

Kırsal Yapıların Deprem Karşısındaki Davranışı

Ahmet BUDAK, Habib UYSAL, Abdulkadir Cüneyt AYDIN

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, TÜRKİYE (abudak@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 04.03.2003

ÖZET : Ülkemiz nüfusunun yaklaşık %37 sinin kırsal bölgelerde yaşadığı bilinmektedir. Kırsal bölgelerdeki yapılaşma incelendiğinde ise bu bölgelerdeki yapıların büyük bir kısmının deprem bölgesinde bulunmasına rağmen, hemen hemen tamamının hiçbir mühendislik hizmeti almadığı görülmektedir. Bu tür yapılarda, küçük depremlerde bile önemli ölçüde can ve mal kayıplarının görülmesi, tehlikenin büyüklüğünü gözler önüne sermektedir. Bu çalışmada, kırsal bölgelerde görülen yapılaşma özellikleri, davranışları ve hasar türleri üzerinde durulmuş, bu tür yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanmasına ilişkin esaslar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kargir yapı, karkas yapı, deprem, depreme dayanıklı tasarım.

Earthquake Behaviour Of Rural Buildings

ABSTRACT: A wide range of TURKEY, about 37 %, lives in rural regions. However, about all of these constructed rural buildings were not taken any civil engineering service and mostly built in earthquake regions. So, many lives and property were lost by even a minor earthquake and that stresses the greatness of the danger. The present work presents the constructed properties, behaviors, and types of damages; and earthquake resistant design rules of rural buildings.

Key words: Masonry buildings, skeleton building, earthquake, earthquake resistant design.

GİRİŞ

Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) 'nün 2000 yılı sayımlarına göre yalnızca belediye ve belediye mücavir alanları içerisinde kalan yapıların %50 den fazlası taşıyıcı sistem olarak incelendiğinde yığma yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine DİE 'nün nüfus sayım verilerine göre kırsal alandaki nüfus, toplam nüfusun %37 si civarındadır (Anonim, 2003). Bu da ülkemizin %60 ları aşan oranda yığma yapılardan oluşan bir yapı stokuna sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Ülkemizde kırsal bölgelerde inşa edilmiş ve edilmekte olan yapılar bölgesel ve sosyo-ekonomik sebeplerden dolayı farklılıklar gösterse dahi, taşıyıcı özelliklerine göre ele aldığımızda çoğunluğu yığma (kargir) olmak üzere; karkas ve kargir-karkas, bileşik (melez) yapı sistemlerinden oluşmaktadır (Gülkan ve Sucuoğlu, 1988). Kırsal bölgelerdeki bu yapıların hemen hemen tamamı hiçbir mühendislik hizmeti almadan inşa edilmiş durumdadır. Ülkemizin bir deprem kuşağı içinde olduğu da göz önüne alınırsa kırsal bölgelerde yaşayan nüfusumuzun önemli bir deprem riski altında yaşadığı görülmektedir. Öte yandan gelişmiş yörelerdeki yapılar bile oluşan depremlerde büyük hasarlar görmektedir.

Nüfus olarak ülkemizin %95 inin deprem bölgesinde yaşadığı göz önünde bulundurulursa, taşıyıcı sistem bakımından en zayıf olarak göze çarpan kırsal yapıların davranışları, beklenebilecek hasarlar ve bunlardan yola çıkarak yapılacak olan yeni yapıların depreme dayanıklı tasarlanması için gerekli prensipler bu çalışmada sunulmuştur (Çılı, 1978; Mertol ve Mertol, 2002; Anonim, 1998).

ÜLKEMİZDEKİ KIRSAL YAPI TÜRLERİ

Ülkemizde kırsal bölgelerde inşa edilen yapı tipleri birbirlerinden önemli farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılıklar yörenin iklim koşulları ve yörede bulunan yapı malzemelerine bağlı olarak şekillendiği gibi gelenekler ve sosyal alışkanlıklardan da etkilenmektedir. Ayrıca gelir düzeyi yapı tipleri üzerinde oldukça etkili olmaktadır.

Kırsal bölgelerde rastlanan yapı tipleri çok çeşitli olmakla birlikte bazı detaylar ihmal edilerek bunları taşıyıcı sistemleri açısından sınıflandırmak olasıdır. Bu açıdan kırsal yapılar kargir (yığma) ve karkas yapılar olarak sınıflandırılabilir. Ancak her iki tipin özelliklerini taşıyan başka bir üçüncü yapı tipinden de söz edilebilir. Aşağıda kırsal bölgelerde rastlanan başlıca yapı tipleri fazlaca detaya girilmeden tanımlanmaktadır (Gülkan ve Sucuoğlu, 1988).

Kargir (Yığma) Yapılar

Bunlar gerek yatay ve gerekse düşey yüklerin duvarlar tarafından taşındığı yapılar olarak tanımlanabilir. Taşıyıcı duvarlar taş, tuğla, briket ve kerpiç gibi çeşitli malzemeler kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu malzemelerin taşıyıcı duvarları teşkil etmek üzere bir araya getirilmesi ise çeşitlilik göstermektedir. Bu yapılar çoğunlukla tek katlı olmakla birlikte kullanılan yapı malzemesinin türüne bağlı olarak birkaç katlı olarak da inşa edilebilmektedirler. Bunların döşemeleri daha çok ahşap veya betonarme ile teşkil edilmekte, çatı örtüleri toprak kaplama olabildiği gibi galvanizli sac kaplama şeklinde de karşımıza çıkabilmektedirler (Bayülke, 1978).

Taş Duvarlı Kargir Yapılar: Taşıyıcı duvarların yapımında doğal taşların kullanıldığı bu yapıları kullanılan taşların türü açısından moloz taş ve kesme taş duvarlı yapılar olarak sınıflandırmak mümkündür. Kullanılan taş türüne bağlı olarak bu yapılar yapısal olarak farklı özelliklere sahip olmaktadır. Taş yığma yapılara en çok Doğu Anadolu'da rastlanmaktadır.

Moloz Taş Duvarlı Kargir Yapılar: Duvar yapımında kullanılacak taşlar uygun büyüklükte olmak üzere herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın kullanılırlar. Duvarın iki yüzünde daha büyük taşlar yer almakta, bunların arasında kalan kısım ise daha küçük taşlar ve çamur ile doldurulmaktadır. Burada çamur bir tür bağlayıcı görevi görmektedir. Bunların düzenlenişine ait çeşitli görünüşler Şekil 1 de verilmiştir. Gerek kullanılan malzeme ve gerekse geleneksel olarak ortaya konulan işçilik yüzünden maliyeti düşüktür. Ancak yapısal özellikler açısından en zayıf duvar veya yapı tipini oluşturmaktadır. Bu tür yapılar değil deprem yükleri, şiddetli veya uzun süren yağmurlarda bile zarar görebilmektedirler. Bazı uygulamalarda duvar dayanımını yükseltmek amacıyla çamur yerine bağlayıcı olarak çimento harcı kullanılmaktadır. Bu tür yapıların deprem yönünden en istenmeyen yönü duvarların birbirinden ayrılarak dağılmasıdır. Bunu önlemek için duvarların keşişme noktalarında örgü taşlarının birbirine geçmeli olarak yapıldığı görülmektedir. Bir diğer uygulama ise duvarlar içinde belirli seviyelerde hatılların teşkil edilmesidir. Hatıllı yığma yapıların deprem anında hatılsız olanlara oranla çok daha iyi davrandığı bilinmektedir (Gülkan ve Sucuoğlu, 1988).

Kesme Taş Duvarlı Kargir Yapılar: İşlenerek bir yüzeyi düzgün hale getirilen daha büyükçe taşlar duvarın dış yüzüne yerleştirilmekte, iç yüzünde ise daha küçük taşlar kullanılmaktadır. Bağlayıcı olarak daha çok çimento veya kireç harcı kullanılmaktadır. Ahşap hatıllar burada da duvar stabilitesini artırmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Moloz taş duvarlı yapılara oranla daha iyi özelliklere sahiptirler.

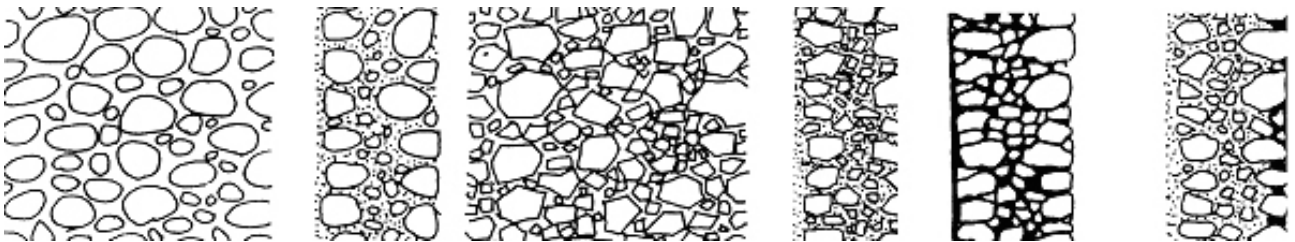
Tuğla Duvarlı Kargir Yapılar: Toprak esaslı malzemelerin fırınlarda pişirilmesi sonucu elde edilen tuğlanın taşıyıcı duvar yapımında kullanılan türleri dolu veya boşluk oranı az olanlardır. Bunlar değişik şekillerde duvarı teşkil etmek üzere yığılırlar. Bağlayıcı olarak çoğunlukla çimento harcı bazen kireç harcı kullanılır. Duvar içinde belirli seviyelerde teşkil edilen betonarme hatıllar yapının depreme karşı dayanımını artırır. Hatıllar içinde bir miktar donatı da vardır. Duvarların keşiştiği köşelerde tuğlalar birbirlerine geçmeli olarak yapılırlar. Çoğunlukla birden fazla kat sayısına sahiptirler.

Briket Duvarlı Kargir Yapılar: Yapım açısından tuğla duvarlı yığma yapılara benzemekle birlikte dayanım yönünden gerek taş ve gerekse tuğla duvarlı yığma yapılara oranla daha az güçlüdürler. Bağlayıcı olarak kireç veya çimento harcının kullanılmasının yanı sıra çamur da kullanılmaktadır. Dış yüzeyleri de çeşitli şekillerde sıvanmakta, bu amaçla çamur kullanıldığı da görülmektedir.

Kerpiç Duvarlı Kargir Yapılar: Kerpiç; tuğlaya benzemekle beraber herhangi bir ısıl işlem görmeyen ve geleneksel olarak çamurdan üretilen bir yapı malzemesidir. Bağlayıcı olarak yine çamur kullanılmaktadır. Dayanım yönünden diğerlerine oranla çok daha zayıftır. Hatıllarla güçlendirildiğini görmek mümkündür. En kötü tarafı ıslandıklarında yumuşayarak dayanımlarını kaybetmeleridir. Bu yüzden dış ve iç yüzeyleri kalın bir çamur tabakası ile sıvanan kerpiç duvarlı yapılar daha çok Orta Anadolu'da görülmektedir.

Karkas Yapılar

Yapı yüklerini taşıyıcı bir iskelet vasıtasıyla temele aktaran yapılardır. Bunlar genel olarak ahşap veya betonarme olarak yapılırlar. Taşıyıcı iskeleti ahşap olarak yapılan karkas yapılar ülkemizde hımış ve bağdadi olarak adlandırılmaktadır. Betonarme karkas yapılarda ise taşıyıcı sistem çoğunlukla kolon ve kirişlerden oluşur. Mimari bölümler dolgu duvarları ile birbirinden ayrılırlar.

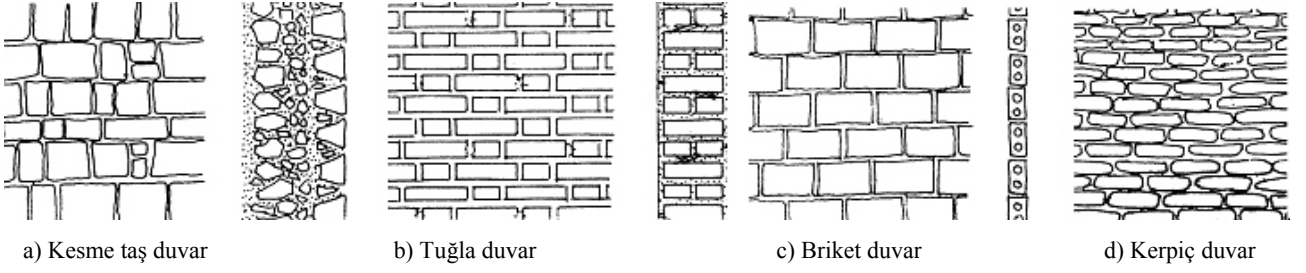


a) Yuvarlak moloz taş duvar

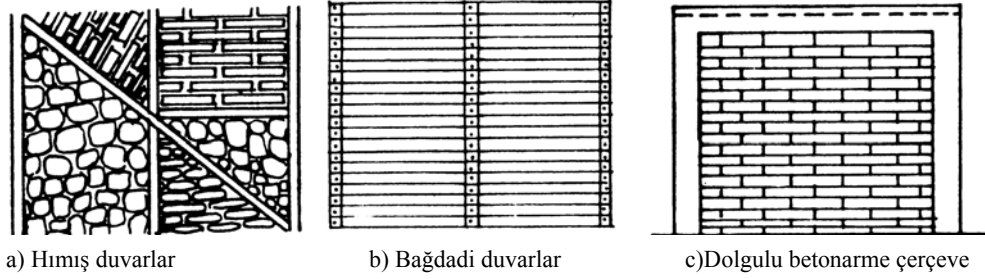
b) Köşeli moloz taş duvar

c) Çimento harçlı moloz taş duvar

Şekil 1. Moloz taş duvarlı yığma yapılar



Şekil 2. Kesme taş, tuğla, briket ve kerpiç duvarlı yığma yapılar



Şekil 3. Karkas Duvarlar

Himış: Ahşap direkler düşey ve çapraz olmak üzere taşıyıcı iskeleti meydana getirecek şekilde inşa edilirler. Bunlar arasında kalan kısımlar tuğla, taş ve kerpiç gibi malzemelerle doldurulur. Dolgu malzemeleri ve sıva için daha çok çamur kullanılır. Kuzey ve Batı Anadolu'da daha çok kullanılmaktadır. Deprem dayanımı yönünden yapım kalitesi önemli olmak üzere çoğunlukla yetersizdir.

Bağdadi: Taşıyıcı iskelet himişa benzer şekilde oluşturulur. Ancak kullanılan ahşap malzeme daha planlı olarak işlenerek hazırlanır ve yerleştirilir. Duvarın iç ve dış yüzü çivilikle çakılarak yerleştirilen kaplama ahşapları ile kaplanır. Ortada kalan boşluk çamur ile doldurulur. Çatılar çoğunlukla ahşap makaslar ve kiremit kullanılarak oluşturulur. Birleşim yerlerinin daha güçlü ve yapının hafif olması nedeniyle depremlerde oldukça iyi davrandıkları görülmüştür. Kuzey ve Batı Anadolu'da gelişmiş yörelerde oldukça sık rastlanmaktadır.

Betonarme Karkas yapılar

Yapı iskeleti kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçevelerdir. Döşeme ve merdivenler betonarmedir. Duvarlar daha çok briket ve boşluklu tuğla ile yapılmaktadır. Kırsal bölgelerde bölgenin zenginleşmesine bağlı olarak giderek yaygınlaşmaktadır. Betonarme çerçeve sistem mühendislik kuralları çerçevesinde inşa edildiklerinde depremlerde oldukça iyi davranış gösterirler. Ancak ülkemizin hemen hemen tamamında olduğu gibi gereklerine uygun şekilde inşa edilmemektedirler. Bu tür yapılar kırsal kesimlerde

çoğunlukla mühendis eli değmeden yerel ustalarca inşa edilmektedir.

Melez Yapılar

Bu yapılar incelendiğinde, genel olarak birkaç katlı oldukları, alt katların taşıyıcı sistem açısından daha güçlü bir sistem olarak inşa edildiği, diğer katların himiş, bağdadi gibi yapıldığı görülmektedir. Genel olarak belirgin bir yapım tekniğinden söz etmek ise mümkün olmamaktadır.

KIRSAL YAPILARIN DEPREMDEKİ DAVRANIŞLARI

Yapılar açısından deprem olayı yerin içinde oluşan bir takım kuvvetlerin neden olduğu ani hareketlerin ortaya çıkardığı sarsıntı dalgalarının geçtikleri ortamları ve yer yüzünü sallaması ve buralarda bulunan yapılarda atalet kuvvetleri doğurmasıdır. Yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması da bu atalet kuvvetlerine dayanıklı yapı yapmak olarak ifade edilebilir. Yapıları depreme dayanıklı olarak tasarlamak için deprem esnasında oluşan kuvvetlerin bilinmesi ve bu kuvvetler altındaki yapıların davranışının çok iyi irdelenmesi gerekmektedir (Bayülke, 1978; Özmen, 1985; Dowrick, 1992; Mertol ve Mertol, 2002).

Ülkemizde kırsal kesimlerde inşa edilen yapıların dörtte üçü "Kargir (yığma) Duvarlı Yapı" sınıfına girmektedir. Bu yapıların deprem etkisi altındaki davranışı, duvarların kendi düzlemleri içinde ortaya çıkan membran kuvvetleriyle açıklanabilir. Bu tür yapılarda deprem esnasında oluşan atalet kuvvetleri, yapılardaki çatıların ve bunların bağlı bulunduğu

duvarların düzlem içi rijitlikleri ve yük taşıma kapasiteleri sayesinde temele aktarılır. Duvarların kendi düzlemlerine dik yöndeki rijitlik ve yük taşıma kapasiteleri ise ihmal edilecek kadar azdır.

Aynı anda hem düzlem içi hem de düzlem dışı kuvvetlerin etkisinde olan duvarlar düşey yönde yukarıda çatıya, aşağıda temele bağlı basit bir kiriş gibi, yatay yönde ise sadece kaymadan etkilenen rijit kirişler gibi davranırlar. Ağır damlara sahip kargir (yığma) yapıların duvarlarında görülen çapraz çatlamlar hep bu kesme kuvveti tesirlerinin sonucudur. Duvarların ortak köşelerinde üst taraflarda oluşan konik şekilli kırılmalar da aslında iki adet çapraz çatlağın duvarı kesmesinden başka bir şey değildir. Bu tür yapıların duvar uçlarının devrilme tesirlerinden dolayı temelden yukarıya kalktığı gözlenmiştir (Gülkan ve Sucuoğlu, 1988).

Duvarların her birinin kendi içindeki bireysel davranışı sonuç olarak kargir yapının tamamının davranışını etkilemektedir. Eğer yapıdaki kitleler ve duvarların düzlem içi rijitliklerinin dağılımı simetrik ise dam bir bütün halinde dönmeden ötelenme yapar. Atalet kuvvetlerinin rijitliklerin farklı olması halinde rijitliği az olan duvar ötekine oranla daha fazla öteleme yapar. Sonuç olarak ta dam hem ötelenmeye hem de dönmeye maruz kalır. Eğer damın kendi düzlemi içindeki rijitliği yeterli ise dönme bir rijit cisim dönmesi gibi olur ve sonuçta duvarların gördüğü kesme kuvvetlerinde farklı ortaya çıkar. Ancak çatı duvarların üst kısmına yük aktaracak şekilde bağlanmamışsa veya kendi düzlemi içinde yeterli dayanıma sahip değilse o zaman çatının geometrisinde değişiklikler olur.

Görüldüğü gibi çatının deprem davranışına olan etkisi ihmal edilemeyecek kadar büyüktür ve bu etki sadece duvarların karşı koyması gereken kuvvetin belirlenmesinde rol oynamaz. Ülkemizdeki kırsal yapıların en belli başlı özelliklerinden biri ağır olmaları ve aynı zamanda da duvar başlıklarının birbirleriyle yeterince bağlantılı olmamalarıdır. Bu durumda duvarlar birbirinden bağımsız olarak davranmakta ve genel dayanımda azalmalar ortaya çıkmaktadır.

Kargir yapılarıdaki duvarlar temelde üç ana kuvvetin etkisine karşı koyarlar. Bu kuvvetler; düşey yöndeki (eksenel) yükler, düzlem içi kesme kuvvetleri ve düzlem dışı eğilme momentleridir. Bütün kargir duvarlarda malzemenin çekme dayanımının artması veya eksenel yük taşıma kapasitesinin artması taşıyabileceği moment kapasitesinin de artmasına yol açar. Kireç harcı yerine çimento harcı ile örülmüş bir duvarın veya içine hatil yerleştirilmiş bir duvarın daha fazla dayanıma sahip olduğu ve deprem esnasında oluşacak kuvvetlere direnme gücünün daha fazla olduğu açıktır.

Yatay kuvvetler altında boyuna duvarlar, yatay yükleri çatı veya kat döşemesine veya çatı makasına aktarırlar. Bu elemanlar da kendisine gelen yükleri uç duvarlara aktarırlar. (Şekil 4) Böylece uç duvarlar kesme kuvvetlerine maruz kalırlar ve bu kesme gerilmeleri duvarın kesme dayanımını aşarsa, eğik çekme çatlakları

şeklinde kırılmalar oluşmaya başlar. Bu çatlaklar yatay ile aralarında 45° derecelik bir açı yaparlar.

Deprem kuvvetleri yapının iki ana doğrultusunda da etkiyeceğinden yapıların köşeleri çok kritik olacaktır. (Şekil 5) Betonarme bir kat döşemesi veya çatı makasının yeterli rijitlikte olmaması ve enine duvarları birbirine bağlı tutamaması halinde yapıların köşelerinde hasarlar oluşacaktır. Yığma duvarlara gelen kesme kuvvetleri altında çeşitli kırılmalar oluşabilmektedir. Ancak duvarlar kendi ağırlıklarından ve üst katlardan gelen yükler nedeni ile basınç gerilmelerine de maruzdurlar. Bu nedenle eğik çekme çatlakları 45° dereceden sapabilir. Ayrıca bu tür yapılar çatlakların açısından başka, çatlakların gidişi, duvarların yükseklik ve uzunluk oranı, duvardaki kapı ve pencere boşluklarının miktar ve yerlerinden de etkilenir (Bayülke, 1978; Dowrick, 1992).

Taşıyıcı sistemini kolon ve kirişlerin birbirleriyle birleşmesinden oluşan çerçevelerin meydana getirdiği karkas yapıların deprem yükleri altındaki davranışı kargir(yığma) yapılara oranla çok daha belirgindir. Bu yapılarda taşıyıcı sistemi meydana getiren kolon kiriş elemanlar deprem yükleri altında eğilme, kayma ve eksenel rijitliklerinin büyüklüklerine bağlı olarak davranış gösterirler.

DEPREM ETKİSİNDE KALMIŞ KIRSAL YAPILARDA KARŞILAŞILAN HASAR TÜRLERİ

Sosyo-ekonomik düzeyi geliştirmekte olan ülkemizde yapılaşma sorunu neredeyse ülkemizin gelişim süreciyle paralel hareket etmektedir. Kırsal yapı olarak nitelendirdiğimiz mevcut yapı stoğumuz, çoğu yığma olan kargir ve karkas sistemli, imar görmemiş ve inşaat mühendisliği hizmeti almamış yapılardan oluşmaktadır. Bu nedenle her depremde, kırsal yapılarda önemli hasarlar ve can kayıpları olmaktadır. Bu tür yapılardaki deprem hasarları kabaca “hafif”, “orta” ve “ağır” olmak üzere üç ana grupta toplanabilir. Bunlardan ağır hasar görmüş olanları onarılamaz durumdadırlar.

Bu çalışmada ele alınan kırsal yapılar ülkemiz yapı stokunun büyük bir hacmini temsil ettiğinden, herhangi bir depremde bu tür yapılarda meydana gelen kayıplarda büyük boyutlarda olmaktadır. Bu kısımda, kırsal yapı tiplerinde rastlanan hasar türleri sınıflandırılarak açıklanacaktır (Gülkan ve Sucuoğlu, 1988).

Yığma (Kargir) Yapı Hasarları

Bu güne kadar olagelen depremlerde, yığma yapıların %70 kadarı ağır hasar görmüştür. Az hasarlı veya tamamen hasarsız olarak bu depremleri atlatan yapılar ise en fazla %10 kadardır. Bu tür yapılarda deprem anında dış duvarlardan başlayan hasar etkiyen deprem kuvvetine göre bölme duvarlarını içine alarak ilerler. Bu nedenle bütün duvarları taşıyıcı olarak çalışan bu yapı sisteminde hasar değerlendirmesi dış duvarlara göre yapılır. Duvarlarda oluşan eğik kayma çatlakları

depremin yönünün duvarla paralel olduğunu ifade eder. Eğer deprem duvara dik olarak etki ediyorsa köşe hasarları ve duvar gövdesinde de yatay ve düşey çatlaklar ortaya çıkacak veya genişleyecektir.

Hafif Hasarlı Yığma Yapılar: Hafif hasarlı yığma yapıların en belirgin özelliği duvar sıvası çatlakları ve pencere, kapı gibi boşluk içeren duvarlarda ise boşluk kenarlarından dışa doğru uzanan eğri çatlaklardır. Yapıya etkiyen deprem kuvvetlerinin yönünün duvara paralel olduğu durumlarda eğik çatlaklar, dik olduğu durumlarda yatay ve düşey çatlaklar oluşur. Özellikle düşey çatlaklar, köşe bölgelerinin (dik duvar bağlantılı) birleştiği kenarda ve duvarın orta kısmında yer alır ve eğilme çatlakları olarak adlandırılırlar. Tuğla ve kerpiç yığma duvarlarda ise dışa eğilme kendini siva dökülmesiyle gösterir (Şekil 6).

Orta Hasarlı Yığma Yapılar: Bu durum hafif hasarlı kısımda belirtilen çatlak genişliklerinin büyümesi ve sayılarının artmasıyla oluşur. Çamurla sıvalı taş ve kerpiç duvarlarda siva dökülür, tuğla ve briket duvarlarda eğik çatlaklar briket ve tuğlaları keser. Boşluklu duvarlarda eğik çatlaklar yaygınlaşır. Mevcut düşey eğilme çatlakları genişler. Düzlem dışı eğilmeye zorlanan taş duvarlar ise şişer bazen de orta kısmı dökülür. Hatıllı duvarlarda ise hatıl civarında dökülmeler ve ayrılmalar görülebilir (Şekil 7).

Ağır Hasarlı Yığma Yapılar: Bu tip hasarlar duvar kalınlığı boyunca oluşmakta ve çatlak genişlikleri de oldukça fazla olmaktadır. Duvarlarda kısmi yıkılmalar ve köşe bölgelerde kırılmalar oluşur. Özellikle başlıklı duvarlarda, başlık kısmında geniş eğik kesme çatlakları oluşur (Şekil 8).

Karkas Yapı Hasarları

Yapıya gelen düşey ve yatay yükleri taşıyıcı karkas (iskelet) çerçeve ve çerçeve içindeki dolgu malzemesinin birlikte taşıdığı yapılara karkas yapılar denir. Bu tür yapılarda hasar hem çerçevede hem de dolgu duvarlarda olur. Hasar dağılımını karkas duvarın tipi belirler. Yığma yapılara göre daha esnek olduklarından depremleri yığma yapılara göre daha kolay atlatırlar. Karkas yapıları kendi içerisinde

depremden etkilenmesine göre en azdan en fazlaya doğru sıralayacak olursak betonarme çerçeveli karkas yapılar, bağdadi yapılar ve hımsız yapılar olarak sıralayabiliriz. Bu tür yapılarda dış duvarlardaki hasarlar değerlendirmede esas alınmakla beraber, çerçeveli sistemlerde çerçeve ve dolgunun birleşim bölgelerindeki zayıflık hatırdta tutulmalıdır.

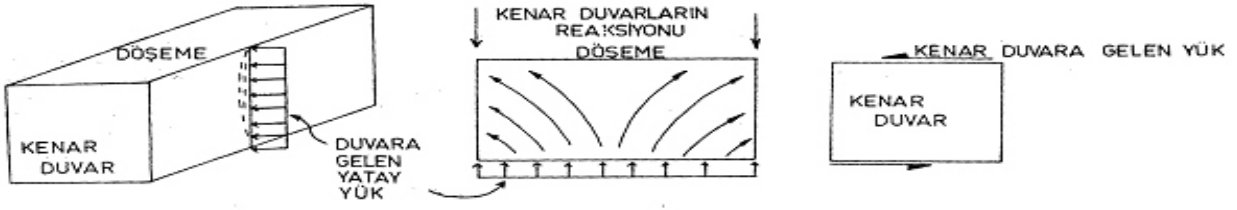
Hafif Hasarlı Karkas Yapılar: Genel olarak taşıyıcı çerçevede hasar yoktur. İnce dolgu çatlakları ve yer yer siva dökülmesi görülebilir. Bağdadi yapılarda hasar ancak duvarın hafifçe kaykılmasıyla fark edilebilir. Betonarme sistemlerde çerçeve ve duvarların birleşim yerlerinde hafif açılmalar olabilir (Şekil 4).

Orta Hasarlı Karkas Yapılar: Orta hasar görmüş yapıların kısmen taşıyıcı iskeleti hafif hasar görür. Betonarme çerçeveli sistemlerde kolon ve kirişlerde ince çatlaklar, dolgu duvar köşelerinde ezilmeler, hımsız yapılarda ahşap dikmelere yaslanmış olan dolguda açılma ve kısmi dökülmeler ve bağdadi yapılarda ise gözle fark edilen oranda duvar kaykılması ve iç dolguda çatlaklar meydana gelir (Şekil 7). Orta hasarlı karkas yapılar sadece dolguda onarım yapmak suretiyle kullanılabilir hale gelebilirler. Betonarme sistemlerde kolon ve kirişlerde meydana gelen çatlakların onarılması da gerekli olabilir.

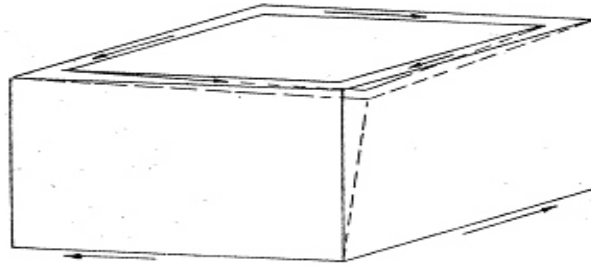
Ağır Hasarlı Karkas Yapılar: Bu tip hasarların en önemli farklılığı, dolgunun dağılması ve taşıyıcı sistemde kırılmaların meydana gelmesidir. Betonarme sistemlerde eleman mesnet uçlarında enine eğilme çatlaklarının büyümesi ve eğik kesme çatlaklarıyla kendini gösterir. Ayrıca depreme dik doğrultularda duvarların tamamen yıkılması durumuyla da karşılaşılabilir. Hımsız yapılarda dolgu aralarında kalan dolgu dağılır, ahşap dikmeler kırılır veya ezilir. Bağdadi yapılarda ise birleşim yerlerinin esnek olmasından dolayı yapı duvarlarında eski haline getirilemeyecek kadar kaykılma olur (Şekil 6).

Melez Yapı Hasarları

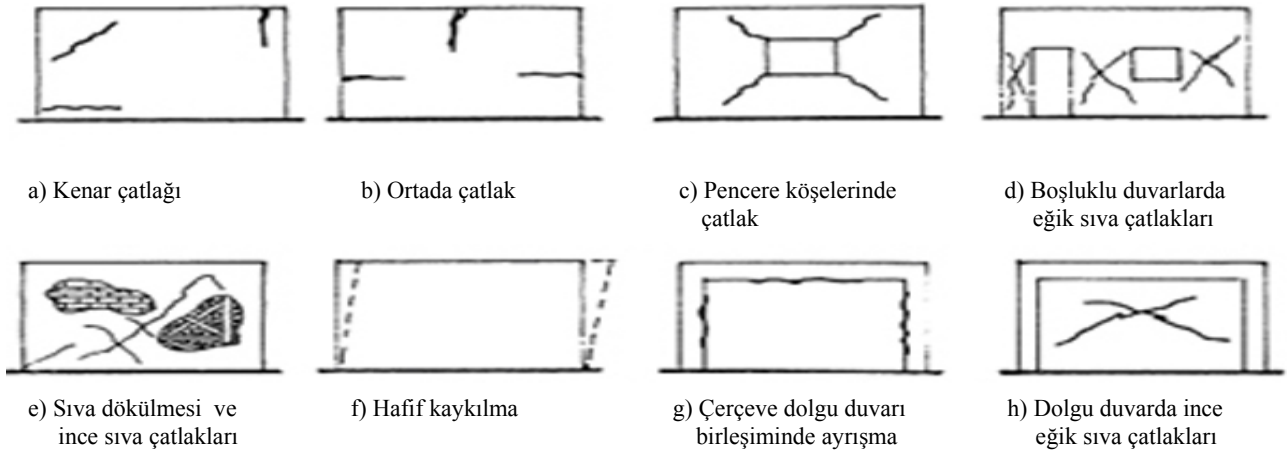
Bu tipteki yapılar için hasar değerlendirmesi, yapının ele alınan bölümünün tipine bağlı olarak yukarıda belirtilen ilgili maddelere göre ele alınır.



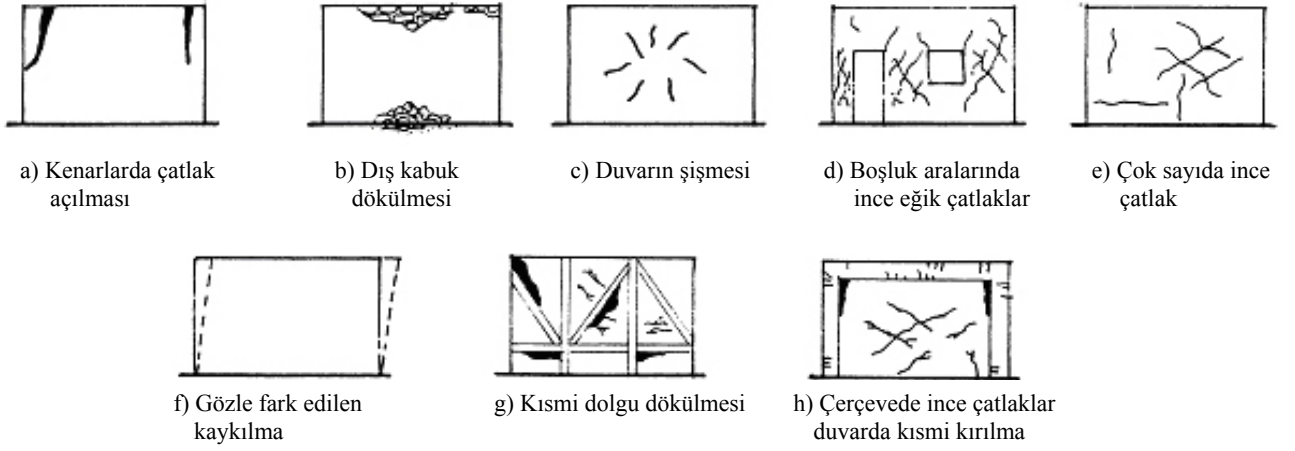
Şekil 4. Yığma duvarlarda yatay yük altında davranış



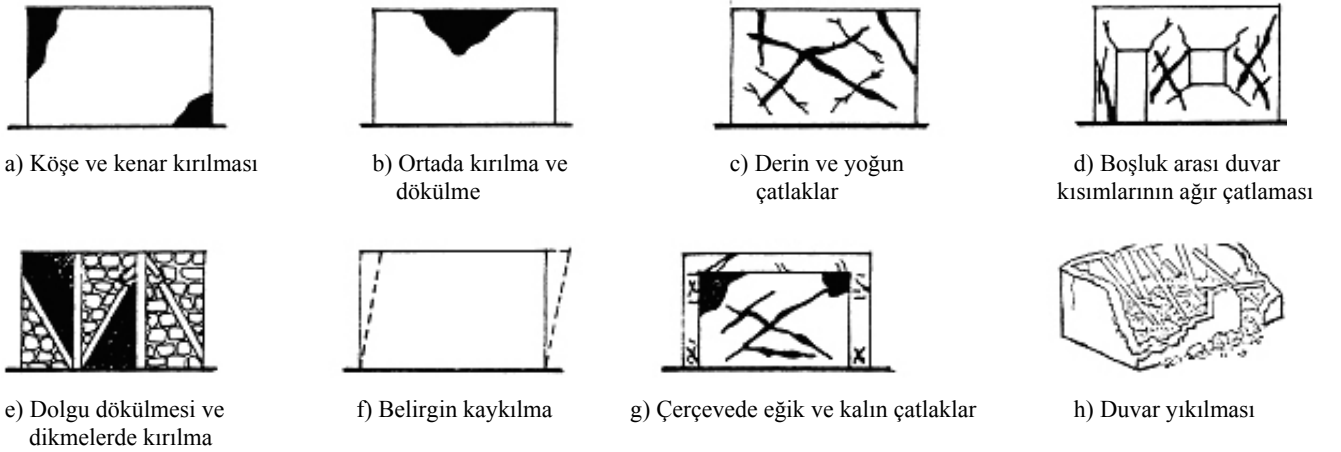
Şekil 5. Yığma duvarların köşe davranışı



Şekil 6. Hafif hasarlı yapılar



Şekil 7. Orta hasarlı yapılar



Şekil 8. Ağır hasarlı yapılar

KIRSAL YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMI

Deprem bölgelerinde yapılacak olan taşıyıcı sistemi doğal (doğal taş) veya yapay malzeme (dolu tuğla, TS-2510 ve TS-705'te tanımlanan maksimum boşluk oranlarını sağlayan düşey boşluklu tuğlalar, dolu beton briket veya benzeri bloklar) kullanılarak oluşturulan tüm binalar'ın hem düşey, hem de yatay yükler için boyutlandırılması ve donatılması, bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklere göre yapılmalıdır.

Aşağıda; çalışmada yapılan kırsal yapı sınıflandırması göz önüne alınarak bu yapıların depreme dayanıklı tasarımına ait temel kavramlar üzerinde durulmuş, bu doğrultuda verilen değerlendirmede, çok fazla detaya girilmemiş, ayrıntılı bilgilere ihtiyaç olması halinde başvurulması gereken kaynaklar belirtilmiştir.

Yığma Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı

Kargir (yığma) yapıların deprem davranışı açısından yapı yüksekliği veya kat sayısı oldukça önemlidir. Bu açıdan deprem yönetmeliği, kargir (yığma) yapılar için yapımına izin verilen en fazla kat sayısını, yapının döşemelerinin TS500 e uygun yapılması durumunda tek bodrum katı hariç olmak üzere, deprem bölgelerine göre sırasıyla 1. derece için 2, 2.ve 3. derece için 3 ve 4. derece için 4 kat olarak sınırlanmıştır. TS500 e uymayan döşemeli yığma yapıların kat sayısı ise, yatay hatlarını yönetmelik kurallarına uygun şekilde yapılmak kaydıyla, tek bodrum katı hariç olmak üzere 2 ile sınırlanmıştır. Belirtilen kat sayıları zemin katını da içermektedir.

Yığma kargir yapılarda her bir katın yüksekliği, döşeme üstünden döşeme üstüne 3 m 'den fazla olmamalıdır. Ayrıca, yığma kargir yapıların taşıyıcı duvarları, kat planında olabildiğince düzenli ve ana

eksenlere göre simetrik veya simetriğe yakın biçimde düzenlenmelidir. Kısmi bodrum yapılmasından olabildiğince kaçınılmalı, tüm taşıyıcı duvarların kat planında mutlaka üst üste gelecek biçimde yapılmasına dikkat edilmelidir.

Taşıyıcı duvarlarda uygulanması zorunlu olan minimum duvar kalınlıkları, kat planında birbirine dik doğrultuda uzanan taşıyıcı duvarların toplam uzunluğu ve taşıyıcı duvarın mesnetlenmemiş uzunluğu Deprem Yönetmeliğince sınırlanmıştır. Mesnetlenmemiş duvar uzunluğu, herhangi bir taşıyıcı duvarın, kat planında kendisine dik olarak sapan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan uzaklık olarak tanımlanmaktadır.

Taşıyıcı duvarların yapımında, Türk Standardlarına uygun doğal taş, dolu tuğla ve maksimum boşluk oranlarını sağlayan düşey boşluklu tuğlalar, dolu beton briket veya benzeri bloklar yığma kargir malzemeleri olarak kullanılmalıdır. Doğal taş taşıyıcı duvarlar yığma yapıların sadece zemin ve bodrum katlarında kullanılabilir. Beton taşıyıcı duvara ise ancak bodrum katlarında izin verilmektedir.

Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak yığma yapı malzemelerinin en düşük basınç dayanımı da afet yönetmeliği ile sınırlanmıştır. Taşıyıcı duvarlarda bağlayıcı harç malzemesi olarak, çimento takviyeli kireç harcı veya çimento kullanılmalıdır. Boşluklu beton briket, yatay delikli tuğlalar, cürufli briket, Türk Standartlarındaki maksimum boşluk oranlarını sağlamayan düşey boşluklu tuğlalar ve dolgu duvar yapımı için imal edilen diğer tuğlalar taşıyıcı duvar yapımında kullanılmamalıdır (Anonim, 1977; Anonim, 1985).

Taşıyıcı duvar boşlukları; yapı köşesine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile yapı köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde 1.5 m'den, üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise 1.0 m'den az olmamalıdır. Ayrıca taşıyıcı duvarlarda bırakılacak boşluklar, yapı köşeleri dışında, pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu düzenlenirken Deprem Yönetmeliğindeki kurallara uyulmalıdır. Kapı ve pencere boşluklarının her birinin plandaki uzunluğu ise 3.0 m'den fazla olmamalıdır (Anonim, 1998).

Kargir yapılarda lento ve özellikle hatıllar taşıyıcı duvarların veya yapının stabilitesi açısından çok önemlidir. Deprem yönetmeliği pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan mesnet kısımlarının uzunluğunun, serbest lento açıklığının %15'inden ve 20 cm'den az olmaması gerektiğini belirtmektedir. Lento ve yatay hatılların en kesit boyutları taşıyıcı duvar genişliğine eşit olmalı ve yükseklikleri de en az 20 cm olmalıdır.

Merdiven sahanlıkları da dahil olmak üzere, her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerlerde monolitik olarak yatay hatıllar düzenlenmelidir.

Bunlarda kullanılacak beton ve donatıya ilişkin kurallar Deprem Yönetmeliğinde verilmektedir.

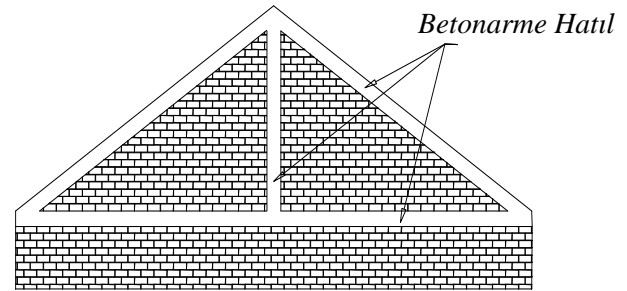
Moloz taş duvarlarda, döşeme ve merdiven sahanlıkları dışında, düşeyde eksenden eksene aralıkları 1.5 m'yi geçmemek üzere betonarme yatay hatıllar yapılmalıdır.

Yığma kargir yapıların depreme dayanıklılığının artırılması amacı ile yapı köşelerinde, taşıyıcı duvarların düşey arakesitlerinde, kapı ve pencere boşluklarının her iki yanında kat yüksekliğince betonarme düşey hatıllar yapılmalıdır. Düşey hatıllar, her iki yandan gelen taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra kalıplar duvarlara paralel olarak konulmalı, kalıplar arasındaki kısım donatılarak betonlanmalıdır. Yapı köşelerinde ve taşıyıcı duvarların arakesitlerinde düşey hatılların en kesit boyutları kesişen duvarların kalınlıklarına eşit olmalı, pencere ve kapı boşluklarının her iki yanına yapılacak düşey hatıllarda ise, hatılın duvara dik en kesit boyutu duvar kalınlığından, diğer en kesit boyutu ise 20 cm'den az olmamalıdır.

Düşey hatıllarda beton kalitesi en az C16 (BS16) olmalı, içlerine taş duvarlarda her iki duvar yüzüne paralel en az üç adet olmak üzere 6Ø12, diğer taşıyıcı duvarlarda ise en az 4Ø12 boyuna donatı ile birlikte en fazla 20 cm ara ile Ø8'lik etriye konulmalıdır. Boyuna donatılar için temelde ve katlar arasında filiz bırakılarak, sürekliliği sağlamak üzere donatı uçları uygun şekilde kenetlenmelidir.

Yığma kargir yapılarda düzenlenecek döşemeler, TS-500'deki kurallara uygun şekilde boyutlandırılarak donatılmalıdır, konsol şeklindeki balkonlar, kornişler ve çatı saçakları sadece kat döşemelerinin devamı olarak yapılmalı, serbest konsol uzunluğu 1.5 m'den fazla olmamalıdır. Konsol şeklinde yapılan merdivenlerin serbest konsol uzunluğu ise en fazla 1.0 m olmalıdır.

Yığma kargir yapıların çatıları; betonarme teras çatı, ahşap veya çelik oturtma çatı olarak yapılabilir. Ahşap çatı donanımının döşeme ve taşıyıcı duvarların üstündeki yatay hatıllar ile bağlantıları TS-2510'da verilen kurallara göre yapılmalıdır. En üst kattaki yatay hatılla oturan çatı kalkan duvarının yüksekliğinin 2 m'yi geçmesi durumunda, düşey ve eğik hatıllar yapılmalıdır.



Şekil 9 Çatı hatılları

Karkas yapıların taşıyıcı olmayan bölme duvarlarının kalınlığı en az 1/2 tuğla veya tuğla dışı malzemelerde en az 10 cm olmalıdır. Bu duvarlar, her iki uçta taşıyıcı duvarlara düşey arakesit boyunca bağlanarak örülmelidir. Taşıyıcı olmayan duvarların üstü ile tavan döşemesinin altı arasında en az 1 cm boşluk bırakılmalı, ancak düzlemine dik deprem yüklerinin etkisi altında duvarın devrilmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Teraslarda yığma duvar malzemesi ile yapılan korkulukların yüksekliği 60 cm'den fazla olmamalıdır.

Kerpiç Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı

Deprem yönetmeliği; kerpiç yapıların bütün deprem bölgelerinde, bodrum katı hariç olmak üzere tek katlı olarak yapılmasını şart koşmaktadır. Bu katın yüksekliği, döşeme üstünden döşeme üstüne 2.70 m'den, bodrum kat yapılması durumunda ise, bu katın yüksekliği 2.40 m'den fazla olmamalıdır. Kerpiç yapılar kat planında dikdörtgen olacak şekilde ve taşıyıcı duvarlar, ana eksenlere göre simetrik veya simetriğe yakın olacak biçimde düzenlenmelidir. Kısmi bodrum yapımından ise kaçınılması gerekmektedir.

Temeller, bodrumsuz yapılarda en az 50 cm, bodrumlu yapılarda ise en az 60 cm kalınlıkta moloz taş duvar olarak yapılmalı, temel derinliği, don derinliğinin altında olmak üzere, en az 80 cm olmalıdır. Temel duvarları, dış zemin yüzeyinden en az 50 cm yukarıya çıkacak şekilde yapılmalıdır. Temel duvarlarında harç malzemesi olarak çimento harcı (*çimento/kum hacimsel oranı=1/4*) veya çimento takviyeli kireç harcı (*çimento/kireç/kum hacimsel oranı =1/2/9*) kullanılmalıdır.

Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak kerpiçlerin üretimi TS-2514'e göre yapılarak, duvar yapımında dinlendirilmiş kerpiç harcı kullanılmalıdır. Normal kerpiç boyutları, cm olarak, 12x30x40 (*ana*) ve 12x19x40 (*kuzu*), ya da 12x18x30 (*ana*) ve 12x25x30 (*kuzu*) olmalıdır. Bodrum katlardaki moloz taş duvarlarda harç malzemesi olarak, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde çimento takviyeli kireç harcı (*çimento/kireç/kum hacimsel oranı=1/2/9*) kullanılmalıdır. Üçüncü, dördüncü derece deprem bölgelerinde kireç harcı (*kireç/kum hacimsel oranı=1/3*) kullanılabilir.

Taşıyıcı dış kerpiç duvarlar en az 1.5, taşıyıcı iç kerpiç duvarlar ise en az 1 kerpiç boyu kalınlığında olmalı, bodrum katlardaki moloz taş duvarların kalınlığı en az 50 cm olmalıdır.

Planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların toplam uzunluğu, pencere ve kapı boşlukları hariç olmak üzere, brüt kat alanına (konsol döşemeler hariç) oranı **0.25 m/m²**'den daha az olmamalı, herhangi bir taşıyıcı duvarın, planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğu, 4.5 m'yi geçmemelidir.

Yapı köşesine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile yapı köşesi arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu 1.0 m'den, yapı köşeleri dışında, pencere ve kapı boşlukları arasında kalan dolu duvar parçalarının plandaki uzunluğu 1.0 m'den az olmamalıdır. Konulacak ahşap dikmeler pencere altı hatılma ve pencere üstü lentosuna bağlanmalıdır.

Yapı köşeleri dışında, birbirini dik olarak kesen duvarların arakesitine en yakın pencere veya kapı boşluğu ile duvarların arakesiti arasında bırakılacak dolu duvar parçasının plandaki uzunluğu 0.50 m'den az olmamalıdır. Kapı boşlukları yatayda 1.00 m'den, düşeyde 2.10 m'den fazla olmayacaktır. Duvara dik olarak saplanan taşıyıcı duvarların eksenleri arasında birden fazla kapı boşluğu bırakılmayacaktır. Pencere boşlukları yatayda 0.90 m'den, düşeyde 1.20 m'den fazla olmayacaktır.

Kapı üstleri ile pencerelerin alt ve üstlerine ikişer adet 10x10 cm kesitinde ahşap kadronla lento yapılmalı, pencere ve kapı lentolarının duvarlara oturan mesnet kısımlarının her birinin uzunluğu 20 cm'den az olmamalıdır.

Temel duvarlarının ya da bodrumlu yapılarda bodrum duvarlarının üzerine, Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan betonarme veya ahşap hatıllar yapılmalıdır. Kerpiç duvarların üzerine çatı seviyesinde yapılacak hatıllara ilişkin kurallar Deprem Yönetmeliğinde tanımlanmıştır.

Temeller, bodrumsuz binalarda en az 50 cm, bodrumlu binalarda ise en az 60 cm kalınlıkta moloz taş duvar olarak yapılmalıdır. Temel derinliği, don derinliğinin altında olmak üzere, en az 80 cm olmalıdır. Temel duvarları, dış zemin yüzeyinden en az 50 cm yukarıya çıkacak şekilde yapılmalıdır. Temel duvarlarında harç malzemesi olarak çimento harcı (*çimento/kum hacimsel oranı=1/4*) veya çimento takviyeli kireç harcı (*çimento/kireç/kum hacimsel oranı =1/2/9*) kullanılmalıdır.

Kerpiç yapıların çatıları, dış duvarları en fazla 50 cm aşacak şekilde saçaklı olarak ve olabildiğince hafif yapılmalıdır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toprak dam yapılmayacaktır. Üçüncü ve dördüncü derece deprem bölgelerinde ise toprak damın kalınlığı 15 cm'yi geçmeyecektir. Kerpiç yapıların çatıları, ahşap makas veya betonarme plak teras çatı şeklinde de yapılabilir.

Temel Zemini Ve Temeller İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları: Deprem yönetmeliği birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toplam yüksekliği 60 m den fazla olan tüm yapılarda, bütün deprem bölgelerinde deprem sonrası kullanımı gereken ve tehlikeli madde içeren yapılar ile insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu veya değerli eşyanın depolandığı yapılarda zemin araştırmalarının yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Kırsal yapılar genel olarak burada tanımlanan yapılar dışında kalmaktadır.

Ancak birinci ve ikinci derece deprem bölgelerindeki kırsal yapılar içinde zeminle ilgili yerel bilgilerin ve gözlemlerin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Deprem yönetmeliği yapı temellerinin deprem sonrası oturma veya farklı oturmaya konu olmayacak şekilde temel inşaatı ve zemin mekaniği kurallarına göre yapılması gerektiğini belirtmektedir. Bu aynı zamanda statik yükler altında ortaya çıkacak olumsuz durumların da önlenmesini sağlamaktadır. Zira sadece statik yükler altında oluşabilen zemin oturmalarından etkilenen birçok kırsal yapı örneği verilebilir. Temel tasarımı açısından bağ kirişleri oldukça önemlidir. Karkas yapılarda daha çok uygulanan tekil temeller, her iki

doğrultuda bağ kirişleri ile bağlanmak zorundadır. Ahşap ve yığma kargir yapı temelleri ise taşıyıcı duvarların altında betonarme duvar altı temel olarak yapılmalıdır. Duvar altı temelinin derinliği; zemin özellikleri, yeraltı su düzeyi ve yerel don derinliği göz önüne alınarak belirlenmelidir. Duvar altı temellerinin beton kalitesi en az C16 (BS16) olacaktır. Tablo 1’de tanımlanan zemin gruplarına göre, duvar altı temellerinin boyutlarına ve donatılarına ilişkin koşullar Tablo 2’de verilmiştir. Deprem yönetmeliği yapı temelleri için beton ve donatı düzenlemesi hakkındaki diğer bağlayıcı kuralları da belirtmektedir.

Tablo 1. Zemin Grupları

Zemin Grubu	(A)	(B)	(C)	(D)
Zemin Grubu Tanımı	1. Masif volkanik kayalar ve ayrılmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar 2. Çok sıkı kum, çakıl 3. Sert kil ve siltli kil	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar 2. Sıkı kum, çakıl 3. Çok katı kil ve siltli kil	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar 2. Orta sıkı kum, çakıl 3. Katı kil ve siltli kil	1. Yeraltı su düzeyinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2. Gevşek kum 3. Yumuşak kil, siltli kil

Tablo 2. Duvar Altı Temellerine İlişkin Koşullar

Koşulun Tanımı	Zemin Grubu (A),(B)	Zemin Grubu (C)	Zemin Grubu (D)
Minimum temel genişliği (cm)	50	60	70
Duvar kalınlığına ek (iki yandan) pabuç genişliği (cm)	2 x 15	2 x 20	2 x 25
Minimum temel yüksekliği (cm)	30	40	40
Altta ve üstte minimum temel boyuna donatısı	3Ø12	3Ø14	4Ø14
Temelde minimum etriye	Ø8/30	Ø8/30	Ø8/30

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ülkemizdeki yapı stokunun büyük bir kısmını oluşturan mühendislik hizmeti almamış, kırsal yapılar sınıflandırılarak, deprem kuvvetleri etkisinde davranışları, oluşabilecek hasar türleri ve olası depremlerde can ve mal kaybını en aza indireyecek depreme dayanıklı tasarım kuralları konu edilmiştir. Elde edilen mühendislik bilgi ve deneyimleri aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

1. Yapı, planda ve yüksekliği boyunca basit ve simetrik olmalıdır.
2. Birleşim bölgelerine gerekli duyarlılık gösterilmelidir. Yapı stabilitesini artıran lento ve hatıllar oldukça önemlidir.
3. Planda ve düşeyde bulunan taşıyıcı duvarlar düzenli, ana eksnlere göre simetrik ve sürekli olmalıdır.
4. Duvarlardaki boşlukların (kapı, pencere vs) oranları ve yerleri yapı dayanımını azaltan önemli etkenlerden olduğundan, bunların düzenlenmesi oldukça önemlidir.
5. Yapı temelleri, deprem sırasında oturma veya farklı oturmalardan ötürü üstüyük hasara neden

olmayacak biçimde, oturdukları zeminin özellikleri göz önüne alınarak, zemin mekaniği ve temel inşaatı ilkelerine göre yapılmalıdır.

6. Yapılarda kullanılacak yapı malzemesi deprem yönetmeliği ölçütlerine göre değerlendirilmelidir.
7. Çatılar; özellikle kerpiç yapılarda, yapının deprem davranışı açısından oldukça önemlidir.

Kırsal yapılarda depremlerde ortaya çıkan mal ve can kayıplarının önlenmesi en ideal şekilde bu yapıların mühendislik hizmeti alarak inşa edilmelerine bağlıdır. Ancak çoğu zaman gerek ekonomik ve gerekse sosyal etkenler yapıların bu hizmeti almalarını önlemektedir. Bu yapıların sahiplerince gereksinim duyulan veya yöresel ustalar tarafından inşa edildikleri göz önüne alınırsa, bunların eğitilerek yapı kalitesinin artırılması da bir önlem olarak göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

Anonim, 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997 Deprem Yönetmeliği (1998 Değişiklikleri İle Birlikte), 2.7.1998 – 23390 sayılı Resmî Gazete.

- Anonim, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim, 2003, Devlet İstatistik Enstitüsü, <http://www.die.gov.tr/>.
- Anonim, 1985, Fabrika Tuğlaları-Duvarlar için Dolu ve Düşey Delikli (TS 705), Türk Standartları Enstitüsü.
- Anonim, 1977, Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları (TS 2510), Türk Standartları Enstitüsü.
- Gül, R., Aydın, A.C., 2001, Depreme Dayanıklı Yapıların Projelendirilmesi, I Doğu Anadolu ve Kafkasya Depremleri Jeofizik Toplantısı Bildiriler Kitabı, Erzurum, s.71-85
- Gülkan, P., Sucuoğlu, H., 1988, Kırsal Yapılarda Deprem Hasarlarının Tayini, Deprem Araştırma Bülteni, Yıl:15, Sayı:62, s. 5-44.
- Bayülke N., 1978, Tuğla Yığma Yapıların Depremlerdeki Davranışları, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 22, s.26-42.
- Çılı, F., 1978, Yığma Yapıların Yatay Yüklere Göre Hesabı, Deprem Araştırma Bülteni, Yıl:6, Sayı:22, s. 7-25.
- Dowrick, D.J., 1992, Earthquake Resistant Design, John Wiley & Sons, pp.142-150, 361-370.
- Mertol, A., Mertol, C., 2002, Deprem Mühendisliği-Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Kozan Ofset, s.232-253.
- Özmen, T., 1985, Taş Yığma Duvarlar Üzerine Yapılan Deney Çalışmaları, Deprem Araştırma Bülteni, Yıl:12, Sayı:49, s. 68-82.