

## **BÖLÜM I**

### **6. DEPREM ETKİSİNDEKİ YIĞMA BİNALAR**

6.1. YURDUMUZDAKİ YIĞMA BİNALAR	I.6/2
6.2. DEPREM YÖNETMELİĞİNDE YIĞMA BİNA	I.6/2
6.2.1. Genel Kurallar	I.6/3
6.2.2. Düşey ve Deprem Yüğü Altında Duvar Gerilmeleri	I.6/3
6.2.3. Taşıyıcı Duvarlar	I.6/5
6.2.4. Lentolar, Hatıllar ve Döşemeler	I.6/8
6.2.5. Taşıyıcı Olmayan Bölme Duvarları	I.6/9
6.3. YIĞMA BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ	I.6/9
6.3.1. Deprem Güvenliğı Yetersizlik Türleri	I.6/9
6.3.2. Güçlendirme Malzemeleri	I.6/10
6.3.3. Güçlendirme Yöntemleri	I.6/11
6.4. KAYNAK YAYINLAR	I.6/12

### 6.1. YURDUMUZDAKİ YIĞMA BİNALAR

Yurdumuzda yığma binalar, genellikle kırsal bölümde yerel malzeme kullanılarak ve herhangi bir mühendislik hizmetine ihtiyaç duyulmaksızın yapılır. Yığma binaya yurdumuzda gereken önemin verilmediği açıktır. Bu sebepten bu tür binalarda çok çeşitli nitelikteki malzeme ve işçilik seviyesine rastlamak mümkündür. Bunun sonucu olarak yığma binaların düşey ve deprem yükleri altındaki güvenliklerinin belirlenmesinde belirsizlik ve güçlük ortaya çıkar. Bu durum aynı şekilde binanın güçlendirilmesinde de devam eder. Yurt dışında donatılı yığma yapı türünden inşa edilen binalar da yaygın olduğu halde, bu tür yığma binaya yurdumuzda hemen hemen hiç rastlanılmaz. Bunun en önemli sebebi, toplumumuzda yığma binanın mühendislik hizmeti gerektirmeyen bir yapı olarak görülmesidir. Ayrıca; iki, üç katlı yapıların yurdumuzda betonarme inşa edilmeye çalışılması veya inşa edildiğinin iddia edilmesi diğer bir çarpıklığı göstermektedir. Ancak, yurdumuzda mühendislik hizmeti görmeyen örneğin 4 ve daha az katlı betonarme binaların büyük bir kısmı düşey ve deprem yükleri altındaki davranışları bakımından yığma olarak görülebilir. Bu binalarda bulunan kolon ve kirişler, yığma binadaki düşey ve yatay hatıllar olarak kabul edilebilir.

Yurdumuzda yığma ve bu türden kabul edilebilecek binalar düşey ve deprem yüklerini karşılamaları bakımından aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Kırsal kesimlerdeki yığma binalar: Bunlar bodrum kat ve genellikle 4 veya daha az katlıdır. Bu binalar genellikle boşluklu tuğla, briket ve nadiren kerpiç duvarlara ve betonarme plak döşemeye ve küçük oranda ahşap döşemeye sahiptir. Bu binaların çoğunda duvar üzerinde döşeme altı hatıl bulunduğu halde, düşey hatıla rastlanmaz. Duvarlarda bulunan ve köşelere yakın olan büyük kapı ve pencere boşlukları binanın zayıf tarafını oluşturur.
- Mühendislik hizmeti görmemiş örneğin 4 ve daha az katlı betonarme binalar: Bunların çoğunluğu büyük şehirlerde ve kırsal kesimde betonarme yapıldığı bildirilen yapılardır. Genellikle boşluklu tuğla duvarlara, plak döşemeye ve bazı durumlarda dişli döşemeye rastlanır. Bu tür binaların çoğunda duvarlar üzerinde yatay hatıl ve duvar köşelerinde düşey hatıl bulunur. Genellikle duvarlarda büyük pencere boşlukları mevcuttur. Bu yapıların davranışı yığma bina türüne daha yakın olduğu için güçlendirmelerinin de yığma bina türünden yapılması uygundur.
- Büyük şehirlerde eski sayılabilecek yığma binalar: Bunlar düşük katlı olabildiği gibi, 8 – 10 kata kadar ulaşan yüksek katlı yapılardır. Genellikle kalın dolu tuğla veya kargir duvarlara ve çelik profillerin oluşturduğu döşemelere sahiptir.

### 6.2. DEPREM YÖNETMELİĞİNDE YIĞMA BİNA

Genel olarak yığma bina duvarları taşıyıcı duvar birimleri ile inşa edilen yapı olarak tanımlanabilir. Yığma binaların taşıyıcı sistem elemanlarını, döşemeler, bunların mesnetlendiği hatıllar, taşıyıcı duvarlar ve taşıyıcı duvarların temelleri oluştururlar. Döşemeler genellikle plak döşeme olup, duvarların üzerinde bulunan yatay hatıl kirişlerine mesnetlidir. Döşeme türü olarak dişli döşemenin de kullanıldığı durumlar mevcuttur. Bazı eski binalarda içinde çelik profillerin bulunduğu türden döşemeler de bulunmaktadır. Çok çeşitli malzemeden yapılan duvarlar, döşemelerden iletilen düşey ve yatay etkileri karşılayarak, mesnetlendikleri şerit temellere iletirler. Taşıyıcı duvarların bütün katlarda düşeyde sürekli olmaları etkilerin olumsuz bir durum meydana gelmeden doğrudan temele iletilmesi bakımından önemlidir. Yığma binalarda

duvarların özellikle deprem yükleri altında bütünlüğün korunması bakımından üstten yatay hatılların bulunması ve bunların döşeme plakları ile birbirlerine bağlanması gerekir. Yığma duvar içinde uygun aralıklarla düşey hatıllar bulunması, taşıyıcı sistemde ayrıca bir üstünlük olarak ortaya çıkar. Deprem Yönetmeliği'nde yığma binaların yapımında uyulması gereken kurallar verilmiştir. Düşey ve deprem yükleri altında, döşeme, duvar ve temellerde bir yetersizliğin bulunması durumunda yığma binanın güçlendirilmesi gerekir.

### 6.2.1. Genel Kurallar

Deprem Yönetmeliği esas olarak betonarme ve çelik yapılara dönük hazırlanmakla beraber, yığma yapılar için de genel minimum kurallar ve sınırlandırmalar içermektedir. Bunlar binanın kat sayısı, taşıyıcı duvar kalınlıkları, kapı ve pencere boşluklarının boyutları ve yerleri, taşıyıcı duvar mesnetlenmemiş uzunluğu, lento ve hatıl boyutlarını kapsamaktadır.

Yönetmelikte yığma binada kat adedi, deprem bölgesine bağlı olarak 2 (Deprem bölgesi 1), 3 (Deprem bölgesi 2 ve 3) ve 4 (Deprem bölgesi 4) olarak sınırlandırılmıştır. Ek olarak bir bodrum kat ve normal katın alanının %25 ini geçmeyen bir çatı katına da izin verilmektedir. Binanın taşıyıcı duvarlarının planda olabildiğince simetrik olması öngörülmüştür. Özellikle taşıyıcı duvarların her katta planda üst üste gelmesi duvar yüklerinin dolaysız olarak zemine iletilmesi bakımından önemlidir. Bu durum yığma binada sağlanması gerekli en önemli şart olarak görülebilir. Her bir katın yüksekliği, döşeme üstünden döşeme üstüne en çok 3.0m olarak verilmiştir. Kısmi bodrum binanın genel davranışını olumsuz etki yapacağı için yapılmaması önerilir.

**TABLO 6.1. DUVAR MALZEMESİ VE HARÇ SINIFINA BAĞLI OLARAK DUVAR BASINÇ EMNİYET GERİLMESİ**

<i>Duvar malzemesi ortalama serbest basınç dayanımı (MPa)</i>	<i>Duvarda kullanılan harç sınıfı (MPa)</i>				
	<i>A (15)</i>	<i>B (11)</i>	<i>C (5)</i>	<i>D (2)</i>	<i>E (0.5)</i>
25	1.8	1.4	1.2	1.0	0.8
16	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7
11	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6
7	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4

### 6.2.2. Düşey ve Deprem Yüğü Altında Duvar Gerilmeleri

Yığma binaların duvarlarında düşey ve deprem yüklerinde normal ve kayma gerilmeleri meydana gelir. Yönetmelik bu minimum kurallar yanında, deprem yükü altında çözümleme yapılmasını da öngörmüştür. Bu çözümleme sonucu bulunacak gerilmelerin öngörülen sınır gerilmeleri geçmemesi istenir. Deprem çözümlemesi durumunda eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabilir ve toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) hesabı ve katlara dağıtılması betonarme binalarda olduğu kat ağırlıkları ve temelden olan yükseklikleri ile orantılı olarak yapılır. Betonarme yapılardan farklı olarak

yığma yapılar için, spektrum katsayısı ( $S = 2.5$ ) ve deprem yükü azaltma katsayısı ( $R_d = 2.0$ ) için sabit değerler öngörülmüştür.

**TABLO 6.2 - YIĞMA DUVARLARIN BASINÇ EMNİYET GERİLMESİ**

<i>Duvar kargir birim cinsi ve harç</i>	<i>Duvar basınç emniyet gerilmesi <math>f_{cm}</math> (MPa)</i>
<i>Düşey delikli blok tuğla (delik oranı % 35 den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	1.0
<i>Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35- 45 arasında, çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	0.8
<i>Düşey delikli blok tuğla (delik oranı % 45 den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	0.5
<i>Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	0.8
<i>Taş (çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	0.3
<i>Gazbeton (tutkal ile)</i>	0.6
<i>Dolu beton briket (çimento harcı ile)</i>	0.8

**TABLO 6.3 - NARİNLİK ORANINA GÖRE DÜŞEY YÜK EMNİYET GERİLMELERİNİN AZALTILMA MİKTARLARI**

<i>h / t</i>	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<i>Azaltma katsayısı</i>	1.00	0.95	0.89	0.84	0.78	0.73	0.67	0.62	0.56	0.51

### **Normal gerilmeler**

Normal gerilmeler; düşey yüklerin, duvardaki kapı ve pencere boşluk en kesitleri kadar azaltılmış, duvar en kesit alanına bölünerek bulunur. Bu gerilmelerin, duvar cinsine göre izin verilen basınç gerilmesinden büyük olmaması gerekir.

Duvar da izin verilen basınç emniyet gerilmesi, kullanılacak kargir birim ve harc ile benzer özellikte yapılmış duvarda basınç dayanım deneyinden bulunan duvar dayanımının 0.25 i duvar basınç emniyet gerilmesi olarak kabul edilir. Duvar da kullanılan harcın sınıfına ve duvar malzemesinin basınç dayanımına bağlı olarak, duvar basınç emniyet gerilmesi Tablo 6.1.den alınabilir. Duvar parçası dayanım deneyi yapılmışsa, duvarda kullanılan bloğun deneysel olarak elde edilen serbest basınç dayanımının 0.50'si  $f_d$  duvar basınç dayanımı ve bu dayanımın 0.25'i  $f_{cm}$  duvar basınç emniyet gerilmesi olarak kabul edilir. Duvardaki kargir biriminin basınç dayanımı belirli değilse veya dayanım deneyi yapılmamışsa, kargir birim basınç emniyet gerilmesi Tablo 6.2.den alınır. Duvar basınç emniyet gerilmeleri duvarın narınlık oranlarına göre Tablo 6.3.de verilen miktarda azaltılır.

**Kayma gerilmeleri**

Az katlı binalarda deprem etkisinden duvarlarda kayma gerilmeleri oluşur. Kat kesme kuvvetinin kayma rijitlik merkezinden geçmesi durumunda, kesme kuvveti duvarlar tarafından kesme kuvveti rijitlikleri ile orantılı olarak karşılanır. Eğer kat kesme kuvvetinin kayma rijitlik merkezine göre bir dışmerkezliği varsa, oluşan kat burulma momentinden duvarlarda ek kayma gerilmeleri meydana gelir. Yığma yapıda kapı ve pencere boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının kayma rijitliği  $k A/h$  olarak hesaplanabilir. Burada  $A$  dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı,  $h$  dolu duvar parçasının her iki yanındaki boşlukların yüksekliğinin en küçük olanıdır.  $k$  duvarın plan en kesit biçimine bağlı bir katsayıdır. Duvarın en kesiti dikdörtgen ise  $k = 1.0$ , duvarın uç elemanı varsa, duvarın ucunda duvara dik doğrultuda dış veya duvar varsa  $k = 1.2$  alınır. Bir duvar kayma rijitliği kullanılarak yapının kayma rijitlik merkezi hesaplanır. Duvarlara gelen kesme kuvveti, planda simetri merkezi ile kayma rijitlik merkezinin ara mesafesinden oluşan kat burulma momenti de gözönüne alınarak, binanın birbirine dik her iki eksenini doğrultusunda gerilme hesabı yapılır. Duvara gelen deprem kuvveti duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmesi hesaplanır ve  $\tau_{em} = \tau_o + \mu \sigma$  olarak verilen duvar kayma emniyet gerilmesi ile karşılaştırılır. Bu denklemde  $\tau_{em}$  kayma emniyet gerilmesi,  $\tau_o$  duvar çatlama emniyet gerilmesi,  $\mu = 0.5$  sürtünme katsayısı ve  $\sigma$  duvar normal gerilmesidir. Duvarın kargir birim cinsine göre duvar çatlama emniyet gerilmesi  $\tau_o$  Tablo 6.4.de verilmiştir. Duvarlarda kullanılan kargir birimlerinin Elastisite Modülü  $E_d = 200 f_d$  olarak verilmiştir.

**TABLO 6.4 - DUVARLARIN ÇATLAMA EMNİYET GERİLMESİ  $\tau_o$** 

<i>Duvar kargir birim cinsi ve harç</i>	<i>Duvar çatlama emniyet gerilmesi <math>\tau_o</math> (MPa )</i>
<i>Düşey delikli blok tuğla (delik oranı % 35 den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	<i>0.25</i>
<i>Düşey delikli blok tuğla (delik oranı % 45 den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	<i>0.12</i>
<i>Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	<i>0.15</i>
<i>Taş (çimento takviyeli kireç harcı ile)</i>	<i>0.10</i>
<i>Gazbeton (tutkal ile)</i>	<i>0.15</i>
<i>Dolu beton briket (çimento harcı ile)</i>	<i>0.20</i>

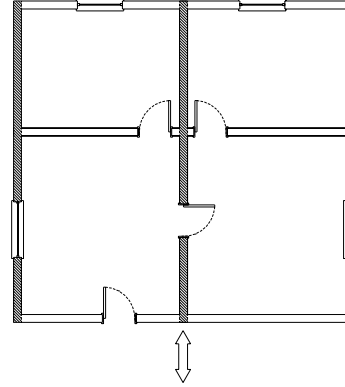
**6.2.3. Taşıyıcı Duvarlar*****Taşıyıcı duvar malzemesi***

Taşıyıcı duvarda yığma kargir malzeme olarak standartlarına uygun doğal taş, taşıyıcı duvar malzemesi olarak izin verilen en büyük boşluk oranlarını aşmayan tuğlalar ve blok tuğlalar, dolu beton briket veya benzeri bloklar kullanılabilir. Doğal taş taşıyıcı

duvarlar, yığma binaların sadece bodrum ve zemin katlarında yapılabilir. Beton taşıyıcı duvarlar yığma binaların sadece bodrum katlarında kullanılabilir.

### **Duvar malzemesinin dayanımı**

Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak duvar bloklarının en düşük basınç dayanımı, brüt basınç alanına göre, en az  $5MPa$  olması öngörülmüştür. Bodrum katlarda kullanılacak doğal taşların basınç dayanımı ise, en az  $10MPa$  olarak verilmiştir. Bodrum katlarda beton duvar yapılması durumunda, kullanılacak en düşük beton kalitesi C16 olarak öngörülmüştür. Taşıyıcı duvarlarda çimento takviyeli kireç harcı (çimento/kireç/kum hacimsel oran =  $1/2/9$ ) veya çimento harcı (çimento/kum hacimsel oranı =  $1/4$ ) kullanılacaktır.



Şekil 6.1. Deprem doğrultusundaki taşıyıcı duvarlar

### **Taşıyıcı duvarların kalınlık ve toplam uzunluğu**

Taşıyıcı duvarların sıvasız en küçük kalınlıkları Tablo.6.5.de verilmiştir. Deprem kuvvetlerinin karşılanmasında ilgili doğrultudaki duvarlar etkili olur ve düzlem için kayma gerilmeleri ile denge oluşur. Yeterli miktarda taşıyıcı duvarın sağlanması için, planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları sayılmaksızın toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşeme alanları dışındaki alan) oranı  $\ell_d / A \geq 0.2 \text{ m} / \text{m}^2$  den daha az olmaması öngörülmüştür. Burada  $I$  Bina Önem Katsayısıdır (Şekil 6.1).

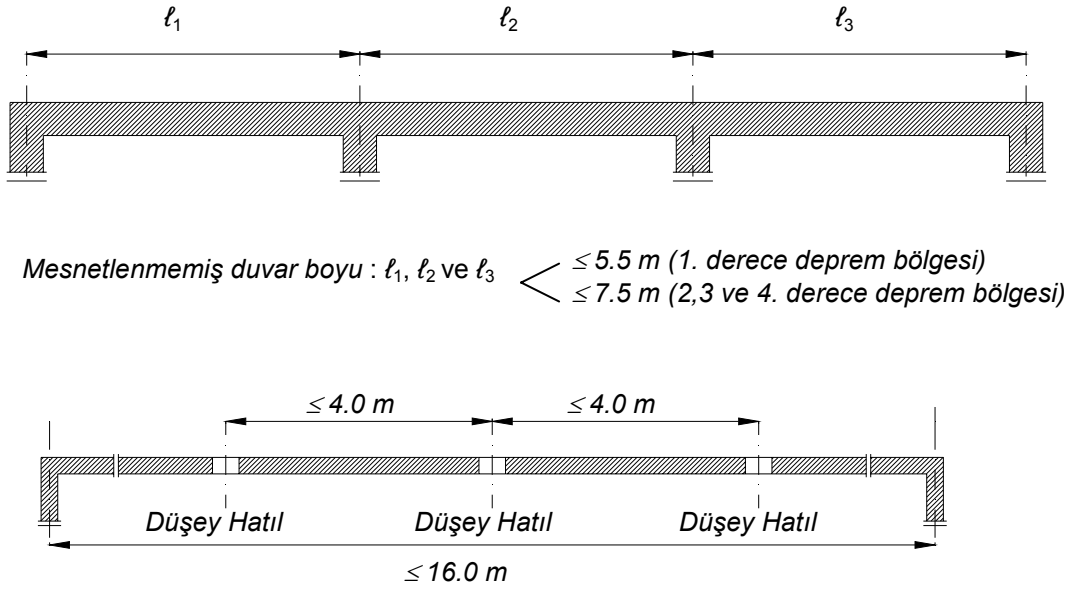
**TABLO 6.5 - TAŞIYICI DUVARLARIN EN KÜÇÜK KALINLIKLARI**

Deprem bölgesi	İzin verilen Katlar	Doğal taş (mm)	Beton (mm)	Tuğla (Kalınlık)*	Diğerleri (mm)
1, 2, 3 ve 4	Bodrum kat Zemin kat	500	250	1	200
		500	-	1	200
1, 2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1.5	300
	Zemin kat	500	-	1	200
	Birinci kat	-	-	1	200
2, 3 ve 4	Bodrum kat	500	250	1.5	300
	Zemin kat	500	-	1.5	300
	Birinci kat	-	-	1	200
	İkinci kat	-	-	1	200
4	Bodrum kat	500	250	1.5	300
	Zemin kat	500	-	1.5	300
	Birinci kat	-	-	1.5	300
	İkinci kat	-	-	1	200
	Üçüncü kat	-	-	1	200

\* Tuğla kalınlığı 190 mm ve 1.5 tuğla kalınlığı 290mm'dir

**Taşıyıcı duvarların en büyük desteklenmemiş uzunluğu**

Taşıyıcı duvarların düzlem dışı dayanımlarının sağlanması ve bu doğrultudaki yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması için, duvarların plandaki boyları için üst sınırlar öngörülmüştür. Herhangi bir taşıyıcı duvarın, planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğu, birinci derece deprem bölgesinde  $5.5m$  'yi, diğer deprem bölgelerinde ise  $7.0m$  'yi geçmemesi öngörülmüştür. Bu koşulun sağlanmaması durumunda, bina köşelerinde ve planda eksenden eksene aralıkları  $4.0m$  'yi geçmemek üzere kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar yerleştirilmesi şart koşulmuştur. Ancak bu tür duvarların da mesnetlenmemiş uzunluğu  $16.0m$  'den fazla olmaması öngörülmüştür.



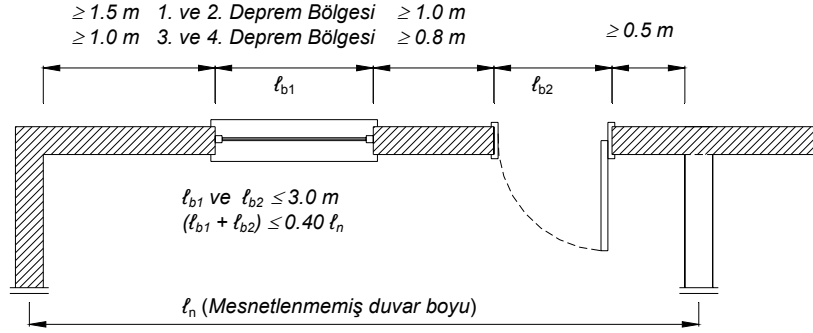
Şekil 6.2. Planda duvar boyları için sınırlar

**Taşıyıcı duvar boşlukları**

Taşıyıcı duvarlardaki boşluklar, duvarın yatay ve düşey yüklerin karşılanmasında olumsuz etki oluşturur. Özellikle bina köşeleri rijitliğin yüksek olduğu ve gerilme yığılmalarının olduğu bölümlerdir. Bina köşesine en yakın pencere veya kapı ile bina köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $1.5m$  'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde  $1.0m$  'den az olmaması öngörülmüştür. Bina köşeleri dışında pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $1.0m$  'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde  $0.8m$  'den az olamaz (Şekil 6.3).

Pencere ve kapı boşluklarının her iki kenarında betonarme düşey hatıllar öngörülürse, en az dolu duvar parçası uzunluğu koşulları % 20 azaltılabilir. Bina köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu,  $0.5m$  'den az olamaz. Boşlukların her iki kenarında kat yüksekliğince betonarme düşey hatıl varsa, dolu duvar parçası  $0.5m$  'den az olabilir. Her bir kapı ve pencere boşluğunun plandaki uzunluğu  $3.0m$  'den daha büyük olamaz.

Herhangi bir duvarın desteklenmemiş uzunluğu boyunca kapı ve pencere boşluklarının plandaki uzunluklarının toplamı desteklenmemiş duvar uzunluğunun % 40'ından fazla olmayacaktır. Pencere veya kapı boşluklarının her iki kenarında kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar öngörülürse, hatılın olumlu etkisini göz önüne almak için en büyük boşluk uzunluğu ve en büyük boşluk oranı % 20 artırılabilir.



Şekil 6.3. Planda duvar boşlukları için sınırlar

#### 6.2.4. Lentolar, Hatıllar ve Döşemeler

Lentolar meydana gelen duvar boşluklarının azaltılması bakımından ve hatıllar da duvarların kendi içindeki bütünleşmenin sağlanması bakımından önemlidir. Hatıllar ayrıca farklı duvar bölümlerinin birbirleri ile bütünleşmelerini sağlarlar. Pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan uçlarının her birinin uzunluğu serbest lento açıklığının % 15'inden ve 0.20m'den az olmayacaktır.

Merdiven sahanlıkları da dahil olmak üzere her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerde betonarme döşeme ile birlikte dökülmüş aşağıdaki koşulları sağlayan betonarme yatay hatıllar yapılacaktır. Yatay hatıllar taşıyıcı duvar genişliğine eşit genişlikte ve en az 0.20m yükseklikte olacaktır. Hatılarda beton kalitesi en az C16 olacak, içlerine taş duvarlarda en az üçü altta, üçü üstte 6φ10, diğer malzemeden taşıyıcı duvarlarda ise en az 4φ10 boyuna donatı ile birlikte en çok 0.25m ara ile φ8'lik etriye konulacaktır. Boyuna donatılar köşelerde ve kesişme noktalarında sürekliliği sağlayacak biçimde bindirilecektir.

Moloz taş duvarlarda döşeme ve merdiven sahanlıkları dışında düşeyde eksenden eksene aralıkları 1.5m'yi geçmeyen ilgili kurallara uyan betonarme hatıl yapılması öngörülmüştür.

Yığma kargir binaların deprem dayanımlarının artırılması için bina köşelerinde, taşıyıcı duvarların düşey ara kesitlerinde, kapı ve pencere boşluklarının her iki yanında kat yüksekliğince uzanan betonarme düşey hatıllar yapılması uygundur. Düşey hatıllar, her iki yandan gelen taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra duvarlara paralel olarak konulacak kalıplar arasındaki bölümün donatılarak betonlanması ile yapılacaktır. Bina köşelerinde ve taşıyıcı duvarların ara kesitlerinde düşey hatılların en kesit boyutları kesişen duvarların kalınlıklarına eşit olacaktır. Pencere ve kapı boşluklarının her iki yanına yapılacak düşey hatılarda ise, hatılın duvara dik en kesit boyutu duvar kalınlığından, diğer en kesit boyutu ise 0.20m'den az olmayacaktır.



Düşey hatılarda beton kalitesi en az C16 olacak, içlerine taş duvarlarda her iki duvar yüzüne paralel olarak en az üç adet olmak üzere  $6\phi 12$ , diğer tür malzemelerden taşıyıcı duvarlarda ise en az  $4\phi 12$  boyuna donatı ile birlikte en çok 0.20m ara ile  $\phi 8$  'lik etriye konulacaktır. Boyuna donatılar için temelde ve katlar arasında filiz bırakılacaktır. En üst kattaki yatay hatıla oturan çatı kalkan duvarının yüksekliği 2.0m 'den büyük ise, düşey ve eğik hatıllar yapılacaktır.

Betonarme döşemeler deprem yükü etkisi altında rijit bir diyafram gibi davranarak, taşıyıcı duvarların birbiri ile bütünleşmesini sağlamak, yatay yükleri duvarlara bölüştürmek bakımından önemlidir. Döşemelerin hatıllara mesnetlenmesi ve büyük boşlukların bulunmaması olumsuz etkilerin çıkmasını önleyecektir.

### 6.2.5. Taşıyıcı Olmayan Bölme Duvarları

Taşıyıcı olmayan bölme duvarlarının kalınlığı en az 1/2 tuğla (0.10m ) veya tuğla dışı duvar malzemelerinde en az 0.10m olacaktır. Bu duvarlar her iki uçta taşıyıcı duvarlara düşey arakesit boyunca bağlanarak örülecektir. Taşıyıcı olmayan duvarların üstü ile tavan döşemesinin altı arasında en az 10mm boşluk bırakılacak, ancak düzlemine dik deprem yüklerinin etkisi ile duvarın düzlemi dışına devrilmemesi için gerekli önlemler alınacaktır. Teraslarda yığma duvar malzemesi ile yapılan korkulukların yüksekliği 0.60m 'den çok olmayacaktır.

## 6.3. YIĞMA BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

### 6.3.1. Deprem Güvenliği Yetersizlik Türleri

Yığma binanın güçlendirilmesinin başarılı olması, sözkonusu binanın taşıyıcı sistem yetersizliğinin anlaşılması ile mümkündür: En başta gelen yetersizlik duvarda hesaplanan normal ve kayma gerilmelerinin Deprem Yönetmeliği'nde verilen sınırları aşmasıdır. Ayrıca bulunabilecek zayıflıklar binanın taşıyıcı sisteminin incelenmesi ile belirlenebilir. Yurdumuzdaki yığma binalarda deprem güvenliğinin yetersizliği konusunda sık rastlanan problemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yığma binalarda döşemeler düşey ve deprem yüklerini karşılayarak duvara iletmesi yanında, duvarların bütünlüğünü sağlaması bakımından da önemlidir. Bunların rijit diyafram oluşturmaması deprem yüklerinin dağılımını olumsuz yönde etkiler. Özellikle büyük boşlukların bulunması veya ahşap döşemelerde kirişlerin ve bağlantılarının yetersiz olması önemli bir güvensizlik sebebi olabilir.
- Duvar üzerinde döşeme için yeterli mesnedinin bulunmaması veya duvarın üstünde bulunan yatay hatılın, duvarla veya döşeme ile bağlantısının yetersiz olması da bir güvensizlik nedeni sayılabilir. Duvarın plandaki boyunun büyük olması, yetersiz düşey hatıla işaret eder ve duvarın düzlemine dik dayanımının düşmesine sebep olur.
- Taşıyıcı duvarlarda kullanılan yığma duvar elemanlarının (tuğla, beton blok, briket, kerpiç) yeterli dayanıma sahip olmaması ile bunları birleştiren harçların yetersiz olması önemli bir güvensizlik sebebi olabilir. Duvar elemanlarının çekme dayanımı düşüktür. En önemli hasar nedeni, deprem etkisiyle duvarlarda oluşan kayma gerilmelerinin dolayısıyla eğik çekme gerilmelerinin meydana getirdiği çatlak, ayrılma ve dağılmadır. Duvarın çekme ve basınç altındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme göstermeden ani göçmesine sebep olur. Duvardaki

büyük pencere ve kapı boşlukları ile planda duvar düzeninin simetriden ayrılması, duvarda ilave gerilme yığılmalarına sebep olur. Bunun yanında, yapım kusurları ve standart dışı blokların ve harcın kullanılması, derzlerin harçla doldurulmaması, duvarların düşeyden ayrılması ve katlar arasında duvar sürekliliğinin sağlanmaması da güvensizliği oluşturan sebeplerdendir.

- d. Taşıyıcı yığma duvarlar temellerinin duvarlarla bağlantısının yetersiz olması duvarın kolayca dağılmasına sebep olduğu için, önemli bir güvensizlik sebebi sayılır. Ayrıca, zemin niteliğine göre yeterli büyüklükte temelin bulunmaması da güvensizlik oluşturur.

Yukarıda belirtilen yetersizlikler Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen minimum konstrüktif şartlar kontrol edilerek ve düşey ve deprem yükleri altında yaklaşık duvar gerilmeleri hesap edilerek gözden geçirilebilir.

### 6.3.2. Güçlendirme Malzemeleri

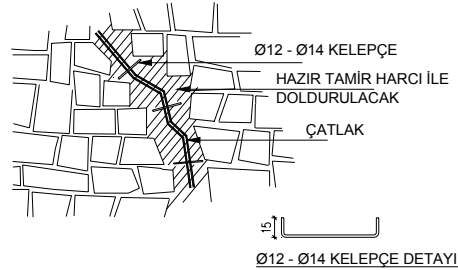
#### *Hazır tamir harçları*

Tamir harçları yığma binalarda yerel olarak ortaya çıkan hasarlarının giderilmesinde yaygın biçimde kullanılır. Yüksek basınç dayanımına ve aderans özelliğine sahip olan bu harçların seçiminde, uygulandığı yüzeye iyi yapışması ve nitelikli olması önemlidir. Tamir harcı uygulanan yüzey dışa açık olduğu için, harcın atmosfer koşullarına dayanıklı olması ve düşük geçirimsizliğe sahip olması tercih edilmelidir. Tamir harcı uygulamadan önce yüzeydeki harç, gevşek parçalar, yağ, boya kalıntıları, kireç, toz ve kir temizlenmeli ve ortaya çıkan yüzey pürüzlendirilmelidir. Eğer tamir harcı uygulaması 20mm'den kalın olacaksa harç kalınlığındaki gerilmeleri alabilmek için, yüzeye tel veya çelik hasır bağlanmalıdır. Konulan hasırla yüzey arasında tamir harcının nüfuz edebilmesi için uygun bir mesafe bırakılmalıdır. Donatısız yüzeydeki veya donatı üzerindeki harç kalınlığı en az 10mm olmalıdır. Donatı çubukları veya hasır yerleştirildikten sonra, tamir harcı uygulamasından önce kesit suya doymun hale getirilmelidir. Tamir harcı mala ile sürülebileceği gibi, püskürtülerek de uygulanabilir. Harcın düzeltme işleminden sonra, sıcaklık veya rüzgar gibi nedenlerle hızla kuruyarak içindeki hidratasyon suyunu kaybetmemesi için, bitmiş yüzeye bakım yapılmalıdır.

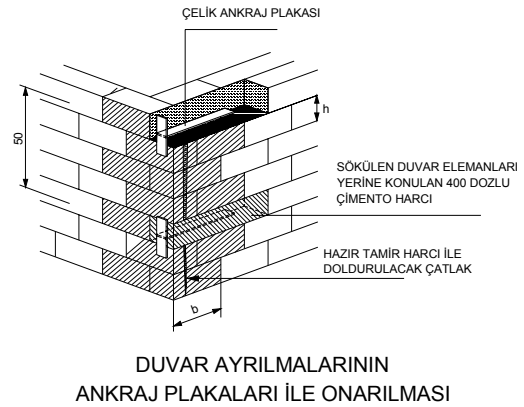
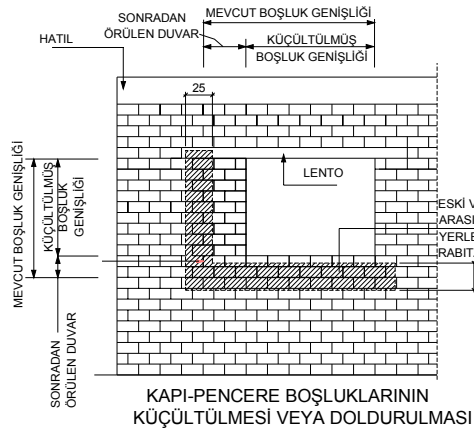
#### *Püskürtme beton*

Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan betondur. Karışımın hazırlanmasında iki ayrı yöntem mevcuttur: Birinci uygulamada püskürtme beton malzemeleri makinede karıştırılarak basınçlı hava ile bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Bu uca gelen kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava yardımıyla betonlanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. İkinci bir uygulamada ise, malzeme su beraber karıştırılarak basınçlı hava yardımıyla püskürtme ucuna iletilir. Mevcut yığma bina duvarlarının beton tabakasıyla kaplanmasında ve güçlendirilmesinde kullanılır. Donatı hasırı pimlerle veya takozlarla beton püskürtülecek yüzeye bağlanarak hareket etmesi önlenir. Hasır çelik veya küçük çaplı donatılar tercih edilmeli ve donatının beton tarafından sarılmasına özen gösterilmelidir. Donatı, beton karşı taraftan ve düşeyden az bir sapma ile püskürtülebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Donatıların etrafında betonun boşluk bırakmadan püskürtülmesini sağlayacak kadar mesafe bulunmalıdır. Mevcut donatının arkasını betonlama amacıyla, tabanca normalden daha fazla yaklaştırılabileceği gibi, yüzeye olan dikliği biraz değiştirilebilir. Ayrıca, betonun

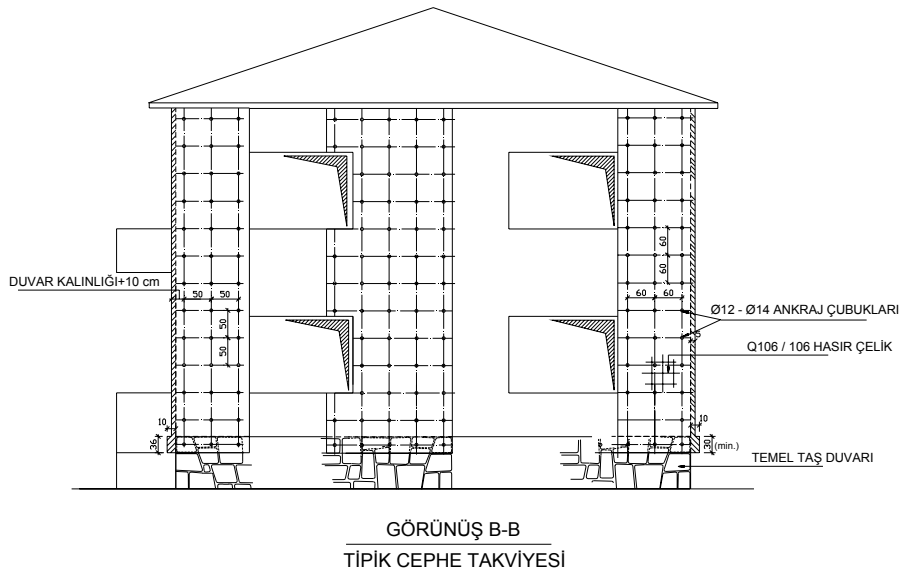
aralığa daha iyi yerleşmesi, betonun akmamasına dikkat ederek, suyunu buralarda biraz arttırarak sağlanabilir. Geri sıçrayan betonun yeni kısma karışması önlenmeli ve bu zayıf olarak uzaklaştırılmalıdır. İletim hortumunun kolay hareketi sağlanarak, tabancayı idare edenin istediği yönde ilerlemesine imkan verilmelidir.



## TAŞ DUVARDA ÇATLAK ONARIMI



Şekil 6.4. (a) Taş duvarda kenetlenme ve hazır tamir harcı uygulaması, (b) kesişen duvarların bütünleşmesi ve (c) pencere boşluğunun küçültülmesi



Şekil 6.5. Binanın beton ve çelik hasır tabakası ile güçlendirmesi

### 6.3.3. Güçlendirme Yöntemleri

Yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yığma binanın güçlendirilmesinde çok çeşitli uygulama önerileri vardır. Bunlardan yurdumuzda yaygın olarak kullanma alanı bulabilecekler aşağıdaki gibi verilebilir:

- Güçlendirme malzemesi ve yönteminin seçiminde güçlendirilecek binanın yapım kalitesi göz önünde tutulmalıdır. Basit ve belirsizlikleri çok olan binada basit ve kolay uygulanabilir yöntem tercih edilmelidir (*Şekil 6.5*).
- Taşıyıcı yığma duvarları çelik hasır, tamir harcı veya püskürtme beton veya benzeri basit malzemelerle güçlendirilebilir. Bir veya iki taraflı yapılacak bu uygulamada duvarın hem onarılması ve hem de kalınlaştırılması suretiyle duvara ek kesme kuvveti kapasitesi kazandırabilir. Püskürtme betonun iç hacimlerde uygulanması güçlükler çıkardığı için, iç hacimler gibi dar mekanlarda hazır tamir harcının uygulanması tercih edilebilir. Duvara yerleştirilen çelik hasır kenetleme donatıları ile duvara bağlanarak mevcut duvarla bütünleşmesi sağlanır. İki taraflı püskürtme beton uygulamasında, iki yüzdeki çelik hasırlar birbirine duvarı delen donatılarla bağlanır (*Şekil 6.5* ve *Şekil 6.6*).
- Duvarlar yenilenerek yapımında kullanılan tuğla duvarların kaliteleri iyileştirilebilir. Yurdumuzda kullanılan boşluklu tuğlalar hafif ve ucuz olmaları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak, bunların gevrek, kırılğan olması özellikle deprem etkilerinde önemli bir sakınca oluşturmaktadır. Yönetmeliklerimizde tanımlanan yığma bloklar ağır ve pahalı olduklarından üretilmemektedir. Bu ikisinin arası bulunarak belirlenecek tuğla kalitesinin üretiminin teşvik edilmesinin hem güçlendirmede ve hem de yeni yapılan binalara ek bir yatay yük kapasitesi sağlayacağı açıktır. Dayanımı ve rijitliği yetersiz duvarlarının yenilenmesi, boşluklarının kapatılması veya beton ve çelik hasır uygulaması ile kalınlaştırılması bu tür güçlendirme türüdür. Yeni duvar ilave edilmesi veya mevcut duvara düşey ve yatay hatıl ilave edilmesi ile duvarın deprem güvenliği artırılabilir. Duvarlar çatlakları onarılarak duvar kesitinin yük taşıma kapasitesi artırılabilir. Duvarın kapasitesinin artırılmasında yerine göre karbon lifli malzeme de kullanılabilir.
- Rijit diyafram oluşturmadığı belirlenen döşemelerin düzlemleri içinde rijitliklerinin ve gerekli ise dayanımlarının artırılarak, döşeme güçlendirilir. Bunu sağlamak için döşeme malzemesinin betonarmeye çevrilmesi, ahşap ise ek takviyeler konulması ve varsa boşlukların doldurulması yeterli olabilir. Ahşap döşemeye mevcut kaplamaya göre değişik açıda bir kaplama çakılması rijitliğini önemli ölçüde artırır. Komşu hacimlerde bulunan döşemelerin arasında sürekliliğin sağlanması da yapının bütünlüğünün sağlanmasına katkıda bulunacaktır.
- Yığma yapıda duvarların bütünlüğün sağlanması amacıyla binanın tümünün dıştan uygun bir öngerilme verilerek sarılması yapının bütünleşmesini arttıracığı için önemli bir güçlendirme işlemidir.
- Bazı pencere, kapı ve dolap boşluklarının kapatılması ile duvarın kesme kuvveti kapasitesi artırılabilir.
- Binada kat azaltılması yapılarak deprem talebi azaltılabilir.
- Binanın bodrum katında çevre duvarı yapılarak binaya rijit bir bodrum kat kazandırılabilir.
- Köşelerde kesişen duvarların birbiri ile kenetlenmesi ve bütünleşmesi binanın yatay yük kapasitesi bakımından çok önemlidir. Bu kenetlenme ile duvarların birbirine

mesnetlenmesi sağlanır. Bu çerçevede yukarıda açıklandığı gibi, yönetmelikte de mesnetlenmemiş duvar boyu için bir üst sınır öngörülmüştür. Bu bütünleşmenin oluşmadığı duvar köşelerinin elden geçirilmesi deprem dayanımının artmasını sağlayacaktır.

#### 6.4. KAYNAK YAYINLAR

1. N. Bayülke; Depremde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi 1999.
2. Z. Celep, N. Kumbasar; Deprem mühendisliğine giriş ve deprem dayanıklı yapı tasarımı, Beta Yayıncılık, İstanbul 2005.
3. Z. Celep, E. Özer; Post earthquake rehabilitation of moderately damaged masonry structures, Second Japan-Turkey Workshop on Earthquake Engineering, Technical University of Istanbul, 61-72, İstanbul 1998.
4. T. Paulay, M.J.N. Priestley; Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings, John Wiley & Sons, New York 1990.
5. Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara 1998.
6. TS 500: Betonarme yapıların ve yapım kuralları, 2000.

