

Kâgir yığma binalarda mimari tasarım hataları: Elâzığ ve Kahramanmaraş depremleri saha gözlemleri

Architectural design mistakes in masonry buildings: field observations of Elâzığ and Kahramanmaraş earthquakes

Semih YILMAZ* 

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 11.07.2023

• Kabul tarihi / Accepted: 28.12.2023

Öz

21. yüzyıl içerisinde Türkiye’yi etkileyen depremler sonucunda birçok bina yıkılmıştır ve/veya kullanılamayacak düzeyde hasar almıştır. Yıkılan/yok olan bina stoku farklı taşıyıcı sistemler ile inşa edilmiştir. Bu sistemlerin başında yığma yapım sistemi gelmektedir. Yığma binaların depreme karşı göstereceği yapısal davranışta mimari tasarım öğeleri önemli bir rol oynar. Bu nedenle yığma binaların tasarımında kullanılan pek çok yönerge/yönetmelik mimari tasarım öğelerini içermektedir. Bu çalışmada depremlerinin etki ettiği yığma binaların deprem performansının, mimari tasarım bağlamında incelenmesi ve yapılan çıkarımlar ile paydaşlara yığma binaların deprem performanslarındaki yetersizliklerin aktarılması, bu yetersizliklerin giderilmesine yönelik önerilerin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik gerçekleştirilen çalışma, Türkiye’de yayımlanan deprem yönetmeliklerindeki (örneğin; 1997, 2007 ve 2018) tasarım öğeleri dikkate alınarak, Elâzığ (2020) ve Maraş (2023) depremleri sonrası yapılan saha gözlemlerinde incelenen yığma binalar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Yığma binalardaki hasar/göçme mekanizmaları yapıdan yapıya farklılık gösterebilmektedir. Bu bağlamda; seçilen binaların farklı konumlarda inşa edilmiş olması ve değişik derecelerde hasarlara maruz kalmış olmasına önem verilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan binalardaki hasarlar, gözlemsel tespitler ile mimari tasarım özelinde açıklanmıştır. Çalışma sonucunda, mevcut kâgir yığma binaların deprem performansındaki yetersizlikler ortaya koyularak, mevcut ve yeni/yeniden inşa edilecek olan kâgir yığma binaların deprem performansına katkı sağlayacak mimari tasarım önerileri ve mimari tasarım sürecinde dikkate edilmesi gereken hususlar açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Deprem, Mimari tasarım, Yapısal hasar, Yığma binalar

Abstract

In the 21st century, many buildings have been destroyed and/or damaged to a non-usable level as a result of earthquakes affecting Turkey. Within the demolished/destroyed building stocks constructed with different structural systems, the most widely used system is the masonry construction system. Architectural design elements have an important role in the structural behavior of masonry buildings response to earthquakes. For this reason, many regulations/instructions used in the design of masonry buildings contain architectural design elements. The main aim of this study is to evaluate the earthquake performance of masonry buildings in relation to architectural design, to inform stakeholders of the deficiencies in masonry building earthquake performance, and to provide solutions for resolving these deficiencies. The study, conducted to achieve this goal, is based on field observations of masonry buildings following the earthquakes in Elâzığ (2020) and Kahramanmaraş (2023), taking into account the design elements in earthquake regulations published in Turkey (e.g., 1997, 2007, and 2018). The mechanisms of damage/collapse in masonry buildings can vary from one structure to another. In this regard, special attention has been paid to the fact that the chosen buildings are located in various areas and have varied degrees of damage. The damages in the buildings considered within the scope of the study have been explained in terms of architectural design through observational findings. The research's conclusions include an overview of the masonry structures' deficiencies in terms of seismic performance, suggestions for architectural design, and an explanation of the factors to be taken into account while constructing new or repaired masonry structures.

Keywords: Earthquake, Architectural design, Structural damage, Masonry buildings

* Semih YILMAZ; semihyilmaz@ktu.edu.tr

1. Giriş

1. Introduction

İki aktif deprem kuşağı arasında yer alan Türkiye topraklarının %92,3'ü deprem riski barındırmakta, ülke nüfusunun ise %95'i deprem tehlikesi altında yaşamaktadır. Bu nedenlerle inşa edilecek ya da mevcut (onarılacak, güçlendirilecek) yapıların ilgili yönetmelik ve hesap kurallarına mutlak uyumu önemli bir zorunluluktur. Türkiye'de bu zorunluluk, belirli periyotlarla düzenlenip geliştirilen (1940-1944-1949-1953-1962-1968-1975-1998-2007-2018) ve depremin şiddetine bağlı olarak '*şiddetli depremlerde can kaybının önlenmesini, orta ve hafif şiddetli depremlerde yapısal hasarların onarılabilir olmasını*' sağlamaya yönelik bir deprem yönetmeliği ile sağlanıyor olsa da ülke depremlerde büyük yıkım yaşamaktadır. Yıkımın bu denli büyümesinin önemli nedenleri arasında güncel tercih edilme oranlarında düşüş olsa da özellikle kırsal bölgelerde hâlâ önemli sayıda mevcut olan yığma bina stokunun büyük oranda herhangi bir mühendislik desteği alınmadan inşa edilmiş olması yer almaktadır. Halen kullanımda olan hem kamu hem de özel mülkiyete ait mevcut yığma bina (konut, okul vb.) stokunun iyileştirilmesi gerekliliği nedeniyle, söz konusu yapıların imkanlar doğrultusunda depreme dayanıklı hale getirilmesi ya da güçlendirilmesi, bunun için de yapıların deprem/ler esnasındaki davranışlarının belirlenmesi ve bu bilgi doğrultusunda deprem direncinin artırılması gerekmektedir. Ek olarak, bazı yığma binalar yapım tarihlerinden kaynaklı olarak anıtsal niteliktedir. Dolayısıyla söz konusu anıtsal yapıların deprem davranış ve dayanımlarının bilinmesi kültürel sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Tüm bu durumlar konunun önemini göstermektedir.

Depremler ve neden oldukları yıkımlar; insanlık ve yapıyı çevre üzerinde olumsuz etkiye sahip olsalar da yapı tasarım/inşa süreci ile ilgili disiplinler için oldukça öğretici bir ortam sunmaktadır. Bu bağlamda, depremler neticesinde yapılarda oluşan hasar ve bu hasarların olası nedenlerinin ortaya konması, gözlenen uygulama ve tasarım hataların belirlenmesi, sınıflandırılması ve bundan sonraki uygulamalara yönelik çıkarımlar yapılması depreme dayanıklı yapı tasarımı, dolayısıyla yıkımın azaltılması yönüyle oldukça önemli olacaktır (Döndüren ve Kollu, 2018) (Koç, 2016). Bu kapsamda Türkiye'de yapılan araştırmalardan bazıları şu şekilde özetlenebilir:

Budak, (2004)'te kırsalda yoğunlukla tercih edilen yapı türleri ve bu türlerde kullanılan yapı malzeme özellikleri üzerinde durulmuştur. Kırsal yapılarda depremlerde ortaya çıkan mal ve can kayıplarının önlenmesinin en ideal şekilde bu yapıların mühendislik hizmeti olarak inşa edilmesine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Oyguç, (2017)'de 2011 Van depremlerine maruz kalmış yığma yapıların sismik davranışları saha gözlemleri ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliği üzerinden incelenmiştir. Çalışma ile; mevzuata uygun olarak inşa edilmeyen yığma yapılarda hasarın yoğun olarak düzlem dışı davranışlar neticesinde oluştuğu ve uygulamalarda işçilik, detay, malzeme vb. açılardan yetersizliklerin olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Yıldızoğlu vd., (2018)'de belirlenen örnek bir yığma binanın yapım tekniği, malzeme özellikleri irdelenmiş, 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2013 Riskli Yapılar Yönetmeliği esasları dikkate alınarak çeşitli bilgisayar programları ile binanın deprem performans analizi yapılmıştır. Çalışma ile; yapıda taşıyıcı (duvarlar, hatıllar) açısından iyileştirme yapılması gerektiği ve bu sayede göçmelerin önüne geçilebileceği sonucuna varılmıştır.

Döndüren ve Kollu, (2018)'de Türkiye'de son 15 yılda meydana gelen depremlerde yığma yapılarda oluşan hasarlar, göçme nedenleri ve çözüm önerileri fotoğraflar ile desteklenerek incelenmiştir. Saha gözlemlerine dayalı çalışma ile özellikle kırsalda inşa edilen yığma binaların mimarlık/mühendislik hizmeti almasının önemi vurgulanmıştır.

Amani vd., (2020)'de 1. Derece deprem bölgesi olan Bingöl ilinde inşa edildiği varsayılan örnek bir yığma bina üzerinden 1998, 2007 ve 2019 deprem yönetmelikleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda her üç yönetmelik için de farklı taban kesme kuvvetleri ve kat seviyelerine etkiyen farklı yatay yükler elde edilmiştir. En küçük değerleri ABYYHY-1998 Yönetmeliği en büyük değerleri ise TBDY-2019 Yönetmeliği vermiştir.

Seferoğlu vd., (2023)'de bir tünel inşası sırasında gerçekleştirilen patlamaların neticesinde tünel çıkışlarına yakın ve uzak mesafelerde yer alan iki bina (yığma ve betonarme) üzerinde oluşan yapısal hasarlar analiz edilmiştir. Yapılan incelemeler ile binaların duvarlarında ve taşıyıcı elemanlarında derin ve yüzeysel çatlaklar oluştuğu, binaların yeniden inşasının daha uygun ve güvenli olacağı gibi sonuçlara varılmıştır.

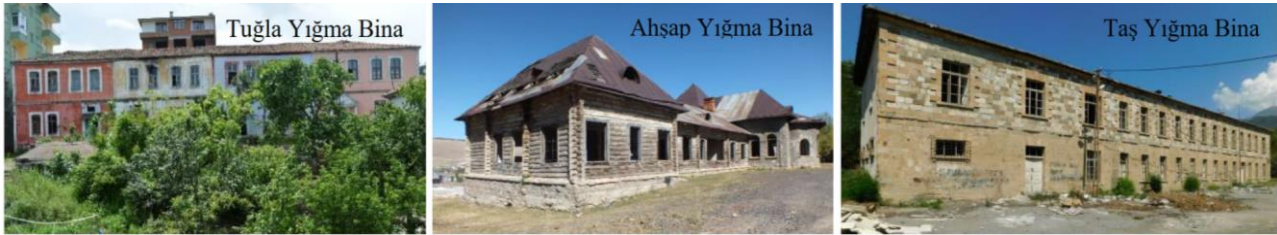
Yapılan çalışmada, 24 Ocak Sivrice (Elâzığ) ile 6 Şubat Pazarcık ve Elbistan (Kahramanmaraş) depremlerinin kâgir yığma binalar üzerindeki etkileri mimari tasarım aşamasında yapılan hatalar ve yönetmelik ihlalleri bağlamında gözlemsel olarak incelenmiştir. Yapılan gözlemlerde Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018 ve TS2510 yönetmeliği şartları ele alınmıştır.

Depremlerde tümüyle yıkılan yapıların hasar analizinin gerçekleştirilmesi oldukça zordur. Bu bağlamda çalışma kapsamında gerçekleştirilen teknik incelemeler orta ve ağır hasarlı yapılar üzerinden çeşitlendirilerek gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada genelde tüm yığma binaların, özeld kırsal kesimde yer alan yığma binaların inşasında uyulması gerekli mevzuat irdelenerek, deprem sonrası kural ihlalinden kaynaklı hasarların hangi kural üzerinde yoğunlaştığı gösterilmeye çalışılmıştır. Bu saha çalışması ile sonraki yıllarda inşa edilecek yığma binalarda hasarların en aza indirgenmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

2. Kâgir yığma binalar

2. Masonry buildings

En eski yapı türü olan yığma binalar; temel birim yapı malzemelerinin (taş, tuğla, kerpiç, ahşap, gazbeton vb.) kendi ağırlığı ile birbiri üzerine konularak taşıyıcı elemanların oluşturulduğu yapısal sistemlerdir. Bu sistemde yapısal bütünlük; yapı malzemelerinin kendi ağırlıklarının oluşturduğu sürtünme ve yer çekimi ile sağlanabildiği gibi harç veya başka bağlayıcı malzeme kullanımı ile de sağlanabilmektedir. Yığma binalar, inşa edildikleri malzemeye göre, taşıyıcı sistem geometrisine göre, yapım şekillerine göre sınıflandırılabilir. Farklı şekillerde sınıflandırılabilen yığma binalar içerisinde taşıyıcı yapı elemanları doğal taş, kumtaşı, tuğla, vb. bloklarla düzenlenmiş olanlara kâgir yığma binalar denilmektedir (Şekil 1). Kâgir yığma binalar, dış etkilere karşı dayanıklı, süneklilikleri az, gevrek malzemeler ile inşa edilir. Bu malzemeler ağır ve rijit davranış sergilerler ve üzerlerine etki eden gerilmeler (düşey ve yatay) karşısındaki davranışları basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük olarak tanımlanabilir. Ayrıca, yapısal özellikleri gereği kâgir yığma bina elemanlarının oluşturan malzemelerin yangın dayanımı yüksektir ve bu malzemeler ile oluşturulan yapılar ağır olmaktadır.



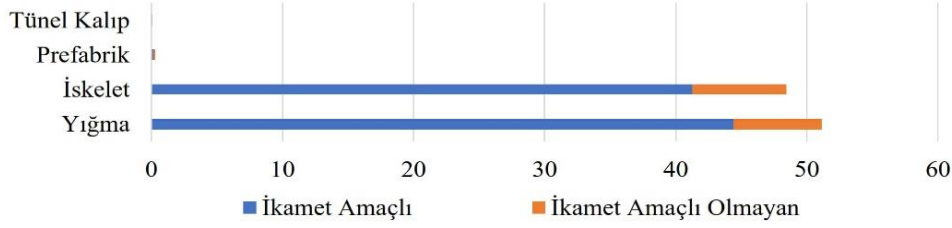
Şekil 1. Kagir yığma bina örnekleri (Yılmaz arşivi, 2023)

Figure 1. Examples of masonry buildings (Yılmaz archive, 2023)

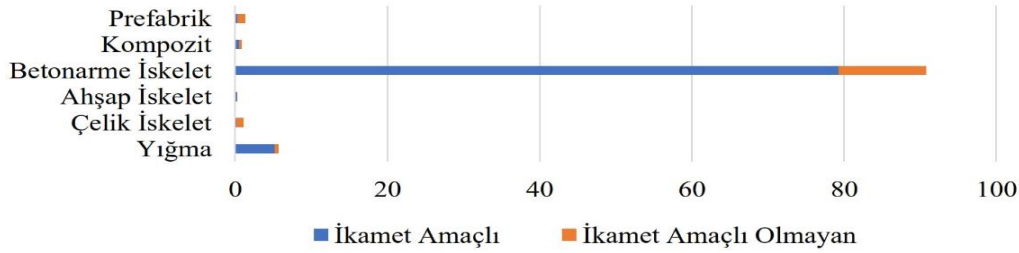
İnşa süreçlerinde ve kullanım/dayanım ömürlerinde işçilik önemli bir paya sahiptir. Kâgir yığma binaların düşey yüklere dayanımı ve depremin yatay yüklerine direnci; taşıyıcı duvarların geometrisine, tercih edilen malzeme dayanımına, kullanılan strüktür malzemesinin birleştirilme şekline bağlıdır. Yığma binalar ağır ve rijit olup, büyük deprem yükü oluşmasına sebep olurlar. Yığma binanın çekme ve basınç altındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme göstermeden ani göçmesine sebep olur (Arun, 2005).

Türkiye genelinde kullanımının yaygın olduğu yapılan araştırmalar ile desteklenen yığma sistem ile inşa edilmiş binalar, Türkiye'deki yapı stokunun deprem performansı açısından oldukça önemlidir. Türkiye genelinde tercih edilen yapım sistemlerinin araştırıldığı çalışmalar genel olarak "2000 Yılı Bina Sayımı" ve "2001-2015 Yılları Yapı İzin İstatistikleri" ni kullanmaktadır. Aşağıda 2000 yılı bina sayım verileri yer almaktadır. Bu verilere göre yığma sistem %51,15 ile en çok tercih edilen sistemdir (Şekil 2).

Aynı şekilde 2001-2015 yılları arası yapı kullanım izni almış binaların kullanım amacı ve taşıyıcı sistem tipine göre dağılımları aşağıda yer almaktadır. Bu verilere göre, söz konusu yıllarda Türkiye'de meydana gelen hem ekonomik gelişmeler hem de gelişen inşaat teknolojisine bağlı olarak yığma sistem, betonarme iskelet sistemin ardından en fazla tercih edilen ikinci sistem olmuştur (Şekil 3).



Şekil 2. 2000 yılına kadar taşıyıcı sistem türlerine göre binaların yüzdeleri (Ay ve Azak, 2021)
Figure 2. Percentages of buildings by structural system types until 2000 (Ay and Azak, 2021)

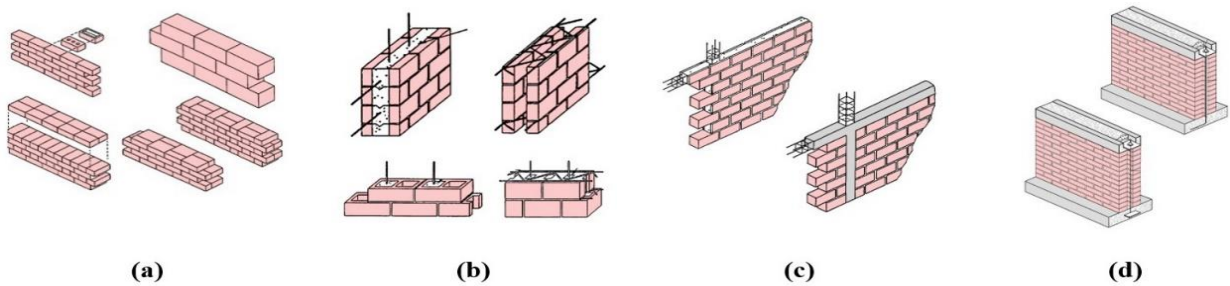


Şekil 3. 2001-2015 yılları arası taşıyıcı sistem türlerine göre bina yüzdeleri (Ay ve Azak, 2021)
Figure 3. Percentages of buildings by structural system types between 2001-2015 (Ay and Azak, 2021)

Tüm veriler ve illere göre dağılımları incelendiğinde ise yığma yapım sistemi kullanımının diğer sistemlere nispeten azaldığı ve deprem bölgesinde yer alan illerde yoğun bir şekilde var olduğu görülmektedir (Ay ve Azak, 2021). Bu anlamda hem yığma binaların deprem performansının diğer sistemlere oranla daha düşük kalması hem de Türkiye’de yoğunlukla tercih edilmesi nedeniyle Türkiye binalarının deprem direnci açısından yığma binaların deprem davranışı oldukça önemlidir.

Yığma yapım sistemi ile inşa edilen günümüz binalarında kullanılan malzemeler; doğaltaş, tuğla beton briket, kerpiç, gaz beton, kıraç kumtaşı bloklar ve bağlayıcı olarak ise harç kullanılmaktadır. Bu malzemelerden elde edilen yapı elemanları ise temeller, duvarlar, kemerler, tonozlar, kubbeler, döşemeler, hatıllar ve lentolardır. Bu kapsamdan yığma binalar 4 ana gruba ayrılmıştır;

- Donatısız yığma binalar (a),
- Donatılı yığma binalar (b),
- Kuşatılmış yığma binalar (c),
- Donatılı panel sistem yığma binalar (d) (Şekil 4).



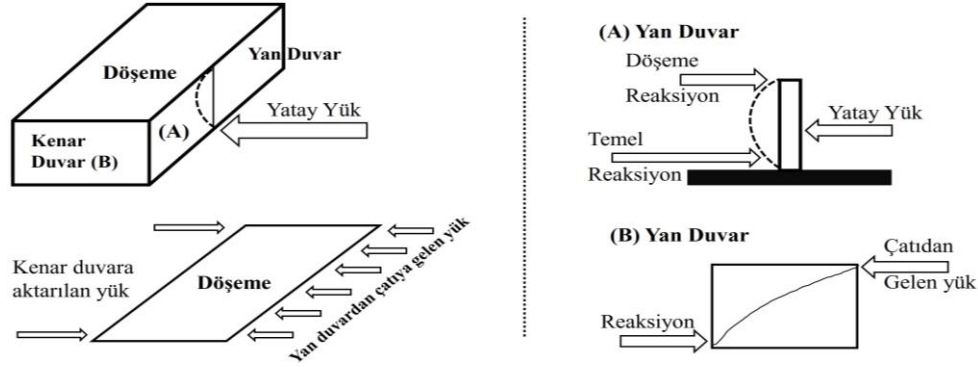
Şekil 4. Yığma bina türleri (McKenzie, 2001 ve Tomazevic, 1999’den modifiye edildi)
Figure 4. Types of masonry buildings (modified from McKenzie, 2001 and Tomazevic, 1999)

2.1. Yığma binaların deprem davranışı

2.1. Earthquake behavior of masonry buildings

Yığma binaların deprem dayanımı, duvarın malzemesinin (doğal taş, pişmiş toprak vb.) basınç dayanımı ve bu malzemeleri bağlayan harcın dayanımlarına bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, harç ya da derz kalınlığı da deprem dayanımı açısından önemlidir. “Rijit” kat döşemesi olan yığma bir yapıda yatay yükler düşey duvar

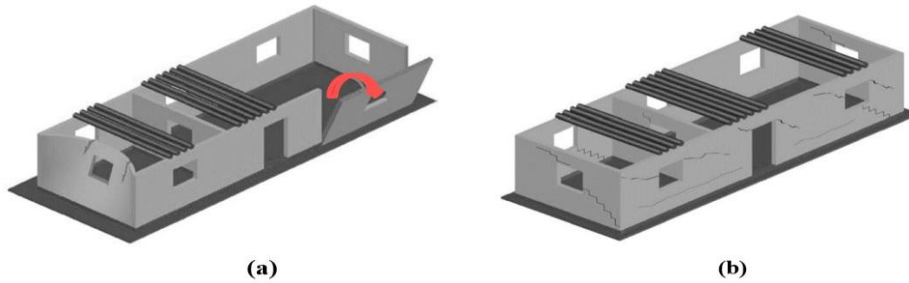
elemanlarına rijitlikleri ile doğru orantılı olarak dağılmaktadır. “Rijit” döşeme yatay yük altında kendi düzleminde şekil değiştirmeyen ve duvarları üst başlarından birbirine sıkıca bağlamış bir döşemedir. Duvar rijitliği duvar parçası boyu / duvar yüksekliğine bağlıdır. Tüm duvarları aynı kalınlıkta olan yapılarda duvarlardaki yatay yük dağılımı Şekil 5’te belirtilen şekilde gerçekleşmektedir.



Şekil 5. Yığma binanın yatay yük dağılım modeli (Bayülke, 2011)

Figure 5. Horizontal load distribution model of masonry building (Bayülke, 2011)

Yığma binaların hasar görmesi veya göçmesi iki baskın hasar modu ile oluşur (D’Ayala ve Paganoni, 2011; Putrino & D’Ayala, 2020) (Şekil 6 a-b). İlk göçme modu, deprem yükünün duvarlara dik olması durumunda meydana gelen düzlem dışı mekanizmadır. Söz konusu mekanizma yığma duvarlarda devrilme etkisi nedeniyle kısmen veya tamamen çökmeye neden olmaktadır. Bu mekanizmanın en belirgin etkisi, yığma binaların köşelerindeki derin dikey çatlaklardır (Şekil 16 ve 17). İkinci hasar modu düzlem içi bir mekanizmadır. Bu durumda taşıyıcı duvarlar depremden kaynaklanan düzlem içi yanal kuvvetlere dayanabilmek için perde duvar gibi davranmaktadır. Yük taşıyıcı duvarlarda diyagonal veya eğimli çekme çatlakları şeklinde ortaya çıkan kesme çatlakları oluşmaktadır. Bu çatlaklar, yatay zemin bağlantı noktalarındaki düz çatlaklar boyunca kaymakta ve baş bağlantı noktalarından zemin bağlantı noktalarına kadar kademeli çatlaklar oluşturmaktadır (bkz. Şekil 15, 16 ve 17) (Günaydin vd., 2021).

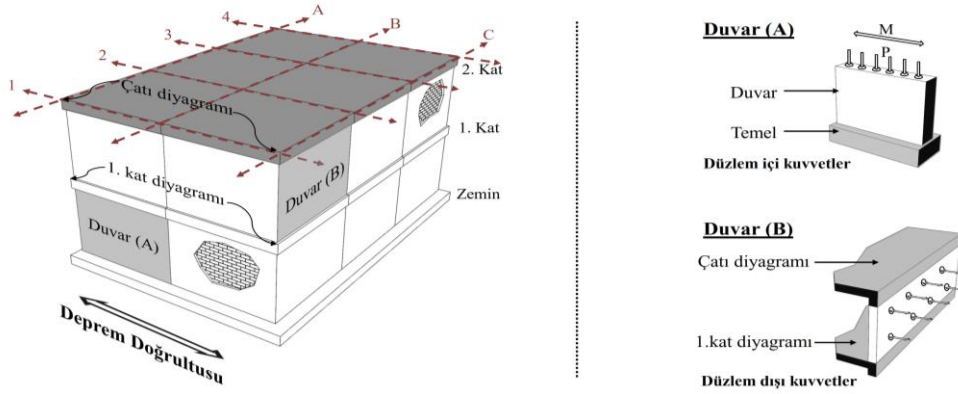


Şekil 6. Yığma binalarda ana hasar modları: (a) düzlem dışı mekanizma, (b) düzlem içi mekanizma (Günaydin vd., 2021)

Figure 6. Main damage modes in masonry buildings: (a) out-of-plane mechanism, (b) in-plane mechanism (Günaydin et al., 2021)

Deprem sonucunda oluşan zemin hareketleri, yığma binaya sismik enerji yüklemekte ve bu yük yapı genelinde yanal deplasmanlara neden olmaktadır. Söz konusu dinamik kaydırılma neticesi olarak zeminden itibaren yapıda farklı ivmeler oluşmaktadır. Deprem yüklerine maruz kalan yığma duvarda oluşan düzlem içi ve düzlem dışı sismik yükler neticesinde en fazla düzlem içi direnç zemin katta oluşurken, en fazla düzlem dışı direnç ise yapının üst katlarındaki duvarlarda görülmektedir.

Üst kat duvarına tesir eden ivme, duvarın ve duvarın sabitlendiği döşemenin doğal periyotlarının oranına göre bir büyüme daha göstermektedir. Bu durumun neticesinde, düzlem dışı yüklenen bu duvarın ivmesi, düzlem içi yüklenen duvarın ivmesinden daha fazla olmaktadır ve yığma binanın yıkılması genel olarak bu üst katlardaki duvarın düzlem dışı kırılmasıyla başlamaktadır. Beden duvarları taşıyıcı olan yığma binaların, duvarlardaki her türden hasar doğrudan taşıyıcılığı ve tüm yapı genelini etkilemektedir (Şekil 7) (Çöğür ve Kamanlı, 2007).



Şekil 7. Yığma binaların düzlem içi ve düzlem dışı yüklemeleri (Çöğürçü ve Kamanlı, 2007)
Figure 7. In-plane and out-of-plane loading of masonry buildings (Çöğürçü and Kamanlı, 2007)

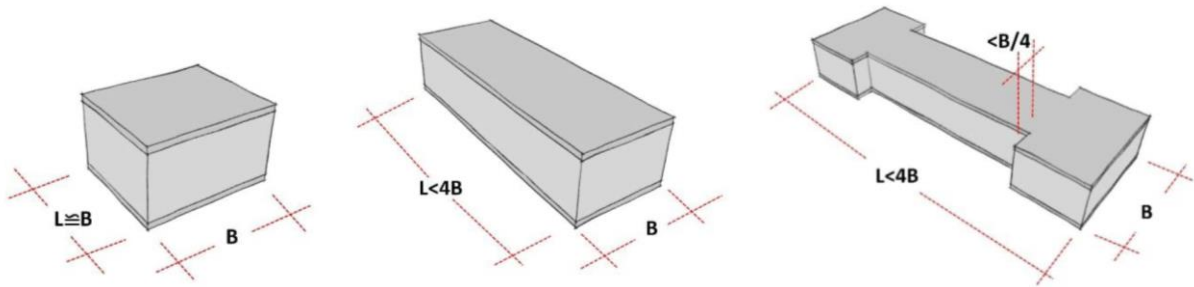
2.2. Mimari tasarım gereklilikleri

2.2. Architectural design requirements

Depremler üzerine yapılan araştırmalarda deprem hasarlarının gözlemlenmesi ve ardından hasar nedenlerinin analiz edilmesi sonucunda; yapısal malzemelerin kalitesinin yanı sıra bina konfigürasyonunun da önemli olduğu tartışmasız bir şekilde görülmüştür. Duvarların zemin seviyesinde düzgün bir şekilde birbirine bağlandığı düzenli yapısal yerleşim planına sahip binalar, depreme dayanacak şekilde tasarlanmasalar bile çoğu zaman iyi performans gösterebilmektedir. Yapılan çalışmalar ile binalarda yeterli sismik davranış, mimari ve yapısal planlamanın basit ilkeleri dikkate alınıp malzeme ve inşaat kalitesine ilişkin gereksinimlerin karşılanmasıyla mümkün olduğunu kanıtlamıştır. Depreme dayanıklı bir yığma bina tasarlanırken aşağıdaki temel ilkeler her zaman dikkate alınmalıdır:

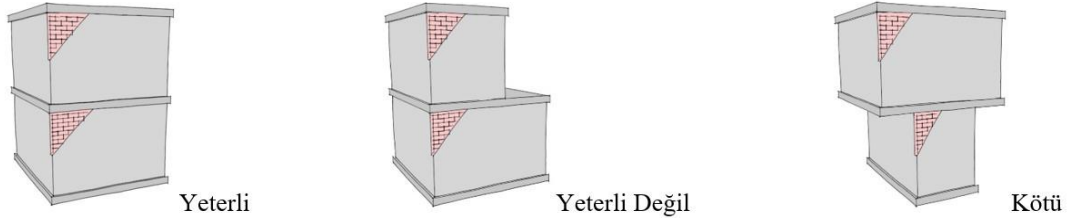
- Yapısal basitlik ve düzenlilik (tekdüzellik ve simetri),
- Yeterli malzeme kullanımı (sağlamlık),
- Rijit diyafram hareketi,
- Zemine uygun temel.
- Yapım aşaması (Tomazevic, 1999)

Yığma binaların inşasına ilişkin temel kurallar yönetmelikler ile düzenlenmiş olsa da geçmişte ve günümüzde dahi inşa süreçleri gelenek ve tecrübeye dayandırılmaktadır. Yığma sistemde kullanılan geleneksel yapı sistemleri genellikle basit ve düzenli olup, binanın yüksekliği boyunca konumu ve geometrisi değişmeyen, binanın her iki yönüne eşit olarak dağıtılan taşıyıcı duvarlar ve iç bağlayıcı duvarlardan oluşmaktadır. Yığma binaların plan konfigürasyonu basit olmalıdır. Basit kare veya dikdörtgen binalar deprem etkilerine maruz kaldıklarında daha kararsız formlara sahip binalara göre daha iyi performans gösterirler. Bu bağlamda, çıkıntılar, giriş köşelerinin veya girintilerin bir yöndeki toplam boyutu, ilgili yöndeki binanın genel boyutunun %25'ini geçmemesi önerilir (Şekil 8) (Tomazevic, 1999).



Şekil 8. Yığma binaların düzenli plan geometrileri (Tomazevic, 1999'dan modifiye edildi)
Figure 8. Regular plan geometries of masonry buildings (modified from Tomazevic, 1999)

Planda kompozit şekle sahip (L, T, U veya + karmaşık plan) büyük binaların, her bir parçanın simetrisini ve dikdörtgenliğini elde etmek için birkaç parçaya ayrılması gerekmektedir. Bitişik parçalar arasındaki çekişme etkilerini önlemek için, parçalar arasında yeterli bir ayırım sağlanmalıdır. Ayırım genişliğinin 30 mm'den az olmaması, bina yüksekliğinin 9,0 m'yi aşması durumunda her kat için (veya 3,0 m için) 10 mm eklenmesi önerilmektedir. Binanın yüksekliği de düzenli olmalıdır. Düşey taşıyıcıların kütle ve rijitlikleri binanın yüksekliği boyunca dağılımı mümkün olduğu kadar düzgün olmalıdır. Kütlelerin üst katlarda yoğunlaşmasından kaçınılmalıdır. Binanın yüksekliği boyunca bitişik katlardaki plan, dağılım ve yapısal elemanların tipindeki boyutlardaki değişiklikler nedeniyle rijitlikteki ani değişiklikler ciddi gerilme yığılmasına ve bu bölgelerde olası hasarlara neden olmaktadır (Tomazevic, 1999).

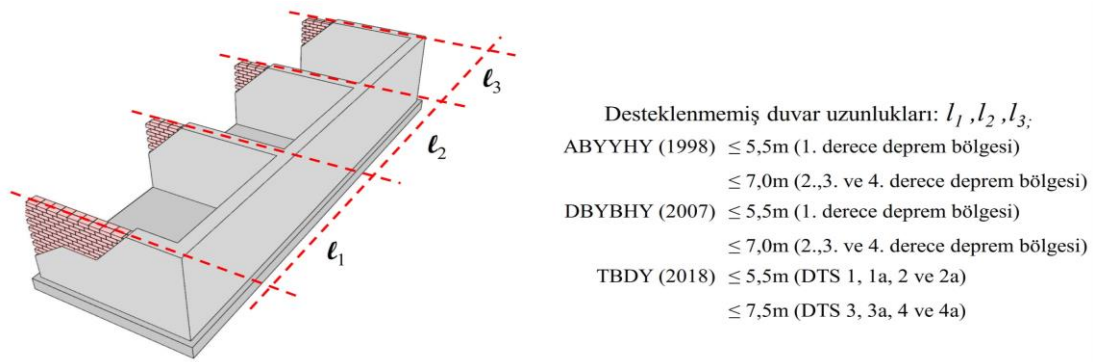


Şekil 9. Yığma binaların düzenli cephe geometrileri (Tomazevic, 1999'dan modifiye edildi)
Figure 9. Regular facade geometries of masonry buildings (modified from Tomazevic, 1999)

Bina tasarımında; formun belirlenmesi dışında yapı elemanlarının tasarlanması ve boyutlandırılması için dünya geneli ve ülkeler ölçeğinde çeşitli yönetmelikler hazırlanmıştır. Binaların depreme dayanıklı tasarımına yönelik Türkiye'de geçerli olan yönetmelikler kronolojik olarak aşağıdaki gibidir;

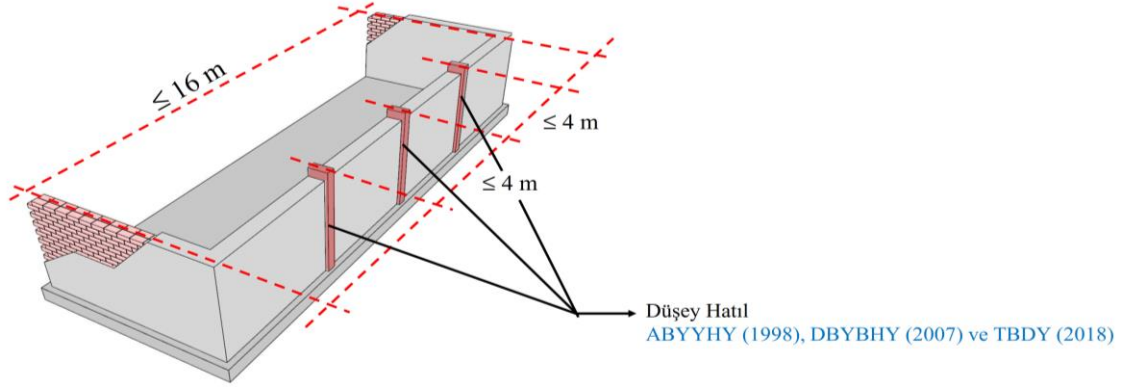
- Zلزlel Mintıklarında Yapılacak İnşaat Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi (1940)
- Zلزlel Mintıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi (1944)
- Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (1949)
- Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1953)
- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1962, 1968, 1975, 1998)
- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY- 2018)

Bu çalışma kapsamında güncel olarak kullanılan TBDY, (2018) üzerinden ABYYHY, (1998) ve DBYBHY, (2007) incelenmiştir. TBDY, (2018)'de izin verilen bina yükseklikleri, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar, kapı/pencere boşlukları ve gerekli en az duvar kalınlıkları detaylı olarak belirtilmiştir. Madde 11.5.2'de DTS (Deprem Tasarım Sınıfı) üzerinden donatısız ve kuşatılmış binalar ile donatılı ve donatılı panel binalar için en fazla duvar aralıkları belirtilmiştir. Madde 11.5.2 "Donatısız ve kuşatılmış yığma binalarda taşıyıcı duvarların desteklenmemiş en büyük uzunlukları Şekil 10'da ve düşey hatlılar arası mesafeler ise Şekil 11'de verilen şartlara uyulacaktır" (TBDY, 2018).



Şekil 10. Donatısız ve kuşatılmış yığma binalarda taşıyıcı duvarlar (TBDY, 2018)
Figure 10. Load-bearing walls in unreinforced and confined masonry buildings (TBDY, 2018)

Madde 11.5.2'in devamı "Donatılı yığma ve donatılı panel sistemli binalarda Şekil 10'da verilen boyut sınırları %20 arttırılabilir. Bu şartlara uymayan duvar elemanlarının düzleme dik yöndeki tahkikleri, TS EN 1996-1-1'de verilen şartlara göre yapılacaktır" şeklindedir (TBDY, 2018). Ayrıca yönetmelikte hatıllar ile ilgili olarak; yatay ve düşey hatılların en kesit yüksekliğinin en az 30 cm (ABYYHY, (1998) ve DBYBHY, (2007)'de 20 cm) ve üzeri olması ve iki yatay hatıl arası düşey mesafenin ise en fazla 4 m olması gerektiği belirtilmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Donatılı ve donatılı panel sistem yığma binalarda taşıyıcı duvarlar (TBDY, 2018)

Figure 11. Load-bearing walls in buildings with reinforced masonry and panel systems (TBDY, 2018)

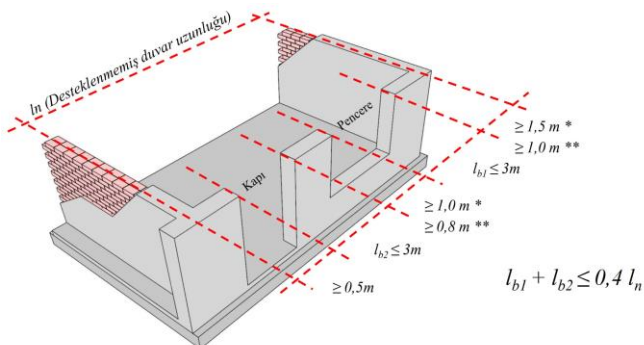
Yığma binalarda bir diğer önemli dikkat edilmesi gereken konu duvar örgü tekniğidir. Bölgelere göre farklı taş örgü tekniği olmasına karşın genel anlamda taş duvarlar üzerinde yaşanan en büyük sorun; herhangi bir mühendislik hizmeti almadan tamamen geleneksel yöntemler ile öğrenilen bilgiler kullanımından kaynaklı olarak kilit taşı kullanımının göz ardı edilmesidir. Kilit taşı kullanımına bağlı olarak gözlenen yıkımlar ve örnek taş dizilimi Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Kilit taşı ve kilit taşsız duvar bölümünün şemaları (Günaydın vd., 2021)

Figure 12. Diagrams of the wall section with and without keystones (Günaydın et al., 2021)

Aynı yönetmelik madde 11.5.3'te ise kapı ve pencerelerde uyulması gereken en fazla açıklıklar belirtilmiştir. "Kapı ve pencere boşluklarının üstünde betonarme lentolar yapılacaktır. Lentoların duvara oturan bölümlerinin boyu 200 mm'den az olmayacaktır. Lento yüksekliği 150 mm'den az olmayacaktır." (TBDY, 2018). Taşıyıcı duvarlarda bırakılacak kapı ve pencere boşlukları Şekil 13'te belirtilmiştir.



Şekil 13. Kapı ve pencere boşluklarının belirlenmesi (TBDY, 2018)

Figure 13. Determination of door and window gaps (TBDY, 2018)

* ABYYHY (1998) ve DBYBHY (2007): 1. ve 2. derece deprem bölgesi, TBDY (2018): DTS 1, 1a, 2 ve 2a

** ABYYHY (1998) ve DBYBHY (2007): 3. ve 4. derece deprem bölgesi, TBDY (2018): DTS 3, 3a, 4 ve 4a

TBDY, (2018) Tablo 4.1’de bina taşıyıcı sistemleri için izin verilen bina yükseklik sınıfları detaylı olarak belirtilmiştir. Söz konusu tablo üzerinden yığma binalar özelinde Tablo 1 oluşturulmuş ve yığma binalar için izin verilen kat yükseklik sınıfları belirtilmiştir.

Tablo 1. Yığma bina taşıyıcı sistemleri için izin verilen bina yükseklik sınıfları (**TBDY, 2018**)
Table 1. Permissible building height classes for masonry building carrier systems (**TBDY, 2018**)

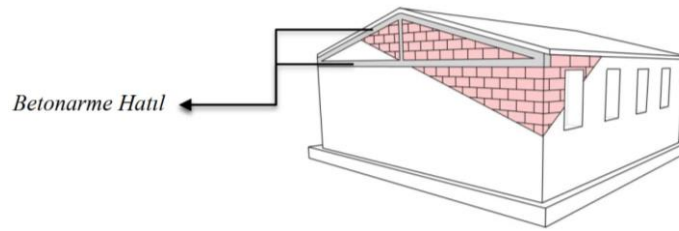
Yığma Bina Taşıyıcı Sistemleri	İzin Verilen Bina Yüksekliği Sınıfları BYS
Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler	
Donatılı yığma Binalar	$BYS \geq 7$
Donatılı gazbeton panel binalar	$BYS \geq 7$
Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler	
Kuşatılmış yığma binalar	$BYS = 8$
Donatısız yığma binalar	$BYS = 8$

1998 ve 2007 yönetmeliklerinde 2018’den farklı olarak bina yükseklik aralığı değil, yığma binalar için deprem bölgelerine göre kat sınırlamaları belirtilmiştir. **TBDY, (2018)**’de ise kat sınırı yanında bina yüksekliğine ilişkin de sınırlamalar getirilmiştir. Bu yönetmeliğe göre, yığma binalar için, hesap ve tasarımı yapılan binanın yüksekliği; Bina Yükseklik Sınıfına (BYS) ve Deprem Tasarım Sınıflarına (DTS) bağlı olarak Tablo 2’de belirtilen değerler arasında olmalıdır (**TBDY, 2018**).

Tablo 2. Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre bina yükseklikleri (**TBDY, 2018**)
Table 2. Building heights according to building height classes and earthquake design classes (**TBDY, 2018**).

Bina Yükseklik Sınıfı BYS	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$

Yığma binalarda bir diğer dikkat edilmesi gereken kural çatılardır. Yapının en üst katındaki döşemede yer alan yatay hatıla oturan bir çatı kalkan duvarı var ve bu duvarın yüksekliği 0.80 m’den fazla ise eğik hatıllar ve bu hatıllara destek olan düşey hatıl yapılacaktır (Şekil 14). Düz ve/veya eğik çatılarda oluşturulan parapet duvarı için ise yığma taşıyıcı duvarlarda geçerli olan kurallar uygulanır. Donatısız ve kuşatılmış yığma binalarda desteklenmemiş en büyük duvar uzunlukları ve düşey hatıllar arası mesafelerde Şekil 10 ve Şekil 11’de verilen gerekliliklere uyulmalıdır. Donatılı yığma ve donatılı panel sistemli binalarda ise Şekil 11’de verilen gereklilikler %20 oranında artırılabilir. Parapet duvarının yüksekliği 1,0 m’den büyük ise düşey yönde her metrede bir yatay hatıl eklenmelidir (**TBDY, 2018**).



Şekil14. Çatıda eğik hatıl uygulanması (**TBDY, 2018**)
Figure 14. Application of inclined beams on the roof (**TBDY, 2018**)

Binadan gelen yatay ve düşey yüklerin zemine aktarılması açısından oldukça önemli olan temellerin tasarımı yığma binalar için oldukça önemlidir. Bu anlamda günümüzde de geçerliliğini sürdüren 1977 yılında yürürlüğe giren “TS2510- Kârgir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları” yönetmeliği temellerin tasarımında dikkat edilmesi gerekli kuralları belirtmiştir. Yönetmeliğe göre;

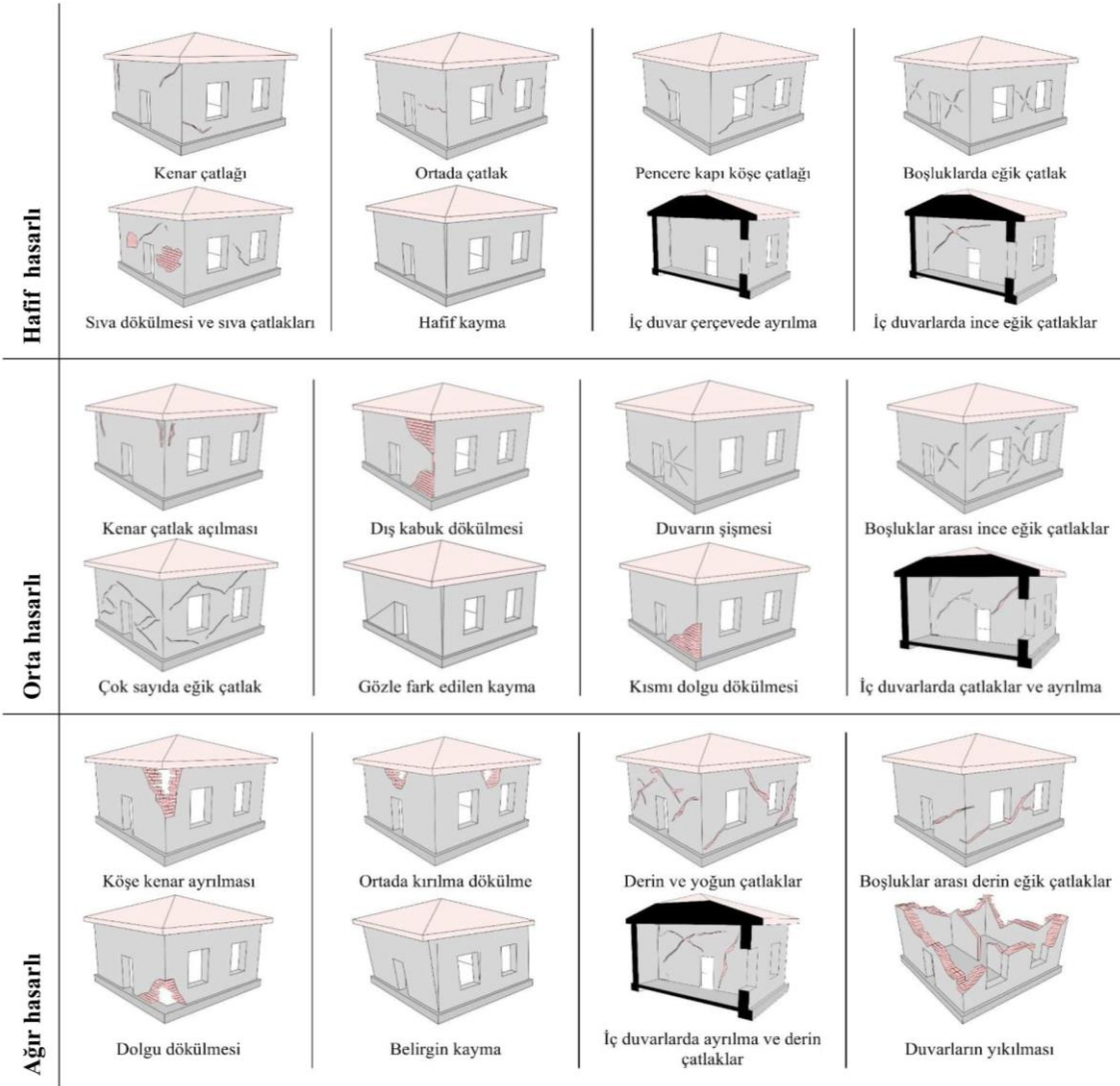
- Temel derinliği saptanırken bölgenin don derinliği de hesaplanmalı duvar bu derinliğin altına incek şekilde düzenlemelidir.

- Temel duvarlarının altında en az 25 cm kalınlığında betonarme sömel hatılı yapılmalı ve bu hatıllar duvarın her bir yanından en az 5 cm taşacak şekilde temel duvarından en az 10 cm büyük olmalıdır.
- Bina konum olarak eğimli bir arazide yer alıyor ise temeller basamaklı olarak düzenlenebilmektedir. Bu durumda basamak yüksekliği 40 cm'den fazla ve basamak uzunluğu 150 cm'den az olmamalıdır.
- Temel zemini kaya olması halinde ise sömel hatılı yapıymından vaz geçilebilmektedir.

2.3. Yığma binalarda deprem hasarları

2.3. Earthquake damage in masonry buildings




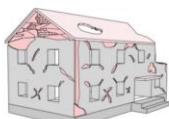
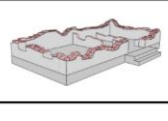
Deprem sırasında yapıya etkiyen kuvvetler, duvarların düzlemi doğrultusunda, düzlemine dik doğrultuda ve duvara açılı gelen kuvvetlerdir. Yığma binalarda deprem kuvvetlerinden dolayı oluşan hasarlar; malzemenin bozulması, çatlaklar ya da yıkılmalar şeklinde olmaktadır (Crocı, 1998). Yığma binalarda düzlem doğrultusunda gelen kuvvetle duvarlarda oluşan hasar, kayma gerilmeleri dolayısıyla ortaya çıkan çekme gerilmelerinin oluşturduğu çatlak, ayrılma ve dağılmadır. Çatlaklar öncelikle duvar boşlukları köşelerinde meydana gelmekte ve depremin büyüklüğüne göre büyümekte ve sayısı artmaktadır. Yığma bina duvarlarında deprem sonrasında; boşluk altı, iki boşluk arası, boşluk üzerinde kesme çatlakları oluşabilir. Tek yönlü kesme çatlakları, çok tehlikeli hasarlar olmadığı için yapıyı desteklemeye gerek yoktur (Arun, 2016). Ancak depremin büyüklüğü ve süresine bağlı olarak çatlaklar büyür, genişir ve bağımsız duvar parçaları haline gelir (Güler vd., 2015). Bu tür hasarlar yapı cephesi ve genel taşıyıcılığı açısından tehlike oluşturmaktadır. Aşağıda yer alan görsellerde hafif hasarlı, orta hasarlı ve ağır hasarlı (Şekil 15) yığma binalar şematik olarak belirtilmiştir.



Şekil 15. Hafif, orta ve ağır hasarlı yığma bina örnekleri (Yılmaz vd., 2023)

Figure 15. Examples of slightly, moderate and heavily damaged masonry buildings (Yılmaz et al., 2023)

Deprem, duvar doğrultularına tersinir etkiyebilir. Bu durumda duvar düzlemi doğrultusunda diyagonal çatlaklar, duvar köşelerine doğru düşey çatlaklar, köşe bağlantısı iyi yapılmamış duvar köşelerinin ayrılması ya da yıkılması gözlenmektedir. Köşe bağlantı taşları büyük yapılmışsa hasar daha az olmaktadır (Işın, 2021). Yığma binaların hasar derecelendirilmesinde tercih edilen kriter yük etkisi altında oluşan çatlaklar ve bunların dereceleridir. Deprem sonrası yığma binalarda hasar tespiti için geliştirilen yöntemler gözlemseldir ve hasar dereceleri hasar şekilleri üzerinden belirlenebilmektedir. Bu anlamda yığma binalar üzerinde oluşan hasarlar Tomazevic (1999) tarafından yapı üzerinde oluşan hasarın derecesine göre sınıflandırılmıştır (Şekil 16).

	<p>Derece 1 Hafif hasar göz ardı edilebilir (yapısal hasar yok)</p> <p>Duvarda çok az sayıda kılcal çatlaklar görülmekte ve küçük sıva parçaları düşmektedir. Yalnızca bazı durumlarda binaların üst kısımlarından gevşek taşlar düşmektedir</p>
	<p>Derece 2 Orta hasar (hafif yapısal hasar, orta derecede yapısal olmayan hasar)</p> <p>Birçok duvarda çatlaklar görülmekte, oldukça büyük sıva parçaları düşmekte ve bacaların bazı kısımları devrilmektedir.</p>
	<p>Derece 3 Önemli ağır hasar (orta düzeyde yapısal hasar, ağır yapısal olmayan hasar)</p> <p>Duvarların genelinde büyük ve yaygın çatlaklar görülmekte, kiremitler veya arduvazlar kaymaktadır. Çatı hattında bacalar devrilmekte ve yapısal olmayan elemanlar hasar görmektedir.</p>
	<p>Derece 4 Çok ağır hasar (ağır yapısal hasar, çok ağır yapısal olmayan hasar)</p> <p>Duvarların ciddi hasarlar alması ve kısmi yapısal yetersizlikler sonucunda yıkımlar oluşmaktadır.</p>
	<p>Derece 5 Yıkım (çok ağır yapısal hasar)</p> <p>Tüm bina veya binanın büyük bir bölümü çökmektedir.</p>

Şekil 16. Yığma binalarda hasar sınıfları (Tomazevic, 1999)

Figure 16. Damage degree in masonry buildings (Tomazevic, 1999)

3. Ağır yığma binalarda hasar örnekleri

3. Examples of damaged masonry buildings

Çalışma kapsamında Türkiye’de son 5 yıl içerisinde gerçekleşen 24 Ocak 2020 Elâzığ Sivrice Depremi ile 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş Elbistan ve Pazarcık Depremleri sonucunda yığma binalar üzerinde oluşan hasarlar deprem yönetmelikleri (1997, 2007 ve 2018) üzerinden analiz edilmiştir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) verilerine göre; 24 Ocak 2020 tarihinde, yerel saat ile 20.55’te, merkez üssü Çevrimtaş Köyü, Sivrice (Elâzığ) olan Elâzığ Sivrice Depremi, Richter ölçeğine göre 6,8 büyüklüğündedir. Avrupa Akdeniz Sismoloji Merkezi’nin yayınladığı haritada Elâzığ’daki depremin yaklaşık 120 milyon kişi tarafından hissedildiği belirtilmiştir. Elâzığ ve Malatya illeri ile çevre iller depremden en çok etkilenen şehirlerdir. Hasar tespit çalışmaları kapsamında Elâzığ, Malatya, Diyarbakır, Adıyaman ve Kahramanmaraş’ta 39 bin 460 binada inceleme yapılmıştır. 584 binanın yıkıldığı, 6.845’inin ağır hasarlı, 1.207’sinin orta hasarlı, 14.389’unun hafif hasarlı ve 14.317’sinin ise sağlam olduğu belirlenmiştir (AFAD, 2020).

AFAD verilerine göre; 6 Şubat 2023 tarihinde saat 04.17’de Kahramanmaraş’ın Pazarcık ilçesinde 7,7 büyüklüğünde, aynı gün saat 13.24’te ise Elbistan ilçesinde 7,6 büyüklüğünde arad arda depremler meydana gelmiştir. Depremler; Gaziantep, Hatay, Osmaniye, Adıyaman, Şanlıurfa, Diyarbakır, Malatya ve Adana başta olmak üzere çevre illerde yoğun olarak hissedilmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı hasar tespit çalışmaları sonucunda bölgedeki yıkık/acil yıkılacak bina sayısı 58.039, ağır hasarlı bina sayısı ise 205.534 olarak belirlenmiştir (AFAD, 2023). Söz konusu bu 2 depremden etkilenen yığma binalar; konumu, yapı malzemesi, hasar modu, hasar derecesi ve hasar nedenleri üzerinden aşağıda yer alan Tablo 3 ile analiz edilmiştir.

Tablo 3. 2020 Sivrice ve 2023 Elbistan-Pazarcık depreminde hasar alan yığma binaların analizi
Table 3. Analysis of masonry buildings damaged in the 2020 Sivrice and 2023 Elbistan-Pazarcık earthquakes

ÖRNEK 1		
Deprem: Sivrice		Hasar Nedeni Binada herhangi yatay veya düşey hatlı olmamasına karşın desteklenmemiş duvar mesafesi 5,5 m'den fazladır. Ayrıca bina beden duvarları üzerinde kullanılan taş örgü tekniğinde nispeten kötü aderans sağlayan harç kullanımı ve kilit taşı kullanılmaması nedeniyle dökülmeler görülmüştür.
Konum: Malatya		
Konstrüksiyon Malzemesi: Taş		
Hasar Modu: Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi: Derece 4		
ÖRNEK 2		
Deprem: Sivrice		Hasar Nedeni Bina öncelikle düzensiz bir plan geometrisine sahiptir. Ayrıca yapılan eklerde kullanılan köşe birleşim hataları nedeniyle beden duvarları üzerinde dağılmalar görülmektedir.
Konum: Malatya		
Konstrüksiyon Malzemesi: Taş		
Hasar Modu: Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi: Derece 4		
ÖRNEK 3		
Deprem: Sivrice		Hasar Nedeni Binada desteklenmemiş duvar uzunluğu 5,5 m'den fazladır ve düşeyde cephe geometrisi açısından sorun oluşturabilecek çıkıntılar görülmektedir. Ayrıca bina beden duvarları üzerinde kullanılan taş örgü tekniğinde nispeten kötü aderans sağlayan harç kullanımı ve devşirme malzemeler nedeniyle dökülmeler görülmüştür.
Konum: Malatya		
Konstrüksiyon Malzemesi: Taş		
Hasar Modu: Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi: Derece 4		
ÖRNEK 4		
Deprem: Sivrice		Hasar Nedeni Kerpiç binaların tek katlı yapılması koşuluna rağmen, inşa edilen 2. kat binada deprem performansını azaltmaktadır ve bu nedenle oluşan çatlaklar görülmüştür. Ayrıca çatı kalkan duvarı üzerinde herhangi bir eğik hatlı uygulaması olmaması nedeniyle kopmalar mevcuttur.
Konum: Malatya		
Konstrüksiyon Malzemesi: Kerpiç		
Hasar Modu: Düzlem İçi		
Hasar Derecesi: Derece 3		
ÖRNEK 5		
Deprem: Sivrice		Hasar Nedeni Binada öncelikle cephe geometrisi açısından düşeyde sürekliliğin olmadığı görülmektedir. Bu durum nedeniyle duvarlar üzerinde derin çatlaklar oluşmuştur. Ayrıca pencere ile bina köşesi arasında bırakılması gereken en az mesafe kuralına uyulmamış ve pencere üzerine yerleştirilmesi gereken lento/hatlı vb. elemanların mevcut olmadığı görülmüştür.
Konum: Malatya		
Konstrüksiyon Malzemesi: Tuğla/Kerpiç		
Hasar Modu: Düzlem İçi		
Hasar Derecesi: Derece 2		
ÖRNEK 6		
Deprem: Sivrice		Hasar Nedeni Binada uygulanan düzensiz plan geometrisi ve yatayda hatlı olmasına karşın herhangi bir düşey hatlı olmayışı hasarın ana nedenleridir. Ayrıca desteklenmemiş taşıyıcı duvar uzunluğu 5,5 m'den fazla olduğu görülmüştür.
Konum: Elazığ		
Konstrüksiyon Malzemesi: Taş		
Hasar Modu: Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi: Derece 4		

Tablo 3'in devamı
Table 3 continued

<p>ÖRNEK 7</p> <p>Deprem: Sivrice</p> <p>Konum: Elazığ</p> <p>Konstrüksiyon Malzemesi: Taş</p> <p>Hasar Modu: Düzlem İçi</p> <p>Hasar Derecesi: Derece 2</p>		<p>Hasar Nedeni</p> <p>Bina genel olarak deprem performansı açısından başarılıdır ancak pencereler ile bina köşesi arasında bırakılması gerekli olan en az mesafenin bırakılmaması nedeniyle çatlakların oluştuğu ve bu çatlakların alt katlara doğru ilerlediği görülmüştür.</p>
<p>ÖRNEK 8</p> <p>Deprem: Sivrice</p> <p>Konum: Elazığ</p> <p>Konstrüksiyon Malzemesi: Tuğla</p> <p>Hasar Modu: Düzlem İçi</p> <p>Hasar Derecesi: Derece 2</p>		<p>Hasar Nedeni</p> <p>Binada pencereler ile bina köşeleri arasında yönetmelik gereği bırakılması gereken en az mesafe kuralına uyulmadığı görülmüştür. Bu nedenle pencereler ile köşeler arasında derin çatlaklar oluşmuştur.</p>
<p>ÖRNEK 9</p> <p>Deprem: Sivrice</p> <p>Konum: Elazığ</p> <p>Konstrüksiyon Malzemesi: Taş</p> <p>Hasar Modu: Düzlem Dışı</p> <p>Hasar Derecesi: Derece 4</p>		<p>Hasar Nedeni</p> <p>Binada yönetmelikle gereği pencerenin en fazla olması gereken açıklıktan fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle pencere parapetlerinde ayrılmalar ve oynamalar mevcuttur. Ayrıca bina beden duvarları arasında taş örgü tekniği açısından zayıf bağlantılar sonucu duvarların çöktüğü görülmüştür.</p>
<p>ÖRNEK 10</p> <p>Deprem: Elbistan ve Pazarcık</p> <p>Konum: Hatay</p> <p>Konstrüksiyon Malzemesi: Taş</p> <p>Hasar Modu: Düzlem İçi</p> <p>Hasar Derecesi: Derece 2</p>		<p>Hasar Nedeni</p> <p>Binada gözlemlenen ana hasar nedeni yatay ve/veya düşey hatlı kullanılmamasıdır. Ayrıca taş örgü tekniği ile alakalı olarak kilit taşı kullanılmaması ve taşıyıcı duvarlar arasındaki bağlantıların zayıf kalması nedeniyle duvarlar üzerinde çökmeler gözlemlenmiştir.</p>
<p>ÖRNEK 11</p> <p>Deprem: Elbistan ve Pazarcık</p> <p>Konum: Hatay</p> <p>Konstrüksiyon Malzemesi: Taş</p> <p>Hasar Modu: Düzlem Dışı</p> <p>Hasar Derecesi: Derece 3</p>		<p>Hasar Nedeni</p> <p>Binada öncelikli hasar nedeni olarak düzensiz olan plan geometrisi gözlemlenmiştir. Bir diğer neden ise yatay ve/veya düşey yönde hatlı kullanılmaması özellikle çatı ile bağlantılı duvarlarda çökmelere neden olmuştur.</p>
<p>ÖRNEK 12</p> <p>Deprem: Elbistan ve Pazarcık</p> <p>Konum: Gaziantep</p> <p>Konstrüksiyon Malzemesi: Kerpiç</p> <p>Hasar Modu: Düzlem Dışı</p> <p>Hasar Derecesi: Derece 4</p>		<p>Hasar Nedeni</p> <p>Binada öncelikli hasar nedeni kerpiç malzeme ile 2 katlı olarak inşa edilmesidir. Bir diğer hasar nedeni olarak desteklenmemiş taşıyıcı duvarlar arasında bırakılması gereken en fazla mesafe olan 5,5 m'nin aşılması görülmüştür.</p>

Tablo 3'in devamı
Table 3 continued

ÖRNEK 13			Hasar Nedeni
Deprem:	Elbistan ve Pazarcık		<p>Binada öncelikli hasar nedeni taş örgü tekniğinde nispeten kötü aderans sağlayan taş ile harç kullanımı ve kilit taş kullanılmamasıdır. Diğer bir hasar nedeni olarak desteklenmemiş taşıyıcı duvarlar arasında bırakılması gereken en fazla mesafe olan 5,5 m'nin aşıldığı görülmüştür.</p>
Konum:	Gaziantep		
Konstrüksiyon Malzemesi:	Taş		
Hasar Modu:	Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi:	Derece 4		
ÖRNEK 14			Hasar Nedeni
Deprem:	Elbistan ve Pazarcık		<p>Binada desteklenmemiş duvarlar arası en fazla mesafe ve pencere/kapı boşluklarının en fazla genişlikleri için yönetmeliklerde belirtilen kurallara uyulmadığı görülmüştür. Ayrıca yapıda yatay ve/veya düşey hatlı olmaması bir diğer hasar nedenidir.</p>
Konum:	Gaziantep		
Konstrüksiyon Malzemesi:	Tuğla		
Hasar Modu:	Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi:	Derece 3		
ÖRNEK 15			Hasar Nedeni
Deprem:	Elbistan ve Pazarcık		<p>Binada öncelikli hasar nedeni pencereler ile bina köşesi arasında bırakılması gereken en az mesafeye uyulmaması ve yatayda ve/veya düşeyde hatlı kullanılmaması olarak görülmüştür. Bir diğer neden ise özellikle iç taşıyıcı duvarlar ve beden duvarları arasındaki bağlantının zayıf bırakılmasıdır.</p>
Konum:	Kahraman Maraş		
Konstrüksiyon Malzemesi:	Bims Briket		
Hasar Modu:	Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi:	Derece 3		
ÖRNEK 16			Hasar Nedeni
Deprem:	Elbistan ve Pazarcık		<p>Binada özellikle 1. ve 2. katlarda döşeme düzleminde yatay hatlılar bulunmasına karşın katlar arasında ve pencere/kapı çevresinde yatay ve/veya düşey hatlı görülmemiştir. Ayrıca pencereler ile bina köşeleri arasında bırakılması gereken en az mesafe kuralına uyulmadığı görülmüştür.</p>
Konum:	Kahraman Maraş		
Konstrüksiyon Malzemesi:	Bims Briket		
Hasar Modu:	Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi:	Derece 5		
ÖRNEK 17			Hasar Nedeni
Deprem:	Elbistan ve Pazarcık		<p>Binadaki yönetmeliklerde yer alan gereklilikler açısından bir sorun gözlenmemiştir. Ancak özellikle taş örgü tekniği açısından taşıyıcı duvarların bağlantıları ve kullanılan bağlayıcı harcın oldukça zayıf olduğu görülmüştür.</p>
Konum:	Adıyaman		
Konstrüksiyon Malzemesi:	Taş/Kerpiç		
Hasar Modu:	Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi:	Derece 4		
ÖRNEK 18			Hasar Nedeni
Deprem:	Elbistan ve Pazarcık		<p>Binada öncelikli hasar nedeni taş örgü tekniği ve kullanılan bağlayıcı harcın zayıf olmasıdır. Bu nedenle duvarlarda kabarmalar ve çökmeler görülmüştür. Ayrıca bir diğer neden ise desteklenmemiş duvarlar arası en fazla mesafe için yönetmeliklerde belirtilen kurallara uyulmadığı gözlenmiştir.</p>
Konum:	Malatya		
Konstrüksiyon Malzemesi:	Taş		
Hasar Modu:	Düzlem Dışı		
Hasar Derecesi:	Derece 5		

4. Değerlendirme ve sonuçlar

4. Discussion and conclusion

Çalışma kapsamında incelenen 18 yığma bina örneği aşağıda yer alan Tablo 4'te mimari tasarım hataları üzerinden değerlendirilmiştir.

Tablo 4. Örnek yığma binaların mimari tasarım hataları üzerinden karşılaştırılması

Table 4. Comparison of sample masonry buildings based on architectural design mistakes.

Mimari Tasarım Hataları	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5	Örnek 6	Örnek 7	Örnek 8	Örnek 9	Örnek 10	Örnek 11	Örnek 12	Örnek 13	Örnek 14	Örnek 15	Örnek 16	Örnek 17	Örnek 18
Plan Geometrisi		✓				✓					✓							
Cephe Geometrisi			✓		✓													
Kat Sayısı				✓								✓						
Desteklenmemiş Duvar Uzunluğu	✓		✓			✓						✓	✓	✓				✓
Yatay/Düşey Hatlı Kullanımı ve Hatıllar Arası Mesafeler	✓				✓	✓				✓	✓			✓	✓	✓		
Kilit Taşı Kullanımı ve Taş Örgü Tekniği	✓	✓	✓						✓	✓			✓		✓		✓	✓
Kapı ve Pencere Boşluklarının Belirlenmesi					✓		✓	✓	✓					✓	✓	✓		
Eğik Hatlı Kullanımı				✓														

Türkiye'nin doğusunda meydana gelen Sivrice, Pazarcık ve Elbistan depremleri neticesinde hasar alan yığma binalar incelendiğinde, Tablo 4'ten de anlaşılacağı üzere genel olarak hasarlar; "Desteklenmemiş Duvar Uzunluğu", "Yatay/düşey Hatlı Kullanımı ve Hatıllar Arası Mesafeler" ve "Kilit Taşı Kullanımı ve Taş Örgü Tekniği" üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu durum genel olarak binaların herhangi bir mimarlık ve/veya mühendislik hizmeti almaksızın tamamen yerel ustalar tarafından yerel malzemeler ile geleneksel olarak elde edilen bilgiler ışığında inşa edilmelerinden kaynaklanmaktadır. Yığma binalarda genel olarak;

- Bina geometrisinin düşeyde ve yatayda karşılaması gereken tasarım gerekliliklerini karşılamaması,
- Yatay ya da düşey olarak hatlı kullanılmaması,
- Desteklenmemiş duvarlar arasındaki mesafelere dikkat edilmemesi,
- Pencere boşluklarında, pencere-bina köşesi arasında ve pencere boşlukları arasında uyulması gereken en az ve en çok mesafelere uyulmaması,
- Genel olarak bölgelerinde kolay temin edinilen malzemeler tercih edilmesi nedeniyle taş ve kerpiç yığma binalar yoğunlukta olması ve bu binaların bağlayıcı harcının genel olarak aderansı zayıf malzemeler olması,
- Kerpiç gibi özel yapım kuralları gerektiren malzeme kullanılan binalarda kat sayısına dikkat edilmemesi,
- Farklı malzeme kullanımında düşeyde hatıllar ile malzemelerin ayrılmaması, yatayda ise aralarındaki kenetlenmeyi sağlayacak detayların inşa aşamasında göz ardı edilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yukarıda belirtilen tüm yanlış tasarım kararları; kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılması ve yerel mimari dokunun korunması açısından oldukça önemli binalar olan yığma binaların ciddi hasarlar almasına hatta yıkılmasına neden olmaktadır. Yıkılan binaların yerine yerel kimliğin korunması açısından yerel malzemeler ve yapım teknikleri kullanılarak yeni binalar inşa edilmesi gerekmektedir. Yıkımların ortaya çıkardığı maddi ve manevi hasarlar göz önünde bulundurularak yeni inşa edilecek olan binalarda, çalışma genelinde bahsedilen mimari tasarım kurallarına eksiksiz olarak uyulmalıdır. Ayrıca hasar nedenlerinin taş örgü tekniği ve hatlı kullanımına yoğunlaşması yığma bina inşaatı konusunda yeterli bilginin olmadığını ispatlamaktadır. Bu anlamda yığma binaların daha çok tercih edilmesinden kaynaklı olarak özellikle kırsal bölgelerde yer alan nüfusun yığma bina konusunda bilgilendirilmesi, tüm bu yeniden inşa sürecinin başarılı bir şekilde yürütülmesi açısından oldukça önemlidir.

Teşekkür

Acknowledgement

Makalenin hazırlanması aşamasında, görsellerin temini konusunda arşivini paylaşmasından dolayı sayın Doç. Dr. Murat GÜNAYDIN'a ve mimari olarak verdiği katkılardan dolayı sayın Arş. Gör. Tayfur Emre YAVRU'ya, makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı ise dergi editör ve hakem/hakemlerine teşekkürlerimi sunarım.

Yazar katkısı

Author contribution

Yazar, makale içeriğinin oluşturulması ve kaleme alınması açısından tüm aşamalarda görev almıştır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu çalışmada, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederim. Bu makalenin yazarı, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

References

- ABYYHY (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, Türkiye. *T.C. Resmî Gazete* (23098 Mük., 2 Eylül 1997).
- AFAD. (2020). *24 Ocak 2020 Sivrice (Elâzığ) Deprem Raporu, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi*. <https://deprem.afad.gov.tr/depremdokumanlari/1831>
- AFAD. (2023). *06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7,7 Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7,6 Deprem Raporu, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi*. https://deprem.afad.gov.tr/assets/pdf/Kahramanmara%C5%9F%20Depremi%20%20Raporu_02.06.2023.pdf
- Amani, A., Sagirolu, S., & Doğançün, A. (2020). Örnek bir yığma bina üzerinde 1998, 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerinin karşılaştırmalı olarak irdelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(1), 13-26.
- Arun, G. (2005). Yığma kagir yapı davranışı. *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı*, 17, 2005.
- Arun, G. (2016). Tarihi Yığma Yapılarda Hasar Teşhisi. Tarihi yığma yapılarda hasar teşhisi. *Gaziantep Şubesi Eğitim Semineri*. Gaziantep, Türkiye: TMMOB İnşaat Mühendisler Odası.
- Ay, B. Ö., Azak, T. E. (2021). Türkiye’de değişen yapı özelliklerinin karşılaştırmalı incelemesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(4), 1111-1126. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1048380>
- Batur, A., (1999). *Donatısız yığma binaların yatay yükler altındaki davranışı ve bazı ülkelerin, şartnamelerinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Bayülke, N., (2011). Yığma yapıların deprem davranışı ve güvenliği, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim*, Ankara.
- Birinci, F., Haciefendioğlu, K., (2015). Nüfus-idari yapı-plan-kentleşme-yapılaşma perspektifinden Türkiye’nin deprem afet riski analizi ve çözüm önerileri, *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim*, İzmir.

- Budak, A., Uysal, H., & Aydın, A. C. (2004). Kırsal yapıların deprem karşısındaki davranışı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4).
- Croci, G. (1998). The conservation and structural restoration of architectural heritage (Vol. 1). WIT Press.
- Çöğür, M. T., Kamanlı, M., (2007). Yığma yapıların dinamik ve mühendislik davranışının düzlem dışı kuvvetler altında deneysel olarak incelenmesi, *Journal of Technical-Online*, 6(2), 83-108.
- D'Ayala, D. F., & Paganoni, S. (2011). Assessment and analysis of damage in L'Aquila historic city centre after 6th April 2009. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 9, 81-104. <https://doi.org/10.1007/s10518-010-9224-4>
- DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. T.C. Resmî Gazete (26454, 6 Mart 2007).
- Döndüren, M. S., & Kollu, M. S. (2018). Son 15 Sene İçinde Türkiye'de Meydana Gelen Depremlerde Yığma Binalarda Meydana Gelen Hasarlar ve Nedenleri. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 17(2), 59-70.
- Güler, K., Aydoğan, M., Çelik, M., Gençoğlu, M., Güler, K., Hasgür, Z., ... & Tuğsal, Ü. M. (2015). Deprem sonrasında yığma binaların hasar sınıflandırılmasında kullanılacak yeni AFAD hasar tespit formları. Hasar Tespit Sisteminin İyileştirilmesi Projesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Meslek içi Eğitim Semineri.
- Günaydın, M., Atmaca, B., Demir, S., Altunışık, A. C., Hüsem, M., Adanur, S., ... & Angin, Z. (2021). Seismic damage assessment of masonry buildings in Elâzığ and Malatya following the 2020 Elâzığ-Sivrice earthquake, Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19, 2421-2456. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01073-5>
- Işın, H. (2021). *Deprem sonrası yığma yapılarda acil yapı desteği yöntemi* [Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü].
- Kaptan, M. (2010). *Anıtsal yığma binalarda risk düzeyinin tespitine ilişkin bir ön değerlendirme yöntemi* [Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Koç V. (2016). Depreme maruz kalmış yığma ve kırsal yapı davranışlarının incelenerek yığma yapı yapımında dikkat edilmesi gereken kuralların derlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 36-57.
- McKenzie, W., M., (2001). *Design of Structural Masonry*, Palgrave Publishers Ltd. New York.
- Oyguç, R. A. (2017). 2011 Van depremlerinden sonra yığma yapılarda gözlemlenen hasarlar. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 296-315.
- Putrino, V., & D'Ayala, D. (2020). Effectiveness of seismic strengthening to repeated earthquakes in historic urban contexts: Norcia 2016. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 29(1), 47-64. <https://doi.org/10.1108/DPM-07-2018-0230>
- Seferoğlu, M. T., Seferoğlu, A. G., & Akaryalı, E. (2023). Investigation of the structural damage caused by blasting activities in tunnels to surrounding buildings: The case of Gümüşhane belt highway. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(1), 221-234.
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye. T.C. Resmî Gazete (30364 Mük., 18 Mart 2018).
- Tomazevic, M. (1999). *Earthquake-resistant design of masonry buildings (Vol. 1)*. Imperial College Press, Singapore.
- Yıldızoğlu, H., Ömer, C. A. N., & Tayfur, B. (2018). Yığma binalarda deprem performansının belirlenmesi (Bayburt Korkut Ata Lisesi örneği). *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 372-380.
- Yılmaz S., Yavru T. E., Baş G.Y., Günaydın M. (2023). The role of architectural design in the seismic resistance of masonry buildings, *3rd International Civil Engineering and Architecture Congress (ICEARC'23)*, 12-14 October. Trabzon.