



## YIĞMA KULE YAPILARININ SİSMİK DAVRANIŞI ÜZERİNDE FARKLI MALZEME ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Elifnur ŞAKALAK\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

### Makale Bilgisi

Geliş tarihi:20.04.2023  
Kabul Tarihi:29.05.2023  
Yayın tarihi:29.06.2023

### ÖZET

Bu çalışmada yapılarda kullanılan farklı malzemelerin yığma taşıyıcı sistemli kule yapının deprem davranışı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla yığma kule yapısının 3 boyutlu sonlu elemanlar modeli SAP2000 bilgisayar programında oluşturulmuştur. Yapının taş ve tuğla olarak iki ayrı modeli oluşturulmuştur. Modeller üzerinde modal analiz, yapının kendi ağırlığı altında statik analizi, tepki spektrumu analizi ve zaman tanım alanında doğrusal dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Zaman tanım alanında analiz için Türkiye’de yakın zamanda meydana gelen Pazarcık ve Elbistan depremlerinin ivme kayıtları kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler ile taş ve tuğla modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Modal analiz sonucunda tuğla modelin periyot değerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapının tepe noktasındaki en büyük yatay yer değiştirme değerleri karşılaştırıldığı zaman yapılan bütün analizlerde tuğla modelde daha büyük yer değiştirme elde edilmiştir. Yapının kendi ağırlığı altında statik analizi ile sismik analizleri neticesinde yapıda oluşan gerilmeler taş modelde daha büyük sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler;

Deprem, Kule, Malzeme, Sismik analiz, Yığma

## INVESTIGATION OF DIFFERENT MATERIAL EFFECTS ON THE SEISMIC BEHAVIOR OF MASONRY TOWER STRUCTURES

### Article Info

Received: :20.04.2023  
Accepted: 29.05.2023  
Published: 29.06.2023

### ABSTRACT

In this study, the effects of different materials used in the buildings on the earthquake behavior of the masonry carrier system tower structure were investigated. For this purpose, a 3-dimensional finite element model of the masonry tower structure was created in the SAP2000 computer program. Two different models of the building, stone and brick, were created. Modal analysis, static analysis of the structure under its own weight, response spectrum analysis and linear dynamic analysis in the time history analysis were performed on the models. The acceleration records of the Pazarcık and Elbistan earthquakes that occurred recently in Turkey were used for time history analysis. The data obtained as a result of the analyzes and the results of the stone and brick models were compared. As a result of the modal analysis, it was determined that the period value of the brick model was higher. When the maximum horizontal displacement values at the apex of the structure are compared, greater displacement was obtained in the brick model in all analyzes. As a result of the static analysis of the structure under its own weight and seismic analyzes, the stresses in the structure gave greater results in the stone model.

Keywords;

Earthquake, Masonry, Material, Seismic analysis, Tower

## 1. Giriş

Türkiye jeolojik konumu gereği sahip olduğu aktif faylar nedeniyle deprem afetinin en çok meydana geldiği ülkelerden biridir. Yığma taşıyıcı sistemle inşa edilen yapılarda kullanılan gevrek malzemeler depreme karşı zayıftırlar. Yığma yapılarda kullanılan malzemelerin deprem gibi etkiler altında taşıma kapasitelerinin aşılması sonucu yapılarda çatlaklar oluşur ve yapıda hasar meydana gelir.

Yığma türünde inşa edilen kule tipi yapılar uzun ve narin yapılar oldukları için depreme karşı daha hassastırlar. Literatürde yığma tarzda inşa edilen yapılar ve kule tipi yapılarla ilgili birçok çalışma vardır.

Pekgökgöz vd. (2022), çalışmalarında yığma bir kulenin sismik analizini gerçekleştirmişlerdir. Analiz neticesinde yığma olarak inşa edilen kulenin basınç dayanımı yüksek olmasına rağmen kayma gerilmelerine karşı dayanımının düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Kılıç ve Bozdağan (2020), yığma türünde inşa edilen bir caminin minaresine doğrusal dinamik analiz uygulamışlardır. Yapıyı çubuk ve kabuk eleman olarak modelleyip sonuçları karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda birbirlerine yakın değerler elde etmişlerdir. Ural ve Celik (2018), çalışmalarında Aksaray ilinde bulunan yığma taşıyıcı sistemli 7 farklı minarenin deprem etkisindeki davranışını incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda minarelerin çekme gerilmelerine karşı dayanıklı olmadıklarını görmüşlerdir.

Güdü (2021), çalışmasında iki farklı ahşap minareyi laboratuvarında ölçekli modelleyip farklı deprem etkileri ile modellerin deplasman ve gerilme değerlerine ulaşmıştır. Birinci modelde kirişler ve dikme arasında çaprazlamalar dışında ise kabuk elemanlar kullanmıştır. Çalışma sonucunda çapraz modelden elde edilen deplasman değerlerinin kabuk modele göre en az 4 kat kadar daha fazla olduğunu ve kabuk modelin rijit davranış gösterdiğini görmüştür. Her iki modelde de gerilmelerin alt kotlarda maksimum değerlerde olduğunu görmüştür.

Yanık vd. (2022), çalışmalarında Trabzon'da bulunan tarihi minarelerde farklı zamanlarda ve farklı çevre koşullarında yapılan ölçümlerle minarelerin dinamik özelliklerini incelemişlerdir.

Avcil vd. (2022), 2018 deprem yönetmeliğinde verilen farklı tasarım spektrumlarının bir anıtsal

yığma yapı üzerindeki deprem davranışına etkilerini araştırmışlardır. Tasarım spektrumlarının değişmesinin yapısal analizleri büyük ölçüde etkilediğini görmüşlerdir.

Işık ve Antep (2018), çalışmalarında tarihi yığma bir minarenin farklı deprem yüklemeleri altında sismik davranışını incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda en fazla hasar oluşacak bölgelerin yapının en kesitlerinin değişim gösterdiği bölgeler olduğunu vurgulamışlardır.

Erkek (2021), çalışmasında yığma bir kulenin başlangıç modelini oluşturmuştur. Modelin mod şekilleri ile doğal frekanslarını bulmuştur. Daha sonra Operasyonel Modal Analiz Yöntemi ile deneysel mod ve frekansları elde edip başlangıç modelini güncellemiştir. Güncellenmiş model üzerinde statik itme ile zaman tanım alanında dinamik analizini gerçekleştirmiştir. Korkmaz (2014), çalışmasında farklı türde malzemeler kullanarak malzemelerin yığma yapı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yığma bir yapı üzerinde zaman tanım alanında analiz gerçekleştirerek malzemeleri karşılaştırmıştır. Analizler sonucunda elastisite modülünün artması ile yapıda meydana gelen yer değiştirmelerin azaldığını görmüştür.

Bu çalışmada yapılarda kullanılan farklı malzemelerin yığma bir kule yapısının sismik davranışa etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla yapı SAP2000 programında modellenerek model üzerinde modal analiz, yapının kendi ağırlığı altında statik analizi, tepki spektrumu analizi ve zaman tanım alanında doğrusal analizi yapılmıştır. Zaman tanım alanında analiz için yakın zamanda Türkiye'de meydana gelen 2 farklı depremin ivme kayıtları kullanılmıştır.

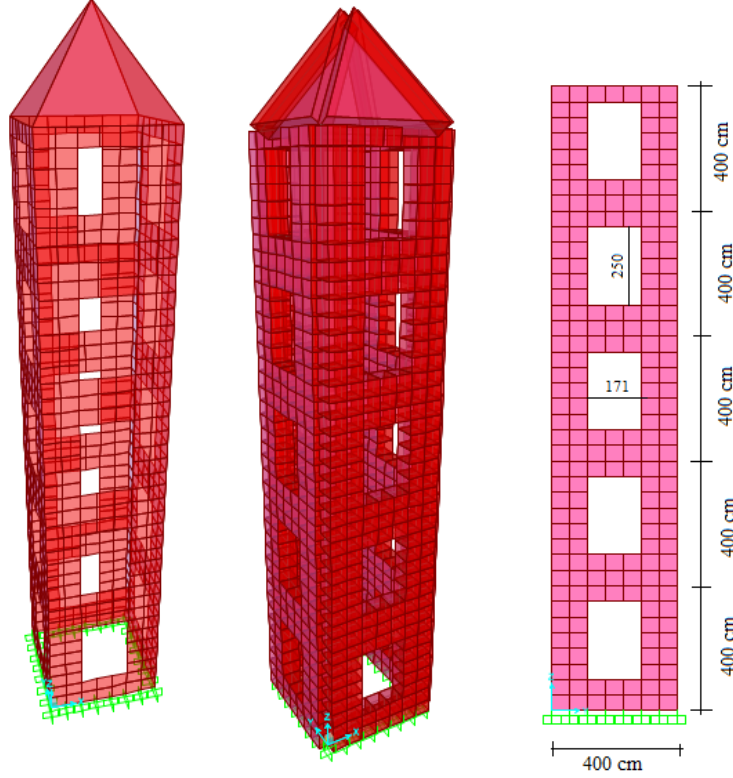
## 2. Kule Yapısının Modellenmesi

Çalışma kapsamında, kule yapısı SAP2000 programında modellenmiştir. Modelin tabanı 400\*400 cm<sup>2</sup> olup kare planlıdır. Yapının piramit kısmı dahil toplam yüksekliği 23 m'dir. Model tuğla ve taş olmak üzere iki malzeme kullanılarak ayrı ayrı modellenmiştir. Malzemelerin kalınlıkları 70 cm'dir. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzemelerin özellikleri literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan malzeme özelliklerinden alınmıştır (Mutlu ve Şahin, 2016; Işık ve Antep, 2018). Malzemeler ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kullanılan malzeme özellikleri.

Malzeme	Elastisite Modülü (MPa)	Birim Hacim Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Poisson Oranı
Taş	10000	24	0.2
Tuğla	3000	17.65	0.18

Kule yapısı shell olarak modellenmiştir ve zemine ankastre mesnet ile bağlantısı sağlanmıştır. Modelde toplam 824 shell alan oluşturulmuştur. Zemine aktarılan noktalarda 28 adet ankastre mesnet tanımlanmıştır. Yapının modeline ait görünüşler Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1.** Model görünüşleri.

### 3. Sismik Parametrelerin Belirlenmesi

Isparta’da bulunduğu varsayılan kule yapısının sismik davranışını elde etmek için yakın zamanda Türkiye’de meydana gelen 2 büyük depremin ivme kayıtları kullanılmıştır. Depremlerin ivme kayıtlarına Türkiye İvme Veri Tabanı ve Arşiv Sisteminden (TADAS) ulaşılmıştır. Kullanılan depremlere ait bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Analizde kullanılan depremler.

Deprem	İstasyon	Mw
6 Şubat 2023 Pazarcık	Pazarcık/Kahramanmaraş	7.7 (Mw)
6 Şubat 2023 Elbistan	Elbistan/Kahramanmaraş	7.6 (Mw)

Yapının bulunduğu düşünülen bölgenin deprem parametrelerini elde etmek için Türkiye Deprem Tehlike Haritası interaktif web uygulaması (AFAD)

kullanılmıştır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018’de (TBDY 2018) verilen deprem yer hareketi düzeyi 2 (DD-2) için sismik parametreler elde edilmiştir. Elde edilen parametreler Tablo 3’te gösterilmiştir.

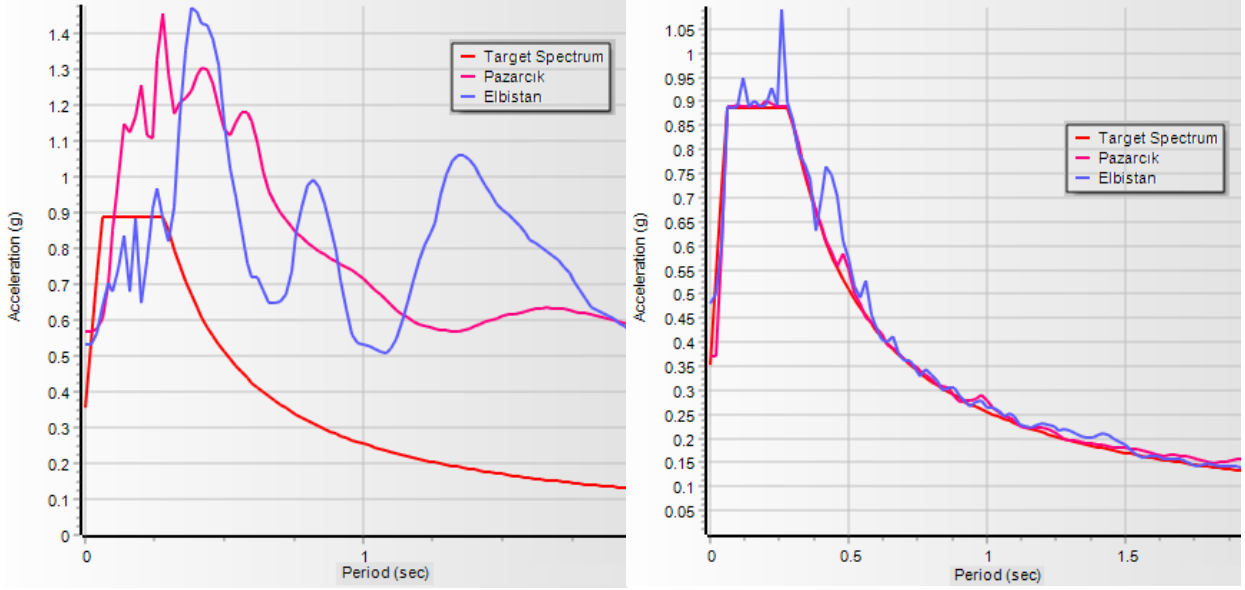
**Tablo 3.** Deprem parametreleri (AFAD).

Parametre	Değer
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı ( $S_s$ )	0.738
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı ( $S_1$ )	0.170
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{DS}$ )	0.889
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{D1}$ )	0.255

Kule yapısının bulunduğu bölgenin depremselliği ile analizde kullanılan depremlerin ivme zaman grafikleri Seismomatch programı ile eşleştirilmiştir. Yatay elastik tasarım spektrumlarının orjinal halleri

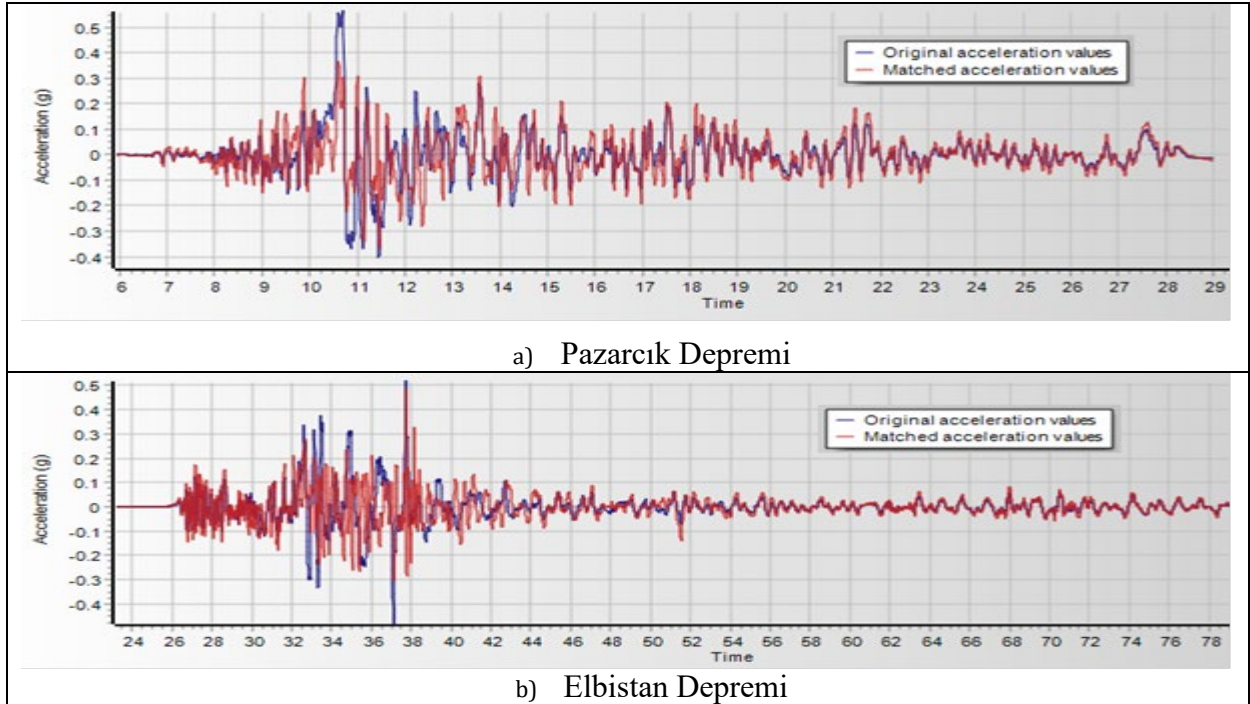
ile eşleştirilmiş durumları Şekil 2’de verilmiştir. Depremlerin orijinal ve eşleştirilmiş ivme zaman

grafikleri Tablo 4’te verilmiştir. Tüm deprem yüklemeleri için East bileşeni alınmıştır.



Şekil 2. Orijinal ve eşleşmiş yatay elastik tasarım spektrumu (Seismo Match).

Tablo 4. Orijinal ve eşleştirilmiş ivme kayıtları (Seismo Match).



#### 4. Bulgular ve Tartışma

Isparta ilinde inşa edildiği varsayılan yığma taşıyıcı sistemli bir kule yapısı tuğla ve taş olarak SAP2000 programında 3 boyutlu modellenmiştir. Modeller üzerinde yapının kendi ağırlığı altındaki statik analizi, modal analizi, tepki spektrumu analizi ve zaman tanım alanında doğrusal dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar programda

tanımlanan taş ve tuğla modeller için karşılaştırılmıştır. Yapı x ve y yönünde simetrik modellendiği için deprem yüklemeleri x yönü için yapılmıştır.

##### 4.1. Modal analiz

Model üzerinde yapılan modal analiz sonucunda kule yapısının mod şekilleri ile periyotları elde edilmiştir. Tuğla ile taş malzemelerden oluşan iki



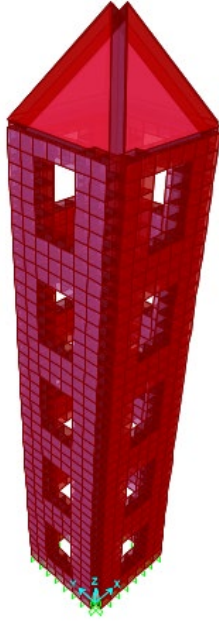
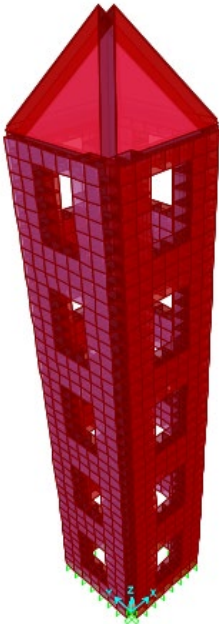
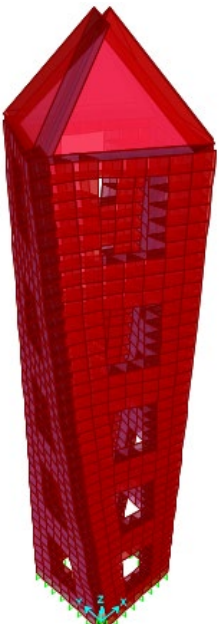
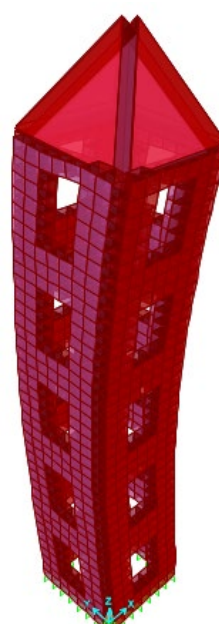
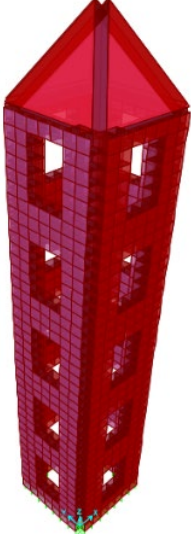
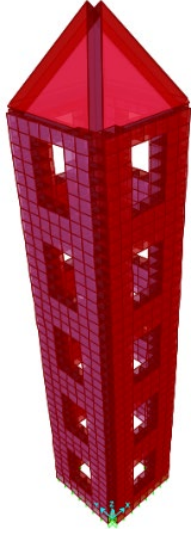
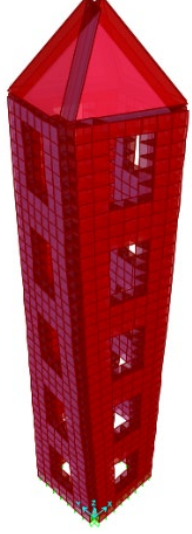
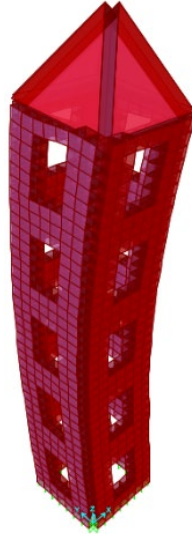
ayrı modal analizinin birinci modlarına ait periyot değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** Modellerin birinci modlarına ait periyot değerleri

Model	Periyot (sn)
Tuğla Model	0.31
Taş Model	0.33

Tuğla malzemesi ile modellenen yapının periyodu 0.52 sn gelmiştir. Taş malzeme modelinden elde edilen periyot değeri ise 0.33 sn’dir. Taşa göre tuğla malzemenin periyodunda %57.6 artış olduğu görülmüştür. Taş model daha rijit olduğu için periyodunda azalma meydana gelmiştir. Taş ve tuğla modellerinden elde edilen ilk 4 modun periyotları ve mod şekilleri Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6.** Modellerin ilk 4 moduna ait mod şekilleri ve periyot değerleri

Taş Modele Ait Periyot Değerleri ve Mod Şekilleri			
			
1. Mod T: 0.33 sn	2. Mod T: 0.32 sn	3. Mod T: 0.13 sn	4. Mod T: 0.08 sn
Tuğla Modele Ait Periyot Değerleri ve Mod Şekilleri			
			
1. Mod T: 0.52 sn	2. Mod T: 0.51 sn	3. Mod T: 0.2 sn	4. Mod T: 0.13 sn

## 4.2. Yapının kendi ağırlığı altında statik analizi

### 4.2.1. En büyük relatif yer değiştirme sonuçları

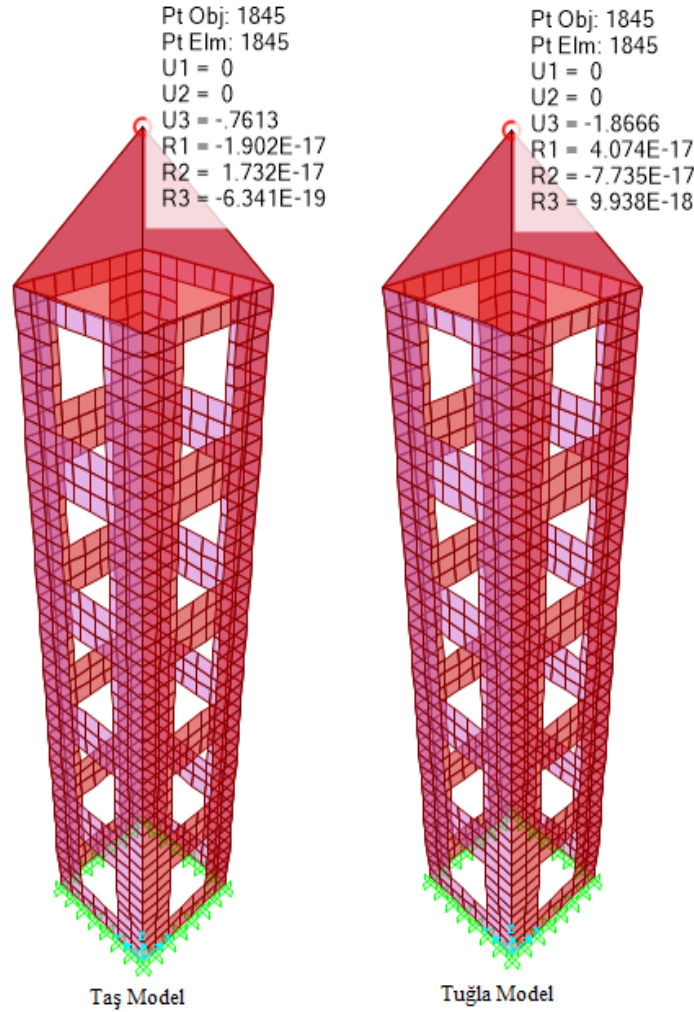
Yapının kendi ağırlığı altında yapılan statik analizi sonucunda en büyük relatif yer değiştirme değerinin her iki model için de kulenin tepe noktasında olduğu görülmüştür. Sırasıyla taş ve tuğla modellerin tepe noktalarının maksimum yer değiştirme değerleri Şekil 3'te verilmiştir.

Taş modelin tepe noktasında meydana gelen maksimum yer değiştirme 0.76 mm, tuğla modelde yaklaşık 1.87 mm gelmiştir. Taş modelden elde edilen tepe noktasındaki en büyük yer değiştirme değeri % 59.36 daha küçük elde edilmiştir. Taş modelin elastisite modülü tuğla modele göre daha büyük olduğu için ve buna bağlı olarak daha rijit olduğu için yer değiştirme değeri daha küçük gelmiştir.

### 4.2.2. Gerilme sonuçları

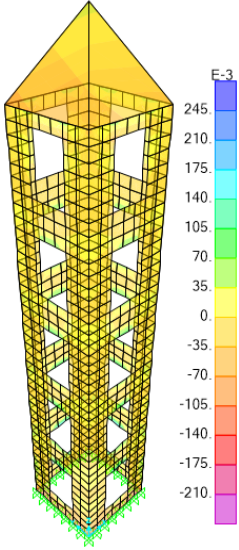
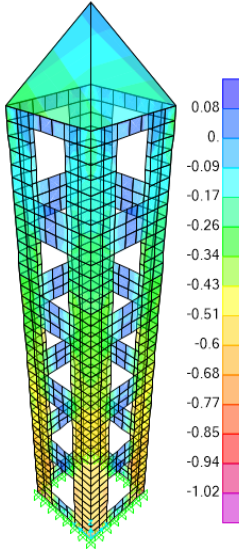
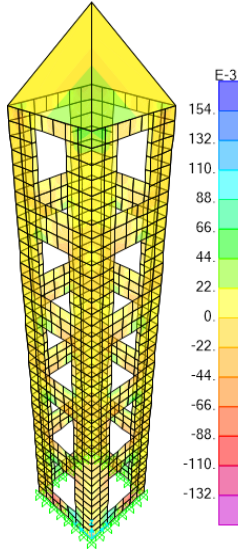
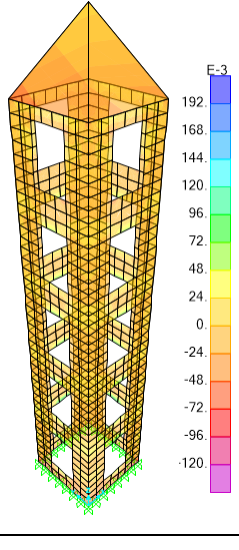
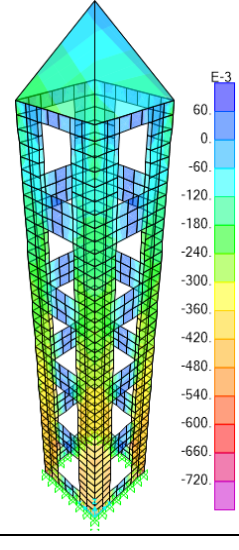
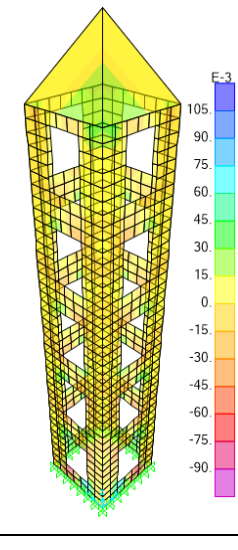
SAP2000 programının formatına göre analiz sonucunda oluşan çekme, basınç ve kesme gerilmeleri  $S_{ij}$ ; i yüzeyinde j yönündeki gerilmeyi temsil etmektedir. Çekme veya basınç gerilmeleri S11 veya S22 olarak ve kayma gerilmeleri S12 olarak tanımlanır.

Tuğla ve taş modellerinin kendi ağırlığı altında oluşan basınç, çekme ve kayma gerilmelerinin yapı üzerindeki dağılımlarını gösteren gerilme konturları Tablo 7'de verilmiştir. Taş modelin S11 grafiğinde mutlak değerce maksimum gerilme 0.25 MPa, S22 grafiğinde 1.06 MPa ve S12 grafiğinde 0.14 MPa gelmiştir. Tuğla modelin S11, S22 ve S12 gerilme değerleri ise sırasıyla 0.18 MPa, 0.76 MPa ve 0.10 MPa'dır. Taş modelden elde edilen S11, S22 ve S12 gerilme değerleri tuğla modele göre sırasıyla %38.9, %39.5 ve %40 artış göstermiştir.



Şekil 3. Modellerin relatif yer değiştirme değerleri

**Tablo 7.** Modellere ait gerilme konturları

Taş Modele Ait Gerilmeler		
		
S11 0.25 MPa	S22 1.06 MPa	S12 0.14 MPa
Tuğla Modele Ait Gerilmeler		
		
S11 0.18 MPa	S22 0.76 MPa	S12 0.10 MPa

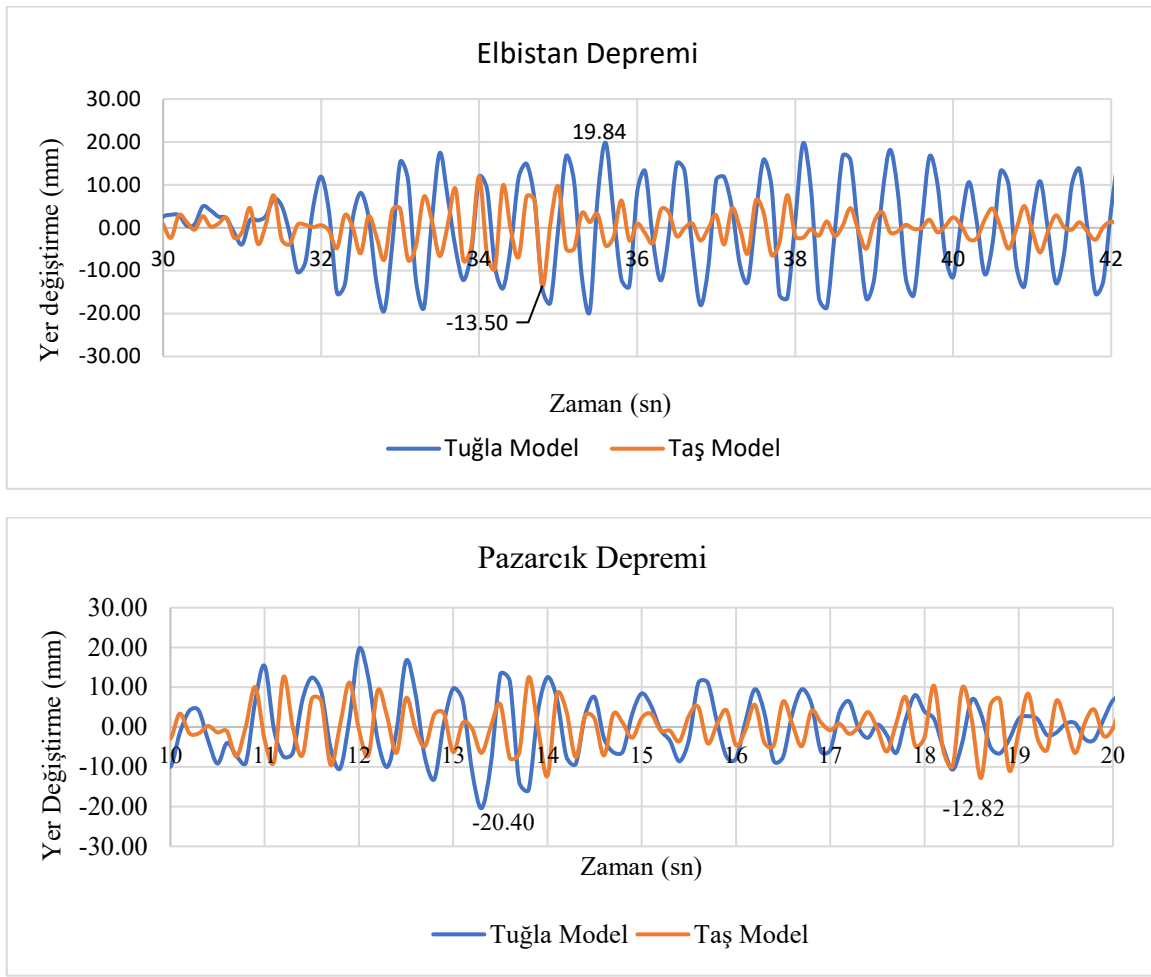
### 4.3. Sismik analiz

#### 4.3.1. En büyük relatif yer değiştirme sonuçları

Tuğla ve taş modellerin her ikisine de yapılan sismik analizler sonucunda kule yapısının en büyük relatif yer değiştirmesi tepe noktasında meydana gelmiştir.

Zaman tanım alanında analiz sonucu yapının tepe noktasında oluşan maksimum yer değiştirme değerleri her iki model için de Şekil 4'te yer değiştirme zaman grafiği olarak verilmiştir. Tuğla modelden elde edilen yer değiştirme değerleri taş modelden elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında Elbistan ile Pazarcık depremleri için sırasıyla %47 ve %59 artış meydana gelmiştir.



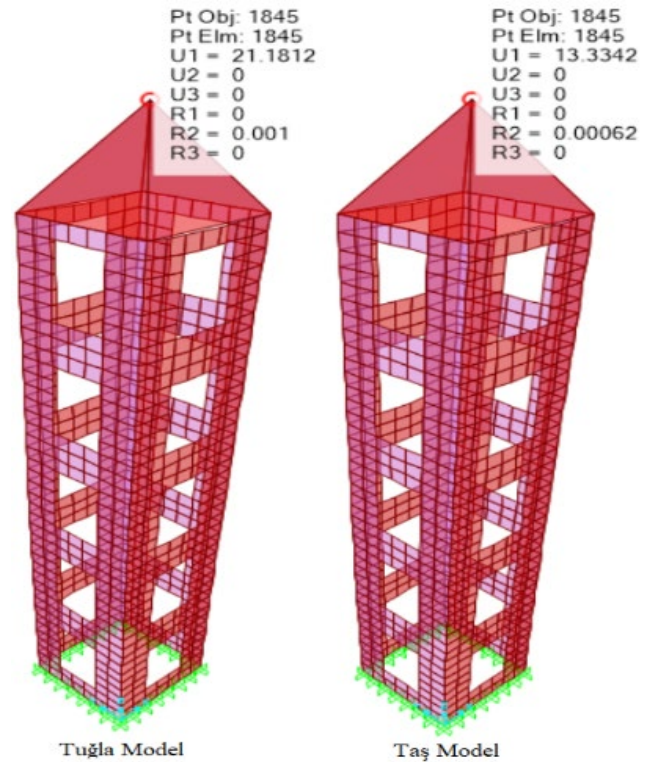


**şekil 4.** Kulenin tepe noktasında elde edilen yer değiştirme-zaman grafiği

Response spectrum analizinden elde edilen sonuçlar, zaman tanım alanında analiz sonuçlarına benzerlik göstermiştir ve tuğla modelde daha büyük yer değiştirme meydana gelmiştir. Tuğla ve taş modeller için response spectrum analizinden elde edilen tepe noktasındaki maksimum yer değiştirme sonuçları şekil 5'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde tuğla modelde 21.18 mm, taş modelde 13.33 mm maximum yer değiştirme meydana gelmiştir. Taş modele göre tuğla modelde yaklaşık %59 artış olduğu grlmştir.

#### 4.3.2. Gerilme sonuçları

Response spectrum analizi ile zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda tuğla ve taş modellerin S11, S22 ve S12 gerilme değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde taş modelde tuğla modele göre daha yüksek gerilmelerin olduğu görülmektedir. Tablo 9'da Elbistan depreminin ivme kayıtları kullanılarak yapılan zaman tanım alanında analiz sonucundan elde edilen gerilme grafikleri her iki model için de verilmiştir. Bu grafiklerde gerilme yığılmalarının kule yapısındaki boşluklarda olduğu grlmştir.

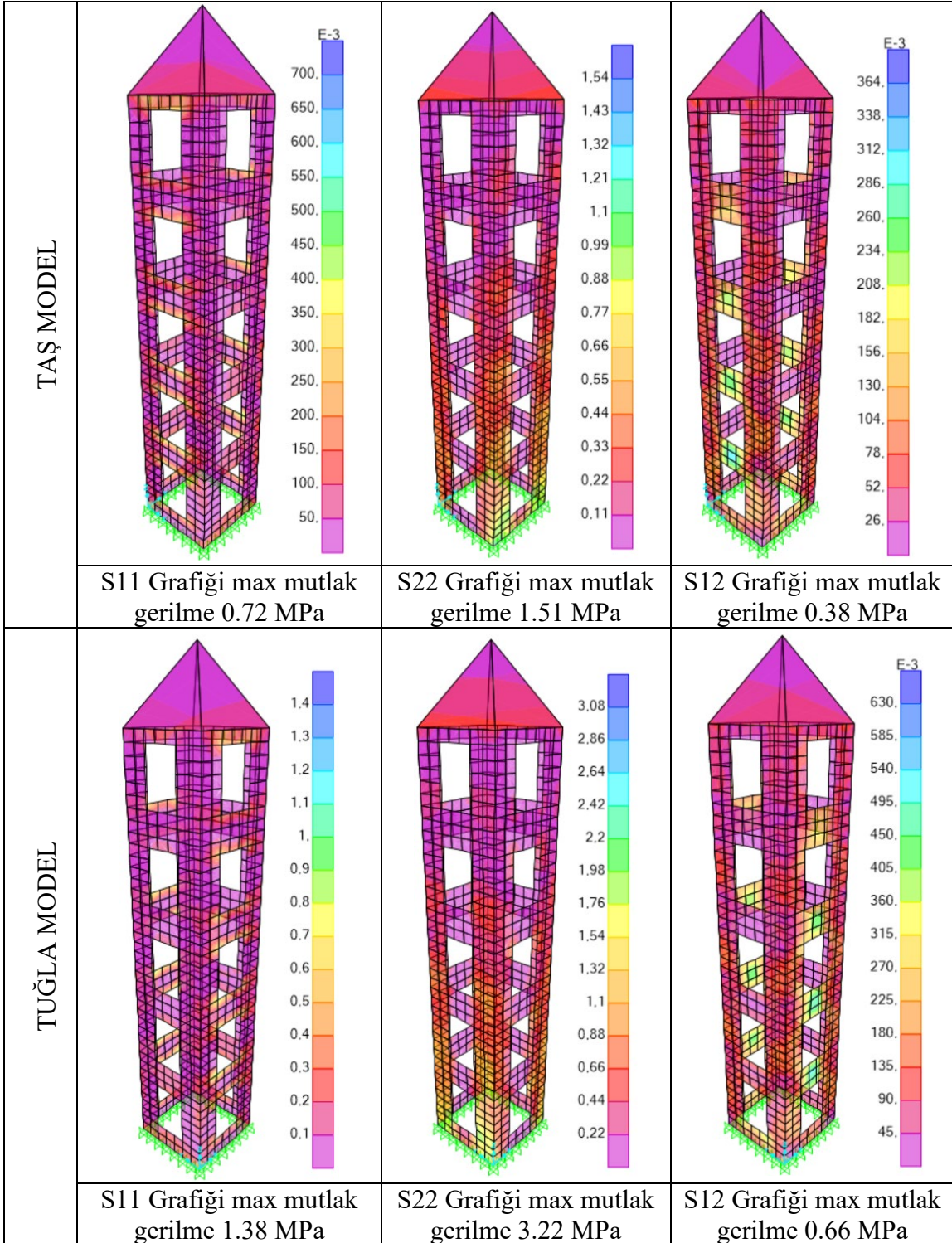


**şekil 5.** Modellerin tepe noktasındaki yer değiştirme değerleri



**Tablo 8.** Tuğla ve taş modellerin S11, S22 ve S12 gerilme değerleri

TUĞLA MODEL				TAŞ MODEL		
Yüklemeler	S11	S22	S12	S11	S22	S12
Pazarcık Depremi	0.72 MPa	1.58 MPa	0.36 MPa	1.41 MPa	3.17 MPa	0.75 MPa
Elbistan Depremi	0.72 MPa	1.51 MPa	0.38 MPa	1.38 MPa	3.22 MPa	0.66 MPa
Response Spektrum	0.72 MPa	1.55 MPa	0.4 MPa	1.44 MPa	3.23 MPa	0.80 MPa

**Tablo 9.** Modellerin Elbistan depremine ait gerilme konturları

## 5. Sonuçlar

Çalışmada Isparta’da inşa edildiği düşünülen yığma bir kulenin modal analizi, kendi ağırlığı altında statik analizi, response spektrum analizi ile zaman tanım alanında analizi gerçekleştirilmiştir. Yapının SAP2000 programında sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Kule yapısının taş ve tuğla malzemeler kullanılarak iki farklı modeli oluşturulmuştur. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar kısaca aşağıda verilmiştir.

- ❖ Yapılan modal analiz sonucunda tuğla modelli yapının periyodu 0.52 sn ve taş malzeme modelinden elde edilen yapı periyodu ise 0.33 sn gelmiştir. Taşa göre tuğla malzemenin periyodunda %57.6 artış olduğu görülmüştür.
- ❖ Yapının kendi ağırlığı altında yapılan statik analizi sonucunda her iki modelde de (tuğla ve taş) en büyük relatif yer değiştirme kulenin tepe noktasında meydana gelmiştir.
- ❖ Taş modelin tepe noktasında meydana gelen maksimum relatif yer değiştirme 0.76 mm, tuğla modelin ise yaklaşık 1.87 mm gelmiştir. Taş modelden elde edilen tepe noktasındaki en büyük relatif yer değiştirme değeri %59.36 daha küçük elde edilmiştir.
- ❖ Tuğla ve taş modellerinin kendi ağırlığı altında oluşan basınç, çekme ve kayma gerilmeleri incelendiğinde, taş modelden elde edilen S11, S22 ve S12 gerilme değerleri tuğla modele göre sırasıyla %38.9, %39.5 ve %40 artış göstermiştir.
- ❖ Sismik analizler sonucunda kulede oluşan en büyük relatif yer değiştirme yapının tepe noktasında meydana gelmiştir.
- ❖ Zaman tanım alanında analizde, taş modele göre tuğla modelden elde edilen en büyük relatif yer değiştirme değerlerinde Elbistan depreminde yaklaşık %47, Pazarcık depreminde yaklaşık %59 artış meydana gelmiştir.
- ❖ Response spectrum analizinden elde edilen yer değiştirme değerleri tuğla modelde 21.18 mm, taş modelde 13.33 mm elde edilmiştir. Taş modele göre tuğla modelde yaklaşık %59 artış olduğu görülmüştür.

- ❖ Response spectrum analizi ile zaman tanım alanında yapılan analizler sonucunda tuğla ve taş modellerinin S11, S22 ve S12 gerilme değerleri incelendiği zaman taş modelde tuğla modele göre daha yüksek gerilmelerin olduğu görülmüştür.

## 6. Kaynaklar

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Earthquake. Erişim Tarihi: 02.03.2023 <https://tadas.afad.gov.tr/>
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara, Türkiye.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması. Erişim Tarihi: 10.03.2023 <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>
- Avcil, F., Işık, E., Bilgin, H., Özmen, H.B., 2022. TBDY-2018’de Verilen Tasarım Spektrumlarının Anıtsal Yığma Yapı Sismik Davranışına Etkisi. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9, (16), 165-177.
- Erkek, H., 2021. Yığma Yapıların Çevresel Titreşim Verileri Kullanılarak Deprem Davranışının İncelenmesi: Adana Büyük Saat Kulesi Örneği. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 191s., Elâzığ.
- Güdü, D. 2021. Ahşap Minarelerin Taşıyıcı Sistem Özellikleri ve Deprem Davranışlarının İncelenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s., Bursa.
- Işık, E., Antep, B., 2018. Ahlat İlçesinde Yer Alan Tarihi Yığma Minarenin Yapısal Analizi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7, (1), 46-56.
- Kılıç, İ., Bozdoğan, K. B., Aydın, S., Gök, S. G., Gündoğan, S., 2020. Kule Tipi Yapıların Dinamik Davranışının Belirlenmesi: Kırklareli Hızırbey Camii Minaresi. Politeknik Dergisi, 23, (1), 19-26.

- Korkmaz, A., 2014. Farklı Yapısal Malzeme Özelliklerinin Yığma Yapı Davranışına Etkisi. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3, (1), 69-78.
- Mutlu, Ö., Şahin, A., 2016. Investigating the Effect of Modeling Approaches on Earthquake Behavior of Historical Masonry Minarets-Bursa Grand Mosque Case Study. Sigma, 7, (2), 123-136.
- Pekgökgöz, R., Avcil, F., Baltacı, G., Gürel, A., 2022. Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 35, 455-463.
- SAP2000. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual. Computer and Structures Inc., Berkeley, California,
- Seismosoft, 2023. SeismoMatch 2023-A Computer Program for Spectrum Matching of Earthquake Records.
- Ural, A., Celik, T., 2018. Dynamic Analyses and Seismic Behavior of Masonry Minarets with Single Balcony. Aksaray University Journal of Science and Engineering, 2, (1), 13-27.
- Yanık, Y., Türker, T., Çalık, İ., Yıldırım, Ö., 2022. Tarihi Yığma Minarelerde Çevresel ve Zamana Bağlı Etkilerin Titreşim Testi Yardımıyla İncelenmesi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37, 2, 799-813.