

YIĞMA YAPILARIN TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018'E GÖRE PERFORMANS ANALİZİ: AFYONKARAHİSAR ÖRNEĞİ

Gökhan ÇOBAN *^{ID}
Veli BAŞARAN *^{ID}

Alınma: 17.01.2023 ; düzeltme: 10.09.2023 ; kabul: 30.11.2023

Öz: Yiğma yapılar, insanların tarih boyunca kullandıkları bir yapı sistemidir. Bu yapılar doğal taşlar, kerpiçler, tuğla ve beton briketler gibi malzemelerin kullanılarak duvarların birbirine bağlanmasıyla yapılmıştır. Son yıllarda yiğma yapıların şehir merkezlerinde yapımı azalmıştır. Ancak, hala kırsal kesimlerde kullanılmaya devam edilmektedir. Yiğma yapıların deprem dayanımları diğer yapılara göre daha düşüktür. Bu çalışmada Afyonkarahisar'da yapımı tamamlanmış yiğma binalar STA4CAD programında modellenerek analizleri yapılmıştır. Analizler sonrasında, yapıların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de (TBDY18) belirtilen yeni kriterlere göre uygunlukları ve performans hedeflerini yerine getirip getirmediği değerlendirilmiştir. Ayrıca duvar imalatında kullanılan tuğla ve harç basınç dayanımlarındaki değişimin yapının kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Harç basınç dayanımındaki artışın yiğma binalardaki performans artışına etkisinin tuğla basınç dayanımındaki artışa göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yiğma Yapılar, Deprem Güvenliği, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, Tuğla Basınç Dayanımı, Harç Basınç Dayanımı

Performance Analysis of Masonry Buildings According to Türkiye Building Earthquake Code 2018: The Case of Afyonkarahisar

Abstract: Masonry structures are a building system that has been used by people throughout history. These structures are made by connecting walls together using materials such as natural stones, bricks and concrete blocks. The use of masonry structures in urban centers has declined in recent years. However, they are still used in rural areas. The earthquake resistance of masonry structures is lower than other structures. In this study, buildings completed in Afyonkarahisar were modeled and analyzed using the STA4CAD program. After the analysis, the compliance and performance of the buildings with the new principles specified in the Türkiye Building Earthquake Code 2018 were evaluated. In addition, the effects of changes in the compressive strength of the bricks and mortar used in wall construction on the capacity of the building were examined. It has been observed that the increase in mortar compressive strength has a more effective effect on the increase in performance in masonry buildings than the increase in brick compressive strength.

Keywords: Masonry Structures, Seismic Performance, Türkiye Building Earthquake Code 2018, Brick Compressive Strength, Mortar Compressive Strength

* Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye
İletişim Yazarı: Veli Başaran (vbasaran@aku.edu.tr)

1. GİRİŞ

Yığma yapılar, insanların tarihi boyunca barınma ihtiyacını karşılamak için kullandıkları yapı sistemlerinden biridir. İlk yığma yapıların inşası, neolitik döneme kadar uzanmaktadır. Bu dönemde insanlar, doğal taşları ve kerpiçleri kullanarak evlerini inşa etmişlerdir. Zaman içerisinde, bu yapı sistemi tuğla ve beton briketlerin de kullanılmaya başlanmasıyla gelişmiştir.

Çeşitli harçların kullanılarak duvarların birbirine bağlanmasıyla yapılan bu yapı sistemi, yatay ve düşey yükleri taşımak amacıyla kullanılmaktadır (Bayülke, 2011). Yığma yapıların eğilme kapasiteleri düşük olduğu için enerji yutma kapasiteleri de düşüktür ve bu nedenle yatay yüklere maruz kaldıklarında gevrek bir davranış gösterirler (Döndüren, 2008).

Tarih boyunca, yığma yapılar birçok depremde ayakta kalarak inşaat gereklilikleri yerine getirildiğinde depreme dayanıklı olduklarını göstermişlerdir. Binaların deprem güvenliğini sağlamak için gerekli şartlar mevzuatlarla düzenlenmiştir. Günümüzde, yığma yapıların kırsal kesimlerde kullanımına devam edilmekle birlikte şehir merkezlerinde yapımı azalmıştır. Bunun yerine, gelişen teknoloji ile birlikte betonarme ve çelik yapı sistemleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Deprem koşulları altında yığma yapılarının davranışı, yapının malzemesi, yapım şekli ve tasarımına göre değişebilir.

Literatür incelendiğinde yığma yapıların deprem güvenlikleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kanca (2004), yığma yapılarda meydana gelen hasarların nedenleri araştırmış ve oluşan hasarların binanın yaşına ve bu süre zarfında meydana gelen doğal afetler gibi faktörlerle ilişkili olabileceğini belirlemiştir. Arun (2005), yığma yapıların davranışı ve meydana gelebilecek hasarları incelemiştir. Düşük dayanıma sahip ve gevrek malzemelerden oluşturulan yığma yapıların, tasarım kriterlerine uygun olarak yapıldığı takdirde deprem dayanımının yükseltilebileceğini belirlemiştir. Karaşin ve Öncü (2009), birden fazla kat adedine sahip yığma binaların deprem sonucunda oluşan hasarlarını incelenmiş ve yapılan yapıların yürürlükteki deprem yönetmeliği koşullarını büyük oranda sağlamadığını tespit etmişlerdir. Çırak (2011), daha önce yapılan çalışmaları irdeleyerek yığma yapılarda oluşabilecek hasar şekillerini ortaya koymuş ve yığma yapıların yapım aşamaları hakkında öneriler sunmuştur. Ay ve diğ. (2012), yığma yapıların deprem davranışlarını inceledikleri bir çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak dinamik analiz yapmış ve analiz sonucunda, zemin sınıfı kötüleştikçe duvarlardaki gerilme değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Atabay ve Kanıt (2014), Suşehri ilçesinde bulunan bir okulun Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'e (DBYBHY07) göre performans analizini yaparak StatiCAD-Yığma programından elde ettikleri sonuçlar ile analitik yöntemle buldukları sonuçları karşılaştırılmışlardır. İki yöntemde de binanın performansının göçme bölgesinde bulunduğunu gözlemlenmiştir. Değirmenci ve diğ. (2015), Bilecik il sınırları içerisinde yığma okul binalarının performanslarını incelemiş ve incelemeleri sonucunda deprem performanslarının yetersiz olduğunu belirlemiştir. Koç (2016), ülkemizde meydana gelen depremlerin kırsal ve yığma yapılar üzerindeki etkilerini inceleyerek yığma yapı yapımında dikkat edilmesi gereken kuralları maddeler halinde ortaya koymuştur. Hadzima-Nyarko ve diğ. (2017) Hırvatistan'ın Osijek şehrinde yer alan tarihi bir yapının deprem güvenliğini hasar indeks katsayısı yöntemini kullanarak incelemiştir. İncelemede 7 farklı deprem yer hareketine göre hasar indeksi spektral fonksiyonlarını tanımlamışlardır. Yıldızoğlu ve diğ. (2018), Bayburt'ta bulunan Korkut Ata Lisesi'nin DBYBHY07 ve Riskli Yapılar Yönetmeliği 2013'e göre performans analizini yapılmışlardır. Yapının göçme durumunda olduğu görülmüştür. Biçen ve diğ. (2020), örnek bir yığma yapının 2019 yılında yürürlüğe giren Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslarda verilen (RYTEİE19) basitleştirilmiş yöntem ile risk önceliklerini her bir coğrafi bölgeden bir il seçerek belirlemiştir. Yapısal performans puanı Denizli için yüksek, Diyarbakır için düşük olarak

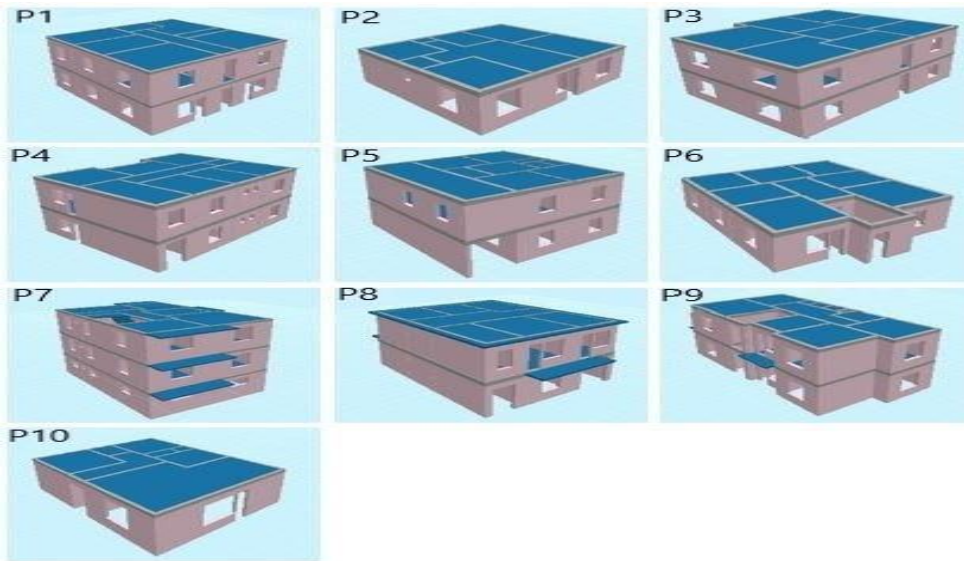
hesap edilmiştir. Işık ve diğ. (2021), deprem sonrasında hasar tespit çalışmalarının en kısa sürede tamamlanabilmesi amacıyla hasar tespitinde yığma yapılar için kullanılan hazır formu web tabanına taşımışlardır. Gerekli veriler tablet ve akıllı telefonlar ile veri tabanına aktarılabilir. Ayrıca, Van depreminde hasara uğramış farklı hasar seviyelerine sahip 4 yığma yapı içinde örneklendirme yapmışlardır. Baran ve diğ. (2022), iki katlı yığma bir yapının deprem performansını 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre tuğla ve gazbeton iki farklı malzeme kullanarak incelemişlerdir. Taban kesme kuvvetinin, DBYBHY07’de Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’e (TBDY18) göre tuğla yığma binada %176, gazbeton yığma binada %190 fazla olduğunu hesap etmişlerdir. Arkan ve diğ. (2023), Bitlis’te bulunan yirmi farklı yığma yapının risk önceliklerini Türkiye hızlı değerlendirme yöntemine göre belirlemişlerdir. Binaların performans skorları 25 ve 85 aralığında elde edilmiştir. da Silva ve diğ. (2023), yığma yapıların olasılıksal yapısal analizi için sayısal bir strateji ortaya koymuşlardır. Strateji yapısal ve hasar analizlerini dikkate alan mevcut performansa dayalı deprem mühendisliği yaklaşımlarının arka planını içermektedir.

Bu çalışmada, Afyonkarahisar’da rastgele seçilmiş 10 adet yığma bina STA4CAD paket programı kullanılarak TBDY18’e göre modellenmiş ve sismik performansları belirlenmiştir. TBDY18’de verilen tuğla ve harç basınç dayanımı değerlerinin değişiminin binanın deprem etkisi altında göstereceği performansları üzerine etkisi de araştırılmıştır. Ayrıca, yapıların TBDY18 belirlenen tasarım kriterlerine göre uygunlukları da incelenmiştir. Mevcut yığma yapılar üzerinden tuğla ve harç malzemenin yapıların deprem performansları üzerine etkisinin araştırılması ile proje ve uygulamada çalışan mühendislere ve literatüre katkı yapılması hedeflenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

Analizlerde kullanılan yığma binalar Afyonkarahisar’ın genel olarak mevcut yığma yapı stokunu yansıtabilmesi için Afyonkarahisar Merkez ve ilçelerinden daha önce DBYBHY07’ de belirlenen koşullara göre projelendirilmiş ve yapımı tamamlanmış yapılar olarak seçilmiştir. Binalara ait program görselleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1:
Analizi yapılan binaların ST4CAD programından alınan görüntüleri

Seçilen binalarda sabit olan özellikler; kat yükseklikleri 2,80 metre ve zemin Sınıfı ZD'dir. Ayrıca Türkiye Deprem Tehlike Haritasından yapıların konumlarına göre spektral ivme değerleri tespit edilmiştir. Binalara ait diğer özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Analizi yapılan binalara ait bilgiler

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Konum	Bayat	Sinanpaşa	İscehisar	İscehisar	İscehisar	Sandıklı	Merkez	Merkez	Çayırbağ	Merkez
Yapım Yılı	2018	2017	2018	2018	2018	2018	2013	2012	2012	-
Kat Adedi	Z+1	Z	Z+1	Z+1	Z+1	Z	B+Z+1	Z+1	Z+1	Z
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{bs})	0,783	0,985	0,803	0,805	0,805	0,916	0,951	0,963	0,953	0,997
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{d1})	0,333	0,427	0,341	0,341	0,341	0,411	0,413	0,413	0,409	0,438
Kat Alanı (m²)	320	151	388	322	305	178	408	243	263	125
İç Duvar (m)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,20	0,20	0,20
Dış Duvar (m)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30	0,20

2.2. Metod

DBYBHY07'ye göre projelendirilmiş ve uygulamaya geçmiş 10 adet yığma bina STA4CAD paket programı kullanılarak TBDY18'e göre modellenmiştir. Modelleme yapılırken projede verilen düşey hatıllar modellemeye dahil edilmemiştir. TBDY18-Tablo 11.2'de verilen yığma duvarların karakteristik basınç dayanımı değerleri dikkate alınarak her bir tuğla ve harç basınç dayanımı değeri için ayrı analizler yapılmıştır. Tabloda, birim sınıfı Grup II, harç sınıfı genel amaçlı harç olarak kabul edilerek karakteristik basınç dayanımının ortalama değerleri kullanılmıştır. Duvarların başlangıç kesme dayanımları TBDY18-Tablo 11.3'e göre belirlenmiştir. Elastisite modülü her bir karakteristik basınç dayanımı için yeniden hesaplanmıştır. Analizler sonucunda, yığma duvar tasarım kesme kuvveti dayanımı V_{RD} ve duvara etkiyen tasarım kesme kuvveti V_{ED} değerleri hesaplanarak TBDY18-15.8.8 maddesine göre binaların deprem performansları belirlenmiştir. Binalar modellenirken bilgi düzeyi katsayısı 0,75 olarak seçilmiştir. Ayrıca binalar TBDY18-11 maddesinde verilen tasarım koşulları ve geometrik şartlar bakımından da incelenmiştir.

3. BULGULAR

Yığma bina modellerinin TBDY18-11 maddesindeki tasarım koşulları ve geometrik şartları dikkate alınarak yapılan değerlendirme Tablo 2’de verilmiştir. Tabloda, t_{ef} duvarın etkin kalınlığını, h_{ef} duvarın etkin yüksekliğini ifade etmektedir.

Tüm bina modelleri izin verilen bina yüksekliği ve $(h_{ef}/t_{ef})_{max}$ şartlarını sağlamıştır. Bir model haricinde diğer modellerde etkin duvar kalınlıkları minimum değer olan 24 cm’nin altında kalmıştır. Üç modelin desteklenmemiş duvar uzunlukları yönetmelik şartlarına uygun değildir. Hiçbir modelde, müsaade edilen kapı ve pencere boşluklarına uyulmamıştır.

Tablo 2. Bina modellerinin tasarım koşulları ve geometrik şartlarının değerlendirilmesi

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Bina Yüksekliği (Madde 11.1.3)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
(t_{ef}) min (Madde 11.5.1)	X	X	X	X	X	X	√	X	X	X
(h_{ef}/t_{ef})max (Madde 11.5.1)	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Duvar Uzunlukları (Madde 11.5.2)	X	X	√	√	√	√	√	√	√	X
Kapı-Pencere Boşlukları (Madde 11.5.3)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Her bir modelin deprem performansını belirlemek için duvar basınç dayanımı 5, 10, 15, 20, 25, 30 MPa ve harç basınç dayanımları M1-M2, M2.5-M9, M10-M20 MPa değerleri dikkate alınarak toplam 18 adet analiz yapılmıştır. Harç basınç dayanımları M1-M2 için 1,5 MPa, M2.5-M9 için 5,75 MPa, M10-M20 için 15 MPa ortalama değerleri kullanılmıştır. Analizler sonrasında yönetmeliğe göre bulunan yığma duvar tasarım kesme kuvveti dayanımı V_{RD} ve duvara etkiyen tasarım kesme kuvveti V_{ED} değerleri karşılaştırılarak deprem kuvvetlerini karşılayan duvar sayıları hesap edilmiştir. Her bir model için deprem kuvvetlerini karşılayan ($V_{RD} > V_{ED}$) duvarların sayısı toplam duvar sayısına bölünerek oranlanmış ve referans modele göre değişim Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir. Karşılaştırmalarda, 5 MPa duvar basınç dayanımı ve M1-M2 harç basınç dayanımı modellerin kendi içinde referans (R) olarak kabul edilmiştir.

Binaya gelen deprem kuvvetlerini karşılayan duvarların oranı, tüm model ve duvar birim basınç dayanımları için; 5 MPa duvar dayanımı ve M1-M2 harç basınç dayanımı referans alındığında M2.5-M9 harç basınç dayanımında %8-%77 aralığında ve ortalamada %32, M10-M20 harç basınç dayanımında %17-77 aralığında ve ortalamada %56 artış görülmüştür. Ayrıca, 10, 15, 20, 25, 30 MPa duvar dayanımlarında 5 MPa duvar dayanımına göre sırasıyla ortalama, M1-M2 harç basınç dayanımı için %0, %1, %1, %2 ve %2, M2.5-M9 harç basınç dayanımı için

%3, %6, %8, %10 ve %12, M10-M20 harç basınç dayanımı için ise %0, %1, %2, %4 ve %5 artmıştır.

Bu değerler göz önüne alındığında harç basınç dayanımındaki artışın yığma binalardaki performans artışına etkisinin tuğla basınç dayanımındaki artışa göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 3. Duvar birim basınç dayanımı 5, 10, 15 MPa için referans modele göre binaya gelen deprem kuvvetini karşılayan duvarların oranlarındaki değişim (%)

Duvar Birim Basınç Dayanımı	5 MPa			10 MPa			15 MPa		
	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20
P1	-	21	65	0	21	65	0	21	65
P2	-	20	50	0	20	50	3	23	56
P3	-	26	60	0	27	60	0	27	62
P4	-	28	72	0	28	72	0	28	72
P5	-	44	65	0	46	65	3	46	70
P6	-	50	71	0	50	71	3	53	71
P7	-	8	17	1	8	17	1	8	17
P8	-	22	43	0	22	43	0	29	45
P9	-	17	25	0	17	25	0	17	25
P10	-	19	77	0	54	77	0	65	77
Ortalama	-	26	55	0	29	55	1	32	56

Tablo 4. Duvar birim basınç dayanımı 20, 25, 30 MPa için referans modele göre binaya gelen deprem kuvvetini karşılayan duvarların oranlarındaki değişim (%)

Duvar Birim Basınç Dayanımı	20 MPa			25 MPa			30 MPa		
	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20
P1	0	21	70	0	21	71	0	21	73
P2	3	23	56	5	29	62	5	29	62
P3	0	27	64	0	30	71	0	32	76
P4	0	28	72	0	43	72	0	50	72
P5	3	49	74	5	49	75	5	51	78
P6	5	58	71	5	58	71	5	66	71
P7	1	8	17	1	8	17	1	8	17
P8	0	31	45	0	31	45	0	33	45
P9	0	17	25	0	17	25	0	17	25
P10	0	73	77	0	77	77	0	77	77
Ortalama	1	34	57	2	36	59	2	38	60

5, 10, 15, 20, 25, 30 MPa duvar birim basınç dayanımları ve M1-M2, M2.5-M9, M10-M20 MPa harç basınç dayanımları için TBDY18-15.8.8 maddesine göre yığma yapıların deprem performansları belirlenmiştir. Tablo 5 ve Tablo 6'da bina modellerinin performansları verilmiştir. Bina performansları incelendiğinde, 5 modelin performansında hiç değişiklik olmamış, 5 modelde ise harç ve duvar birim basınç dayanımındaki artışa bağlı olarak performanslarında iyileşme olmuştur. Farklı harç ve duvar birim basınç dayanımlarına göre 10

model için yapılan toplam 180 analiz sonucunda 155 model göçme bölgesinde, 5 model kontrollü hasar bölgesinde ve 20 modelde sınırlı hasar bölgesinde performans seviyelerine sahiptir. Tuğla basınç dayanımının performans etkisine bakıldığında sınırdaki kalan modeller için küçük artışlarla performans hedefini değiştirdiği ama genel olarak harç basınç dayanımına göre etkisinin az olduğu görülmüştür.

Tablo 5. Duvar birim basınç dayanımı 5, 10, 15 MPa için yapı performansları

Harç Basınç Dayanımı	5 MPa			10 MPa			15 MPa		
	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20
P1	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P2	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P3	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P4	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar
P5	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P6	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar
P7	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P8	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P9	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P10	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Kontrollü Hasar	Sınırlı Hasar

Tablo 6. Duvar birim basınç dayanımı 20, 25, 30 MPa için yapı performansları

Harç Basınç Dayanımı	20 MPa			25 MPa			30 MPa		
	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20	M1-M2	M2.5-M9	M10-M20
P1	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P2	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P3	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Kontrollü Hasar
P4	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar
P5	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Kontrollü Hasar
P6	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Kontrollü Hasar	Sınırlı Hasar
P7	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P8	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P9	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu	Göçme Durumu
P10	Göçme Durumu	Kontrollü Hasar	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Sınırlı Hasar	Göçme Durumu	Sınırlı Hasar	Sınırlı Hasar

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Afyonkarahisar il sınırları içerisinde DBYBHY07'ye göre projeleri hazırlanan ve inşa edilen mevcut 10 adet yığma binanın TBDY18 yönetmelik kriterlerine göre incelenen performans analizleri neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Tüm bina modelleri izin verilen bina yüksekliği ve $(h_{ef}/ t_{ef})_{max}$ şartlarını sağlamıştır.
- Bir model haricinde diğer modellerde etkin duvar kalınlıkları minimum değer olan 24 cm'nin altında kalmıştır.
- Üç modelin desteklenmemiş duvar uzunlukları yönetmelik şartlarına uygun değildir.
- Hiçbir modelde, müsaade edilen kapı ve pencere boşluklarına uyulmamıştır.
- Binaya gelen deprem kuvvetlerini karşılayan duvarların oranı, tüm model ve duvar birim basınç dayanımları için; 5 MPa duvar dayanımı ve M1-M2 harç basınç dayanımı referans alındığında M2.5-M9 harç basınç dayanımında %8-%77 aralığında ve ortalamada %32, M10-M20 harç basınç dayanımında %17-77 aralığında ve ortalamada %56 artış görülmüştür.
- Binaya gelen deprem kuvvetlerini karşılayan duvarların oranı, 10, 15, 20, 25, 30 MPa duvar dayanımlarında 5 MPa duvar dayanımına göre sırasıyla ortalama, M1-M2 harç basınç dayanımı için %0, %1, %1, %2 ve %2, M2.5-M9 harç basınç dayanımı için %3, %6, %8, %10 ve %12, M10-M20 harç basınç dayanımı için ise %0, %1, %2, %4 ve %5 artmıştır.
- Harç basınç dayanımındaki artışın yığma binalardaki performans artışına etkisinin tuğla basınç dayanımındaki artışa göre daha etkili olduğu görülmüştür.
- Farklı harç ve duvar birim basınç dayanımlarına göre 10 model için yapılan toplam 180 analiz sonucunda 155 model göçme bölgesinde, 5 model kontrollü hasar bölgesinde ve 20 modelde sınırlı hasar bölgesinde performans seviyelerine sahiptir.
- Duvar ve harç dayanımları artırılmasına rağmen TBDY18'de belirlenen tasarım kriterlerine tam olarak uyulmadığı için çoğu modelin performans seviyelerinin göçme bölgesinde olduğu düşünülmektedir.
- İncelenen yapıların performans seviyeleri dikkate alındığında mevcut yığma yapı stoğunun sismik performansının belirlenmesi için çalışmalar yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.
- TBDY18'de yığma yapılar için verilen tasarım koşulları ve geometrik şartları sağlayan uygun bina modellerinin performans analizleri yapılarak sonuçların karşılaştırılması sonraki çalışmalar için önerilebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Gökhan Çoban: Veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması.

Veli Başaran: Çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri yorumlama, fikirsel içeriğin eleştirel incelenmesi.

KAYNAKLAR

1. Arkan, E., Işık, E., Harirchian, E., Topçubaşı, M. & Avcil, F. (2023) Architectural Characteristics and Determination Seismic Risk Priorities of Traditional Masonry Structures: A Case Study for Bitlis (Eastern Türkiye). *Buildings*, 13(4), 1042. doi: 10.3390/buildings13041042.
2. Arun, G. (2005) Yığma Kagir Yapı Davranışı, *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı*, 1-8.
3. Atabey, İ. İ. ve Kanit, R. (2014) Yığma Bir Okul Binasının Deprem Performans Analizi. *Selçuk University Journal of Engineering Sciences*, 13(1), 1-11.
4. Ay, Z., Çarhoğlu, A. I., Korkmaz, K. A., Nuhoğlu, A. & Orhon, A. V. (2012) Yığma Yapıların Yapısal Davranışının İncelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 41-53.
5. Baran, B., Bozdoğan, K. B., Atabey, İ. İ. (2022) Farklı Duvar Malzemelerine Sahip Yığma Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 1066-1075. doi: 10.21923/jesd.989947.
6. Bayülke, N. (2011) Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği, *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 1-14.
7. Biçen, V. S., Işık, E., Arkan, E. & Ulu, A. E. (2020) A Study on Determination of Regional Earthquake Risk Distribution of Masonry Structures. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 2(2), 74-86.
8. Çırak, İ. F. (2011) Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler. *SDU International Technologic Science*, 3(2), 55-60.
9. da Silva, L. C., Milani, G. & Lourenço, P. B. (2023) Probabilistic-Based Discrete Model for the Seismic Fragility Assessment of Masonry Structures. *Structures*, 52, 506-523. doi: 10.1016/j.istruc.2023.04.015
10. Değirmenci, Ö. Ç., Aras, M. & Ekin, Ö. (2015) Yığma Eğitim Binalarının İncelenmesi "Bilecik Örneği". *Eighth National Conference on Earthquake Engineering*, İstanbul, 1323-1332.
11. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (2007), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
12. Döndüren, M. S. (2008). Bağlayıcı Özelliği Artırılan Duvar ve Sıva Harcının Düzlem Dışı Yüklenen Tuğla Duvarların Mekaniksel Davranışına Etkisi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
13. Hadzima-Nyarko, M., Mišetić, V. & Morić, D. (2017) Seismic Vulnerability Assessment of an Old Historical Masonry Building in Osijek, Croatia, Using Damage Index. *Journal of Cultural Heritage*, 28, 140-150. doi: 10.1016/j.culher.2017.05.012
14. Işık, M.F., Işık, E. & Harirchian, E. (2021) Application of IOS/Android Rapid Evaluation of Post-Earthquake Damages in Masonry Buildings. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 36-50. doi:10.30855/gmbd.2021.01.05
15. Kanca, A. G. (2004). Yığma Yapıların Depreme Karşı Dayanımları Beyoğlu Postane Hizmet Binası ve Beyoğlu Han Binası, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
16. Karaşın, M ve Öncü M. E. (2009) Çok Katlı Yığma Binaların Deprem Güvenliklerinin Değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 63-67.

17. Koç, V. (2016) Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 36-57. doi: 10.28979/comufbed.307874
18. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
19. Yıldızoğlu, H., Can, Ö. & Tayfur, B. (2018) Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi (Bayburt Korkut Ata Lisesi Örneği). *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 372-380. doi:10.17714/gumusfenbil.380259