

Yığma Kagir Yapı Davranışı

G. Arun

*Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Taşıyıcı Sistemler Bilim Dalı
İstanbul 343491, Türkiye*

ÖZET: Bir kagir yapıda, duvarın dolu yada boşluklu, tek, iki yada üç cidarlı oluşu, duvarda açılan boşlukların tipi ile çatı ve döşemelerin oluşturulma şekli yapı davranışını etkiler. Bir yığma kagir yapı oluşturmadan ya da hasar görmüş yığma kagir yapılarda herhangi bir tedbir alınmadan önce yapı malzeme özellikleri, oluşturulması ve dış etkiler altında davranışının bilinmesinde yarar vardır. Ayrıca yavaş yavaş yok olan geleneksel yapım tekniklerinden de yararlanmak önemlidir.

Anahtar Kelimeler : Yığma Yapı, Yığma Kagir Duvar, Diyafram Davranışı

ABSTRACT: In unreinforced masonry construction, the wall composition, whether a solid or a cavity wall of one leaf, two or three leaves, the types of openings in the wall and the formation of roof and floors are effective in structural behavior. When constructing or when rehabilitating a damaged unreinforced masonry structure, it is important to know the building's material properties, structure formation and behavior under different actions. Besides, it is also useful to take advantage of traditional construction methods that are slowly disappearing.

Giriş

Taşıyıcı yapı elemanları doğal taş, kumtaşı, tuğla, vb. bloklarla ile düzenlenmiş yığma kagir yapılar, dış etkilere dayanıklı malzemelerle üretildiği için, günümüze kadar ayakta kalabilmiştir. Yığma kagir yapılar, süneklilikleri az, gevrek bir malzeme ile inşa edilir. Yapımlarında ve dayanımlarında işçilik önemli rol oynar.

Kagir yapıların düşey yüklere ve yatay deprem yüklerine dayanımı; duvar geometrisine, kullanılan malzeme dayanımına, yığma blokların birleştirilme şekline bağlıdır.

Kagir yapıların davranışında duvarı oluşturan blokların basınç dayanımı önemlidir çünkü blokların çekme dayanımı çok küçüktür. Bu nedenle deprem kuvvetleri karşısında duvarın düzlemi doğrultusunda ve düzlemine dik birim ağırlığa gelen eğilme dayanımı çok zayıftır. Doğası gereği duvarı oluşturan blokların yangın dayanımı yüksektir. Blokların su emme ve gözenek özelliği don hasarı dayanımında etkilidir.

Birim ağırlığın taşıma gücüne oranı yüksek olması nedeniyle yığma kagir bloklarla ağır yapılar oluşturulur.

Yığma Kagir Duvarlar

Kalın bir kagir duvar, dolu ya da arası boşluklu yapılır (Şekil 1). Kalın duvarların iki yüzünü oluşturan duvarlar aynı tip blokla yapılabilirdiği gibi her bir duvar ayrı tip blokla, karma, oluşturulabilir. Duvarlar arası boş bırakılır ya da moloz taş ve harçla doldurulur. Dolu duvara tek cidarlı, iki yüzü arası boşluklu yapılan; içi boş bırakıldıysa iki, doldurulduysa üç cidarlı duvar ya da sandık duvar denir.



Şekil 1

Yığma Kagir Duvarlarda Boşluk Açılması

Tarih boyunca taş, tuğla ve kerpiç gibi küçük bloklarla oluşturulan yapı duvarlarında kapı ya da pencere boşluklarını oluşturmak ve boşluk üzerindeki duvarın desteklenmesi için boşluk açıklığının büyüklüğüne bağlı olarak; taş blok ya da ahşap lento ve kemer kullanılmıştır (Şekil 2). Bu yöntemlerde mesnetlerden beklenen davranış farklıdır ve tüm yapı davranışında etkilidir.

Lento düzenlenmesinde, pencere ve kapı boşlukları üzerindeki duvarın kemer etkisi nedeniyle lentonun, kenarlarından itibaren 45° açı içinde kalan duvar alanının yükünü taşıdığı kabul edilir. Bu nedenle lentoların duvarlara oturan kısımlarının her birinin uzunluğu bu yükü aktaracak şekilde düzenlenir. Bugün lentolar betonarme, donatılı tuğla ya da çelik köşebentlerle yapılmaktadır. Ahşap lento kullanılırsa ahşabın su karşısında şişmesi ve sonra kuruması boşluk üzerinde bulunan duvarda çatlamalara yol açabilir. Tarihi yapılarda lento üzerindeki duvar ağırlığını azaltmak için hafifletme kemerleri de yapılmıştır.



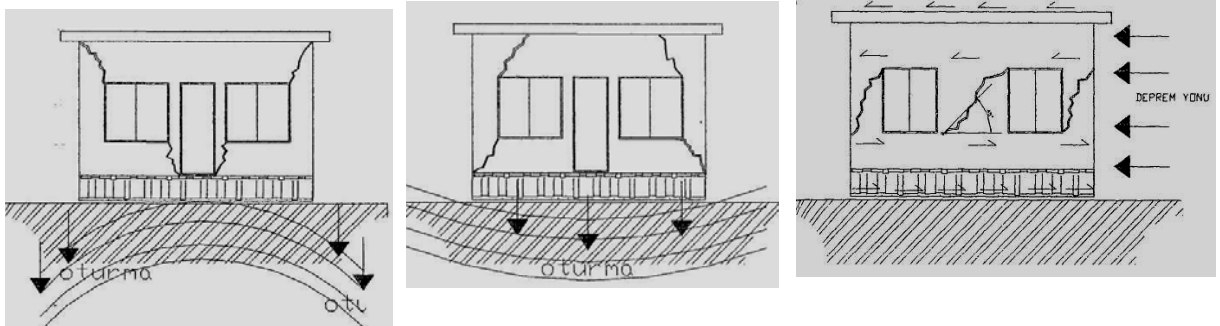
Şekil 2

Kemerlerle açılan boşluklarda kemer eğrisinin geometrisi, mesnetlerine vereceği itki kuvveti bakımından önemlidir. Bu itki kuvveti, mesnetlerde düzenlenecek yeterli duvar ya da gergi ile alınır. Kemer deformasyonu mesnetlerden birindeki yer değiştirme sonucu ortaya çıkar. Mesnetlerden birindeki itki yok olduğunda kemer yıkılır.

Kemerlerin yanyana düzenlenmesi, burkulma dayanımı açısından etkilidir. Ancak kenar kemerde, kemer itkisini zemine iletecek yeterli duvar bulunmalıdır. Tarihi yapılarda kemer itkisini zemine iletecek çeşitli düzenler yapılmıştır.

Yığma Kagir Duvar Davranışı

Taşıyıcı duvarlar, çatı ve döşemelerden gelen düşey ve yatay yükleri taşır. Etkiyen dış yükler yapının çekme kapasitesini aştığında çatlaklar ortaya çıkar. Dış yükler, temel oturmaları, farklı sünme, nem nedeniyle oluşan çökme ya da depremden kaynaklanır (Şekil 3). Yapıda oluşan hasarlar yük taşıma kapasitesini, kalıcılığını (durabilite) ve görünüşü etkiler.



Şekil 3

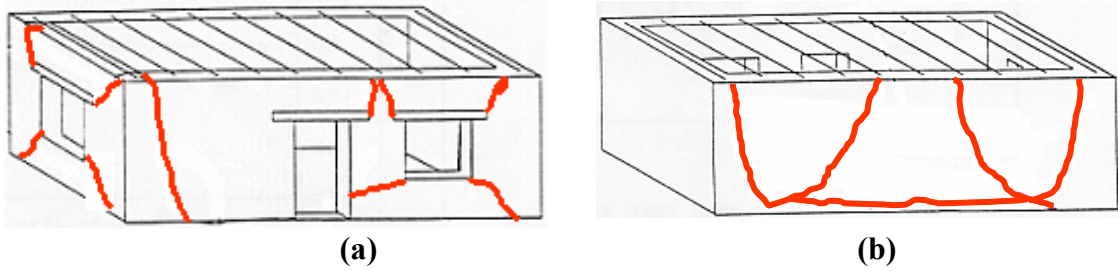
Deprem sırasında yığma kagir yapılarda karşılaşılan başlıca hasarlar: duvarların düzlemi içinde kesme çatlaklarının oluşması, düzlemi dışında devrilmesi, duvarların köşelerden ayrılması ve döşemelerin duvarlardan ayrılıp yıkılmasıdır.

Duvarın düzlemi doğrultusundaki yer değiştirmeler genellikle yapı stabilitesini tehlikeye sokmaz. Çatlaklar oluşurken duvar düzlemi doğrultusundaki sürtünme çatlakları sınırlar. Duvarın düzlemi doğrultusunda etkiyen kuvvetler altında çatlaklar büyür. Pencere ve kapı boşluğu bulunmayan duvarlarda diyagonal çatlaklar oluşur. Yapı titreşimine neden olan kuvvetler çatlakları oluşturdukça yapıdaki dinamik karakteristikler değişir; doğal frekans azalır ve yer değiştirmeler artar. Yanal hareket devam ettikçe düşey yük ve sürtünme etkisiyle çatlaklar birbirini kesip duvar yüzeyinde bağımsız duvar blokları oluşturur ve çatlaklar doğrultusundaki hareket artar. Titreşim periyodu uzayan kagir yapının rijitliği azalır. İnce duvarlarda, diyagonal çatlakların oluşturduğu bloklar kayıp duvar dışına düşebilir (Şekil 4).



Şekil 4

Çatlaklar gerilme yoğunluğu yüksek olan bölgelerde meydana gelir. Kapı ve pencere kenarındaki çatlaklar duvar düzlemine dik eğilme ya da düzlemi doğrultusunda oluşan kayma gerilmeleri nedeniyle oluşur. Duvarların birleşim yerlerinden düşey ya da diyagonal çatlaklar şeklinde ayrılması, duvarın düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki kuvvetlerin birleşik bir fonksiyonudur (Şekil 5a).



Şekil 5

Kapı ve pencere boşluğu olmayan uzun duvarlarda duvar düzlemine dik kuvvetler alt bölgede yatay çatlaklar ile duvar birleşimlerinde düşey ya da diyagonal çatlaklar oluşturur (Şekil 5b). Yığma yapının yıkılmasına yol açabilecek en büyük tehlike, duvarın düzlemi dışına doğru yer değiştirmeleridir. Çatlamış duvarların düzlemine dik kuvvetlere karşı stabilitesinde duvar kalınlığı ve narınlığı (yükseklik/kalınlık) önemlidir.

Duvar yüksekliği tabandaki duvar kalınlığının 8 katını geçmediği yapıların depremlerde iyi davrandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca duvar üstünde duvarları bağlayacak bir giriş düzenlemek ya da üst kat döşemesi ya da çatı sisteminde yapılacak eklerle (konsol) ek düşey yük sağlamak, sistemin düzlemine dik etkiyen yüklere karşı stabilitesini artırır.

Çatlaklar malzeme uyumsuzluğu olan bölgelerde oluşur ve düzgün yayılır. Harçlı birleşimle oluşturulan kagir duvarlarda zayıf harç kullanılması, yanal yükler altında kagir blokların harç boyunca kaymasını sağlayarak kırılmasını önler ve enerji dağılımını sağlar. Kalın kagir duvarların düşey yükler altında şişip açılmasını önlemek amacıyla belli seviyelerde düzenlenen hatıllar, duvar yüzlerini birbirine bağlayıp sağlamlaştırmanın yanında duvarın yükseklik/kalınlık oranını azaltır ve ilk çatlağın oluşacağı yeri belirleyerek çatlakların yapıya tehlike oluşturacak şekilde bir başka yerde ortaya çıkmasını önler. Duvarlarda oturmaları ve açılmaları önlemek için ahşap, beton, tuğla duvarlarda taş, taş duvarlarda tuğla hatıllar kullanılır (Şekil 6). Ahşap hatılların kagir duvarlarda kullanılması 2500 yıldır bilinen bir tekniktir, ancak ahşabın zaman içinde çürümesi, su etkisiyle şişip sonra kuruması duvarda oturmaları yol açar. Şartnameler 1.2-1.5m aralıklarla hatıl düzenlenmesini tavsiye eder.



Şekil 6

Belli aralıklarla duvara dik duvarlar ve kesişen duvarlar, düşey betonarme hatıllar ya da destek ayakları gibi düşey desteklerin düzenlenmesi, çatlama blokların hareketini sınırlandırmak için yararlıdır (Şekil 7). Desteklenmemiş duvar uzunluğu, duvar kalınlığının 10 katını geçmeyen duvarların depremlerde iyi davrandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 7

Kalkan duvarlar gibi yükseklik/kalınlık oranı büyük olan taşıyıcı olmayan duvarlar genellikle ilk yıkılır. Bu duvarlar yeterli düşey ve yatay hatılla bağlanmalıdır.

Anadolu'da inşa edilen hımiş ve göz dolma yapılar, kagir blokların ahşap düşey ve yatay elemanlar arasında düzenlendiği karma yapım sistemli yapılardır (Şekil 9). Deprem kuvvetleri karşısında sık düzenlenmiş ahşap dikme ve kuşaklar, kagir kısımda X çatlakları oluşmasını önler. Burada kagir kısmın yok olması duvarın göçmesine neden olmaz.



Hımiş

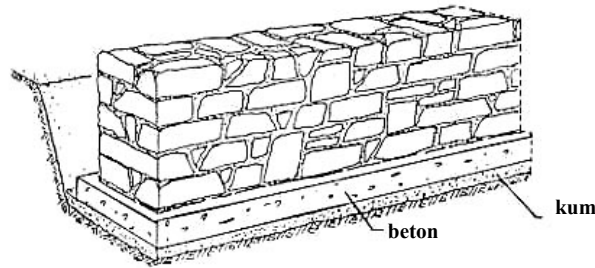


Göz Dolma

Şekil 9

Yığma Duvar Temelleri

Geleneksel yığma kagir duvar temelleri, betonarme ya da taş sürekli temel olarak yapılır. Temel sömelini oluşturan taşlar, gerekli dayanımı sağlayabilmeleri için, iri taşlardan ve derin bağlantılı yapılıdır. Temellerin yeterli olmaması yığma duvarda oturmalara ve çatlamalara yol açar. Anıtsal yapılarda ters tonoz temellere de rastlamak mümkündür. Anadolu'da geleneksel olarak zemin düzeltildikten sonra 15-20cm kalınlığında kum serildikten sonra temel yapımına geçilir (Şekil 10). Temel altına serilen kumun zemin suyunu yapıya iletmemesinin yanında depremde yer sarsıntılarını sönmülmesi açısından da yararı vardır.



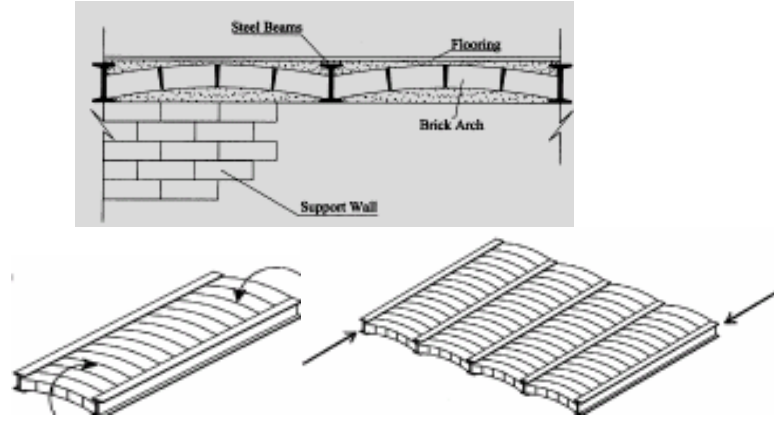
Şekil 10

Çatı ve Döşemeler

Yığma kagir yapı duvarlarına oturan döşeme ve çatılar; ahşap aşık ve mertekli, ahşap kirişli, çelik kirişli (volta), prekast beton kirişli yada yerinde dökme betonarme döşeme olarak yapılır.

Kagir duvarlar üzerine oturan ahşap kirişli döşemeler tek doğrultuda çalışır. Ahşap döşeme kirişleri kagir duvar neminden korunmalı, hizmet süresince düşmemesi için duvara iyi bağlanmalı, herhangi bir nedenle yerinden oynadığında duvarı parçalamayacak şekilde dönebilmesi sağlanmalıdır.

Çelik I profil kirişler arasının tuğla tonozlarla örüldüğü volta döşeme, tek doğrultuda çalışan döşemelerdendir (Şekil 11). Düşey döşeme yüklerini tuğla tonoz kemerleri basınca çalışarak uzun doğrultudaki çelik kirişlere, kirişler de üzerine oturduğu duvarlara ya da kirişlere aktarır. Yatay deprem yükleri altında çelik profiller kayabilir; tuğla kemerler, düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki eğilme ile zayıflayabilir; çelik kirişlerle tuğla arasında dinamik etkileşim olabilir ve sistem bir diyafram çalışması göstermeyebilir.



Şekil 11

I profil kiriş uçlarını dik kirişlerle bağlamak, ya da I kirişler arasında ızgara oluşturacak şekilde I profilleri düzenlemek, geleneksel volta döşemelerin sismik dayanımını artırır.

Tarihi yığma yapıların çatı ve döşemeleri tonoz ya da kubbe ile oluşturulmuştur. Bu eğrilikli yüzeyler, mesnetlerindeki itki kuvvetleri yeterli bir şekilde karşılanırsa, oldukça stabildir.

Diyafram Davranışı

Deprem açısından birbirine dik duvarların birlikte çalışmasını sağlayacak diyafram davranışı gereği, kalın duvarlı ve ince duvarlı yığma kagir yapılar için farklıdır.

Düzlemine dik kuvvetler etkisindeki kütsel, kalın duvarların yer değiştirmelerinin sınırlandırılması büyük hasarlara neden olabilir, çünkü duvarların düzlemi doğrultusundaki ve düzlemine dik hareketlere toleransı oldukça farklıdır. Kalın duvarların düzlemine dik kuvvetler etkisindeki yer değiştirmelerinin sınırlandırılması için gerekli kuvvetler, düzlemi doğrultusunda kuvvetler etkisindeki duvarların dayanımını aşabilir ve bu duvarlarda büyük hasarlara yol açabilir. Kalın duvarlı

yapıların çatı ve döşemelerini düzenlerken amaç kuvvetleri dağıtmak değil, duvarları pekleştirici kuvvetler sağlamak olmalıdır (Klingner, R.E., 1999).



Şekil 12

İnce duvarlı kagir duvarlı yapıların sismik dayanımında çatı ve döşemelerin diyafram davranışı önemlidir. Diyafram sistemi, diyafram duvar uzunluğu boyunca sürekli yapılar ve duvara iyi tutturulursa duvarda düzlemi içindeki blok hareketlerini sınırlandırıcı sürekli bir eleman olarak davranabilir ve duvarların düzlemi doğrultusundaki kuvvetlere karşı performansını artırır.

Sonuç

Düşük dayanımlı, düktil olmayan ve gevrek malzemeyle oluşturulan yığma kagir yapılar, uygun tasarım ve detaylandırma ile yapılar ya da güçlendirilirse düktilitesi zayıf ve kırılğan davranış göstermez ve deprem performansı artırılabilir.

Referanslar

Arun G., 2004, UR Masonry Construction- EQ Resistant Design, *UIA International Seminar Disasters and Architects*, Chamber of Architects

Corradi, M., Borri, A., Vignoli, A., “Experimental Study on the Determination of Strength of Masonry Walls”, *Construction and Building Materials* 17, 2003, s: 325-337

Croci, G., Yeomans, D., Arun, G., Kelly S., et.al, 2002, *ISCARSAH Recommendations for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage*, International Scientific Committee for the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage, Madrid

Klingner, R.E., 1999, Behavior of Masonry in the Northridge and Tecoman-Colima Earthquakes: Lessons learned and changes in the design provisions, *Proc.of The Seismic retrofit of Historic Buildings Conferece*, S.Francisco, Ca

Mourad, S. A., El-Hakim, F. A., 1996, Evaluation of Structural Integrity of Damaged Masonry Building, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, pp. 73-78