



**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİR EĞİTİM BİNASI ÖZELİNDE MEVCUT YIĞMA BİNALARIN  
DEPREM DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ**

**İhsan Kasım KARATAŞ**

**DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Barış YILDIZLAR**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

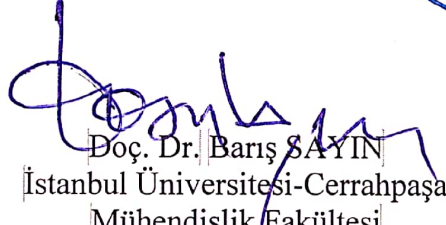
**İnşaat Mühendisliği Programı**

**İSTANBUL-2020**

Bu çalışma, 13.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliğı Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

  
Dr. Öğr. Üyesi Barış MILDIZLAR (Danışman)  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi

  
Doç. Dr. Barış SAYIN  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi

  
Prof. Dr. Barış SEVİM  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İnşaat Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada tarihi yığma yapıların sismik performansı örnek bir yapı üzerinde incelenmiştir. Aynı zamanda sonuçlar, mevcut deprem yönetmeliğine göre tahkik edilip, yönetmeliğin tarihi yapılar üzerinde verimliliği tartışılmıştır.

Tez çalışmamın gerçekleşmesinde, ilgisini ve değerli bilgi birikimini esirgemeyen, tecrübesiyle bana destek olan ve yol gösteren saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Barış YILDIZLAR' a sonsuz teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tecrübeleriyle ve fikirleriyle tezime ışık tutan sayın jüri üyeleri Prof. Dr. Barış SEVİM ve Doç. Dr. Barış SAYIN' a teşekkür ederim.

Tez sürecinde karşılaştığım ciddi problemlerde bana yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÇELİK, Doç. Dr. Turgay ÇOŞGUN, Arş. Gör. Dr. Barış GÜNEŞ, Arş. Gör. Dr. Cihan ÖSER, Arş. Gör. Kaan İlker DEMİREZEN' e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Hayatımın her safhasında ve özellikle tez çalışmam boyunca hiçbir maddi ve manevi desteği esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ocak 2020

İhsan Kasım KARATAŞ

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

|                                                                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ÖNSÖZ .....                                                                                                       | iv        |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                  | v         |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                                                               | vii       |
| TABLO LİSTESİ.....                                                                                                | x         |
| SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....                                                                                    | xi        |
| ÖZET .....                                                                                                        | xiii      |
| SUMMARY .....                                                                                                     | xiv       |
| <b>1. GİRİŞ.....</b>                                                                                              | <b>1</b>  |
| 1.1.    KONU .....                                                                                                | 1         |
| <b>2. GENEL KISIMLAR.....</b>                                                                                     | <b>4</b>  |
| 2.1.    KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR .....                                                                          | 4         |
| 2.2.    ÇALIŞMANIN KAPSAM VE AMACI .....                                                                          | 9         |
| <b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>                                                                                  | <b>11</b> |
| 3.1.    TARİHİ YIĞMA YAPILARIN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ .....                                                 | 11        |
| 3.1.1.    Ön Çalışmalar .....                                                                                     | 11        |
| 3.1.2.    Yapıya Etkiyen Yükler .....                                                                             | 11        |
| 3.1.3.    Sonlu Eleman Modeli .....                                                                               | 12        |
| 3.1.4.    Doğrusal Analiz.....                                                                                    | 12        |
| 3.1.5.    Mod Birleştirme Yöntemi.....                                                                            | 12        |
| 3.1.6.    Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine<br>Değerlendirilmesi (TBDY, 2018) ..... | 13        |
| <b>4. BULGULAR.....</b>                                                                                           | <b>14</b> |
| 4.1.    YAPI HAKKINDA GENEL BİLGİ.....                                                                            | 14        |
| 4.1.1.    Yapının Tarihçesi .....                                                                                 | 16        |
| 4.1.2.    Özgün Yapının Plan Özellikleri .....                                                                    | 19        |
| 4.2.    TAŞIYICI SİSTEME YAPILAN MÜDAHALELER.....                                                                 | 20        |
| 4.3.    YAPININ MEVCUT DURUMU .....                                                                               | 23        |
| 4.4.    YAPISAL ÖZELLİKLER .....                                                                                  | 24        |

|                                    |                                                                             |           |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.                               | ZEMİN ÖZELLİKLERİ .....                                                     | 26        |
| 4.6.                               | MEVCUT YAPININ GÜNCEL KAT PLANLARI VE MAHAL<br>AÇIKLAMALARI .....           | 27        |
| 4.6.1.                             | Zemin Kat Planı.....                                                        | 27        |
| 4.6.2.                             | Birinci Kat Planı .....                                                     | 28        |
| 4.6.3.                             | İkinci Kat Planı.....                                                       | 29        |
| 4.6.4.                             | Çatı Planı .....                                                            | 29        |
| 4.6.5.                             | Yapının Cephe Özellikleri .....                                             | 31        |
| 4.7.                               | MEVCUT YAPISAL ELEMANLARIN BAĞLANTI DETAYLARI.....                          | 35        |
| 4.8.                               | MALZEME ÖZELLİKLERİ .....                                                   | 36        |
| 4.9.                               | YAPININ MEVCUT DURUMUNUN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ<br>İLE ANALİZİ.....        | 38        |
| 4.9.1.                             | Yapının Mevcut Durumunun Sonlu Elemanlar Modelinin Tanıtımı.....            | 38        |
| 4.9.2.                             | Mevcut Yapının Sonlu Elemanlar Modelinde Yer Alan Yükleme<br>Durumları..... | 41        |
| 4.9.3.                             | Mevcut Durum Performans Analizi ve Tahkiki .....                            | 43        |
| <b>5.</b>                          | <b>TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>                                              | <b>62</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>              |                                                                             | <b>64</b> |
| <b>EKLER .....</b>                 |                                                                             | <b>69</b> |
| <b>EK 1. TAHKİK SONUÇLARI.....</b> |                                                                             | <b>69</b> |
| Ek 1.1.                            | Kat Kesme Kuvvetleri.....                                                   | 69        |
| Ek 1.2.                            | Detaylı Kat Performans Düzeyleri.....                                       | 70        |
| Ek 1.3.                            | Özet Kat Performans Düzeyleri.....                                          | 72        |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>               |                                                                             | <b>73</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1: Hasar gören Van Yukarı Bakraçlı köyündeki Yedi Kilise (Öztürk, 2011).....                     | 2  |
| Şekil 4.1: İnceleme konusu yapının mevcut durumunun güney-doğu cephesinden bir görünüm.....              | 14 |
| Şekil 4.2: İnceleme konusu yapının mevcut durumunun doğu cephesinden bir görünüm .....                   | 15 |
| Şekil 4.3: İnceleme konusu yapının konumu ve uydu görünümü - 1.....                                      | 15 |
| Şekil 4.4: İnceleme konusu yapının konumu ve uydu görünümü - 2.....                                      | 16 |
| Şekil 4.5: İncelenen yapı inşa edilmeden önce, zamanın Dahiliye ve Cerrahi Kliniği (Altıntaş, 2011)..... | 17 |
| Şekil 4.6: İncelenen yapı inşa edildikten sonra (Sarı, Özaydın, & Akgün, 2009) .....                     | 17 |
| Şekil 4.7: İnceleme konusu yapının özgün durumunun güneybatısından görünümü 1930-1933.....               | 18 |
| Şekil 4.8: Amfinin altında kurulan Patolojik Anatomi Enstitüsü (Altıntaş, 2011) .....                    | 18 |
| Şekil 4.9: Özgün yapının güneydoğu cephesi ve içindeki amfiden bir görüntü (Altıntaş, 2011).....         | 20 |
| Şekil 4.10: Yığma duvarlarda açılıp sonradan kapatılan bazı boşluklar .....                              | 21 |
| Şekil 4.11: İnceleme konusu yapıya eklenen çelik kolon ve kirişler .....                                 | 21 |
| Şekil 4.12: İnceleme konusu yapının Dekanlık binası ile mevcut bağlantısı.....                           | 22 |
| Şekil 4.13: İnceleme konusu yapının Psikiyatri Kliniği ile bağlantısı .....                              | 22 |
| Şekil 4.14: Amfinin mevcut durumu.....                                                                   | 23 |
| Şekil 4.15: Amfinin mevcut durumu.....                                                                   | 24 |
| Şekil 4.16: İncelen yapıya ait bir yığma duvar örneği .....                                              | 24 |
| Şekil 4.17: İncelenen yapıya ait bir yığma duvar örneği .....                                            | 25 |
| Şekil 4.18: İncelenen yapıda kullanılan donatılı betonarme döşeme.....                                   | 25 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.19:</b> İBB V30 (0-30m) Ortalama Kayma Dalgası Hızı Haritası (İBB, 2007) .....                          | 26 |
| <b>Şekil 4.20:</b> USGS V30 Kayma Dalgası Hızı Haritası .....                                                      | 26 |
| <b>Şekil 4.21:</b> İncelenen yapının zemin kat rölöve planı .....                                                  | 27 |
| <b>Şekil 4.22:</b> İncelenen yapının 1.kat rölöve planı .....                                                      | 28 |
| <b>Şekil 4.23:</b> İncelenen yapının 2.kat rölöve planı .....                                                      | 29 |
| <b>Şekil 4.24:</b> İncelenen yapının çatı rölöve planı .....                                                       | 30 |
| <b>Şekil 4.25:</b> İncelenen yapının güney cephesi rölöve planı .....                                              | 32 |
| <b>Şekil 4.26:</b> İncelenen yapının doğu cephesi rölöve planı .....                                               | 33 |
| <b>Şekil 4.27:</b> İncelenen yapının batı cephesi rölöve planı .....                                               | 34 |
| <b>Şekil 4.28:</b> İncelenen yapının kuzey cephesi .....                                                           | 35 |
| <b>Şekil 4.29:</b> Yapısal elemanların bağlantı detayları .....                                                    | 36 |
| <b>Şekil 4.30:</b> Yapının 3B sonlu elemanlar modeli- güneybatı ve güneydoğu cephesi .....                         | 39 |
| <b>Şekil 4.31:</b> Yapının 3B sonlu elemanlar modeli- kuzeybatı ve kuzeydoğu cephesi .....                         | 39 |
| <b>Şekil 4.32:</b> Duvarlarda oluşturulan hesaplama şeritleri .....                                                | 40 |
| <b>Şekil 4.33:</b> Kat döşemeleri .....                                                                            | 40 |
| <b>Şekil 4.34:</b> Döşeme kesitleri ve yük tanımları .....                                                         | 41 |
| <b>Şekil 4.35:</b> Modellemede kullanılan yük kombinasyonları .....                                                | 42 |
| <b>Şekil 4.36:</b> Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, $S_s$ .....                                        | 44 |
| <b>Şekil 4.37:</b> 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı $S_1$ .....                              | 44 |
| <b>Şekil 4.38:</b> Spektral ivme katsayıları ve yatay elastik ivme spektrumu (TBDY, 2018) .....                    | 46 |
| <b>Şekil 4.39:</b> Mod 1, $T = 0.2617$ s, y doğrultusunda hareket .....                                            | 51 |
| <b>Şekil 4.40:</b> Mod 2, $T = 0.2296$ s, x doğrultusunda hareket .....                                            | 51 |
| <b>Şekil 4.41:</b> Yapının sabit ve hareketli yükler altında yer değiştirmeleri ( $G+nQ$ ) .....                   | 52 |
| <b>Şekil 4.42:</b> Yapının x doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri<br>( $G+Q+Exp$ ) ..... | 53 |
| <b>Şekil 4.43:</b> Yapının x doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri<br>( $G+Q-Exn$ ) ..... | 53 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.44:</b> Yapının y doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri (G+Q+Eyp)..... | 54 |
| <b>Şekil 4.45:</b> Yapının y doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri (G+Q-Eyn)..... | 55 |
| <b>Şekil 4.46:</b> G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-XX gerilmeleri.....                                     | 55 |
| <b>Şekil 4.47:</b> G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-YY gerilmeleri.....                                     | 56 |
| <b>Şekil 4.48:</b> G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-ZZ gerilmeleri.....                                     | 57 |
| <b>Şekil 4.49:</b> G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-YZ gerilmeleri .....                                    | 57 |
| <b>Şekil 4.50:</b> G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-XZ gerilmeleri .....                                    | 58 |
| <b>Şekil 4.51:</b> G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-XX gerilmeleri.....                                     | 59 |
| <b>Şekil 4.52:</b> G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-YY gerilmeleri.....                                     | 59 |
| <b>Şekil 4.53:</b> G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-ZZ gerilmeleri.....                                     | 60 |
| <b>Şekil 4.54:</b> G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-YZ gerilmeleri .....                                    | 61 |
| <b>Şekil 4.55:</b> G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-XZ gerilmeleri .....                                    | 61 |

## TABLO LİSTESİ

Sayfa No

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 4.1:</b> İncelenen yapı duvar malzemeleri için yapılan deney sonuçları (Özgünler, 2019).....                                                              | 36 |
| <b>Tablo 4.2:</b> KLP Binası betonarme döşeme için yapılan silindirik basınç dayanımı deney sonuçları (Özgünler, 2019).....                                        | 37 |
| <b>Tablo 4.3:</b> Siyasal Bilgiler Fakültesi duvar malzemeleri için yapılan deney sonuçları (Akro Bilgisayar Mühendislik Mimarlık San. ve Tic. LTD ŞTİ, 2012)..... | 37 |
| <b>Tablo 4.4:</b> Analiz parametreleri.....                                                                                                                        | 43 |
| <b>Tablo 4.5:</b> Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018) .....                                                                                                         | 43 |
| <b>Tablo 4.6:</b> Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY, 2018).....                                                                         | 45 |
| <b>Tablo 4.7:</b> 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY, 2018) .....                                                                          | 45 |
| <b>Tablo 4.8:</b> Hareketli yük kütle katılım katsayısı (TBDY, 2018) .....                                                                                         | 46 |
| <b>Tablo 4.9:</b> Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018) .....                                                                                                | 47 |
| <b>Tablo 4.10:</b> Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018).....                              | 47 |
| <b>Tablo 4.11:</b> Yığma duvarlar için analizde kullanılan malzeme dayanım değerleri .....                                                                         | 47 |

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

### Simgeler Açıklama

|                                  |                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>A</i></b>                  | Dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı ( $\text{mm}^2$ )                                                                                                                          |
| <b><i>b</i></b>                  | Duvar yatay kesitinde kayma gerilmelerinin dağılımıyla ilgili şekil katsayısı                                                                                                         |
| <b><i>E<sub>duv</sub></i></b>    | Duvar elastisite modülü ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                                                                                           |
| <b><i>f<sub>b</sub></i></b>      | Kargir biriminin standartlaştırılmış (boyut etkisinden arındırılmış $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ boyutundaki numuneye eşdeğer) ortalama basınç dayanımı ( $\text{N/mm}^2$ ) |
| <b><i>f<sub>d</sub></i></b>      | Yığma duvar tasarım basınç dayanımı ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                                                                               |
| <b><i>f<sub>k</sub></i></b>      | Yığma duvar karakteristik basınç dayanımı ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                                                                         |
| <b><i>f<sub>vko</sub></i></b>    | Eksenel gerilmenin bulunmadığı durumdaki karakteristik kesme dayanımı ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                                             |
| <b><i>f<sub>vdo</sub></i></b>    | Eksenel gerilmenin bulunmadığı durumdaki karakteristik kesme dayanımının; $\gamma_m$ yığma malzeme katsayısına bölünmüş değeri ( $\text{N/mm}^2$ )                                    |
| <b><i>f<sub>vd</sub></i></b>     | Duvar üzerindeki ortalama düşey gerilmeleri kullanarak elde edilen duvar tasarım kesme dayanımı ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                   |
| <b><i>f<sub>vk</sub></i></b>     | Duvar üzerindeki ortalama düşey gerilmeleri kullanarak elde edilen duvar karakteristik kesme dayanımı ( $\text{N/mm}^2$ )                                                             |
| <b><i>G<sub>duv</sub></i></b>    | Duvar kayma modülü ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                                                                                                |
| <b><i>NR<sub>d</sub></i></b>     | $\gamma_m$ malzeme katsayısı kullanılarak hesaplanan eksenel kuvvet kapasitesi ( $\text{N/mm}^2$ )                                                                                    |
| <b><i>R</i></b>                  | Taşıyıcı sistem davranış katsayısı                                                                                                                                                    |
| <b><i>R<sub>a</sub> (T1)</i></b> | Deprem yükü azaltma katsayısı                                                                                                                                                         |
| <b><i>S (T1)</i></b>             | Spektrum katsayısı                                                                                                                                                                    |
| <b><i>t</i></b>                  | Duvar kalınlığı (mm)                                                                                                                                                                  |
| <b><i>t<sub>ef</sub></i></b>     | Duvarın etkin kalınlığı (mm)                                                                                                                                                          |
| <b><i>V<sub>Ed</sub></i></b>     | Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan duvar kesme kuvveti (kN)                                                              |
| <b><i>V<sub>Rd</sub></i></b>     | Duvar tasarım kesme kuvveti dayanımı (kN)                                                                                                                                             |
| <b><i>V<sub>Rd1</sub></i></b>    | Düşey donatı içeren ancak kesme kuvveti donatısının katkısının ihmal edildiği donatılı yığma duvarların kesme kuvveti dayanımı (kN)                                                   |

|            |                                                                                                                                             |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\gamma_m$ | Yığılma malzeme dayanım azaltma katsayısı                                                                                                   |
| $\lambda$  | Narinlik ile ilgili kapasite azaltma katsayısı                                                                                              |
| $\sigma_d$ | Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesi (N/mm <sup>2</sup> ) |

#### **Kısaltmalar Açıklama**

|             |                                   |
|-------------|-----------------------------------|
| <b>BKS</b>  | Bina Kullanım Sınıfı              |
| <b>DD-2</b> | Deprem yer hareketi düzeyi        |
| <b>DTS</b>  | Deprem tasarım sınıfı             |
| <b>BYS</b>  | Bina Yükseklik Sınıfı             |
| <b>TBDY</b> | Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği   |
| <b>TS</b>   | Türk Standartları                 |
| <b>KLP</b>  | Konsültasyon Liyezon Psikiyatrisi |

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### BİR EĞİTİM BİNASI ÖZELİNDE MEVCUT YIĞMA BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ

İhsan Kasım KARATAŞ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Barış YILDIZLAR

Birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan ülkemiz toprakları sahip olduğu tarihi yapılar bakımından her dönemde dünyada ilgi odağı olmuştur. Tarihi yapıların korunması ve geleceğe güvenle aktarılması ülkemiz için önemli konulardan biridir. Genel olarak çoğu, yığma yapı sisteminde inşa edilen tarihi yapılar, kendi ağırlıklarını taşıyabilseler bile olası büyük depremlerin hedefindedirler. Bu nedenle, her tarihi yapının seçilecek uygun ve hızlı yöntemlerle sismik performans analizi yapılmalıdır. Ülkemizde tarihi yapıların değerlendirilmesi için herhangi bir yönetmelik bulunmamaktadır. Bu yapılar, mevcut deprem yönetmeliğinde kapsam dışı bırakılmasına rağmen bu yönetmeliğe göre değerlendirilmektedir. Bu çalışmada; İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yerleşkesinde yer alan, 1930-1933 yıllarında inşa edilen tarihi KLP binası örnek alınarak, tarihi yığma yapıların sismik performansı ele alınmıştır. Söz konusu binanın MIDAS GEN 2019 programında, binanın rölöve ve restitüsyon projelerine ve yerinde yapılan incelemelere göre 3 boyutlu sonlu elaman modeli oluşturulup, doğrusal analiz yöntemi kullanılarak analizi yapılmıştır. Analiz çıktıları TBDY 2018'e göre tahkik edilerek yapının yönetmeliğe göre performans düzeyi belirlenmiştir. Yapının performans düzeyi yönetmeliğe göre 'Göçme' durumunda çıkmıştır. Sonuç olarak, örnek yapının analizinden edinilen bilgiler doğrultusunda çoğu tarihi yığma yapının TBDY 2018'in şartlarını sağlayamayacağı düşünülüp, yönetmeliğin tarihi yapıların değerlendirilmesinde verimliliği tartışılmıştır.

Ocak 2020, 87 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Tarihi Yığma Yapılar, Sismik Performans Analizi, MIDAS GEN 2019, TBDY 2018

## **SUMMARY**

### **M.Sc. THESIS**

#### **DETERMINATION OF EARTHQUAKE RESPONSE OF EXISTING MASONRY BUILDINGS IN THE CASE OF AN EDUCATION BUILDING**

**İhsan Kasım KARATAŞ**

**Istanbul University-Cerrahpasa**

**Institute of Graduate Studies**

**Department of Civil Engineering**

**Supervisor : Assist. Prof. Dr. Barış YILDIZLAR**

Our country, which has hosted many civilizations, has always been the center of attention in the world in terms of its historical structures. The preservation of historical buildings and their transfer to the future with confidence is one of the important issues for our country. Generally, historical buildings built in most masonry structures are targeted for possible big earthquakes even if they can carry their own weight. For this reason, seismic performance analysis of each historical structure should be done with appropriate and rapid methods to be selected. There is no code for the evaluation of historical buildings in our country. Although these structures are excluded from the current earthquake code, they are evaluated according to this code. In this study; The seismic performance of historical masonry structures is discussed by taking the historical KLP building constructed in 1930-1933 in Istanbul University Cerrahpaşa Medical Faculty Campus. In the MIDAS GEN software according to the building's survey and restitution projects and on-site inspections, a 3-dimensional finite element model was created and analyzed using the linear analysis method. The analysis outputs are verified according to TBDY 2018 and the performance level of the structure is determined according to the regulation. The performance level of the building is in the status of 'Collapse' according to the regulation. As a result, according to the information obtained from the analysis of the sample structure, it is thought that most of the historical masonry structures cannot meet the requirements of TBDY 2018 and the efficiency of the regulation in the evaluation of historical structures was discussed.

January 2020, 87. pages.

**Keywords:** Historical Masonry Structures, Seismic Performance Analysis, MIDAS GEN 2019, TBEC 2018

# 1. GİRİŞ

## 1.1.KONU

Ülkemizin toprakları, asırlar boyu farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış, kültürel, mimari ve dini olarak sayısız tarihi eseri üzerinde barındırmıştır. Bu tarihi eserler tüm dünyada hayranlıkla takip edilip, her yıl binlerce turist tarafından ziyaret edilmektedir. Türkiye genelinde tescilli taşınmaz kültür varlığı sayısı 2018 yılı sonu itibariyle 108.813'tür. Her yıl çıkan kalıntılarla bu sayı artmaktadır. Ayrıca ülkemizde UNESCO Dünya Mirası listesinde bulunan 18 adet kültürel ve doğal mirasımız vardır. Divriği Ulu Camii ve Darüşşifası (Sivas), Nemrut Dağı (Adıyaman) ve Diyarbakır Kalesi ve Hevsel Bahçeleri dünyada tanınan Dünya Miras Listesi'nde bulunanlardan birkaçıdır (T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019).

Milattan Önce. 7. Yüzyılda kurulan İstanbul'un, kuzeyinde Haliç, doğusunda İstanbul Boğazı ve güneyinde Marmara Denizi ile çevrili olan kısmı "Tarihi Yarımada" olarak adlandırılır. İstanbul, Avrupa ve Asya'yı birbirine bağladığı için stratejik konumundan dolayı dünyada ilgi odağıdır. Nice kültürleri, dinleri, insanları bir araya getiren İstanbul, 1985'te UNESCO Dünya Miras Listesi'ne 4 bölge olarak girmiştir. Bu bölgeler sırasıyla, Sultanahmet Kentsel Arkeolojik Sit Alanı; Süleymaniye Koruma Alanı, Zeyrek Koruma Alanı ve İstanbul Kara Surları Koruma Alanı'dır (T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2019).

Anadolu'nun önemli fay hatlarının üzerinde bulunmasından dolayı, tarihi yapılar sürekli olarak depremlerden etkilenmişlerdir. Çoğu hasar görüp onarılsa da bazıları yıkılarak yeniden inşa edilmiştir. Örnek olarak Van depreminde birçok mevcut binanın yanı sıra tarihi yapılarda zarar görmüştür. Bunlardan bir tanesi Şekil 1.1'de gösterilen, Van merkeze bağlı Yukarı Bakraçlı köyündeki Yedi Kilisenin güçsüz durumda olan ön giriş kısmı depremden dolayı hasar görmüştür. Depremlerden oluşacak hasarların önlenmesi için bu yapıların performans analizleri yapıp ardından güçlendirme işlemlerinin uygulanması gerekir (Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu, 2016).



**Şekil 1.1:** Hasar gören Van Yukarı Bakraçlı köyündeki Yedi Kilise (Öztürk, 2011)

Ülkemizde bulunan sayısız tarihi yapıları gelecek nesillere güvenli bir şekilde aktarmak bizlerin sorumluluğundadır. Bu yüzden deprem tehlikesi ciddi olan bölgelerde, tarihi eserlerin ele alınması ve yapı güvenliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Böylelikle tarihi yapıların performans seviyeleri belirlenip, güçlendirme önerileri geliştirilmiş olacaktır (Dabanlı, 2008).

Tescilli yapılar, ‘Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlıklarının Yapı Esasları ve Denetimine Dair Yönetmelik’e tabidirler. Bu yönetmelik, ilgili yapıların gruplandırılması, bakımı, onarımı, yapı esasları ile yapıyla alakalı proje ve uygulamaların denetim esaslarını içerir. Bu yapıların onarım ve güçlendirilmesinde, yapı özgünlüğünün bozulmaması esastır.

Bir yapının onarım ve güçlendirmesinde amaç; hasarın sebeplerini azaltacak tedbirlerin alınıp ve yapının tekrar kazandırılması veya tekrar hasar meydana gelmesini önlemektir. Yığma yapıların onarım ve güçlendirmesinde, deprem yükleri yapıyı rijitliği ve ağırlığına göre etkileyeceği için yapı ağırlığı ve rijitliğinin arttırılmaması gerekir (Çöğürçü, 2007).

Ülkemizde tarihi yapıların yapısal olarak değerlendirilmesi için tarihi yapılara özel bir yönetmelik bulunmamaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018)’de kesin bir ifadeyle tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların değerlendirilmesi kapsam dışı bırakılmıştır. Buna rağmen söz konusu yapılar, özgün bir yönetmeliğe sahip olmadıkları için diğer yapılar gibi mevcut deprem yönetmeliğine tabi tutulmaktadır. Fakat tarihi yapılar

incelenirken diğ er yapılara g ore daha dikkatli olunması gereken birçok nokta vardır. Bu yapılar genelde d onemin şartlarına g ore yığma şekilde inşa edilmişlerdir. Yığma yapıların performans düzeyi mevcut deprem yönetmeliğinde kesme kuvvetlerine g ore değ erlendirilmektedir. Sadece kesme kuvvetlerine g ore performans düzeyi belirlenmesi, tarihi yığma yapılar için yetersiz ve ağı r bir yaklaşımdır. Tarihi yığma yapıların performansının belirlenmesi ve g u lendirme  onerilerinin hazırlanabilmesi için yapının sabit yükler, hareketli yükler ve deprem yükleri etkisi altında yaptığı deplasmanlar, yapı elemanlarında oluşan gerilmelerde dikkate alınmalıdır.

Günümüz yapıları hepsi olmasa da belli yönetmeliklere ve standartlara g ore inşa edildiği için tasarımı belli bir performans düzeyine sahip olarak yapıldığı varsayılır. Fakat tarihi yapıların olası depremler için performans düzeylerini bilmemiz, analizlerini yapmadan mümkün olmamaktadır. Bu yüzden önem derecesine g ore her tarihi yapının seçilecek uygun ve hızlı yöntemlerle deprem performans analizi yapılmalıdır.

## 2. GENEL KISIMLAR

### 2.1.KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Koçak (1999) tez çalışmasında, tarihi yığma yapıların, muhafazası ve güçlendirilmesi için yapılan uygulamaları anlatmıştır. Tarihi yığma yapılar incelenirken göz önünde bulundurulması gereken noktalara değinmiştir. Örnek olarak Küçük Ayasofya Camii'nin sonlu eleman modeli oluşturulup, analizi yapılarak dinamik özellikler elde edilmiştir. Son olarak analitik ve deneysel sonuçlar kıyaslanmıştır.

Mele ve diğ. (2002) çalışmalarında, yığma yapıların analizi için çeşitli nümerik tekniklerin uygulanabilirliğini araştırmış ve hesaplanan sonuçlar tam ölçekli bir yığma örneğinde elde edilen deneysel test verileriyle karşılaştırmışlardır. Modelleme için 3 farklı yazılımla farklı modelleme teknikleri değerlendirilmiş, hangi yazılımın daha verimli ve pratik sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır.

Saraç (2003) çalışmasında, tarihi yığma yapıların mevcut güvenlik düzeyini belirlerken, yapının zeminiyle beraber incelenmesinde kullanılan metotları incelemiştir. Kullanılan metotlarla tespit edilen mevcut güvenlik düzeyinin yetersiz kaldığı zamanlarda hangi güçlendirme metoduna başvurulacağı araştırılmıştır. Birinci ve ikinci derece deprem bölgesinde yer alan örnek üç tarihi yığma yapının mevcut güvenlik seviyesi ve güçlendirme metotları tespit edilmiştir.

Sallio (2005) tez çalışmasında, 1950 yılında inşa edilen yığma bir hastane binasını incelemiş, yapının mevcut durumunun, kesme kuvvetlerini karşılayacak dayanıma sahip olmadığını öne sürmüştür. Yapının güçlendirilmesi için önerivermiş, yapının mevcut durumu ile güçlendirilmiş durumu SAP2000'de analizedilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Taliencio ve Binda (2006), çalışmalarında San Vitale Bizans Bazilikası'nın sonlu elemanlar modeli yardımıyla yapısal analizini yapmışlardır. Analizde kalıcı yükler ve mevsimsel termal değişimler dikkate alınmıştır. Yapının karmaşık geometrisinden dolayı, idealleştirilmiş kurallar çerçevesinde doğrusal elastik analiz yapılmıştır. Yapının kendi ağırlığını taşıyamayacak sonucuna varılıp, yapıdaki her altı ayda bir yapılan izleme ölçümleri ile hesaplanan yer değiştirmelerin, analiz sonuçları ile örtüştüğü ispatlanmıştır.

Özen (2006) tarafından hazırlanan çalışmada, sonlu elemanlar metodu ile Hasankeyf'te bulunan yığma bir yapı modellenmiştir. Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılarak çıkan veriler kıyaslanmıştır. İki analizde de yapıda oluşan hasarların genellikle yapının aynı kısmında görüldüğü, doğrusal olmayan analiz uzun sürdüğü için doğrusal analizin yeterli olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Betti ve Vignoli (2007), tarihi yığma yapıların statik ve dinamik doğrusal- doğrusal olmayan analizlerini incelemiş ve sonlu eleman metodolojisi ile bazilika tipi bir kilisenin deprem yükü altında sismik performansını belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre yapıdaki olası hasar durumuna göre güçlendirme önerileri verilmiş ve bu öneriler birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Aköz (2008) tez çalışmasında, tarihi yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesini değerlendirmiştir. Tarihi yığma bir yapı örnek seçilip yapının 3B sonlu eleman modeli hazırlanarak statik ve dinamik analizi yapılmıştır. Yapının deprem güvenlik seviyesi belirlenmiş ve güçlendirme gereksinimi ve yöntemi hakkında öneriler sunulmuştur.

Dabanlı (2008) tez çalışmasında, tarihi mirasın korunması anlatılmış, koruma ilkeleri ve hedefleri açıklanmıştır. Ayrıca yığma yapı davranışı ve analiz yöntemleri üzerinde durulmuştur. Örnek yapı olarak Hırka-i Şerif Camii seçilip, yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak, analizler yapıp, performansı belirlenmiştir. Son olarak analiz sonuçları tartışılmış ve güçlendirme önerisinde bulunulmuştur.

Kara (2009) çalışmasında, yığma yapı malzemeleri hakkında bilgi verip, yığma yapıların yatay ve düşey yükler altındaki tepkisini belirtmiştir. Yığma yapılarda görülen hasar çeşitleri ve oluşum sebepleri ele alındıktan sonra hasar tespitini belirlemede kullanılan deneysel yöntemlere değinilmiştir. Bu hasar çeşitlerine göre güçlendirme metotları belirtilmiştir. Örnek olarak beş adet yığma yapının mevcut durumuna bakılarak ve güçlendirme gereksinimini 2007 deprem yönetmeliği baz alınarak belirlenmiştir. Güçlendirme olması halinde, gereken hesapları yapılarak mevcut durum ile güçlendirme sonrası durumu kıyas edilmiştir.

Ulukaya (2009) çalışmasında, yığma yapıların korunması hakkında bilgi vermiştir. Örnek yığma yapının malzeme özellikleri tespit edilip, yapıda meydana gelen hasarlar gözlemlenerek rölöve ve restitüsyon projesi oluşturulmuştur. Meydana gelen hasarların sebeplerini ve sismik

performansını tespit etmek amacıyla modelleme yapılmış ve statik analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda güçlendirme önerileri verilmiştir.

Roca ve diğ. (2010), çalışmalarında tarihi yığma yapıların incelenmesindeki klasik ve gelişmiş yöntemleri sunmuşlardır. Tarihi yapıların incelenmesinde karşılaşılan temel zorluklar ve bu tür yapıların modellenmesi ve analizine yönelik yaklaşımlara değinilmiştir. Analizlerde kullanılan mevcut yöntemler, limit analizi, basitleştirilmiş yöntemler, sonlu elemanlar yöntemi makro veya mikro modelleme ve ayırık eleman yöntemlerinin yapılara uygulanabilirliği tartışılmıştır. Karmaşık tarihi yığma yapıların doğru bir şekilde analizinin yapılması için birtakım öneriler sunulmuştur. Ayrıca modern gelişmelere rağmen tarihi binaların incelenmesinde hala ciddi zorluklarla karşılaşıldığı vurgulanmıştır.

Ercan (2010) çalışmasında, mevcut tarihi yığma yapılar hakkında yapılmış çalışmalara değinmiştir. Yığma yapıların malzeme özellikleri anlatılıp, modelleme için kullanılan yöntemler ve yapıya etkileyen yükler belirtilmiştir. Tarihi yığma yapıların değerlendirilmesi için kullanılan yöntemler detaylı şekilde açıklanmıştır. Örnek iki yığma yapıda Operasyonel Modal Analiz yapılmıştır. Deneysel ve nümerik yöntemler ile çıkan dinamik veriler kıyaslanmıştır. Yapıların statik ve dinamik analizleri yapıp yapıların güvenlik seviyesi belirlenmiştir.

Branco ve Guerreiro (2011), çeşitli sismik güçlendirme tekniklerinin performanslarını örnek bir yığma bina modelinde karşılaştırmışlardır. Çalışmada betonarme duvarların kullanılması, taban izolasyonlu bir çözelti ve viskoz damperler kullanılması gibi yöntemler ele alınmıştır. Yöntemler arasındaki karşılaştırma, sismik harekete bağlı olarak, yığma duvarlardaki maksimum yer değiştirmelerin ve gerilmelerin değerlendirilmesiyle yapılmıştır. Yapının viskoz damperleri ile güçlendirilmesi yönteminde, her kattaki yatay yer değiştirmelerde belirgin bir azalma görüldüğünden bu yöntem ile ekonomik ve iyi performanslı bir güçlendirme yapılabileceğini tespit etmişlerdir.

Akdeniz (2011) tarafından hazırlanan çalışmada, yığma yapı malzemelerinin ve taşıyıcı sistemlerinin özelliklerine değinilmiştir. Yığma yapı hasarlarının onarılması ve güçlendirilmesine de yer verilmiştir. Ayrıca modelleme metotları hakkında bilgi verilmiştir. ANSYS programı kullanılarak örnek seçilen Malatya Ulu Camii'nin sonlu elemanlar modeli

oluşturulmuştur. Deprem ivme kayıtları kullanılarak örnek yapının doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Analiz neticesinde çıkan veriler değerlendirilmiştir.

Betti ve Galano (2012), İtalya'nın Floransa şehrine yakın bir kasaba olan Pescia'daki tarihi Vicarious Sarayı'nın sismik performansını incelemişlerdir. Sarayın sonlu elemanlar modeli oluşturulup, standart malzeme parametreleri kullanılarak statik itme yöntemiyle analizi yapılmıştır. Sonuçlar, limit analizin kinematik teoremine dayanan basitleştirilmiş bir yaklaşımla elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Sarayın sismik kapasitesine karşı beklenen sismik talebin karşılaştırılmasında yetersiz olduğu kanıtlanmıştır. Buna göre sarayın zayıf kısımları için güçlendirme önerisinde bulunulmuştur.

R. Temur ve diğ. (2013), çalışmalarında, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Yerleşkesinde yer alan 57 adet yapının deprem risk analizi değerlendirilmiştir. İncelenen yapı miktarı fazlalığı, süre kısıtlılığı, yapı karmaşıklığı ve düzensizliği gibi nedenlerden dolayı Hızlı Durum Tespit (DURTES) Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile hızlı bir değerlendirme binaların risk düzeyi belirlenmiştir.

Soveja ve diğ. (2013), tarihi yığma yapıların analizinde ve güçlendirmesinde, yapının karmaşıklığı ve istenilen sonuçlara göre hangi modelleme yönteminin seçilmesi gerektiğini açıklayan bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada modelleme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları belirtilmiş ve yöntemlerin uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Yığma yapılar için elastik analizlerin verimli olmadığı öne sürülmüştür. Ayrıca bu tür yapılar için en uygun yöntemin doğrusal olmayan analiz yöntemleri olduğu vurgulanmıştır.

Chamaky (2014) tez çalışmasında, tarihi yığma yapıların sismik güçlendirmesi yapılırken dikkat edilmesi gereken kuralları anlatmıştır. Farklı tip tarihi yığma yapıların kendisine özgün güçlendirme prensipleri değerlendirilmiştir. Tarihi yığma yapıların sismik güçlendirilmesi için tasarım, analiz ve güçlendirme esasları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Güçlendirme ile ilgili bilgi verilip ve bazı teknikler değerlendirildikten sonra 3 tane örnek incelenmiştir. Son olarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Şahin (2016) tarafından yapılan çalışmada, tarihi yığma yapıların modelleme tekniklerinin yapıların sismik performansına etkisinin değerlendirmek için Bursa Ulu Camii'nin bir minaresinin 4 farklı modeli incelenmiştir. Modeller Sap2000 yazılımında oluşturularak analizleri yapılmıştır. Yapıların mod şekilleri belirlendikten sonra belirli ivme kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analizleri yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırılarak, minarelerin deprem etkisi altındaki dinamik performansları ile modelleme tekniklerinin yapısal davranışa olan etkileri incelenmiştir.

Güner (2018) tez çalışmasında, tarihi yığma yapıların dış yüklere bağlı davranışlarını incelemek için deneysel ve nümerik analizler yapmıştır. Dolu harman tuğlaları ile laboratuvarında yapılan simülasyon yığma yapıya yatay yükleme yapılarak yapının deplasman verileri alınmıştır. Yapı aynı zamanda bir sonlu elemanlar programında 3B modellenip, yapısal davranış sayısal olarak ta incelenmiştir. Programda yapılan analizde kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemek için deneyler yapılmıştır. Analiz modelinde uygulanan yüklemeler ile taşıyıcı sistemde görülebilecek maksimum gerilmeler kaydedilmiştir. Son olarak, deneysel ve nümerik uygulamalar neticesinde elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır.

Çoban (2018) tez çalışmasında, Bayburt'ta inşa edilmiş (1913-1915), Bayburt Yakutiye (Yeni) Camisi'nin üç boyutlu sonlu eleman modelini SAP2000 programında oluşturularak dinamik performansının ortaya çıkması ve bazı gerçek deprem kayıtlarıyla test edilerek taşıyıcı sistemin yapısal tepkisinin gözlenmesi amaç edinilmiştir. Analiz neticeleri irdelendiğinde düşey yükler altında tehlike arz eden bir durum görülmemiş ve yapının düşey yükleri sorunsuz bir şekilde taşıdığı gözlenmiştir. Dinamik analizine göre yapının deprem performansının iyi olduğu fakat kauçuk izolatörlerle desteklenmiş yapının diğerine göre daha dayanıklı olduğu fark edilmektedir.

Yıldızlar ve Akçay (2018) çalışmalarında, İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi binasının mevcut durumunu araştırıp, hızlı durum tespit yöntemi ile güçlendirme yapılmadan önce binanın emniyet seviyesini belirlemişlerdir. İncelenen yapı Osmanlı döneminde inşa edilip birçok kez kullanım amacı değişmiştir. Sırasıyla hastane, hapisane ve son olarak eğitim binası olarak hizmet veren yapı, konut türü yapılardan en az %40 daha emniyetli olması gerekirken,

bu yapı türü için istenen şartları taşımadığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapısal elemanlara yapılan yanlış uygulamaların yapının emniyetine olan etkisi araştırılmıştır.

Yıldızoğlu (2019) tez çalışmasında, taşıyıcı sistemler ve yığma yapılarda etkin olarak rol alan malzemeler hakkında detaylı bir şekilde bilgi vermiştir. Yığma yapıların analiz teknikleri ve modellenme yöntemleri anlatılmıştır. Bayburt merkezde inşa edilen (1944-1947), Bayburt Lisesi'nin yapım aşamaları ve teknikleri, malzeme yapısı ve konum bilgisi araştırılıp, derlenmiştir. Rölöve planı incelenerek, meydana gelen bazı var olan problemler tespit edilmiştir. Yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli SAP2000 programı vasıtasıyla oluşturulmuş olup, yapının dinamik performansının gözlenmesi hedeflenmiştir. Yapıda gerçek deprem kayıtları göz önünde bulundurularak yapısal tepkisinin ortaya çıkması amaçlanmıştır. Bu bilgiler irdelenerek yapının var olacak bir depremde hasar teşkil edebileceği kanısına varılmıştır. Çözüm olarak yapının güçlendirme aşamasının gerekebileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışma konusu ele alınarak yapılan literatür çalışmasında, tarihi yığma yapıların deprem davranışının belirlenmesi ile alakalı birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda genel olarak, taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme özelliklerini belirleme yöntemleri, doğrusal- doğrusal olmayan analiz yöntemleri veya karşılaştırılması, kinematik analizler, gerçek deprem kayıtları ile zaman- tanım alanında yapılan analizler ve yönetmeliklere göre değerlendirme gibi konular ele alınmıştır. İncelenen literatür çalışmalarına göre, tarihi yığma yapıların TBDY 2018' e göre değerlendirilmesi ile alakalı yönetmeliğin henüz yeni olmasından dolayı çok fazla çalışma yapılmamıştır. Genellikle eski ve yeni deprem yönetmeliklerini kıyaslamayı konu edinen çalışmalar yapılmıştır.

## **2.2.ÇALIŞMANIN KAPSAM VE AMACI**

Bu çalışmanın amacı; tarihi yığma binaların sismik performans analizinin yapılması ve mevcut deprem yönetmeliğine göre analiz sonuçlarının değerlendirilmesidir. Aynı zamanda mevcut deprem yönetmeliğinin tarihi yapıların performanslarının değerlendirilmesinde verimliliği incelenmesidir.

Bu amaç esas alınarak, çalışma kapsamında tarihi yığma yapıların değerlendirilmesi ile ilgili daha önce yapılmış çalışmaların özeti verilmiştir. Daha sonra, tarihi yığma yapıların

modellenmesinde ve analizinde seçilen teknikler ve bu yapıların TBDY 2018'e göre değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmiştir. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yerleşkesinde bulunan 1930-1933 yılları arasında inşa edilen KLP binası örnek seçilip, MIDAS GEN programı ile üç boyutlu sonlu eleman modelinin oluşturulmuş, sismik performansının belirlenerek taşıyıcı sistem davranışının görülmesi hedeflenmiştir. Yapının kendi ağırlığı ve deprem yükleri etkisi altında hasar alabilecek bölgeleri tespit edilmesi ve olası bir depremden önce yapılması gereken güçlendirme çalışmalarına ışık tutulmak istenmiştir.



### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1.TARİHİ YIĞMA YAPILARIN ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

##### 3.1.1. Ön Çalışmalar

Tarihi yapıların performans analizi, güçlendirme ve restorasyonunu yapabilmek için bazı ön çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar ile yapının kısmen özgün haline döndürülebilmesi hedeflenir. İlk olarak incelenecek yapının varsa planları elde edilmelidir. Mevcut değilse yapının rölöve planı çıkartılmalıdır. Bununla birlikte yapı için restitütasyon çalışması yapılmalıdır. Bu yapının özgün halinin çıkarılmasını sağlayacaktır. Böylelikle yapının strüktürel ve mimari yapısı ortaya çıkacaktır. Aynı zamanda yapının ömrü süresince hangi amaçlar için kullanıldığı tespit edilecektir.

Yapıda yapılan rölöve çalışmalarından sonra yapının taşıyıcı olan yığma duvar ve döşemelerinde kullanılan malzeme özellikleri deneysel çalışmalarla belirlenir. Yapılacak bu deneylerle analizlerde kullanılacak elastisite modülleri, basınç ve kesme dayanımlarını elde etme ve aynı zamanda, yapılacak malzeme takviyelerinde yeni malzemenin mevcut malzeme özelliklerine yakın olması hedeflenir.

##### 3.1.2. Yapıya Etkiyen Yükler

Her yapıya sabit yükler, hareketli yükler, deprem yükleri ve diğer yükler etkimektedir. Sabit yükler yapının kendi özgün ağırlığından meydana gelir. Hareketli yükler, yapıda bulunan makineler, mobilyalar, yapıda bulunması muhtemel insan sayısı gibi faktörlere bağlıdır. Diğer yüklerle örnek olarak kar ve rüzgâr yükleri verilebilir.

Deprem yükleri, düşey yüklerle birlikte, yığma yapılar için en büyük risk olan yatay yükleri oluşturur. Yığma yapılarda taşıyıcı duvarlar, tuğla, taş vb. malzemelerle ile beraber bağlayıcı malzemelerle oluşur. Taşıyıcı duvarlar basınç etkisinde emniyette iken çekme kuvvetlerine ve yatay kuvvetlere karşı savunmasızdırlar.

### 3.1.3. Sonlu Eleman Modeli

Tarihi yığma binaların analizinde kullanılan birkaç modelleme tekniği bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla basit duvar modeli, çapraz çubuk modeli eşdeğer çerçeve modeli sonlu eleman modelidir. Genelde bu yapıların analizinde kullanılan yöntem sonlu elemanlardır. Sonlu eleman modeli, yapısal analizlerde, gerilme- deplasman arasında ilişki, mesnet ve başlangıç durumlarını gösteren denklemler kullanılır. Bu analizleri yapan programlar, karışık analizlerin kolaylıkla çözülmesine fırsat verir (Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu, 2016).

### 3.1.4. Doğrusal Analiz

Tarihi yığma yapıların analizinin yapılması için birçok yöntem karşımıza çıkar. Genel olarak bunlar, doğrusal ve doğrusal olmayan analiz, zaman tanım alanında doğrusal analizdir. Bunlar arasında en sık kullanılanı doğrusal analiz yöntemidir. Doğrusal analiz kapsamında eşdeğer deprem yükü veya mod birleştirme metodu kullanılabilir. İncelenecek yapının lokasyonuna göre tasarım spektrumu belirlenir ve kullanılacak programa tanımlanarak deprem yükü girilmiş olur. Ardından gerekli deprem azaltma katsayıları kullanılır. Yaklaşık denklemlerle, doğal titreşim periyodu hesaplanarak da deprem kuvveti bulunabilir. Çıkan mod şekillerinden yapının deprem davranışında meydana gelen gerilme- yer değiştirmelerden yapının sıkıntılı kısımları görülebilir. Genelde gerilmeler büyük değerler çıkabilir. Fakat doğrusal olmayan yapı davranışından dolayı çıkan gerilmeler sınırda tutulabilir. Olası gerilmeler azaltılmış deprem yüklerinden, yer değiştirmeler ise azaltılmamış deprem etkilerinden sonuç alınır (Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu, 2016).

### 3.1.5. Mod Birleştirme Yöntemi

Yapının belli bir andaki şekil değiştirmiş haline mod denir. Yapının her yer değiştirmede aldığı kuvvet farklıdır. Yapıdaki iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, yeterli sayıda mod halleri dikkate alınarak bulunan bu yönteme mod birleştirme yöntemi denir (Çelikkollu, 2017). Mevcut deprem yönetmeliğine göre X ve Y deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir (TBDY, 2018).

### 3.1.6. Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Değerlendirilmesi (TBDY, 2018)

Tarihi yığma yapıların değerlendirilmesinde esas alınacak tarihi yapılara özgü bir yönetmelik bulunmadığı için bu yapıların değerlendirilmesi ve analizi Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yapılmaktadır. Mevcut yığma yapılar için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen esaslara göre sırasıyla aşağıdaki aşamalara göre tahkik edilir.

Malzemeler ve Dayanım;

- Duvarların Karakteristik Basınç Dayanımı,
- Duvarların Karakteristik Kesme Dayanımı,
- Elastisite Modülü ve Kayma Modülü,

Taşıma Gücü Yöntemine Göre Hesap;

- Yığma Duvarların Basınç Tahkikleri,
- Narinlik Oranlarının Hesaplanması,
- Yığma Duvarların Kesme Tahkikleri,

Diğer Kriterler;

- Kesme Kuvvetleri Etkisindeki Yığma Duvarlarda Uygulanacak Geometrik Şartlar,
- Taşıyıcı Duvarların En Büyük Desteklenmemiş Uzunluğu,
- Taşıyıcı Duvar Boşlukları (TBDY, 2018).

Mevcut yığma yapıların ve yapılacak olan yığma yapıların bu şartları taşıması istenir. Fakat günümüzde çoğu tarihi yığma yapı bu şartları sağlamayacak durumdadır. Tarihi yapılara özgü bir yönetmelik bulunmadığından mecburen bu yapılar bu şartlara tabi tutulmaktadır.

## 4. BULGULAR

### 4.1.YAPI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Konsültasyon Liyezon Psikiyatrisi (K.L.P.) Bilim Dalı binası, Fatih ilçesi, Cerrahpaşa mahallesi, 1138 ada, 1 parselde kayıtlı olup, T.C. İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yerleşkesi içinde yer almaktadır (Şekil 4.1). Yapının batısında Dekanlık binası, güneyinde Psikiyatri Kliniği bulunmaktadır. Ayrıca yapının arka cephesi Koca Mustafa Paşa caddesine bakmaktadır (Şekil 4.2). Binanın uydu görüntüleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.



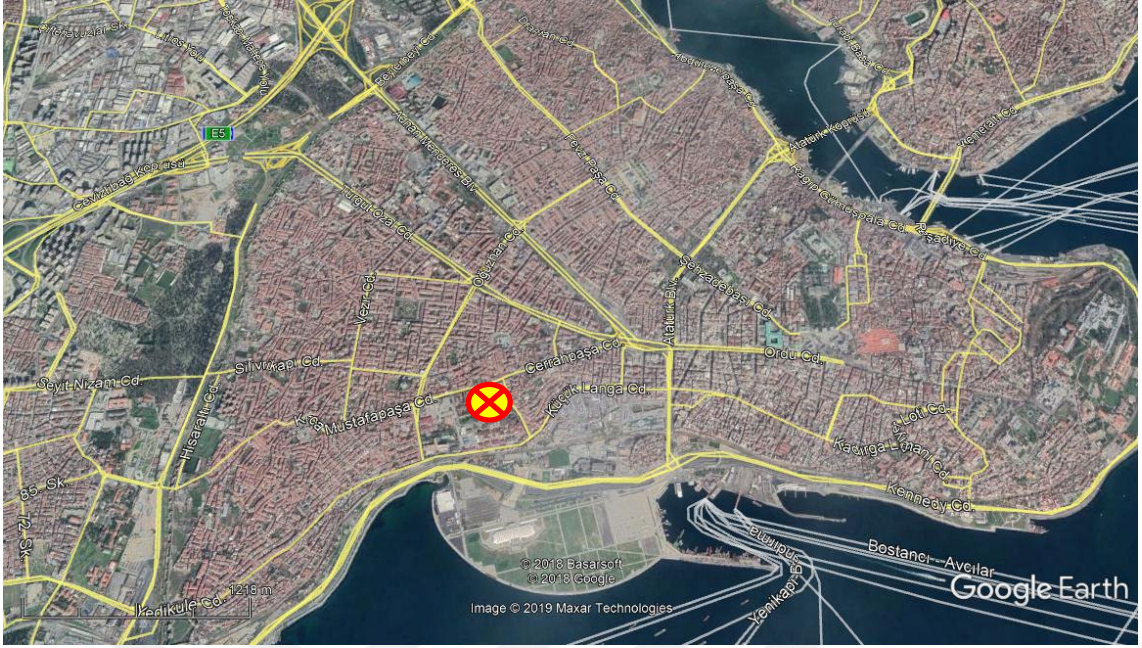
**Şekil 4.1:** İnceleme konusu yapının mevcut durumunun güney-doğu cephesinden bir görünüm



**Şekil 4.2:** İnceleme konusu yapının mevcut durumunun doğu cephesinden bir görünüm



**Şekil 4.3:** İnceleme konusu yapının konumu ve uydu görünümü - 1



Şekil 4.4: İnceleme konusu yapının konumu ve uydu görünümü - 2

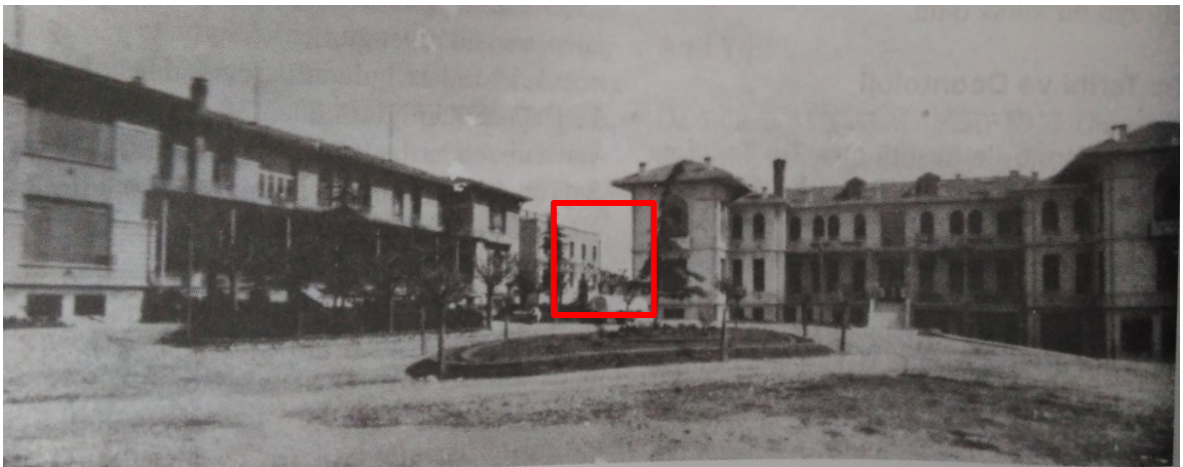
#### 4.1.1. Yapının Tarihçesi

1933 yılında İstanbul Darülfünun'un kapatılıp İstanbul Üniversitesinin kurulmasıyla, Haydarpaşa'da bulunan Tıp Fakültesi'nin Beyazıt'a taşınması kararı alınmıştır. Ayrıca İstanbul Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Neş'et Ömer İrdelp seçilmiştir. Taşınma kararının ardından Tıp Fakültesi merkez bina, idare bölümleri, enstitüler ve laboratuvarlar eski Harbiye nezareti binasına yerleştirilmiştir. Tıp Fakültesinin klinikleri ise İstanbul'un beş hastanesine dağıtılmıştır. Cerrahi, Birinci Dahiliye ve Göz klinikleri Cerrahpaşa Hastanesi'ne taşınmıştır (Şekil 4.5) (Altıntaş, 2011).



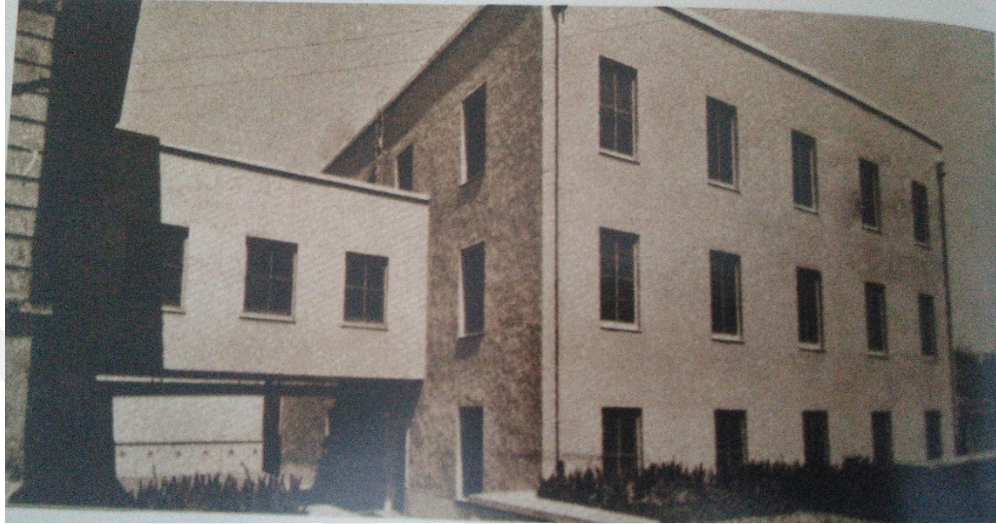
**Şekil 4.5:** İncelenen yapı inşa edilmeden önce, zamanın Dahiliye ve Cerrahi Kliniği (Altıntaş, 2011)

Bu tarihlerde belediyeye bağlı olarak çalışmakta olan Cerrahpaşa Hastanesi, 1933 yılından itibaren İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi ile ortak çalışmaya başlamıştır. Bununla birlikte 1933-1934 yılı ders döneminde Tıp Fakültesi öğrenci sayısı 1360 olup, yaklaşık 180 öğrenciyle birlikte Cerrahpaşa Hastanesinde ders yapılmıştır. Hastanenin eğitim için kapasitesinin yetersiz gelmesi üzerine Şekil 4.6’da gösterilen o zamanki Dahiliye Kliniği (Günümüzde Dekanlık) ile Cerrahi Kliniği (Günümüzde Psikiyatri Kliniği) binalarının kesişiminde kalan alana bir dersane binası yaptırılmıştır (Altıntaş, 2011).



**Şekil 4.6:** İncelenen yapı inşa edildikten sonra (Sarı, Özaydın, & Akgün, 2009)

1933 yılında yapımı biten bu bina Cerrahpaşa'nın ilk dershanesidir. Ayrıca bina İstanbul Üniversitesi'nin Cerrahpaşa'da inşa ettiği ilk bina özelliğine de sahiptir (Şekil 4.7). Cerrahpaşa Dershanesi olarak adlandırılan bu bina 1948'te Ne'şet Ömer İrdelp'in vefatıyla Neşet Ömer Amfisi olarak isimlendirilmiştir (Altıntaş, 2011).



**Şekil 4.7:** İnceleme konusu yapının özgün durumunun güneybatısından görünümü 1930-1933

Amfinin altındaki kata Patolojik Anatomi Enstitüsü yerleştirilmiştir (Şekil 4.8). Ayrıca bu amfide yabancı hocaların, Almanca olarak verdiği dersler, kliniğin bir öğretim üyesi tarafından tercüme edilmiştir (Manizade, 1997).



**Şekil 4.8:** Amfinin altında kurulan Patolojik Anatomi Enstitüsü (Altıntaş, 2011)

#### 4.1.2. Özgün Yapının Plan Özellikleri

İnceleme konusu yapının, Proger S.p.A. - ZH KILIÇ MİMARLIK HİZMETLERİ LTD.ŞTİ (2013) tarafından hazırlanan restitüsyon raporu İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığından elde edilerek çalışmada, özgün yapının özellikleri tespit edilmiştir. Restitüsyon raporuna göre:

Zemin, birinci normal kat ve ikinci normal kattan oluşan yapı, yığma tuğla duvar ile inşa edilmiş kagir sistemde olduğu tespit edilmiştir. Özgün yapının zemin katına önden bağlantı koridoru mahalline ve arkadan merdiven mahalline giriş bulunmaktadır. Bu katta 8 adet oda, 3 adet koridor ve üst kata çıkmakta kullanılan 2 adet mozaik merdiven bulunmaktadır. Bu kat yaklaşık olarak 435 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Zemin kata ana giriş kapısından girildiğinde ilk olarak bağlantı koridoruna ulaşılmaktadır. Bu mahalden ise zemin katta bulunan 1 adet odaya ve mozaik merdiven yardımıyla 1.normal kata ulaşılmaktadır.

Özgün yapının 1. Normal katına zemin katta çıkan 2 adet mozaik merdiven ile ulaşılmaktadır. Bu katta 5 adet oda, 2 adet koridor, 1 adet hol, amfinin başlangıç kotu ve üst kata çıkmakta ayrıca alt kata inmekte kullanılan 2 adet mozaik merdiven bulunmaktadır. Bu kat yaklaşık olarak 435 m<sup>2</sup> alana sahiptir. 1. Normal kata ana merdiven çıkıldığında ilk olarak dağıtım koridoruna ulaşılmaktadır. Bu mahalden bağlantı koridoruna, amfinin başlangıç alt kotuna, 4 odaya ulaşılmaktadır. Bağlantı koridorundan ise yandaki dekanlık binasına geçiş yapılabilmektedir.

Özgün yapının 2.normal katına 1. Normal kattan 2 adet mozaik merdiven ile ulaşılmaktadır. Bu katta 4 adet oda, 1 adet koridor, amfinin üst kotu ve alt kata inmekte kullanılan 2 adet mozaik merdiven bulunmaktadır. Bu kat yaklaşık olarak 410 m<sup>2</sup> alana sahiptir. 2 normal kata ana merdiven çıkıldığında ilk olarak dağıtım koridoruna ulaşılmaktadır. Bu mahalden 4 odaya ulaşılmaktadır. Arka cephedeki mozaik merdiven ile amfinin üst kotuna ulaşılmaktadır. Amfinin kendi içinde ahşap sıralardaki kotlarda beraber alt ve üst kot birbirine bağlanmaktadır.

Yapının çatısı kırma çatıdır. Dönem içinde muhdes müdahale uygulanmış ve güneş ışığı sistemi kapatılmıştır. Çatı örtüsü Marsilya kiremittir. Çatı kenarlarında kalkan duvarları sonrasında çatı

eğimleri başlamaktadır. Amfi üzeri güneş ışığından faydalanacak şekilde aydınlık bulunmaktadır.

Güney cephede zemin kat, 1 normal kat ve 2.normal kata cephe vermektedir. Kuzey cephede zemin kat, 1. Normal kat ve 2. Normal kata cephe vermektedir. Batı cephesinde zemin kat, 1. Normal kata cephe vermektedir. Doğu cephesinde zemin kat, 1. Normal kata cephe vermektedir. Özgün yapıya ait güneydoğu cephe görüntüsü ve amfiye ait bir görüntü Şekil 4.9'da verilmiştir.



**Şekil 4.9:** Özgün yapının güneydoğu cephesi ve içindeki amfiden bir görüntü (Altıntaş, 2011)

#### **4.2.TAŞIYICI SİSTEMLER YAPILAN MÜDAHALELER**

İnceleme konusu yapı, tarihsel süreç içerisinde birçok müdahaleye maruz kalmıştır. Ve günümüze çoğu özgün elemanını kaybederek ulaşmıştır. Bu müdahaleler, zaman içerisinde kullanım amacı değişen yapının amacına entegre olması için veya yapının sismik etkenlere bağlı olarak aldığı hasarlara karşı bir takım onarım ve güçlendirme işlemleri için yapılmak zorunda kalmıştır.

Kullanım amacına göre yapının mimari planın değişikliğe uğramasına örnek olarak Şekil 4.10'da gösterildiği gibi taşıyıcı olan duvarlarda açılan pencere ve kapı boşlukları gösterilebilir. Bazı boşluklar yapının restorasyon öncesi duvarlardaki sıvanın raspalanmasıyla ortaya çıkmıştır. Açılan bu boşluklar duvarların taşıma mekanizmasına olumsuz etkisi olmuştur. Boşlukların kapatılması için yeni delikli tuğlalar kullanıldığı görülmüştür.



**Şekil 4.10:** Yığma duvarlarda açılıp sonradan kapatılan bazı boşluklar

Yapıda tespit edilen zaman içerisinde yapılan güçlendirme çalışmalarına örnek olarak Şekil 4.11’de gösterilen çelik kolon ve kirişler gösterilebilir. Bu çelik kolon ve girişler restorasyon öncesi asma tavanların sökülmesi ve muhdes duvarların yıkılması sonucu ortaya çıkmıştır.



**Şekil 4.11:** İnceleme konusu yapıya eklenen çelik kolon ve kirişler

Ayrıca yapıya müdahalelerden en önemlileri ise yapının 2 cephesinden yan yapılara yapılan bağlantılardır. Yapının özgün planında batı cephesinde sadece 1. kattan Dekanlık binasına geçiş bulunurken zaman içerisinde Şekil 4.12’de görüldüğü gibi muhdes duvarlarla zemin ve 2. katta Dekanlık binasına bağlanmıştır.



**Şekil 4.12:** İnceleme konusu yapının Dekanlık binası ile mevcut bağlantısı

Özgün planda güney cepheden Psikiyatri kliniğine bağlantısı yokken, 1951 yılında bu kısma Şekil 4.13’te gösterilen betonarme bir geçiş binası yapılmış ve bu bina yakın tarihe kadar Çocuk Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı olarak hizmet vermiştir.



**Şekil 4.13:** İnceleme konusu yapının Psikiyatri Kliniği ile bağlantısı

#### 4.3.YAPININ MEVCUT DURUMU

Mevcut yapı yaklaşık olarak 446,86 m<sup>2</sup> oturum alanına sahiptir. Zemin, birinci normal kat ve ikinci normal kattan oluşan yapı yığma tuğla duvar ile inşa edilmiş kagir sistemde olduğu tespit edilmiştir. Günümüze yapının birçok özgün mimari elemanını yitirerek ulaştığı tespit edilmiş ve muhdes yapı elemanlar kullanılarak uzun süre tıp fakültesi bünyesinde hizmet vermiştir. Yapının inşa edilme sebebi fakültenin eğitim amaçlı derslik ihtiyacını karşılamak olsa da yapı sadece eğitim amaçlı kullanılmamıştır (Şekil 4.13). Amfi binası, patolojik anatomi enstitüsü, röntgen binası ve son olarak Konsültasyon Liyezon Psikiyatrisi Bilim Dalı olarak kullanılan yapı yakın tarihte kullanıma kapatılmış ve boşaltılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.14: Amfinin mevcut durumu



**Şekil 4.15:** Amfinin mevcut durumu

#### **4.4.YAPISAL ÖZELLİKLER**

Yapı, tuğla ile inşa edilmiş yığma kagir sistemdedir (Şekil 4.16). Taşıyıcı duvarların yapımında harman tuğlası ve bağlayıcı olarak hidrolik kireç- agrega birleşimi harç kullanılmıştır (Şekil 4.17).



**Şekil 4.16:** İncelen yapıya ait bir yığma duvar örneği



**Şekil 4.17:** İncelenen yapıya ait bir yığma duvar örneği

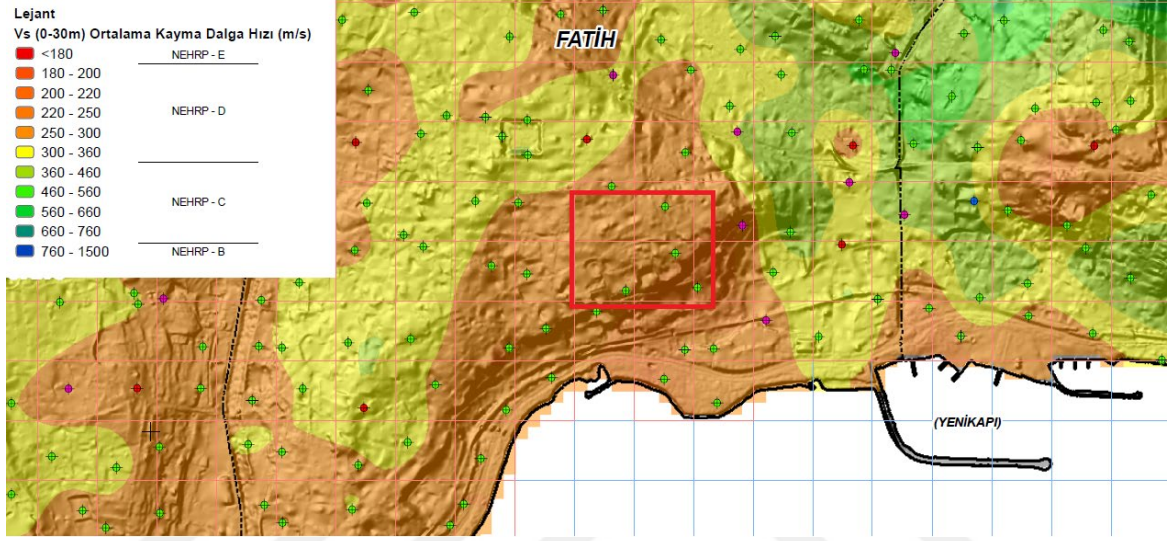
Taşıyıcı sistemin önemli elemanlarından olan döşemeler ise Şekil 4.8’de gösterildiği gibi betonarme plak döşeme olarak inşa edilmiştir. Genellikle tarihi yığma yapılarda kullanılan volta döşeme çeşidi yerine donatılı plak döşeme tipinin kullanılması yapının dönemindeki yapılara göre farklı inşa edildiğini göstermiştir.



**Şekil 4.18:** İncelenen yapıda kullanılan donatılı betonarme döşeme

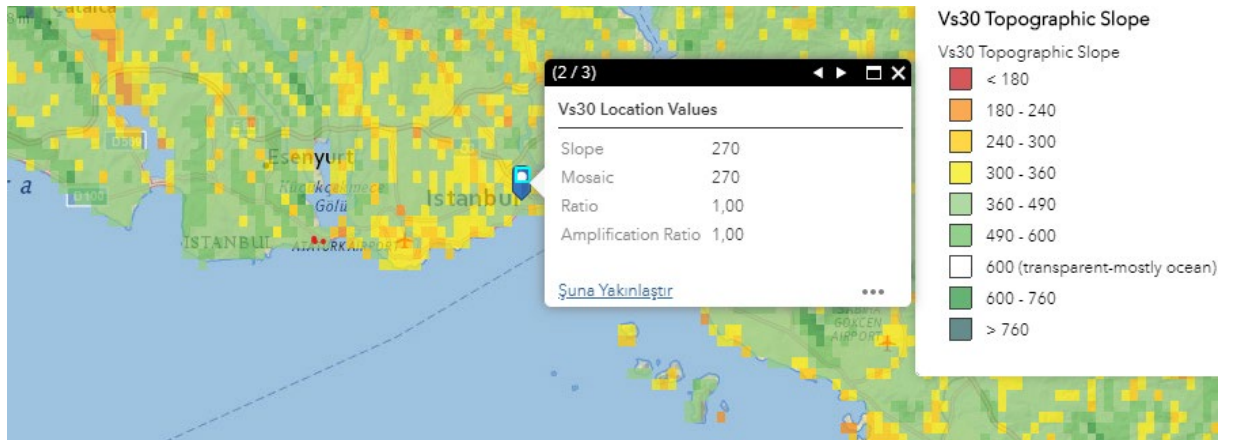
#### 4.5.ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Zemin parametrelerinin belirlenmesinde, yapıya ait yapılmış herhangi bir zemin etüt raporu bulunmamasından dolayı İstanbul Büyükşehir Belediyesinin hazırlamış olduğu V30 (0-30m) Ortalama Kayma Dalgası Hızı Haritası kullanılmıştır. Yapının lokasyonuna göre haritadan analizlerde kullanılacak ortalama V30 değeri seçilmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19: İBB V30 (0-30m) Ortalama Kayma Dalgası Hızı Haritası (İBB, 2007)

Haritaya bakıldığında yapının bulunduğu zeminin kayma dalga hızı 250-300 m/s aralığında olduğu görülmüştür. Ayrıca kullanılan bu harita dışında USGS V30 haritasına da bakılarak bu değer doğruluğu kanıtlanmıştır. Bu haritaya göre V30 240-300 m/s aralığında kaldığı görülmüş, ortalama 270 m/s olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.20).

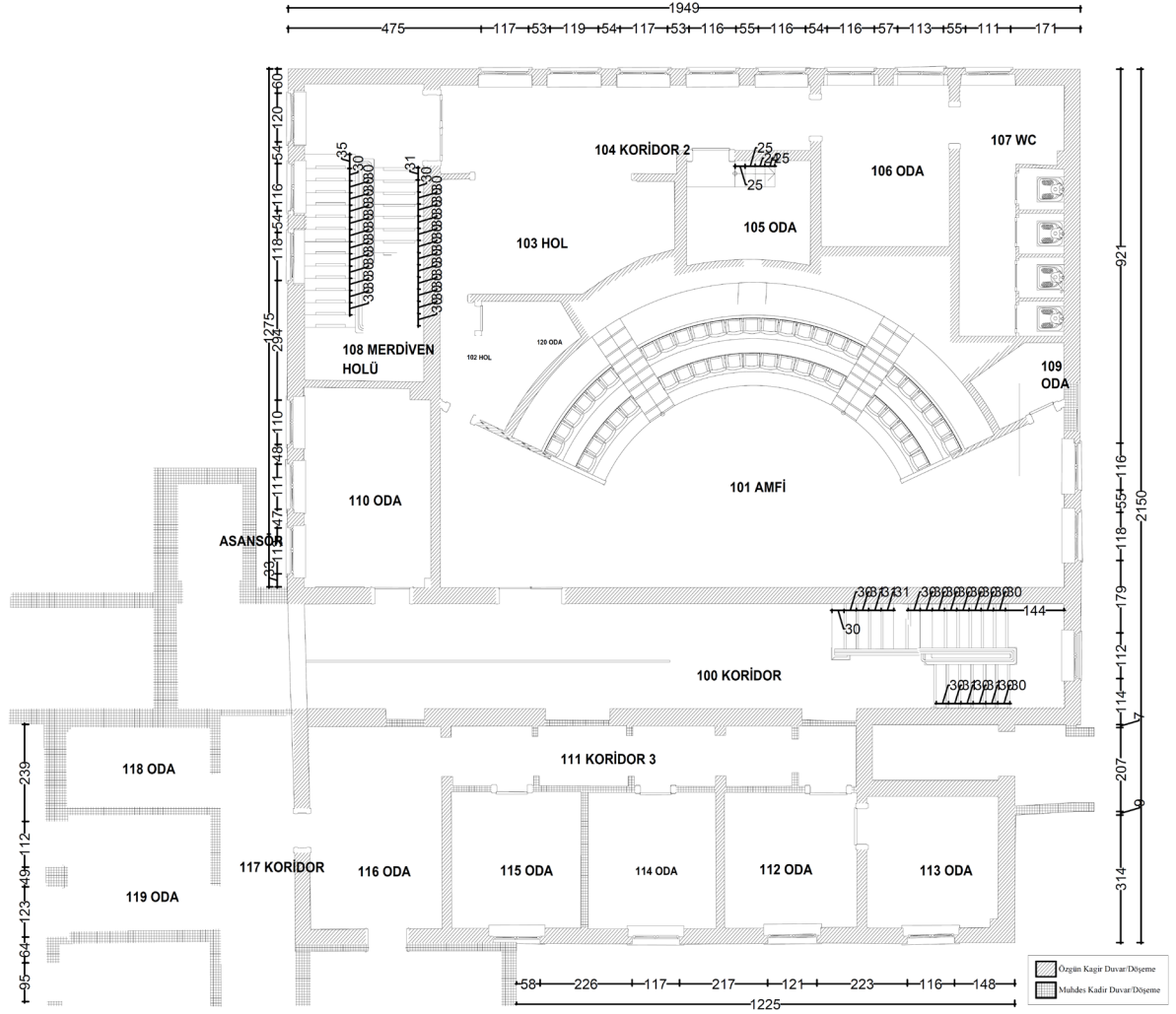


Şekil 4.20: USGS V30 Kayma Dalgası Hızı Haritası

**Şekil 4.21:** İncelenen yapının zemin kat rölöve planı

#### 4.6.2. Birinci Kat Planı

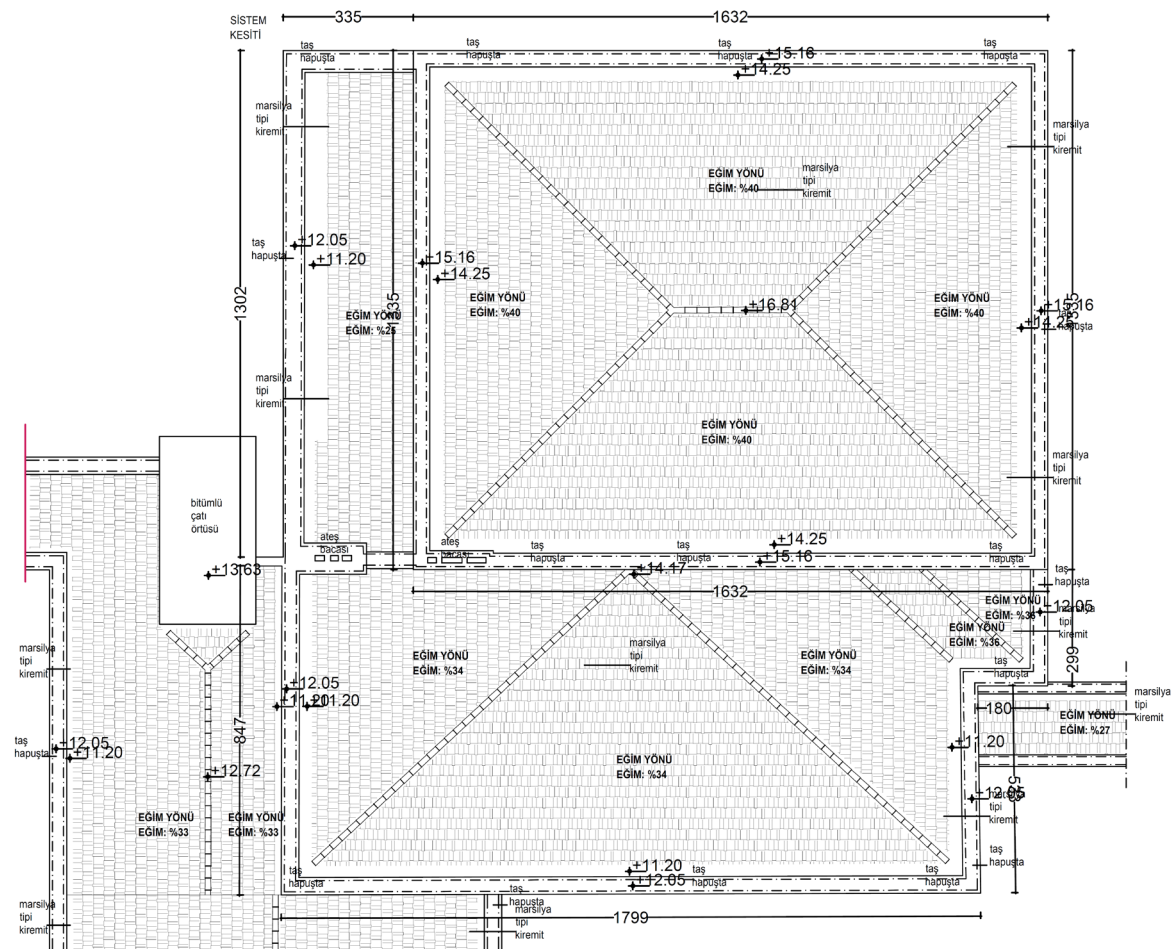
İncelen yapının birinci katına ulaşım zemin katta bulunan Z02 koridor 1 hacminde yer alan 22 basamaklı dökme mozaik merdiven ve Z21 merdiven holünde bulunan 22 basamaklı dökme mozaik merdiven kullanılarak yapılmaktadır. Z02 koridor hacminden birinci kata ulaşıldığında kattaki tüm hacimlere geçiş yapılabilen Z2 merdiven holünden kata ulaşıldığında ise yapının en büyük hacmi olan Amfi hacmine geçiş yapılabilir. Kat odalarının çoğunun tavanı asma tavan, zemini seramik kaplamalı ve duvarları sıvalıdır. Yapının birinci kat rölöve planı Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22: İncelenen yapının 1.kat rölöve planı



görülmüştür. Üç bölümden oluşan çatı planının tamamında gizli dere kullanıldığı görülmüş ve bu derelerin yalıtım malzemesi ile kaplandığı gözlenmiştir. Çatı eğimi yaklaşık olarak %39 olarak ölçülmüştür. Çatıda biri yapının en büyük hacmi olan amfi mahallinin üzerinde, diğeri 200 numaralı koridor hacmindeki merdiven kovanının üzerinde olmak üzere iki adet çatı kapağı bulunmaktadır. Bu çatı kapaklarının üzeri kurşun levha ile kapatılmış durumdadır. Yapının çatı katı rölöve planı Şekil 4.24’te verilmiştir.

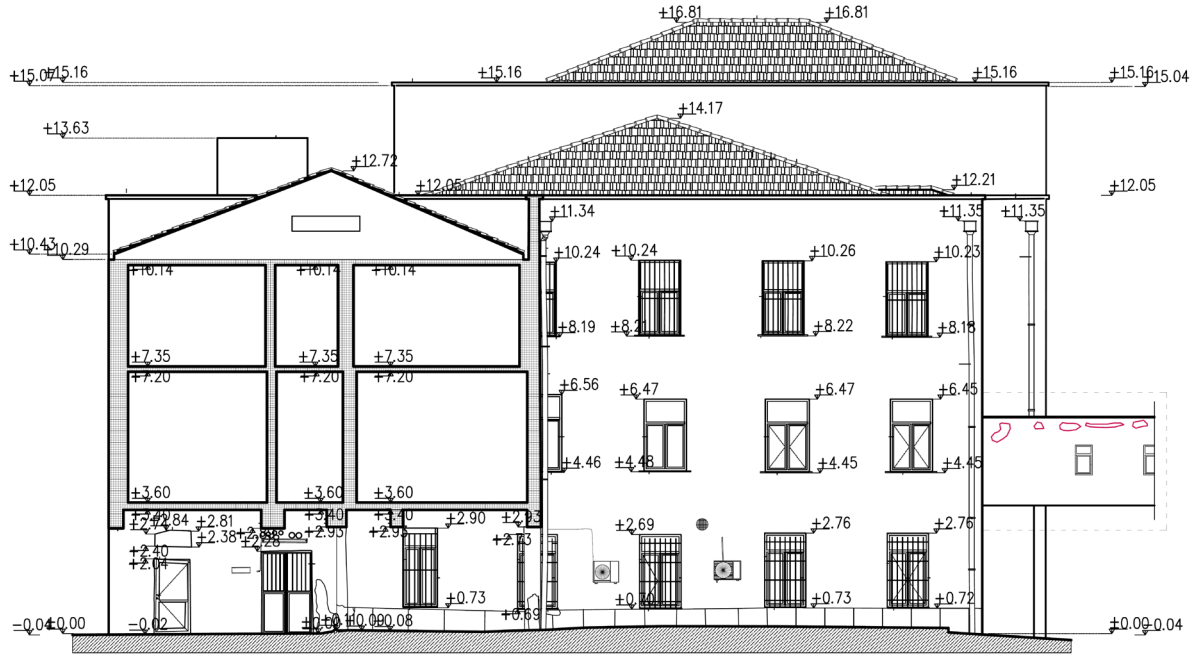


**Şekil 4.24:** İncelenen yapının çatı rölöve planı

#### 4.6.5. Yapının Cephe Özellikleri

Güney cephesi (Şekil 4.25), giriş kapısının bulunduğu cephe'dir. Yığma tuğla ile kagir sistemde oluşturulmuş yapının cephesinde çimento sıva müdahale olduğu, betonarme esaslı malzeme ile cephenin kaplandığı ve üzeri dış cephe boyası ile boyalı durumda olduğu tespit edilmiştir. Yapının güney cephesine bitişik nizamda sonradan inşa edilmiş olan betonarme bir yapı mevcut olduğu görülmüş ve bu yapı ile KLP Bilim Dalı'na ait olan yapı ile ortak mahaller oluşturulmuş olduğu tespit edilmiştir. Güney cephede bulunan yapıya ana giriş kapısı çift kanatlı muhdes demir kapıdır. Yapının güney cephesinin zemin kat kotunda giriş kapısının sol tarafında bulunan muhdes kapı boşluğunda yer alan PVC kapı yapıya ait muhdes hacimlere geçiş kapısıdır. Bunlara ek olarak zemin kata kotunda özgün pencere boşluğunda yer alan beş adet PVC pencere bulunmaktadır. Bu PVC pencerelerin ön kısımlarında demir parmaklıklar olduğu görülmüştür.

Yapının zemin kat kotunun kaldırımıyla birleştiği noktada yapının özgün fugalı cephe kaplamalarının mevcut olduğu görülmüş, ancak bu cephe kaplamalarının yoğun malzeme kaybına uğradığı görülmüştür. Zemin kat kotunda iki adet klima motorunun cepheye monte edildiği görülmüş ve bir adet havalandırma boşluğunun açıldığı tespit edilmiştir. Yapıya bitişik nizamda inşa edilmiş olan betonarme yapıya ait betonarme kolonların cephe yüzeyine yaslandığı görülmektedir. Yapının birinci kat ve ikinci kotunda özgün pencere boşluğunda yer alan dörder adet olmak üzere toplan sekiz adet PVC penceresi bulunmaktadır. Bu pencerelerin ikinci kat kotunda yer alanlarında demir parmakların uygulandığı görülmüştür. Yapıya bitişik nizamda inşa edilmiş olan betonarme yapının birinci kat ve ikinci kat kotunda yer alan iki adet pencere boşluğunun aştığı ve bu pencerelerin kullanımı kısıtladığı görülmektedir. Güney cephenin sağ kenarında çatıda buluna gizli dereden kaldırım kotuna devam eden PVC yağmur iniş borusunun olduğu görülmektedir. Yapının çatı kısmında bulunan gizli derenin etrafını saran ve tüm cephe boyunca farklı kotlarda devam eden kagir parapet duvarı bu cephede de cephe ile hem yüz durumda olup, üzerinde betonarme taç kısmı bulunmaktadır.



**Şekil 4.25:** İncelenen yapının güney cephesi rölöve planı

Doğu cephesi (Şekil 4.26), güney cephesi gibi ayırık nizamda olan komşu yapı ile arasında oluşturulmuş betonarme tünelin cepheye birleştirildiği görülmüştür. Yine güney cephede olduğu gibi doğu cephesinde de yapının taban kotunda kaldırım ile birleştiği yerde cephenin özgün fugalı cephe kaplamaları görülmektedir. Zemin kat kotunda özgün pencere boşluğunun açılarak kapı boşluğuna çevrilmesi ve tek kanatlı muhdes demir kapı ile yapıya girişin sağlanmış olduğu görülmektedir. Bahsi geçen bu kapının sol ve sağ yanında birer tane olmak üzere toplam iki adet özgün pencere boşluğuna yerleştirilmiş PVC penceresi bulunmaktadır. Bu PVC pencerelerin önlerine demir parmaklıkların yapıldığı görülmüştür. Ayrıca zemin kat kotunda bir adet özgün pencere boşluğunun tuğla duvar örülerek kapatıldığı tespit edilmiştir. Birinci kat kotunda özgün pencere boşluklarında yer alan toplam altı adet pencere boşluğuna yerleştirilmiş PVC pencerenin bulunduğu görülmektedir. Ayrıca birinci kat kotunda yapının ayırık nizamda bulunan komşu yapısına geçişi sağlama için inşa edilmiş olan betonarme tünelin cepheye birleştirildiği görülmektedir. Yapının en büyük hacmi olan amfi mahalline ait yedi adet özgün pencere boşluğunu bu cephede görülüp ve bu pencerelerin özgün ahşap doğramaların yerinde olduğu tespit edilmiştir. Yapının çatı kısmında bulunan gizli derenin etrafını saran ve tüm cephe boyunca farklı kotlarda devam eden kagir parapet duvarı bu cephede de cephe ile hem yüz durumda olup, üzerinde betonarme taç kısmı bulunmaktadır.



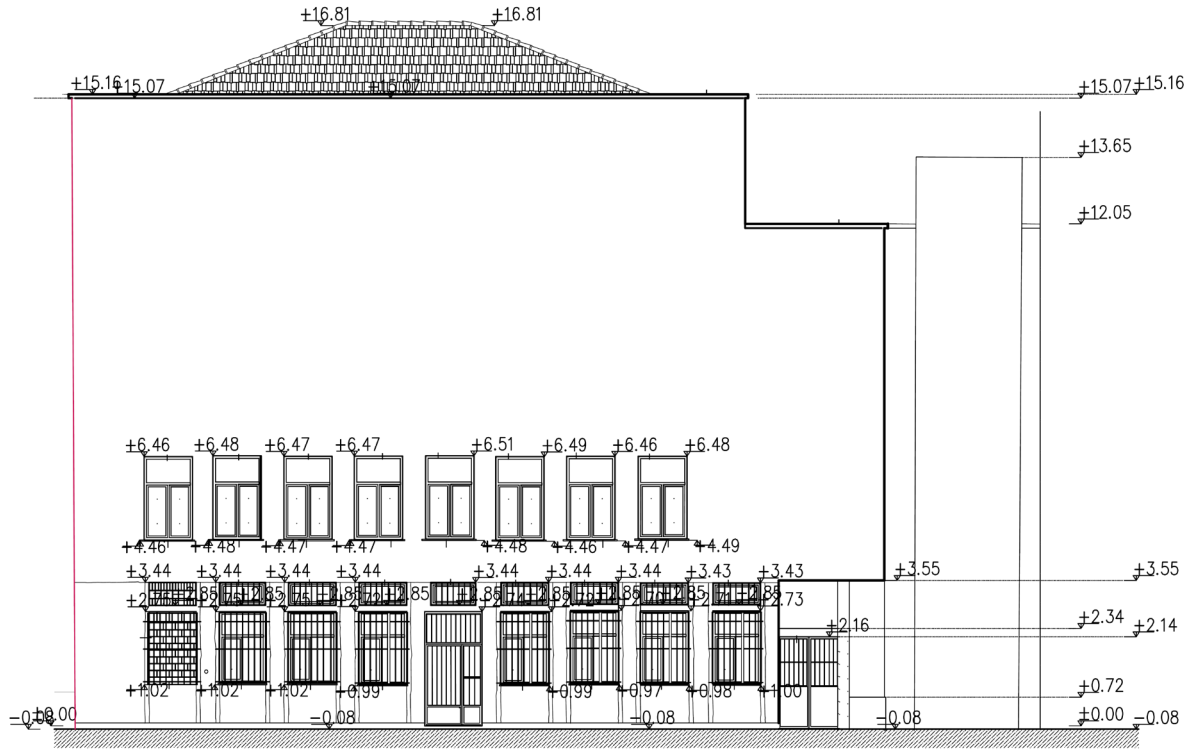
**Şekil 4.26:** İncelenen yapının doğu cephesi rölöve planı

Batı Cephesi (Şekil 4.27), yapının yine bitişik nizamda inşa edilmiş olan komşu Dekanlık binasının cepheye birleştiği görülen cephesidir. Yapının zemin kat kotunda yer alan özgün yapı sınırlarında oldu ancak birinci kat ve ikinci kat kotlarında yapının sonradan genişletilmiş kısımların olduğu tespit edilmiştir. Zemin kat taban kotunun kaldırım kotuyla birleştiği noktada yine yapıya ait özgün fugalı cephe kaplamalarının mevcut olduğu gözlenmiştir. Zemin kat kotunda üç adet özgün pencere boşluğunda PVC pençelerin yer aldığı ve bu pencerelerin demir parmaklıklarının mevcut olduğu görülmüştür. Birinci kat kotunda toplam dokuz adet özgün pencere boşluğunun bulunduğu ve bu pencereler boşluklarından ikisinin muhdes yapı malzemeleriyle kapatılmış durumda olduğu tespit edilmiştir. İkinci kat kotunda toplam dokuz adet özgün pencere boşluğunun bulunduğu ve bu pencereler boşluklarından birinin muhdes yapı malzemeleriyle kapatılmış durumda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu pencerelerin sol başta bulunan üç adedinin ebatlarının değiştirilerek PVC pencere uygulandığı görülmüştür. Çatı kısmında bulunan gizli derenin etrafını saran ve tüm cephe boyunca farklı kotlarda devam eden kagir parapet duvarı bu cephede de cephe ile hem yüz durumda olup, üzerinde betonarme taç kısmı bulunmaktadır.



Şekil 4.27: İncelenen yapının batı cephesi rölöve planı

Kuzey cephesi (Şekil 4.28), yapıya ait iki farklı girişe sahip cephesidir. Birincisi yapının en büyük hacmi olan amfi mahalline direk ulaşımı sağlayan merdiven kovalarına direkt ulaşım olan çift kanatlı muhdes demir kapıdır. Zemin kat kotunda yer alan diğer giriş ise özgün pencere boşluğunun genişletilerek kapı boşluğuna çevrilmesi ile oluşmuş giriştir. Zemin kat kotunda cepheye ait sekiz adet özgün pencere boşluğunun günümüze ulaştığı görülmüş ve bu pencerelerin yedi adedine PVC pencere uygulandığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu pencerelerin demir parmaklıkları mevcuttur. Bu pencerelerden cephenin sol baş kısmında olanının tuğla duvar örülerek kullanılmaz duruma getirildiği görülmüştür. Ayrıca cephede bulunan toplam dokuz adet özgün pencere boşluklarının tavan kotuna yerleştirilmiş aydınlatma pencereleri boşlukları mevcuttur. Arka cephenin birinci kat kotunda özgün pencere boşluklarına yerleştirilmiş olan sekiz adet PVC penceresi bulunmaktadır. Yapının arka cephesinde ikinci kat kotunda herhangi bir mimari elemanı bulunmamaktadır. Yapının çatı kısmında bulunan gizli derenin etrafını saran ve tüm cephe boyunca farklı kotlarda devam eden kagir parapet duvarı bu cephede de cephe ile hem yüz durumda olup, üzerinde betonarme taç kısım bulunmaktadır.



**Şekil 4.28:** İncelenen yapının kuzey cephesi

#### 4.7.MEV CUT YAPISAL ELEMANLARIN BAĞLANTI DETAYLARI

İnceleme konusu yapıda restorasyon çalışmaları için yapılan duvar sıvalarının raspalanmasıyla yapısal elemanların bağlantıları kısmen gözlenmiştir. Katlardaki duvarların bazılarında yatay ve düşey betonarme hatıllar olduğu görülmüştür. Fakat yapının tüm duvarlarında yatay ve düşey betonarme hatıllar olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 4.29’da görüldüğü gibi duvarlar ve döşemeler arasındaki bağlantılar bazı kısımlarda yatay betonarme hatıllarla sağlanmış olup çoğu kısımda betonarme plak döşeme doğrudan yığma duvarlara mesnetlenmiştir.



Şekil 4.29: Yapısal elemanların bağlantı detayları

#### 4.8.MALZEME ÖZELLİKLERİ

İnceleme konusu yapıda, güçlendirme ve onarım çalışmaları için duvarlar ve betonarme döşemede yapılan malzeme deneyleri yapılmıştır. Deneylere ait rapor, İ.Ü.C. Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'ndan elde edilmiştir. Bu deney raporunda duvarlar için kayma ve basınç deneyi bulunmamaktadır. Sadece tuğla ve bağlayıcı malzemelerin fiziksel özellikleri için deneyler yapılmıştır. Betonarme plak döşemede ise 2.kattan sadece 2 karot alınmış ve basınç dayanımı testi yapılmıştır. Deney verileri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** İncelenen yapı duvar malzemeleri için yapılan deney sonuçları (Özgünler, 2019)

| ÖRNEK                                      | ÖZGÜL AĞIRLIK<br>(kg/lt) | SU EMME % Sİ<br>(AĞIRLIKÇA) | BAĞLAYICI/ AGREGA<br>ORANI               |
|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| Örnek 1. Tuğla                             | 2.53                     | 26.8                        | Harman Tuğlası                           |
| Örnek 2.Derz Harcı                         | 2.55                     | 17.9                        | 1 Kısım Bağlayıcı 7.4 Kısım<br>Agrega    |
| Örnek 3. Dış sıva                          | 2.57                     | 11.1                        | 1 Kısım Bağlayıcı 5.2 Kısım<br>Agrega    |
| Örnek 4/1. İç Duvar Sıvası                 | 2.57                     | 17.3                        | 1 Kısım Bağlayıcı 6.58<br>Kısım Agregası |
| Örnek 4/2. İç Duvar Sıvası-<br>Koyu Renkli | 2.48                     | 48.2                        | 1 Kısım Bağlayıcı 5.28<br>Kısım Agregası |

**Tablo 4.2:** KLP Binası betonarme döşeme için yapılan silindirik basınç dayanımı deney sonuçları (Özgünler, 2019)

| KAROT          | BOYUTLAR ÇAP VE BOY (mm) | BASINÇ DAYANIMI (N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Karot 1 (No 5) | 93.2x94.0                | 22.1                                 |
| Karot 2 (No 6) | 93.2x90.5                | 19.8                                 |
| Ortalama       |                          | 20.95                                |

Analizde kullanılacak beton elastisite modülü ise yapılan silindirik basınç dayanımı testi doğrultusunda TS500'e göre hesaplanmıştır. Kübik kırılan örnekten alınan ortalama karakteristik basınç dayanımının %85'i alınmıştır. Daha sonra denklem (4.1)'e göre elastisite modülü hesaplanmıştır. Bu doğrultuda analizde kullanılacak betonun karakteristik basınç dayanımı 17.81 MPa, elastisite modülü 27715 MPa olarak hesaplanmıştır.

$$E_{cj} = 3250 \sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad (\text{MPa}) \quad (4.1)$$

Analizde girilecek özgül ağırlık Tablo 4.1'e göre, tuğla, harç ve sıva malzemelerinin ortalaması alınarak kullanılmıştır. Basınç ve kayma deneyleri yapılmadığından, analizde kullanılacak veriler yapıyla hemen hemen aynı özelliklere sahip farklı bir tarihi yapının deney raporundan elde edilmiştir. Referans alınan bu yapı, İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesidir. Yapı, farklı dönemlere ait çok sayıda yapısal materyal barındırmasından dolayı tercih edilmiştir. Deneylere ait bilgiler Tablo 4.3'te özet olarak verilmiştir. Bu deneylerden elde edilen tuğla ve duvar basınç dayanımlarının ortalaması alınarak, ortalama birim ve karakteristik basınç dayanımları elde edilmiştir.

**Tablo 4.3:** Siyasal Bilgiler Fakültesi duvar malzemeleri için yapılan deney sonuçları (Akro Bilgisayar Mühendislik Mimarlık San. ve Tic. LTD ŞTİ, 2012)

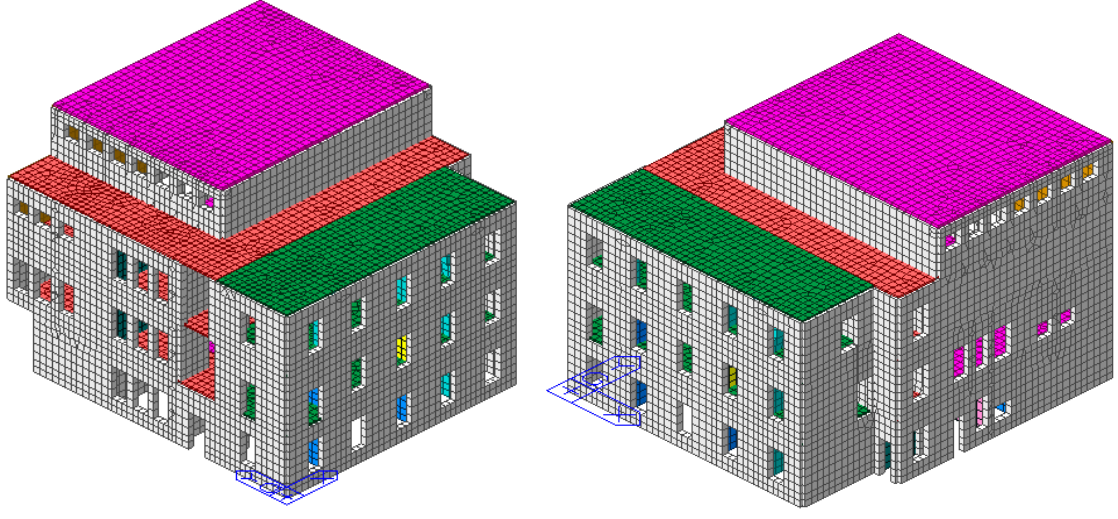
| KAT NUMARASI | DENEY NUMARASI | TUĞLA BASINÇ DAYANIMI (MPa) | DUVAR BASINÇ DAYANIMI (MPa) |
|--------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1            | T1             | 4.803                       | 2.402                       |
| 1            | T2             | 6.015                       | 3.008                       |
| 2            | T3             | 5.579                       | 2.789                       |
| 2            | T4             | 6.817                       | 3.409                       |
| 3            | T5             | 5.455                       | 2.727                       |
|              | Ortalama       | 5.7338                      | 2.867                       |

#### **4.9.YAPININ MEVCUT DURUMUNUN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

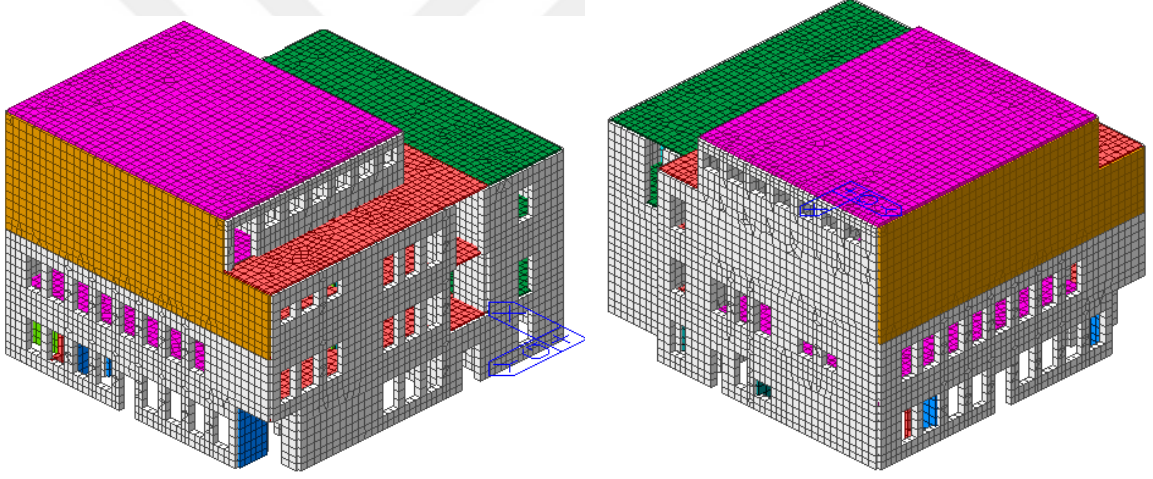
İnceleme konusu yapının mimari rölöve projesindeki mevcut durumunu yaklaşık olarak temsil edecek şekilde (yerinde yapılan gözlemsel tespitler dahilinde) zemin kat + 2 normal kat olarak modellenmiştir. Söz konusu modelde zati ve hareketli yükler, yapının fonksiyonuna uygun olacak şekilde katlara etki ettirilmiştir. İlgili yapı, TBDY (2018) Bölüm 11 ve 15'te belirtilen kriterler esas alınarak analiz edilmiş ve deprem performansı belirlenmiştir.

##### **4.9.1. Yapının Mevcut Durumunun Sonlu Elemanlar Modelinin Tanıtımı**

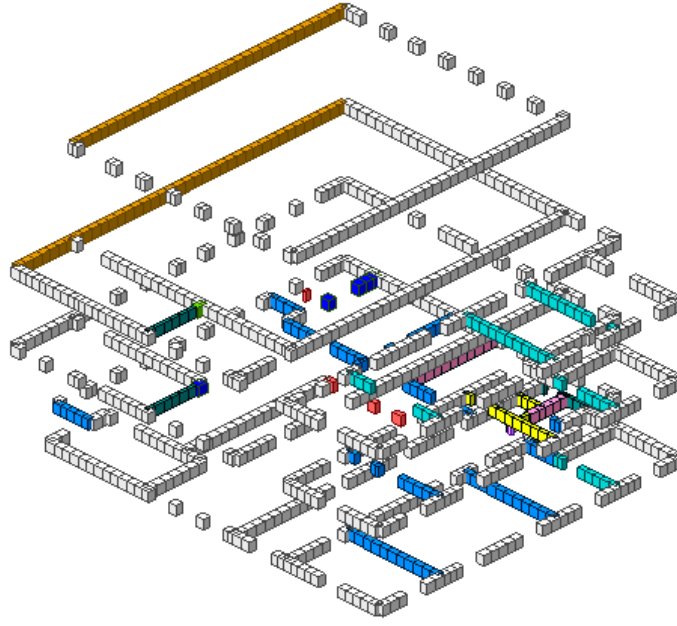
İnceleme konusu yapının 3B Sonlu eleman modeli MIDAS GEN 2019 yazılımı ile yapılmıştır. Yığma duvarlar, 3 veya 4 düğüm noktasından oluşan kabuk elemanlarla modellenmiştir. Yapısal usulsüzlükler ve geometrik kusurlar, yerinde yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilerle model üzerinde yaklaşık olarak gösterilmiştir. Modeli oluşturabilmek için bir CAD yazılımı ile kat planlarından idealize edilerek oluşturulan 3 boyutlu çubuk model MIDAS GEN yazılımına aktarılmıştır. Sonrasında yazılımda gerçek 3B model oluşturmuştur. Sonlu elemanlar modelinde toplam 14138 düğüm noktası ve 14226 eleman vardır. Değerlendirmede kullanılacak sonuçların, duvarlardan elde edilmesi için Şekil 4.32'de gösterilen hesaplama şeritleri olduğu düşünülmüştür. Tüm şeritlerin alt seviyesi, pencerelerin alt seviyesinde bulunup ve 0,5 m olarak modellenmiştir. Hesaplama şeritlerinin yeri, maksimum gerilmelerin olduğu yerler kabul edilir. Modelin 3B görüntüsü Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.30: Yapının 3B sonlu elemanlar modeli- güneybatı ve güneydoğu cephesi

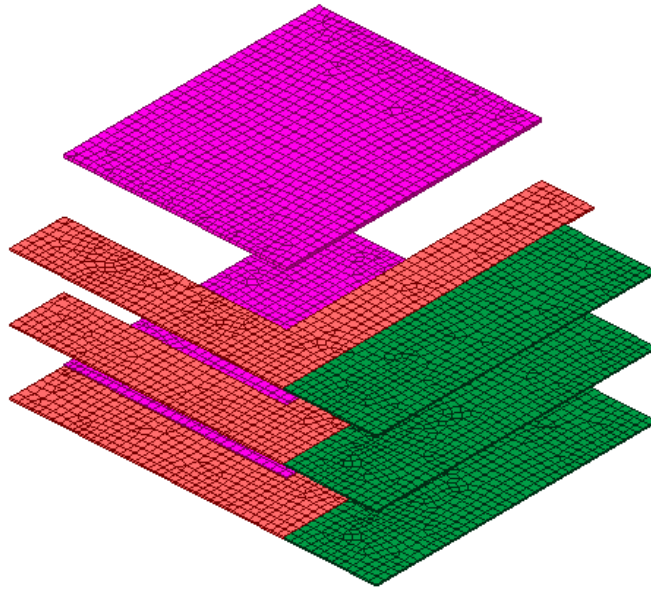


Şekil 4.31: Yapının 3B sonlu elemanlar modeli- kuzeybatı ve kuzeydoğu cephesi



**Şekil 4.32:** Duvarlarda oluşturulan hesaplama şeritleri

Hesaplama şeritleri duvar eleman olarak kalınlık tanımlanarak modellenmiştir (Şekil 4.32). Şeritler harici tüm elemanlar plak eleman olarak kalmıştır. Şeritlere duvar numarası verilerek analiz çıktıları bu şeritler üzerinden okunmuştur.



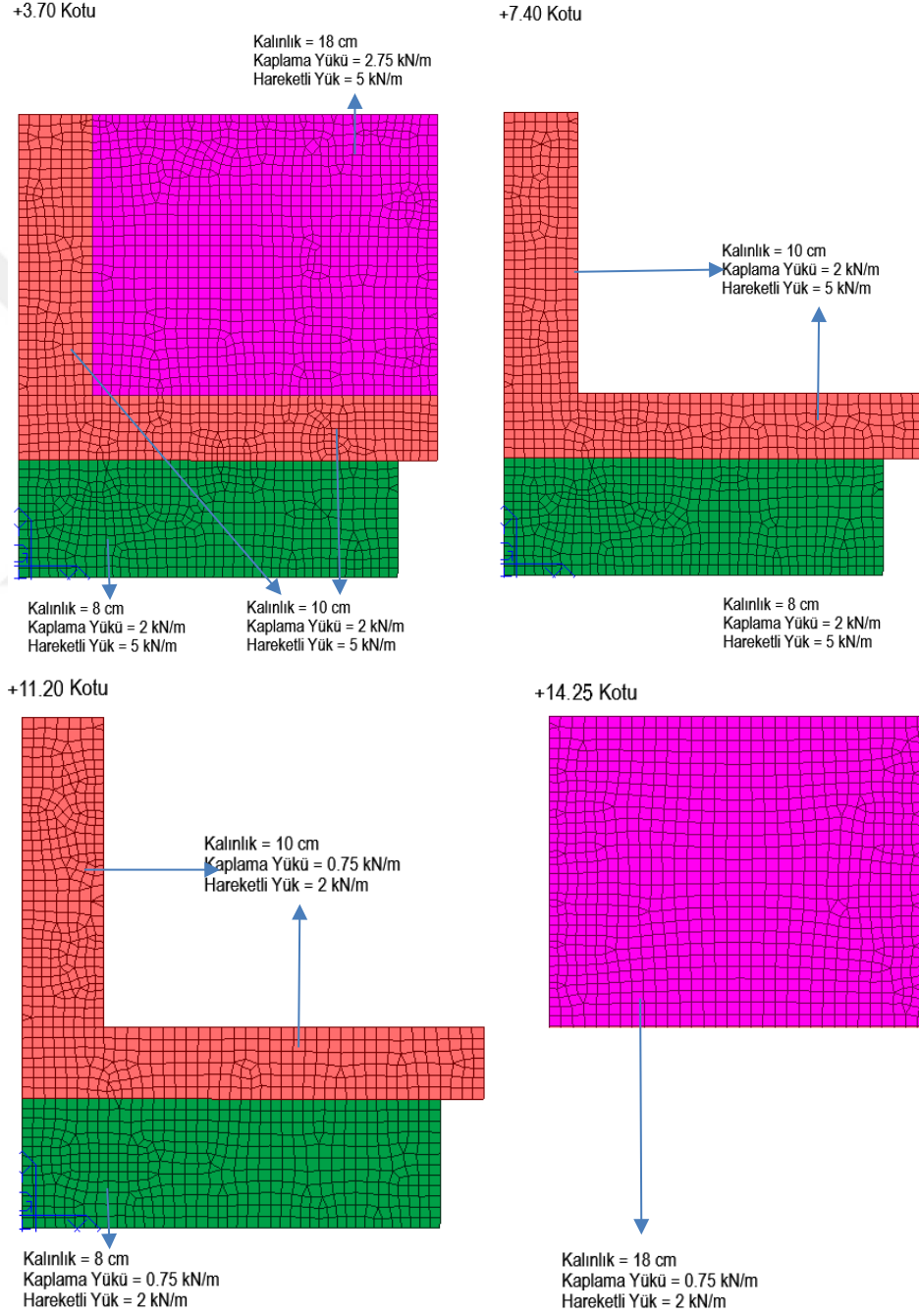
**Şekil 4.33:** Kat döşemeleri

Döşemeler plak eleman olarak Şekil 4.34'teki verilere göre modellenmiştir. Döşemeler Şekil 4.33'te gösterilmiştir. Döşeme ve duvar bağlantıları da ankastre mesnet olarak modellenmiştir.

#### 4.9.2. Mevcut Yapının Sonlu Elemanlar Modelinde Yer Alan Yükleme Durumları

##### 4.9.2.1. Statik ve Dinamik Yükleme

Sonlu eleman modeline zati yük ve kaplama yükü tanımlandıktan sonra TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri standardına göre hareketli yük tanımlanmıştır. Döşeme kesitleri ve yük tanımları Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34: Döşeme kesitleri ve yük tanımları

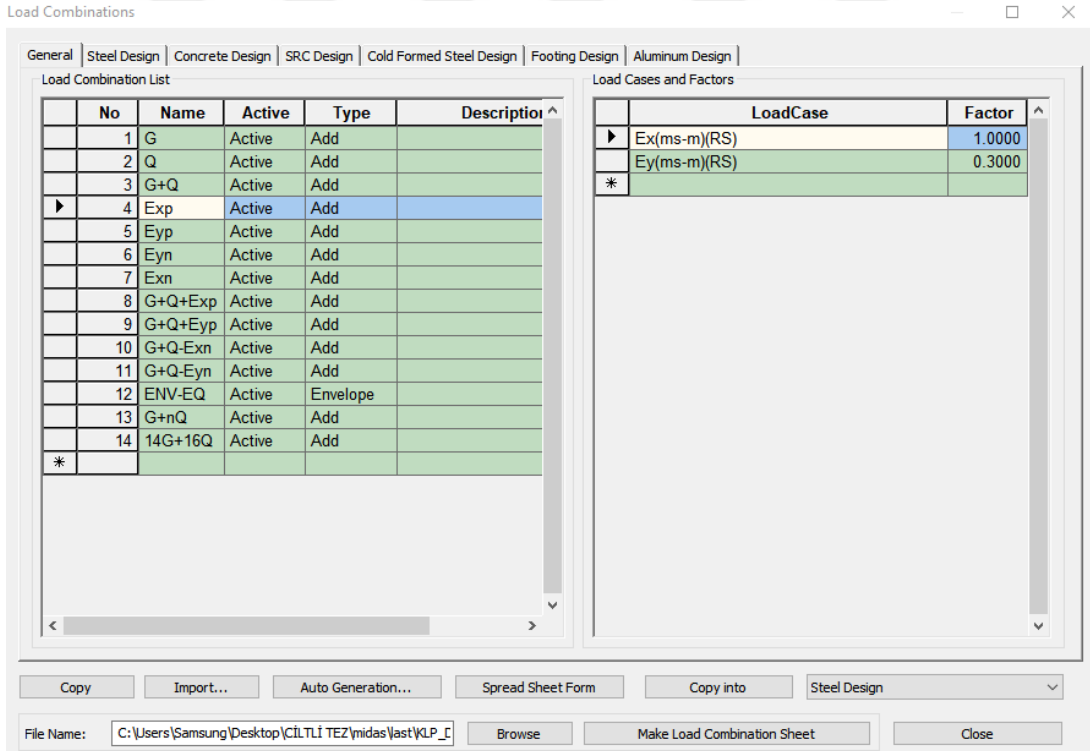
#### 4.9.2.2. Deprem Yükleri

İnceleme konusu yapıya etkiyen deprem yükleri, TDBY 2018'e göre belirlenen davranış spektrumunun programa tanımlanmasından sonra modal analizden çıkan kütle katılım oranına bakılarak, hesaplanan deprem yükü katsayısı ile hesaplanır. Davranış spektrumu detayları Mevcut Durum Performans Analizi kısmında anlatılmıştır.

#### 4.9.2.3. Yükleme Durumları

İnceleme konusu yapıya etki ettirilen yükleme durumları statik analiz için G+Q ve 1.4\*G+1.6\*Q için yük birleşimleri ve sismik analiz için TBDY (2018)'de aşağıdan belirtilen deprem etkili yük birleşimleri kullanılmıştır. Bu yük birleşimleri denklem (4.2)'de gösterilmiştir (Şekil 4.35).

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} & G+Q+0.2S+E_d^{(H)}+0.3E_d^{(Z)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} & 0.9G+H+E_d^{(H)}-0.3E_d^{(Z)} \end{aligned} \quad (4.2)$$



Şekil 4.35: Modellemede kullanılan yük kombinasyonları

#### 4.9.3. Mevcut Durum Performans Analizi ve Tahkiki

Statik analizlerde kullanılan parametreler, TBDY (2018)'deki kriterler dikkate alınarak, Tablo 4.4'teki gibi tanımlanmıştır. İlgili değerlere ait detaylar bu bölümde sunulmuştur.

**Tablo 4.4:** Analiz parametreleri

| PARAMETRE                                     | Değer                      |
|-----------------------------------------------|----------------------------|
| Yerel Zemin Sınıfı                            | ZD                         |
| Deprem Yer Hareketi Düzeyi                    | DD-2                       |
| Deprem Haritası Spektral İvme Katsayıları (g) | $S_s = 1.005, S_1 = 0.277$ |
| Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ( $R_a$ )       | 1                          |
| Bina Önem Katsayısı (I)                       | 1                          |
| Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı (n)          | 0.6                        |
| Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)                   | 1a                         |
| Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)                   | 6                          |

##### 4.9.3.1. Zemin ve Deprem Parametreleri

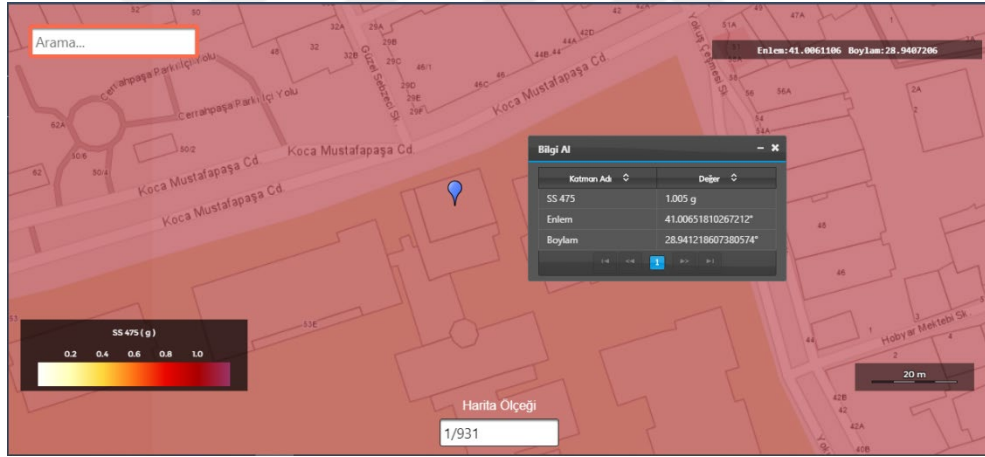
İnceleme konusu yapının bulunduğu konuma göre, İBB V30 Ortalama Kayma Dalgası Hızı Haritası ile yerel zemin sınıfı “ZD” olarak belirlenmiştir. Tablo 4.5'te TBDY (2018)'de belirtilen yerel zemin sınıfları tablosu gösterilmiştir.

**Tablo 4.5:** Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018)

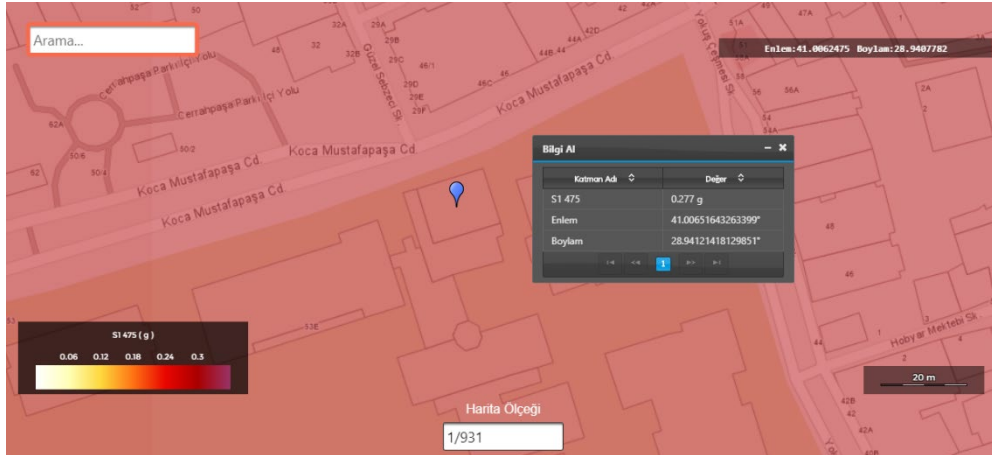
| YEREL ZEMİN SINIFI | ZEMİN CİNSİ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ÜST 30 METREDE ORTALAMA |                                   |                       |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | $(V_s)_{30}$<br>[m/s]   | $(N_{60})_{30}$<br>[darbe /30 cm] | $(c_u)_{30}$<br>[kPa] |
| ZA                 | Sağlam, sert kayalar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | > 1500                  | –                                 | –                     |
| ZB                 | Az ayrılmış, orta sağlam kayalar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 760 – 500               | –                                 | –                     |
| ZC                 | Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 360 – 760               | > 50                              | > 250                 |
| ZD                 | Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 180 – 360               | 15 – 50                           | 70 – 250              |
| ZE                 | Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller                                                                                                                                                                                                                                                                                         | < 180                   | < 15                              | < 70                  |
| ZF                 | Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler:<br>1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),<br>2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri,<br>3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ( $PI > 50$ ) killeri,<br>4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killeri. |                         |                                   |                       |

TBDY (2018) kapsamında, dört çeşit deprem yer hareketi düzeyi bulunmaktadır. Analizlerde, ileriki bölümlerde sunulacak olan performans hedefi için, 50 yılda aşılma olasılığı %10, tekrarlanma periyodu 475 yıl olan “Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)” kullanılacaktır.

Elastik ivme spektrumu karakteristik değerleri, zemin sınıfına göre seçilmiştir. Bu değerlere göre spektrum grafiği TBDY (2018)’de verilen yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak şekillenecektir. Deprem haritası spektral ivme katsayıları ( $S_s$  ve  $S_1$ ), AFAD’ın hazırlamış olduğu Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması ile belirlenmiştir (AFAD, 2019). Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de gösterildiği üzere ilgili haritada yapının konumu işaretlenmiş olup, 475 yıl dönüş periyodu olan deprem için;  $S_s = 1.005g$  ve  $S_1 = 0.277g$  olarak belirlenmiştir. Yerel zemin etki katsayıları ( $F_s$  ve  $F_1$ ), belirlenen spektral ivme katsayıları ve yerel zemin sınıfının “ZD” oluşu bilgileri doğrultusunda, Tablo 4.6 ve 4.7’de verilen değerler arasında interpolasyon yapılarak;  $F_s = 1.098$  ve  $F_1 = 2.046$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.36: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı,  $S_s$



Şekil 4.37: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı  $S_1$

**Tablo 4.6:** Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY, 2018)

| YEREL<br>ZEMİN<br>SINIFI | KISA PERİYOT BÖLGESİ İÇİN YEREL ZEMİN ETKİ KATSAYISI, $F_s$                     |              |              |              |              |                 |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                          | $S_s \leq 0.25$                                                                 | $S_s = 0.50$ | $S_s = 0.75$ | $S_s = 1.00$ | $S_s = 1.25$ | $S_s \geq 1.50$ |
| ZA                       | 0.8                                                                             | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZB                       | 0.9                                                                             | 0.9          | 0.9          | 0.9          | 0.9          | 0.9             |
| ZC                       | 1.3                                                                             | 1.3          | 1.2          | 1.2          | 1.2          | 1.2             |
| ZD                       | 1.6                                                                             | 1.4          | 1.2          | 1.1          | 1.0          | 1.0             |
| ZE                       | 2.4                                                                             | 1.7          | 1.3          | 1.1          | 0.9          | 0.8             |
| ZF                       | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır ( <b>Bkz.16.5, TBDY 2018</b> ). |              |              |              |              |                 |

**Tablo 4.7:** 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları (TBDY, 2018)

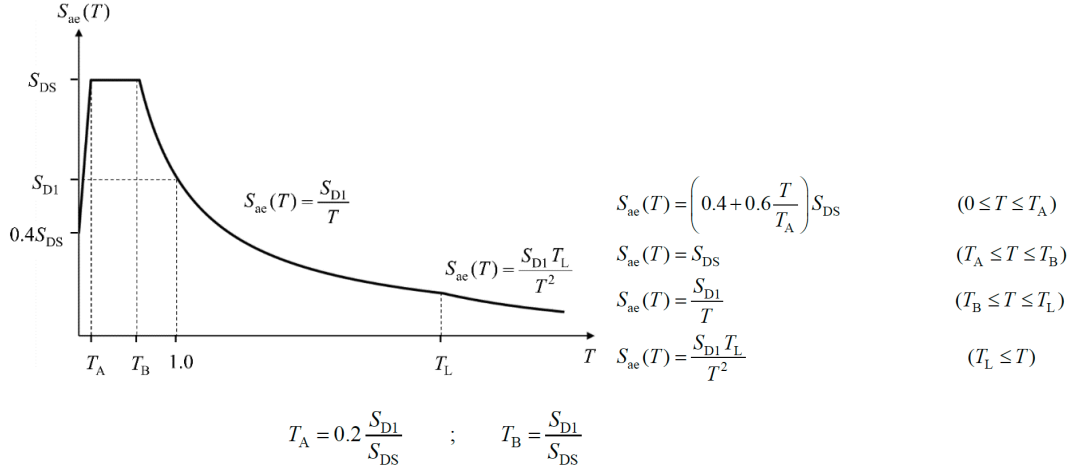
| YEREL<br>ZEMİN<br>SINIFI | 1.0 SANİYE PERİYOT İÇİN YEREL ZEMİN ETKİ KATSAYISI, $F_1$                       |              |              |              |              |                 |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
|                          | $S_I \leq 0.10$                                                                 | $S_I = 0.20$ | $S_I = 0.30$ | $S_I = 0.40$ | $S_I = 0.50$ | $S_I \geq 0.60$ |
| ZA                       | 0.8                                                                             | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZB                       | 0.8                                                                             | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8          | 0.8             |
| ZC                       | 1.5                                                                             | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.5          | 1.4             |
| ZD                       | 2.4                                                                             | 2.2          | 2.0          | 1.9          | 1.8          | 1.7             |
| ZE                       | 4.2                                                                             | 3.3          | 2.8          | 2.4          | 2.2          | 2.0             |
| ZF                       | Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır ( <b>Bkz.16.5, TBDY 2018</b> ). |              |              |              |              |                 |

Spektral ivme katsayıları, TBDY (2018)' de tarif edildiği üzere, denklem (4.3)' e göre, harita spektral ivme katsayılarının yerel zemin etki katsayıları ile çarpılması ile Şekil 4.38' de elde edilmiştir;

$$S_{DS} = S_s F_s = 1.005 \times 1.098 = 1.103$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.277 \times 2.046 = 0.567$$
(4.3)

Buna göre, yatay elastik spektral ivme değerleri [ $S_{ae}(T)$ ] ve yatay elastik ivme spektrumu köşe periyotları ( $T_A$  ve  $T_B$ ), yukarıda hesaplanan değerlere ve TBDY (2018)'de verilen kriterlere bağlı olarak hesaplanmıştır ve elastik ivme spektrumu oluşturulmuştur.



Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu  $T_L = 6$  s alınacaktır.

**Şekil 4.38:** Spektral ivme katsayıları ve yatay elastik ivme spektrumu (TBDY, 2018)

#### 4.9.3.2. Yapısal Parametreler

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ( $R_a$ ); TBDY (2018), Bölüm 15, Madde 15.5.1.2' ye göre mevcut yapıların değerlendirilmesi için yapılan doğrusal deprem hesabı yöntemi olan Mod Birleştirme Yönteminde  $R_a = 1$  alınacaktır.

Bina Önem Katsayıları ( $I$ ); TBDY (2018), Bölüm 15, Madde 15.4.2' ye göre mevcut yapıların değerlendirilmesi için yapılan deprem hesabında, hesaba katılmayıp 1 alınacaktır.

Hareketli Yüğü Katılım Katsayısı ( $n$ ); inceleme konusu bina, okul amaçlı kullanıldığından dolayı, Tablo 4.8'e göre ( $n$ ) = 0.60 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.8:** Hareketli yüğü kütle katılım katsayısı (TBDY, 2018)

| BİNANIN KULLANIM AMACI                                                                             | $n$  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Depo, antrepo, vb.                                                                                 | 0.80 |
| Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb. | 0.60 |
| Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.                                                         | 0.30 |

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS); TBDY (2018)'nde verilen kriterler ile mevcut binanın, hesaplanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{DS}$ ) ve bina kullanım sınıfı (BKS) dikkate alınarak, Tablo 4.9'dan deprem tasarım sınıfı (DTS)=1a olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.9:** Deprem tasarım sınıfları (DTS) (TBDY, 2018)

| DD-2 DEPREM YERHAREKETİ DÜZEYİNDE KISA PERİYOT TASARIM<br>SPEKTRAL İVME KATSAYISI ( $S_{DS}$ ) | BİNA KULLANIM<br>SINIFI |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|
|                                                                                                | BKS =1                  | BKS = 2, 3 |
| $S_{DS} < 0.33$                                                                                | DTS = 4a                | DTS = 4    |
| $0.33 \leq S_{DS} < 0.50$                                                                      | DTS = 3a                | DTS = 3    |
| $0.50 \leq S_{DS} < 0.75$                                                                      | DTS = 2a                | DTS = 2    |
| $0.75 \leq S_{DS}$                                                                             | DTS = 1a                | DTS = 1    |

Bina Yükseklik Sınıfı (BYS); TBDY (2018)'de verilen kriterler ile mevcut binanın, deprem tasarım sınıfı ve yönetmeliğin E22. Maddesi dikkate alındığında, bina yükseklik sınıfının (BYS)=8 olması gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak, binanın mevcut yüksekliği göz önüne alındığında, BYS=6 olmakta olup, bina yükseklik sınıfı açısından gereken şartlar sağlanmamaktadır. Ancak, mevcut yapılarda bu şart aranmamaktadır.

**Tablo 4.10:** Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları (TBDY, 2018)

| BİNA<br>YÜKSEKLİK SINIFI | BİNA YÜKSEKLİK SINIFLARI VE DEPREM TASARIM SINIFLARINA GÖRE<br>TANIMLANAN BİNA YÜKSEKLİK ARALIKLARI [m] |                        |                     |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                          | DTS = 1, 1a, 2, 2a                                                                                      | DTS = 3, 3a            | DTS = 4, 4a         |
| BYS = 1                  | $H_N > 70$                                                                                              | $H_N > 91$             | $H_N > 105$         |
| BYS = 2                  | $56 < H_N \leq 70$                                                                                      | $70 < H_N \leq 91$     | $91 < H_N \leq 105$ |
| BYS = 3                  | $42 < H_N \leq 56$                                                                                      | $56 < H_N \leq 70$     | $56 < H_N \leq 91$  |
| BYS = 4                  | $28 < H_N \leq 42$                                                                                      | $42 < H_N \leq 56$     |                     |
| BYS = 5                  | $17.5 < H_N \leq 28$                                                                                    | $28 < H_N \leq 42$     |                     |
| BYS = 6                  | $10.5 < H_N \leq 17.5$                                                                                  | $17.5 < H_N \leq 28$   |                     |
| BYS = 7                  | $7 < H_N \leq 10.5$                                                                                     | $10.5 < H_N \leq 17.5$ |                     |
| BYS = 8                  | $H_N \leq 7$                                                                                            | $H_N \leq 10.5$        |                     |

#### 4.9.3.3. Malzeme Bilgileri ve Geometrik Kontroller

Analiz ve tahkiklerde yığma duvarlar için kullanılan malzeme dayanım değerleri Tablo 4.13'te özetlenmiştir.

**Tablo 4.11:** Yığma duvarlar için analizde kullanılan malzeme dayanım değerleri

| TANIM                               | KISALTMA  | DEĞER                 | BİRİM                   |
|-------------------------------------|-----------|-----------------------|-------------------------|
| Kargir birim basınç dayanımı        | $f_b$     | 5.7                   | N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| Duvar karakteristik basınç dayanımı | $f_k$     | 2.87                  | N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| Duvar başlangıç kesme dayanımı      | $f_{vk0}$ | 0.10                  | N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| Duvar çekme dayanımı                | $f_t$     | 0.15 (1.5 $f_{vk0}$ ) | N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| Duvar elastisite modülü             | $E_{duv}$ | 2152.5 (750 $f_k$ )   | N/mm <sup>2</sup> (MPa) |
| Duvar kayma modülü                  | $G_{duv}$ | 861 (0.40 $E_{duv}$ ) | N/mm <sup>2</sup> (MPa) |

İnceleme konusu yapının yığma duvar malzeme dayanım değerleri için yapımıza referans seçilen İ.Ü. Siyasal Bilimler Fakültesi'nin malzeme deney raporundaki değerler esas alınmıştır. Analizlerde kargir birim basınç dayanımı  $f_b = 5.7$  MPa, duvar karakteristik basınç dayanımı,  $f_k = 2.87$  MPa, karakteristik başlangıç kesme dayanımı  $f_{vko} = 0.10$  MPa alınmıştır.

TBDY (2018)'e göre duvar karakteristik kesme dayanımı  $f_{vk}$ , denklem (4.4) ile elde edilecektir.

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4 \sigma_d \leq 0.10 f_b \quad (4.4)$$

Burada,  $\sigma_d$ , duvar üstündeki düşey basınç gerilmesi,  $f_b$  kargir birim basınç dayanımı,  $f_{vko}$  karakteristik başlangıç kesme dayanımıdır.

İtalyan NTC-08 (2008) Yönetmeliği'nde de belirtildiği üzere malzemelerin ortalama çekme dayanımının, başlangıç kesme dayanımının 1.5 katı olduğu dikkate alınarak çekme dayanımı için dolu blok tuğla duvarda  $f_t = 0.15$  N/mm<sup>2</sup> değeri esas alınmıştır.

TBDY (2018) Madde 11.2.13'teki kurallar dikkate alınarak mevcut yapının analizinde elastisite ve kayma modülleri, tanımlanmıştır. Bu doğrultuda, yapının statik analizinde duvar elastisite modülü ( $E_{duv}$ ) =  $750 f_k = 2152.5$  MPa, duvar kayma modülü ise,  $G_{duv} = \%40 (E_{duv}) = 861$  MPa şeklinde tanımlanmıştır.

#### **4.9.3.4. Taşıma Gücü Yöntemine Göre Hesap**

TBDY (2018) Madde 11.4.1'de yığma duvarların basınç tahkikleri hakkında bilgiler verilmiştir. İlgili maddeye göre; Yığma duvara düşey ekseninde etki eden tasarım kuvveti,  $N_{Ed}$ , duvar düşey yük tasarımıdayanımı olan  $N_{Rd}$ 'den büyük olmayacaktır. Tek katmanlı yığma taşıyıcı duvarın birim uzunluğundüşey yük tasarım dayanımı ( $N_{Rd}$ ) ve yığma duvar tasarım basınç dayanımı ( $f_d$ ), denklem (4.5) ve (4.6) 'ya göre hesaplanır. Madde 15.2.12 uyarınca performans analizlerinde bilgi düzeyi katsayısı haricinde malzemeler ile ilgili tasarıma yönelik dayanım azaltma katsayıları kullanılmamaktadır. Bu doğrultuda tasarım basınç dayanımı ( $f_d$ ) bulunurken karakteristik kesme dayanımı ( $f_{vk}$ ), dayanım azaltma katsayısına ( $\gamma_m$ ) bölünmemiştir. Aşağıdaki formüllerde  $\lambda$ , kapasite azaltma katsayısını,  $A$  ise dolu duvar parçasının yatay en kesit alanını ifade etmektedir.

$$N_{Rd} = \lambda A f_d \quad (4.5)$$

$$f_d = f_k / \gamma_m \quad (4.6)$$

TBDY (2018) Madde 11.4.2’de ‘‘Narinliğe bağılı  $\lambda$  kapasite azaltmakatsayısı, narinlik oranının (hef / tef) 6 değerinden daha küçük olduğunda 1.0, 6 ile 10 arasında olduğunda 0.8, 10 ile 15 olduğunda ise 0.7 alınacaktır. Narinlikoranının 15 değerinden daha büyükolmasına izin verilmeyecektir.’’ ifadesi bulunmaktadır. Hesaplamalarda yığma duvarlar için narinlik oranları, söz konusu kriterler kullanılarak belirlenmiştir. Yönetmelikteki aynı maddede, yığma duvarlar için dayanım azaltma katsayısının ( $\gamma_m$ ) Bölüm 11.2.11’e göre belirleneceği ifade edilmiştir. Ancak, TBDY (2018) Madde 15.2.12 uyarınca performans analizlerinde bilgi düzeyi katsayısı haricinde malzemeler ile ilgili tasarıma yönelik dayanım azaltma katsayıları kullanılmamaktadır.

TBDY (2018) Madde 11.4.3’te yığma duvarların kesme tahkikleri hakkında bilgiler verilmiştir. İlgili maddeye göre; donatısız yığmaduvarlarda taşıyıcı yığma duvar tasarımkesme kuvveti dayanımı,  $V_{Rd}$ , duvara etkiyentasarım kesme kuvveti,  $V_{Ed}$ ’den daha büyük olacaktır. Duvar kesme kuvveti dayanımı, denklem (4.7) ve (4.8) ile verilen değerlerden küçük olanı olarak alınacaktır. Duvar karakteristik kesme dayanımı ( $f_k$ )’nın hesaplanmasında kullanılan  $f_b$  değeri 25 MPa’dan büyük alınmayacaktır.  $b$  katsayısı, duvaryüksekliğinin duvaruzunluğuna oranı olup 1’den küçük, 1.5’den büyükalınmayacaktır. Aşağıdaki formüllerde  $f_{vd}$ , duvar üzerindeki ortalama düşeygerilmeleri kullanarak elde edilen duvar tasarım kesme dayanımını,  $f_{vdo}$  ise eksenel gerilmenin bulunmadığı durumdaki karakteristik kesme dayanımının;  $\gamma_m$  yığma malzeme katsayısına bölünmüş değerini ifade etmektedir. Madde 15.2.12 uyarınca performans analizlerinde bilgi düzeyi katsayısı haricinde malzemeler ile ilgili tasarıma yönelik dayanım azaltma katsayıları kullanılmamaktadır. Bu doğrultuda tasarım  $f_{vd}$  ve  $f_{vdo}$  değerleri hesabı için dayanım azaltma katsayısı ( $\gamma_m$ ) kullanılmamış olup formüllerde  $f_{vd}$  yerine  $f_k$ ,  $f_{vdo}$  yerine  $f_{vko}$  değerleri esas alınmıştır. Formüllerde  $t$ , duvar kalınlığını,  $\ell$ , duvar kesit uzunluğunu,  $\ell_c$  ise duvarın basınca çalışan kısmının boyunu ifade etmektedir.

$$V_{Rd} = f_{vd} t \ell_c \quad (4.7)$$

$$V_{Rd} = \ell t \frac{1.5 f_{vdo}}{b} \sqrt{1 + \frac{N_{Ed}}{1.5 \ell t f_{vdo}}} \quad (4.8)$$

#### **4.9.3.5. Performans Analizi Kabulleri**

İnceleme konusu yapının performans analizleri TBDY (2018)'de verilen kriterlere göre gerçekleştirilmiştir. Yapı bilgi düzeyi sınırlı bilgi düzeyi olarak kabul edilmiş ve buna uygun olarak bilgi düzeyi katsayısı 0.75 alınmıştır. Yığma binaların performans düzeyine, Madde 15.8.8'de belirtildiği üzere, Bölüm 15.2'ye göre yapılan inceleme ve Bölüm 11'e göre yapılan hesap sonucunda karar verilecektir. Performans seviyesini belirlemek amacıyla TBDY (2018) Bölüm 4'te belirtilen, doğrusal statik hesap yöntemi olan "Mod Birleştirme Yöntemi" seçilmiştir. Yapının 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem (DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi) için "Kontrollü Hasar Performans Hedefi" koşullarını sağlaması gerekmektedir (Madde 3.5.1.2).

Yığma binaların performans düzeyine, Madde 15.8.8'de belirtilen ve aşağıda sunulan kriterler ile karar verilmiştir. İlgili maddeye göre;

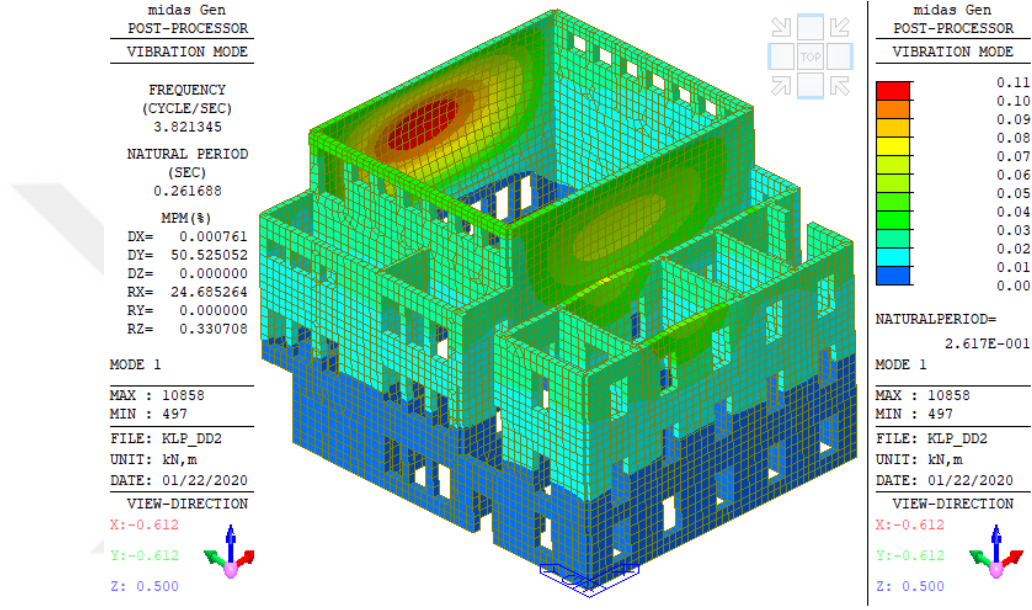
Binanın iki doğrultuda bütün duvarlarının kesme kuvveti dayanımı uygulanan depremden dolayı meydana kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, binanın "Sınırlı Hasar Performans" düzeyinde olduğu anlaşılır. Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %40'ın altında ise binanın "Kontrollü Hasar Performans" düzeyinde olduğu kabul edilir. %40'ı aşması durumunda binanın "Göçme" durumunda olduğu anlaşılır.

#### **4.9.3.6. Analiz Sonuçlarının İrdelenmesi**

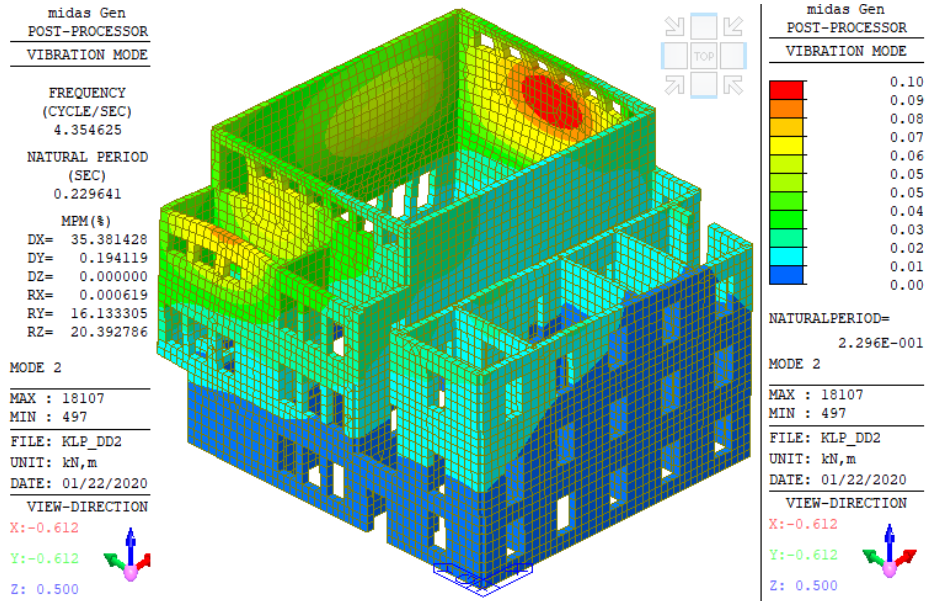
İlgili yapı, TBDY (2018) Bölüm 11 ve 15'te belirtilen kriterler esas alınarak analiz edilmiş ve deprem performansı belirlenmiştir. Performans belirlenirken, Okumuş (2019) tarafından yapılan, TBDY (2018) göre yapıların tahkikini yapan SINAN yazılımı kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar özet olarak Tartışma ve Sonuç bölümünde verilmiş, ayrıca EK 1' de detaylı olarak verilmiştir. Yapının modları, doğal titreşim periyodu ve kütle katılım oranları belirlenmiştir ve Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'ta gösterilmiştir. Yapının deprem etkileri altında yaptığı yatay yer değiştirmeler, Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'te gösterilmiştir. Deprem etkisi altında oluşan gerilmeler ise Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48, Şekil 4.49, Şekil 4.50, Şekil 4.51, Şekil 4.52, Şekil 4.53, Şekil 4.54, Şekil 4.55'te verilmiştir.

İnceleme konusu yapının deprem etkisi altında modal analizi yapılmıştır. Analiz için yeterli titreşim modu sayısı TBDY 2018'de belirtildiği üzere x ve y deprem doğrultusunda her mod

için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden az olmaması koşuluna göre belirlenmiştir. Buna göre ilk 35 modda, her iki doğrultuda bu değer sağlanmıştır. Yapının ilk hâkim modu 1. mod olup y doğrultusunda yanal hareket şeklinde ve kütle katılım oranı: %50.5251, periyodu 0.2617 s'dir. Yapının ikinci hâkim modu 2. mod olup x doğrultusunda yanal hareket şeklinde ve kütle katılım oranı %35.3814, periyodu 0.2296 s olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'ta yapının 1. modu ve 2. modu verilmiştir.

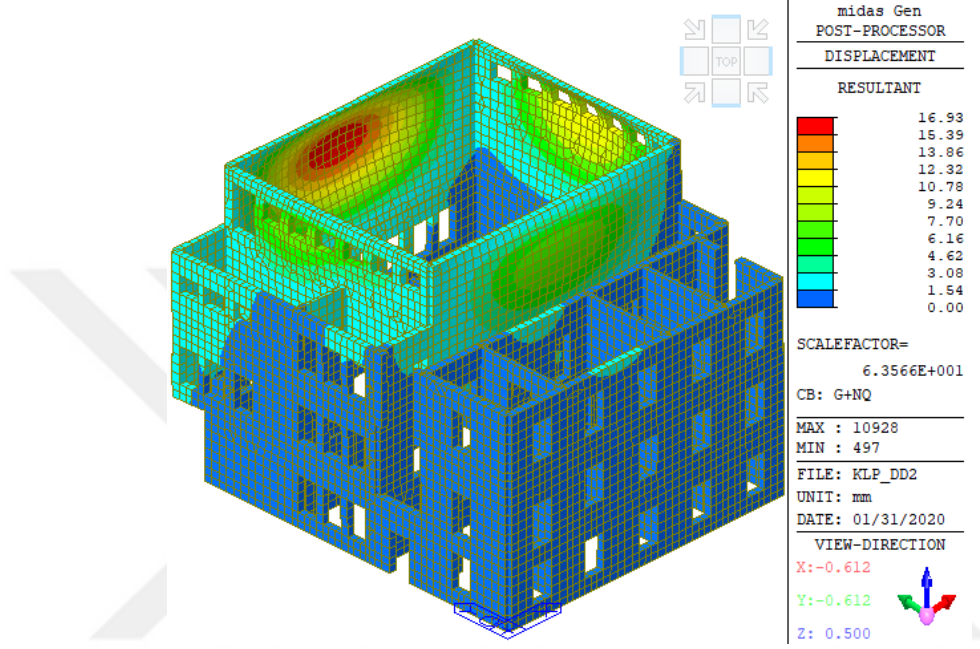


Şekil 4.39: Mod 1, T = 0.2617 s, y doğrultusunda hareket



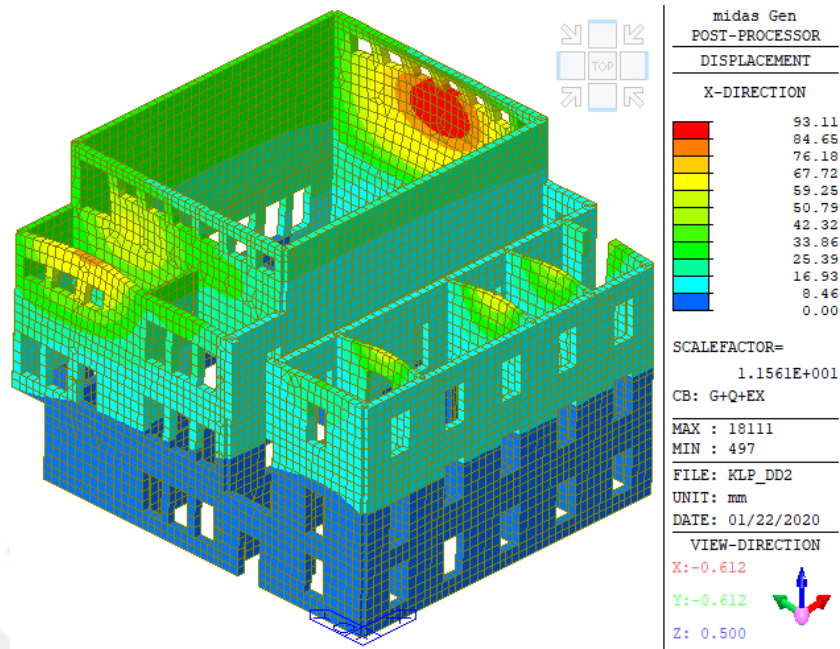
Şekil 4.40: Mod 2, T = 0.2296 s, x doğrultusunda hareket

Söz konusu yapının düşey yükler altında maksimum 16.93 mm yer değiştirme yaptığı tespit edilmiştir. Sabit ve azaltılmış hareketli yükler (G+nQ) altında yapıda oluşan deplasmanlar Şekil 4.41’de görülmektedir. Meydana gelen maksimum yer değiştirmelerin genellikle amfinin duvarlarında ve özellikle yapının kuzey cephesindeki dış duvarlarda olduğu tespit edilmiştir.



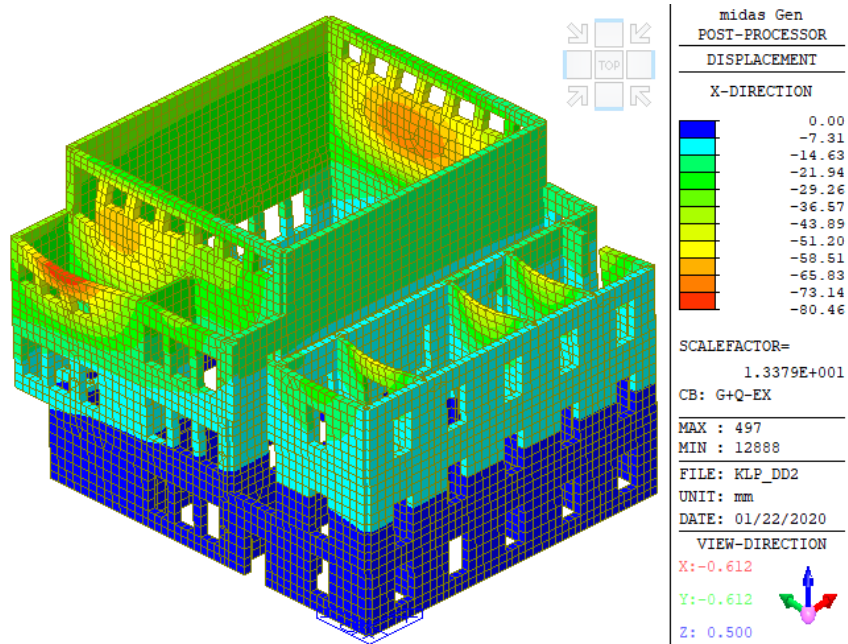
Şekil 4.41: Yapının sabit ve hareketli yükler altında yer değiştirmeleri (G+nQ)

İnceleme konusu yapıda pozitif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Exp ( $E_x+0.3E_y$ ) etkisinde oluşan deplasmanlar Şekil 4.42’de verilmiştir. Bu yöndeki yükleme altında yapıda meydana gelen maksimum yer değiştirme 93.11 mm ile yapının doğu cephesindeki amfinin bulunduğu duvarda olduğu tespit edilmiştir. Yapıda 1. katın alt kotundan yapının en üst kotuna kadar x doğrultusunda artan deplasman dağılımı oluşmuştur.



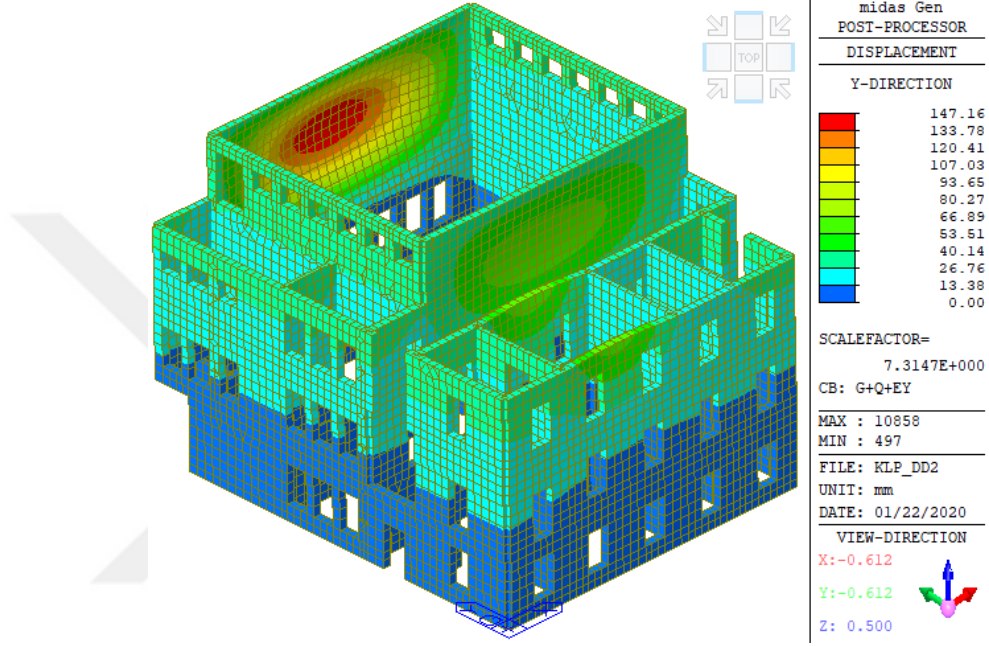
Şekil 4.42: Yapının x doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri (G+Q+Exp)

İnceleme konusu yapıda negatif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q-Exn (-Ex-0.3Ey) etkisinde oluşan deplasmanlar Şekil 4.43'te verilmiştir. Bu yöndeki yükleme altında yapıda meydana gelen maksimum yer değiştirme 80.46 mm ile yapının batı cephesindeki 2. kat 202 numaralı merdiven holündeki dış duvarda olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapının batı cephesi ve özellikle doğu cephesinde amfinin duvarlarında 73 mm' e kadar yer değiştirme meydana gelmiştir.



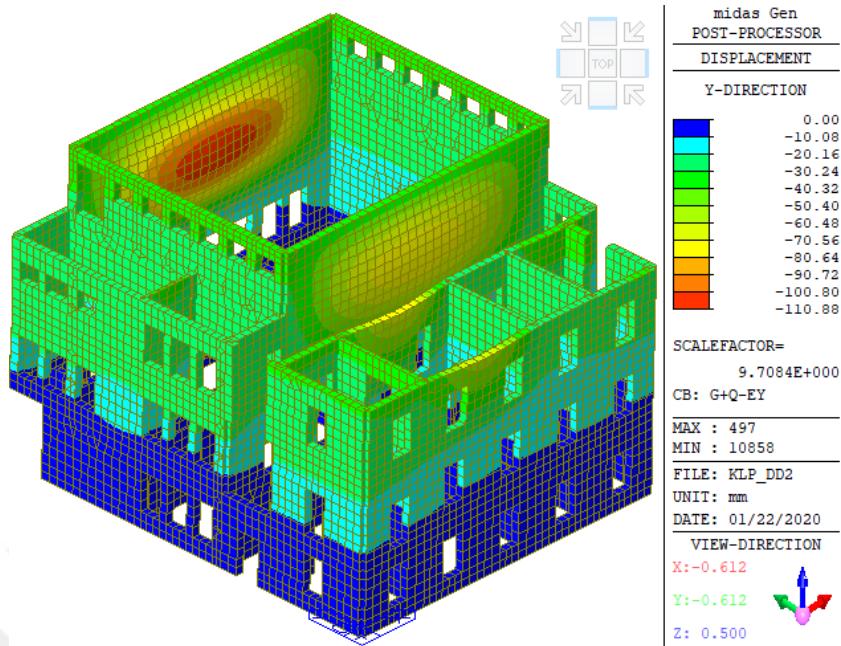
Şekil 4.43: Yapının x doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri (G+Q-Exn)

İnceleme konusu yapıda pozitif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Eyp ( $0.3E_x+E_y$ ) etkisinde oluşan deplasmanlar Şekil 4.44'te verilmiştir. Bu yöndeki yükleme altında yapıda meydana gelen maksimum yer değiştirme 147.16 mm ile yapının kuzey cephesindeki amfi duvarındadır. Yapının birinci hâkim modunun bu doğrultuda olması, yükleme durumlarındaki en fazla yer değiştirmenin bu doğrultuda olmasına neden olmuştur.

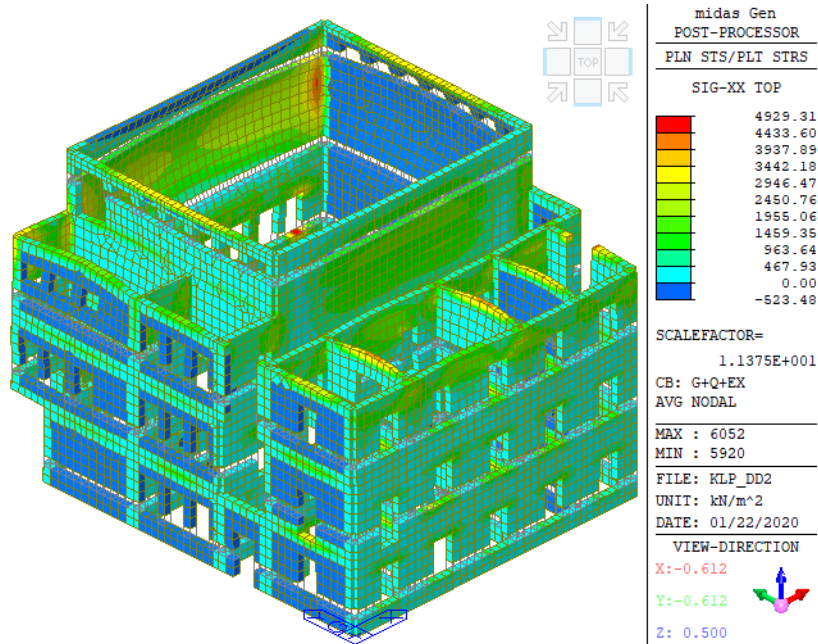


**Şekil 4.44:** Yapının y doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri (G+Q+Eyp)

İnceleme konusu yapıda negatif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q-Eyn ( $-0.3E_x-E_y$ ) etkisinde oluşan deplasmanlar Şekil 4.45'te verilmiştir. Bu yöndeki yükleme altında yapıda meydana gelen maksimum yer değiştirme 147.16 mm ile yapının kuzey cephesindeki amfi duvarındadır. Yapının birinci hâkim modunun bu doğrultuda olması bu doğrultudaki deprem yüklemesinde ciddi deplasman oluşmasına neden olmuştur.

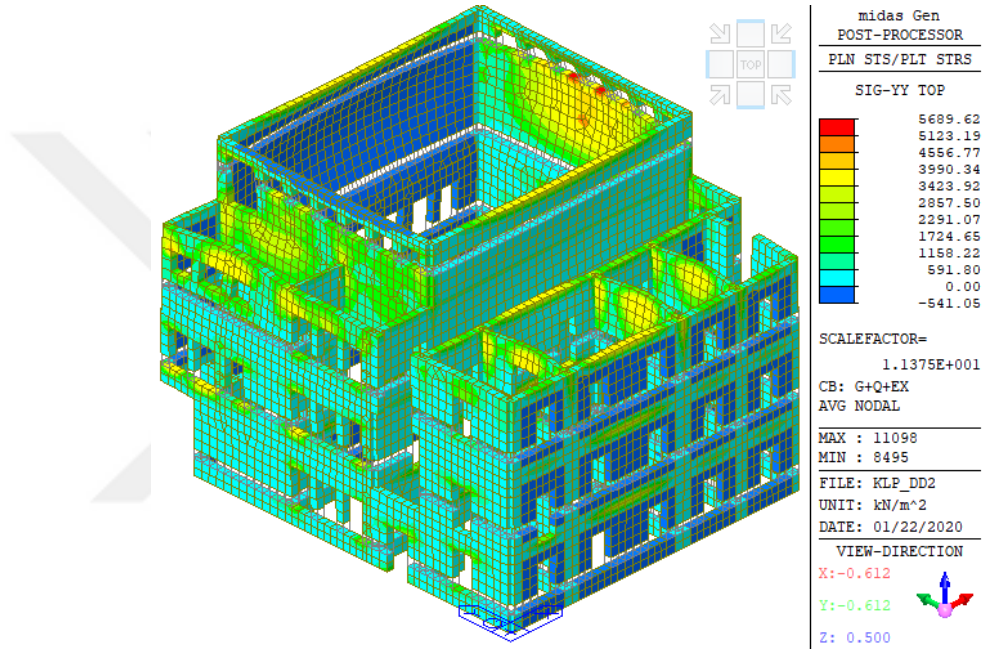


**Şekil 4.45:** Yapının y doğrultusunda deprem etkileri altında yatay yer değiştirmeleri (G+Q-Eyn) İncelenen yapıda pozitif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Exp ( $E_x+0.3E_y$ ) etkisinde oluşan sig-XX gerilmeleri Şekil 4.46’da verilmiştir. Sig-XX gerilmeleri x ekseninde y-z düzlemine dik doğrultudaki eksenel gerilmeleri ifade etmektedir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $4929.31 \text{ kN/m}^2$  ile genellikle kuzey cephedeki dış duvar birleşim kısımlarında olduğu tespit edilmiştir. Yapının batı ve doğu cephesindeki duvarlarda basınç, kuzey ve güney cephesindeki duvarlarda genellikle çekme gerilmeleri oluşmuştur.



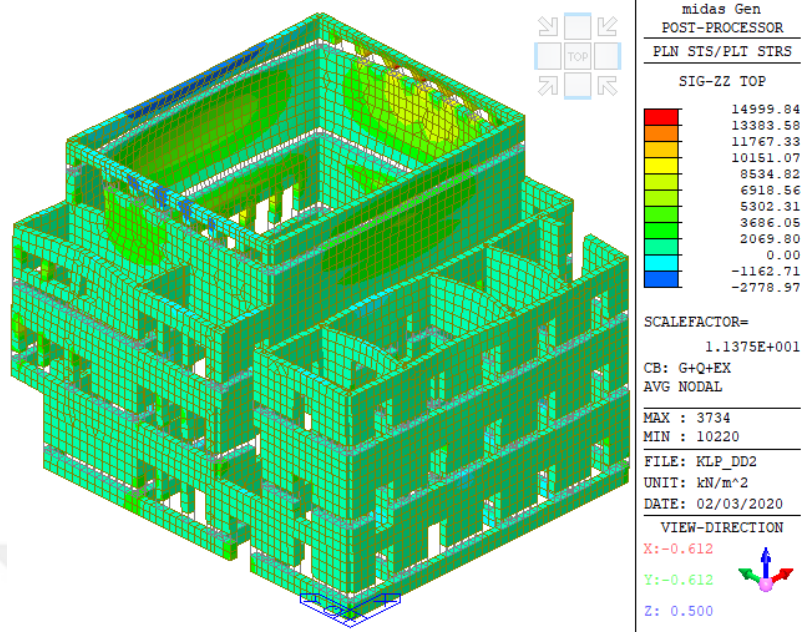
**Şekil 4.46:** G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-XX gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Exp ( $Ex+0.3E_y$ ) etkisinde oluşan sig-YY gerilmeleri Şekil 4.47’de verilmiştir. Sig-YY gerilmeleri y ekseninde x-z düzlemine dik doğrultudaki aksenal gerilmeleri ifade etmektedir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $5689.62 \text{ kN/m}^2$  ile yapının doğu cephesindeki dış duvarda amfinin pencere boşluklarının bulunduğu kısımlarda olduğu tespit edilmiştir. Yapının kuzey ve güney cephesindeki duvarlarda basınç, doğu ve batı cephesindeki duvarlarda genellikle çekme gerilmeleri oluşmuştur.



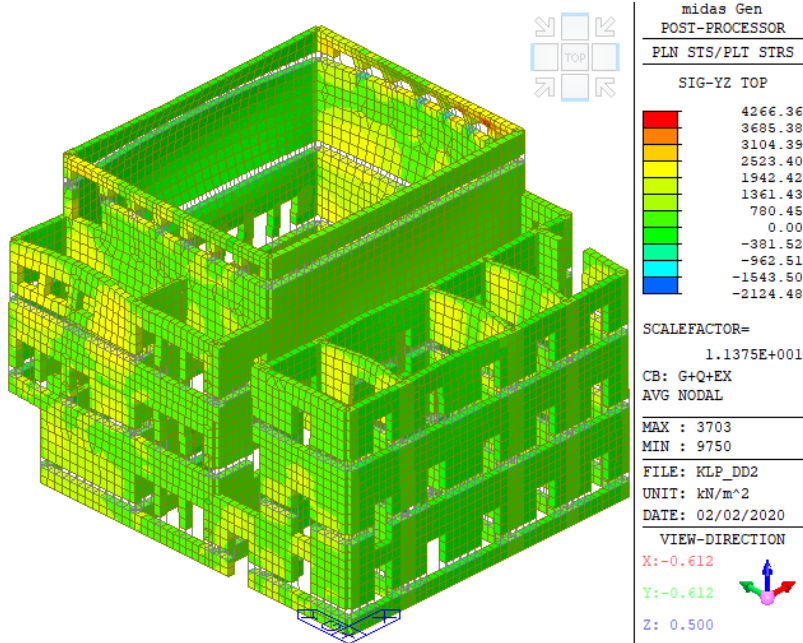
Şekil 4.47: G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-YY gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Exp ( $Ex+0.3E_y$ ) etkisinde oluşan sig-XX gerilmeleri Şekil 4.48’de verilmiştir. Sig-ZZ gerilmeleri z ekseninde x-y düzlemine dik doğrultudaki aksenal gerilmeleri ifade etmektedir. Yapıda düşey ekseninde görülen gerilmelerdir. Basınç ve çekme gerilmeleri bu ekseninde maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $14999.84 \text{ kN/m}^2$  ile yapının batı cephesinde amfinin üst pencere boşlukları arasında kalan duvarlarda olduğu tespit edilmiştir. Bu eksenindeki gerilmeler genellikle çekme etkili olarak oluşmuştur. En yüksek gerilmeler amfi duvarlarında olduğu tespit edilmiştir.



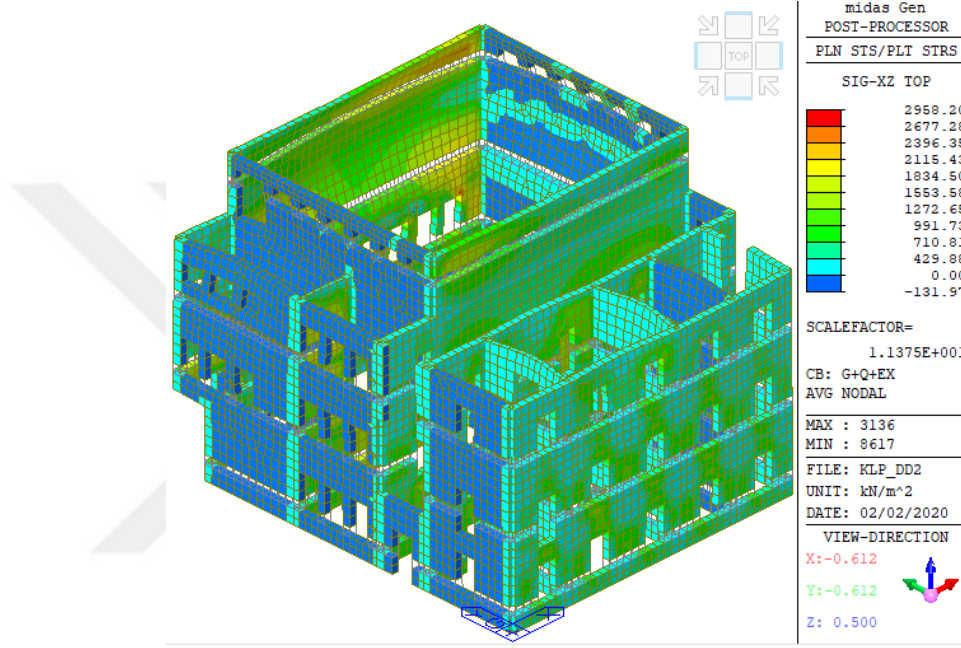
Şekil 4.48: G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-ZZ gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Exp ( $Ex+0.3E_y$ ) etkisinde oluşan sig-YZ gerilmeleri Şekil 4.49’da verilmiştir. Sig-YZ gerilmeleri y-z düzlemindeki kayma gerilmelerini ifade etmektedir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $4266.36 \text{ kN/m}^2$  ile yapının doğu cephesindeki duvarlarda amfının üst pencere lentolarında olduğu tespit edilmiştir. Deprem yönüne dik bu düzlemde kayma gerilmeleri yüksek seviyede görülmüş ve yapının düşey eksenindeki gerilmeleri ile bu eksenindeki gerilmelerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



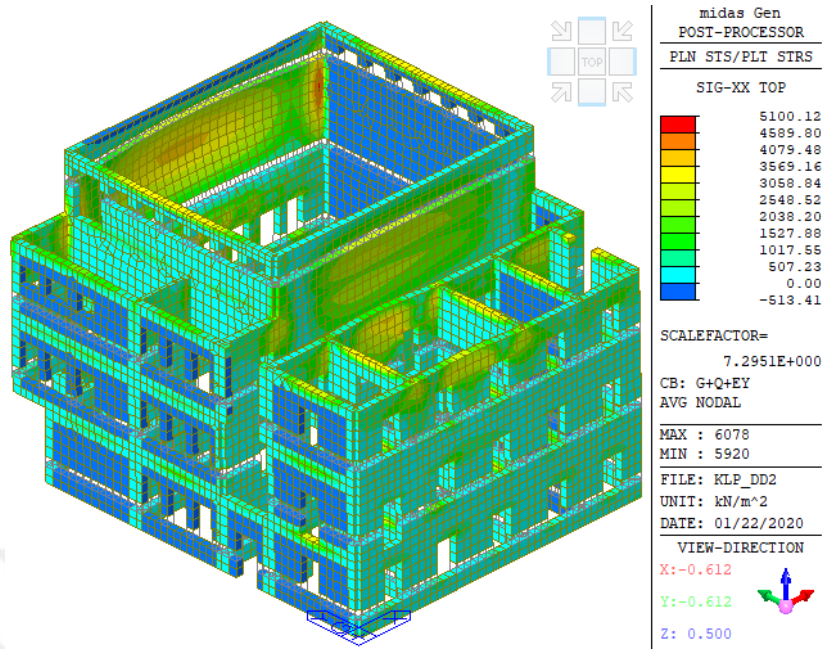
Şekil 4.49: G+Q+Exp yüklemesinde oluşan sig-YZ gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif x doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi,  $G+Q+Exp$  ( $Ex+0.3Ey$ ) etkisinde oluşan sig-XZ gerilmeleri Şekil 4.50’de verilmiştir. Sig-XZ gerilmeleri x-z düzlemindeki kayma gerilmelerini ifade etmektedir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $2958.20 \text{ kN/m}^2$  ile genellikle kuzey cephedeki 2. kat dış duvarlarda olduğu tespit edilmiştir. Yapıda enine doğrultuda olan duvarlardaki pencere ve kapı lentolarında kayma gerilmelerinin yaklaşık  $1500 \text{ kN/m}^2$ ’ye ulaştığı anlaşılmıştır.



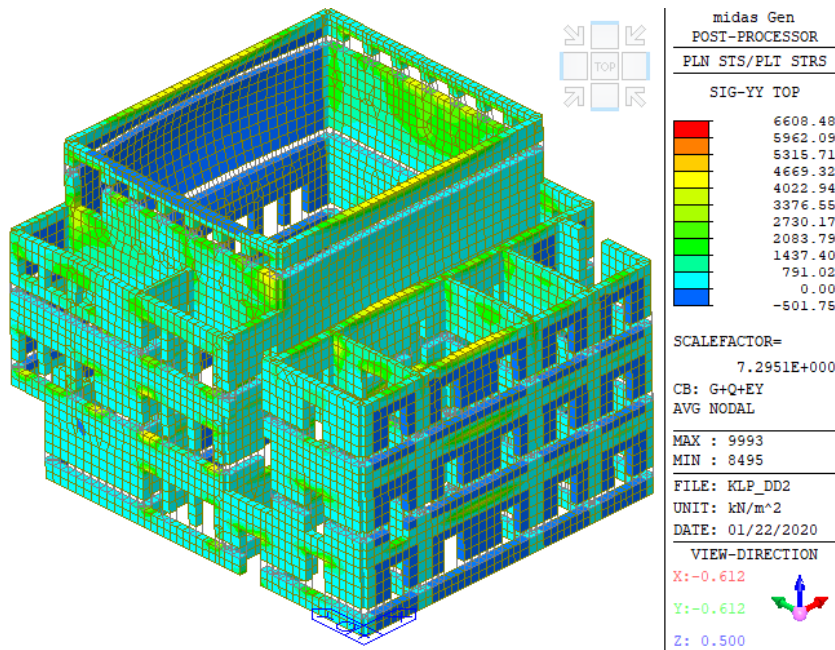
**Şekil 4.50:**  $G+Q+Exp$  yüklemesinde oluşan sig-XZ gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi,  $G+Q+Eyp$  ( $0.3Ex+Ey$ ) etkisinde oluşan sig-XX eksenel gerilmeleri Şekil 4.51’de verilmiştir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $5100.12 \text{ kN/m}^2$  ile genellikle kuzey cephedeki dış duvar birleşim kısımlarında olduğu tespit edilmiştir. Yapının genellikle boyuna doğrultusundaki duvarlarda basınç, enine doğrultusundaki duvarlarda genellikle çekme gerilmeleri oluşmuştur.



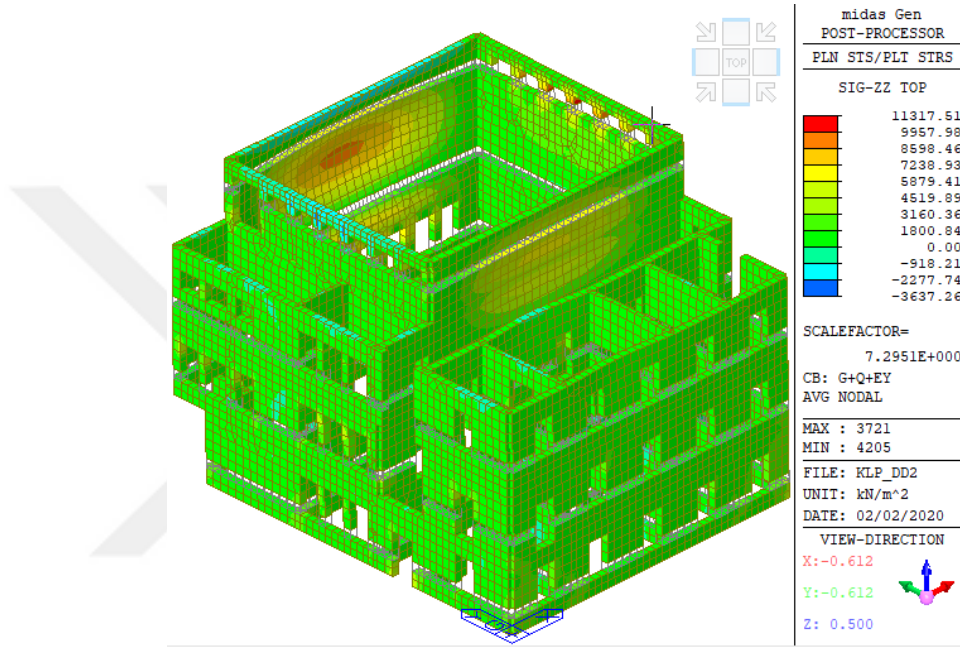
Şekil 4.51: G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-XX gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Eyp ( $0.3E_x+E_y$ ) etkisinde oluşan sig-YY aksenal gerilmeleri Şekil 4.52’de verilmiştir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $6608.48 \text{ kN/m}^2$  ile genellikle yapının doğu cephesindeki 2. kat dış duvarlar bulunan pencere boşluklarının arasında kalan kısımlarda olduğu tespit edilmiştir. Yapının enine doğrultusundaki duvarlarda basınç, boyuna doğrultusundaki duvarlarda genellikle çekme gerilmeleri oluşmuştur.



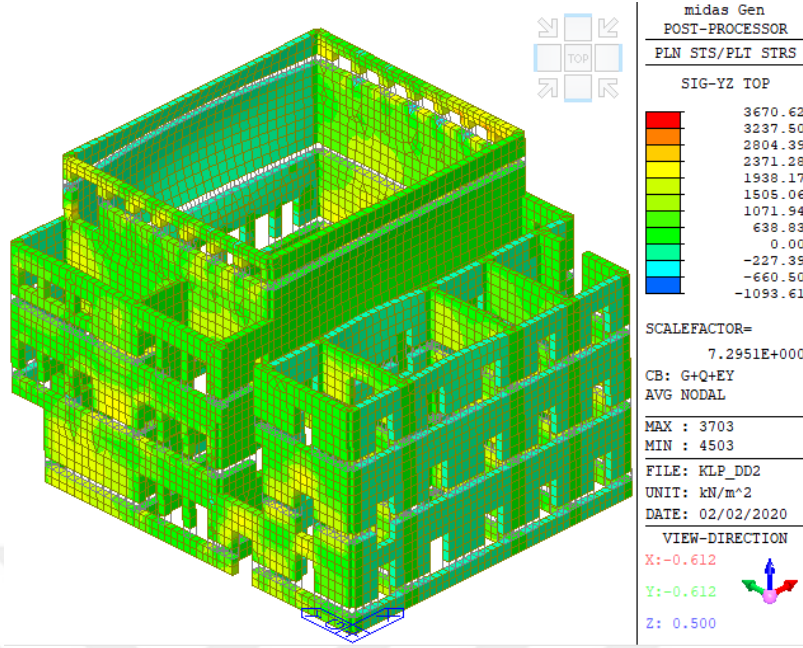
Şekil 4.52: G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-YY gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Eyp ( $0.3E_x+E_y$ ) etkisinde oluşan sig-ZZ aksenal gerilmeleri Şekil 4.53'te verilmiştir. Yapıda düşey ekseninde basınç ve çekme etkisinde görülen gerilmeler incelenmiştir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $11317.51 \text{ kN/m}^2$  ile yapının kuzey cephesinde amfinin bu cephedeki duvarı ve 2. katta yine bu cephedeki dış duvardaki pencere boşlukları arasında kalan duvarlarda ve lentolarda olduğu tespit edilmiştir.



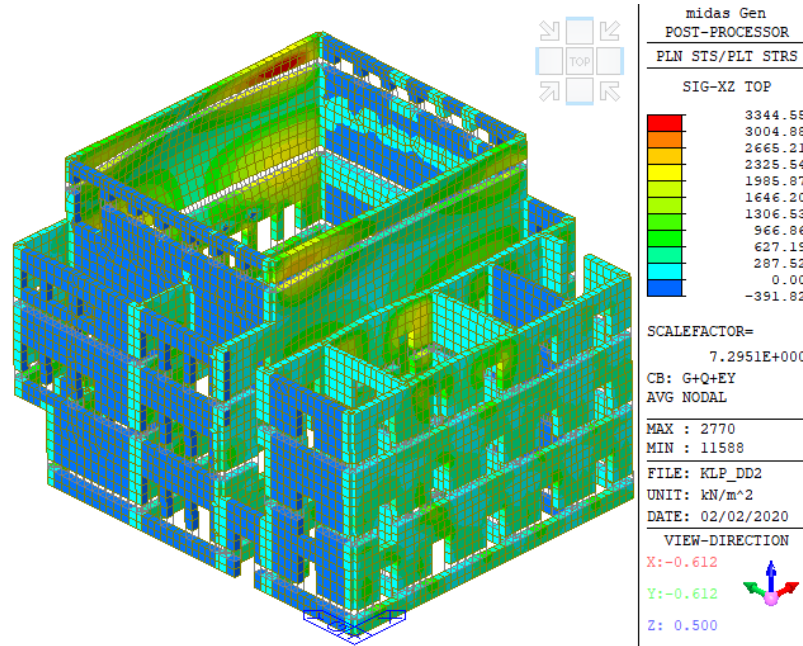
Şekil 4.53: G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-ZZ gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Eyp ( $0.3E_x+E_y$ ) etkisinde oluşan sig-YZ kayma gerilmeleri Şekil 4.54'te verilmiştir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $3670.62 \text{ kN/m}^2$  ile yapının doğu cephesindeki duvarlarda amfinin üst pencere lentolarında ve kuzey cephesindeki amfi duvarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.54: G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-YZ gerilmeleri

İncelenen yapıda pozitif y doğrultusunda deprem etkili yük birleşimi, G+Q+Eyp ( $0.3E_x + E_y$ ) etkisinde oluşan sig-XZ kayma gerilmeleri Şekil 4.50’de verilmiştir. Meydana gelen gerilmeler incelendiğinde, maksimum gerilme  $3344.56 \text{ kN/m}^2$  ile genellikle yapının kuzeydoğu cephesindeki dış duvarlarının en üst kotunda olduğu tespit edilmiştir. Yapıda enine doğrultuda olan duvarlardaki pencere ve kapı lentolarında kayma gerilmelerinin yaklaşık  $1600 \text{ kN/m}^2$ ’ye ulaştığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.55: G+Q+Eyp yüklemesinde oluşan sig-XZ gerilmeleri

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada; tarihi yığma yapıların değerlendirilmesi ile ilgili literatür araştırılması yapıp, tarihi yığma yapıların tanımı, tarihi yığma yapıların modellenmesinde bu çalışma için seçilen teknik ve bu yapıların TBDY 2018'e göre değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak, örnek seçilen Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yerleşkesinde bulunan, inceleme kapsamındaki tarihi yığma binanın, yapısal emniyetle ilgili fikir vermesi açısından üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak yapısal analizleri yapılmıştır.

Performans analizlerinden elde edilen sonuçlar, yönetmeliğe göre şu şekilde değerlendirilmiştir:

- Zemin katta, x doğrultusundaki ( $\%100 > \%40$ ) ve y doğrultusundaki ( $\%100 > \%40$ ) deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılayamayan yığma duvarlara gelen kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı, sınır değerın üzerindedir. İlgili kat, x ve y doğrultusunda, “Kontrollü Hasar” performans düzeyini sağlamamakta olup, “Göçme” durumundadır.
- 1.katta, x doğrultusundaki ( $\%100 > \%40$ ) ve y doğrultusundaki ( $\%100 > \%40$ ) deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılayamayan yığma duvarlara gelen kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı, sınır değerın üzerindedir. İlgili kat, x ve y doğrultusunda, “Kontrollü Hasar” performans düzeyini sağlamamakta olup, “Göçme” durumundadır.
- 2.katta, x doğrultusundaki ( $\%100 > \%40$ ) ve y doğrultusundaki ( $\%100 > \%40$ ) deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılayamayan yığma duvarlara gelen kesme kuvvetinin, kat kesme kuvvetine oranı, sınır değerın üzerindedir. İlgili kat, x ve y doğrultusunda, “Kontrollü Hasar” performans düzeyini sağlamamakta olup, “Göçme” durumundadır.

İlgili yönetmeliğe göre incelendiğinde, yapının enine boyuna doğrultusunda deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılayamadığı ve performans düzeyinin göçme durumunda olduğu anlaşılmıştır. Yapının düşey yükler altında performansının kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı, yatay yükler altında performansının düşük olduğu kanısına varılmıştır.

Yapıdaki deprem etkisi altında deplasman verilerine bakıldığında duvarlarda yaklaşık 150 mm'ye kadar yer değiştirme görülmüştür. Özellikle maksimum deplasmanlar, 1. ve 2. normal katta bulunan amfinin duvarları üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Söz konusu yapıda deprem etkisinde oluşan gerilmeler incelendiğinde yaklaşık 15000 kN/mm<sup>2</sup>’ ye ulaşan gerilmeler görülmüştür. Bu gerilme değerleri çeşitli deprem yükleme durumlarında, yapıda basınç ve çekme etkisinde olan taşıyıcı elemanlar tespit edilmiştir.

Yapıda deprem etkili yükleme durumlarında meydana gelen kesme kuvvetleri ile beraber yer değiştirmeler ve gerilmelerde dikkate alınarak olası büyük bir deprem gerçekleşmeden en kısa süre içerisinde detaylı güçlendirilme çalışması yapılması önerilmektedir.

Yapının modu deneysel yöntemlerle de belirlenmelidir. Bunun için Operasyonel Modal Analiz metodu kullanılması önerilmektedir. Binanın modları ve doğal titreşim periyotları bu deneysel metodla belirlenebilir. Ayrıca mevcut analiz sonuçlarıyla, söz konusu deneysel metodla elde edilen veriler mukayese edilip yapının sonlu elemanlar modelinin iyileştirilmesinin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda yapının taşıyıcı sistemi yığma olmasından dolayı mevcut geometrisi, malzeme özellikleri ve imalat koşulları ile birlikte kesme kuvveti kapasitesi açısından değerlendirildiğinde emniyetli seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Mevcut yönetmelikte yığma yapılar için kesme kuvvetlerine göre performans düzeyi belirlenmektedir. Bu nedenle çoğu tarihi yığma yapının yönetmeliğe göre ‘Göçme’ durumunda çıkması muhtemeldir.

Tarihi yığma yapıların sadece kesme kuvvetlerine göre değerlendirilmesi ve yönetmelikte yığma yapı sisteminde inşa edilecek yapılar için istenen şartları taşıması istenmesi bu yapılar için oldukça ağır bir değerlendirme olmaktadır. Bu nedenle tarihi yapıların değerlendirilmesinde daha fonksiyonel sonuçlar almak için tarihi yapılar özelinde bir analiz ve uygulama yönetmeliği oluşturulması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- AFAD., 2019, *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması*.  
<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> adresinden alındı
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2019), <https://www.afad.gov.tr/>,  
<https://www.afad.gov.tr/tr/2363/Afet-Raporlari>, 10.03.2019.
- Akdeniz, Ö., 2011, *Tarihi Yapıların Lineer Olmayan Dinamik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aköz, H., 2008, *Deprem Etkisi Altındaki Yığma yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akro Bilgisayar Mühendislik Mimarlık San. ve Tic. LTD ŞTİ. (2012). *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilimler Fakültesi Yerinde Duvar Dayanım Değerleri*. Kocaeli: Doç.Dr. Şevket Özden, Kocaeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı A.B.D.
- Altıntaş, A. (2011). *Hastaneden, Fakülteye; Cerrahpaşa 44.Yıl Anısına*. İstanbul: Muka Matbaacılık Ltd.Şti.
- Arıcan, Y., 2010, *Yığma Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Betti, M. and Vignoli, A., 2008, ‘Assessment of seismic resistance of a basilica-type church under earthquake loading: Modelling and analysis’, *Advances in Engineering Software*, 39(4), pp. 258–283. doi: 10.1016/j.advengsoft.2007.01.004.
- Betti, M., Galano, L., 2012, *Seismic Analysis of Historic Masonry Buildings*, The Vicarious Palace In Pescia (Italy). Buildings , 2, 63-82.
- Branco, M. and Guerreiro, L. M., 2011, ‘Seismic rehabilitation of historical masonry buildings’, *Engineering Structures*, 33(5), pp. 1626–1634. doi: 10.1016/j.engstruct.2011.01.033.
- Chamaky, R., Y., 2014, *Yığma yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Çelikkollu, A. (2017, Haziran 30). *Mod Sayısı*. celikkollu.medeniyetmuhendisleri: <https://celikkollu.medeniyetmuhendisleri.com/index.php?topic=364.0> adresinden alındı
- Çoban, K., 2018, *Tarihi Bayburt Yakutiye (Yeni) Camisi'nin Dinamik Performansının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çöğürçü, M., T., 2007, *Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Dabanlı, Ö., 2008, *Yığma yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ercan, E., 2010, *Yığma yapıların Güvenliklerinin Analitik ve DeneySEL Yöntemlerle Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Giordano, A., Mele, E. and De Luca, A., 2002, Modelling of historical masonry structures: comparison of different approaches through a case study, *Engineering Structures*, 24(8), pp. 1057–1069. doi: 10.1016/S0141-0296(02)00033-0.
- Güner, Y., 2018, *Mevcut Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İBB, 2007, *Vs (0-30m) Ortalama Kayma Dalgası Haritası*, 1:25.000, İstanbul, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü
- İstanbul İli, Fatih İlçesi, Koca Mustafa Paşa Mahallesi; 1138 Ada, 1 Parsel, T.C. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Yerleşkesi Eski Derslik (KLP) Binası Restitüsyon Raporu*. İstanbul: T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı İstanbul Kültür Varlıklarını Koruma IV. Bölge Müdürlüğü.
- Kara, H., G., 2009, *Yığma yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı ve Güçlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Koçak, A., 1999, *Tarihi Yığma Yapıların Statik ve Dinamik Yükler Altında Lineer ve Non-Lineer Analizi: Küçük Ayasofya Camii Örneği*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Manizade, D. (1997). *Cerrahpaşa Hastanesi Tarihi ve Anıları*. İstanbul: İÜ Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları.
- MIDAS GEN 2019 (v2.1), MIDAS Information Technology Co., Ltd.
- NTC-08. (2008). *Norme tecniche per le costruzioni*. Decreto Ministeriale.
- Okumuş, V. (2019). SINAN (Software Integrated Nonlinear Analysis). İstanbul.
- Özen, G. Ö., 2006, *Comparison of Elastic and Inelastic Behavior of Historic Masonry Structures at The Low Load Levels*, Master of Science Thesis, Middle East Technical University, Institute of Science and Technology.
- Özgünler, S. A. (2019). *İstanbul İli, Fatih İlçesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Neşet Ömer Amfisi (KLP) Binası Mazeme Analizi Hakkında Teknik Rapor*. İstanbul: İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi.
- Öztürk, A. İ. (2011). Deprem Tarihi Yapıları da vurdu. *Fotoğraf*. Anadolu Ajansı, Van.
- Proger S.p.A. - ZH KILIÇ MİMARLIK HİZMETLERİ LTD.ŞTİ. (2013). *Master Proje, Cerrahpaşa Yerleşkesi Eski Derslik Binası (Sağlık Yönetimi) Proje No:12-c Rölöve Raporu*. İstanbul: T.C. İstanbul Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı.
- Roca, P. ( 1 ) *et al.*, 2010, Structural analysis of masonry historical constructions. Classical and advanced approaches, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 17(3), pp. 299–325. doi: 10.1007/s11831-010-9046-1.
- Sallio, N.,2005, *Mevcut Yığma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi ve Güçlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saraç, M. M., 2003, *Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Sarı, N., Özaydın, Z., & Akgün, B. (2009). *Kuruluşundan Günümüze Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 1827-1967-2007*. Türkiye İş Bankası, İstanbul, ISBN: 9789754206814
- Soveja, L., Budescu, M. and Gosav, I., 2013, 'Modelling Methods for Unreinforced Masonry Structures', *Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi - Construction & Architecture Section*, 63(6), pp. 19–31. Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=97179852&lang=tr&site=eds-live> (Accessed: 19 December 2019).
- Şahin A., Mutlu Ö., 2016, *Tarihi Yığma Minarelerin Modelleme Yaklaşımlarının Deprem Davranışına Etkisinin İncelenmesi – Bursa Ulucami Örneği*, Sigma J Eng & Nat Sci 7 (2), 123-136
- T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı.,2019, *Dünya Miras Listesinde Türkiye*. T.C.Kültür ve Turizm Bakanlığı Web Sitesi: <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44423/dunya-miras-listesi.html> adresinden alındı
- Taliercio, A. and Binda, L.,2006, On the reliability of linear elastic analyses of historical masonry buildings: A case study', *Journal of Building Appraisal*, 2(4), pp. 301–312. doi: 10.1057/palgrave.jba.2950051.
- Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu*. (2016). İstanbul: T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı.
- TBDY. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. AFAD, Ankara.
- Temur R., Yıldızlar B., Damcı E., Öztörün N.K., 2013, *İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Yerleşkesi Hızlı Durum Tespit Çalışması*, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı
- TS-EN-1015-11. (2000). *Kagir harcı - Deney metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş harcın basınç ve eğilme dayanımının tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS-EN-1052-1. (2000). *Kâgir - Deney metotları -Bölüm 1: Basınç dayanımı tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS-EN-1996-1-1. (2006). *Kagir yapıların tasarımı- Bölüm 1-1: Donatılı ve donatısız kagir yapılar için genel kurallar*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS-EN-772-1. (2012). *Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türker, B., 2010, *Tarihi Yığma Yapıların Yapısal Davranışının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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.
- Ulukaya, B., 2009, *Süleymaniye 569 Ada, 9-19 Parsellerde Yer Alan Kagir Yapının Strüktürel İncelenmesi ve Restorasyon Projesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- USGS. *Vs30 Models and Data*. USGS: <https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1> adresinden alındı
- Yıldızlar, B. and AKÇAY, C., 2018, *Determination of the Safety Level of Historical Structures: A Case Study*. Süleyman Demirel University. Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ir00559a&AN=tuda.article.414101&lang=tr&site=eds-live> (Accessed: 19 December 2019).
- Yıldızoğlu H., 2019, *Tarihi Yığma Yapıların Performans Analizi: Okul Binası Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.



|     |        |       |           |       |       |       |       |       |       |           |
|-----|--------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 03F |        | YN    | -22641.77 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -22641.77 |
|     |        | XN* % | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100 %     |
|     | G+Q-Ey | XP    | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00      |
|     |        | XN    | -18971.10 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -18971.10 |
|     |        | YP    | 2483.05   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2483.05   |
|     |        | YN    | -32872.97 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -32872.97 |
|     |        | YN* % | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100 %     |
|     | G+Q+Ex | XP    | 33128.71  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 33128.71  |
|     |        | XN    | -42.60    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -42.60    |
|     |        | YP    | 14702.56  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 14702.56  |
|     |        | YN    | -2444.75  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -2444.75  |
|     |        | XP* % | 100,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100 %     |
|     | G+Q+Ey | XP    | 15868.24  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 15868.24  |
|     |        | XN    | -93.58    | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -93.58    |
|     |        | YP    | 28061.33  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 28061.33  |
|     |        | YN    | -4170.55  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -4170.55  |
|     |        | YP* % | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100 %     |
|     | G+Q-Ex | XP    | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00      |
|     |        | XN    | -33085.52 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -33085.52 |
|     |        | YP    | 2430.81   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2430.81   |
|     |        | YN    | -14688.72 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -14688.72 |
|     |        | XN* % | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100 %     |
|     | G+Q-Ey | XP    | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00      |
|     |        | XN    | -15774.66 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -15774.66 |
|     |        | YP    | 4156.15   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4156.15   |
|     |        | YN    | -28047.19 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -28047.19 |
|     |        | YN* % | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100 %     |

## Ek 1.2. Detaylı Kat Performans Düzeyleri

| Kat | Yükleme | Yön            | YETERSİZ KESME KUVVETLERİ |             |             |            |            |              |             |             |          | Sınır | Perf. |
|-----|---------|----------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|-------------|----------|-------|-------|
|     |         |                | Kat Kesmesi               | Yığma Duvar | Yığma Kolon | Bet. Perde | Bet. Kolon | Bet. Güçlen. | Çelik Kolon | Ahşap Kolon | Top      |       |       |
| -   | -       | -              | kN                        | kN          | kN          | kN         | kN         | kN           | kN          | kN          | kN       | %     | -     |
| 01F | G+Q+Ex  | XP             | 39125.16                  | 39125.16    | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | 39125.16 |       |       |
|     |         | XN             | -1.80                     | -1.80       | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | -1.80    |       |       |
|     |         | YP             | 25939.92                  | 25939.92    | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | 25939.92 |       |       |
|     |         | YN             | -855.65                   | -855.65     | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | -855.65  |       |       |
|     |         | Hakim Oran XP* | 0,00%                     | 0,00%       | 0,00%       | 0,00%      | 0,00%      | 0,00%        | 0,00%       | 0,00%       | 100,00%  | 40    | GC    |
|     | G+Q+Ey  | XP             | 17825.51                  | 17825.51    | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | 17825.51 |       |       |
|     |         | XN             | -0.75                     | -0.75       | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | -0.75    |       |       |
|     |         | YP             | 38182.90                  | 38182.90    | 0.00        | 0.00       | 0.00       | 0.00         | 0.00        | 0.00        | 38182.90 |       |       |

|                |        |                |                |           |          |       |       |       |       |         |           |          |    |
|----------------|--------|----------------|----------------|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|---------|-----------|----------|----|
|                |        | YN             | -1307.27       | -1307.27  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -1307.27  |          |    |
|                |        | Hakim Oran YP* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 40        | GC       |    |
|                | G+Q-Ex | XP             | 1.80           | 1.80      | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 1.80      |          |    |
|                |        | XN             | -39125.18      | -39077.22 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -39077.22 |          |    |
|                |        | YP             | 858.90         | 847.36    | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 847.36    |          |    |
|                |        | YN             | -25943.27      | -25901.53 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -25901.53 |          |    |
|                |        | Hakim Oran XN* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 99,88%  | 40        | GC       |    |
|                | G+Q-Ey | XP             | 0.75           | 0.75      | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.75      |          |    |
|                |        | XN             | -17826.13      | -17558.59 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -17558.59 |          |    |
|                |        | YP             | 1310.08        | 1207.76   | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 1207.76   |          |    |
|                |        | YN             | -38186.40      | -38182.79 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -38182.79 |          |    |
|                |        | Hakim Oran YN* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 99,99%  | 40        | GC       |    |
|                | 02F    | G+Q+Ex         | XP             | 34597.48  | 34597.48 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | 34597.48 |    |
|                |        |                | XN             | 0.00      | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | 0.00     |    |
|                |        |                | YP             | 22617.19  | 22617.19 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | 22617.19 |    |
|                |        |                | YN             | -1521.41  | -1521.41 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | -1521.41 |    |
|                |        |                | Hakim Oran XP* | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00%   | 100,00%   | 40       | GC |
|                |        | G+Q+Ey         | XP             | 18971.17  | 18971.17 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | 18971.17 |    |
|                |        |                | XN             | 0.00      | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | 0.00     |    |
|                |        |                | YP             | 32848.69  | 32848.69 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      | 32848.69 |    |
| YN             |        |                | -2457.99       | -2457.99  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -2457.99  |          |    |
| Hakim Oran YP* |        |                | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 40        | GC       |    |
| G+Q-Ex         |        | XP             | 0.00           | 0.00      | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      |          |    |
|                |        | XN             | -34597.71      | -34597.71 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -34597.71 |          |    |
|                |        | YP             | 1546.17        | 1546.17   | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 1546.17   |          |    |
|                |        | YN             | -22641.77      | -22641.77 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -22641.77 |          |    |
|                |        | Hakim Oran XN* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 40        | GC       |    |
| G+Q-Ey         |        | XP             | 0.00           | 0.00      | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 0.00      |          |    |
|                |        | XN             | -18971.10      | -18971.10 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -18971.10 |          |    |
|                |        | YP             | 2483.05        | 2483.05   | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 2483.05   |          |    |
|                |        | YN             | -32872.97      | -32872.97 | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -32872.97 |          |    |
|                |        | Hakim Oran YN* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 40        | GC       |    |
| 03F            | G+Q+Ex | XP             | 33128.71       | 33128.71  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 33128.71  |          |    |
|                |        | XN             | -42.60         | -42.60    | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -42.60    |          |    |
|                |        | YP             | 14702.56       | 14702.56  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 14702.56  |          |    |
|                |        | YN             | -2444.75       | -2444.75  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -2444.75  |          |    |
|                |        | Hakim Oran XP* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 40        | GC       |    |
|                | G+Q+Ey | XP             | 15868.24       | 15868.24  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 15868.24  |          |    |
|                |        | XN             | -93.58         | -93.58    | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -93.58    |          |    |
|                |        | YP             | 28061.33       | 28061.33  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | 28061.33  |          |    |
|                |        | YN             | -4170.55       | -4170.55  | 0.00     | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00    | -4170.55  |          |    |
|                |        | Hakim Oran YP* | 0,00%          | 0,00%     | 0,00%    | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 40        | GC       |    |

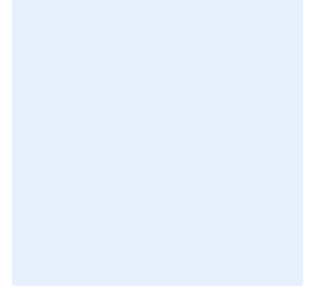
|  |        |                |           |           |       |       |       |       |       |       |       |        |           |
|--|--------|----------------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|
|  | G+Q-Ex | XP             | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00      |
|  |        | XN             | -33085.52 | -33077.85 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | -33077.85 |
|  |        | YP             | 2430.81   | 2430.81   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 2430.81   |
|  |        | YN             | -14688.72 | -14679.28 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | -14679.28 |
|  |        | Hakim Oran XN* | 0,00%     | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 99,98% | 40 GC     |
|  | G+Q-Ey | XP             | 0.00      | 0.00      | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00      |
|  |        | XN             | -15774.66 | -15668.01 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | -15668.01 |
|  |        | YP             | 4156.15   | 4146.23   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 4146.23   |
|  |        | YN             | -28047.19 | -28033.41 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | -28033.41 |
|  |        | Hakim Oran YN* | 0,00%     | 0,00%     | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 99,95% | 40 GC     |

### Ek 1.3. Özet Kat Performans Düzeyleri

| Kat | Yükleme | Doğrultu | KAT KESMELERİ |    |    |    | YETERSİZ KAT KESMELERİ |    |    |    | Yet. Oran % | Sınır CG % | Sınır GC % | Perf. - |
|-----|---------|----------|---------------|----|----|----|------------------------|----|----|----|-------------|------------|------------|---------|
|     |         |          | XP            | XN | YP | YN | XP                     | XN | YP | YN |             |            |            |         |
| -   | -       | -        | kN            | kN | kN | kN | kN                     | kN | kN | kN |             |            |            |         |
| 01F |         | X        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | Y        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | X        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | Y        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
| 02F |         | X        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | Y        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | X        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | Y        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
| 03F |         | X        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | Y        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | X        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |
|     |         | Y        |               |    |    |    |                        |    |    |    | 100,00      | 0          | 40         | GC      |

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler |                                                                          |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Adı Soyadı       | İhsan Kasım KARATAŞ                                                      |
| Doğum Yeri       | Kahramanmaraş                                                            |
| Doğum Tarihi     | 12.11.1993                                                               |
| Uyruğu           | <input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer: |
| Telefon          |                                                                          |
| E-Posta Adresi   | ihsankasimkaratas@gmail.com                                              |
| Web Adresi       |                                                                          |



| Eğitim Bilgileri |                            |
|------------------|----------------------------|
| Lisans           |                            |
| Üniversite       | Gaziantep Üniversitesi     |
| Fakülte          | Mühendislik Fakültesi      |
| Bölümü           | İnşaat Mühendisliği Bölümü |
| Mezuniyet Yılı   | 2016                       |

| Yüksek Lisans |                                            |
|---------------|--------------------------------------------|
| Üniversite    | İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa           |
| Enstitü Adı   | Lisansüstü Eğitim Enstitüsü                |
| Anabilim Dalı | İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı          |
| Programı      | İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı |

| Makale ve Bildiriler |  |
|----------------------|--|
|                      |  |