

YIĞMA BİR OKUL BİNASININ DEPREM PERFORMANS ANALİZİ

İsmail İsa ATABEY^{1,*}, Recep KANIT²

^{1,*}Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Sivas, Türkiye,
iatabey@cumhuriyet.edu.tr

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye,
rkanit@gazi.edu.tr

Özet

Türkiye’de yığma binalar, yerleşim yerlerindeki yapıların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Yönetmeliklere göre inşa edilmeyen yığma yapıların olası bir depremde hasar görmesi kaçınılmazdır. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kapsamında yapıların güçlendirilmesine karar vermek için performans değerlendirilmesi yapmak gerekmektedir. Bu makalede 1. Derece deprem bölgesinde yer alan, Sivas’ın Suşehri ilçesinde, yığma yapı olarak inşa edilmiş Aşağısarıca İlköğretim Okulu’nun, 2007 Deprem Yönetmeliği esaslarına göre hem analitik yöntem ile hem de StatiCAD-Yığma paket programı ile performans analizi yapılmıştır. Program ile analitik yöntem sonuçları karşılaştırılmış ve her iki yöntem ile elde edilen sonuçlarda bina göçme sınırında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yığma Yapı; StatiCAD-Yığma; Performans analizi

SEISMIC PERFORMANCE ANALYSIS A MASONRY SCHOOL BUILDING

Abstract

In Turkey, masonry buildings constitute an important part of structures in settlements. It is unavoidable that the masonry buildings not to be built in accordance with buildings codes will be damaged by earthquakes. In order to make a decision on seismic retrofitting of structures, seismic performance evaluation within the scope of the “Specification for Structures to be Built in Earthquake Zones” termed as “Turkish

Seismic Design Code” which came into face in 2007 is needed. In this paper, seismic performance analysis of Aşağısarıca Elementary School, a masonry building located in Suşehri-Sivas and also in first seismic zone, was done with respect to seismic design code by both analytical method and StatiCAD-Yigma commercial computer program. The results of the computer program and the analytical method were compared and, it is obtained from both methods that the building is within the collapsing limit.

Keywords: Masonry building; StatiCAD-Yigma; Performance analysis

1. Giriş

Yığma yapılar diğer yapılara oranla; mühendislik hizmeti almadan yapılması, kullanılan malzemelerin gevrek olması, ağır olması gibi nedenlerden dolayı olumsuz özelliklere sahiptir. Fakat yapının deprem açısından tamamen olumsuz olarak görülmesi de yanlıştır. Düşey yükleri taşıyan duvar elemanları yatay yüklere karşı perde gibi davranması da önemli bir avantajdır. Yönetmeliklere ve standartlara uygun olarak yapılmış yığma yapılar oldukça emniyetlidir [1].

Yapılan çalışmalara bakıldığında, iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapmış ve sayısal yöntemlerle karşılaştırmış ve yığma duvarların davranışlarını incelemiştir [2]. Özgan, yığma yapıların analizi için yönetmeliğe uygun olarak veri girişi yapabilen bir program hazırlamış ve programa veri girişini anlatmıştır. Sonuçta deprem yönetmeliğine göre bina tasarımının program ile hatasız yapılabileceğini belirtmiştir [3]. Kanıt ve Altın; Konya’da 1.derece deprem bölgesinde betonarme bir okul binasının güçlendirilmesinin maliyetinin yapım maliyetinin % 50’sine denk gelebileceğini [4] , bir diğer çalışmada okul binaları regresyon analizi yöntemi ile güçlendirme ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırmıştır [5]. Altın, Konya’da 1. Derece deprem bölgesinde yer alan iki adet betonarme lise binasının güçlendirme maliyetini hesaplayarak yeniden yapım maliyetine oranlamıştır [6].

Tasarımı yapılmış yığma yapıları güçlendirmeden önce yapıda kullanılmış malzemelerin özelliklerini ve dış etkiler altındaki davranışını bilmek yapının ömrünün uzatılması açısından önemli bir adımdır. Yapıların davranışlarını net olarak bilemediğimiz için, deprem kuvvetlerinin etkisine maruz kaldıklarında en az hasar görmesi veya hasar görmemeleri için önceden gerekli değerlendirmelerin yapılması

gerekmektedir. Bu nedenle Türkiye’de 2007 yılında yayınlanan deprem yönetmeliği, yığma yapıların performans analizi üzerinde de durmaktadır.

Bu çalışmada, Sivas ilinde 1. Derece deprem bölgesinde yer alan Suşehri ilçesindeki Aşağısarıca İlköğretim Okulu yığma binası hem analitik hesap yöntemi ile hem de StatiCAD-Yığma paket programı yardımı ile deprem performans değerlendirmesi yapılmıştır. Sonuç kısmında ise, ayrı ayrı ve karşılaştırmalı olarak analitik yöntem ile paket programın sonuçları değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Sivas, Anadolu’nun hemen hemen ortasında bulunan yüzölçümü bakımından büyük, dört tip deprem bölgesini il sınırları içerisinde bulunduran, yığma yapı stoku açısından oldukça zengin bir şehirdir. Suşehri ilçesi ilin kuzeyinde Karadeniz’e sınırı olan, Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde bulunan 1. Derece deprem bölgesi üzerindedir. Analizi yapılan okul binasına ait bilgiler aşağıda resimler ve çizelgeler üzerinde detaylı gösterilmiştir. (Şekil 1, Çizelge 1 ve Çizelge 2)



Şekil 1. Aşağısarıca İlköğretim Okulu

Ele alınan yapının analizlerinde 2007 Deprem Yönetmeliği esas alınmıştır. Bu bölümde önce analitik yöntemle, sonra da StatiCAD-Yığma programı ile yığma okul binası analizi yapılmış ve sonuçları verilmiştir. Bu bölümde örnek yığma okul binasının analizi analitik ve StatiCAD-Yığma programı ile yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Aşağısarıca İlköğretim Okulu analizi için bina bilgileri

Deprem Bölgesi	1.Derece
----------------	----------

Zemin Grubu	C
Kat Adedi	Zemin + 1
Kat Yüksekliği	3,05 m (Her iki kat)
Döşeme	10 cm kalınlığında betonarme plak
Mimari Yapı Dış Boyutları	29,10 m x 14,70 m
Düşey Hatıl	Yok
Yatay Hatıl	Döşeme altı betonarme hatıl h=40 cm
Hatıl Ebatları	Taşıyıcı duvarlar üzeri t=19 cm, t= 29 cm, t= 39 cm

Çizelge 2. Binada kullanılan malzeme bilgileri

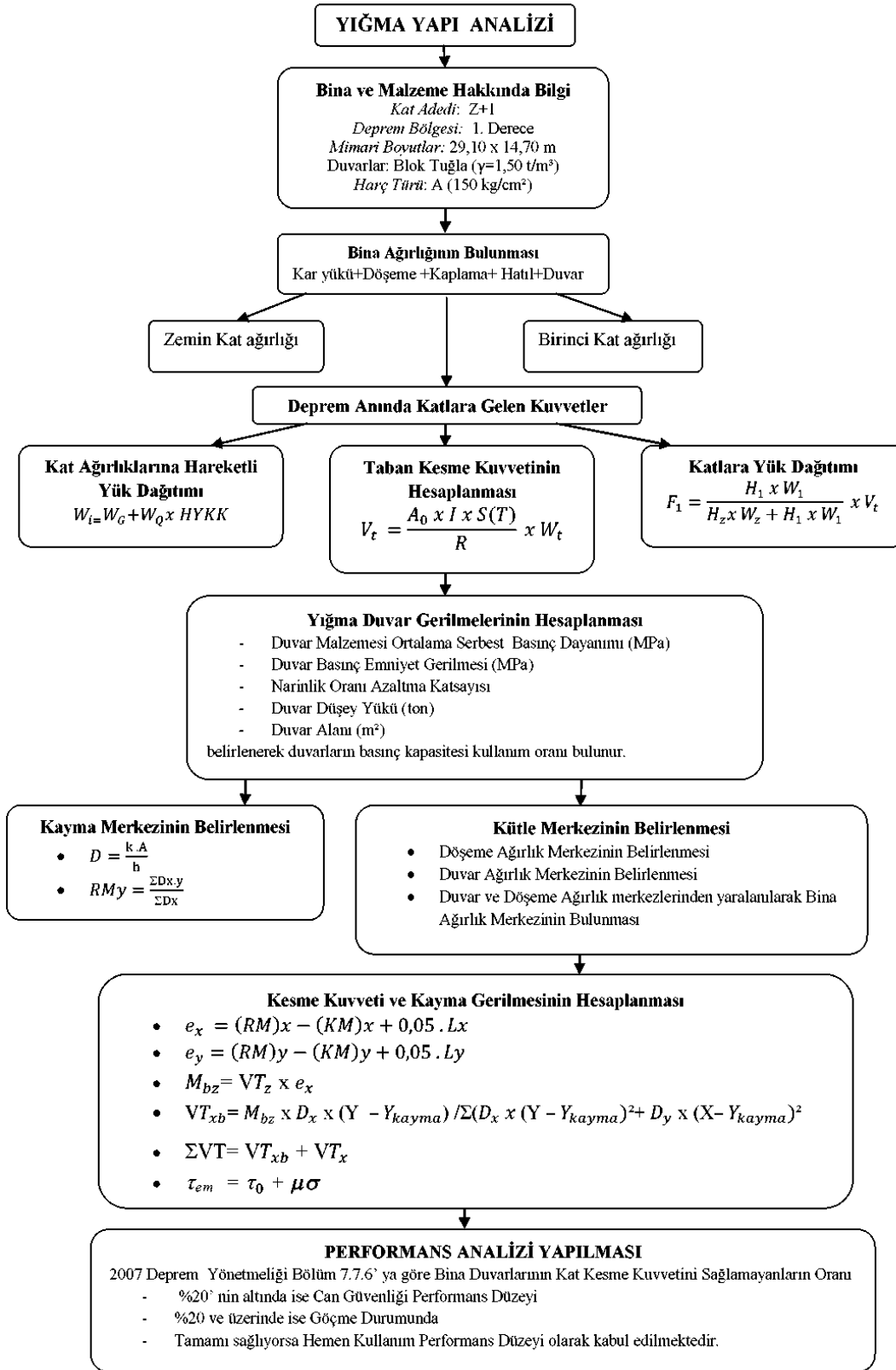
Harç Türü	A (150 kg /cm ²)
Zemin Kat Duvarları	Blok tuğla ($\gamma=1,5$ t/m ³)
Birinci Kat Duvarları	Blok tuğla ($\gamma=1,5$ t/m ³)
Basınç Emniyet Gerilmesi	1 MPa

2.1. Analitik Yöntem ile Yığma Yapı Analizi

Deprem bölgelerinde bulunan yığma binaların yatay ve düşey taşıyıcı sisteminin tasarım ve boyutlandırılması, ilgili standartlar ve deprem yönetmeliği ile belirlenen kurallara göre yapılır. Ülkemizde ilk deprem yönetmeliği 1944 yılında yürürlüğe girmiş olup daha sonra deprem mühendisliğindeki gelişmelere bağlı olarak değişikliklere uğramıştır. Şu anda ise 2007 yılında yayınlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” yürürlükte.

Bu bölümde, Sivas ili Suşehri ilçesine bağlı Aşağı Sarıca köyünde M.E. B’ na bağlı, halen eğitim görülmekte olan bir ilköğretim okulu binasının özellikleri belirlenerek (Çizelge 1, Çizelge 2) analizi yapılmış ve sonuçları verilmiştir. Hesaplamalar sonucunda performans değerlendirmesi 2007 deprem yönetmeliğine uygun olarak yapılmıştır.

Aşağıda Şekil 2’de analitik hesap yönteminde izlenen yol bir algoritma üzerinde özetlenmiştir

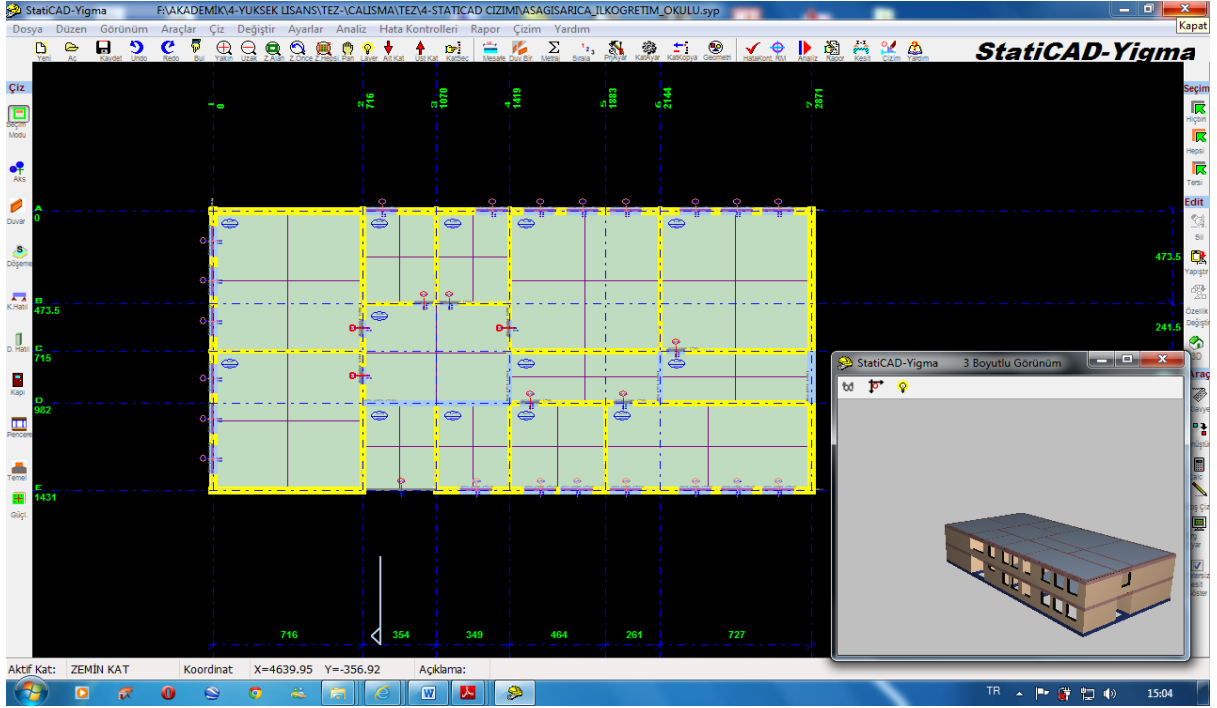


Şekil 2. Analitik hesap yöntemi algoritması

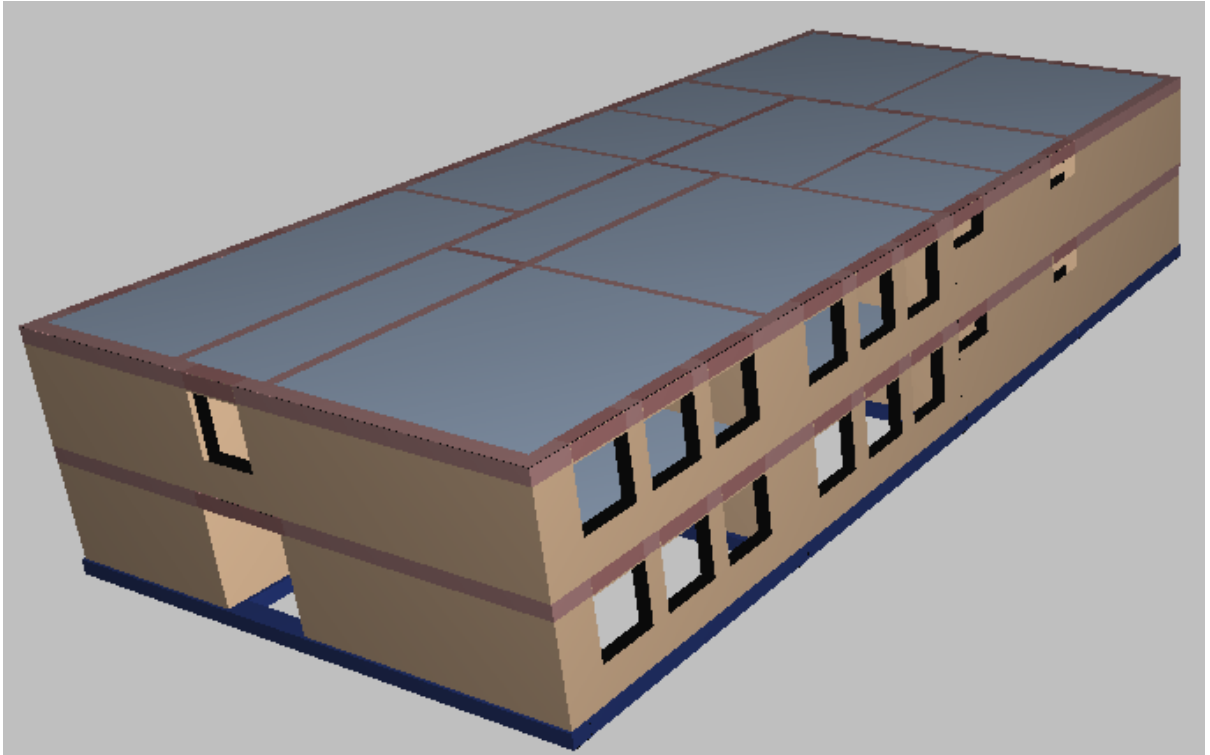
2.2. *StatiCAD-Yığma Paket programı ile yığma yapı analizi*

Yığma yapılar, ülkemizde çok kullanılan bir yapı tipi olmasına karşın yapım aşamasında statik hesapları hiç yapılmamış veya basitçe yapılmıştır. Dünyadaki teknolojik gelişmelerle birlikte bilgisayar yazılımları yapıların statik ve dinamik analiz için modellenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. 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 eleman yöntemini kullanmayı zorlaştırmaktadır. StatiCAD-Yığma programı makro modelleme yöntemiyle çalışmaktadır. Bu modelleme yöntemi yığma duvarda kullanılan harcın özelliklerini homojenleştirme işlemlerine tabi tutarak duvarı kompozit bir malzeme olarak ele alır. Büyük sistemlerin modellenmesinde harç ile yığma birim arasındaki etkileşim ihmal edilerek işlem yapılmaktadır. Yığma yapıların mekanik özelliklerini homojenleştirme yöntemi ile sonuçlar elde etmektedir. Çok büyük yapılarda, diğer yöntemlere göre sistem rijitlik matrisi ve yapısal analiz dosyası açısından uygun sonuçlar elde edilmektedir [7]. Program yapı elemanları boyutları ile ilgili TS498'den, tasarım kurallarında TS500'den ve 2007 Deprem Yönetmeliğinden faydalanarak performans analizi yapmaktadır.

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 sağlamaktadır. Döşemeden duvarlara gelen yükleri kum tümseği analojisi yöntemi ile hesaplamaktadır. Bu hesaplamaları yaparken 2007 deprem yönetmeliği maddelerine bağlı kalmaktadır. Programa girilen veriler dahilinde çizim oluşturmakta ve üç boyut ekranında bu çizimi göstermektedir(Şekil 3, Şekil 4). Analiz aşamasında rapor dosyası hazırlanarak her duvar parçası için gerekli tüm hesaplamalar detaylı rapordaki görülebilmektedir. Aşağıdaki şekillerde StatiCAD-Yığma paket programından elde edilen bir ekran görüntüsü (Şekil 3) ve binanın üç boyutlu görünüşü (Şekil 4) verilmiştir.



Şekil 3. StatiCAD-Yığma programı ekran görüntüsü



Şekil 4. StatiCAD-Yığma programına binanın 3 boyutlu görünüşü

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, Sivas iline bağlı Suşehri ilçesinde yığma olarak yapılmış Aşağısarıca İlköğretim Okulu'nun deprem performans analizi hem analitik yöntem hem de StatiCAD-Yığma paket programı yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

3.1. Analitik Yöntem Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Analitik yöntem ile yapılan analiz sonucunda, kayma kapasitesini sağlamayan duvarların kesme kuvvetlerinin, toplam kesme kuvvetlerine oranları sırasıyla zemin kat X yönünde % 53,80, Y yönünde % 100, birinci kat X yönünde % 42,40, Y yönünde % 71,30 olduğu görülmüştür. 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yapının göçme durumunda olduğu belirlenmiştir.

3.2. StatiCAD-Yığma Programının Sonuçlarının Değerlendirilmesi

StatiCAD-Yığma paket programı ile yapılan analiz sonucunda, Kayma kapasitesini sağlamayan duvarların kesme kuvvetlerinin, toplam kesme kuvvetlerine oranları sırasıyla zemin kat X yönünde % 50,96, zemin kat Y yönünde % 94,88, birinci kat X yönünde % 42,38, Y yönünde % 61,98 olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlardan yapının 2007 deprem yönetmeliğine göre göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir.

3.3. Analitik Yöntem ile StatiCAD-Yığma Programı Sonuçlarının Karşılaştırılması

- Analitik yöntem ile StatiCAD-Yığma programı ile elde edilmiş olan kütle merkezi koordinatları değerlerinin çok yakın olduğu, Çizelge 3 ve Çizelge 4' te görülmektedir.
- Analitik yöntem ile StatiCAD-Yığma programı ile elde edilmiş olan kat yüklerinin karşılaştırılması Şekil 6'da verilmiştir.

Çizelge 3. Analitik ve StatiCAD-Yığma ile Kütle Merkezlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Zemin Kat		Birinci Kat	
	Xkütle (m)	Ykütle (m)	Xkütle (m)	Ykütle (m)
Analitik Hesap	14,57	7,17	14,47	7,17
StatiCAD-Yığma	14,49	7,12	14,53	7,17

STATICAD YIĞMA

Projeyi Yapan: İsmail İsa ATABEY
Proje Adı: YIĞMA OKUL BİNASI
Program Lisans No: 47AC2FEB8C5AF4A920A0775820A5D383

KATLARA ETKİYEN DEPREM KUVVETLERİ

Hesap Veri Giriş Bilgileri

Deprem Bölgesi = 1. Derece Deprem Bölgesi
Ao = 0.4 Etkin Yer İvmesi Katsayısı
I = 1.4 Bina Önem Katsayısı
R = 2 Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
ST = 2.5 Spektrum Katsayısı

DEPREMDEN DOLAYI KATLARA GELEN KESME KUVVETLERİ

Katın Adı	WG (t)	HYKK	WQ (t)	Wi	Hi	Wi*Hi	(Wi*Hi)/ Σ(Wi*Hi)	Vt (t)	Vi (t)	Qi (t)
1. KAT	467.185	0.6	82.168	516.486	5.9	3047.268	0.664	727.281	482.984	482.984
ZEMİN KAT	399.235	0.6	205.42	522.487	2.95	1541.336	0.336	727.281	244.297	727.281
TOPLAM	866.42	---	---	1038.973	---	4588.604	1,000	---	727.281	---

TABLODA KULLANILAN SİMGELER VE AÇIKLAMALARI

WG (t) :Katın Ölü Yük Toplamı
HYKK :Hareketli Yük Katılım Katsayısı
WQ (t) :Katın Hareketli Yük Toplamı
Wi (t) :Katın Deprem Etkisi Hesabında Kullanılan Yük Toplamı (Wi=WG+HYKK*WQ)
Hi (m) :Kat Üst Döşeme Üstünün Temel Üstünden Mesafesi
Vt (t) :Binaya Depremden Dolayı Gelen Toplam Kesme Kuvveti (Taban Kesme Kuvveti)
Vi (t) :Katlara Depremden Dolayı Kat Hizalarında Etkiyen Kuvvet
Qi (t) :Katlara Depremden Dolayı Etkiyen Kesme Kuvveti

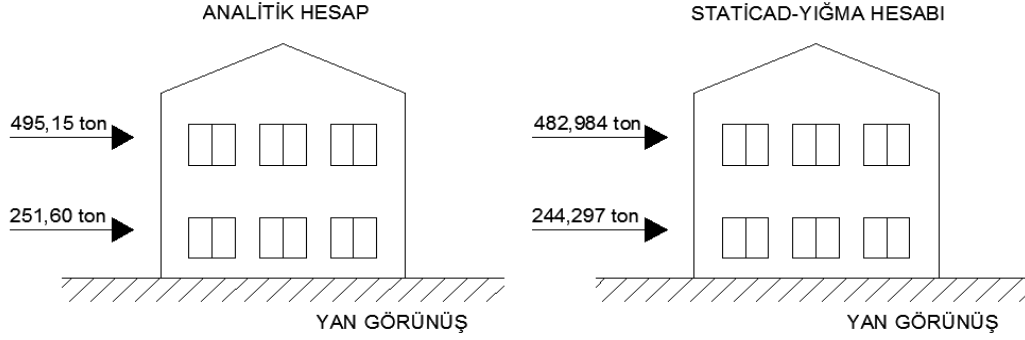
KAT KÜTLE VE KAYMA MERKEZİ KOORDİNATLARI

Kat İsmi	Kütle Merkezi Koordinatları		Kayma Merkezi Koordinatları	
	Xkütle (m)	Ykütle (m)	Xkayma (m)	Ykayma (m)
1. KAT	14.53	7.17	16.47	5.29
ZEMİN KAT	14.49	7.12	14.28	5.09

Şekil 5. StatiCAD-Yığma paket programı rapor sayfası

Çizelge 4. Analitik ve StatiCAD-Yığma ile Kayma Merkezlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Zemin Kat		Birinci Kat	
	X _{kayma} (m)	Y _{kayma} (m)	X _{kayma} (m)	Y _{kayma} (m)
Analitik Hesap	14,29	5,10	16,47	5,30
StatiCAD-Yığma	14,28	5,09	16,47	5,29



Şekil 6. StatiCAD-Yığma ve analitik hesabı sonucu katlara deprem yükünün karşılaştırılması

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Sivas'ın Suşehri ilçesinde, yığma yapı olarak inşa edilmiş Aşağısarıca İlköğretim Okulu'nun, 2007 Deprem Yönetmeliği esaslarına göre performans analizi hem analitik yöntem ile hem de StatiCAD-Yığma paket programı ile yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analizlerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- StatiCAD-Yığma paket programı ile elde edilen kütle merkezi ile analitik hesap sonucu elde edilmiş olan kütle merkezi arasında yaklaşık % 0,5 fark olduğu görülmüştür. Buna karşın hesaplanan kayma merkezleri arasında ise % 0.2 fark görülmüştür.
- Katlara gelen deprem yükleri karşılaştırıldığında (Şekil 4.1) StatiCAD-Yığma paket programı ile elde edilen kat deprem yükleri analitik hesaplama sonucu elde edilenden kat deprem yüklerine göre yaklaşık % 2,5 eksik hesaplanmıştır.
- Hem StatiCAD-Yığma programı hem de analitik hesap sonuçları değerlendirildiğinde 2007 Deprem Yönetmeliğine göre ele alınan yığma okul binasının göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir.
- Bu çalışma sonucunda program tarafından elde edilen sonuçlar yalnızca bu çalışma için geçerli olup genelleme yapılabilmesi için birçok çalışma yapılması gerekmektedir.

Yapılan çalışma sonuçlarından görüldüğü üzere özellikle deprem bölgelerindeki yığma kamu binaları üzerinde gerekli performans analizleri yapılmalı ve performansı istenen seviyede olmayan binalar güçlendirilmelidir.

Kaynaklar

- [1] Batur, N. , Yığma Yapı Tasarımı ve Analizi, Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, İstanbul, s.66 (2006).
- [2] Mu, L., ‘Stability of unreinforced masonry members under simultaneous vertical and out-of plane lateral loads’ , Ph.D.Thesis University of Minnesota, Minnesota, 15 (2003).
- [3] Özğan, Ş., Yığma Yapı Tasarımı ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, s.58 , (2009).
- [4] Kavit, R. ve Altın, M. , Okul Binalarının Güçlendirilmesinde Örnek Bir Uygulama, Teknik Online Dergi, Cilt-7, Sayı:2-2008.
- [5] Kavit, R. ve Altın, M. , A Method for the cost estimation in strengthening school buildings in Turkey, Scientific Research and Essays, Vol. 5(9), pp.923-933, 4 May 2010.
- [6] Altın, M. , Aynı İki Tip Okul Binasının Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Karşılaştırılması, e-Journal of New World Sciences Academy Volume:4, Number:4, Article Number: 1A0048, 2009.
- [7] Ural, A. , Yığma Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 37-41 (2009).
- [8] Atabey, İ.İ. , Yığma Binaların Performans Analizi Sivas Şuşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu Örneği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi, Ankara, (2011).
- [9] www.staticad-yigma.com, (2011).