zemine iletilir. Bütün taşıyıcı elemanların depremden meydana gelen etkileri karşılayacak şekilde düzenlenmesi ve boyutlandırılması önemlidir. Ancak, etkilerin elemanlar arası geçişini sağlayan birleşim bölgelerinin yeterli dayanıma sahip olması gerekir. Bu bölgelerde meydana gelen etkilerin hesaplanarak karşılanması yanında konstrüktif kurallara uyulması da önemlidir. Birleşen elemanlardan gelen donatılar kısmen üst üste bindiği için birleşim bölgelerinde yoğun bir donatı düzeni ortaya çıkar ve betonun boşluksuz olarak yerleştirilmesi ayrı bir özen gerektirir. Depremden sonra meydana gelen hasarlar incelendiğinde birleşim bölgelerinde belirgin hasarlar meydana geldiği ve elemanların birbirinden çözüldüğü gözlenmiştir. Birleşim bölgelerinde meydana gelen çözülme betonarme yapıların monolitiklik özelliğini bozar, elemanların birbirleriyle yardımlaşmasını zayıflatır ve sünekliği azaltır. Bu nedenle birleşim bölgelerinde gösterilecek özen taşıyıcı sistemin tümünün güvenliğinin sağlanması bakımından büyük önem taşır.

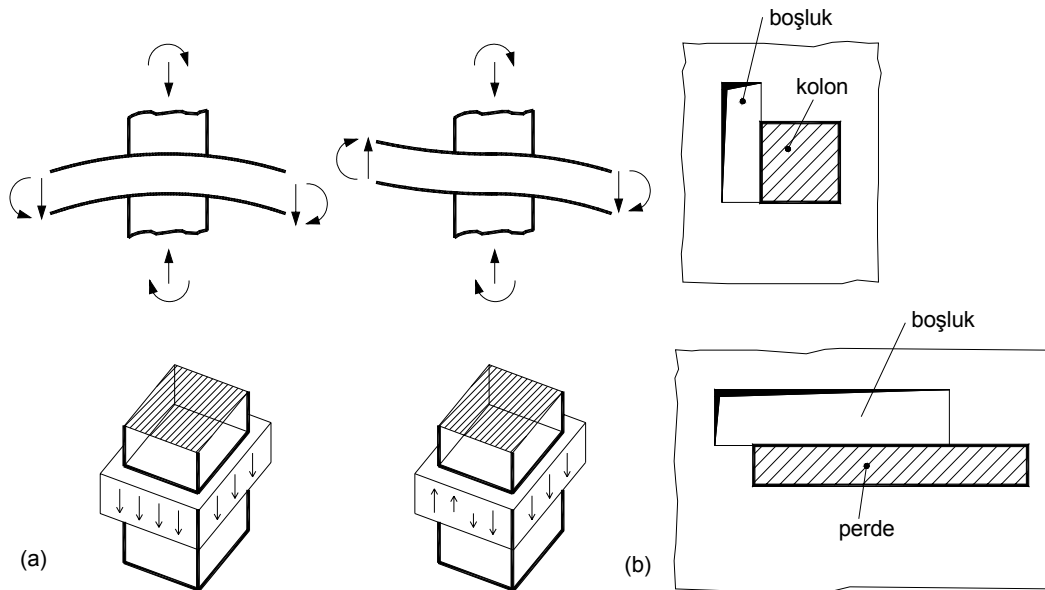
3.6.1. Döşeme-kiriş Birleşimi

Döşemeler genellikle kirişlerle beraber betonlandıkları için, beraber çalışmaları kolaylıkla sağlanır. Döşeme mesnet donatılarının mesnetlik yapan kirişe kenetlenmelerinin sağlanması yeterli olur. Bunun gibi, döşemenin üst yüzüne yakın

olması gereken mesnet donatılarının dikkatsiz biçimde döşeme kesitinin orta bölümünde bulunması döşeme ile kiriş arasındaki yeterli kuvvet ve moment iletişimini engeller ve çatlaklara sebep olur.

3.6.2. Döşeme-kolon ve Perde Birleşimi

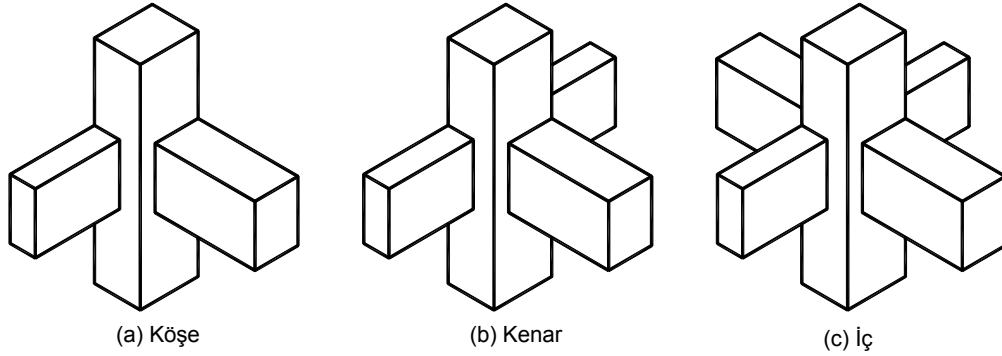
Kirişsiz döşemelerde ortaya çıkan bu tür birleşimde rijitlikleri birbirinden çok farklı iki eleman söz konusudur. Hem düşey ve hem de yatay yük durumunda birleşim bölgesinde büyük gerilme yığılmaları meydana gelir. Özellikle döşeme-kolon birleşim bölgelerinde donatının arttırılarak, zımbalama dayanımının büyütülmesi, kalınlığı küçük olan bu bölgede beton yerleşimini zorlaştıracak için uygun sonuç vermez. Bu nedenle zımbalama dayanımının beton kesiti ile sağlanması ve zımbalama bölgesinde bulunan donatının ek bir güvenlik payı olarak görülmesi tavsiye edilir. Kolon veya perdenin iki tarafındaki açıklıkların veya yüklerin birbirinden oldukça farklı olması durumunda, birleşim bölgesinde döşeme momentlerinin kolon veya perde momenti ile dengelenen kısmının büyük değerler almasına sebep olur. Bu ise, zımbalama bölgesindeki gerilme yığılmasının daha büyümesine yol açar. Bunun gibi, Şekil 3.15.a.da görüldüğü gibi, deprem etkisi bir taraftaki zımbalama gerilmelerini arttırarak, olayı daha kritik duruma getirir. Planda kenarda veya köşede bulunan birleşim bölgeleri düşey yükler altında bile zımbalama bakımından kritik durumda bulunur. Bu nedenle kirişsiz döşemelerde kenar ve köşe kolonlarının bir çevre kirişi ile birbirine bağlanması özellikle tavsiye edilir.



Şekil 3.15. (a) Döşeme ve kolon birleşiminde düşey ve deprem yüklerindeki etkiler ve (b) Döşeme ve kolon (perde) birleşiminde zayıflık oluşturan boşluk

Kirişsiz döşemelerde kolonları bağlayan döşeme şeritleri (kolon şeritleri) yüklerin paylaşımında etkili olur ve zorlanırlar. Buna karşılık kolon şeritleri arasında bulunan orta şeritler daha az etkili olurlar. Bu nedenle genişlikleri küçük açıklığın dörtte biri ile yarısı mertebesinde olan kolon şeritlerinde bırakılan döşeme boşlukları kuvvet iletimini bozarak ilave gerilme yığılmalarına sebep olur. Boşlukların olabildiğince küçük ve orta şeritlerde bırakılması önerilir. Boşluk boyutlarının açıklığın onda birinden daha büyük olması durumunda ayrıntılı inceleme yapılması tavsiye edilir. Özellikle kolon ve perde

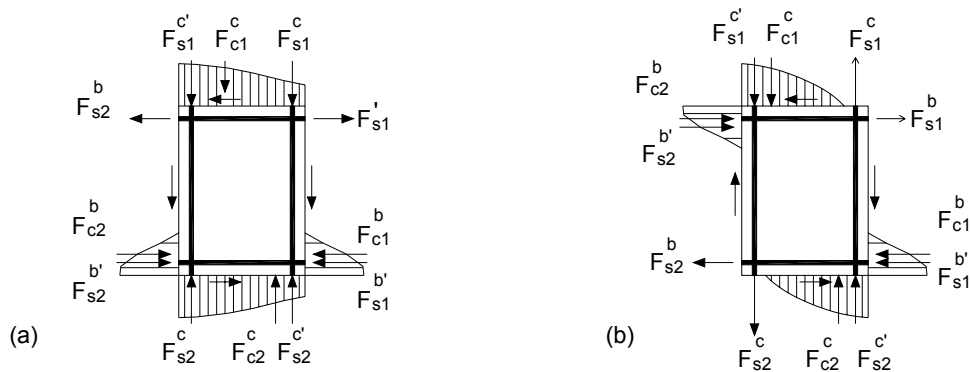
kenarlarında bırakılan tesisat boşluklarından, döşemeden kolon ve perdeye kuvvet akışını bozacağı için, kaçınılmalıdır (Şekil 3.15.b).



Şekil 3.16. Kiriş-kolon birleşim bölgeleri

3.6.3. Kiriş-kolon Birleşim Bölgeleri

Şekil 3.16.da köşe, kenar ve iç olmak üzere üç kiriş-kolon birleşimi gösterilmiştir. Kiriş ve kolonların meydana getirdiği çerçeve sisteminin davranışının istenen düzeyde olması için bunların birleşim bölgelerinin uygun şekilde boyutlandırılmış ve düzenlenmiş olması gerekir. Deprem hasarlarının önemli bir bölümü birleşim bölgesinde veya yakınında oluşmaktadır. Kiriş-kolon birleşim bölgesinde meydana gelen bir dayanım veya rijitlik kaybı, çerçevede büyük yanal yerdeğiştirmelere, ikinci mertebeye etkilerin doğmasına ve sistemin tamamen güç tükenmesi durumuna erişmesine sebep olabilir. Birleşim bölgesinin düzenlenmesinde, birleşen kiriş ve kolonların sünek güç tükenmelerinin hem dayanım ve hem de şekil değiştirme yönünden, birleşim bölgesi çözülmesi oluşmadan önce ortaya çıkması sağlanmalıdır. Bunun yanında oluşacak çatlamlarla rijitliğin önemli miktarda azalmamasına, kiriş ve kolon donatılarında aderansın ve kenetlenmenin sağlanmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca, sünekliği arttırmak amacıyla etriyenin sıklaştırılması ve bu bölgede gerekli kesme kuvveti dayanımının sağlanması da önemlidir.

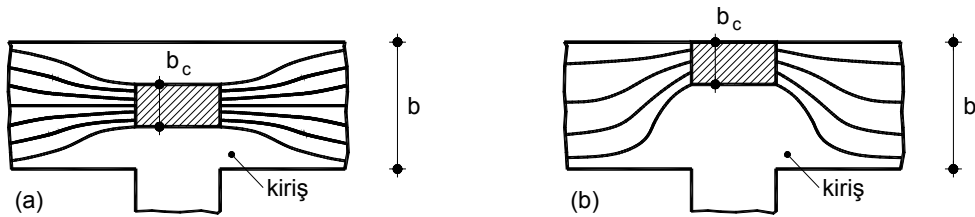


Şekil 3.17. Kiriş-kolon birleşim bölgesinde (a) düşey yük ve (b) deprem yükünde etkiler

Birleşim bölgelerinin dayanımı birleşen elemanlarının dayanımından daha zayıf olmamalıdır. Böylece küçük hasarlarda birleşim bölgesinin onarılması gereğinin önüne geçilmiş olur. Ayrıca, taşıyıcı sistemin rijitliğini ve dayanımını önemli şekilde azaltan birleşim bölgesinin güç tükenmesi ile oluşacak mekanizma durumu önlenmiş olur. Birleşim bölgesinin zayıflaması ile kolonların dayanımının azalmasına izin

verilmemelidir. Kiriş-kolon birleşim bölgeleri kolonların devamı şeklinde gözönüne alınmalı ve kolon etriyesi bu bölgede de devam ettirilmelidir. Deprem etkisinin büyük olmadığı durumlarda, birleşim bölgesi elastik kalmalı ve bu bölgenin şekil değiştirmeleri kat ötelemelerini önemli şekilde etkilememelidir. Birleşim bölgesinde öngörülen donatı düzeninin oluşturulması ve beton dökülmesi sırasında güçlük çıkarmamalıdır.

Bir iç birleşim bölgesinde düşey yüklerden ve yatay yüklerden meydana gelen iç kuvvetler Şekil 3.17.de verilmiştir. Yatay yükün yön değiştirmesi basınç ve çekme kuvvetlerinin yönünü değiştirecektir. Düşey yük durumunda kiriş üst donatısı iki taraftan çekme ve alt donatısı iki taraftan basınç kuvveti etkisi altında bulunmakta olup, donatı bu kuvvetlerin farkı kadar bir aderans kuvveti etkisinde kalır. Yatay yük durumunda ise, donatılar birleşim bölgesinin bir tarafındaki kesitte çekilirken, diğer taraftaki kesitte itilmektedir. Bu ise, donatının birleşim bölgesinden itilerek çıkarılmaya zorlanması şeklinde görülebilir. Donatının yerinde kalması için, daha büyük bir aderansın oluşmasına ihtiyaç vardır. Yetersiz aderans durumunda, donatının betondan kısmen çözülmesi veya tamamen çekilip çıkması olayı ortaya çıkabilir. Böyle bir durum kiriş uçlarının rijitliklerinin azalmasına, büyük dönmelere ve çerçevenin güç tükenmesi durumuna erişmesine neden olabilir. Birleşim bölgesinin kesme kuvveti dayanımının oluşmasına beton ve donatı katkıda bulunur. Birleşim bölgesindeki mevcut yatay ve düşey donatı ile betonun oluşturduğu kafes sistem yoluyla kesme kuvveti karşılanır. Bu durumun ortaya çıkması için düşey donatı yanında yatay donatının da bulunmasına ihtiyaç vardır. Bu nedenle birleşim bölgesinde kolon etriyelerinin sürekliliği önemli olur. Yetersiz donatı durumunda, donatı akacağı için, meydana gelen şekil değiştirmeler kalıcı olacaktır. Devam eden tekrarlı yüklemeler durumunda gerilme etkisinde her defasında yeni plastik uzamalar yapacak ve bu suretle birleşim bölgesinin rijitliği ve enerji yutma yeteneği önemli derecede azalacaktır. Bu durumda çatlaklar büyürken, çatlaklar arasında oluşan beton basınç çubuklarının ezilmesiyle, birleşim bölgesi yük taşıyamaz duruma gelecektir. Buna karşılık aşırı fazla kesme kuvveti donatısının bulunması durumunda ise, birleşim bölgesindeki çatlaklar arasındaki beton çubuklarının ezilmesi ile güç tükenmesi ortaya çıkabilir. Bu açıklamalardan birleşim bölgesindeki kesme kuvveti donatısının; kalıcı şekil değiştirmelerin önlenmesi bakımından bir alt ve güç tükenmesinin beton basınç çubuklarından oluşmaması için bir üst sınırının olması gerektiği anlaşılmaktadır.

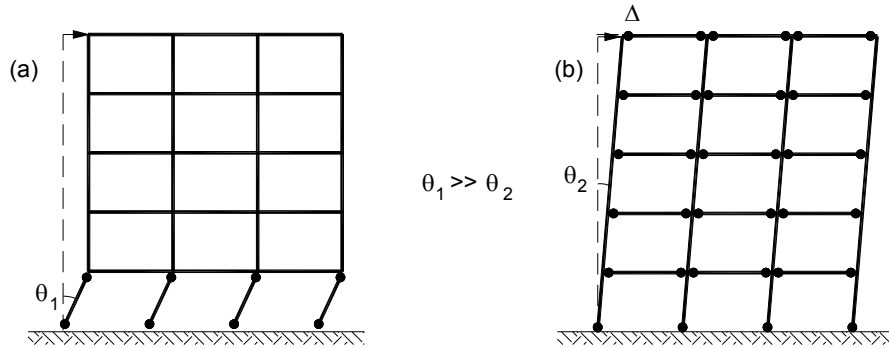


Şekil 3.18. Dar kolonun geniş kiriş mesnetlik yapması

Şekil 3.18.de geniş kirişlerin dar kolona mesnetlenmesi durumunda kuvvet akışı gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, kolona yaklaştıkça kirişin etkili genişliği azalmaktadır. Özellikle bilgisayar programı ile yapılan taşıyıcı sistem ve kesit hesaplarında bu durumun fark edilmeyebilir.

Bir birleşim bölgesinde birleşen kiriş ve kolonların davranışından, yatay yük altındaki çerçevenin güç tükenmesi biçimi elde edilebilir. Çerçeve sistemde yatay yük altında en

çok zorlanan kesitler birleşim bölgesindeki kiriş ve kolon kesitleridir. Yatay yüklerin artmasıyla bu kesitlerde büyük şekil değiştirmeler meydana gelir. Kesit etkilerinde önemli bir artış olmadan şekil değiştirmelerin büyüdüğü bu bölgelerde plastik mafsalların meydana geldiği kabul edilebilir. Mafsalların çoğalması ile taşıyıcı sistem güç tükenmesi mekanizmasına geçer. Sistemin güç tükenmesine erişme biçimi mafsalların sistemde oluşma düzenine bağlıdır. Büyük bir deprem durumunda mafsallaşmaların kirişlerde ortaya çıkması ve deprem enerjisinin bu suretle yutulması arzu edilir. Güç tükenmesinin bir kattaki kolonların alt ve üst uçlarında oluşmasıyla ortaya çıkması, yalnız bir katta oluşan az sayıda plastik mafsal sonucu, birbirini takip edecek güç tükenmelerine ve büyük can kaybına neden olacağı için önlenmelidir. Bu düşünce, güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesi olarak ifade edilir. Bu durumda sistem, kirişlerde çok sayıda plastik mafsal oluşmasından sonra ve bu nedenle çok daha sünek bir davranış sonucu, sistem güç tükenmesi durumuna gelecek ve büyük miktarda enerji yutarak depreme karşı koyacaktır. Genellikle deprem ve düşey yükler altında alt katlar zorlandığı için, bu ilke üst katlara göre alt katlarda daha kolay sağlanabilir. Ancak, kiriş açıklıklarının büyümesi, kolonların sık yerleştirilmesi veya mimari nedenle kiriş kesitlerinin kolonlara göre büyüdüğü bazı durumlarda sözkonusu ilkenin gerçekleştirilmesi zorlaşabilir. Bu ilkenin tersi olan zayıf kolon-kuvvetli kiriş kavramı da Şekil 3.19.a.da verilen ve arzu edilmeyen güç tükenmesi türünü hatırlatır. Burada kullanılan kuvvetli ve zayıf sözcüklerinin relatif olduğu, zayıf denilen eleman veya kesitin de yönetmeliklerde öngörülen yüklemelerini öngörülen güvenlikle karşılaması gerektiği açıktır. Bu güç tükenme şekilleri, yönetmeliklerde karşılanması öngörülen tasarım depremi olarak tanımlanandan daha büyük bir deprem durumunda sözkonusu olacaktır.



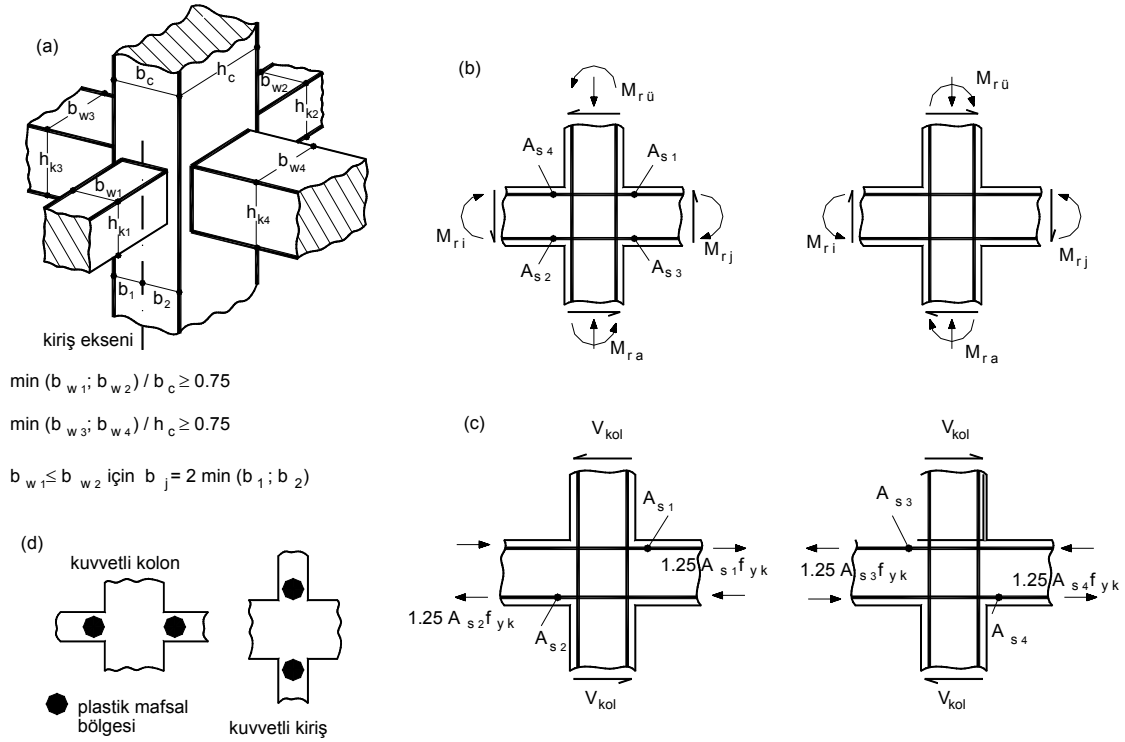
Şekil 3.19. Çerçeve de güç tükenme türleri: (a) Kat kolonlarının kirişlerden önce güç tükenmesine erişmesi ve (b) kirişlerin kolonlardan önce güç tükenmesine erişmesi

Çerçevelerde birleşim bölgeleri etkilerin kirişlerden kolonlara geçmesinin sağlanması ve birleşen elemanların kendilerinden beklenen davranışı göstermeleri için bu bölgenin düzenlenmesi önemlidir. Böylece, büyük elastik olmayan şekil değiştirmeler altında bile, kiriş ve kolonlarda yeterli dayanım ve rijitliğin ortaya çıkması, kiriş ve kolonun bütünleşerek çalışması sağlanır. Birleşim bölgesinin basınç gerilmeleri altında güç tükenmesine erişmesi ve bu bölgedeki donatının kenetlenmesinin çözülmesi, sünek olmayan bir davranış olduğu ve birleşen elemanlarının yük taşımasını engelleyeceği için önlenmelidir. Birleşim bölgesinde kolon ve kiriş donatılarının kesişmesi nedeniyle ortaya çıkan durum, hem donatının yerleştirilmesi ve hem de betonun dökülmesi bakımından zorluk oluşturur. Ancak, güç tükenmesi ötesinde birleşim bölgesinin dağılmaması ve sünek davranış bakımından, bölgenin kirişlerle kuşatılması elverişli bir durum ortaya çıkarır. Gerilmelerin deprem doğrultusunda meydana geldiği gözönünde tutulursa, bunlara

dik doğrultuda bulunan basınç gerilmeleri betonun, dolayısıyla birleşim bölgesinin sünekliğini artırır. Bu durumun ortaya çıkabilmesi için kirişlerin kolonu yeterli seviyede kuşatması gerekir. Yönetmelikte kiriş genişliğinin kolon genişliğine oranının 0.75 den az olmaması ve kirişlerin dört taraftan birleşmesi, bu durum için yeterli görülmüştür. Bu tür birleşim bölgelerine *Kuşatılmış Birleşim* denir (Şekil 3.20.a).

Süneklik düzeyi yüksek kolon-kiriş birleşim bölgeleri

Yönetmelikte öngörülenden daha büyük bir depremin meydana gelmesi durumunda birleşim bölgesindeki kolon uç kesitlerinin kapasitelerine erişerek güç tükenmesinin meydana gelmesi, taşıyıcı sistemin büyük hasarla toptan göçmesine neden olur. Bu ise, can kaybı bakımından istenmeyen bir durumdur. Bunun yerine, aşırı zorlanma durumunda birleşim bölgesindeki kiriş mesnet kesitlerinde güç tükenmesine erişilmesinin sağlanması, taşıyıcı sistemde toptan göçmeyi doğurmayacak hasar oluşmasına neden olur (Şekil 3.20.b). Bu amaçla kolonların kirişlerden daha güçlü olması ve böylece plastik mafsallık bölgelerinin kirişlerde oluşması için, Şekil 3.20.b.de gösterilen kiriş-kolon birleşim bölgesinde oluşan $M_{ra} + M_{r\bar{u}}$ kolon eğilme moment kapasitelerinin $M_{ri} + M_{rj}$ kiriş eğilme moment kapasitelerinden % 20 daha büyük olması (kolonların kirişlerden daha güçlü olması),



Şekil 3.20. Birleşim bölgesi ve deprem etkisinde oluşan etkiler

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj}) \quad (3.11)$$

öngörülmüştür. Bu koşulun $N_d \leq 0.10 f_{ck} A_c$ olan kolonların birleşim bölgelerinde, binaların en üst kat kolonların üst birleşim bölgelerinde, perdeye küçük rijitlik doğrultusunda kirişin birleştiği birleşim bölgelerinde sağlanmasına ihtiyaç yoktur.

Kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanmadığı durumda, V_{ik} gözönüne alınan i . katındaki kat kesme kuvveti ve V_{is} aynı katta bulunan ve hem altta ve hem üstte (3.11) koşulunun sağlandığı kolonlardaki toplam kesme kuvveti olmak üzere,

$$\alpha_i = V_{is} / V_{ik} \quad (3.12)$$

hesaplanacaktır. Eğer $1.0 \geq \alpha_i \geq 0.70$ ise, hem altta ve hem üstte (3.11) koşulunun sağlandığı kolonların uç kesme kuvvetleri $1/\alpha_i$ ile büyütülerek tasarımda esas alınacaktır. Diğer kolonlarda ise, kolon sarılma bölgesinde bulunan enine donatı tüm kolon boyunca devam ettirilecektir. Eğer $\alpha_i < 0.70$ ise, tüm çerçeve süneklik düzeyi normal olarak ele alınacaktır.

Birleşim bölgesinde kesme kuvveti güç tükenmesinden önce bölgeye birleşen kiriş donatılarının akmaya erişmesi ve bu suretle sünek güç tükenmesinin sağlanması önemlidir. Bu amaçla, V_{kol} depremden oluşan kolon kesme kuvveti olmak üzere, V_e birleşim bölgesindeki tasarım kesme kuvveti,

$$V_e = 1.25 f_{yk} \max (A_{s1} + A_{s2}; A_{s3} + A_{s4}) - V_{kol} \quad (3.13)$$

olarak hesaplanacaktır (*Şekil 3.20.c*). Bu şekilde bulunan hesap kesme kuvveti, dört taraftan kuşatılmış ve kuşatılmamış birleşimlerde sıra ile

$$V_e \leq 0.60 f_{cd} b_j h_c \quad V_e \leq 0.45 f_{cd} b_j h_c \quad (3.14)$$

şartlarını sağlamalıdır. Burada, h_c kolonun deprem doğrultusundaki boyutu ve diğer boyut $b_j = 2 \min (b_1; b_1)$ olarak tanımlanmıştır (*Şekil 3.20.a*). Kuşatılmış (kuşatılmamış) birleşimlerde kolonun sarılma bölgesindeki etriyenin %40 (%60) ı birleşim bölgesinde devam edecek ve aralığı 150mm (100mm) değerini aşmayacaktır.

Süneklik düzeyi normal kolon-kiriş birleşim bölgeleri

Bu tür bölgelerde sadece, kuşatılmış (kuşatılmamış) birleşimlerde kolonun sarılma bölgesindeki etriyenin % 40 (% 60) nın birleşim bölgesinde devam ettirilmesi ve aralığının 150mm (100mm) değerini aşmaması yeterlidir.

3.7. TEMELLER

Bina temelleri, deprem sırasında oluşacak gerilme artışlarından ve oturmadan dolayı üst yapıda hasara neden olmayacak biçimde, zeminin özellikleri gözönüne alınarak düzenlenmelidir. Tekil temeller her iki doğrultuda ve bir doğrultuda sürekli temeller eksenlerine dik doğrultuda bağ kirişleri ile birleştirilerek farklı yatay yerdeğiştirmelerin, dolayısıyla ek zorlamaların ortaya çıkması önlenir. Ayrıca, tüm temel sisteminin yatay deprem etkisine beraber karşı koyması sağlanır. Bu nedenle bağ kirişlerinin, bağladıkları temellerin kolonlarının yükleri ile orantılı olarak zorlandıkları kabul edilebilir. Buna uygun olarak, Tablo 3.8.de bağ kirişlerinin karşılaması gerekli olan hesap eksenel kuvvetleri kolon yüklerinin belirli bir oranı olarak ve deprem bölgesi ve zemin türüne bağlı olarak verilmiştir. Temeller arası hareket hem yaklaşma ve hem de uzaklaşma

şeklinde olacağı için, bağ kirişlerinin hem basınç ve hem de çekme kuvveti etkisinde olacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle bağ kirişi donatıları, çekme kuvveti taşıyabileceği de düşünülerek eklenmelidir. Ayrıca, donatıların temel içine kenetlenme boyu kadar girmesine özen gösterilmelidir. Bağ kirişleri, temel kazısına uygun olarak, temel altından kolon tabanına kadar olan yükseklikteki herhangi bir seviyede yapılabilir.

Bağ kirişleri yerine kalınlığı 150mm den küçük olmayan betonarme döşeme de yapılabilir. Temel zemininin *A* grubu olması durumunda bağ kirişleri yapılmayabilir. Deprem bölgesindeki yapılarda bağ kirişlerinin kesit ve donatıları Tablo 3.8.de verilen koşullara uygun olmalıdır. Bu tabloda sözü edilen zemin cinslerinden *A*, oldukça sağlam zemine ve *D* ise oldukça yumuşak zemine karşı gelmektedir. Bağ kirişlerinin en kesit boyutu serbest açıklığın 1/30 undan küçük olmamalı, etriye olarak $\phi 8$ den ince donatı kullanılmamalı ve etriye aralıkları 200mm yi geçmemelidir.

Depremde yatay yüklerin etkili olması nedeniyle, 1. ve 2. deprem bölgelerinde düşey göre eğimleri 1/6 dan fazla eğik olan kazıklar kullanılmamalıdır. 1. ve 2. deprem bölgelerinde kazıklarda, 3m den az olmamak üzere, kazığın en çok zorlanan bölgesi olan ve kazık boyunun üstten 1/3 ündeki bölgede boyuna donatı oranı 0.008 (yerinde dökme) ve 0.010 (prefabrike) den az, enine donatı $\phi 8$ den ince ve aralığı 200mm den fazla olmamalıdır. Bu aralık üstten kazık çapının iki katı bir mesafede 100mm ye indirilmelidir.

TABLO 3.8 = TEMEL BAĞ KİRİŞLERİ İÇİN MİNİMUM KOŞULLAR

Deprem bölgesi	Boyut	Zemin grubu			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1. ve 2.	Hesap çekme kuvveti / Bağladıkları kolonların düşey yüklerinden büyüğü	0.06	0.08	0.10	0.12
	Minimum en kesit (mm ²)	62500	75000	90000	90000
	Minimum boyuna donatı	4 $\phi 14$	4 $\phi 16$	4 $\phi 16$	4 $\phi 18$
	Minimum boyut (mm)	250	250	300	300
3. ve 4.	Hesap çekme kuvveti / Bağladıkları kolonların düşey yüklerinden büyüğü	0.04	0.06	0.08	0.10
	Minimum enkesit (mm ²)	62500	62500	75000	75000
	Minimum boyuna donatı	4 $\phi 14$	4 $\phi 14$	4 $\phi 16$	4 $\phi 16$
	Minimum boyut (mm)	250	250	250	250

3.8. GENEL KURALLAR

Deprem etkisinin karşılanması ile ilgili yönetmelik kayıtları incelendiğinde bunların çok sayıda kabule dayandığı görülür. Bu durum, depremin kendisindeki belirsizlikten ve bu etki altında yapının davranışının belirlenmesindeki zorluktan kaynaklanır. Çözüm ne kadar ayrıntılı ise, gerekli kabuller o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle çözüm sayısal sonuçlarının değerlendirilmesi yanında, daha önce meydana gelen deprem hasarlarında kazanılan deneyimlere de uyulması önemlidir. Bu açıdan bakıldığında bir betonarme yapıda özen gösterilmesi gereken önemli noktalar aşağıdaki gibi verilebilir:

- a. Taşıyıcı sistemin düzenlenmesinde her iki doğrultudaki yatay yükleri karşılayacak çerçevelerin meydana getirilmesi, bu etkilerin güvenli bir şekilde karşılanması bakımından gereklidir. Taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki eksenlerinin kesim noktalarında kolonların bulunması ve kirişlerin kolonlarla dışmerkezlik olmadan birleştirilmesine özen gösterilmelidir. Bunun gibi kolon ve perdelerin süreksizliğe uğramadan temelden en üst kata kadar devam ettirilmesi, yatay yüklerin karşılanmasındaki belirsizliği önlemek bakımından daima tercih edilmelidir. Taşıyıcı sistemde ortaya çıkan aşırı zorlamaların ve ek etkilerin karşılanmasından önce, bu etkilerin meydana gelmemesi veya azaltılması için gerekli düzenlemelerin yapılması için çaba sarf edilmelidir.
- b. Taşıyıcı sistemin, yükleri en kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmesi, böylece, örneğin burulma gibi, dolaylı mesnetlenmenin oluşturacağı bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için çaba harcanması yararlıdır.
- c. Kiriş-kolon birleşim bölgeleri depremde en çok zorlanan yerlerdendir. Burada donatının düzenine, kenetlenmenin sağlanmasına ve kolonda etriyelerin devam etmesine özen gösterilmelidir. Bu bölgede donatının sıklığı nedeniyle betonun yerleştirilmesinin zor olduğunu gözönüne alarak, gerekli tedbir alınmalıdır. Bunun gibi, kolon ve kirişlerin birleşim bölgelerine yakın sarılma bölgeleri deprem etkisinde daha fazla zorlanacağı için, sargı donatıları ile buradaki betonun hem dayanımının ve hem de sünekliğinin artması sağlanır. Böylece deprem etkilerinin sebep olacağı hasar da düşük düzeye indirilebilir.
- d. Deprem zorlaması en fazla alt katlarda etkili olacağı için, buradaki kolon düzenine önem verilmeli, görünüş ve kullanım gerekleriyle ani rijitlik değişikliğine gidilmemelidir. Zemin katın dükkan, vitrin veya benzeri şekilde düzenlenmesi durumunda bölme duvarlarının önemli derecede azalacağı düşünülerek kolon kesitlerinin arttırılmasına gidilmeli veya yönetmelikte tanımlanan ve bölme duvarlarının etkisini de hesaba katan dayanım düzensizliğinin oluşmaması için gayret edilmelidir.
- e. Taşıyıcı sistemde, rijitlik ve dayanımın düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla depremden meydana gelebilecek hasarların bazı bölgelere yoğunlaşmadan tüm yapıda düşük düzeyde dağılı olarak ortaya çıkacağı unutulmamalıdır. Betonun yeterince sünekliğe sahip olabilmesi için öngörülen dayanımda olması gerekir. Depremi alışılmışın üzerinde bir yükleme doğuracağı ve yapılan kusurların meydana çıkacağı unutulmamalıdır.
- f. Taşıyıcı sistemin planda simetrik olarak düzenlenmesi, depremden ortaya çıkacak etkilerin gereksiz artmasını önler. Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesiyle, toplam taban kesme kuvveti azalacağı gibi, deprem sırasında meydana gelecek atalet kuvvetlerinin yapıyı daha az zorlaması da sağlanır.
- g. Kolon ve perde kesitlerinin, taşıyıcı sistemin iki doğrultudaki rijitliğini birbirine yaklaştıracak şekilde belirlenmesi, her iki doğrultudaki deprem zorlamasının uyumlu olarak taşınmasını sağlar.
- h. Perdelerin, planda binanın dış kenarına yakın yerleştirilmesi, yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliğini arttırarak, kesit etkilerinin daha düşük seviyede kalmasını sağlar.
- i. Taşıyıcı sistemin depremde hasar görmesinin nedenleri önem sırasına göre; 1) Taşıyıcı sistemin iyi düzenlenmemiş olması, 2) Malzeme (özellikle beton) dayanımının düşük olması, 3) Konstrüktif ayrıntılara dikkat edilmemiş olması, 4) Taşıyıcı sistem ve betonarme kesit tasarımının yeterli olmaması, olarak verilebilir. Burada konstrüktif esaslara uymamanın, sistemde doğru ve yeterli düzeyde çözümleme yapılmamasından daha önce gelen bir hasar nedeni olduğu görülmektedir. Bu nedenle özellikle bilgisayar

programlarının desteği ile hazırlanan projelerin sonuçlanmasından sonra, bazı kısa ve basit hesaplar yapılarak, kesit boyutları ve donatı miktarı kontrol edilmelidir. Bunun gibi, projenin donatı düzeni konstrüktif kurallar esas alınarak, tekrar gözden geçirilmeli ve yerleştirilmesinde zorluk şüphesi olan bölümlerde değişiklik yapılmalıdır.

- j. Temellerin zemin durumu gözönüne alınarak belirlenmesi ve temellerde oluşacak bir kusurun giderilmesinin bütün sistemi etkileyeceği unutulmamalıdır. Temel bağ kirişlerinin, temelleri birbirine bağlayıp birbirlerine göre yerdeğiştirmeyi önleyecek şekilde düzenlenmesi ve donatının kenetlenmesinin temel bloğu içinde yapılması gerekir.
- k. Kirişsiz döşemeli yapılarda, döşeme ve kolonların oluşturduğu çerçeveler, yatay yüklere karşı çoğunlukla yeterli rijitlik sağlayamadığı için, deprem yönetmeliğine uygun olarak perdeler ile yapının rijitleştirilmesi uygundur.

3.9. TÜRKÇE KAYNAK YAYINLAR

1. İ. Aka, F. Keskinel, F. Çılı, O.C. Çelik; Betonarme, Birsen Yayınevi, İstanbul 2001.
2. Z. Celep; Betonarme yapıların doğrusal olmayan davranışı ve çözümleme, Beta Yayıncılık, İstanbul 2008.
3. Z. Celep, N. Kumbasar; Betonarme yapılar, Beta Yayıncılık, İstanbul 2005.
4. Z. Celep, N. Kumbasar; Deprem mühendisliğine giriş ve deprem dayanıklı yapı tasarımı, Beta Yayıncılık, İstanbul 2004.
5. A. Doğangün, Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, Birsen Yayınevi 2008.
6. U. Ersoy; G. Özcebe; Betonarme, Evrim Dağıtım, İstanbul 2001.
7. TS498: Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, 1997.
8. TS500: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, 2000.
9. Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara 2007.