



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

TBDY-2018 ve RYTEİE-2019 Kapsamında Tarihi Bir Yığma Binanın Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi

 Akın TÜRKOĞLU ^{a,*},  Hilal MEYDANLI ATALAY ^b

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE

^b İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: akinturkoglu9@gmail.com

DOI: 10.29130/dubited.992809

Öz

Mevcut yapı stokunda önemli bir yer tutan yığma binaların, günümüz yaşam standartları göz önünde alındığında kullanımına devam edilmesi için deprem güvenliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle tarihi niteliği de olabilen bu yapıların gelecek nesillere güvenle aktarılabilmesi, risk tespitinin doğru ve hızlı bir şekilde yapılabilmesi, gerektiğinde onarım ve güçlendirme uygulamaları ile mümkündür. Yeni inşa edilecek yığma binaların depreme karşı dayanıklı tasarımı ve mevcut yapı stokunun güvenliğinin tespiti yürürlükteki Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) hükümlerine göre yapılabilmektedir. Ancak bu risk tespitleri uzun süren ve yüksek maliyetli bir süreç olduğundan bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla yayımlanan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019) ile kısa zamanda ve düşük maliyet ile mevcut yapıların riskli olup olmadıkları tespit edilebilmektedir. Bu çalışmada yürürlükte olan bu iki yönetmeliğin yığma binalar ile sismik performans kriterleri karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında örnek olarak Kdz. Ereğli'de bulunan Piyalepaşa Konağının sismik performansı değerlendirilmiştir. Yerinde yapılan ölçümler ve gözlemlere göre yapının üç boyutlu analitik modeli oluşturulmuştur. Yapının konumuna özel olarak seçilen deprem parametreleri dikkate alınarak yönetmeliklerde tanımlanan hesap yöntemleri uygulanmıştır. Yapılan analizlerden, yapının kendi ağırlığı ve deprem kuvvetleri etkisinde oluşan yer değiştirmeler ve iç kuvvetler belirlenmiş ve binanın her iki yönetmeliğe göre belirlenen deprem güvenliği karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yığma binalar, TBDY-2018, RYTEİE-2019, Deprem güvenliği

Assessment of Seismic Performance of a Historical Masonry Building within The Scope of TBEC-2018 and PDRS-2019

ABSTRACT

The seismic performance of masonry buildings, which have a significant place in the existing building stock, should be determined to continue their use, considering today's living standards. Especially it is possible to safely transfer these structures, which can be in cultural heritage, to future generations, by determining the seismic risk accurately and quickly and by repairing and strengthening it when necessary. The earthquake resistant design of new masonry buildings and the determination of the seismic safety of the existing building stock can be made according to the provisions of the current Turkish Building Earthquake Code (TBEC-2018). However, these risk assessments are a long and costly process. However, since these risk assessments are a long and costly process, it is possible to determine the seismic safety of existing buildings in a short time and at a low cost, with the Principles for the Determination of Risky Structures (PDRS-2019). In this study, the seismic performance criteria differences of these two codes related to masonry buildings have been compared. Within this context, the seismic performance of Piyalepaşa Konağı in Kdz.Ereğli has been evaluated as an example. A

three-dimensional analytical model of the building has created according to on-site measurements and observations. It has been analyzed with the calculation methods defined in the regulations, considering the seismic parameters selected specifically for the location of the building. From the completed analysis, displacements and internal forces caused by the building's own weight and earthquake forces were determined, and the seismic performance of the building, determined according to both codes was compared.

Keywords: Masonry buildings, TBEC-2018, PDRS-2019, Seismic performance

I. GİRİŞ

Yığma binalar taş, tuğla, kerpiç, briket, ahşap gibi yapı malzemelerinin üst üste yerleştirilip kendi ağırlıkları ve harç ile birleştirilmesiyle oluşturulan taşıyıcı sistemlere sahiptir ve eskiden beri konut veya hizmet amaçlı olarak kullanılmak amacıyla tercih edilen bir yapı türüdür. Şekil 1’de tipik yığma yapı örnekleri görülmektedir [1, 2]. Malzeme temini kolaylığı, ısı yalıtımı gibi ekonomik kolaylıkları bulunan taş ve tuğla yığma bina türlerinde, belli bir stabiliteyi sağlamak maksadıyla duvarları kalın olarak inşa edilmektedir. Gevrek malzeme olarak adlandırdığımız bu yapı kısımları, deprem kuvvetleri altında da çok erken deformasyon göstermektedir. Böylelikle kesme kuvvetinin tesiri altında çatlama gösteren duvar elemanlarında, bir süre sonra düşey yükleri de taşınmayacak şekilde hasar oluşmaktadır. Kullanılan malzemenin dayanımı, yapıştırma harcının dayanımı, iyi kalite işçilik, depreme dayanıklı yığma yapının ön koşulu olarak tanımlanır [3,4].



Şekil 1. Tipik yığma yapı örnekleri [1, 2]

Yığma binalar, önemli bir deprem kuşağı üzerinde yer alan ülkemizde yaygın kullanım göstermekte ve kullanım ömürleri boyunca düşey yüklerle birlikte deprem kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Son yıllarda meydana gelen depremler, yığma binalarda farklı yapısal hasarlar meydana getirmiştir [5, 6, 7]. Mevcut binaların kullanımına devam edilmesi ve tarihi niteliği de olabilen bu yapıların gelecek nesillere güvenle aktarılabilmesi için deprem sırasında oluşan kuvvetlerin belirlenmesi ve bu kuvvetler altında binaların davranışının incelenmesi gerekmektedir [1]. Deprem mühendisliğindeki gelişmeler ve meydana gelen depremler sonrasında yapılan saha çalışmalarında elde edilen bilgiler değerlendirilerek yürürlükte olan deprem yönetmeliği güncellenmiş ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 2018 yılında yayınlanarak yürürlüğe girmiştir [8]. Yönetmeliğe göre mevcut bir yığma binanın deprem güvenliğinin belirlenebilmesi için öncelikle binanın taşıyıcı sistem özellikleri, boyutları, malzeme ve detaylarla ilgili bilgiler toplanmalıdır. Daha sonra bu bilgiler kullanılarak binanın yapısal modeli oluşturulur ve deprem yükleri etkisinde meydana gelecek iç kuvvetler ve şekil değiştirmeleri hesaplamak amacıyla yapısal analiz yapılır. Analiz sonuçları değerlendirilerek binanın deprem güvenliği tespit edilir. Mevcut bir yığma binanın TBDY-2018’nde tanımlanan kriterlere göre performans seviyesinin belirlenmesi uzun süren ve yüksek maliyetli bir süreç olmaktadır.

Bu sebeple mevcut yapı stokunun olası deprem risklerine karşı yeterli dayanımda olup olmadığının daha hızlı bir biçimde tespit edilebilmesi ve özellikle büyük şehirlerde oluşmuş çarpık kentleşme probleminin çözülebilmesi amacıyla, 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” yürürlüğe girmiştir. Bu kanun kapsamında hazırlanan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019) ile riskli binaların tespit edilmesinde kullanılacak kurallar ve yöntemler yayınlanmıştır [9].

II. MATERYAL ve METOD

A. YIĞMA YAPILARIN DEPREM DAVRANIŞI

Yığma binalarda, deprem etkisi, dış yükler ve temellerde meydana gelen oturmalarından dolayı farklı seviyelerde hasar oluşabilmektedir. Bu hasarlar depremden dolayı, taşıyıcı duvarlarda düzlem dışı ve düzlem içi hareket ile oluşan çatlaklar ve kısmen yıkılma şeklinde değerlendirilebilir. Bununla birlikte yığma binalarda bütün duvarlar taşıyıcı olduğu için duvarlardaki her türlü hasar doğrudan taşıyıcı sistemi etkilemekte ve bu açıdan betonarme binalardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasarı gibi bir ayırım yapılamamaktadır. Pencere boşlukları arasında ve pencere altlarındaki duvarlarda deprem yükleri sebebi ile oluşan diyagonal kesme çatlakları kapasitede önemli kayıplara sebep olmaktadır (Şekil 2) Yığma binalarda kullanılan malzemeler gevrek bir yapıya sahip olduklarından küçük şiddetli depremlerde bile yapılarda önemli çatlak ve hasarlar oluşabilir. Çatlakların yönü, biçimi ve genişliği yığma yapının dış duvarındaki pencere ve kapı boşluklarının yerine ve alanına, duvarlardaki düşey gerilme ve etkiyen yatay deprem kuvvetine, düğüm noktalarının teşkil edilmiş şekillerine bağlıdır [10]. Depreme dayanıklı yapı yapma ilkelerine uyulmaması durumunda yapılarda deprem etkisi ile çatlak meydana gelmesi kaçınılmazdır. Genellikle simetrik planlı olmayan yığma binalarda rijitlik merkezi ile ağırlık merkezinin birbirlerine yakın olmaması durumlarında da çatlamların olma ihtimali yüksektir [11]. Geçmişte meydana gelen depremlerde özellikle yapısal detaylandırmanın yetersiz olması, taşıyıcı duvarların hatıllar kullanılmadan inşa edilmesi ve çatıların doğrudan duvarlara oturtulması, düzlem dışı davranışa yol açmakta olduğu, düzlem dışı göçmelerin, düzlem içi göçmelere oranla daha düşük şiddetlerde meydana gelebildiği raporlanmıştır [6, 12].



(a) Van Depremi



(b) Sivrice Depremi

Şekil 2. Yığma oluşan farklı deprem hasarları

B. YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde mevcut yığma binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) ve Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019) kriterleri karşılaştırılacaktır. Yığma binaların deprem performansının belirlenmesi,

deprem etkisi altında mevcut bina sistemlerinin modellenmesi ve değerlendirilmesi için tanımlanmış özel kurallar maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir.

B. 1. Binalardan Bilgi Toplanması

Binalardan bilgi toplanması her iki yönetmelikte de varsa mimari projeler üzerinden, mimari proje mevcut değilse yerinde yapılacak incelemeler sonucu rölöve projesi çıkartılarak elde edilecektir. Elde edilen bilgilerden bina geometrisi, düşey ve yatay hatıllar, yığma duvarların malzeme türü, her kattaki yeri, uzunlukları, kalınlıkları, boşlukları ve kat yükseklikleri belirlenmektedir. Çatı ve döşeme türü, duvarlarla bağlantı şekilleri, hatıl ve lentoların durumu görsel olarak tespit edilmektedir. Bu inceleme sonucunda her katta rijit diyafram özelliğinin sağlanıp sağlanmadığı belirlenmektedir. İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Bilgi düzeyi katsayıları

TBDY-2018	RYTEİE-2019
Sınırlı Bilgi Düzeyi için 0.75 Kapsamlı Bilgi Düzeyi için 1.00	Asgari Bilgi Düzeyi için 0.90, Kapsamlı Bilgi Düzeyi için 1.00

B.2. Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

TBDY-2018 ve RYTEİE-2019 kapsamında malzeme türü belirlenmesi için tanımlanan kriterler Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablo 2. Malzeme özelliklerinin tespit edilmesi

TBDY-2018	RYTEİE-2019
Duvar malzemelerinin türü, duvar yüzeyinin bir bölümünün sıvası kaldırılarak gözle tespit edilecektir. Duvar malzemesi özelliklerinin belirlenmesi için binadan en az iki adet duvar parçası örneği alınacak basınç dayanımı deneyleri uygulanarak dayanımı tespit edilecektir. Dolu tuğla yığma duvarların en düşük karakteristik basınç dayanımı $f_k=1.4\text{MPa}$, Elastisite Modülü $E_{duv}=750f_k$ değerine eşit tanımlanmıştır.	Duvar malzemelerinin türü, en az bir iç ve bir dış duvarda olmak üzere duvar yüzeyinin bir bölümünün sıvası kaldırılarak tespit edilecektir. Çimento takviyeli harç ve kâgir birimler ile inşa edilmiş duvarların basınç, kayma, diyagonal çekme dayanımları ve özgül ağırlık değerleri için görünür kalite Normal olarak verilen değerler kullanılacaktır. Dolu Tuğla veya Harman Tuğlası yığma duvarlar için dayanım değeri $f_m=1.4\text{MPa}$, Elastisite Modülü $E_m=600f_m$ değerine eşit tanımlanmıştır. Harç süreksizliği veya yapısal çatlakların fotoğraflar ile belgelendiği duvarlar için görünür kalite Köttü olarak alınacaktır. Dolu tuğla yığma duvarların en düşük karakteristik basınç dayanımı $f_k=1.4\text{MPa}$, Elastisite Modülü $E_{duv}=750f_k$ değerine eşit tanımlanmıştır.

B.3. Hesap Modelinin Oluşturulması

Binanın deprem performansını belirlemek için 3-Boyutlu modelin oluşturulması gerekmektedir. Geometrik boyutları ve malzeme özellikleri belirlendikten sonra matematiksel hesap modeli oluşturulan yığma binada düşey ve yatay yüklerin birleşik etkileri altında yapısal çözümleme yapılacaktır. Duvar serbest yüksekliği, döşeme üst kotundan döşeme (varsa hatıl) alt kotuna kadar olan uzunluk olarak alınır. Duvar uzunluğu ise boşluklar arasında kalan duvar parçası uzunluğu olarak alınır. Her iki yönetmelikteki kriterler Tablo 3’de özetlenmiştir.

Tablo 3. Hesap modelinin oluşturulması

TBDY-2018	RYTEİE-2019
Yapısal çözümlenme, sonlu elemanlar veya eşdeğer çubuk yöntemlerinden biri kullanılarak yapılabilir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılacak çözümlenmede, taşıyıcı duvar; ayrıntılı mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme veya makro modelleme teknikleri kullanılarak modellenenabilir. Eşdeğer çubuk yöntemi kullanılarak yapılacak çözümlenmede, yığma duvarın rijitliği, kayma ve eğilme deformasyonları dikkate alınarak hesaplanacaktır.	Yapısal çözümlenme için 3-Boyutlu sonlu elemanlar modeli oluşturulması zorunludur. Yığma duvarlar kesit ağırlık merkezlerinde çubuk veya kabuk sonlu elemanlar kullanılarak, döşemeler ise kabuk sonlu elemanlar kullanılarak modellenenektir. Yığma binalarda duvar parçalarını temsil eden çubuk elemanların rijitlik hesabında kayma ve eğilme deformasyonları dikkate alınarak hesap yapılacaktır.

B.4. Deprem Etkilerinin Belirlenmesi

Hesap modeli tamamlandıktan sonra binanın bulunduğu bölgenin zemin parametreleri ve deprem parametrelerine göre bina üzerine etkileyen deprem kuvvetleri tespit edilecektir. Her iki yönetmelikte deprem etkileri yatay elastik ivme spektrumu ile bina türüne ve deprem yer hareketi düzeyine göre tanımlanmaktadır. TBDY-2018 de tanımlanan dayanım fazlalığı katsayısı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı RYTEİE-2019'a göre tasarımda değerlendirilmemektedir.

B.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi ve Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Hesap yöntemi yapının özelliklerine göre seçilmektedir. Her iki yönetmelikte önerilen hesap yöntemleri Tablo 4'te kıyaslanmıştır.

Tablo 4. Hesap yönteminin seçimi

TBDY-2018	RYTEİE-2019
Deprem hesabında doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Deprem etkisinin tanımında belirlenen deprem yer hareketi düzeyleri için verilen yatay elastik tasarım spektrumu kullanılacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı ($I = 1.0$) olarak alınacaktır. Binaların deprem performansı, binaya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Deprem hesabında kütleler hareketli yük ve sabit yüklerle göre tanımlanacaktır.	Binanın risk durumunun belirlenmesi için Doğrusal Elastik Hesap ile Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacaktır. Binanın risk durumu binaya etkileyen düşey yükler ve deprem etkileri altında ($G+nQ±E$) planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü dikkate alınarak belirlenecektir. Tüm düşey elemanların kat kütleleri bağlandıkları katlara yarı yarıya dağıtılarak modelde dikkate alınacaktır. Düşey yükler (G ve Q) TS 498 ile uyumlu olarak dikkate alınacaktır.

B.6. Performans Seviyesinin Belirlenmesi

Yığma binaların performans düzeyine, binadan bilgi toplaması ve yapılan hesap sonucunda karar verilecektir. Uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarın durumu esas alınarak binalarda performans düzeyleri; Hemen Kullanım Performans Düzeyi, Göçme Öncesi Performans Düzeyi ve Göçme durumu Performans Düzeyi olarak tanımlanmıştır. TBDY-2018 ile RYTEİE-2019'un performans kriterleri Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 5. Performans seviyeleri karşılaştırılması

TBDY-2018	RYTEİE-2019
Yığma binanın her iki doğrultudaki tüm duvarlarının kesme kuvveti dayanımı uygulanan deprem etkisinde oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, bina Sınırlı Hasar Performans Düzeyini	Risk değerlendirmesi tüm katlar için yapılacaktır. Herhangi bir katta Risk Sınırı aşılacak duvarlarda hesaplanan kesme kuvveti toplamı, o kattaki toplam kat kesme kuvvetine oranı %35'ten fazla ise bina,

sağlamaktadır.

Riskli Bina olarak kabul edilecektir.

Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında ise bina Kontrollü Hasar Performans Düzeyini sağlamaktadır. Bu oranın %40'ı aşması durumunda bina Göçme Durumundadır.

C. İNCELENEN YIĞMA BİNANIN ÖZELLİKLERİ

Çalışma kapsamında incelenecek örnek bina olarak Zonguldak ilinin Kdz Ereğli ilçesinde mevcut Piyalepaşa Konağı seçilmiştir. 1863 yılında inşa edilen yapı uzun yıllar özel konut olarak kullanılmış, daha sonra hazine adına satın alınarak lojman olarak kullanıma devam edilmiştir. Karadeniz Bölge Komutanlığı tarafından 1998 yılında restore edildikten sonra Misafirhane olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca bu bina Kültür ve Turizm Bakanlığı Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Yüksek Kurulunun 02 Temmuz 1987 gün ve 3441 nolu kararı ile tarihi eser olarak tescil edilmiş bir yapıdır. Yerinde yapılan tespitlerde binanın iç ve dış duvarlarında kullanımını engelleyecek hasar gözlenmemiştir.



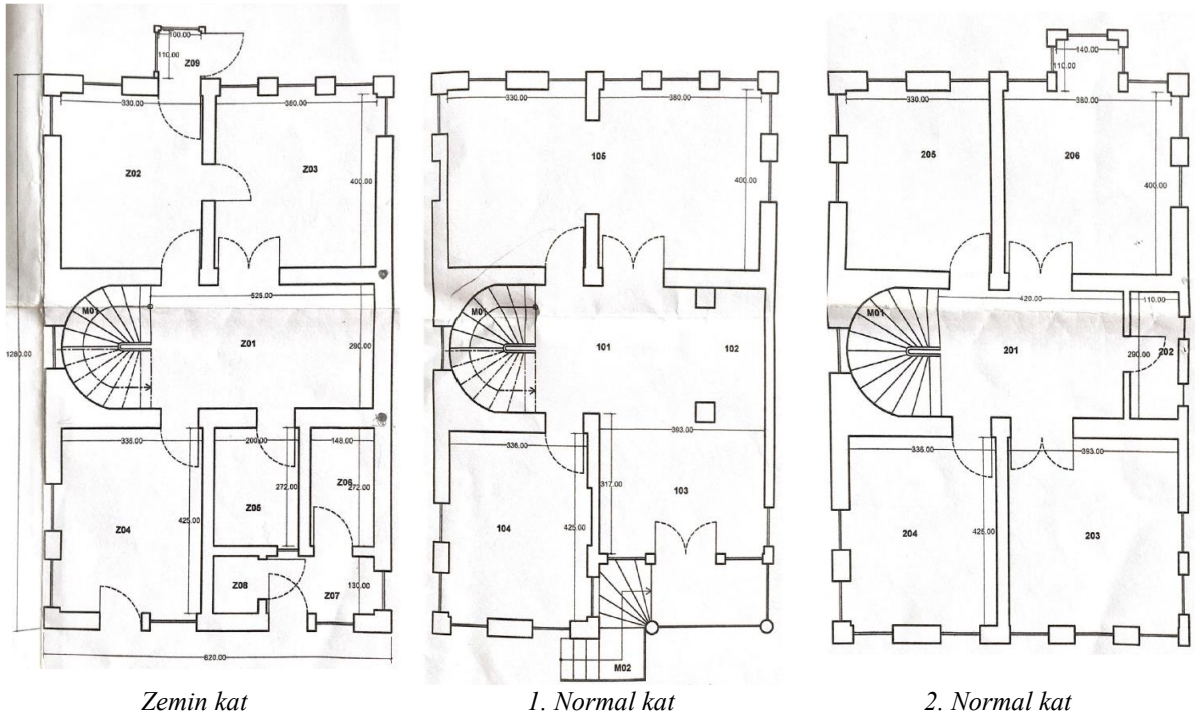
Şekil 3. Piyale Paşa Konağı

Binanın projelerinin yetersiz olması sebebiyle, öncelikle rölöve çalışması yapılmıştır. Binanın görünümü Şekil 3'de, kat planları Şekil 4'de gösterilmektedir. Üç katlı olarak inşa edilmiş yığma binada, bina geometrisi, yığma duvarların malzeme türü, her kattaki duvar yerleri, uzunlukları, kalınlıkları, boşlukları ve kat yükseklikleri belirlenmiştir. Binanın güney giriş cephesi 8.30 m, batı cephesi 12.70 m'dir. Yapı her cepheden bakıldığında dikdörtgen geometriye sahiptir. Binada kat yükseklikleri sırasıyla 2.80, 3.54 ve 3.80 metredir. Yapı toplam yüksekliği 10.14 metredir. Yapı taşıyıcı duvar malzemesi, dolu tuğladır ve zemin katta duvar kalınlığı 45 cm olarak, normal katlarda ise dış duvarlar 40 cm, iç duvarlarda ortalama 30 cm olarak ölçülmüştür.

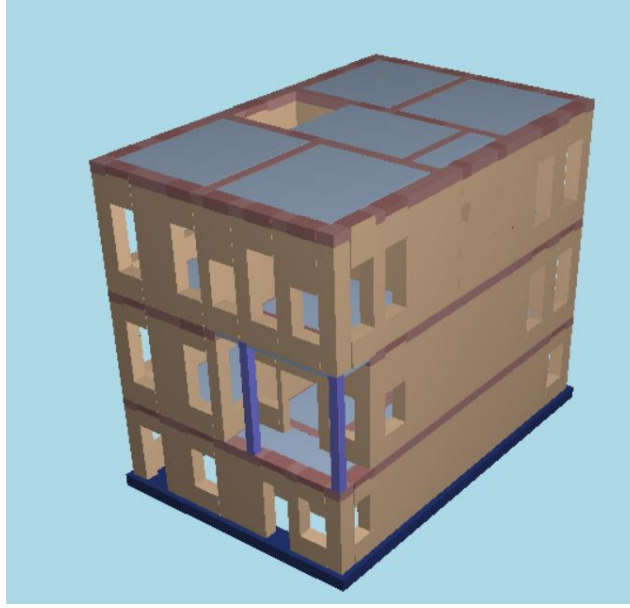
Yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerinin deneysel olarak belirlenmesi mümkün olmadığından kullanılan malzemelerin özellikleri geçmiş çalışmalardan, TBDY-2018 ve RYTEİE-2019'da belirtilen malzemelerin dayanım ve fiziksel özelliklerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Buna göre duvarların elastisite modülü 840 MPa, karakteristik basınç dayanımı 1.4 MPa, başlangıç kayma

dayanımı 0.15 MPa olarak dikkate alınmıştır. Yapıda harç süreksizliği ya da yapısal çatlak görülmediği için duvarların basınç, kayma, diyagonal çekme dayanımları ve özgül ağırlık değerleri için görünür kalite normal olarak kullanılacaktır.

Bu çalışmada, yığma binanın mevcut ölçülerine uygun şekilde matematiksel modeli oluşturulurken StatiCAD-Yığma yapısal analiz programı kullanılmıştır. Yeni inşa edilecek yığma binaların statik analiz ve tasarımının yapılabildiği bu program ile mevcut yapıların TBDY-2018 esasları ve RYTEİE-2019'a uygun olarak performans analizleri de yapılabilmektedir. Her iki yönetmelikte ortak tanımlanan hesap modeli esasları dikkate alınarak binanın 3-boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuştur (Şekil 5). Yığma duvarlar kesit ağırlık merkezlerinde çubuk veya kabuk sonlu elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Her bir duvar bina projesine uygun olarak modellenmiş, pencere ve kapı boşlukları yerinde mevcut konum ve ölçüler ile modele dahil edilmiştir. Bina rölövesi çıkarılırken yapı temelinin sürekli temel olduğu belirlenmiştir, temel modellenirken her bir taşıyıcı duvarın altına projeye uygun temel tanımlanmıştır.



Şekil 4. Kat planları

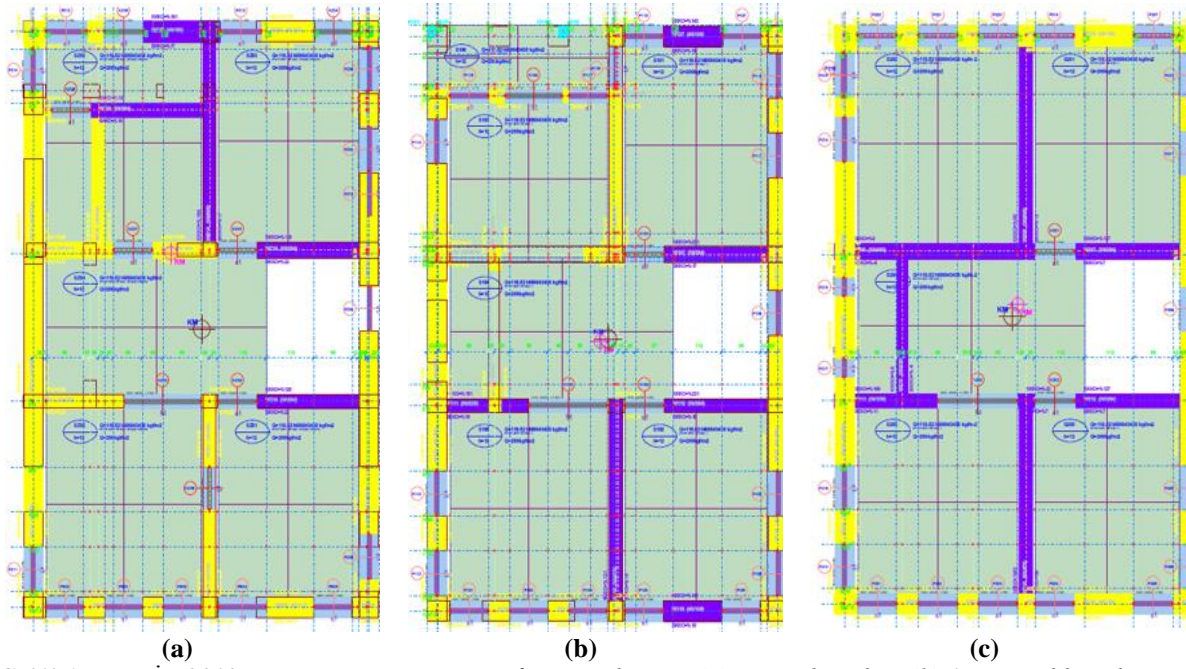


Şekil 5. Piyalepaşa Konağı yapısal modeli

Piyalepaşa Konağına ait zemin değerleri, etrafında inşa edilmiş son dönem yapılarının zemin etüt raporları incelenerek belirlenmiştir. Binanın konumuna ait deprem parametreleri yine Türkiye Deprem Tehlike Haritasından alınmıştır. Tanımlanan konuma göre Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 için hesaplarda kullanılacak S_S , kısa periyot harita spektral ivme katsayısı 0.599, S_1 , 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı 0.173, S_{DS} kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı 0.791, S_{D1} 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı 0.399, PGA, en büyük yer ivmesi 0.252g olarak belirlenmiştir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

İncelenen yığma binanın mevcut durumu RYTEİE-2019 kapsamında değerlendirildiğinde bina için seçilen düzey, asgari bilgi düzeyi olup bilgi düzeyi katsayısı 0.90 olarak dikkate alınmıştır. Binanın geometrik özellikleri, malzeme ve yük kabulleri ve deprem parametrelerinin tanımlanması ile öncelikle üç boyutlu sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Bina analizi, RYTEİE-2019' da tanımlandığı gibi doğrusal hesap yöntemlerinden Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. Analiz sonucunda gerekli koşulları sağlamayan elemanlar Şekil 6'da gösterilmiştir. Kat Planlarında mor renkle işaretlenen duvarlar kayma gerilmesi koşulunu sağlamayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Tüm katlarda taşıyıcı duvarların kayma gerilmesi yönünden kapasitesinin yetersiz kaldığı, 2. Normal katta diğer katlara oranla daha az duvarda kayma gerilmesi kapasitesinin yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Tüm yığma duvar elemanlarının hesaplanan etki/kapasite oranına göre duvarın üzerine etkileyen eksenel yükü güvenle taşıdığı belirlenmiştir.



Şekil 6. RYTEİE-2019'e göre taşıyıcı sistem performans durumu (a) Zemin kat planı (b) 1. Normal kat planı, (c) 2. Normal kat planı

RYTEİE-2019'a göre analiz sonucu katlara etkileyen deprem kuvvetleri Tablo 6 da gösterilmektedir. Tabloda X ve Y doğrultularında ayrı ayrı hesaplanan V_i , katlara depremden dolayı etkileyen kuvvet, Q_i ise katlara depremden dolayı etkileyen kesme kuvveti değeridir. X doğrultusunda etkileyen toplam taban kesme kuvveti 279.56 ton iken Y-doğrultusunda etkileyen taban kesme kuvveti 245.25 ton olarak belirlenmiştir. Binanın performans analizi sonuçları ise Tablo 7 gösterilmektedir. Tabloda kat burulma momentleri (M_{bi}), duvar kesme kuvveti taşıma kapasitesi (V_r), kattaki ilgili yönde duvar alanı bileşeni (W_a), kattaki ilgili yöndeki duvar sayısı (W_n), kesme kapasitesi yetersiz duvar sayısı (yetersiz ΣW_n), kapasitesi yetersiz duvarların toplam kesme kapasitesi (Yetersiz ΣV_r), kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti (Yetersiz ΣV_e) ve dayanımı yetersiz duvarların kat kesme kuvvetine katkı oranı (V_e/Q_i) değerleri yer almaktadır. Performans değerlerine göre zemin katta X doğrultusunda 430.49 tm, Y doğrultusunda ise 196.92 tm burulma momentleri meydana gelmiştir. 1. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 14.22 ve 40.36 tm burulma momentleri oluşmuştur. Ayrıca 2. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 30.09 ve 13.80 tm burulma momentleri oluşmuştur. Zemin katta kesme kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti X doğrultusunda 179.20 ton, Y doğrultusunda 63.45 ton olarak belirlenmiştir. 1.Normal kat duvarları için bu değerler sırasıyla 209.56 ve 66.25 ton olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte 2. Normal katta ise yine X ve Y doğrultularında sırasıyla 93.34 ve 73.61 ton olarak belirlenmiştir. Binaya gelen deprem kuvvetleri, taşıyıcı duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırıldığında binanın RYTEİE-2019'e göre riskli olduğu tespit edilmiştir.

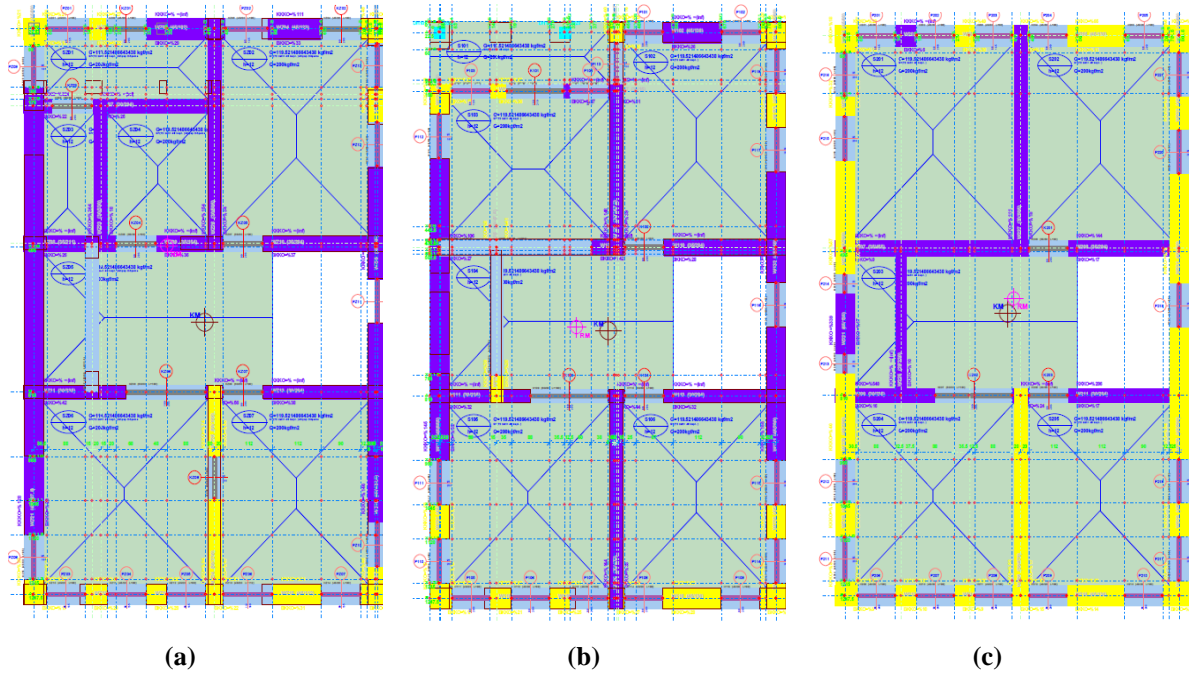
Tablo 6. RYTEİE-2019'e göre oluşan deprem kuvvetleri

Kat Adı	W_i (t)	H_i (cm)	V_{ix} (t)	V_{iy} (t)	Q_{ix} (t)	Q_{iy} (t)
Zemin Kat	131.64	280	25.69	21.74	279.56	245.25
1.Normal Kat	148.53	634	87.59	82.37	253.87	223.51
2.Normal Kat	88.86	1014	166.28	141.14	166.28	141.14
Toplam	369.03		279.56	245.25	--	--

Tablo 7. RYTEİE-2019'e göre bina performans değerleri

Kat Adı	Deprem Yönü	M_{bi} (tm)	ΣV_r (Duvar) (t)	ΣW_a	$\frac{\Sigma Yetersiz W_n}{\Sigma W_n}$	$\Sigma Yetersiz V_r$ (t)	$\Sigma Yetersiz V_e$ (t)	Yetersiz $\frac{\Sigma V_e}{\Sigma Q_i}$ (%)
Zemin Kat	X	-430.49	199.01	8.78	4/19	73.96	179.2	67.4
	Y	-196,92	317.49	12.92	1/14	31.62	63.45	23.2
1.Normal Kat	X	14.22	143.68	6.34	5/19	81.72	209.56	89.7
	Y	-40.36	243.34	10.6	1/17	27.27	66.25	28.2
2.Normal Kat	X	-30.09	141.14	7.88	5/17	76.11	93.34	79.2
	Y	13.8	192.99	10.99	3/16	69.54	73.61	62.9

İncelenen bina TBDY-2018 kapsamında değerlendirildiğinde binanın sınırlı bilgi düzeyi koşulunu sağladığı kabulü ile bilgi düzeyi katsayısı 0.75 olarak belirlenmiştir. Binanın geometrik özellikleri, malzeme karakteristiği, yük kabulleri ve deprem parametreleri ile oluşturulan model yapının TBDY-2018'e göre dorusal hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile deprem hesabı yapılmış ve analiz sonucunda katlara etkileyen deprem kuvvetleri Tablo 8'de gösterilmektedir. Performans analizi sonucu gerekli koşulları sağlamayan elemanlar ise Şekil 7'da gösterilmiştir. Kat planlarında mor renkle işaretlenen duvarlar kayma gerilmesi koşulunu sağlamayan düşey taşıyıcı elemanlardır. Tüm katlarda taşıyıcı duvarların kayma gerilmesi yönünden kapasitesinin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın tüm yığma duvar elemanlarının hesaplanan etki/kapasite oranına göre duvarın üzerine etkileyen basınç kuvvetini güvenle taşıdığı belirlenmiştir.



Şekil 7. TBDY-2018'e göre taşıyıcı sistem performans durumu (a) Zemin kat planı (b) 1. Normal kat planı,

(c) 2. Normal kat planı

Tablo 8. TBDY-2018'e göre oluşan deprem kuvvetleri

Kat Adı	W_i (t)	H_i (cm)	V_{ix} (t)	V_{iy} (t)	Q_{ix} (t)	Q_{iy} (t)
Zemin Kat	131.64	280	47.59	47.59	292.03	292.03
1.Normal Kat	148.53	634	121.58	121.58	244.44	244.44
2.Normal Kat	88.86	1014	116.29	116.29	122.86	122.86
Toplam	369.03		292.03	292.03	--	--

Tablo 9. TBDY-2018'e göre bina performans değerleri

Kat Adı	Deprem Yönü	M_{bi} (tm)	$\Sigma V_r(\text{Duvar})$ (t)	ΣW_a	$\frac{\Sigma \text{Yetersiz} W_n}{\Sigma W_n}$	$\Sigma \text{Yetersiz} V_r$ (t)	$\Sigma \text{Yetersiz} V_e$ (t)	$\frac{\Sigma V_e}{\Sigma Q_i}$ (%)
Zemin Kat	X	-477.57	165.27	8.78	9	122.19	283.72	97.2
	Y	-248.64	268.3	12.92	5	179.28	281.07	96.2
1.Normal Kat	X	-50.14	119.85	6.34	10	91.46	237.14	97.0
	Y	-183.84	207.7	10.6	7	157.36	243.05	99.4
2.Normal Kat	X	-40.19	115.36	7.88	6	77.87	121.34	98.8
	Y	17.26	163.74	10.99	8	130.92	121.60	99.0

TBDY-2018'e göre analiz sonucu katlara etkiyen deprem kuvvetleri X ve Y doğrultusunda 292.03 ton olarak belirlenmiştir. Tablo 9'da ise binanın performans analizi sonuçları gösterilmektedir. TBDY-2018 malzeme ve yük kriterlerine göre zemin katta X doğrultusunda 477.57 tm. Y doğrultusunda ise 248.64 tm burulma momenti meydana gelmiştir. 1. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 50.14 ve 183.84 tm burulma momentleri oluşmuştur. Ayrıca 2. Normal katta X ve Y doğrultusunda sırasıyla 40.19 ve 17.26 tm burulma momenti oluşmuştur. Zemin katta kesme kapasitesi yetersiz duvarlara gelen toplam kesme kuvveti X doğrultusunda 283.72 ton, Y doğrultusunda 281.07 ton olarak belirlenmiştir. 1.Normal kat duvarları için bu değerler sırasıyla 237.14 ve 243.05 ton olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte 2. Normal katta ise yine X ve Y doğrultularında oluşan kesme kuvveti sırasıyla 121.34 ve 121.60 ton olarak belirlenmiştir. Binaya gelen deprem kuvvetleri, taşıyıcı duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırıldığında binanın performans düzeyinin göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir.

IV. SONUÇ

Çalışmada, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE-2019) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) kapsamında yığma binaların sismik performansının belirlenmesi

ile ilgili hükümler karşılaştırılmış, yığma bir binanın deprem güvenliği her iki yönetmeliğe göre değerlendirilmiştir.

Malzeme özellikleri açısından kıyaslandığında; TBDY-2018’de yığma taşıyıcı duvarın karakteristik basınç dayanımı (f_k) duvar numuneleri üzerinde yapılacak deneyler yolu ile veya kargir birim ve harç üzerinde yapılacak ayrı deneylerden elde edilen basınç dayanımları kullanılarak belirlenmektedir. Bina taşıyıcı sistem modeli oluşturulurken Elastisite Modülü $750f_k$ değerine eşit kabul edilmektedir. RYTEİE-2019’da ise Elastisite Modülü $600f_m$ olarak tanımlanmıştır. RYTEİE-2019 malzeme kabulleri açısından daha güvenli tarafta kalmaktadır.

Hesap yöntemleri açısından kıyaslandığında; TBDY-2018 de bina deprem hesabında doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. RYTEİE-2019’e göre binanın risk durumunun belirlenmesi için doğrusal elastik hesap ile Mod Birleştirme Yönteminin kullanılması gerektiği tanımlanmıştır.

TBDY-2018’e göre performans değerlendirmesinde herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40’ın altında ise bina Kontrollü Hasar Performans Düzeyini sağlamakta, bu oranın %40’ı aşması durumunda ise bina Göçme Durumundadır. RYTEİE-2019’a göre yapılan değerlendirmede herhangi bir katta Risk Sınırı aşılacak duvarlarda hesaplanan kesme kuvveti toplamı, o kattaki toplam kat kesme kuvvetine oranı %35’ten fazla ise bina, Riskli Bina olarak kabul edilmektedir. Bu hususta RYTEİE-2019 daha güvenli tarafta kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen Piyalepaşa Konağı taşıyıcı sisteminin statik ve dinamik yükler etkisinde yapısal analiz sonucu her iki yönetmeliğe göre belirlenen deprem kuvvetleri, yığma taşıyıcı duvarlarda oluşan kesme kuvvetleri ve duvarların kesme kapasitesi değerleri ile karşılaştırılarak binanın deprem performansı belirlenmiştir. TBDY-2018’e göre yapılan değerlendirmede binanın zemin katında dayanımı yetersiz duvarların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı x-doğrultusundaki %97.2, y doğrultusunda ise %96.2 olarak belirlenmiştir. Bu oranlara göre zemin katta x-yönünde 19 duvardan 9’u yetersizdir. Y-yönünde ise 14 duvardan 5’i yetersizdir. RYTEİE-2019’e göre yapılan analizde ise zemin kattaki dayanımı yetersiz duvarların taşıdığı kesme kuvvetinin kat kesme kuvvetine oranı x-doğrultusundaki %67.4, y-doğrultusunda ise %23.2 olarak belirlenmiştir. Zemin katta x-doğrultusunda 19 duvardan 4’ü yetersiz iken y-doğrultusunda 19 duvardan 1’i yetersiz kalmaktadır. Yığma binanın taşıyıcı sistemini oluşturan duvarlarda oluşan basınç gerilmelerinin her iki yönetmeliğe göre güvenli tarafta kaldığı, kayma gerilmelerinin ise kapasitesinin üzerinde olduğu dolayısıyla yapının göçme durumunda olduğu söylenebilmektedir. Her iki yönetmeliğe göre elde edilen analiz sonuçları kıyaslandığında yığma binanın sadece RYTEİE-2019’e göre analiz sonuçlarının yapının riskli olmadığını söylemek için yeterli olmayacağı değerlendirilmiştir. Özellikle tarihi niteliği de olabilen yığma binaların onarım ve güçlendirme uygulamaları ile yapısal davranışının iyileştirilerek gelecek nesillere güvenle aktarılabilmesi için deprem güvenliğinin geciktirilmeden belirlenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR: Piyalepaşa Konağı binasının bu çalışma kapsamında incelenmesine izin veren Millî Savunma Bakanlığı, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Karadeniz Bölge Komutanlığı’na yazarlar teşekkür ederler.

V. KAYNAKLAR

[1] A. Kumbasaroğlu ve A. Çelik, “Eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak tarihi bir yığma yapının sismik performans düzeyinin belirlenmesi,” *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 12, s. 3, ss. 1590-1600, 2019.

- [2] M. C. Genes, L. Abrahamczyk, S. Kacin ve A. M. Erberik, “Yığma yapıların deprem etkisi altında gözleme ve hesaba bağlı değerlendirilmesi için yöntem,” *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Eskişehir, Türkiye, 2017.
- [3] N. Bayülke, “Yığma yapıların deprem davranışı ve güvenliği,” *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, Türkiye, 2011.
- [4] M. Düzgün, “Yığma kargir yapılar,” *Türkiye Mühendislik Haberleri*, s. 316, ss. 3-10, 1985.
- [5] İ. Çırak, “Yığma yapılarda oluşan hasarlar, nedenleri ve öneriler,” *SDU Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, c. 3, s. 2, ss. 55-60, 2011.
- [6] R. Oyuç, “2011 Van depremlerinden sonra yığma yapılarda gözlemlenen hasarlar,” *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 19, s. 2, ss. 296-315, 2017.
- [7] M. Akgül ve O. Doğan, “4 Nisan 2019 Elazığ-Sivrice depreminin yığma yapılara etkisinin değerlendirilmesi,” *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, c. 12, s. 1, ss. 265-277, 2020.
- [8] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, Sayı: 30364, 18 Mart 2018.
- [9] RYTEİE-2019, Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. T. C. Resmi Gazete, Sayı: 30808, 21 Haziran 2019.
- [10] M. Önal. A. Koçak, “Yığma yapı hasarları ve onarımı ve güçlendirme yöntemlerinin ayrıntıları,” *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi Bildiriler Kitabı*, Antalya, Türkiye, ss. 93-108, 2005.
- [11] A. Atımtay, “Açıklamalar ve örneklerle afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik,” *(Betonarme Yapılar) Cilt 1*, Ankara, Türkiye, 2000.
- [12] A. Amani, S. Sagiroglu ve A. Doğangün, “Örnek bir yığma bina üzerinde 1998. 2007 ve 2019 Türk deprem yönetmeliklerinin karşılaştırmalı olarak irdelenmesi,” *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, c. 25, s. 1, ss. 13-26, 2020.