

Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Ahşap Döşemeli Geleneksel Bayburt Evinin Deprem Performansının Belirlenmesi

Ömer CAN [a,*], Burak ERKUL [b]

[a] *İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, TÜRKİYE*
[b] *İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Entitüsü, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, TÜRKİYE*
** Sorumlu yazarın e-posta adresi: ocan@bayburt.edu.tr*

ÖZET

Ülkemizde tarihi ve kültürel değeri olan birçok yapı bulunmaktadır. Bu yapılar farklı zaman ve kültürlerde yapılmıştır. Farklı teknikleri yansıttıkları için büyük önem taşımaktadır. Günümüzde inşa edilen betonarme ve çelik yapılar gibi diğer yapı türleri ve depreme karşı performansları, gelişmiş sayısal metotlarla detaylı olarak hesaplanmaktadır. Ancak tarihi yığma yapıların içerdiği süreksizlikler ve değişen malzeme özelliklerinden dolayı yapısal performansının belirlenmesinde ve yorumlanmasında zorluklarla karşılaşılabilmektedir. Bu çalışmada; Bayburt ili, Aydıntepe ilçesi, Sorkunlu köyü sınırları içerisinde bulunan, yapımı 100 yıl öncesine dayanan ve kırsal mimari mirasın korunması bağlamında Bayburt kırsal geleneksel evinin yapım tekniği, malzeme ve konum özellikleri hakkında bilgiler derlenmiştir. Yapıda gözlemlenen mevcut problemler belirlenmiştir. StatiCAD-Yığma programı kullanılarak 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2013 Riskli Yapılar Yönetmeliği esasları dikkate alınarak yapının performans analizi yapılmıştır. Performans analizinin yanı sıra taşıyıcı sistemin yapısal performansı da değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Geleneksel Bayburt Evi, Yığma Yapılar, Performans Analizi, StatiCAD-Yığma*

Performance Analysis of Historical Masonry Structures: Example of Traditional Bayburt House

ABSTRACT

In our country, there is a suitable structure with historical and cultural value. These structures were made in different times and cultures. They are important because they reflect different techniques. Other types of buildings, such as reinforced concrete and steel structures, can be calculated in detail by using advanced numerical methods.

However, due to the discontinuities in the historical masonry structures and the changing material properties, difficulties may be encountered in determining and interpreting the structural performance. In this study, Information about the construction technique, material properties and location characteristics of the rural traditional house of Bayburt in the context of the preservation of the rural architectural heritage dating back to the pre-100 years old, in the borders of Sorkunlu village of Aydıntepe district, Bayburt province. The existing problems observed in the structure were determined. The performance analysis of the structure was made by

Geliş: 25/07/2018, Düzeltme: 04/12/2018, Kabul: 05/12/2018

using the StatiCAD-Masonry program, taking into consideration the 2007 Earthquake Code and the 2013 Risky Structures Regulation. In addition to performance analysis, structural performance of the carrier system was also evaluated.

Keywords: *Traditional Bayburt House, Masonry Structure, Performance Analysis, StatiCAD-Yığma*

I. GİRİŞ

Türkiye topraklarının büyük bir kısmı ile nüfusun fazlaca yığıldığı bölgelerin deprem riski altında olduğu, aktif fay sistemlerinin çok yoğun olduğu birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Her yeni depremle gelen yapısal hasarlar neticesinde oluşan can kayıpları, bizleri depremle mücadele etmeye sevk etmiştir. Can ve mal kaybının olmaması için yapıların bu depremlere karşı dayanıklı olması zorunludur [1,2]. Binlerce yıllık uygarlık tarihi boyunca insanlığın, doğrudan veya doğa ile birlikte yarattığı değerler içinde günümüze kadar ulaşmış olanlar, "kültürel ve doğal miras" olarak tanımlanır. Bu değerlerin korunması, çağımızda insanlığın ortak sorumluluğudur [3]. İçinde bulunduğumuz topraklar birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olduğundan tarihi eserler yönünden çok zengindir. Geçmişte yapılmış, günümüzde de kullanılmaya devam eden bu yapıların korunması ve geleceğe en iyi şekilde aktarılması gerekir [4]. Tarihi yapılar, yığma yapı tekniği ile inşa edilmişlerdir. Günümüzde inşa edilen betonarme binaların ekonomik ömürlerinin yaklaşık 50 yıl olduğu düşünülürken, tarihi yapıların yüzyıllar boyunca ayakta kalarak günümüze ulaştığı görülmektedir. Bu durum tarihi yığma yapıların yapısal özelliklerinin ve deprem etkisi altındaki davranışlarının daha iyi anlaşılması gerektiğini göstermektedir [5].

Deprem olasılığının fazla olduğu bölgelerde, her bir tarihi yapının ayrı ayrı incelenip, yapısal davranış ve deprem performansının belirlenmesi gerekmektedir. Yapı malzemesinin dayanımındaki düşüşler, yapıda zamana bağlı deformasyonlar, zemin oturmaları, düzensiz yükleme, doğal afetler, olumsuz çevre koşulları, ilgisizlik gibi nedenlerle bu yapıların deprem dayanımları kritik bir noktaya gelmiş olabilir. Betonarme ve çelik yapıların gerek düşey gerek yatay yükler altında nasıl davrandığı yılların bilgi birikimi sonucu belli bir doğrulukta hesaplanabilmekte ve matematiksel olarak ifade edilebilmektedir. Yığma yapıların düşey ve özellikle yatay yükler altındaki davranışı betonarme yapılarla kıyaslandığında, daha belirsizdir. Yığma yapıların içerdiği süreksizliklerden dolayı özelliklerinin farklı yönlerde değişiklik göstermesi ve malzeme kalitesinin değişebilmesi nedeniyle yapısal davranışlarının yorumlanmasında güçlükle karşılaşılabilmektedir [6-8].

Türkiye'de 1990'lı yıllarda başlayan depreme dayanıklı yapı tasarımları ile depremin yıkıcı etkisi karşısında oldukça mesafe kat edilmiştir. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY 2007) ile beraberinde gelişen bilgisayar destekli tasarım şekilleri ile yeni yapılan yapılarımızın deprem performansları oldukça artmıştır. Bununla birlikte Türkiye'deki yapı stokunun deprem anındaki performansının tespiti çalışmaları başlamıştır. Bu yönde 2013 Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esasları (RYTE 2013) yürürlüğe girmiştir. RYTE 2013 ile şehirlerde ve kırsalda eski zamanlarda yapılmış ve halen kullanılmakta olan yapıların da yürürlükteki yönetmelik şartlarını ne kadar sağladığı, deprem esnasındaki performans düzeyi, dayanımı, can güvenliği gibi risk değerlendirmeleri sonucunda geçmişten günümüze üretilen tüm yapıları oluşacak muhtemel depreme en iyi şekilde hazırlamak

amaçlanmıştır. Bu çalışmalar kapsamında birçok araştırmacı tarafından farklı açılardan ele alınarak incelenmiştir [9,10].

Mevcut yığma yapıların deprem bakımından incelenmesi ve güçlendirilmesi kapsamında Bala depreminde ağır hasar görmüş bazı yığma yapılar, Buldan Göğüs Hastalıkları Hastanesi, Sivas-Suşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu gibi birçok yığma yapıya çeşitli analiz yöntemleri uygulanmış ve performans raporları çıkarılmıştır [1,11,12]. Yığma yapıların analizinde yatay yük-yer değiştirme ilişkisi, yük taşıma kapasitesi, homojenizasyon gibi doğrudan analiz sonucuna etki eden durumlar göz önüne alındığında makro modellemenin 2 boyutlu ve 3 boyutlu sonlu eleman yöntemiyle yapılan mikro modellemeye göre daha etkin ve gerçekçi modelleme tekniği olduğu karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca mikro modellemede sonlu eleman sayısı fazla olacağından hem analiz uzun sürmekte, hem de hata oluşma oranı artmaktadır [8]. Yığma yapıların yapım tekniği, taşıyıcı sistemleri, kullanılan malzemeler, tasarım ilkeleri, oluşan hasar türleri incelemeleri sonucunda çeşitli onarım ve güçlendirme yöntemleri, bu yöntemlerde kullanılacak ana ilkeler hakkında çeşitli öneriler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; dıştan perde duvar ile güçlendirme, çelik hasır donatı üzerine polipropilen lifli kuru karışım püskürtme beton uygulanması ile dayanım artışının sağlanması gibi öne çıkan uygulamalardır [13-16]. Akün tarafından yapılan bir çalışmada, Bayburt'un tarihi dokusunu yansıtan, kırsal mimari mirasının korunması bağlamında Bayburt kırsal geleneksel evi; yapısal, biçimsel ve kültürel gibi farklı konularda incelenmiştir [17].

Çalışmamızda Bayburt sınırları içerisinde kalan kırsal kesimdeki tarihi özellikteki mimariyi temsilen Bayburt ili Aydıntepe İlçesi Sorkunlu (Toronsos) köyü sınırları içerisinde kalan yapımı 100 yıl öncesine dayanan bir ev seçilmiştir. Bu ev üzerinde, bölgede olası sismik hareketlere karşı dayanımının belirlenmesi ve gerektiğinde onarım/güçlendirme gibi alternatif koruma yolları önermek amacıyla StatiCAD-Yığma yazılımı kullanılarak performans analizi yapılmıştır. Bulunan sonuçlara göre önerilerde bulunulmuştur.

II. MALZEME VE YÖNTEM

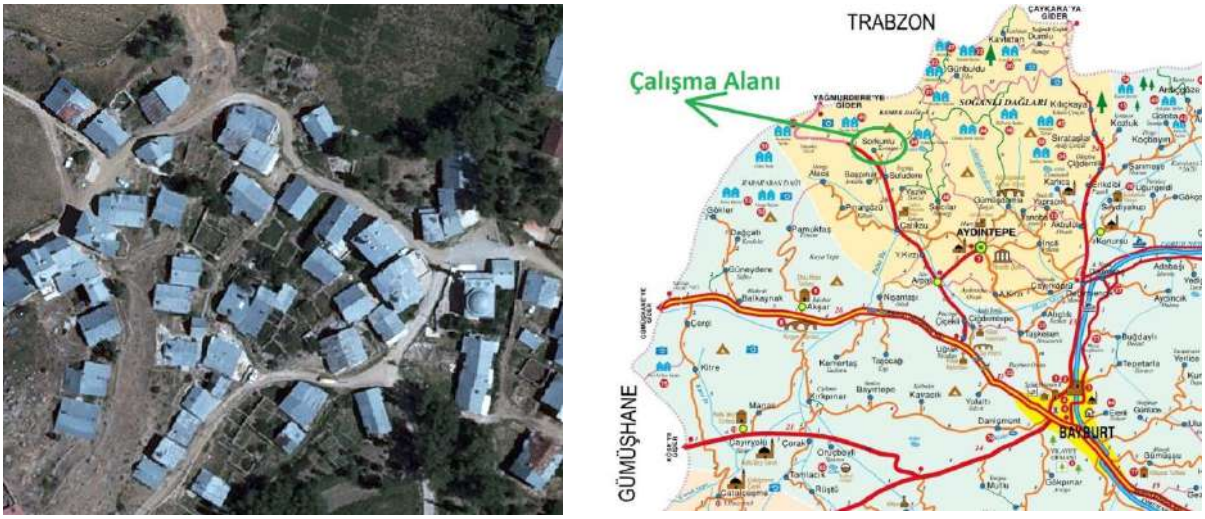
Çalışmaya konu olan Geleneksel Bayburt Evinde kullanılan malzemeler, taşıyıcı elemanları ve analiz yöntemi aşağıda kısaca incelenmiştir.

A. GELENEKSEL BAYBURT EVİ ÖZELLİKLERİ

Yığma yapıda kullanıldığı yere ve kullanım amacına göre çok değişken malzemeler vardır. Genel olarak taşıyıcı sistemde; doğal taş, tuğla, kerpiç ve ahşap malzemenin kullanıldığı görülmektedir. Son yüzyılda betonarmenin kullanımının yaygınlaşması ile yığma yapıların döşeme sistemlerinde betonarme kullanılmakta ise de çok uzun zamandır ahşap malzeme kullanılmaktadır. Ahşap malzeme, taşıyıcı sistemde ve döşemede kullanılmasının yanında oturtma çatılarda ve kirman çatılarda sıklıkla kullanılmıştır. Bununla birlikte bazı kesimlerde toprak çatılarda bulunmaktadır. Yığma yapıların tamamına yakınında Horasan harcı bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır.

Türkiye'nin kültür dokusu, iklim şartları, yeryüzü şekilleri, doğal olaylar, malzemeye ulaşım gibi birçok değişken, yapı malzemeleri seçiminde etkin rol oynamıştır. Topografyası, iklimi ve yaşam koşullarının yanı sıra malzeme ve tekniği de göz önünde bulundurularak Anadolu, konut mimarisi açısından yedi bölgeye ayrılmıştır. Esas yayılma alanı Anadolu'nun kıyıları ile orta yayla arasında bir ikinci çember gibi dolanan, hımış yapı tekniğinde, yani taşıyıcı sistemi ağaç, kerpiç dolgulu, zemin katı çoklukla taş olan bir yapı tekniği ile inşa edilmiş olan konut mimarisidir [17,18].

Bayburt; coğrafyasındaki farklılıkları, iklimi, bölgesel olarak değişen ekonomik yapısı, karakteristik taş ve malzeme çeşitliliğinden dolayı yukarıdaki birçok yapı stokunu bünyesinde barındırmaktadır. Karadeniz bölgesi ile Doğu Anadolu bölgesi arasında olup her iki bölgenin iklim şartlarını, coğrafi özelliklerini, jeolojik yapısını, kültürel ve sosyal durumlarını harmanlanmış bir şekilde yansıtmaktadır. Bayburt ili sınırları deprem bölgeleri açısından geçiş kuşağında olup 4 ayrı deprem bölgesine rastlanılabilmektedir. Araştırmamıza konu olan köy, 3. derecede deprem bölgesi sınırı içerisinde kalmaktadır.



Şekil 1. *Çalışma alanı Sorkunlu (Toronsos) köyü.*

Çalışma alanı; Şekil 1. de görüldüğü gibi Bayburt ilinin kuzeyinde yer alan Trabzon sınırına yakın, tipik bir Karadeniz Yaylası özellikleri taşıyan zengin bitki örtüsüne sahip, 40°28‘ kuzey enlemi ile 40°02‘ doğu boylamı sınırları arasında kalan Sorkunlu (Toronsos) köyüdür. Köyün etrafında Çavdar yaylası, Aydıntepe yaylası, Salmankaş geçidi, Aydıntepe göleti, biraz güneyinde Aydıntepe ilçesi bulunmaktadır. Çalışmaya konu olan Şekil 2. deki evin yapımı 100 yıldan daha eski bir zamana dayanmaktadır. Zemin + 1 normal katı olan, taşıyıcı sistemi yer yer düşey ve yatay hatıllar olmakla birlikte tamamı taş, döşemesi ahşap olan, bir kısmı klasik ahşap oturtma, bir kısmı da kirman tarzında imal edilmiş çatısı olan yöresel mimari özelliklerini yansıtan Geleneksel Bayburt Evi’dir.



Şekil 2. *Sorkunlu köyü (Bayburt).*

Ev yamaçta olup eğimli bir arazisi vardır. İller Bankası tarafından 2013 yılında hazırlatılan Aydıntepe Yaylası'na ait Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu doğrultusunda zemin emniyet gerilmesi 15 t/m² ve zemin sınıfı B olarak belirlenmiş ve hesaplamalar bu parametrelere göre yapılmıştır.

Sorkunlu Köyünde yaşayan 65 yaş üzeri olup eskiden yapılan evlerin yapım aşamalarına tanıklık etmiş köylülerden ve örnek seçilen evin sahiplerinden elde edilen bilgilerden yola çıkılarak taşıyıcı duvarların altına hatıl şeklinde taş dolgu temeller yapıldığı, bunların ahşap ve çamurla kenetlenen sistemler olduğu karşımıza çıkmaktadır. Analizimize konu olan yapının temel sistemi gerçek haline en yakın şekilde tasarlanarak taşıyıcı duvarların altında yükü güvenli şekilde zemine aktaran sürekli temel elemanları kullanılmıştır.

B. MALZEME ve ÖZELLİKLERİ

Evdeki incelemelerde duvarların tamamı taş yığmadır. Duvar kalınlıkları fazla değişkenlik göstermemektedir. Dış duvarlar ve taşıyıcı sistemin çoğu duvarı 50 cm kalınlıkta olup, bir kısım duvar 40 cm ve çok az kısmı da 30 cm'lik duvarlardan oluşmaktadır. Betonarme döşemelerde çift yönlü çözümler yapılmakta iken analizini yaptığımız örnek evde ahşap döşeme olması ve ahşap malzemenin betonarmeden farklı olarak tek yönde yük aktarımını yapması sebebiyle, döşeme tek yönlü modellenmiş ve çözüm bu şekilde gerçekleşmiştir. StatiCAD-Yığma programı doğrudan ahşap döşeme hesabı yapmamakla birlikte deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkındaki yönetmeliğin ahşap bölümünde belirtilen standartlar ışığında döşeme sistemi tek yönlü olarak tanıtılıp ahşap yükü kadar sisteme yük verilip döşemede oluşan gerilmeler buna göre bulunabilmektedir. Araştırmamıza konu evdeki ahşap döşeme yükünün yaklaşık 4 cm'lik betonarme döşeme yüküne karşılık geldiği hesaplanmıştır. Evdeki ahşap döşeme yükünü hesaplarken planlarda kirman olarak görünen alandaki döşeme hesabı bizzat kirman çatıdaki ahşap elemanlarının yüklerinin toplamı hesaplanarak alınmıştır. Bu alandaki ahşap yükü 10 cm'lik betonarme döşeme yüküne karşılık gelmektedir.

Yapılan çalışmalarda doğal taşın basınç kuvvetlerine karşı dayanımının iyi, çekme kuvvetlerine karşı dayanımının düşük olduğu ve yığma yapı elemanlarının dayanım, dayanıklılık ve diğer malzeme özelliklerinin taş, harç, taşın işleniş biçimi ile birleşim dokusuna bağlı olduğu belirtilmektedir. Tarihi yığma yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemenin mümkün olmadığı durumlarda, kullanılan malzemelerin özellikleri geçmiş çalışmalardan alınabilmektedir veya DBYBHY 2007'de belirtilen malzemelerin dayanım ve fiziksel özellikleri kullanılabilmektedir [19-21].
Tarihi yığma yapılarda kullanılan doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. *Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri [22].*

Taşın Cinsi	**Basınç Dayanımı** *(N/mm^2)*	**Kayma Dayanımı** *(N/mm^2)*	**Çekme Dayanımı** *(N/mm^2)*	**Elastisite Modülü** *(N/mm^2)*
Granit	30-70	14-33	4-7	$3x10^3$-$55x10^3$
Mermer	25-65	9-45	1-15	$25x10^3$-$70x10^3$
Kireçtaşı	18-35	6-20	2-6	$10x10^3$-$55x10^3$
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	$13x10^3$-$50x10^3$
Kuvars	10-30	3-10	3-4	$15x10^3$-$55x10^3$
Serpatin	7-30	2-10	6-11	$23x10^3$-$45x10^3$

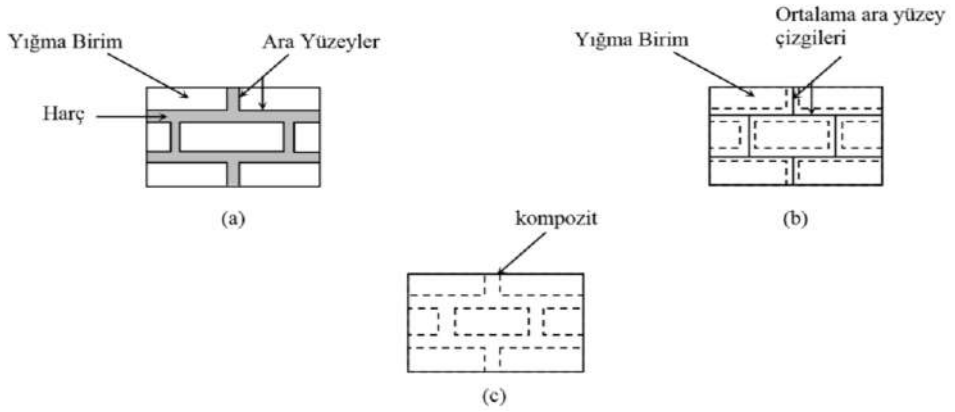
Tablo 2. *Doğal taş mekanik özellikleri için yapılan kabuller [23].*

Eleman Tipi	Elastisite Modülü (N/mm^2)	Özgül Ağırlık (kN/m^3)	Poisson Oranı
Taş Duvarlar (Harç ile Birlikte)	450	25	0.2

B. YÖNTEM

Yığma yapılar, ülkemizde yaygın kullanılan yapı tipi olmasına karşın hesapları hiç yapılmamış veya basitçe yapılmıştır. Günümüzde bilgisayar yazılımları ile yapıların modellenmesinde oldukça olumlu sonuçlar vermeye başlamıştır ve uzun süren işlemleri oldukça kısaltmıştır. Yığma yapıların modellenmesinde kullanılan eleman ve kabuller, betonarme yapılara göre farklıdır. Betonarme yapılarda sonlu elemanlar yöntemi kullanmak mümkün iken yığma yapılarda duvar elemanlarının farklı özelliklerinden dolayı sonlu elaman yöntemini kullanmayı zorlaştırmaktadır.

Yığma yapıların analizinde, sistemin büyüklüğüne bağlı olarak üç farklı modelleme tekniğinin kullanıldığı söylenebilir. Bunlar; detaylı mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme ve makro modellemedir. Yığma yapıların modellenmesinde kullanımı yaygın olan teknikler aşağıdaki şekilde verilmektedir (Şekil 3).



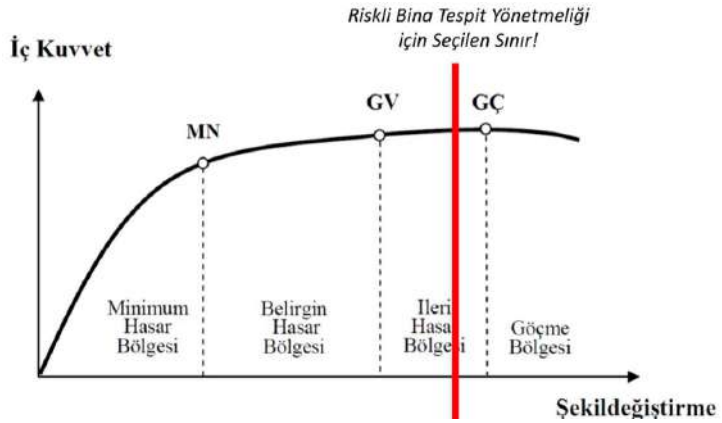
Şekil 3. *Yığma duvarlarındaki modelleme teknikleri, a) Detaylı mikro modelleme, b) Basitleştirilmiş mikro modelleme, c) Makro modelleme* [12].

Detaylı mikro modellemede, yığma duvarı meydana getiren yığma birimin ve harcın ayrı ayrı mekanik özellikleri yani Elastisite Modülleri, Poisson Oranları ve elastik olmayan diğer özellikleri dikkate alınmaktadır (Şekil 3-a). Basitleştirilmiş mikro modelleme tekniği de bu tekniklerden birisidir. Basitleştirilmiş Mikro Modelleme Tekniği kullanılarak yapılan modellemelerde, muhtemel göçme mekanizmalarının tümünün dikkate alınmaması önemli sorunlardan birisidir (bkz. Şekil 3-b). Makro modellemede, yığma birim ve harcın özellikleri çeşitli homojenleştirme işlemlerine tabi tutulmak suretiyle yığma duvar kompozit bir malzeme olarak düşünülmektedir (Şekil 3-c). Bu modelin mekanik özellikleri homojenleştirme işlemleri sonucunda elde edilmektedir [12].

Uygulamaya yönelik çalışmalarda, büyük sistemlerin analizinin gerekli olduğu durumlarda tüm sistem modellenirken yığma birimler ile harç arasındaki etkileşim ihmal edilmektedir. Bunun esas sebebi mevcut bilgisayar teknolojisi ile özellikle doğrusal olmayan veya zaman-tanım alanında yapılacak olan

analizlerde tüm bir yapının mikro modellemeyle oluşturulmasındaki güçlüklerdir. Çok büyük boyutlardaki sistem rijitlik matrisi ve yapısal analiz programların oluşturacakları sonuç dosyalarının boyutunun çok büyük olmasından dolayı büyük sistemler için en uygun modelleme tekniği makro modellemedir. StatiCAD-Yığma programı, makro modelleme yaparak, yığma yapıların deprem yönetmeliği esaslarına göre ortogonal (yüke maruz kalan elemanlar birbirine dik) statik analizinin ve proje çiziminin yapılmasını sağlayan bir programdır. Döşemeden duvarlara gelen yükleri kum tümseği analojisi yöntemi ile hesaplamaktadır.

Seçilen Geleneksel Bayburt Evi'nin karmaşık yapısının olması, yığma taş duvarlı taşıyıcı sistemi olması, düşey hatıllarının olması, döşemesinin ahşap elemanlardan imal edilmesi, çatısının bir kısmının ahşap oturtma, bir kısmının kirman tarzda yapılmış olması nedeniyle modellemenin uygun olduğu StatiCAD-Yığma yazılımı kullanılmıştır. Ahşap malzemenin betonarme döşemeden farklı olarak tek yönlü çalıştığı hususu dikkate alındığında; StatiCAD-Yığma programı tek yönlü döşeme çözümüne olanak sağlamaktadır. StatiCAD-Yığma programı, yapmış olduğu makro modelleme ile yığma yapıların DBYBHY 2007 ve RYTE 2013'e göre risk analizi yapılmıştır. Şekil 4.'te gösterildiği gibi riskli bina performans düzeyinin "Can güvenliği" ile "Göçme öncesi" performans düzeyi arasında bulunması gerektiği ve daha basit inceleme ve analiz yöntemlerinin uygun olacağı kabul edilmiştir.



Şekil 4. *Riskli bina hedef performansı [9].*

Sorkunlu köyüne yakın bir mesafede olan Aydıntepe Yaylası için İller Bankası tarafından 2013 yılında hazırlanan jeolojik-jeoteknik etüt raporunda bölgenin genel jeolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmamıza konu olan evin analizi için gerekli olan zemin parametreleri bu rapordan alınmıştır. Bu değerler Tablo 3'de verilmiştir. Yapının boyutlandırılmasında gerçek malzemeye en uygun malzeme ile boyutlandırma yapılmaya çalışılmıştır. Yapıya ait Röleve çizimleri Şekil 5'te, Analiz için gerekli olan yük kombinasyonları Tablo 4'te verilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğinin 5. bölümünde verilen yığma binalar için depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları dikkate alınarak göre Tablo 5'teki değerler kullanılmıştır. Elde edilen tüm verilerle birlikte Geleneksel Bayburt Evi'nin modellenmesi yapılmıştır. Binanın oluşturulan modeline ait görünüşler Şekil 6'da verilmiştir.

Tablo 3. *Geleneksel Bayburt Evi'nin StatiCAD-Yığma Programına Aktarılabilmesi için Gerekli Değerler.*

Zemin Parametreleri	**Değerler**
Zemin Grubu	B (Sıkı kum, çakıl)
Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{zem}, t/m^2)	15
Standart Penetrasyon Değeri	30-50
Beton Birim Hacim Ağırlığı (BHA, t/m^3)	2.5
Rölatif Sıkılık	%65-85
Kayma Dalgası Hızı *(m/s)*	400-700
Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Spektrum Karakteristik Periyodu	TA=0.15 TB=0.40
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o)	0.2

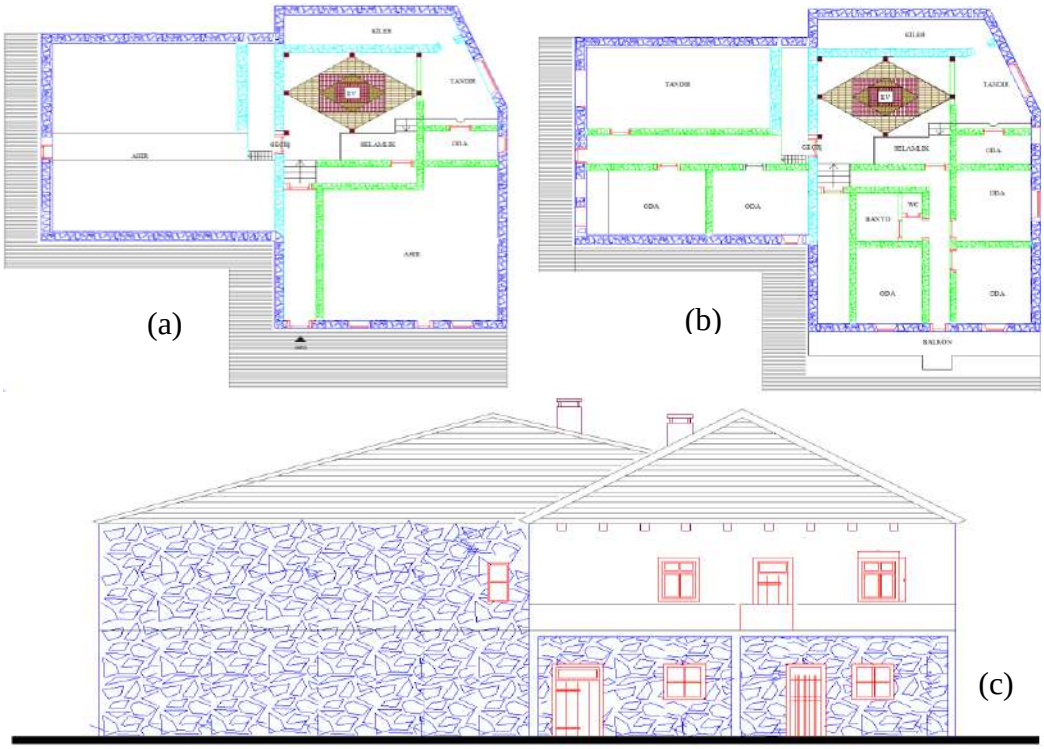
Tablo 4. *Geleneksel Bayburt Evi'nin StatiCAD-Yığma Programına Aktarılabilmesi için Gerekli Yük Kombinasyonları (TS 500,2000).*

Yük Kombinasyonları	**G** *(kN/m²)*	**Q** *(kN/m²)*	**E** *(kN/m²)*
Basınç Gerilmesi için Yük Kombinasyonu	1.0	1.0	-
Döşeme Betonarme Hesabı için Kullanılan Yük Kombinasyonu	1.4	1.6	-
Kayma Gerilmesi Hesabı için Kullanılan Yük Kombinasyonu	1.0	*HYKK	1.0

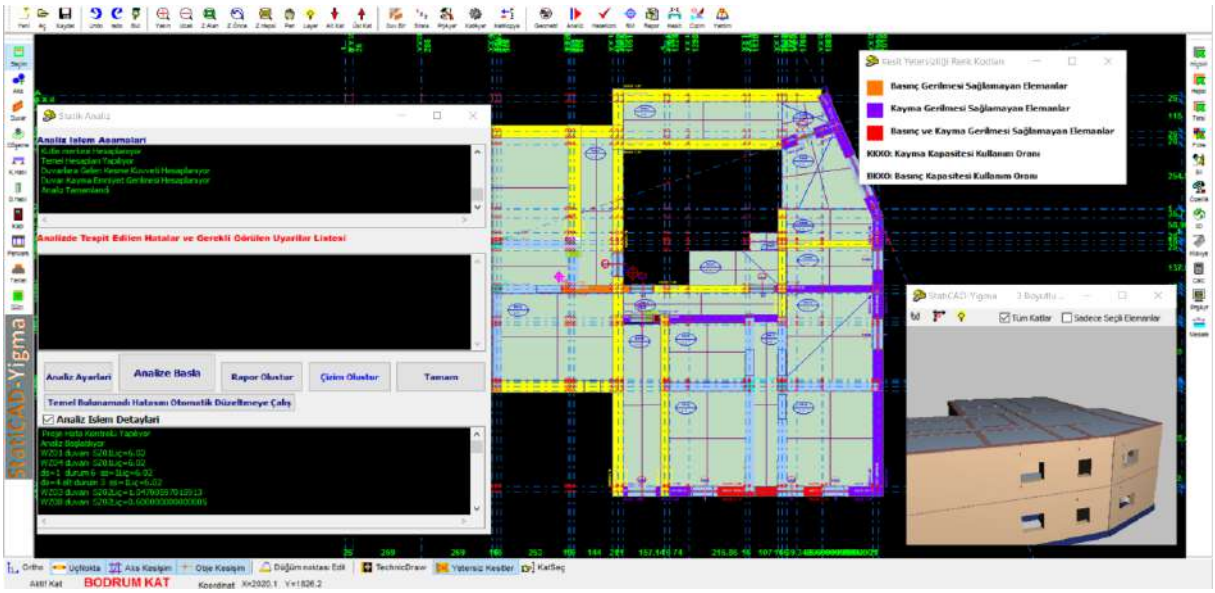
Not: **G**:Ölü Yük, **Q**:Hareketli Yük, **E**: Deprem Yükü, *__HYKK__: Hareketli Yük Katılım Katsayısı

Tablo 5. *Taşıyıcı Sistem Katsayıları (DBYBHY,2007).*

Taşıyıcı Sistem Parametreleri	**Değerler**
Bina Önem Katsayısı (I)	1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	2
Spektrum Katsayısı (ST)	2.5



Şekil 5. *Röleve çizimi, (a) Bodrum kat, (b) Zemin kat, (c) Görünüş [3].*



Şekil 6. *Yapının modellenmesi*

StatiCAD-Yığma programına sahada elde edilen veriler ile alınan röleve çizimleri girildikten sonra katlara etkiyen deprem kuvvetleri, bu kuvvet sonucunda katlara gelen kesme kuvvetleri ve kata ait kütle ve kayma merkezi miktarı tespit edilmiştir. Analiz sonucunda binadaki taşıyıcı her bir duvara ait kayma gerilmesi ve basınç gerilmesi bulunmuş, DBYBHY 2007 ve RYTE 2013'e göre yetersiz olan duvarlar tespit edilmiştir.

III. ANALİZ VE BULGULAR

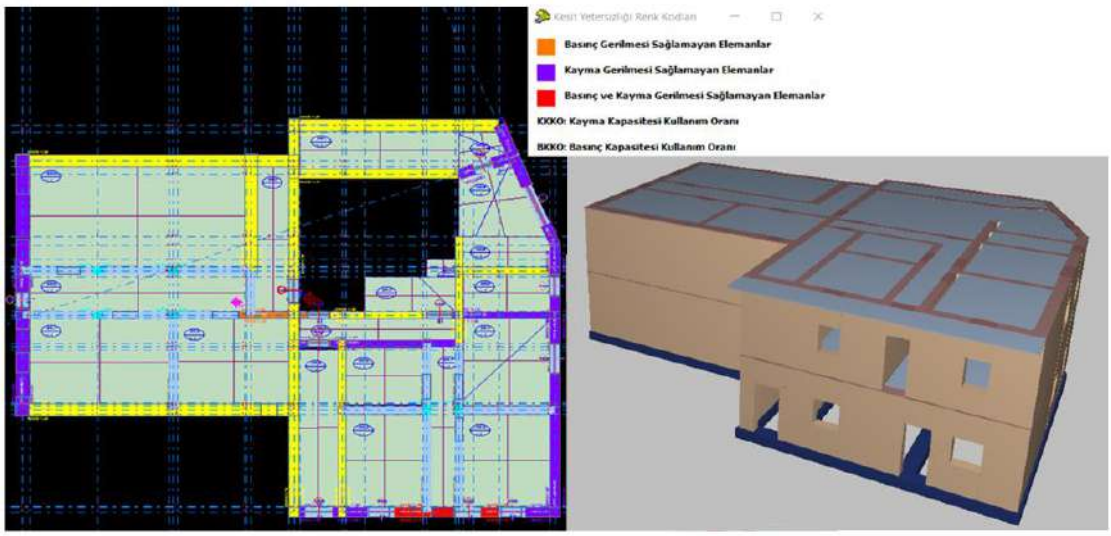
Geleneksel Bayburt evi'nin performans analizi yapılmadan önce analiz için 2007 Deprem Yönetmeliği seçilmiş, analiz öncesi orta bilgi düzeyine sahip olduğumuz bilgileri de programa girilmişti. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için, gerekli kabuller yapılarak yaptığımız hesaplar sonucunda, kayma gerilmesini sağlamayan yapı elemanlarının, toplam kesme kuvvetlerine oranları sırası ile;

Bodrum kat X-X yönünde, %36.1, Bodrum kat Y-Y yönünde, %73.4, Zemin kat X-X yönünde, %44.5, Zemin kat Y-Y yönünde %54.4 olarak elde edilmiştir. DBYBHY 2007'ye göre Geleneksel Bayburt Evi'nin göçme durumunda olduğu, RYTE 2013'e göre deprem performans düzeyi riskli olduğu belirlenmiştir. Performans analiz özeti Tablo 6'da verilmiştir. Analiz sonucunda basınç ve kayma gerilmelerini sağlamayan elemanlar Plan üzerinde Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiş, Tablo7,8 ve 9'da verilmiştir.

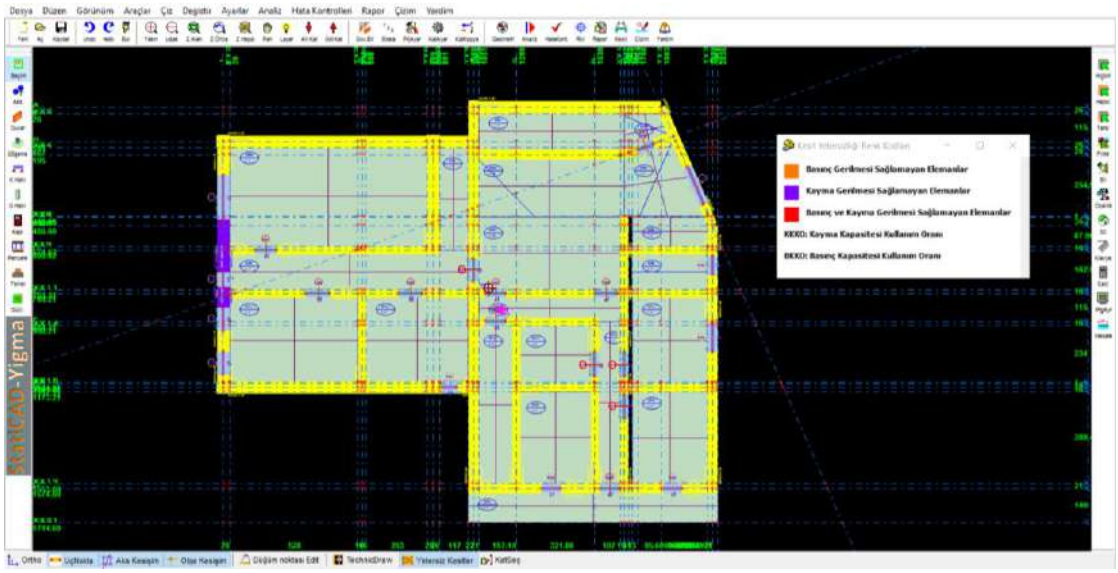
Tablo 6. *Performans analizi sonuçları*

Kat İsmi	**Deprem Yönü**	**Q_i** *(ton)*	**e** *(m)*	**M_{bi}** *(tm)*	**Q_{tbi}** *(ton)*	**ΣV_r** *(ton)*	**ΣV_e** *(ton)*
Bodrum Kat	X-X	352.12	2.79	981.04	386.27	360.71	382.58
	Y-Y	352.12	0.15	53.28	356.63	294.18	360.78
Zemin Kat	X-X	250.02	0.51	127.00	257.39	322.88	257.92
	Y-Y	250.02	0.88	220.83	266.40	238.41	266.21
Kat İsmi	**Deprem Yönü**	**Yetersiz ΣV_r** *(ton)*	**Yetersiz ΣV_e** *(ton)*	**ΣW_a**	**ΣW_n**	**Yetersiz ΣV_n** *(ton)*	**Yetersiz $\Sigma V_e/Q_{tbi}$** *(%)*
Bodrum Kat	X-X	93.22	139.33	26.58	15	8	36.1
	Y-Y	131.92	261.91	21.92	10	5	73.4
Zemin Kat	X-X	81.85	114.66	33.19	21	6	44.5
	Y-Y	76.65	144.85	24.74	18	8	54.4

Not: **Q_i:** Kata etkiyen deprem kuvveti (Burulmasız), **e:** Kat kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe izdüşüm uzunluğu, **M_{bi}:** Kat Burulma momenti, **Q_{tbi}:** Kata etkiyen burulmalı kesme kuvveti, **ΣV_r:** Duvar kesme kuvvet taşıma kapasitesi, **ΣV_e:** Duvarlara etkiyen toplam kesme kuvveti (Burulma dahil), **Yetersiz ΣV_r:** Kapasitesi yetersiz duvarların kesme kapasitesi toplamı, **Yetersiz ΣV_e:** Kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti (Burulma dahil), **ΣW_a:** Kattaki ilgili yönde duvar alanı bileşeni, **ΣW_n:** Kattaki ilgili yönde duvar sayısı, **Yetersiz ΣV_n:** Kesme kapasitesi yetersiz duvar sayısı.



Şekil 7. *Analiz sonucu Bodrum katta basınç ve kayma gerilmelerini sağlamayan elemanlar*



Şekil 8. *Analiz sonucu zemin katta basınç ve kayma gerilmelerini sağlamayan elemanlar*

Tablo 7. *DBYBHY 2007 şartlarını sağlamayan düşey gerilme sonuçları (Bodrum kat).*

Duvar Adı	**Duvar Boyu** *(m)*	**Duvar Kalınlığı** *(m)*	**Narinlik Oranı**	**Narinlik Azaltma Katsayısı**	**Duvar Bas. Day. Gerilmesi** *(MPa)*	**Duvar Düşey Yükü** *(ton)*	**Duvar Basınç Gerilmesi** *(MPa)*	**Azaltılmış Bas. Day. Gerilmesi** *(MPa)*	**Basınç Kapasitesi Kullanım Oranı (Durum)**
WB06	2.6	0.3	9.9	0.89	0.3	19.273	0.25	0.24	%102 X
WB15	2.32	0.4	7.42	0.96	0.3	28.278	0.3	0.26	%117 X
WB17	0.7	0.4	7.42	0.96	0.3	12.702	0.45	0.26	%174 X

Tablo 8. *DBYBHY 2007 şartlarını sağlamayan kayma gerilmesi sonuçları (Bodrum kat).*

Duvar Adı	**Duvar Boyu** *(m)*	**Duvar Kalınlığı** *(m)*	**Narinlik Oranı**	**Narinlik Azaltma Katsayısı**	**Duvar Bas. Day. Gerilmesi** *(MPa)*	**Duvar Düşey Yükü** *(ton)*	**Duvar Basınç Gerilmesi** *(MPa)*	**Azaltılmış Bas. Day. Gerilmesi** *(MPa)*	**Basınç Kapasitesi Kullanım Oranı (Durum)**
WB03	2.67	0.4	12.347	0.12	0.1	24.57	0.23	0.14	%162 X
WB08	0.6	0.4	3.517	0.15	0.1	3.8	0.16	0.16	%101 X
WB09	4.1	0.3	14.12	0.11	0.1	19.74	0.16	0.14	%113 X
WB10	0.7	0.3	1.98	0.09	0.1	3.44	0.16	0.13	%124 X
WB11	5.03	0.3	9.993	0.07	0.1	24.74	0.16	0.12	%137 X
WB13	0.6	0.4	3.622	0.15	0.1	4.38	0.18	0.16	%115 X
WB14	1.35	0.4	8.053	0.15	0.1	16.68	0.31	0.16	%196 X
WB15	2.32	0.4	19.063	0.21	0.1	28.61	0.31	0.18	%169 X
WB16	0.87	0.4	4.599	0.13	0.1	5.49	0.16	0.15	%106 X
WB17	0.7	0.4	9.54	0.34	0.1	8.63	0.31	0.24	%127 X
WB18	1.32	0.4	6.263	0.12	0.1	19.58	0.37	0.14	%258 X
WB19	4.4	0.5	19.477	0.09	0.1	72.71	0.33	0.13	%254 X
WB20	5.65	0.5	22.575	0.08	0.1	93.28	0.33	0.13	%262 X
WB22	0.93	0.4	6.316	0.17	0.1	8.56	0.23	0.17	%138 X
WB27	5.83	0.4	20.84	0.09	0.1	44.77	0.19	0.13	%147 X
WB28	1.95	0.4	9.835	0.13	0.1	12.5	0.16	0.15	%109 X
WB29	1.27	0.4	5.343	0.11	0.1	9.75	0.19	0.14	%140 X

Tablo 9. DBYBHY 2007 şartlarını sağlamayan *kayma gerilmesi sonuçları (Zemin kat)*

Duvar Adı	**Duvar Boyu** *(m)*	**Duvar Kalınlığı** *(m)*	**Narinlik Oranı**	**Narinlik Azaltma Katsayısı**	**Duvar Bas. Day. Gerilmesi** *(MPa)*	**Duvar Düşey Yükü** *(ton)*	**Duvar Basınç Gerilmesi** *(MPa)*	**Azaltılmış Bas. Day. Gerilmesi** *(MPa)*	**Basınç Kapasitesi Kullanım Oranı (Durum)**
WZ03	2.67	0.4	1.976	0.02	0.1	18.64	0.17	0.1	%178 X
WZ16	9.27	0.5	4.759	0.01	0.1	62.27	0.13	0.09	%142 X
WZ17	0.86	0.5	0.798	0.02	0.1	5.77	0.13	0.1	%137 X
WZ20	3.01	0.4	1.16	0.01	0.1	17.59	0.15	0.09	%155 X
WZ21	1.61	0.4	1.272	0.02	0.1	7.82	0.12	0.1	%123 X
WZ22	1.8	0.4	2.753	0.04	0.1	8.73	0.12	0.11	%113 X
WZ23	1.45	0.4	1.818	0.03	0.1	8.45	0.15	0.1	%140 X
WZ24	0.78	0.5	0.712	0.02	0.1	7.11	0.18	0.1	%186 X
WZ25	0.85	0.5	1.425	0.03	0.1	6.46	0.15	0.11	%145 X
WZ26	0.87	0.5	1.045	0.02	0.1	11.05	0.25	0.1	%251 X
WZ27	2.16	0.5	1.338	0.01	0.1	27.31	0.25	0.1	%265 X
WZ28	1.64	0.5	1.006	0.01	0.1	12.15	0.15	0.1	%155 X
WZ38	0.93	0.4	1.487	0.04	0.1	6.5	0.17	0.11	%162 X
WZ41	5.83	0.4	0.647	0	0.1	39.85	0.17	0.09	%187 X
WZ42	1.95	0.4	1.111	0.01	0.1	11.12	0.14	0.1	%148 X
WZ43	1.27	0.4	0.464	0.01	0.1	8.68	0.17	0.09	%181 X

IV. SONUÇ

Bu çalışmada Geleneksel Bayburt Evi'nin RYTE 2013'e ve DBYBHY 2007'ye göre 50 yılda gerçekleşme ihtimali %10 olan depremlerde beklenen performansı elde edilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte StatiCAD-Yığma programında kullanılan yapı malzemesinin mekanik özellikleri literatürdeki benzer çalışmalardan referans alınmıştır. Binada kullanılan doğal taşın ve ahşabın gerçek mekanik özelliklerinin bilinmemesi, ahşap döşemenin beton modeline karşılık gelen boyutlarda kullanılması, taş ve harcın tek bir malzeme gibi modellenmesinden dolayı analiz sonuçları kaba bir yaklaşımla elde edilmiştir. Her iki yönetmelik şartlarına göre yapılan analizden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Binanın tamamındaki 72 adet taşıyıcı duvardan;

- Yığma yapılar için kat sayısı, kat yüksekliği, bina köşesine en yakın boşluk gibi birçok yönetmelik şartını sağlamaktadır.

- İki boşluk arasında 1 m'den daha kısa duvar boyu ve uzunlukları 80 cm den daha kısa duvarlar bulunmaktadır. Bunlar da yönetmelik şartını sağlamamaktadır.

- Bodrum katta X-X yönünde 15 duvardan 8 tanesi yetersizdir. Y-Y yönünde 10 duvardan 5'i yetersizdir. Zemin Katta X-X yönünde 21 duvardan 6'sı yetersizdir. Y-Y yönünde ise 18 duvardan 8'i yetersizdir.

- Yetersiz olan duvarlar Şekil 7 ve Şekil 8'de farklı renklerde gösterilmiştir. Turuncu renk ile gösterilen duvarlarda basınç gerilmesi sağlanmamıştır. Mor renk ile gösterilen duvarlarda kayma gerilmesi sağlanmamıştır. Kırmızı renk ile gösterilen duvarlarda hem basınç hem de kayma gerilmesi sağlanmamıştır.

- DBYBHY 2007'ye göre Geleneksel Bayburt Evi'nin bulunduğu bölge için hazırlanan davranış spekturumu verilerine göre hesap yapıldığında yapıda meydana gelen basınç ve kayma gerilmelerinin literatürde alınan emniyet gerilmeleri değerlerinin altında olduğu yani, yapının göçme durumunda olduğu söylenebilmektedir.

Her iki yönetmelik esasları altında analizleri yapılan ev riskli çıkmış ve deprem performansı bu hali ile göçme tehlikesinin olduğunu göstermiştir. Bu durumda evin taşıyıcı olan duvarları üzerine gelen kesme ve kayma yüklerini karşılayacak şekilde güçlendirilerek göçmenin önüne geçilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çalışmanın yapıldığı bina, içinde yaşanan bir ev olması nedeniyle, yapılacak güçlendirme müdahalelerinin geciktirilmeden yapılmasının gerektiği düşünülmektedir. Böylelikle tarihin bize miras bıraktığı yapılarımızı gelecek nesillere güvenle aktarabilir, bu kültür mirası yaşayan yapılarımızı koruyabilme imkanına kavuşabiliriz.

V. KAYNAKLAR

[1] İ.İ. Atabey, "Yığma Binaların Performans Analizi Sivas Suşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu Örneği", Yüksek Lisans Tezi**,** Yapı Eğitimi**,** Gazi Üniversitesi, Ankara-Türkiye, 2011.

[2] O. A. Düzgün, Y.,S. Hatipoğlu, M. Artar, M. Yurdakul, ve E. Öner," Zahit Efendi Camisi'nin Sonlu Elemanlar Analizi", 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum-Türkiye, 2015, ss. 155-168.

[3] F. Aköz, N. Yüzer, "Tarihi Yapilarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler", IMO-1. Insaat Muhendisligi Egitimi Sempozyumu, İstanbul-Türkiye, 2009, ss. 6-7.

[4] A.H. Aköz, "Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi**,** İnşaat Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, 2008.

[5] O. A. Düzgün, Y.,S. Hatipoğlu, M. Artar, M. Yurdakul, ve E. Öner, "Ahmed-i Zencani Kümbetinin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi", 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum-Türkiye, 2015b, ss. 201-213.

[6] Ö. Dabanlı, "Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi**,** İnşaat Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, 2008.

[7] E. Sayın, "Yığma Yapıların Lineer Olmayan Statik ve Dinamik Analizi", Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği, Fırat Üniversitesi, Elazığ-Türkiye 2009.

[8] R.Y. Chamaky, "Tarihi Yığma Yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri", Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, 2014.

[9] *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007*, *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 26582, 14 Temmuz 2007.

[10] 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, Uygulama Yönetmeliği ve Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 28498, 15 Aralık 2012.

[11] N. Sallıo, "Mevcut Yığma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi ve Güçlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi**,** İnşaat Mühendisliği, Pamukkale Üniversitesi, Denizli Türkiye, 2005.

[12] A. Ural, "Yığma Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi", Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon-Türkiye, 2009.

[13] Ö., Can, "Yığma Yapıların Dıştan Perde Duvar İle Güçlendirilmesinde Perdenin Birleşim Yerleri Performansının Deneysel Araştırılması", Doktora Tezi, Yapı Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara-Türkiye, 2009.

[14] H.G. Kara, "Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı ve Güçlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, 2009.

[15] V. Öztaş, "Yığma Yapıların Güçlendirilmesi Ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, 2009.

[16] M.G. Çakıroğlu, "Yığma Yapıların Güçlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta-Türkiye, 2014.

[17] T. Akgün, "Kırsal Mimari Mirasın Korunması Bağlamında Bayburt Kırsal Geleneksel Evi", Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon-Türkiye, 2013.

[18] D. Kuban, "Türkiye'de Malzeme Koşullarına Bağlı Geleneksel Konut Mimarisi Üzerinde Bazı Gözlemler", *Mimarlık Dergisi*, c. 10, s. 36, ss. 1-20, 1966.

[19] H. Can, A. İ. Ünay, "Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri", *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 1, s. 27, ss. 211-217, 2012.

[20] A.B. Çobanoğlu, "Türkiye'deki Yığma Binaların Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara-Türkiye, 2014.

[21] A. Arslan, "Süleymaniye Camii'nin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul-Türkiye, 2016.

[22] A.İ. Ünay, "*Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı"*, 1. Baskı, Ankara-Türkiye: ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, 2002.

[23] G. Durutürk, "Yalvaç Hamidiye Cami Deprem Analizi", Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta-Türkiye, 2012.