



Araştırma Makalesi/Research Article

## Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin deprem etkisi altında yapısal davranışının değerlendirilmesi

Mustafa Yılmaz İrban <sup>1</sup>, Mehmet Fenkli <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Isparta

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

### Anahtar Kelimeler

Tarihi Yapılar  
Statik Analiz  
Sonlu Elemanlar Modeli  
Deprem Etkisi  
Yığma Yapı

### Makale geçmişi:

Geliş Tarihi: 28.01.2023

Kabul Tarihi: 30.04.2023

**Öz:** Bu çalışmada tarihi yığma yapılar hakkında verilen bilgiler ışığında bu yapıların modelleme teknikleri ve analiz yöntemlerine değinilmiştir. Antalya'nın Korkuteli ilçesinde bulunan ve tarihi 1319 yılına dayanan Sinaneddin Medresesi modellenmiş ardından yapının olası bir deprem esnasında göstereceği davranışının tahmini olarak saptanması için analizler yapılmıştır. Yapılan modellemede deprem kaynaklı kuvvetli yer hareketi için de söz konusu yapının bulunduğu alan için Kocaeli depreminin sismik kayıtları kullanılmıştır. Çalışmanın sonuç aşamasında yapılan modellemeler ve analizler ardından tarihi yapının deprem etkisi altında yapısal davranışı yorumlanarak çeşitli değerlendirmelerde bulunulmuştur.

### Atif için/To Cite:

İrban MY. Fenkli M. Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin deprem etkisi altında yapısal davranışının değerlendirilmesi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 15(1), 27-36, 2023.

## Evaluation of structural behavior Korkuteli Sinaneddin Madrasah under the earthquake effect

### Keywords

Historical Buildings  
Static Analysis  
Finite Element Model  
Seismic Effects  
Masonry Structures

### Article history:

Received: 28.01.2023

Accepted: 30.04.2023

**Abstract:** In this study, in the light of the information given about historical masonry structures, modeling techniques and analysis methods of these structures are mentioned. The Sinaneddin Madrasa, which is located in the Korkuteli district of Antalya and dates back to 1319, was modeled, and then analyzes were made to predict the behavior of the building during any disaster. In the modeling, seismic records that match the ground structure of the area where the said structure is located were used for strong ground motions caused by earthquakes. After the models and analyzes made at the conclusion of the study, the structural behavior of the historical building under the influence of earthquakes was interpreted and various evaluations were made.

## 1. Giriş

Aktif olarak devam etmekte olan fay hatları hareketleri sonrası oluşan kuvvetli depremler tüm dünyada etkisini göstermektedir. Çoğu zaman yıkıcı sonuçlar doğuran deprem, ulusal ekonomiler ve kültürel miraslar üzerinde ağır kayıplara yol açmaktadır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı istatistikleri incelendiğinde fay hattı hareketi aktif şekilde devam eden ülkemizde de bu afetin oldukça etkili olduğu aşikardır. Ancak şunu rahatlıkla belirtebiliriz ki ülkemiz diğer ülkelere kıyasla

genellikle yıkıcılığı çok daha az olan depremlerle karşılaşmaktadır. Bu durum her ne kadar avantaj gibi görünse de dezavantajlarının yaşandığı göz ardı edilemez. Zira yıkıcılığı az olan depremler sebebiyle sismik araştırmalar yapan ve çözüm üreten bilim adamlarımız yüksek şiddetli depremler için nasıl önlemler alınacağını, yapılarda hangi malzemeler kullanılacağını ve bu önlemlerin en düşük maliyetle nasıl sonuçlandırılacağı hakkında bilgi sahibi olmakta eksik kalmaktadırlar.

Herhangi bir yapının olası bir depremde risk arz edip etmediğini anlamak için bir takım araştırma ve hesaplama yapmak gerekmektedir. Ayrıca incelenecek yapının tarihi geçmişi hakkında da incelemelerde bulunmak doğru sonuçlara ulaşmak açısından önem arz etmektedir. Yapılan bu genel incelemeler altında tarihi yapıların hangi malzemelerden yapıldığı, bulunduğu yerin bölgesel özellikleri, yapının geçmişteki onarımları araştırılmalıdır. Yapı hakkında yapılacak araştırma ve incelemeler ardından güvenilirliği yüksek olan sonlu elemanlar prensibine göre üç boyutlu modelleme yapılır. Modelleme sonrasında yapısal özellikler programa tanımlanır. Tanımlama sonrası yapılacak statik ve dinamik analizler sonucunda hasar görme ve çökme olasılığı olan bölgeler bu sonuçlar ışığında yorumlanır.

Bulduğumuz coğrafi konum sebebiyle ülkemiz yağma yapıların sıklıkla görüldüğü yerlerden biridir. Yağma yapılar, deformasyon özelliği az, enerji sönmemesi düşük, taşıyıcı sistemi duvarlardan oluşmuş ve beşerî faaliyetlerin sıklıkla yer aldığı yani insan emeği olması sebebiyle hatalara sıklıkla yer verilen yapılardır. Buradan da anlaşılacağı üzere hatası çok, malzemesi dayanıksız ve sağlamlığı düşük olan yağma yapıların olası bir depremde en çok zararı alacak yapıların başında geldiği aşikardır. Hal böyle olunca coğrafyamızda sıklıkla görülen ve gelecek nesillere miras kalacak yağma yapıların olası yıkıcı depremler esnasında en az hasar alması, kalıcı olması ve ülke ekonomisine en uygun şekilde güçlendirilmesi oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, Antalya'nın Korkuteli ilçesinde bulunan ve günümüzün en eski yağma yapılarından biri olan Sinaneddin Medresesi, sonlu elemanlar metodu kullanılarak SAP2000 programı ile analiz edilmiş ve yapının deprem etkisi altındaki yapısal davranışının değerlendirilmesi yapılmıştır. Günümüzde mevcudiyetini koruyan tarihi yağma yapıların deprem etkisi altında davranışlarının değerlendirilmesiyle örnek teşkil edecek çıkarımlarda bulunulmuştur.

## 2. Kaynak araştırması

Ülkemizde ve dünyada var olan tarihi yapılar ele alarak araştırmalarda bulunulmuştur. Hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasında her türlü teknikten ve detaydan bahsedilmiş, bu tür tarihi yağma yapıların korunması için gerekli yöntemlerden bahsedilmiştir. Sonlu elemanlar metodu ile bilgisayar ortamında modellenip analiz yaptırıldıktan sonra gerekli karşılaştırmalar ışığında gözlemlenen yapı elemanlarının basınca çalıştığı kanıtlanmıştır. [1]

Isparta'ya 105 km uzaklıkta olan Yalvaç ilçesinde 19. Yüzyılda Osmanlı dönemine ait Çarşı veya Hamidiye

Camii olarak anılan yapının deprem etkisi altında davranışı değerlendirilmiştir. Hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasında analizler sonucunda yer değiştirme, kütle katılım oranı, yapıda oluşan gerilmeler tespit edilerek sonuçları sunulup yapıda herhangi bir tehlikenin olmadığı saptanmıştır. [2]

Amasya Taşhan örnek alınarak tarihi yapılar hakkında yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Yapı hakkında detaylı bilgiler verildikten sonra bilgisayar ortamında sonlu elemanlar metodu ile deprem etkisi altında senaryolar uygulanarak yapıya uygun olan güçlendirme teknikleri belirlenmiş ve bu teknikleri uygularken bu konuda deneyimli kişiler tarafından uygulanması vurgulanmıştır.[3]

Yüksek lisans tez çalışmasında Osmanlı'nın baş mimarı Mimar Sinan tarafından 1550-1557 yılları arasında inşa edilen Süleymaniye Camini ele alarak bilgisayar ortamında sonlu elemanlar metoduyla makro modelleme tekniğine uygun olarak kayıtlı depremler etkisi altında davranışı değerlendirilmiştir. [4]

1889 da inşa edilen tarihi Konya Gazi Lisesi'nin mevcut durumu gözlemlenip kat planları çıkarıldıktan sonra ETABS programı ile modellenmiş ve 2007 deprem yönetmeliğindeki şartlara uygun olarak deprem etkisi altında yapısal davranışı değerlendirilmiştir. Hazırlanan tez çalışmasında deprem anında en çok güçlük çeken bölgelerin, kapı kenarları ve pencere boşlukları olduğu saptanıp, gözlemler sonucunda çatlakların onarılması hakkında tavsiyeler verilmiştir.[5]

Hazırlanan çalışmada 1529 yılında inşa edilen Trabzon İskender Paşa Camisi'nin onarımı sonrasındaki dinamik karakteristikleri deneysel olarak belirlenmiştir. Dinamik karakteristikleri elde edilmesinde modal analiz metodu kullanılmıştır.[6]

## 3. Materyal ve yöntem

Bu çalışma kapsamında, aktif fay hatları sonucu oluşan depremlerde yağma yapıların; genel durumunu, mevcut konumunu ve zemin özelliklerini dikkate alarak genel bir araştırma yapılmıştır. Sonlu elemanlar metodu yardımıyla SAP2000 programı üzerinde modellenmiştir. TBDY 2018 'e göre deprem yükleri hesaplanmış ve programa tanımlanmıştır. TS-498'den döşemelerde kullanılacak olan düşey yük değerleri belirlenmiştir. Hazırlanan çalışmada Korkuteli Sinaneddin Medresesi incelenerek analiz edilmiştir.

### 3.1. Tarihi yığma yapılarda kullanılan malzemeler

Tarihte sıklıkla ve neredeyse her coğrafyada karşılaşılan yığma yapılar doğal hayatın sonucu olarak buldukları dönem ve mevcut imkanlardan etkilenmişlerdir. Öyle ki dönemin kültürel yapısına, bölge eğitim düzeyine ve ekonomisine ışık tutarlar. [7]

Her ne kadar günümüzde kullanılan yapı malzemeleri sınırlı çeşitlilik gösterse de tarihi yapılar incelendiğinde dayanıklılık ve ekonomik açıdan tercih edilebilir sınırlı malzeme bulunmaktaydı. Çağın getirdiği imkanlardan tarihi yığma yapılar etkilenmiş olup şu malzemeler sıklıkla kullanılmaktaydı; ahşap, tuğla, doğal taş, kagir. Sözü geçen malzemeler çeşitli bağlayıcılarla (harç) birleştirilerek kullanılarak inşa edilir.

### 3.2. Korkuteli Sinaneddin Medresesi

#### 3.2.1. Coğrafi konum

Antalya'nın Korkuteli ilçesi Alaaddin mahallesi 41 ada 1 parsel de olan Sinaneddin Medresesi pek bilinmeyen bir yığma yapıdır. Medresenin bölgedeki baraj inşası sebebiyle arazinin yapısı değişmiş ve batısı Şekil 1'de görüldüğü üzere tepe haline gelerek kapanmıştır. Şehir merkezinin 3 kilometre uzağında bulunmaktadır. Medresenin yakınlarında geçmişin izlerini taşıyan yapılar bulunmaktadır. Bu yapılardan bir tanesi tarihi Alâaddin Camii'dir.



Şekil 1. Sinaneddin medresesinin konumu

Akdeniz bölgesinde yer alan Antalya'nın yeryüzü bakımından 2471 km<sup>2</sup>'lik alanıyla en büyük ilçelerinden biri olan Korkuteli ilçesi bulunduğu bölge açısından coğrafi olarak oldukça önemli bir konuma sahiptir (Şekil 1). Korkuteli deniz seviyesinden 1020 m yüksekliktedir. Buna bağlı olarak bulunduğu coğrafyanın iklim şartlarına kıyasen daha sert bir iklime sahiptir. Öyle ki Korkuteli'nde hava sıcaklığı yaz mevsiminde ortalama +25°C, kış mevsiminde ise ortalama -5 °C olarak yaşanmaktadır.

Korkuteli tarihte birçok medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Tarihsel ve coğrafi açıdan zengin olan bu ilçenin ilk yerleşim yeri, araştırmamızda da bahsi geçen medresenin de bulunduğu Alaaddin Mahallesidir.

#### 3.2.2. Mevcut durum ve yapısal özellikler

Tarihi yığma yapı olan Sinaneddin Medresesi batı cephesinin (taç kapının olduğu yer) uzunluğu 22.78m, kuzey cephesinin uzunluğu 24.83m, güney cephesinin uzunluğu 24.82m, doğu cephesi 22.86m uzunluğunda olup kareye yaklaşık dikdörtgenimsi, açık avlusu olan iki katlı bir medresedir.

Yapıdaki kitabe, niş kemeri içinde bulunan basık kemerli kapının üst bölgesinde beş satır şeklinde kazılmış halde bulunmaktadır. Yapının batı cephesinde taç kapı yer almaktadır. Taç kapının her iki tarafında dikdörtgen şekilde konumlandırılmış pencere ve üst bölgesinde üçer tane mazgal pencere bulunmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü üzere yapının kuzey cephesinin üst bölgesinde altı tane mazgal pencere, alt bölgesinde ise üç adet mazgal ve bir büyük pencere yer almaktadır.



Şekil 2. Yapının Kuzey-Batı cephesi

Şekil 3'te görüldüğü üzere yapının güney cephesinde ise altı tane mazgal pencere yer almaktadır. Yapının doğu cephesinin zemin katında üç adet dikdörtgen pencere bulunmaktadır. Bunlardan ikisinin üst tarafında dörder mazgal pencere, ortaya konumlanmış pencerenin üstünde ise sivri kemerli pencere yer almaktadır. Şekil 3'te görüldüğü üzere yapının doğu cephesinde simetrik bir anlayış sergilenmiştir.



Şekil 3. Yapının Güney-Doğu cephesi

Taç kapıda yer alan basık kemerli giriş kapısından giriş yapıldıktan sonra Şekil 4'te görüldüğü üzere dar giriş eyvanı yer almaktadır. Eyvanın her iki bölgesinde ise basık kemerli kapıların açıldığı dikdörtgen şeklinde planlanmış köşe odaları bulunmaktadır.

Giriş eyvanını ise büyük bir avlu takip etmektedir. Şekil 4'te görüldüğü üzere avlunun iki tarafında üçer sütunla taşınan revak kemerleri yer almaktadır. Avlunun iki tarafında üst kattaki revak zeminine açılan merdivenler yer almaktadır. Giriş eyvanını takip eden ana eyvan bölgesine göz atıldığında bir dikdörtgen pencere ve üst tarafında yer alan sivri kemerli bir adet pencere yer almaktadır.[8]



Şekil 4. Yapının giriş eyvanı, avlusu ve ana eyvanı

### 3.3. Model özellikleri

Model özellikleri, malzeme parametreleri ve emniyet gerilmeleri çeşitli literatürler incelenerek belirlenmiş, SAP2000 programında sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur.

Yapıda kullanılan duvarlar, sütunlar, kemerler solid (katı) eleman kullanılarak, döşemeler ve çatı shell (kabuk) eleman kullanılarak modellenmiştir. Modellemede yük aktarımı, mesnetlerdeki elemanların sınır koşullarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca modellemede mesnetler sabit mesnet olarak kabul edilmiştir.

Modelde zemin kat ve birinci kat döşemelerinde yönetmelikler ve standartlar gereğince hareketli yükler  $5 \text{ kN/m}^2$ , sabit yükler  $2 \text{ kN/m}^2$  olarak düzgün yayılı bir şekilde etkilmiştir. Ayrıca programda çatıya kar yükü  $0.75 \text{ kN/m}^2$  hareketli olarak yüklenmiştir [9][10].

Medresedeki taş yapı malzemeleri katı eleman olarak modellenmiş, dayanım ve özellikleri literatürdeki araştırmalara göre programa girilmiştir. Fakat modelleme hassas biçimde tasarlanmış ve yapı elemanlarının kalınlıkları gösterilmemiştir. Buradaki

amaç gerilme dağılımlarının daha hızlı ve rahat bir şekilde incelenmesini sağlamaktır.

Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin SAP2000 programında tasarlanan sonlu eleman modelinde kullanılan düğüm noktası sayısı 14654'tür, katı ve kabuk eleman sayısı ise 13585'tir.

### 3.4. Malzeme parametreleri

Sinaneddin Medresesi gibi yapılarda inceleme yapmak ve numune almak yapının tarihi yapısının bozulmak istenmemesi sebebiyle zordur. Literatür araştırmaları sonucunda ortalama olarak malzeme parametrelerine ilişkin kabuller Tablo 1'de verilmiştir.

Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin, yapılan gözlemler ve incelemeler sonucunda genel olarak moloz taş malzemeden yapıldığı tespit edilmiştir. SAP2000 yazılımında modelleme yapıldıktan sonra kullanılan yapı elemanların özellikleri çeşitli literatür çalışmalarından yararlanılarak Tablo 1'de verilmiştir.[11]

Tablo 1. SAP2000 yazılımında kullanılan malzeme parametreleri [11]

Yapı Elemanı	Model Tipi	Elastisite Modülü (MPa)	Özkütle ( $kg/m^3$ )	Poisson Oranı
Döşemeler	Kabuk	3000	1800	0.18
Duvarlar	Katı	10000	2200	0.2
Çatı	Kabuk	3000	1800	0.18

Yapılan araştırmalar sonucunda, Medresenin temelleriyle ilgili herhangi bir sondaj ve kazı çalışmasına rastlanılmamıştır.

Medresenin dış çevre duvarlarının kalınlıkları; zemin katta bölgesel olarak farklılık göstererek 94-133 cm, birinci katta 95-134cm arasında değişmektedir. Medresenin iç bölmesindeki duvarların kalınlıkları; zemin katta bölgesel olarak farklılık göstererek 92-114 cm, birinci katta 63-116 cm arasında değişim göstermektedir.

Duvar basınç emniyet gerilmesini TBDY-2018'deki çizelgeden 0.3 MPa olarak alınmıştır.

### 4. Bulgular

Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin model analizi gerçekleştirilirken yapıda ilk 50 Mod incelenmiştir. Analiz sonucunda Şekil 5'te verilen değerler değerlendirildiğinde, Mod 1'de (y-y) yönünde periyot 0,5599 saniye, Mod 2'de (x-x) yönünde periyot 0,559838 saniyedir. Ayrıca yapıda genel kütlelerin etkin

olduğu modlar Mod 32 ve Mod 33 olduğu anlaşılmaktadır.

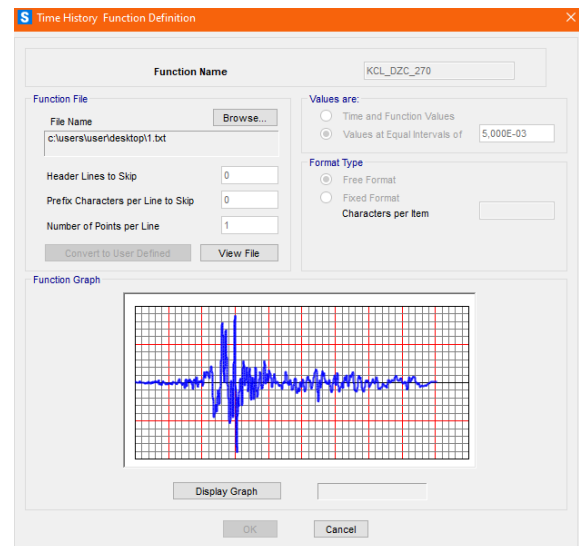
Tablo 2'de görüldüğü üzere, Mod 32'de x doğrultusunda yapının %28'lik kütle katılım oranı, Mod 33'te ise y doğrultusunda yapının %26'lık kütle katılım oranı olduğu gözlemlenmiştir. İki doğrultudaki kütle katılım oranlarının birbirine çok yakın değer olması medresenin geometrisinden (simetrik olmasından) dolayı olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Yapının periyot ve kütle katılım oranları

Modal Participating Mass Ratios				
StepNum	Period	UX	UY	UZ
Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
1	0,5599	2,09E-07	1,61E-07	0,00077
2	0,559838	6,97E-11	0,00032	4,2E-07
32	0,133489	0,278	1,01E-05	0,00013
33	0,132063	1,65E-06	0,259	2,46E-07

Modellemede deprem kaydı olarak Mw=7.54 büyüklüğünde 17 Ağustos 1999 saat 03.02'de meydana gelen, resmî belgelere göre 18.373 kişinin öldüğü, 48.901 yaralanmanın olduğu, 505 kişinin sakat kaldığı Kocaeli depreminin Düzce istasyonundaki kayıtlar kullanılmıştır.

SAP2000 yazılımına Peer (Pacific Earthquake Engineering Research Center) sitesinden alınan veriler tanıtılmıştır (Şekil 5). Akabinde analiz aşamasında iki yönlü (G+Q+EX ve G+Q+EY) yüklemeleri yapılarak medresede oluşması beklenen yer değiştirmeler ve gerilmeler saptanmıştır.



Şekil 5. Analiz programına yüklenen deprem kaydı

Tablo 3. G+Q+Ex yüklemesi altında meydana gelen yer değiştirmeler

Joint Displacements			
Joint	OutputCase	CaseType	U3
Text	Text	Text	mm
12572	G+Q+EX	Combination	-83,48536
11761	G+Q+EX	Combination	-81,49206
11234	G+Q+EX	Combination	-45,23353
12148	G+Q+EX	Combination	-40,18792
11637	G+Q+EX	Combination	-40,08657
13036	G+Q+EX	Combination	-5,561632
10854	G+Q+EX	Combination	-4,282104
13087	G+Q+EX	Combination	-2,12302

Tablo 3'te verilen (G+Q+EX) yüklemesinden, yapının güney cephesindeki çatıda, avluya bakan kısım ile batı cephesi tarafı arasında 81.49 mm ve dışarıya bakan tarafında 40.08 mm'lik yer değiştirme saptanmıştır. Ayrıca yapının kuzey cephesindeki çatıda, avluya bakan kısım ile batı cephesi tarafı arasında 83.48 mm ve dışarıya bakan tarafında 40.18 mm'lik yer değiştirme saptanmıştır. Taç kapının olduğu cephedeki, çatının avluya bakan tarafında 4.28 mm, çatının dışarıya bakan tarafında 2.12 mm'lik yer değiştirme saptanmıştır. Yapının doğu cephesindeki çatıda, avluya bakan kısımda 45.23mm ve dışarıya bakan tarafında 5.56 mm'lik yer değiştirme gözlemlenmiştir.

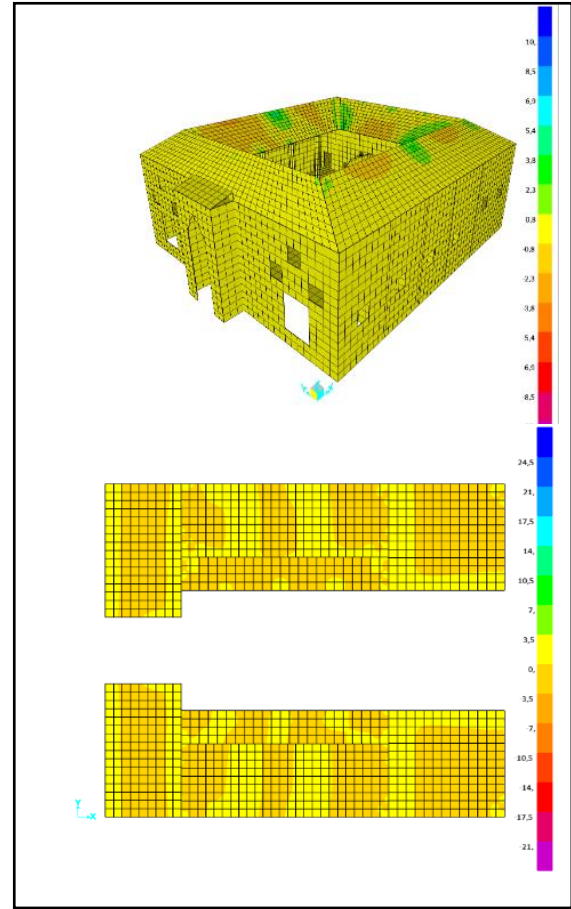
Tablo 4. G+Q+Ey yüklemesi altında meydana gelen yer değiştirmeler

Joint Displacements			
Joint	OutputCase	CaseType	U3
Text	Text	Text	mm
12614	G+Q+EY	Combination	-81,54323
11805	G+Q+EY	Combination	-79,94664
12156	G+Q+EY	Combination	-36,38279
11632	G+Q+EY	Combination	-27,88224
11675	G+Q+EY	Combination	-26,96904
10785	G+Q+EY	Combination	-5,451652
9440	G+Q+EY	Combination	-4,281821
11649	G+Q+EY	Combination	-1,958261

Tablo 4'te verilen (G+Q+EY) yüklemesinden, yapının kuzey cephesindeki çatıda, avluya bakan kısım ile batı cephesi tarafı arasında 81.54 mm ve dışarıya bakan tarafında 26.97 mm'lik yer değiştirme saptanmıştır. Ayrıca yapının güney cephesindeki çatıda, avluya bakan kısım ile batı cephesi tarafı arasında 79.94 mm ve dışarıya bakan tarafında 27.88 mm'lik yer değiştirme saptanmıştır. Yapının doğu cephesindeki çatıda, avluya bakan kısımda 36.38 mm ve dışarıya bakan tarafında 5.45 mm'lik yer değiştirme gözlemlenmiştir. Taç kapının olduğu cephedeki, çatının avluya bakan tarafında 4.28 mm, çatının dışarıya bakan tarafında 1.95 mm'lik yer değiştirme saptanmıştır.

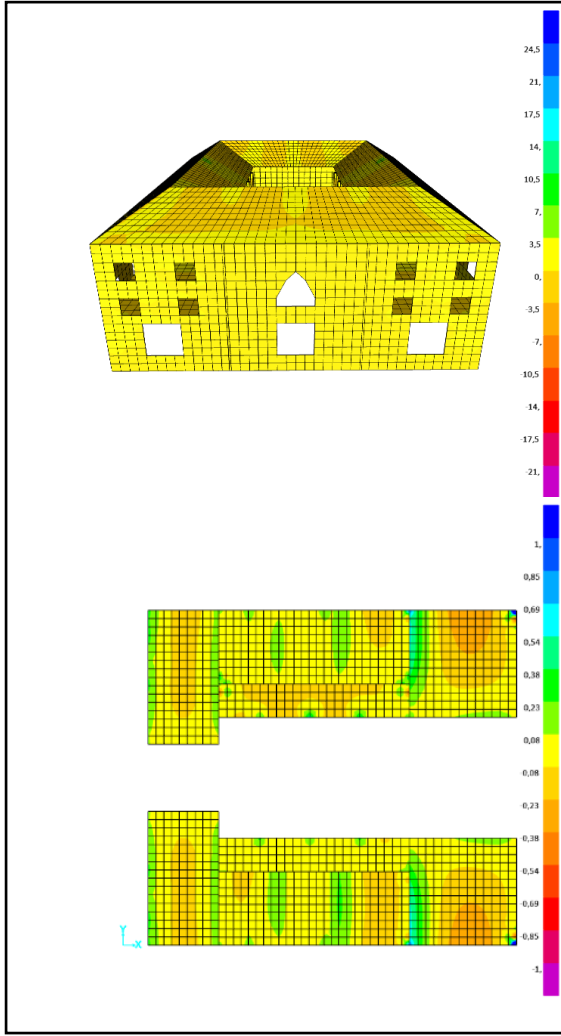
Medresenin geneli incelendiğinde (Tablo 3. ve Tablo 4.), G+Q+Ex ve G+Q+Ey yüklemeleri altında medresede meydana gelen yer değiştirmelerin literatüre göre beklenen düzeyde olduğu anlaşılmıştır.

Dinamik analiz sonuçları neticesinde (G+Q+EX) yüklemesi altında S11 gerilmeleri incelendiğinde; yapının kuzey cephesinde çatıda 0.28 MPa, batı cephesinde çatıda 0.47 MPa gerilme, güney cephesinde çatıda 0.35 MPa gerilme ve doğu cephesinde çatıda 0,41 MPa gerilme oluşmuştur. Ayrıca birinci kat döşemeleri ile sütunların birleştiği bölgelerde 0.50 MPa gerilme gözlemlenmiştir (Şekil 6).

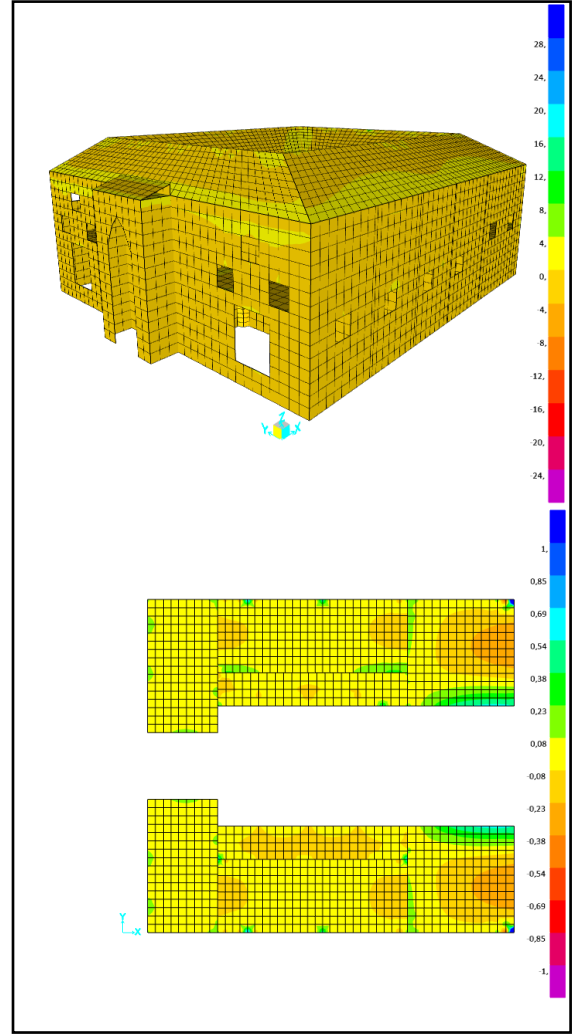


Şekil 6. Medresenin S11 gerilmeleri (G+Q+EX), MPa

Dinamik analiz sonuçları neticesinde (G+Q+EY) yüklemesi altında S11 gerilmeleri incelendiğinde; yapının kuzey cephesinde çatıda 0.3 MPa, batı cephesinde çatıda 0.45 MPa gerilme, güney cephesinde çatıda 0.38 MPa gerilme ve doğu cephesinde 0,48 MPa gerilme oluşmuştur. Ayrıca birinci kat döşemelerinde çeşitli bölgelerde 0.52 MPa gerilme gözlemlenmiştir (Şekil 7).



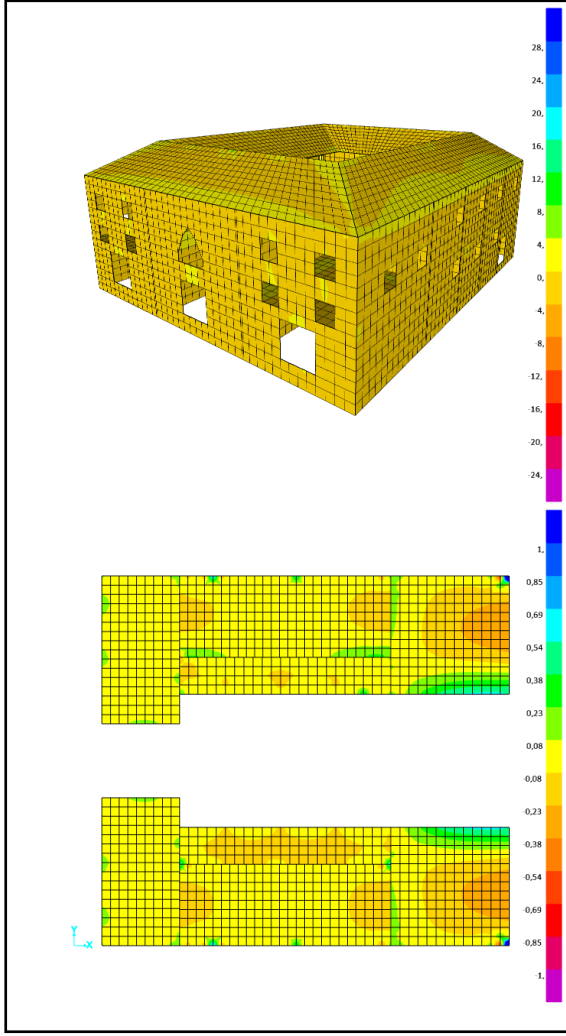
Şekil 7. Medresenin S11 gerilmeleri (G+Q+EY), MPa



Şekil 8. Medresenin S22 gerilmeleri (G+Q+EX), MPa

Dinamik analiz neticesinde medresede Şekil 8'de gösterilen (G+Q+EX) yüklemesi etkisinde S22 gerilmeleri incelendiğinde, yapının doğu cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.36 MPa, kuzey cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.45 MPa, güney cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.42 MPa, batı cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.4 MPa gerilme tespit edilmiştir. Ayrıca yapının kuzey cephesinde çatıda 0.41 MPa, batı cephesinde çatıda 0.48 MPa gerilme, güney cephesinde çatıda 0.44 MPa gerilme ve doğu cephesinde 0.3 MPa gerilme oluşmuştur. Yine Şekil 8'de görüldüğü üzere döşemelerin çeşitli bölgelerinde 0.51 MPa gerilmeler mevcuttur.

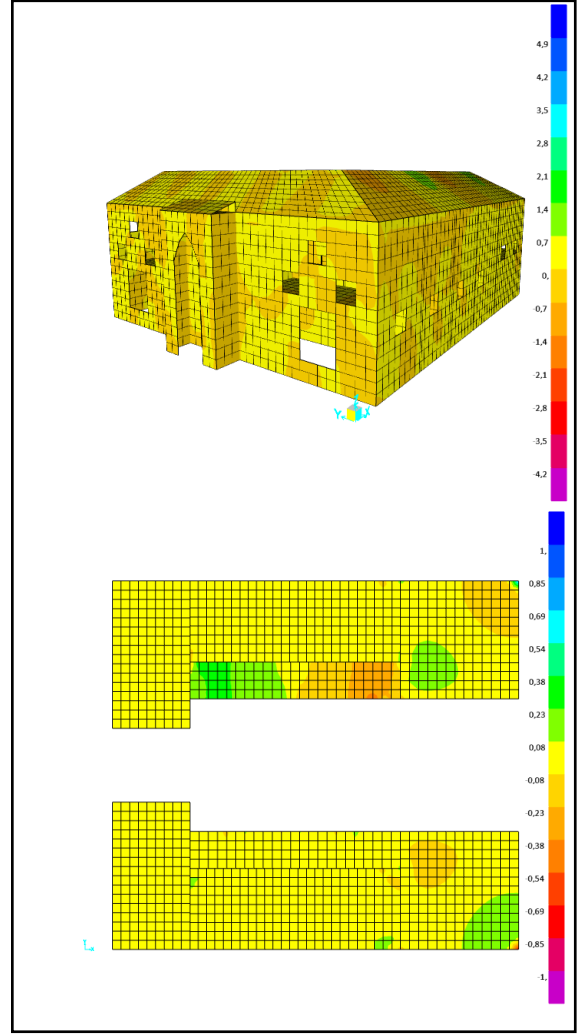
Dinamik analiz sonucunda medresede Şekil 9'da gösterilen (G+Q+EY) yüklemesi etkisinde S22 gerilmeleri incelendiğinde, yapının batı cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.41 MPa, kuzey cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.44 MPa, güney cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.49 MPa ve doğu cephesindeki duvarlarda çeşitli bölgelerde 0.41 MPa gerilme tespit edilmiştir.



Şekil 9. Medresenin S22 gerilmeleri (G+Q+EY), MPa

Ayrıca yapının doğu cephesinde 0.43 MPa, batı cephesinde çatıda 0.45 MPa gerilme, güney cephesinde çatıda 0.47 MPa gerilme ve kuzey cephesinde çatıda 0.44 MPa gerilme oluşmuştur. Şekil 9'da görüldüğü üzere döşemelerin çeşitli bölgelerinde 0.53 MPa gerilmeler mevcuttur.

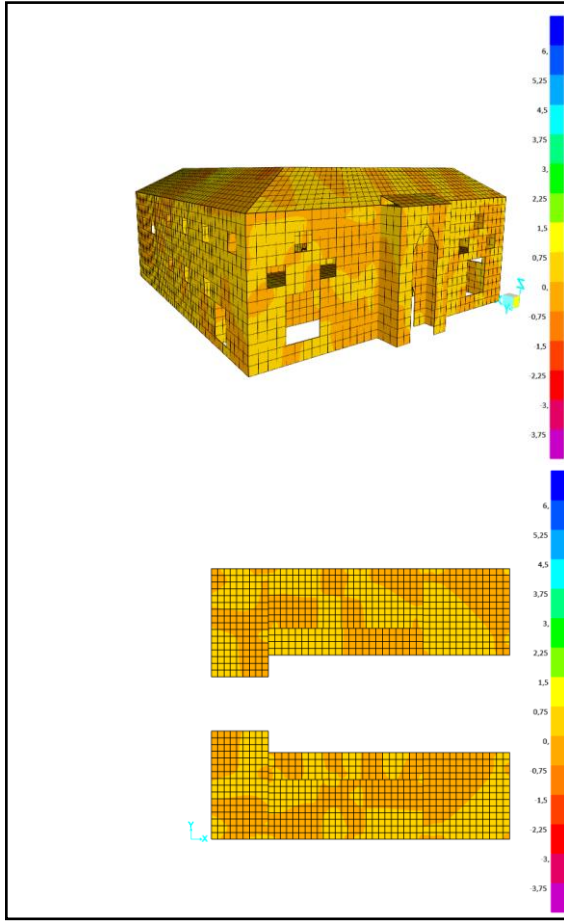
Dinamik analiz neticesinde medresede Şekil 10'da gösterilen (G+Q+EX) yüklemesi etkisinde S12 kayma gerilmeleri incelendiğinde, yapının kuzey cephesinde çatıdaki birleşim yerlerinde 0.25 MPa, batı cephesinde çatıda 0.28 MPa gerilme, güney cephesinde çatıda 0.21 MPa gerilme ve doğu cephesinde 0.31 MPa gerilme oluşmuştur. Yine Şekil 10'de görüldüğü üzere döşemelerin çeşitli bölgelerinde 0.29 MPa gerilmeler mevcuttur.



Şekil 10. Medresenin S12 kayma gerilmeleri (G+Q+EX), MPa

Dinamik analiz neticesinde medresede Şekil 11'de gösterilen (G+Q+EY) yüklemesi etkisinde S12 kayma gerilmeleri incelendiğinde, yapının kuzey cephesinde çatıdaki birleşim yerlerinde 0.3 MPa, batı cephesinde çatıda 0.27 MPa gerilme, güney cephesinde çatıda 0.22 MPa gerilme ve doğu cephesinde 0.32 MPa gerilme oluşmuştur. Yine Şekil 11'de görüldüğü üzere döşemelerin çeşitli bölgelerinde 0.31 MPa gerilmeler mevcuttur.





Şekil 11. Medresenin S12 kayma gerilmeleri (G+Q+EY), MPa

Medresenin geneli incelendiğinde, G+Q+Ex ve G+Q+Ey yüklemeleri altında yapıda meydana gelen gerilmeler beklenen düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Taban kesme kuvvetleri ve momentleri

Base Reactions							
Output Case	Step Type	Global FX	Global FY	Global FZ	Global MX	Global MY	Global MZ
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
G+Q		-3,596 E-10	1,651 E-10	46482, 136	46442 5,44	-55718 4,69	5,884E -09
G+Q+E X	Max	167,9 76	1,855	46487, 568	46449 6,13	55645 4,04	2472,0 965
G+Q+E X	Min	-251,2 57	-3,152	46477, 231	46436 4,76	-55838 2,36	-1657,0 898
G+Q+E Y	Max	1,857	62,79 1	46486, 417	46455 9,64	-55714 0,25	738,86 32
G+Q+E Y	Min	-3,155	-62,36 9	46479, 105	46432 6,81	-55725 0,44	-738,48 01

SAP2000 programının tablolar kısmından alınan, taban kesme kuvvetleri ve momentleri Tablo 5'te gösterilmektedir. Analiz sonucunda elde edilen değerlerin literatüre göre beklenen düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.

## 5. Sonuç

Hazırlanan çalışmada coğrafyamızda önemli yere sahip tarihi yapıda yukarıda bahsedilen bilinçle incelenerek gelecek nesillere dayanıklı şekilde aktarılabilmesi için değerlendirilmeler yapılmıştır. Buna göre Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin deprem etkisi altında yapısal davranışının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda tarihi yapılar hakkında detaylı incelemeler yapılmış ardından kullanılan taşıyıcı malzemeler ve elemanlar ile ilgili araştırmalarda bulunulmuştur. Sonrasında Korkuteli Sinaneddin Medresesi'nin coğrafi konumu belirlenerek modelin yapısal nitelikleri ve mevcut durumu hakkında incelemeler yapılmıştır. Medresenin ince ayrıntısına kadar üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle modellenerek analizleri yapılmıştır. Statik analiz yapılırken medreseye ait olan sabit ve hareketli düşey yükler tesirinde yapının ağırlığı altındaki durumu değerlendirilmiştir. Deprem etkisi altındaki analiz için zaman tanım alanı (Time History) metodu tercih edilerek seçilen Kocaeli depremi ivmeleri, yapının bölgesine özgü olarak tek boyutlu eşdeğer doğrusal analiz yapılmıştır. Bunun nedeni bölgenin özellikleri altında daha gerçekçi bir çözümleme yapılmıştır. Aşağıda maddeler halinde bu çözümlemede elde edilen veriler özetlenmiştir.

Modelin (G+Q) yüklemesine göre statik analize göre, çatının birleşim bölgelerindeki ve birinci kat döşemesinin sütunlar ile birleştiği bölgelerde gerilmelerin yoğunluğunun fazla olmasından kaynaklı zamanla hasar oluşma olasılığı vardır. Bazı döşeme kenarlarında düşey gerilmeler sınır değere çok yakın olmasından kaynaklı bu bölgelerde çatlak oluşma ihtimali vardır. Modelin geneline bakılarak yapının kendi öz ağırlığı altında, düşey yükler etkisinde meydana gelen gerilmelerin ve yer değiştirmelerin güvenli tarafta olduğu ve modelin bütünlüğünü bozacak kadar bir hasara vesile olmayacağı değerlendirilmiştir.

Deprem yükleri altında dinamik analize göre, çatı da meydana gelen birkaç birleşim bölgelerindeki yer değiştirmeler dışında önemli derecede bir deplasman görülmemiştir. Ayrıca mesnetlerde oluşan kesme kuvvetleri ve

momentlerde de yapıyı etkileyecek bir duruma rastlanılmamıştır.

- ✚ (G+Q+EX) yüklemesi neticesinde, S11 gerilmeleri değerlendirilecek olursa modelin birinci kat döşemeleri ile sütunların birleştiği bölgelerde 0.50 MPa'lık gerilme sınır değere yakındır. S22 gerilmeleri incelenecek olursa modelde döşemelerin çeşitli bölgelerinde 0.51 MPa'lık gerilmeler sınır değere yakındır. S12 gerilmeleri neticesinde önemli derecede gerilme meydana gelmemiştir.
- ✚ (G+Q+EY) yüklemesi neticesinde, S11 gerilmeleri değerlendirilecek olursa modelin birinci kat döşemeleri ile sütunların birleştiği bölgelerde 0.52 MPa'lık gerilme sınır değere yakındır. S22 gerilmeleri incelenecek olursa modelde döşemelerin çeşitli bölgelerinde 0.53 MPa'lık gerilmeler sınır değere yakındır. S12 gerilmeleri neticesinde önemli derecede gerilme meydana gelmemiştir.

Yapılan çalışma neticesinde günümüzün geçmişe ışık tutan tarihi eserleri hakkında verilen bilgiler ve özelleştirilerek incelenmiş tarihi yapı hakkında yapılan değerlendirmeler kapsamında elde edilen sonuçlar ile önümüzdeki süreçlerde bu konular hakkında yapılacak çalışmalara öncü olunması hedeflenmiştir. Ayrıca geçmişini koruma bilinciyle yapılacak bu çalışmaların tarihi medeniyetlere saygı ve farklı taşıyıcı sistemleri anlamlandırabilmek için önem arz ettiği kanısına varılmaktadır.

## Kaynaklar

- [1] Armağan, K., (2012). *Tarihi Yapılarında Kullanılan Fonksiyonelliğin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [2] Durutürk, G., (2012). *Yalvaç Hamidiye Cami Deprem Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [3] Pergel, Ş., (2013). *Tarihi Yapılarda Onarım-Güçlendirme Çalışmaları ve Amasya Taşhan Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [4] Aslan, A. (2016). *Süleymaniye Camii'nin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansının Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [5] Uğuz, S. (2016). *Tarihi Yığma Bir Binanın Deprem Güvenlik Analizi: Tarihi Konya- Gazi Lisesi (Darü'l Muallim) Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [6] Günaydın, M. (2018). *Tarihi Bir Yığma Minarenin Onarım Sonrasındaki Dinamik Karakteristiklerinin*

*Deneyisel Olarak Belirlenmesi*. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (2), 381-395. doi:10.17714/gumusfenbil.380711.

- [7] Korkmaz, S. Z., (2007). *Kırsal Konutların Deprem Güvenliğinin Arttırılması*. (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [8] Binler, H. & Kılıcı, A. (1995). *Vakıflar Dergisi*. Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları, 25, 165-197.
- [9] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
- [10] TS-498, (1997). Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [11] Çal, G., (2015). *Ortaköy Büyük Mecidiye Camii'nin deprem etkisi altında yapısal davranışının değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)