



T.C.

KTO Karatay Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TARİHİ OBRUK HAN'IN YAPISAL DAVRANIŞININ
İNCELENMESİ

Ahmet ALAGÖZ

KONYA

ŞUBAT 2018

TARİHİ OBRUK HAN'IN YAPISAL DAVRANIŞININ
İNCELENMESİ

Ahmet ALAGÖZ

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

KONYA

Şubat, 2018

Fen Bilimleri Enstitü Onayı



Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ

Bu yüksek lisans tezinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Anabilim Dalı Başkanı
Doç Dr. Atilla ÖZÜTOK


Ahmet ALAGÖZ tarafından hazırlanan TARİHİ OBRUK HAN'IN YAPISAL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ başlıklı bu çalışma 14.02.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Tez Danışman
Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN

Jüri Üyeleri

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Abdülkerim İlgün.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. M. Alpaslan KÖROĞLU.....

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

14/02/2018

Ahmet ALAGÖZ



ÖZET

TARİHİ OBRUK HAN'IN YAPISAL DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ALAGÖZ, Ahmet

Yüksek Lisans- İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. S.Kamil AKIN

ŞUBAT 2018

Tarihi binalar antik çağlardan günümüze sosyoloji, ekonomi, siyaset ve din unsurlarını aktarmayı başarmışlardır. Bu yapılar, geçmişin günümüz ile olan güçlü bağları yardımıyla Türkiye'nin tarihi birikiminin taşınmasında önemli bir role sahiptir. Tarihi yapılar olmaksızın bir medeniyet dönemini anlamak ve yorumlamak mümkün değildir.

Türkiye'de tarihi yapılar, ülkenin en önemli değerlerinden biridir ve gelecek kuşaklara aktarılmasının en iyi şekilde korunması gerekmektedir. Tarihi yapılar ve anıtlar, doğal felaketlerin sonucu olarak hasar görebilir. Mimari, restorasyon ve mühendislik disiplinleri bu hasarın önlenmesi ve onarımı için kendi başına yeterli değildir. Bu disiplinlerin, kendi alanlarında ve araştırma yöntemlerindeki çalışmaları çok detaylı ve sipesifik olmalıdır.

Bununla birlikte, tarihsel alan ve farklı disiplinlerden ders alan uzmanlar, yapıların yapısal davranışlarının temel ilkelerini sağlıklı bir şekilde muhafaza etmekle yükümlüdürler. Bu alan disiplinleri arasındaki uyum eksikliği, koruma çalışmalarının kesintiye uğramasına neden olmaktadır.

Tarihi yapılarda ki deformasyonların, altında yatan nedenleri anlamadan bu yapılara uygulanacak müdahaleler basit bir onarımdan öteye gitmemektedir. Bu onarımlar da kalıcı olmamaktadır. Bu tür yapılarda yapılmasına karar verilen güçlendirme çalışmaları çoğu zaman bilimsel temele oturmamaktadır. Bu çalışmanın ortaya çıkış sebebi budur. Bu tezin amacı, yapıyla ilgili yapılacak çalışmalar için yapının yapısal davranışlarını anlamak adına mühendisler tarafından geliştirilen sayısal modellemeyi tarihi bir yapıya uygulamaktır. Böylece yapının sorunları bilimsel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yapıların depreme karşı davranışı, tarihi binaların muhtemel depremdeki hasarı görmesi için doğru olarak belirlenmeli ve ayrıca yapısal sistemin zayıf noktaları dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, Konya'da 5. derece deprem bölgesinde yer alan tarihi bir yapı olan Obruk Han'ın yapısal performansı analiz edilmiş, deprem etkisindeki tarihi binaların emniyetini belirlemekte örnek olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapılar, Sonlu elemanlar analizi, Yapısal performans.

ABSTRACT

EXAMINATION OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF OBRUK HAN

ALAGÖZ, Ahmet

M.Sc. Civil Engineering

Ass. Prof. Dr. S.Kamil AKIN

February 2018

Historic buildings have managed to transfer elements of sociology, economy, politics and religious components from ancient times to the present . These structures have an important role in transferring historic accumulation of Turkey by the help of strong bond between past and present. It is not possible to understand and interpret a period of civilization without the historic structures.

Historic structures in Turkey, is one of the most important values of the country and it is necessary to be protected in the best way to transfer to future generations. Historic buildings and monuments have damage as a result of natural disasters. Architecture, restoration, and engineering disciplines is not self-sufficient for this damage prevention and repair. These disciplines should have very detailed and specialized work in their respective fields and research methods.

Without understanding the underlying causes of the deformations in historical buildings, the interventions to be applied to these structures do not go beyond a simple repair. These repairs are not permanent. The reinforcement works that are decided to be carried out in such structures are not based on scientific basis. This is the reason why this study emerged.

The aim of this thesis is to apply numerical modeling developed by structural engineers to a historic structure to understand the structural behavior for further studies. This is the reason why this study emerged. The behavior of the structure against earthquakes should be determined correctly for historical buildings to see the damage at possible earthquake, and also should be identified weak points of structural system.

In this study, Konya 5. the structural performance of Obruk han, a historical structure in the earthquake area, was analyzed to determine the safety of the historic buildings under earthquake effect.

Keywords: Historical buildings, Finite element analysis, Structural performance.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. S.Kamil AKIN'a ve kıymetli tecrübelerinden faydalandığım KTO Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teőekkürü bir borç bilirim.

Ahmet ALAGÖZ

şubat-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1.Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	1
3. YAPININ GENEL DURUMU	2
3.1.Yapının Tarihi	2
3.2.Yapının Konumu	10
3.3.Yapının Yapım Tekniği.....	11
3.3.1. Yapıda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri	12
3.3.2. Yapının Kısmi Restorasyon Önce ki Durumu	14
3.4.Yapının Kısmi Restorasyon Kapsamında Yapılacak Çalışmalar	15
4. OBRUK HAN'IN SONLU ELEMANLAR MODELİ VE ANALİZİ	21
4.1.Yapısal Analiz.....	21
4.2.Yapının Farklı Deprem Senaryoları Altında ki Davranışları	44
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	54
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	59

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Modellemede kullanılan yapı malzemesinin mekanik özellikleri.....	26
Çizelge 4.2. Obruk Han'ın periyod değerleri	26
Çizelge 4.3. Obruk Han'a ait kütle katılım oranları.....	28
Çizelge 4.4. Obruk Han'a ait toplam kütle katılım oranları.....	26
Çizelge 4.5. Serbest basınç dayanım bilinmeyen duvarların basınç emniyet gerilmesi.....	30
Çizelge 4.6. Malzeme grupları için kabul edilen emniyet gerilmeleri.....	33
Çizelge 4.7. Analizde kullanılan depremlerin özellikleri	45
Çizelge 4.8. Obruk Han'ın taban kesme kuvveti değerleri.....	55
Çizelge 4.9. Obruk Han tonozlarının çekme gerilmesi değerleri.....	55
Çizelge 4.10. Obruk Han tonozlarının basınç gerilmesi değerleri	56
Çizelge 4.11. Obruk Han'ın deplasman değerleri.....	56

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Obruk Han'ın Üstten Görünümü	3
Şekil 3.2. Obruk Han'a ait zemin katı planı	3
Şekil 3.3. Obruk Han'a ait çatı katı planı	4
Şekil 3.4. Obruk Han'ın batı cephesinden görünümü.....	5
Şekil 3.5. Obruk Han'ın batı cephesinden autocad görünümü	5
Şekil 3.6. Obruk Han'ın doğu cephesinden autocad görünümü	5
Şekil 3.7. Obruk Han'ın güneybatı görünümü.....	6
Şekil 3.8. Obruk Han'ın güney cephesinden görünümü	7
Şekil 3.9. Obruk Han'ın güney cephesinden autocad görünümü.....	8
Şekil 3.10. Obruk Han'ın kuzey cephesinden görünümü	8
Şekil 3.11. Obruk Han'ın kuzey cephesinden autocad görünümü.....	9
Şekil 3.12. Genel Türkiye haritasında yapının konumu	10
Şekil 3.13. Yapının konumu	10
Şekil 3.14. Yapıda kullanılan devşirme taşlar	11
Şekil 3.15. Yapıda kullanılan kitabe tarzı taşlar	12
Şekil 3.16. Obruk Han avlu kuzey cephesi.....	16
Şekil 3.17. Obruk Han giriş üstü kuzey cephe oda kısmı	16
Şekil 3.18. Obruk Han avlu batı cephesi	17
Şekil 3.19. Obruk Han avlu doğu cephesi bölme duvarı	17
Şekil 3.20. Obruk Han kemer onarımı.....	18
Şekil 3.21. Obruk Han tahrip olmuş kemerler	18
Şekil 3.22. Obruk Han kapalı hacim.....	19
Şekil 3.23. Obruk Han giriş üstü güney cephe mescid	19
Şekil 3.24. Obruk Han giriş üstü kuzey cephe oda kısmı	20
Şekil 3.25. Obruk Han tonoz onarımları.....	21
Şekil 4.1. Obruk Han'ın sonlu eleman modeli.....	24

Şekil 4.2. Yapı genel görünümünde G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	33
Şekil 4.3. Yapı genel görünümünde G+Q yüklemeleri altında S22 minimum gerilme dağılımı.....	34
Şekil 4.4. Ön cephede G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı ...	34
Şekil 4.5. Obruk Han batı cephesi lazer taraması sonucu.....	35
Şekil 4.6. Arka cephede G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	36
Şekil 4.7. Obruk Han doğu cephesi lazer taraması sonucu.....	36
Şekil 4.8. Güney cephesinde G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı.....	37
Şekil 4.9. Güney cephesinde oluşan derz boşlukları.....	37
Şekil 4.10. Güney cephesi kapalı hacim G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	38
Şekil 4.11. Obruk Han güney cephesi lazer taraması sonucu	38
Şekil 4.12. Kuzey cephesi kapalı hacim G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	39
Şekil 4.13. Kuzey cephesi kapalı hacimde oluşan deformasyona sonrası onarım gören bölgeler.....	39
Şekil 4.14. Kuzey cephesi avlu bölümü G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	40
Şekil 4.15. Obruk Han kuzey cephesi lazer taraması sonucu	40
Şekil 4.16. Kuzey cephesi avlu bölümü.....	41
Şekil 4.17. Ara duvarda G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı.....	41
Şekil 4.18. Ara duvarda G+Q yüklemeleri altında S22 minimum gerilme dağılımı... 42	
Şekil 4.19. Kapalı hacimde uzun tonozda G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	43
Şekil 4.20. Kapalı hacimde tonozlarda G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı	43
Şekil 4.21. Time history analizlerinde kullanılacak bir deprem ivme kaydı örneği.....	46

Şekil 4.22. Kocaeli depremi için zaman tanımlı alan durumu time history pencere görüntüsü.....	47
Şekil 4.23. Kocaeli depremi için zaman tanımlı alan durumu time history fonksiyon pencere görüntüsü.....	47
Şekil 4.24. Tayvan depremi için zaman tanımlı alan durumu time history pencere görüntüsü.....	48
Şekil 4.25. Tayvan depremi için zaman tanımlı alan durumu time history fonksiyon pencere görüntüsü.....	48
Şekil 4.26. Landers depremi için zaman tanımlı alan durumu time history pencere görüntüsü.....	49
Şekil 4.27. Landers depremi için zaman tanımlı alan durumu time history fonksiyon pencere görüntüsü.....	49
Şekil 4.28. Deprem senaryoları öncesi yapı güney tonozlarında G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri.....	50
Şekil 4.29. Kocaeli deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası yapı güney tonozlarında G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri.....	50
Şekil 4.30. Tayvan deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası yapı güney tonozlarında G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri.....	51
Şekil 4.31. Landers deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası yapı güney tonozlarında G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri	51
Şekil 4.32. Deprem senaryoları öncesi analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında maksimum S11 maksimum gerilmeleri	52
Şekil 4.33. Kocaeli deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri	52
Şekil 4.34. Tayvan deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum.....	53
Şekil 4.35. Landers deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri	53

SEMBOL LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
<i>A₀</i>	Etkin yer ivmesi katsayısı
<i>E</i>	Elastisite modülü
<i>f_{bm}</i>	Basınç emniyet gerilmesi
<i>f_{çem}</i>	Çekme emniyet gerilmesi
<i>γ</i>	Birim hacim ağırlığı
<i>I</i>	Bina önem katsayısı
<i>μm</i>	Mikrometre
<i>Rs</i>	Deprem yükü azaltma katsayısı
<i>s</i>	Saniye
<i>S(T)</i>	Spektrum katsayısı
<i>T</i>	Periyod
<i>U</i>	Yer değiştirme
<i>ν</i>	Poisson oranı

1. GİRİŞ

1.1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Birçok medeniyete ev sahipliği yapan ülkemiz bu uygarlıklarda kalan pek çok tarihi yapıya sahiptir ve konumu itibariyle önemli aktif faylar üzerinde bulunmaktadır. Bundan dolayı depremler insanların can ve mal kaybına yol açan en büyük felaket olduğu gibi tarihi yapıları da tehdit eden en önemli faktör olmaktadır.

Tarihi yığma taş veya tuğladan yapılmış bir yapının depreme karşı ne kadar güvenli olduğunu öğrenmek için iyi hazırlanmış analiz modeliyle deprem analizi yapılmalıdır [1].

Tarihi yapıların statik anlamda durum tespitinin yapılmasında öncelikle strüktürel davranışlarının tam olarak bilinmesi gerekmektedir. Yapıların davranışını gelişmiş hesap yöntemleriyle ayrıntılı bir şekilde incelemek mümkündür.

Çoğu eğrisel geometrik formda olan yığma taş ve tuğla sistemli tarihi yapıların yük taşıyan elemanlarının 3-boyutlu yapısal davranış sergilemesi sonlu elemanlar analizini, tarihi yapıların davranışının incelenmesinde en elverişli hesap yöntemi haline getirmektedir. Bu itibarla seçilen yapı, SAP2000 bilgisayar programında sonlu elemanlar yöntemiyle modellenerek analizi yapılmış ve yapılan bu analizlerle tarihi yapının deprem etkisi altındaki performansı incelenmiştir.

Seçilen tarihi yapının depreme karşı dayanımı ile ilgili bir olumsuzluğun meydana gelip gelmeyeceği değerlendirilerek bir kültür mirasımızın daha korunmasına katkıda bulunulacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Topraklarımızda yaşamış büyük uygarlıklar kendi kültürlerini yansıtan çok sayıda yapıyı bizlere miras bırakmışlardır. Bu tarihsel zenginliklerin yapı deprem davranışlarının belirlenmesi konusunda da birçok çalışma yapılmıştır.

Can ve Ünay, sayısal modelleme prensipleri ve malzeme davranışı üzerinde durarak Hekimoğlu Alipaşa Camisi'nin sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiş ve analizlerini yapmışlardır [3]. Çavuş, Tarihi Niksar Kulak Kümbetinin deprem altındaki sismik davranışının değerlendirmiştir [6]. Akan ve Özen, Bursa Yeşil Türbe' nin eurocode8 tepki spektrumu kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile analizi yaparak tarihi yapının yapısal davranışını belirlemeye çalışmışlardır [1].

Celep, deprem yönetmeliğine göre yığma binaların tasarım, değerlendirilmesi üzerinde durmuş ve güçlendirme örneklerine yer vermiştir [4]. Şeker vd. Erzurum Lala Paşa Camii'nin dinamik analizle yapısal davranışlarını incelemişlerdir [13]. Çarhoğlu, Kars Kümbet Camisinin deprem davranışını yirmi adet deprem senaryosunu yapı üzerinde uygulayarak belirlemişlerdir [5]. Korkmaz vd. Rize Merkez Kurşunlu Camisi'nin deprem davranışını [11], Güllü ve Karabekmez, Gaziantep Kurtuluş Camisi'nin deprem davranışını incelemişlerdir [8].

3. YAPININ GENEL DURUMU

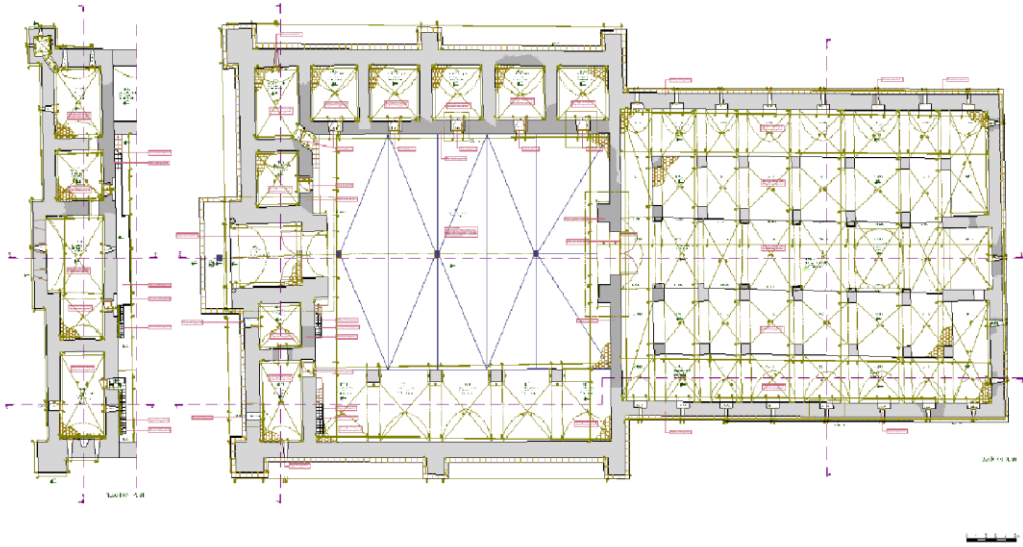
3.1.1. Yapının Tarihi

Anadolu' nun ticaret yolları üzerinde bulunması sebebiyle, özellikle Anadolu Selçuklu Dönemi'nde birçok kervansaray yaptırılmıştır. Bunlardan biri de Konya'yı Aksaray'a bağlayan yol üzerinde bulunan Obruk Han Kervansarayıdır. Yaklaşık 30-40 kilometre aralıklarla yaptırılan bu tür yapılar, ticaret yapan kervan kabilelerinin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla inşa edilmişlerdir. Anadolu Selçuklularının uyguladığı kapalı ve açık avlulu plan şeması içerisinde yapılmıştır. Hanın girişi batı yönünde olup cephe görünümü itibarı ile adeta bir kale görünümündedir (Şekil 3.1).

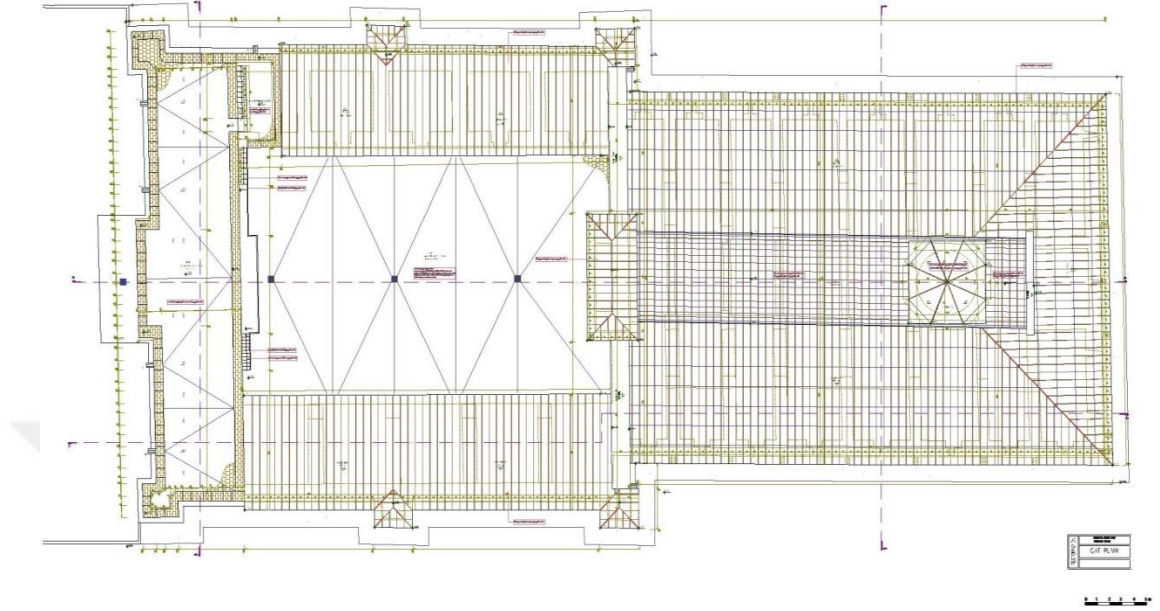


Şekil 3.1. Obruk Han'ın Üstten Görünümü

Yapımında kesme taş, moloz taş ve çok sayıda da devşirme antik malzeme kullanılmıştır. Hanın girişinin bulunduğu batı cephesi iki katlı, diğer cepheler tek katlı yapılmıştır. İkinci katta da birbirlerinden ayrı mekân düzenlemeleri yapılmış ve mescit de burada yer almıştır. Yapının zemin kat ve çatı katı planı Şekil 3.2 ve Şekil 3.3 de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Obruk Han'a ait zemin katı planı



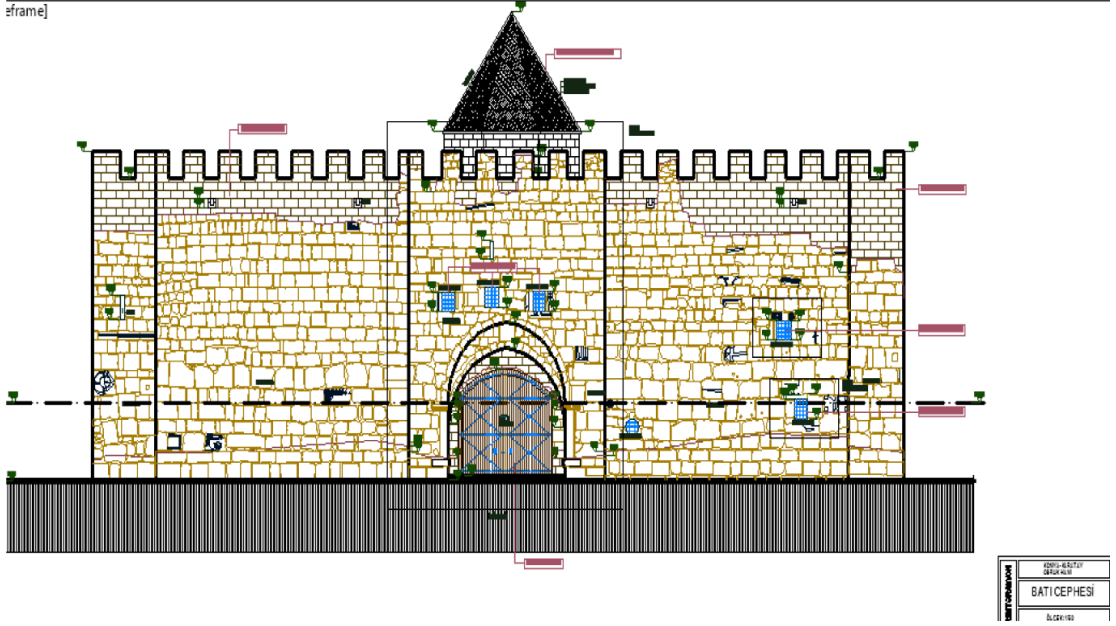
Şekil 3.3. Obruk Han'a ait çatı katı planı

Obruk Han'ın kapalı hacminin ara kapısı ve duvarları yıkılmış ve yalnızca temel kalıntıları günümüze gelebilmiştir. Bu bölüm han özelliğini kaybettikten sonra da kullanılması planlanmış, bu yüzden de içerisinde bazı değişiklikler yapılmıştır.

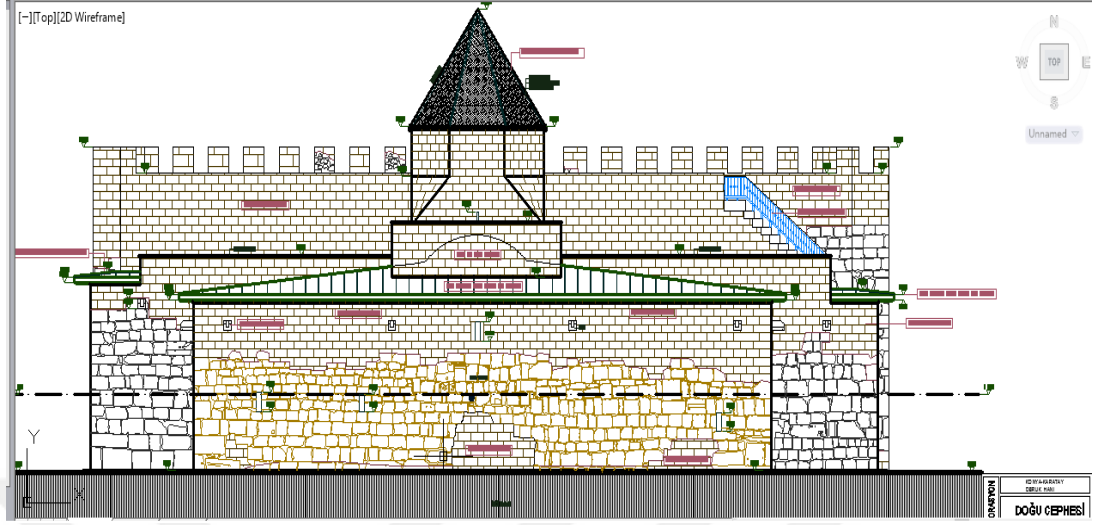
Üst örtü bütünüyle tahrip olmasına rağmen, orta sahanın üst kısmında tromplu bir kubbe olduğu düşünülmektedir. Yapının batı cephesinin görünümü Şekil 3.4 de aynı cephenin ve doğu cephesini restorasyon projesinde ki görünümü ise Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 da gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Obruk Han'ın batı cephesinden görünümü



Şekil 3.5. Obruk Han'ın batı cephesinden autocad görünümü



Şekil 3.6. Obruk Han'ın doğu cephesinden autocad görünümü

Yapının yapıldığı dönemde Selçuklu sultanları ve yüksek devlet görevlileri tarafından ticareti geliştirmek amaçlı yapılan bu ve benzeri yapılar savaş zamanlarında ise askeri amaçlı kullanılmıştır. Selçuklular zamanında Anadolu'da kurulan ticaret yolları, Osmanlılar döneminde değişmesiyle bazı yerler ticari merkez olma durumunu kaybetmiş ve bu kervansaraylar da önemini yitirmiştir.

Dış kapıda herhangi bir kitabe yada bir işaret bulunmayışı yanında, kapalı hacmin giriş kısmının yan duvarlarının tamamen yıkılmış olmasından dolayı, Selçuklu hanlarında kapı üzerlerinde yer alan bilgilere Obruk Hanı'nda rastlanmamaktadır. Bu nedenle yapıyı yaptıran kişi ve yapının tarihi hakkında bugün için kesin bir bilgiler ulaşmak mümkün olmamaktadır. XIII. yüzyılın ilk yarısında, Konya-Aksaray ticaret yolunun önemli konaklama noktalarından birini oluşturduğu İbn-Bibi'den öğrenilmektedir. M.Kemal Özergin, Anadolu'da Selçuklu Kervansarayları isimli eserinde yapının 13. Yüz yıl ortalarında inşa edilmiş olabileceğini belirtmektedir [12]. Han ana kapısının içinde yer aldığı kemer ayakları da buluntu taşlardan oluşan sütun ve başlıklara oturmaktadır. Hanın güneybatı cephesinin görünümü Şekil 3.7 de güney cephesinin görünümü Şekil 3.8 de aynı cephenin restorasyon projesinde ki görünümü ise Şekil 3.9 da gösterilmiştir.

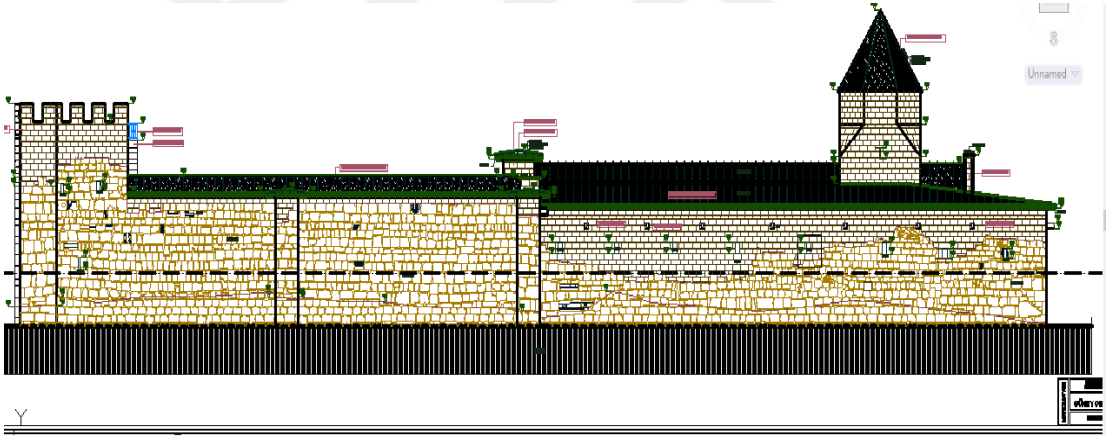


Şekil 3.7. Obruk Han'ın güneybatı görünümü

Üzerlerindeki yazıları, figürleri ve sembolleri silinmeden kullanılmış olan bu taşlar cumhuriyet tarihinde yetişmiş büyük tarih araştırmacılarından ve kitabe uzmanlarından biri olan İbrahim Hakkı Konyalı'ya göre, Selçuklu döneminin ilk kervansarayı olarak kabul edilen Aksaray'daki hanı inşa ettiren sultan II. Kılıç Arslan (1155-1192) tarafından, sultanın veliahtlığı döneminde veya babası Sultan I. Mesud (1116-1155) tarafından oğlunun veliahtlığı zamanında inşa edilmiş olması ihtimali bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Obruk Han'ın güney cephesinden görünümü



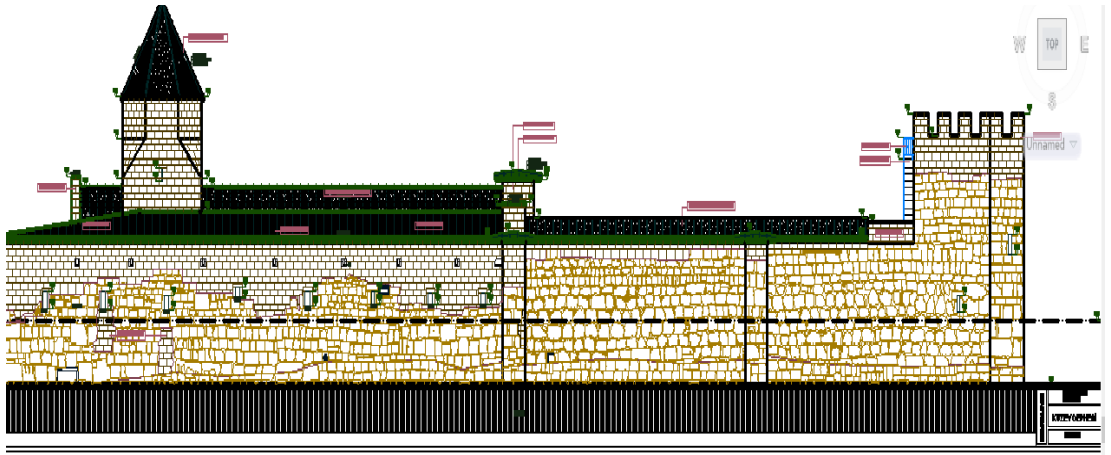
Şekil 3.9. Obruk Han'ın güney cephesinden autocad görünümü

Yapı da kullanılan yapıtaşları Obruk'a yakın bir mesafe de olan Eski Kasabasının, Ortakuyu, Köşk, Mutlu ve Çukuryurt yaylalarındaki Bizans devri yapılarından getirilmiş olmalıdır. Bununla beraber, Sultan 2. Kılıç Arslan zamanında Anadolu'yu gezen 11. Yüzyıl sufi ve din bilgini Herevi, Obruk'a bir ziyaretinde mescid, kilise ve heykeller bulunduğunu, bunların Türkler tarafından, Hazreti Ömer zamanında şehit edilmiş Müslümanlar olarak ziyaret edildiğini, Rumların da bunları kendilerine ait sayarak buraya geldiklerini, böylece iki din mensuplarının buradaki cami ve kilisede dua ettiklerini öğrenmekteyiz.

Bu ifadeden, Obruk'a çok daha yakın mesafede Bizans'a ait yapıların bulunduğu ve hatta handa rastlanan mezar taşlarından, bu bölgedeki bir mezarlık ve dolayısıyla bir yerleşme olduğu ve buluntu taşların buradan temin edildiği düşüncesi doğmaktadır [9]. Hanın kuzey cephesinin görünümü Şekil 3.10 da aynı cephenin restorasyon projesinde ki görünümü ise Şekil 3.11 de gösterilmiştir.



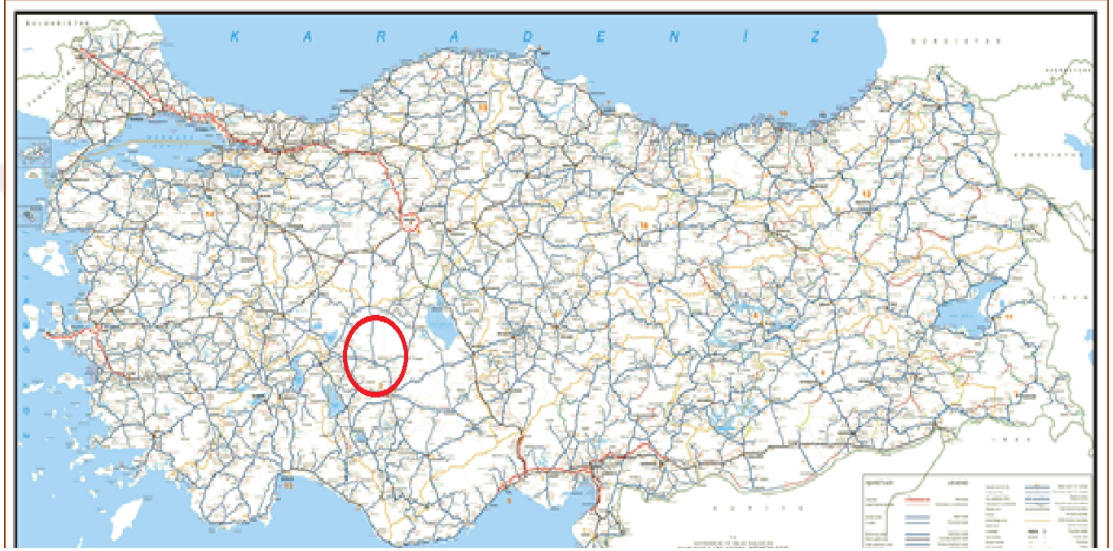
Şekil 3.10. Obruk Han'ın kuzey cephesinden görünümü



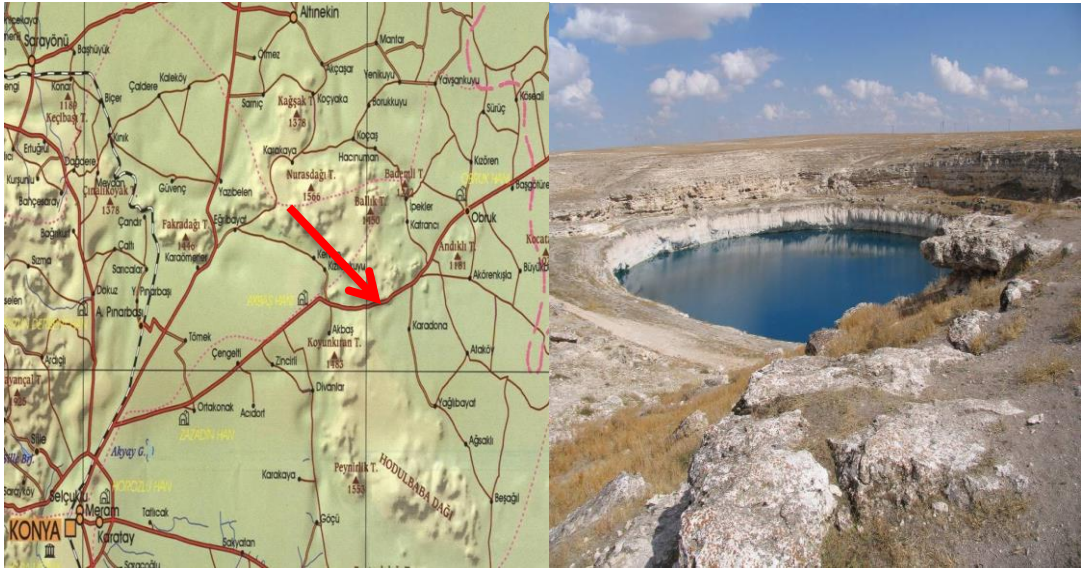
Şekil 3.11. Obruk Han'ın kuzey cephesinden autocad görünümü

3.1.2. Yapının Konumu

Obruk Han Kervansarayı, karayolunun 80. kilometresinde, karayolundan 4 km. içeride, Obruk Köyü girişinde bulunmaktadır (Şekil 3.12). “Kızören Obruğu” da denilen Obruk Gölü’nün hemen yanında bulunmaktadır. (Şekil 3.13)



Şekil 3.12. Genel Türkiye haritasında yapının konumu



Şekil 3.13. Yapının konumu

3.1.3. Yapının Yapım Tekniği

Obruk Han'da, Bizans D6nemine ait kalıntılardan ve taşlardan azami oranda faydalanılmıştır. Yapının dış duvarlarında ve tonoz ayaklarında kesmetaş ve kalıntı taşların kullanıldığı ve moloz dolguların uygulandığı g6r6lm6řt6r. Ayrıca, kemerlerde de kesmetaş ve 6rt6 sisteminde ise moloztaş kullanılmıştır (şekil 3.14).



şekil 3.14. Yapıda kullanılan devşirme taşlar

S6tun, kitabe, mezartaşı, ambon korkulukları her cins malzemeden oluşan devşirme taşlar, kapalı hacimde g6n6m6ze kadar gelmiş iki kemerin ayaklarında s6tun olarak kullanılmışlardır.

Ayrıca, bu t6r elemanlar şekil ve b6y6kl6klerine g6re duvar 6rg6s6 içinde sıradan bir eleman olarak yer almışlar veya giriş cephesinde bulunan pencerelerde olduğu gibi lento ve s6ve olarak da kullanılmışlardır (şekil 3.15).



Şekil 3.15. Yapıda kullanılan kitabe tarzı taşlar

Obruk Han geniş bir alana sahip bir yapıdır fakat, taş duvar işçiliği ve dekoratif sanat ve zanaat anlamında maalesef çok fazla özen gösterilmemiş bir yapıdır [11].

3.1.4. Yapıda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Tarihi yapılarda yapılacak teknik araştırmalar ve çalışmalar, hem tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin, teknik, mimari ve tarihsel özelliklerinin doğru olarak değerlendirilmesi için hem de restorasyon (onarım) ve konservasyon (koruma) yöntemlerinde seçilecek eşdeğer onarım malzemelerinin yapıda bütünlüğü sağlayacak özelliklerde olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılmalıdır.

Tarihi yapılarda kullanılan malzemelerin zamanla içerisinde yıkıcı veya yıpratıcı olabilecek çevre, iklim, insani etkiler ve benzeri dış etkilere karşı korudukları, kaybettikleri veya yeni bir form kazanarak başkalaştıkları durumlarda ki özelliklerinin de incelenerek anlaşılması bu araştırma ve çalışmalar için oldukça önemli veriler sağlayacaktır.

Obruk Han rölöve ve restorasyon projesine bağlı olarak yapı malzemeleri incelemeleri kapsamında alınan taş, harç ve sıva malzemelerinden oluşan numuneler üzerinde yapılan araştırmalar ile Obruk Han'ın aslına uygun olarak korunmasına yardımcı olacağı düşünölmüş, yapının yapım teknolojisi, yapıda halen varolan malzemeler üzerinden araştırılarak, zaman içinde gerçekteşen değişim ve dönüşümler belgelenmiştir [11]. Yapıya uygulanan arkeometrik çalışmalar, analiz ve yöntemler:

Spot Testler

A-Kondaktimetrik Analiz

B-Fiziksel Testler (% Gözeneklilik, Islak-Kuru Yoğunluk, % Su Emme Kapasitesi)

C-Agrega- Bağlayıcı Analizi

D-Granölometrik Analiz (% Agregatanecek Dağılımı)

E-Petrografik Mikromorfolojik (İnce Kesit) Analiz' dir.

Obruk Han agrega / bağlayıcı analizi ile yapıya ait duvar, moloz dolgu, derz dolgu ve sıva örneklerinde bağlayıcı malzeme olarak kireç harcının kullanıldığı belirlenmiştir. Yapıda oldukça sınırlı bölgede (bir kemerde) bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanımı da söz konusudur. Yapıda kullanılan kireç harcının içeriğinde yüksek oranda (%82-94'ler seviyesinde) kireç kullanımı söz konusudur. Bu yüksek oranın nedeni hem harca doğrudan katılmış kireç, hem de harca eklenmiş oldukça yoğun kireçtaşı, mermer ve traverten parçalarından kaynaklanmaktadır. Harç içeriğinde %30 oranında kireç olması gerekliliği önerilebilir.

Agreganın da yarısını kil, diğer yarısını da 1000 Ø µm'yi aşmayan kireçtaşı parçaları ve mermer tozu oluşturmalıdır. Önerilen kireç harcı ile anlatılmak istenen, söndürölmüş ve dinlendirilmiş kireçten oluşan onarım harçlarıdır. Bu tür harçlar, mukavemet açısından orta ve uzun vadede yapılar için daha başarılı durabilite özelliklerine sahiptirler. Pratik amaçlarla söndürölmüş kirece %50 oranı geçmeyecek ölçüde hidrolik kireç katılması da mümkündür.

Onarım harç ve sıva içeriklerinin hiçbir aşamasında çimento içerikli klasik, beyaz veya pigmentle renklendirilmiş her türlü çimento gibi malzeme kullanılması önerilmemektedir.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde kireçtaşı bazlı 4 grup ana malzemeye ait taş örneğinin tuz içeriğinin, onarım taşı numunesi olarak alınan taş örneğinden iki kat fazla oranda tuz içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Örnekler yoğunlukları bakımından incelendiğinde birbirine yakın değerler vermektedir. Su emme kapasiteleri ve buna paralel olarak gözeneklilik değerleri bakımından hem onarım taşı hem de ana malzeme örneği yüksek düzeyde gözenekli bir yapı göstermiştir [11].

3.1.5. Yapının Kısmi Restorasyon Önce ki Durumu

Plan açısından, üstü açık mekan ve kapalı hacimden oluşan, klasik Selçuklu hanları tipine sahiptir. Han, cümle kapısının yer aldığı ve diğer duvarlarına nazaran biraz daha ayakta kalabilmiş olan giriş cephesi, iki katlıdır. Selçuklu hanlarının birkaç istisna dışında ortak özelliklerinden olan planın uzun eksenini üzerindeki han kapısından, avluya girilir.

Kapının genişliği 4 m. civarındadır. Restorasyon projesine göre girişe göre zemin ve üst katlarda sağlı sollu ikişer oda bulunmaktadır. Üst katta, küçük pencereler bulunmaktadır. Avludan merdivenle ulaşılan bu odaların en sağda yer alanı, çok sade taş mihrabı ile, Obruk Hanı'nın mescididir. Mescidin yanında birbirine içten bağlı odalar yer alır. Bunların, handa görevli personelin kaldığı odalar olduğu tahmin edilmektedir. Planlanan projeye göre kuzey cephesinde önleri kapalı ve tonozlu beş adet oda yapılacaktır.

Üstü açık mekanın iki yanında yer alan, önleri avluya açılan odalar ve bu hacimlerin üstünü örten tonozların büyük bir kısmı yıkılmış veya tahribata uğramıştır. Kapalı hacmin giriş yan duvarlarında aynı şekilde büyük oranda yıkıma uğramıştır.

Projeye göre kapalı hacmin kuzey tarafında sekiz adet farklı genişliklerde, araları kemerli tonozlar yapılacaktır. Aynı planlama güney cephesi için de söz konusudur. Diğer hanlarda görülen benzerleri gibi, Obruk Hanı'nda da kapalı hacmin girişinde, dış kapı gibi yüksek, gösterişli bir kapının olduğu düşünülmektedir. Kapalı hacim, orta açıklığın iki tarafında yer alan odalardan oluşan bir mekandır. Bu orta açıklığın sonunda bulunan iki oda önleri kapalı olarak inşa edilmiştir. Kubbe ve tonozlarda çevre şartlarından dolayı hasarlar oluşmuştur. Orta açıklığı örten uzun tonoz bugün tamamıyla yıkılmıştır. Kapalı hacmin kuzey cephede üç tonuz güney cephesine beş tonoz yıkılmış yada ağır hasarlıdır. Hasarlı sütunlarda malzeme kayıpları, derz boşlukları gözlenmiştir.

Açıklığın merkezine göre sağ tarafında bir fener (kubbe) yer aldığı zannedilmektedir. Bu fenerin mekanın hava ve ışık ihtiyacını karşılamakta olduğu sanılmaktadır [2]. Hanın avlu bölümünün kuzeyinde bulunan odalarının, ön tarafının açık olduğu tespit edilmiştir. Kapalı hacimde yer alan taç kapısının duvarlarının geçmişte tamamen yıkıldığı ve yeniden yapıldığı belirlenmiştir. Kapalı hacimde yer alan iç kemerlerin bazı kısımlarının mevcut olduğu saptanmıştır. Yıkıntı duvarlar, taş malzemede kayıplar, malzeme erimeleri, toprak dolgu, kuzey cephede eklenti bir duvar ve özellikle tonoz üstlerinde bitki oluşumları, derz boşlukları, duvarlarda çatlaklar gibi problemler gözlenmiştir. Bu sorunlar, yapının bütünlüğünü önemli ölçüde bozmuş olmasına rağmen yakın tarihte kısmi bir onarım görmüştür.

3.1.6. Yapının Kısmi Restorasyon Kapsamında Yapılacak Çalışmalar

Yapıyla ilgili olarak hazırlanmış restorasyon projesi kapsamında;

1-Hanın avlu kısmının kuzeyinde bulunan yerlerin, önü açık ve tonozlu olarak projesine uygun olarak yapılması (Şekil 3.16, Şekil 3.17).



Şekil 3.16. Obruk Han avlu kuzey cephesi



Şekil 3.17. Obruk Han giriş üstü kuzey cephe oda kısmı

2-Avlu kapısının solunda yer alan oda kapılarının yerleri, kazıda çıkan yerlerinde yeniden yapılması (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Obruk Han avlu batı cephesi

3- Kapalı hacmin taçkapısı, revizyon projesine uygun olarak yeniden yapılması (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Obruk Han avlu doğu cephesi bölme duvarı

4-Kapalı hacimde bulunan tonoz ve kemerlerin izlerine göre tamamlanması (Şekil 3.20), (Şekil 3.21), (Şekil 3.22).



Şekil 3.20. Obruk Han kemer onarımı



Şekil 3.21. Obruk Han tahrip olmuş kemerler



Şekil 3.22. Obruk Han kapalı hacim

5-Hanın giriş kısmının üst katında yer alan mescit ve odaların üst örtüsü yapıdan gelen izlere göre yeniden yapılması (Şekil 3.23), (Şekil 3.24).



Şekil 3.23. Obruk Han giriş üstü güney cephe mescid



Şekil 3.24. Obruk Han giriş üstü kuzey cephe oda kısmı

6-Kapalı hacimde yapılan inceleme sonucunda, üç açıklıkta da tromp izleri görülmüştür.

Yapıdan gelen izler, tromp izleri ve tonoz şekilleri incelendiğinde, bunların iki tanesinin çapraz tonoz olmasının kuvvetle muhtemel olduğu, ortada yer alan açıklıkta ise aydınlık fenerinin olduğu düşünülmüştür (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Obruk Han tonoz onarımları

Ancak yapılan restorasyon önerisinde, mevcut izlerin korunarak kemerli trompların tamamlanması, bilinmeyen kısımların ise, çelik konstrüksiyonlu ve içten ahşap kaplama yapılması, üst örtüsünün ise kurşunla kaplanması önerilmiştir. Yapı, optik ve lazerli fotogrametrik ölçüm aletleri kullanılarak dijital sistemde taranarak ölçülmüş ve yapıya ait elde edilen değerler bilgisayar yardımı ile sayısal ortama aktarılmıştır. Çalışma esnasında yapının çok sayıda ve yüksek çözünürlükte fotoğrafları da çekilerek çalışmanın tespit aşaması gerçekleştirilmiştir [11].

4. OBRUK HAN'IN SONLU ELEMANLAR MODELİ VE ANALİZİ

4.1. Yapısal Analiz

Mühendislik biliminde bir sorunun çözümünde ne kadar çok bilinmeyen dikkate alınırsa elde edilen sonuçlar o oranda gerçeğe yakın olmaktadır. Fakat, sistem hesap edilirken bilinmeyen sayısı arttıkça analiz uzar ve sonuçların yorumlanması güçleşebilir.

Bu gibi zorlukları aşmak adına çok sayıda bilinmeyene sahip bir problemin çözümü için bilgisayar kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Yüksek dereceden hiperstatik sistemler yapı tasarımında taşıyıcı sistem olarak tercih edilmektedir. Sistemin kinematik belirsizliği bir başka deyişle hiperstatiklik derecesi ne kadar fazla olursa, çoğu durumda mekanizma durumuna o kadar geç ulaşacaktır. Elde edilen kesit zorlarının ise izostatik sistemlere kıyasla daha küçük olabilmektedir. Sistemin bilinmeyen sayısını arttırmakla daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamakla birlikte çözüm süresi uzamakta ve kısa sürede doğru sonuçlara ulaşmak isteyen tasarımcıyı zorlamaktadır.

Mühendislik çalışmalarında kullanılan paket programlar çözüm aşamasında büyük fayda sağlamakta ve serbestlik derecesini artırmak mühendise ek bir sorun teşkil etmemektedir. Sistemde düğüm noktası sayısını artırarak yani sonlu eleman ağını genişleterek gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilir [7].

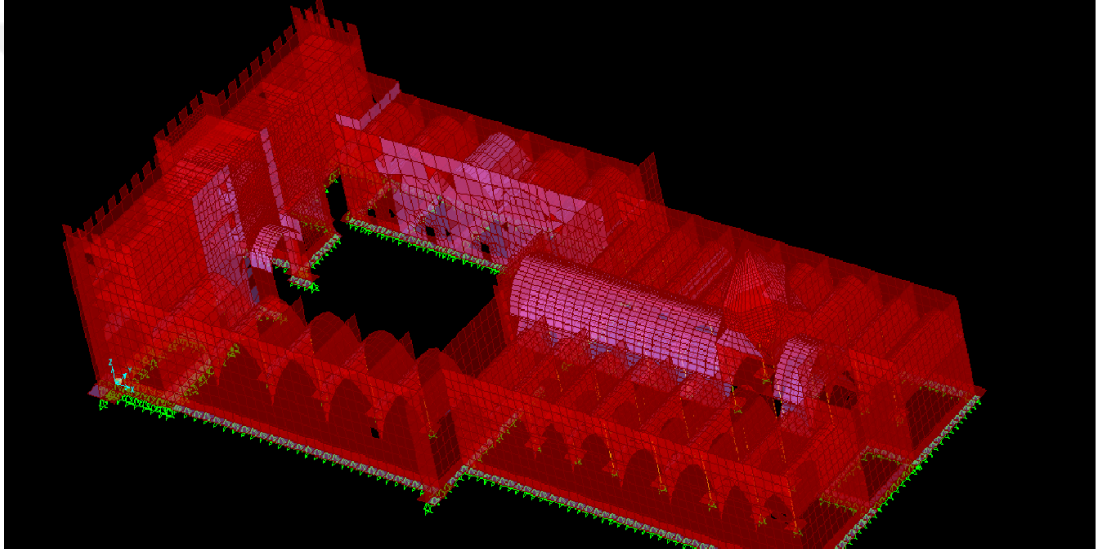
SAP2000 ve benzeri paket programlar sistem analizini genelde 1 boyutlu (Frame) elemanlar için matris deplasman, 2 ve 3 boyutlu elemanlar (shell, solid) için sonlu elemanlar yöntemiyle yapmaktadırlar. Programda, sistem elemanlarının birbirleriyle bağlantılarını sağlayan düğüm noktaları 3 boyutlu euklid uzayda tanımlıdır. Her düğüm noktası için üç öteleme (yer değiştirme; U) üçü de dönme (açısal yerdeğiştirme; R) olmak üzere toplamda altı serbestlik tanımlanabilir. Düzlem de bu sayı üçtür. Sistemin genelinde bu yer değiştirmeler toplam sistem serbestlik derecesi olarak anılır. Mesnetlerin hareket kabiliyetlerinin bulunduğu doğrultularda tanımlanabilecek olan mesnet şartları da toplam sistem serbestlik derecesini etkileyen şartlar olarak tanımlanabilir. Gerek mesnet şartları gerekse düğüm noktası serbestlikleri tanımlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, sistemin stabilitesini bozmayacak şekilde söz konusu serbestliklerin belirlenmesidir.

Günümüzde bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak yapısal analiz programlarının kapasitelerinin artmasıyla kompleks yapıya sahip tarihi binaların yapısal analizleri kolaylaşmıştır. Ancak, analitik olarak gerçekleştirilen modellemeler (sonlu eleman ağları) doğru bir şekilde yapılmazsa önemli hatalara yol açabilir. Bu nedenle, yapıların sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan hesaplarında modelleme safhası daha gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek adına önem arz etmektedir.

Ülkemizde de sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak tarihi yapıların deprem etkisindeki davranışlarının incelenmesi yönünde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, deprem hareketine maruz kalabilecek tarihi yapılarda meydana gelebilecek titreşim periyotları, deplasmanlar, gerilmeler gibi tepkiler, lineer ve/veya nonlineer olarak sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiş ve böylece tarihi yapıların oluşabilecek bir deprem karşısında güvenli olup olmadığı incelenmiştir. Modal analiz yapının dinamik özelliklerine ait bize bilgi veren bir analiz tipidir. Yapının elastik bir malzemeden oluştuğunu ve temelinden tutup bir miktar çektikten sonra geri bıraktığımızda eski konumuna gelmeye başladığını düşünelim. Yapı önce salınımlar yapacak daha sonra bu salınımlar zaman geçtikçe sönüm oranına bağlı olarak azalacak ve sonunda duracaktır. Bu salınım çeşitlerinin her birine mod denilmektedir. Her modda yapıyı aldığı şekil, periyodu ve frekansı farklı olacaktır. Bu mod şekillerinin birleştirilmesiyle oluşturulan dinamik analiz yöntemine mod birleştirme yöntemi denilmektedir. Bu mod şekillerinin sayısına ise etkin kütle katılımına göre karar verilmelidir. Bu değer %90'ın altına düşmesine deprem yönetmeliğince izin verilmez. Eğer düşüyorsa mod sayısını arttırmamız gerekir. Mod birleştirme yöntemi eşdeğer deprem yüküne arasında fark ise periyotla ilgilidir. Eşdeğer deprem yükünde sadece birinci mod şekline ait periyot dikkate alınırken, mod birleştirme yönteminde ise sizin belirlediğiniz mod sayısına göre hesap yapar. Time History analizi ise en basit anlatımıyla daha önceden olmuş bir depremin ivme kaydını (ivme zaman grafiğini) yapıya etkittirilmesi olarak tanımlanabilir. Yapının kendi frekansı ile yapıya etki eden depremin frekansı üst üste çakışınca yapıda maksimum dinamik etkiye (rezonans) neden olur. Sonuç olarak her yapı bu etkiye farklı davranışlar verir [8].

Bu çalışmamızda ise tarihi Obrukhan'ın depreme karşı davranışının incelenmesi amaçlanmıştır. Şekilde gösterilen Obruk Han'ın sonlu elemanlar modeli, SAP2000 programının modelleme özellikleri kullanılarak hazırlanmıştır.

Daha önce mevcut olan rölöveler kullanılarak bütün geometrik şekiller, ölçüler, yapının gerçek boyutları dikkate alınmış ve matematiksel bir modelleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Obruk Han'ın sonlu eleman modeli

Yapının iç ve dış duvarları kabuk eleman (Shell) ile tanımlanmıştır. Tüm duvarların ölçüleri birbirinden farklıdır. Boyutları birbirine yakın duvarlar aynı ölçülerde alınmıştır. Mevcut sütunlar çubuk elemanla (Frame) tanımlanmıştır. Hazırlanan matematiksel model 43613 düğüm noktası, 39463 shell eleman ve 30 adet çubuk eleman kullanılarak oluşturulmuştur. Batı cephesi ile doğu cephesi duvarları yaklaşık 37 metre uzunluğundadır. Ön cephe duvar yüksekliği 12 metre olup doğu cephesi de yaklaşık 6.2 metre civarındadır. Kuzey ve güney duvar uzunlukları ise 72.3 metre yükseklikleri ise yine 6.2 metredir. Restorasyon projesinde yer alan kubbe yerden yaklaşık 17 metre yüksekliğindedir. Merkeze yakın olan kubbe yaklaşık 5 m çapındadır. Duvar kalınlıkları 75-170 cm arasında değişmektedir. Tonoz kalınlıkları 40-50 cm alınmıştır.

Yapıda ki taş duvarların kalınlığı yer yer 1 metreyi aştığından, iç ve dış yüzeylerdeki gerilmeleri daha doğru hesaplanması için amacıyla duvarlar modellenirken, hesaplarda kullanılan bilgisayar programının bu tür elemanların tanımlanmasına olanak verdiği “Thick Shell” seçeneği tercih edilmiştir. Mesh aralıkları değişken olmakla birlikte duvarların geniş olmasından dolayı dış duvarlarda en fazla 90 cm alınmıştır. Daha düşük mesh aralıkları dış duvarlar için bilinmeyen sayısını artırarak analizi güçleştireceği için çok düşük mesh aralıkları alınmamıştır. Tonoz ve kemerlerde ise mesh aralıkları çok daha küçük aralıklarda alınmıştır. Modelde, duvarların restorasyon projesinde ki kesitlerde mevcut ölçülere uygun olarak toprak seviyesinden aşağıda sabit mesnet gibi tutulduğu kabul edilmiştir.

Yapı modelinde kullanılan yapının taşıyıcı sistem malzemeleri (iç ve dış duvarlar ile tonozlarda kullanılan malzemeler) iki ayrı malzeme olarak ele alınmış ve yapının gerçek malzeme özelliklerine ulaşamadığı için, kullanılan malzeme özellikleri ulusal ve uluslararası literatürde bu tür malzemeler için kullanılan genel değerler arasından seçilmiş ve Çizelge 4.1'de verilmiştir. Harç+taş birlikte birim eleman özelliği gösterdiği varsayılarak, elastisite modülü ve birim ağırlık kabulleri yapılmıştır.

	Elastisite modülü (E)	Birim hacim ağırlığı (γ)	Poisson Oranı
	(KN/m ²)	(kN/m ³)	(ν)
(Harç+Taş)	4500000	24	0.20
Tonozlar	4000000	18	0.18

Çizelge 4.1. Modellemede kullanılan yapı malzemesinin mekanik özellikleri

Oluşturulan sayısal modelde, G1 zati yük olarak, G2 ilave yükler, Q hareketli yükler (kar yükü) olarak tanımlanmıştır. Deprem yükleri statik yatay yükler olarak X ve Y yönlerinde sisteme etkilir. EXP, EYP pozitif deprem yükleri EXN, EYN negatif deprem yükleri olarak tanımlanmıştır. Modal analiz için, tanımlanmış bu yüklemelerin kombinasyonları belirlenmiştir.

Deprem yönetmeliğine uygun olarak %5 lik eksantrite etkisi dikkate alınmıştır. Bölgenin zemin sınıfı Z3'dür. Yapı 5. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır.

Yapı önem katsayısı (I), 1 deprem yükü azaltma katsayısı (R), Deprem Yönetmeliğinin yığma yapılar için belirlediği değere uygun olarak 2 alınmıştır.

Yapıda meydana gelen x ve y yönü yer değiştirme, gerilme ve elde edilmiş veriler tablolarla gösterilmiştir. Modal analiz sonucunda yapıda oluşan periyod değerleri Çizelge 4.2 de verilmiştir.

MOD	PERİYOD (s)	MOD	PERİYOD (s)
1	0.271344	T11	0.197601
2	0.258326	T12	0.193502
3	0.254005	T13	0.181558
4	0.248451	T14	0.174658
5	0.238386	T15	0.169962
6	0.233619	T16	0.168491
7	0.228081	T17	0.165680
8	0.221302	T18	0.164603
9	0.212641	T19	0.156734
10	0.208915	T20	0.153036

MOD	PERİYOD (s)	MOD	PERİYOD (s)
21	0.144948	31	0.086529
22	0.140602	32	0.070033
23	0.137722	33	0.064365
24	0.130412	34	0.062405
25	0.12478	35	0.051892
26	0.104597	36	0.047345
27	0.10182	37	0.04543
28	0.096905	38	0.038496
29	0.095192	39	0.033089
30	0.0922	40	0.030616

Çizelge 4.2. Obruk Han'ın periyod değerleri (s)

Yerel zemin sınıfı Z3 alındığından DBYBHY-2007, Tablo2.4'e göre Spektrum Karakteristik periyotları $T_A=0.15$ s – $T_B=0.60$ s alınmıştır.

G2 ilave yükleri yapıda kullanılan dolgu malzemesi dikkate alınarak ayrı ayrı hesaplanmış, hareketli yükler deprem yönetmeliğine uygun olarak alınmıştır.

Yapının bulunduğu bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1000 metre olduğu için TS 498'e göre kar yükü 0.8 KN/m^2 olarak belirlenmiştir.

Kapalı alanlarda çatı kaplaması kurşun levha (3 mm) olacağı için kaplama yükü de hesaplamalarda dikkate alınmıştır.Yapılan çalışmada elastisite modülü farklı olan malzemeler incelenmiş, sonuç olarak elastisite modülü daha yüksek olan malzemelerin periyot değerlerinde azalma görüldüğü tespit edilmiştir.

Birim hacmi daha yüksek malzemeler kullanıldığı takdirde ise periyot değerlerinde artışlar gözlenmiştir. Yapılacak restorasyon çalışmalarında bu kritere uygun malzeme seçiminin yapılması önerilebilir.

Yapının bulunduğu bölgede yapılan jeoteknik etüd çalışmalarına göre Z3 zemin sınıfına göre response spectrum eğrisi analizde dikkate alınmıştır. Analiz sonucu oluşan kütle katılım oranları 40 moda göre tabloda verilmiştir. Programdan elde edilen periyotlara göre spektrum katsayıları hesaplanmasında ilk 40 mod dikkate alınmıştır (Çizelge 4.3).

MOD	PERİYODLAR	UX	UY	UZ
1	0.271344	0.00008104	0.059	0.000004632
2	0.258326	0.00517	0.17031	0.0001
3	0.254005	0.19962	0.00593	0.00004113
4	0.248451	0.00002994	0.00945	0.000000573
5	0.238386	0.00578	0.00001884	0.00001044
6	0.233619	0.00624	0.00105	0.00079
7	0.228081	0.00132	0.00306	0.00033
8	0.221302	0.0059	0.04684	0.0002
9	0.212641	0.01347	0.00073	0.00012
10	0.208915	0.02682	0.000001083	0.000005816
11	0.197601	0.00939	0.00029	0.00001576
12	0.193502	0.00124	0.000003123	0.000005725
13	0.181558	0.00075	0.00002384	0.00007558
14	0.174658	0.00851	0.00002456	0.000004673
15	0.169962	0.00005218	0.00436	0.00011
16	0.168491	0.00157	0.00499	0.00004714
17	0.165680	0.06801	0.00041	0.00023
18	0.164603	0.02681	0.0000622	0.00009505
19	0.156734	0.00327	0.04995	0.00002455
20	0.153036	0.00031	0.00765	0.00001466

MOD	PERİYODLAR	UX (%)	UY (%)	UZ (%)
21	0.144948	0.00421	0.00951	0.0000689
22	0.140602	0.00712	0.07529	0.00011
23	0.137722	0.14824	0.00043	0.00028
24	0.130412	0.01023	0.00057	0.00258
25	0.12478	0.00263	0.02985	0.00099
26	0.104597	0.0022	0.23673	0.00034
27	0.10182	0.00369	0.00029	0.00842
28	0.096905	0.00056	0.00051	0.0445
29	0.095192	0.00579	0.05688	0.00525
30	0.0922	0.01163	0.00905	0.0241
31	0.086529	0.08387	0.00194	0.00576
32	0.070033	0.000003467	0.00125	0.07981
33	0.064365	0.000004203	0.00002910	0.04273
34	0.062405	0.0014	0.00002953	0.1167
35	0.051892	0.00672	0.06041	0.00026
36	0.047345	0.01167	0.0579	0.00127
37	0.04543	0.21581	0.00029	0.00125
38	0.038496	0.00079	0.0012	0.21911
39	0.033089	0.00012	0.00625	0.01705
40	0.030616	0.00143	0.0023	0.32887

Çizelge 4.3. Obruk Han'a ait kütle katılım oranları

MOD	TOP. UX (%)	TOP.UY (%)	TOP.UZ (%)
1	0.00008104	0.059	0.000004632
2	0.00525	0.22931	0.00011
3	0.20487	0.23524	0.00015
4	0.2049	0.24469	0.00015
5	0.21068	0.24471	0.00016
6	0.21693	0.24576	0.00095
7	0.21825	0.24882	0.00128
8	0.22415	0.29566	0.00148
9	0.23762	0.29639	0.00159
10	0.26444	0.29639	0.0016
11	0.27383	0.29668	0.00162
12	0.27507	0.29668	0.00162
13	0.27582	0.29671	0.0017
14	0.28433	0.29673	0.0017
15	0.28438	0.30109	0.00182
16	0.28594	0.30609	0.00186
17	0.35395	0.3065	0.00209
18	0.38076	0.30656	0.00219
19	0.38402	0.35651	0.00221
20	0.38433	0.36416	0.00223

MOD	TOP. UX (%)	TOP.UY (%)	TOP.UZ (%)
21	0.38854	0.37368	0.0023
22	0.39566	0.44897	0.0024
23	0.5439	0.4494	0.00269
24	0.55413	0.44997	0.00527
25	0.55675	0.47982	0.00626
26	0.55895	0.71655	0.0066
27	0.56264	0.71684	0.01502
28	0.56321	0.71735	0.05952
29	0.56899	0.77423	0.06477
30	0.58062	0.78328	0.08887
31	0.66449	0.78522	0.09462
32	0.6645	0.78647	0.17443
33	0.6645	0.78647	0.21715
34	0.6659	0.7865	0.33385
35	0.67263	0.84691	0.33412
36	0.6843	0.9048	0.33538
37	0.9001	0.90509	0.33663
38	0.90089	0.90629	0.55574
39	0.90102	0.91253	0.57279
40	0.90244	0.91484	0.90166

Çizelge 4.4. Obruk Han'a ait toplam kütle katılım oranları

Sap2000 programı her bir mod için etkin kütle oranlarını hesaplarken o moda etki eden X, Y ve burulma bileşenlerinden gelen katkıları da hesaplamaktadır. DBYBHY-2007’de belirtilen etkin kütle toplamının bina toplam kütlelerinin %90’nın daha az olmaması kaidesine göre yapının son modda x, y ve z yönünde ki kütle katılım oranlarının %90 seviyesini aştığı görülmektedir (Çizelge 4.4). Obruk Han’ın üç boyutlu sonlu eleman modelinin statik analizi neticesinde yapıda olabilecek gerilme dağılımlarına, şekil değiştirme ve taban kesme kuvveti değerlerine ulaşılmış ve bu değerler neticesinde oluşmuş ve oluşabilecek çatlaklar ve bu çatlaklar sonucu oluşan deformasyonlar, kritik yerler programla tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler 2007 Türkiye Deprem Yönetmeliği’nin 5. bölümünde yer alan yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kurallarından da faydalanılmıştır (Çizelge 4.5). Buna göre duvar basınç emniyet gerilmesi $0.3 \text{ MPa} = 300 \text{ KN/m}^2$ uygun görülmüştür.

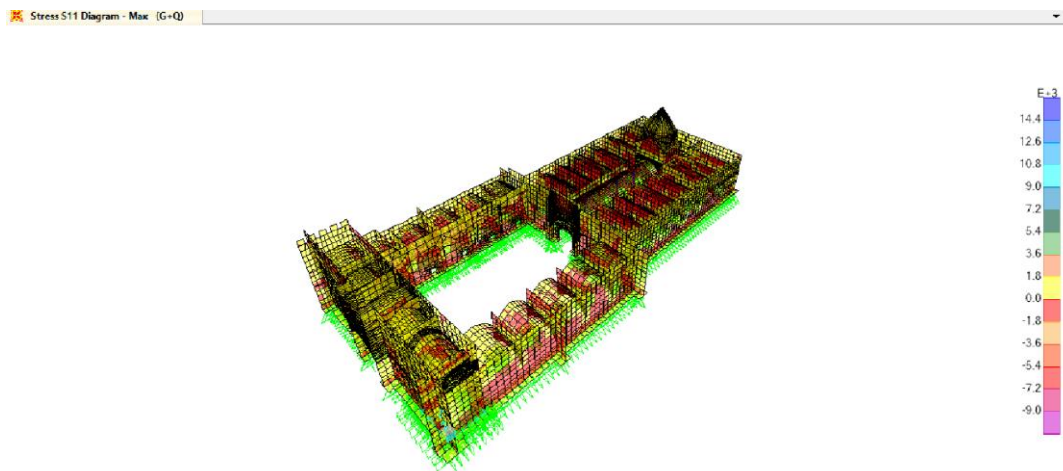
Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Basıncı Emniyet Gerilmesi f_{em} (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35’den az, çimento takviyeli kirec harcı ile)	1.0
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35- 45 arasında, çimento takviyeli kirec harcı ile)	0.8
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %45’den fazla, çimento takviyeli kirec harcı ile)	0.5
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kirec harcı ile)	0.8
Taş duvar (çimento takviyeli kirec harcı ile)	0.3
Gazbeton (tutkal ile)	0.6
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.8

Çizelge 4.5. Serbest basınç dayanım bilinmeyen duvarların basınç emniyet gerilmesi(TDY 2007)

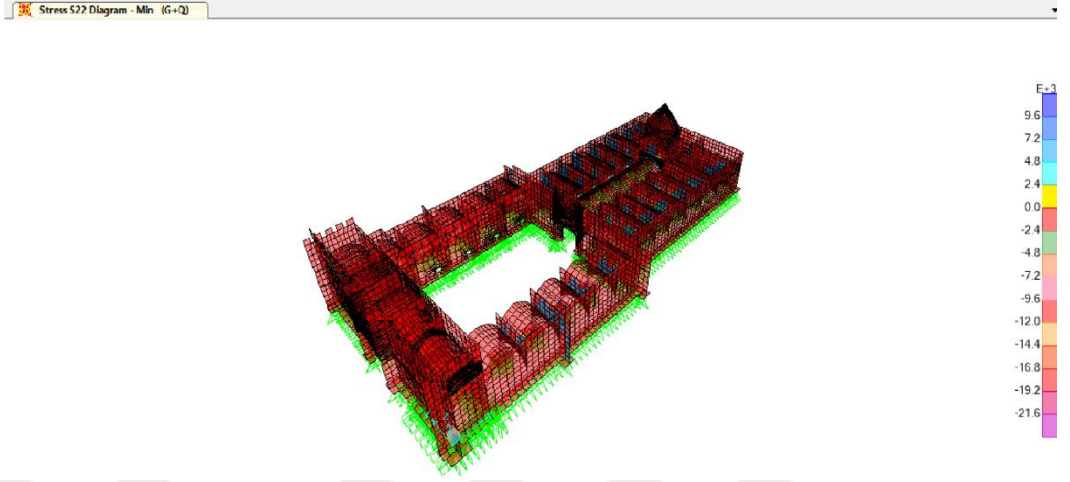
Yürürlükte olan Deprem Yönetmeliğinde, taş yığma duvarlar için basınç emniyet gerilmesi $f_{em} = 0,3 \text{ MPa} = 300 \text{ KN/m}^2$ tuğla yığma duvarlar için basınç emniyet gerilmesi $f_{em} = 0,8$ olarak önerilmektedir. Buna karşılık, emniyet gerilmeleri 3 katsayısı ile büyütülmüştür. Bu durumda, taş duvarlar için taşıma gerilmesi; $f_{emb} = 0,3 \times 3 = 0,9 \text{ MPa} = 900 \text{ KN/m}^2$, tuğla duvarlar için taşıma gerilmesi; $f_{emb} = 0,8 \times 3 = 2,4 \text{ MPa} = 2400 \text{ KN/m}^2$ olarak kabul edilmiştir. Çekme emniyet gerilmeleri, basınç emniyet gerilmesi olarak belirlenen değerin %15'i olarak kabul edilebilir. Bu durumda, taş duvar için çekme emniyet gerilmesi; $f_{em\check{c}} = 0,9 \times 0,15 = 0,135 \text{ MPa} = 135 \text{ KN/m}^2$ tuğla duvarlar için çekme emniyet gerilmesi; $f_{em\check{c}} = 2,4 \times 0,15 = 0,36 \text{ MPa} = 360 \text{ KN/m}^2$ olarak kabul edilmiştir [6]. Söz konusu malzemelerin basınç ve çekme emniyet gerilmeleri Çizelge 4.6 da verilmiştir.

Malzeme tipi	Basınç emniyet gerilmesi (KN/m ²)	Çekme emniyet gerilmesi (KN/m ²)
Tuğla (Harçla birlikte)	2400	360
Taş Duvar (Harçla birlikte)	900	135

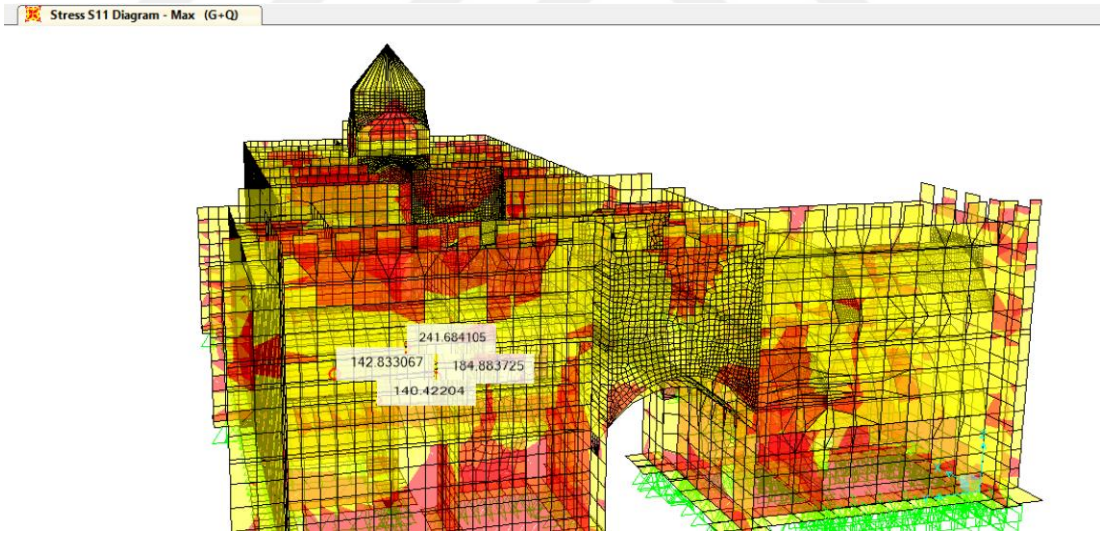
Çizelge 4.6. Malzeme grupları için kabul edilen emniyet gerilmeleri (KN/m²)



Şekil 4.2. Yapı genel görünümünde G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

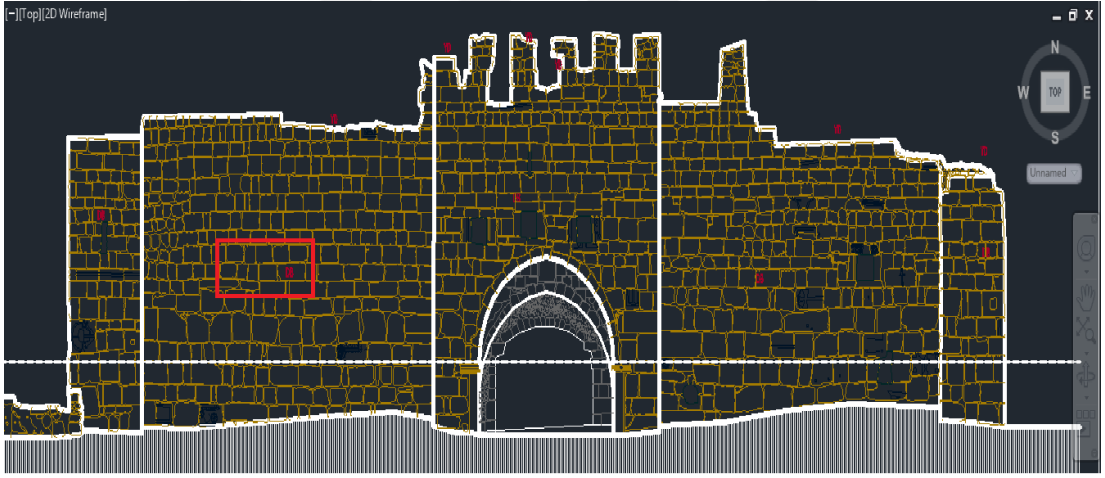


Şekil 4.3. Yapı genel görünümünde G+Q yüklemeleri altında S22 minimum gerilme dağılımı (KN/m²)

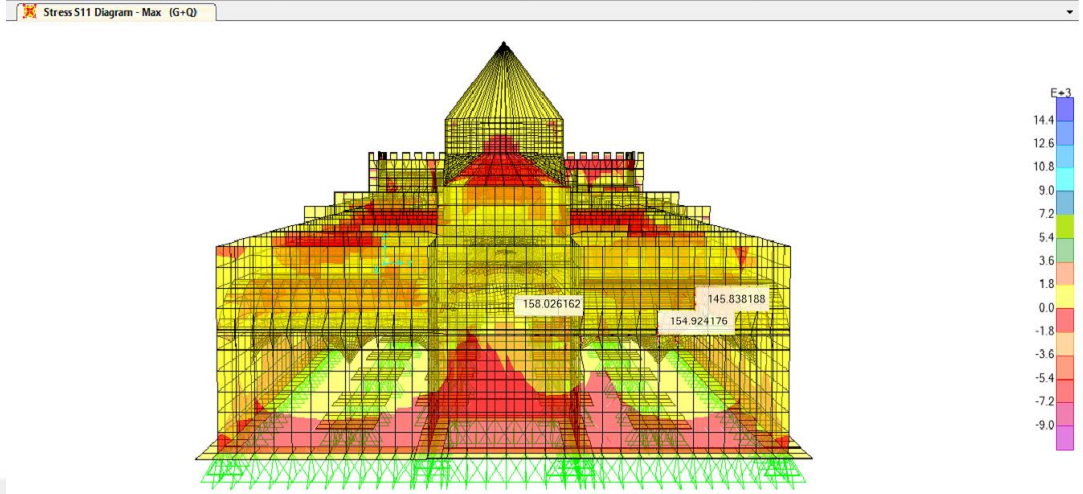


Şekil 4.4. Ön cephe de G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

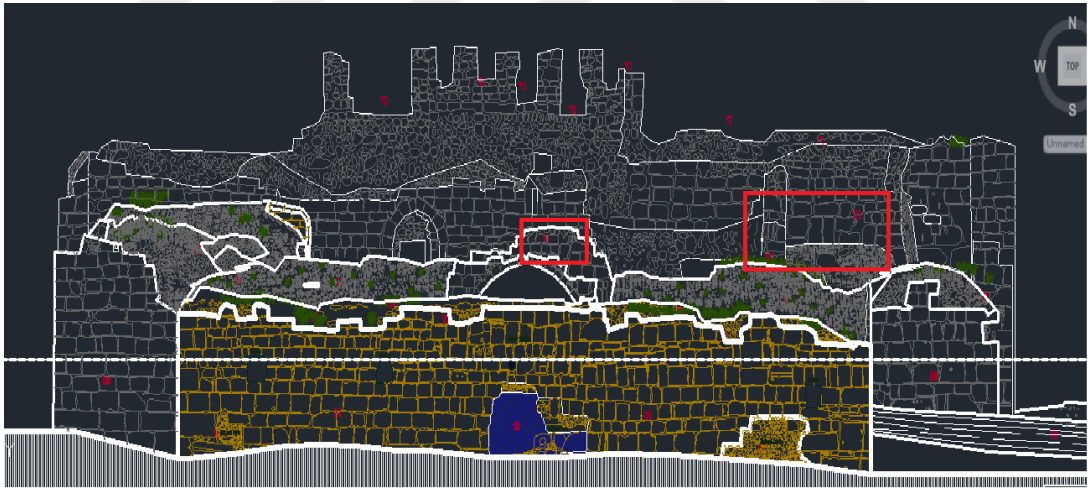
Yapı genel görünümünde G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum ve S22 minimum gerilmelerinin dağılımı Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 de verilmiştir. Program da G+Q yükleme kombinasyonunun sonucuna göre yapının ön cephe sol kısmında malzeme için öngörülen çekme emniyet gerilmesini çekme aşan çekme gerilmelerinin olduğu görülmüştür (Şekil 4.4). Ön cephede ki yatay yönde gerilmeler 540 KN/m^2 değerlerine kadar ulaşmaktadır ($f_{çem}=135 \text{ KN/m}^2$). Yapının ana girişinde bu tür yüksek gerilmelerin yoğun bir şekilde görülmemekle birlikte noktasal olarak bazı bölgelerde çatlama benzeri deformasyonların oluşabileceği beklentisini arttırmaktadır. Aynı şekilde doğu cephesinde de yatay gerilmelerin etkisiyle duvarın sağ üst ve orta bölgelerinde bir takım deformasyonlar meydana gelmiştir. Sonuç olarak ön cephede aşağıda ki Şekil 4.5 de görüldüğü gibi derz boşlukları ve çatlaklar oluşmuştur.



Şekil 4.5. Obruk Han batı cephesi lazer taraması sonucu

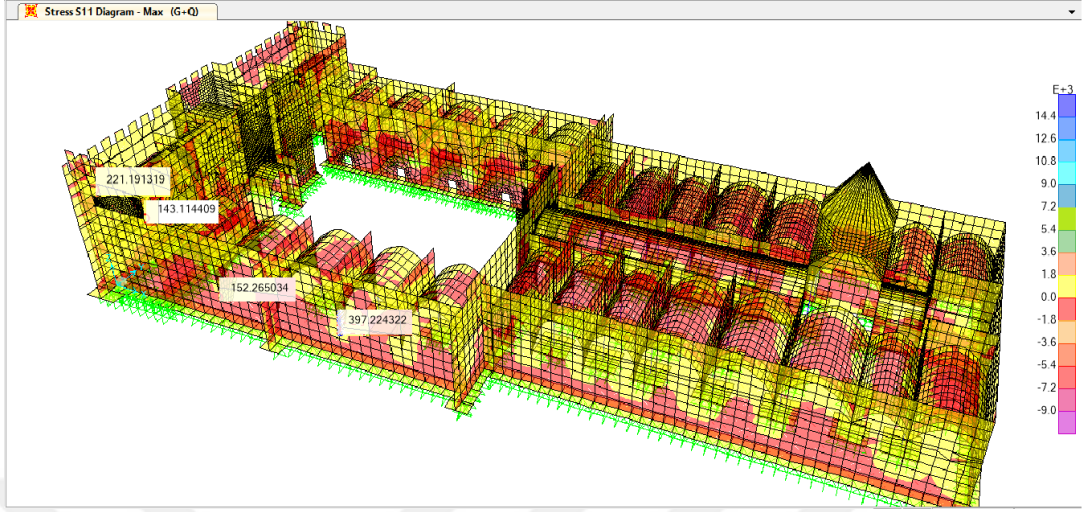


Şekil 4.6. Arka cephe de G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

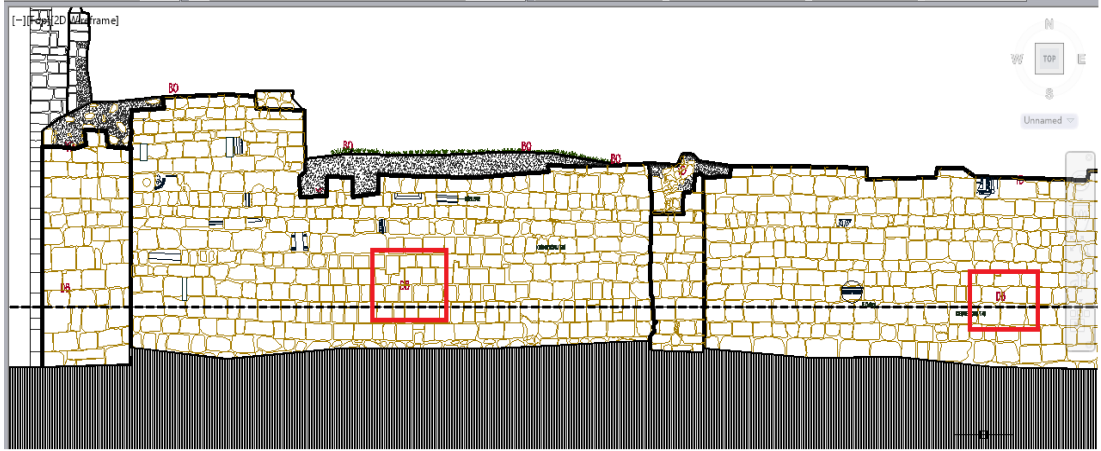


Şekil 4.7. Obruk Han doğu cephesi lazer taraması sonucu

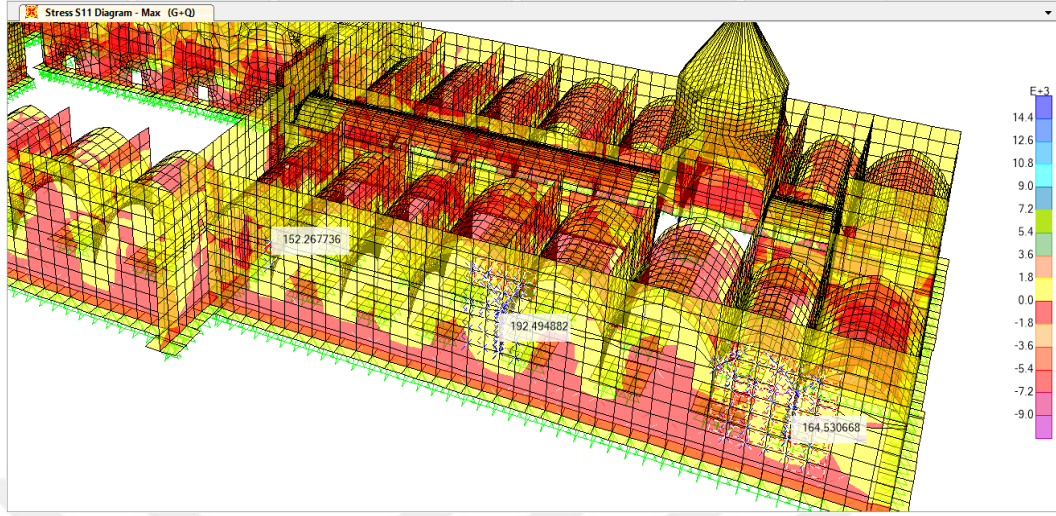
Yapının doğu cephesinde yapılan inceleme sonucunda da yatay yöndeki çekme gerilmelerinin, 368 KN/m² değerine kadar ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.6). Gerilme değerinin malzeme için öngörülen çekme emniyet gerilmesini aşmasıyla bu cephenin lazer taramasında gösterilen noktalarında çatlamlar sonucu derz boşlukları ve açılmalar meydana gelmiş ve bu sorun yeni malzemelerle kapatılmıştır (Şekil 4.7).



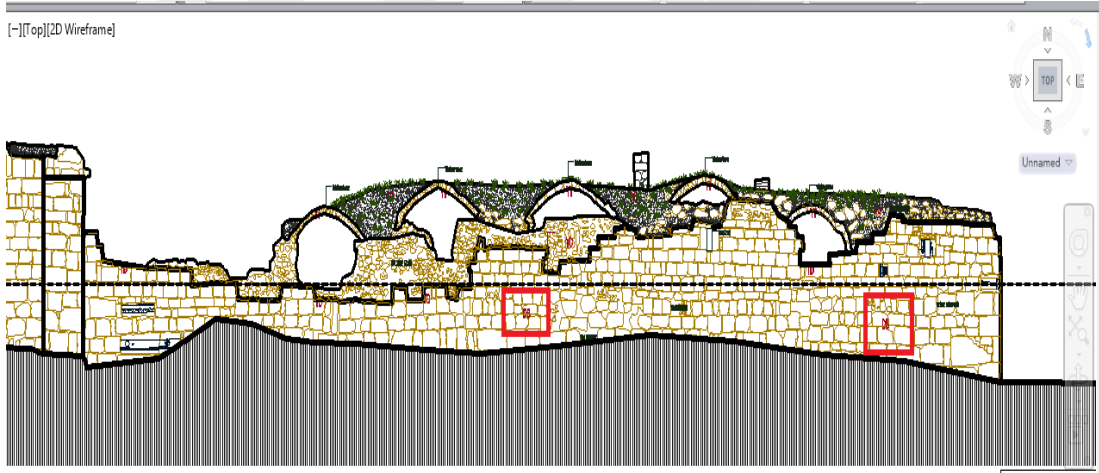
Şekil 4.8. Güney cephesinde G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)



Şekil 4.9. Güney cephesinde oluşan derz boşlukları

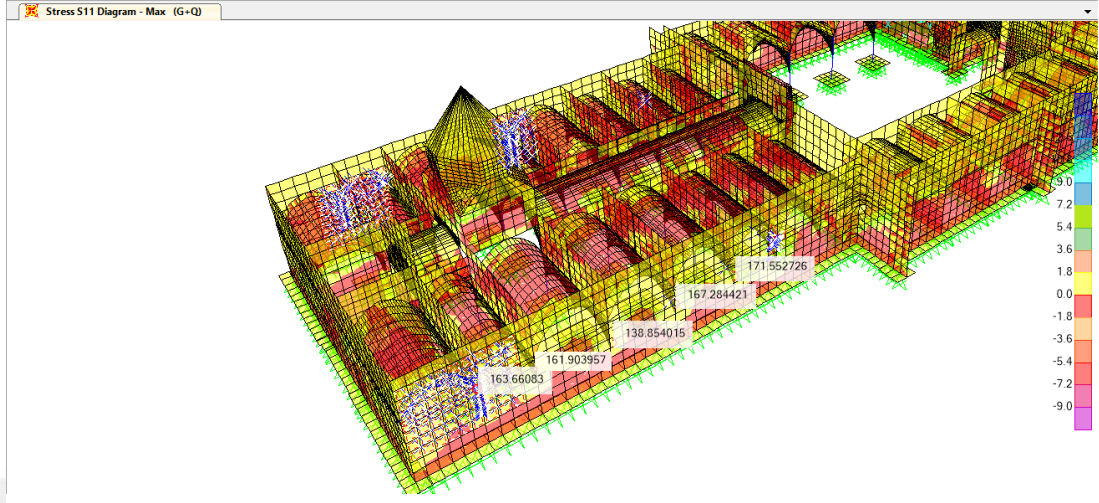


Şekil 4.10. Güney cephesi kapalı hacim G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)



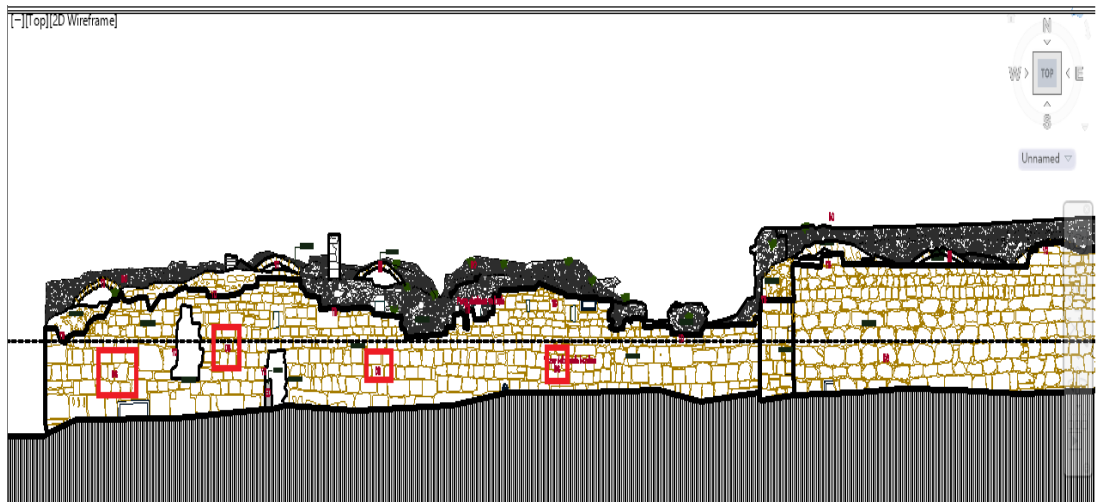
Şekil 4.11. Obruk Han güney cephesi lazer taraması sonucu

Yapının güney cephesi açık ve kapalı hacimde ki gerilmeler, 463 KN/m² değerine kadar ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.8, Şekil 4.10). Bu gerilmeler özellikle yapının tonoz kemerlerinin dış duvarla birleştiği hat üzerinde artmaktadır. Meydana gelen bu gerilmeler cephenin orta kısmında çatlamlar sonucu açılmalar meydana getirmiş ve bu sorun yeni malzemelerle tamirat görmüştür (Şekil 4.9) Yapının güney cephesinin restorasyon öncesi lazer taraması ile oluşturulan şekli bu alanlarda oluşan gerilmelerin yapıya verdiği zararı göstermektedir (Şekil 4.11).

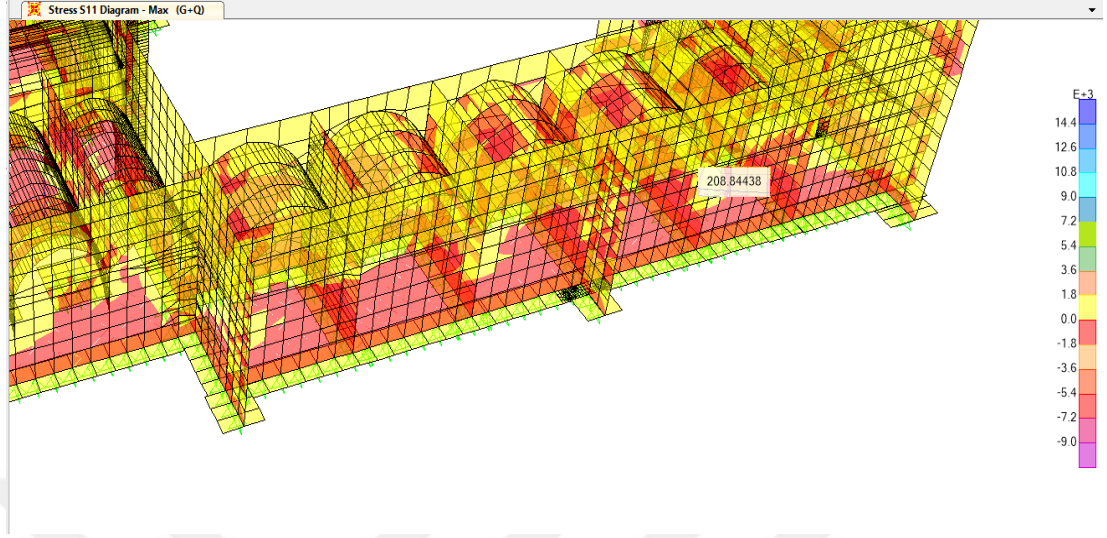


Şekil 4.12. Kuzey cephesi kapalı hacim G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

Yapının kuzey cephesi kapalı hacimde, 207.09 KN/m² değerine kadar ulaşan noktalar tespit edilmiş (Şekil 4.12), meydana gelen bu gerilmeler bu cephenin orta kısmında küçükte olsa çatlaklar meydana getirmiş ve bu sorun onarımla giderilmeye çalışılmıştır (Şekil 4.13).

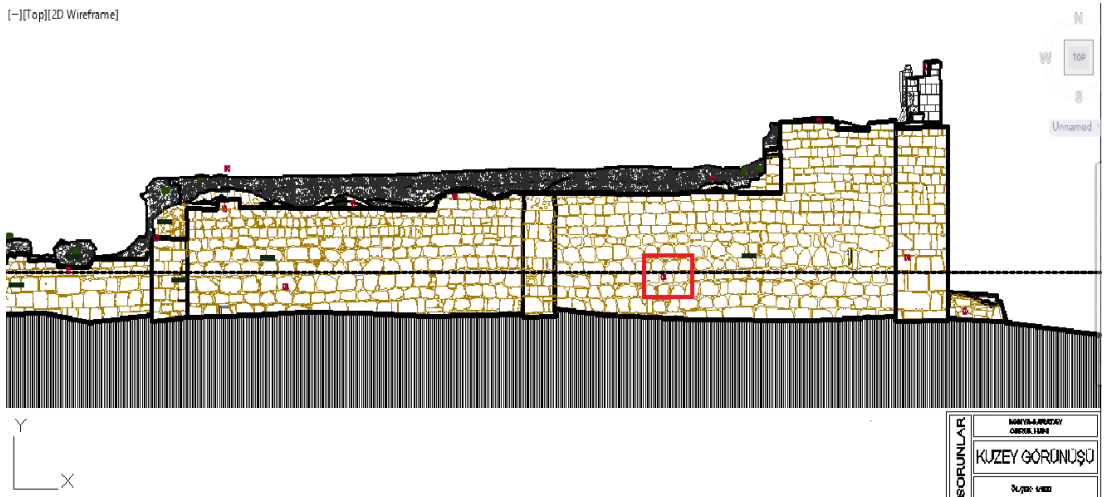


Şekil 4.13. Kuzey cephesi kapalı hacimde oluşan deformasyon sonrası onarım gören bölgeler



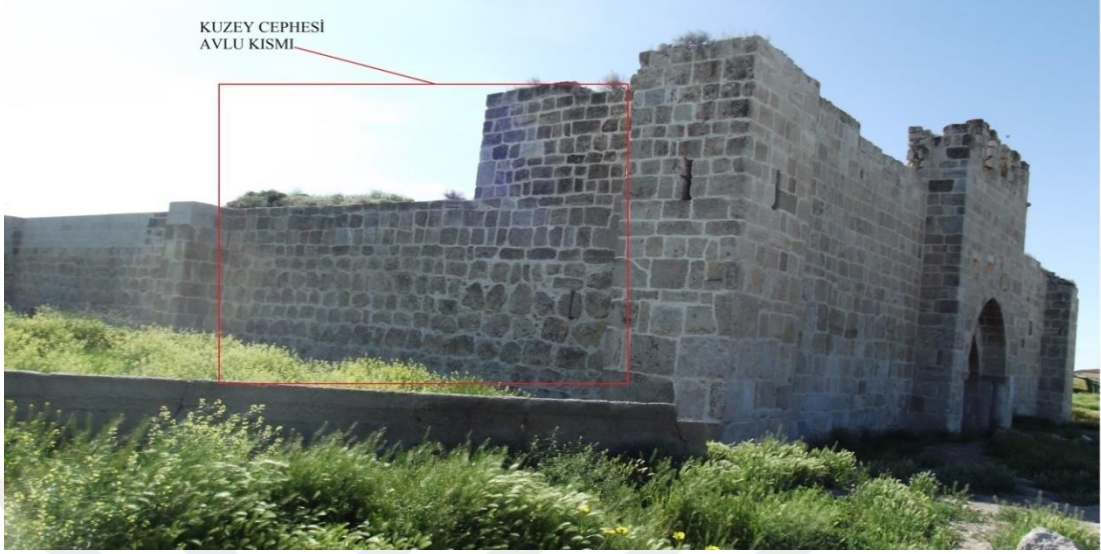
Şekil 4.14. Kuzey cephesi avlu bölümü G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

Yapının kuzey cephesi avlu bölümünde, en fazla 295 KN/m² değerine kadar ulaşan az sayıda bölge saptanmıştır (Şekil 4.14). Bu değerler bu cephenin bu bölümünde çok büyük problemler meydana getirmemiş ve büyük onarımlara sebebiyet vermemiştir. Lazer taramasıyla yapılan sonuçlarda bu durumu açıkça göstermektedir (Şekil 4.15).



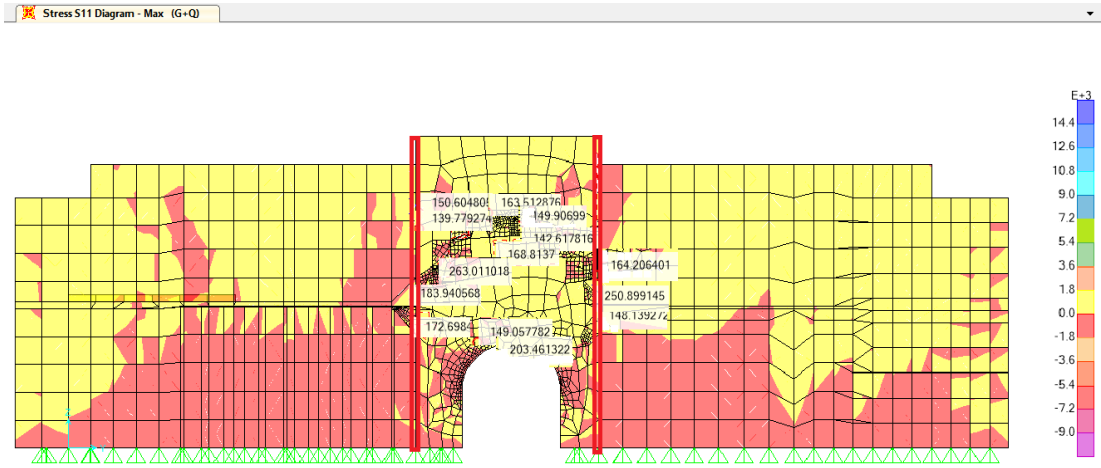
Şekil 4.15. Obruk Han kuzey cephesi lazer taraması sonucu

Kuzey cephesine bakan avlu dış duvarında meydana gelen yüksek gerilmeler derz boşluklarına sebebiyet vermiş ancak, büyük sorunlara neden olmamıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Kuzey cephesi avlu bölümü

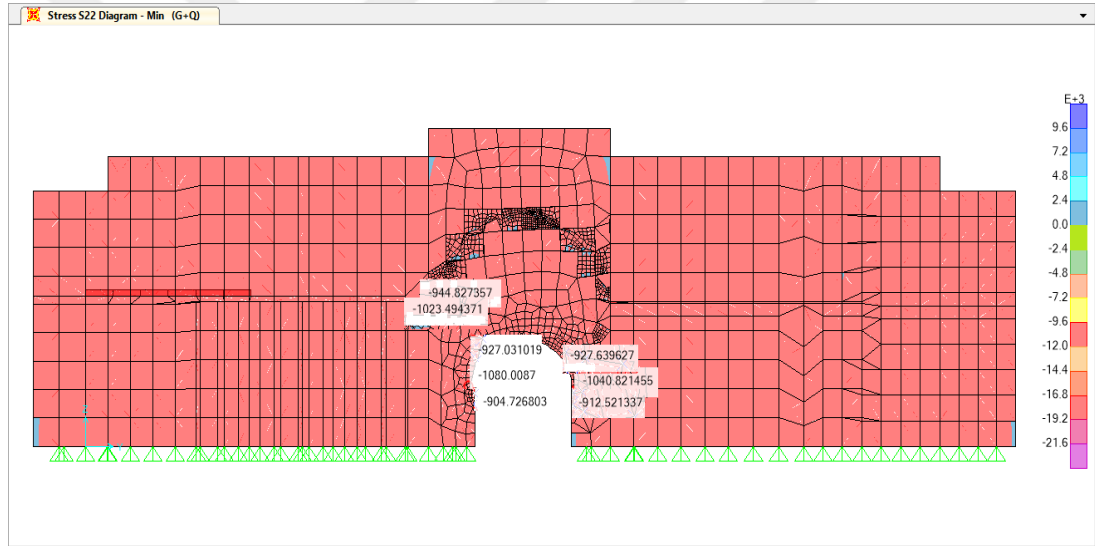
Yapının avlu bölümüyle kapalı hacmi birbirinden ayıran duvarda meydana gelmiş gerilmeler incelenmiş, yatay ve düşey düzlemde yüksek gerilmelerin oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Ara duvarda G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m2)

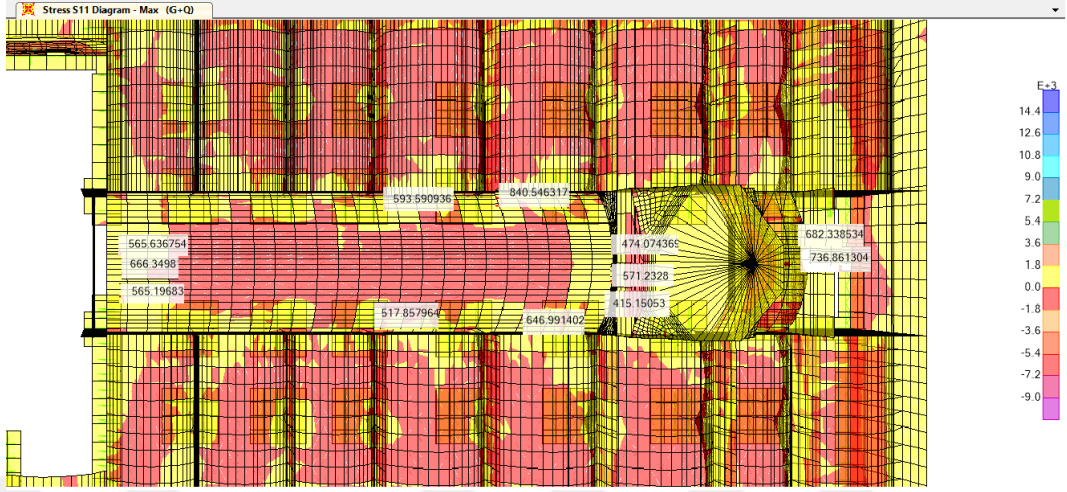
Yapıyı avlu ve kapalı kısım olarak ayıran ara duvar üzerinde yapılan incelemede yatay yönde maksimum 948 KN/m^2 ' ye kadar çekme gerilmesine 978 KN/m^2 basınç gerilmesine maruz kalan noktalar tesbit edilmiştir.

Şekil üzerinde boyuna kırmızı şeritle gösterilmiş ve bu noktalarda zamanla bazı sorunlar olabileceği kanısına varılmıştır. (Şekil 4.17). Bu değerler düşeyde 828 KN/m^2 ye kadar ulaşan çekme gerilmesine 2039 KN/m^2 ye ulaşmaktadır (Şekil 4.18). Bu noktalar giriş üst kısımlarında ve giriş yan duvarlarında yoğunluk arz etmektedir.



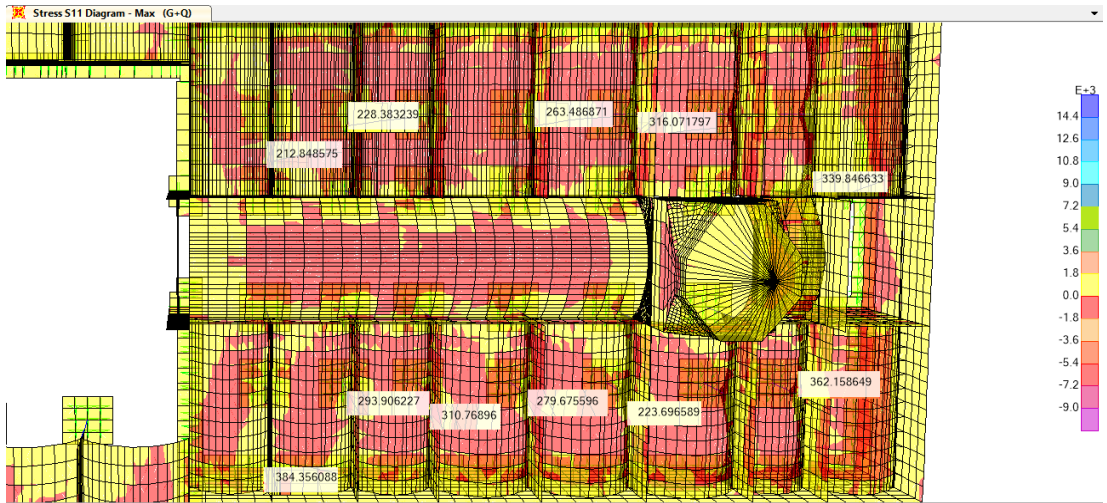
Şekil 4.18. Ara duvarda G+Q yüklemeleri altında S22 minimum gerilme dağılımı (KN/m²)

Yapının kapalı hacimde yer alan uzun tonoz incelenmiş ve belirlenen noktalarda yatay ve düşey gerilmelerin emniyet gerilmesini aşan değerlere ulaşmasıyla tonozda çatlaklar meydana getirebileceği sonucuna varılmıştır (Şekil 4.19). Bu gerilmeler yatayda 2300 KN/m^2 çekme gerilmesine 3700 KN/m^2 basınç gerilmesine kadar ulaşmaktadır. Basınç ve çekme gerilmeleri tonozun doğu uç kısmında giderek yükselerek en yüksek değerine ulaşmaktadır. Emniyet gerilmelerini çok üstünde bulunan bu değerler zamanla tonozla kubbe arasında ki bağlantı noktalarında çatlaklara neden olabilir ve tonozun diğer bölümlerinde de sorunlar oluşabilir.



Şekil 4.19. Kapalı hacimde uzun tonozda G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

Kuzey ve güneyde yer alan tonozlar ile giriş kısmında yer alan tonozlar üzerinde yapılan incelemede ise yatay yönde maksimum 1250 KN\m² çekme, 2090 KN\m² basınç değerleri arasında değişen gerilmeler söz konusudur (Şekil 4.20). Düşey yönde ise 1058 KN\m² çekme, 3030 KN\m² basınç gerilmesine kadar değerler yükselmektedir. Emniyet gerilmelerini aşan bu noktalarda bazı sorunlar oluşabilir. Özellikle çekme emniyet gerilmesini aşan noktalar biraz daha fazla tesbit edilmiştir.



Şekil 4.20. Kapalı hacimde tonozlarda G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilme dağılımı (KN/m²)

Duvarlarda, tonozlarda, kemerlerde ve diğer yapı elemanlarında meydana gelen çatlaklar, malzeme kayıpları, malzemelerde ki erimeler, derz boşalması ve benzeri pek çok sorunun programla tespit edildiği üzere yatay ve düşey doğrultuda emniyet gerilmesini aşan yüksek gerilmelerden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu çalışmada gösterilen elemanların analiz sonuçlarında bulunan değerlere yakın değerler, diğer yapı elemanları içinde bulunmuştur.

Ayrıca, bazı yapı elemanları için yığma binaların gerilmeleri hesaplama yöntemine göre lokal olarak düşey gerilmeler hesaplanmıştır. Yapının yüksekliği ve duvar ortalama kalınlıkları dikkate alınarak narinlik katsayısı bulunmuş ve yönetmeliğe göre narinlik katsayısına karşılık gelen azaltma katsayısı, basınç emniyet gerilmesine yansıtılmıştır. Yapıya etkiyen toplam yüklemeler hesaplanmış ve duvar en kesit alanına bölünerek basınç emniyet gerilmesiyle kıyaslanmıştır [4]. Bulunan değerler programda bulunan analiz sonuçlarına yakındır. Yapıda görülen maksimum deplasmanlar ise x yönünde 2.6 mm y yönünde 2.07 mm ye kadar ulaşmaktadır.

4.2. Yapının Farklı Deprem Senaryoları Altında ki Davranışları

Yığma yapılar özellikle tarihi yığma yapılar yapı ağırlıklarının fazla olmasından dolayı meydana gelmesi muhtemel deprem yüklerine diğer yapı türlerine göre daha fazla etkilenmektedir. Netice olarak bu tür yapılar depremin zararlı etkilerine daha fazla uğramaktadırlar. Bu yüzden günümüzde varlığı devam eden bu yapıların static mekanizmasının bilinmesi, deprem davranışlarının belirlenmesi bu yapıların doğal afete karşı korunabilmesi için ayrı bir önem arz etmektedir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz (Time History), yapıların sismik davranışlarının belirlenmesinde en önemli metodlardan biridir. Bu yöntemde deprem yükleri yapıya doğrudan doğruya uygulanmaktadır.

Bu bölümde Obruk Han gerçek ölçüleri ile Sap2000 programında modellenmiş ve üç deprem senaryosu yapıya tesir ettirilerek yapının deprem davranışı incelenmeye çalışılmıştır.

Yapının modeli üzerinde Kocaeli, Landers ve Tayvan depremlerine ait gerçek deprem ivme verileri zaman tanım alanı fonksiyonu belirlenmiş ve dinamik analizler yapılmıştır.

Analizler sonucunda sırasıyla x ve y yönünde yer değiştirme değerleri belirlenmiştir. Kocaeli, Landers ve Tayvan depremlerinin ivme kayıtları Seisbuild programı kullanılarak zemin sınıfına göre uyarlanarak ölçeklendirilmiştir. Söz konusu depremlerin özellikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

NO	Deprem	Tarih	Moment Büyüküğü	Yer Hızı (cm\s)	Yer İvmesi (g)	Odak Uzaklığı (Km)	Tip
1	Kocaeli	17\08\99	7.51	58.85	0.312	13.60	Yanal Atımlı
2	Landers	28\06\92	7.28	29.60	0.152	23.62	Yanal Atımlı
3	Tayvan	21\08\99	6.20	14.63	0.132	12.44	Yanal Atımlı

Çizelge 4.7. Analizde kullanılan depremlerin özellikleri

Söz konusu kayıt zemin sınıfına göre oluşturulmuş bir kayıttır. Bu kayıt, örneğin Z3 sınıfı bir zeminde yer alan bir yapıda deprem nasıl bir etki oluşturuyorsa daha düşük deprem bölge katsayısı olan bir bölgede yer alan bir yapıda oluşturabileceği etkileri görmek adına ölçeklendirilmiştir.

Çalışma da deprem kaydının ilk 1500 değeri dikkate alınmıştır. (Number of output time step) Değerler 0.01 aralıklı olarak alınmıştır. Sonuç olarak sanal olarak yaratılan deprem $1500 \cdot 0.01 = 15$ saniye süreyle yapıya tesir ettirilmiştir. Deprem ivmesi hem x hem y yönünde yapıya etki ettirilmiştir. Yön itibarıyla kuzeydoğu yönünde bir etkiden bahsedilebilir.

Analiz lineer olarak gerçekleştirilmiştir. Thx_y time history yükleme ismi olarak tanımlanmış ve zaman tanım alanında (time history) analiz gerçekleştirilmiştir.

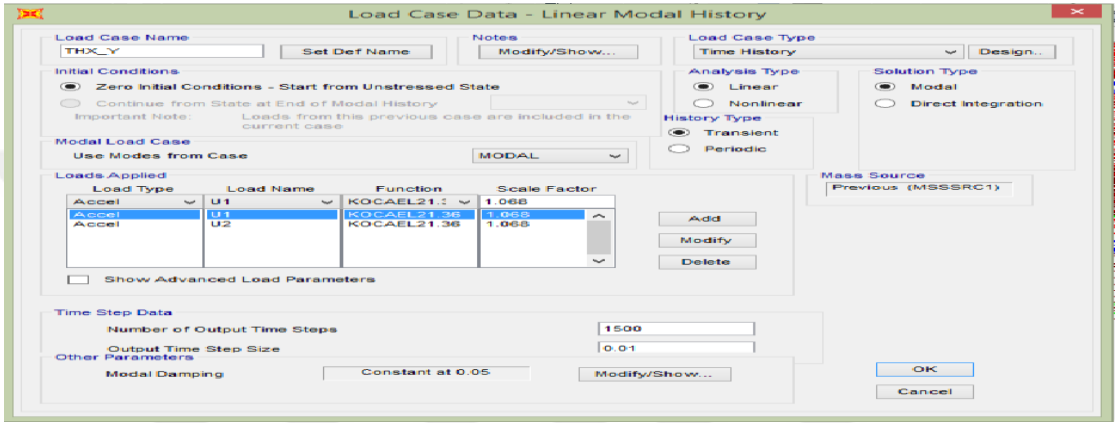
Zaman tanım alanında lineer çözüm yapıldığından; etkin yer ivmesi katsayısı (A0), bina önem katsayısı (I), taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) parametrelerinin hesaba yansıtılması gerekmektedir. İvme kaydının tasarım spektrumuna uygunluğunu sağlayan ölçeklenme katsayısı (α_{st}) da faktör değerinde yansıtılmalıdır. Bu parametreler göre (Faktör = $A0.I.\alpha_{st} / R$) Arslan (2014). Kocaeli depremi için Faktör = $0.1 \times 1 \times 21.36 / 2 = 1.068$ olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.22’de görüldüğü üzere faktör değerine bu değer girilmiştir. Analiz öncesinde yapıda yüksek gerilmelerin ve deplasmanların olacağı beklentisi söz konusudur.

Time history analizinde kullanılmış olan deprem ivme kayıtlarına benzer bir örnek aşağıda ki şekilde verilmiştir (Şekil 4.21).

```
PEER STRONG MOTION DATABASE RECORD. PROCESSING BY PACIFIC
ENGINEERING.
IMPERIAL VALLEY 10/15/79 2316, EL CENTRO ARRAY #12, 140 (USGS
STATION 931)
ACCELERATION TIME HISTORY IN UNITS OF G. FILTER POINTS: HP=0.1 Hz
LP=40.0 Hz
NPTS= 7802, DT= .00500 SEC
-.4524259E-02 -.5453609E-02 -.3879534E-02 -.5966478E-04 .1
453968E-03
.3141729E-03 .4242131E-03 .5230633E-03 .6191808E-03 .7
135598E-03
.8102202E-03 .9037519E-03 .9789034E-03 .1022652E-02 .1
030402E-02
.1008570E-02 .9681240E-03 .9171226E-03 .8604907E-03 .7
983539E-03
.7297761E-03 .6620882E-03 .6072410E-03 .5730847E-03 .5
632766E-03
.5751092E-03 .5944994E-03 .6041827E-03 .5949643E-03 .5
639703E-03
.5158626E-03 .4628568E-03 .4094630E-03 .3564320E-03 .3
189031E-03
.3207575E-03 .3747367E-03 .4634662E-03 .5513970E-03 .6
230334E-03
.6835686E-03 .7298884E-03 .7527032E-03 .7525612E-03 .7
358731E-03
.7119356E-03 .6901599E-03 .6724041E-03 .6500149E-03 .6
118034E-03
.5631175E-03 .5274543E-03 .5276685E-03 .5670992E-03 .6
293130E-03
.7043045E-03 .7957482E-03 .9035360E-03 .1017839E-02 .1
122740E-02
```

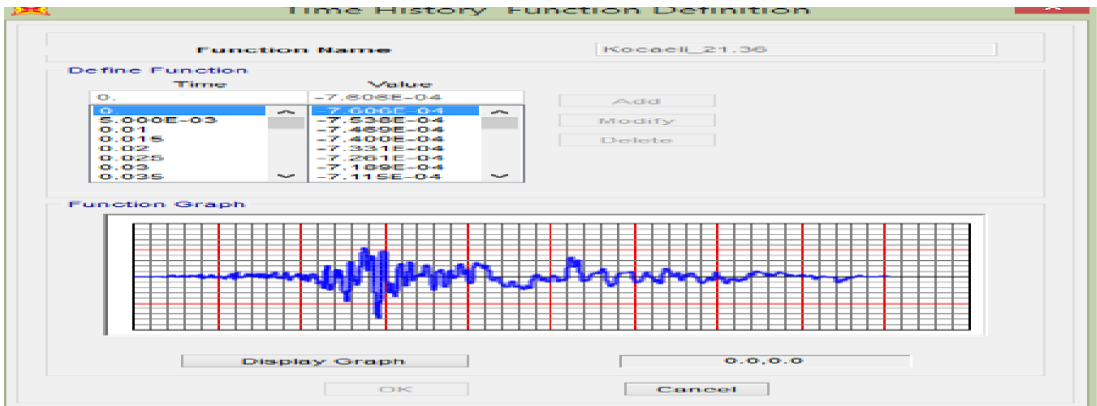
Şekil 4.21. Time history analizlerinde kullanılabilecek bir deprem ivme kaydı örneği

Analiz sonucunda kuzey cephesine bakan tonozlarda ki basınç gerilmelerinin zaman tanımlı analizde yüksek oranlara ulaşabileceği görülmüştür. Tonozlar üzerinde belirli noktalar seçilmiş, gerilme değerleri tespit edilmiş ve aynı noktalarda zaman tanımlı analiz sonucu elde edilen gerilme değerleriyle karşılaştırılarak, değerlerde ki değişim belirlenmiştir.



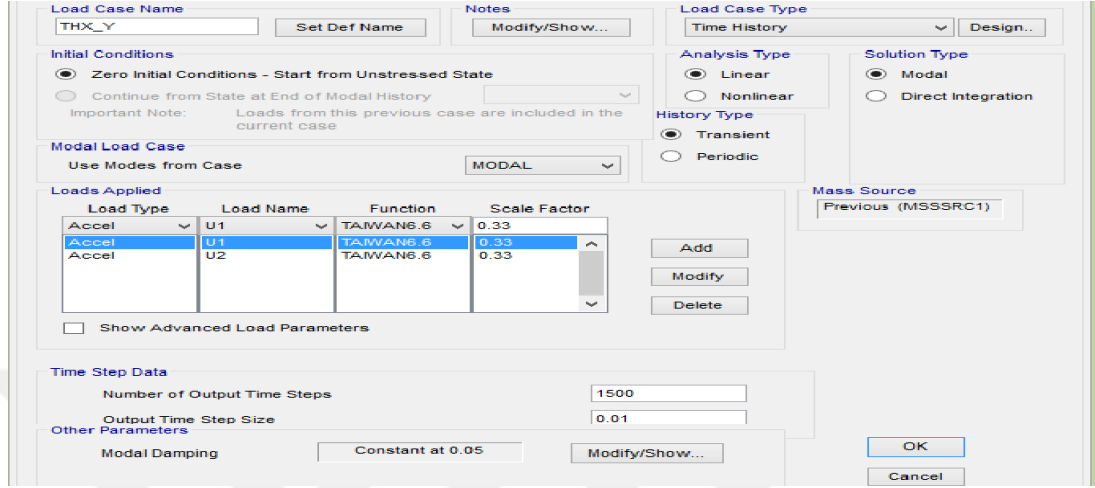
Şekil 4.22. Kocaeli depremi için zaman tanımlı alan durumu time history pencere görüntüsü

Programaya girilen zaman, ivme ve diğer parametrelere bağlı olarak oluşan fonksiyon time history function definition penceresinde Kocaeli deprem senaryosu için Şekil 4.23'de görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



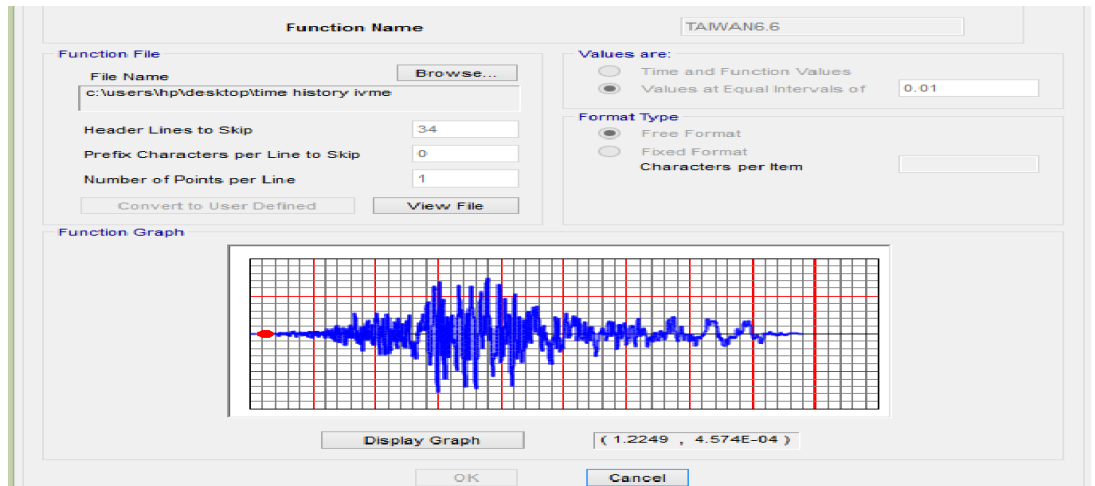
Şekil 4.23. Kocaeli depremi için zaman tanımlı alan durumu time history fonksiyon pencere görüntüsü

Taiwan depremi için Faktör= $0.1 \times 1 \times 6.6 / 2 = 0.33$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.24).



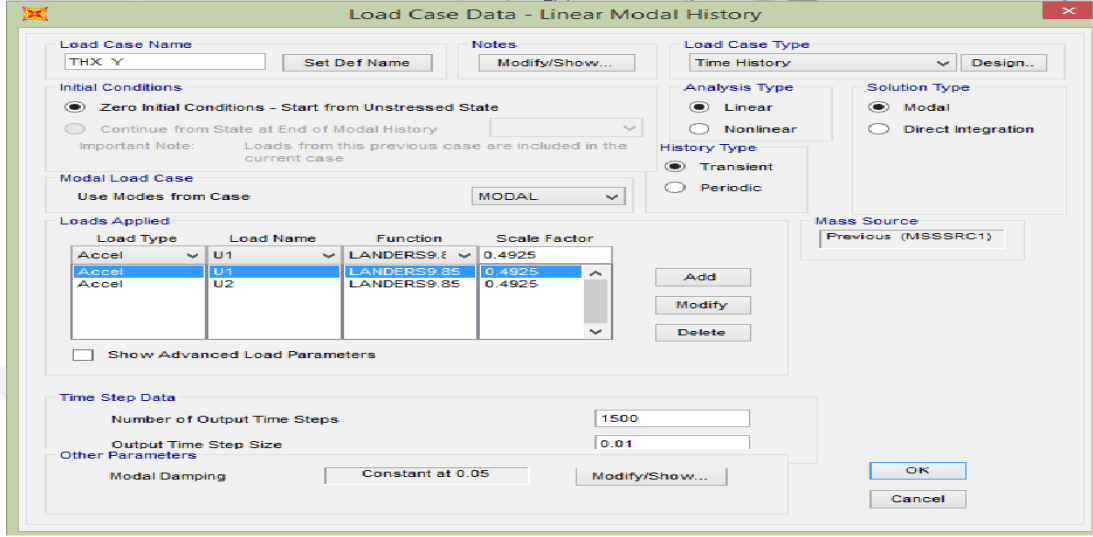
Şekil 4.24. Tayvan depremi için zaman tanımlı alan durumu time history pencere görüntüsü

Programa girilen zaman, ivme ve diğer parametrelere bağlı olarak oluşan fonksiyon time history function definition penceresinde Tayvan deprem senaryosu için Şekil 4.25'de görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



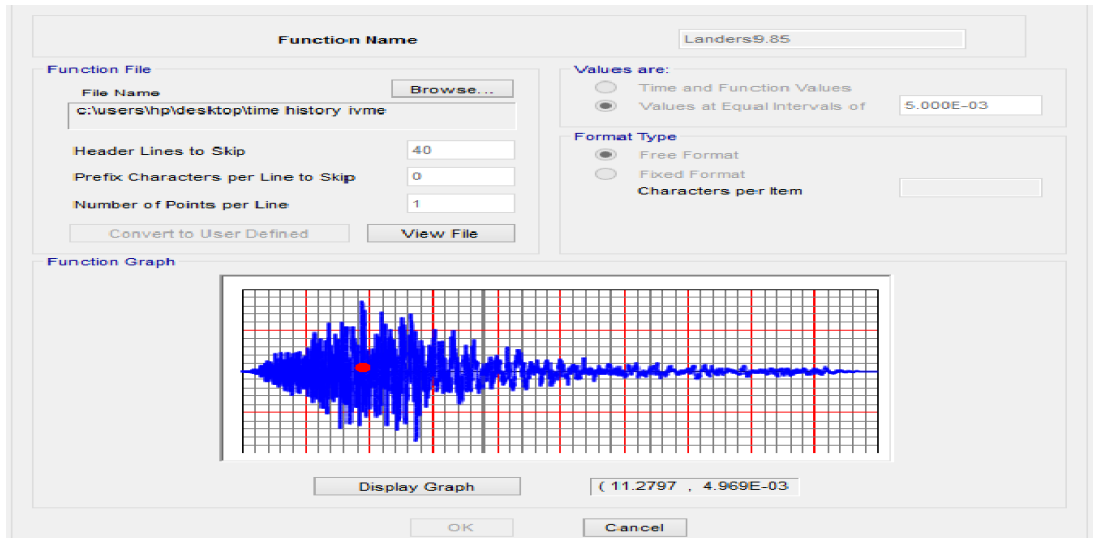
Şekil 4.25. Tayvan depremi için zaman tanımlı alan durumu time history fonksiyon pencere görüntüsü

Landers depremi için Faktör= $0.1 \times 1 \times 9.85 / 2 = 0.4925$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.26).



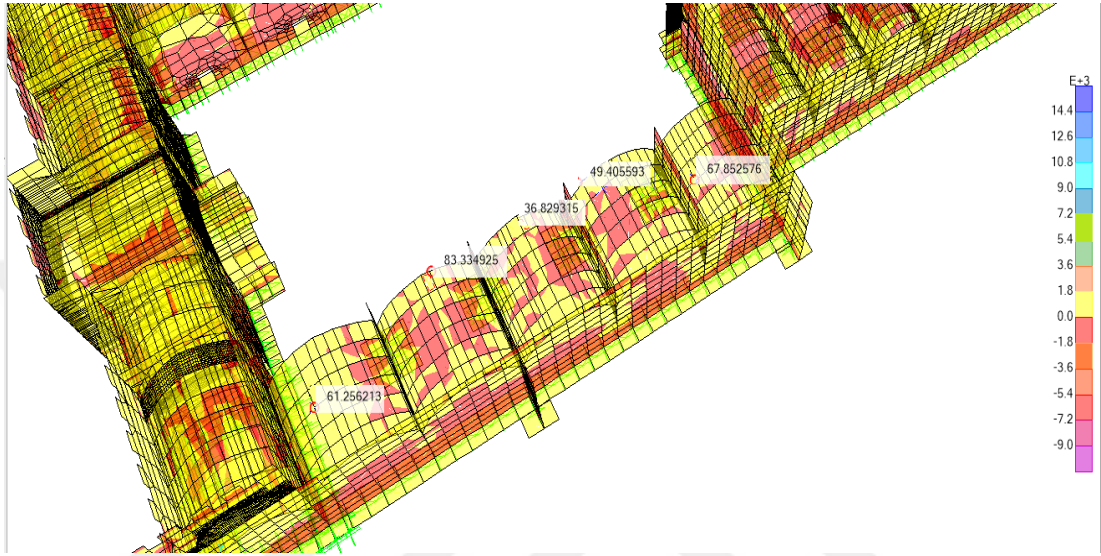
Şekil 4.26. Landers depremi için zaman tanımlı alan durumu time history pencere görüntüsü

Landers deprem kayıtlarının programa girilmesiyle oluşan fonksiyon grafiği aşağıda ki Şekil 4.27’de görüldüğü gibi oluşmuştur.

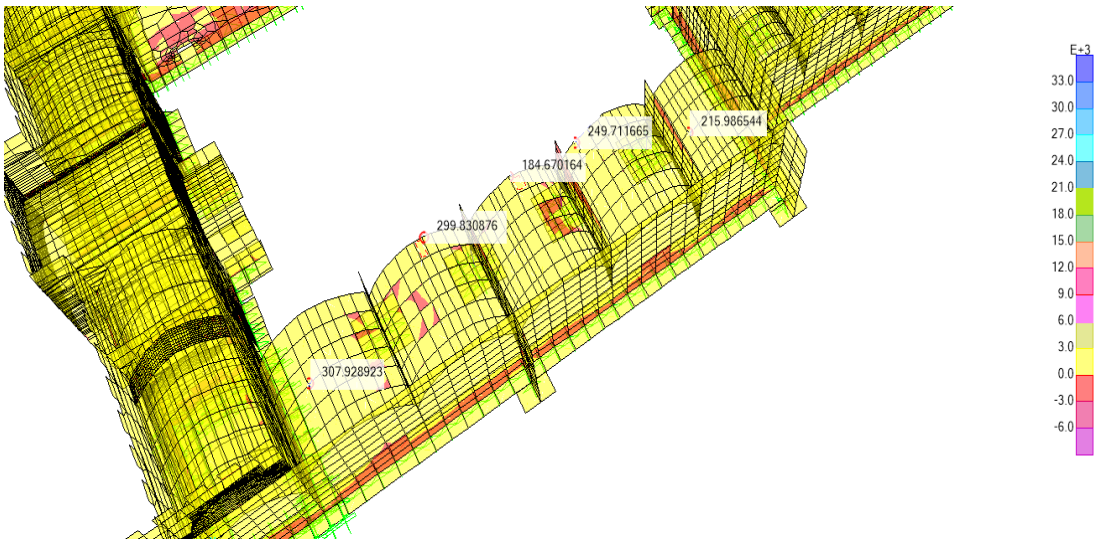


Şekil 4.27. Landers depremi için zaman tanımlı alan durumu time history fonksiyon pencere görüntüsü

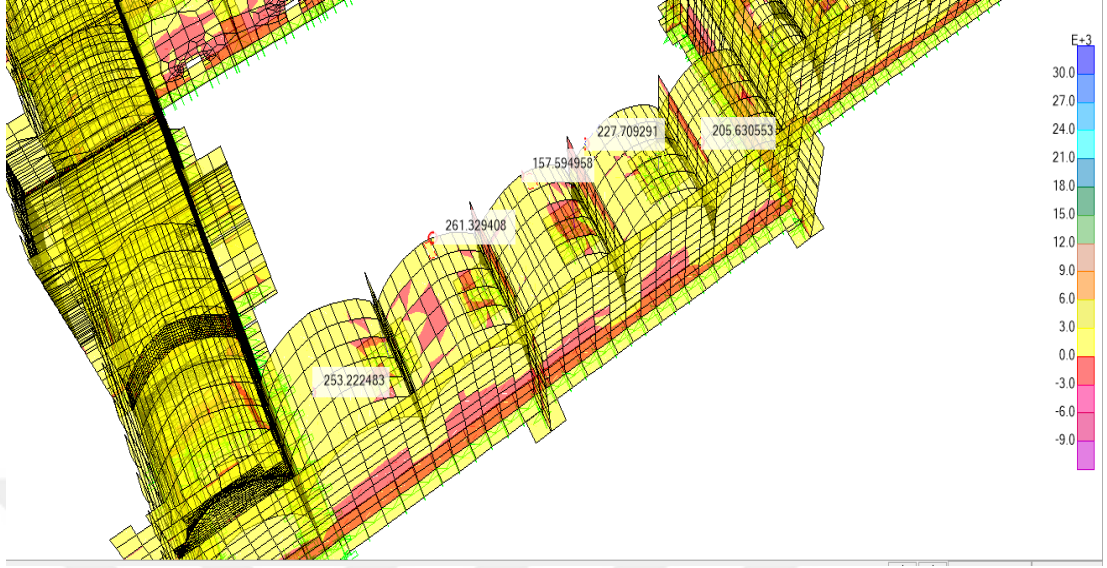
Zaman tanımlı analizler sonucu, yapının güney tonozlarında bazı noktalarda ki gerilmelerin yapının analiz öncesi durumuna göre (Şekil 4.28) arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.29, Şekil 4.30, Şekil 4.31).



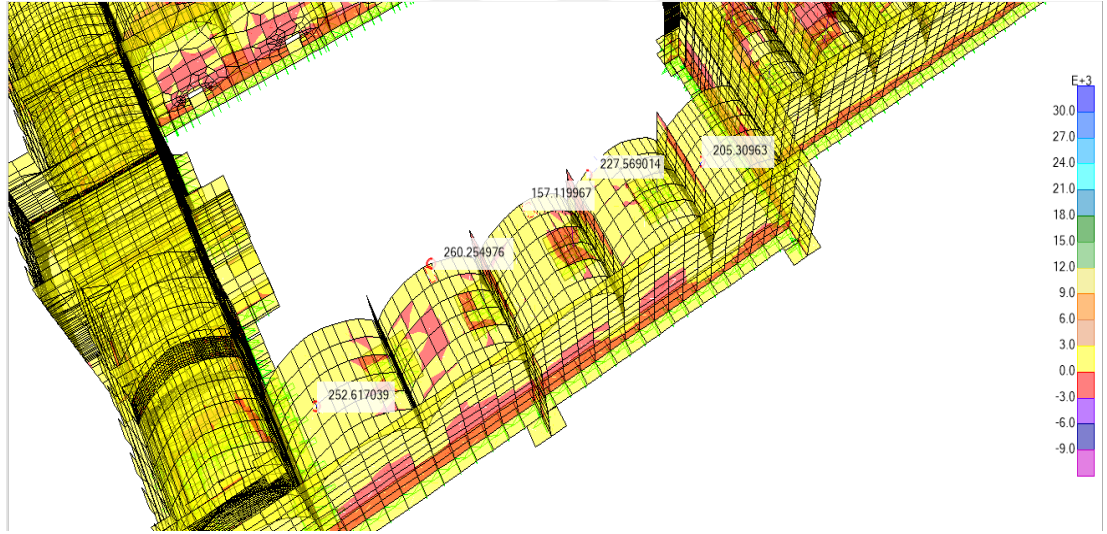
Şekil 4.28. Deprem senaryoları öncesi yapı güney tonozlarında G+Q yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m²)



Şekil 4.29. Kocaeli deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası yapı güney tonozlarında G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m²)



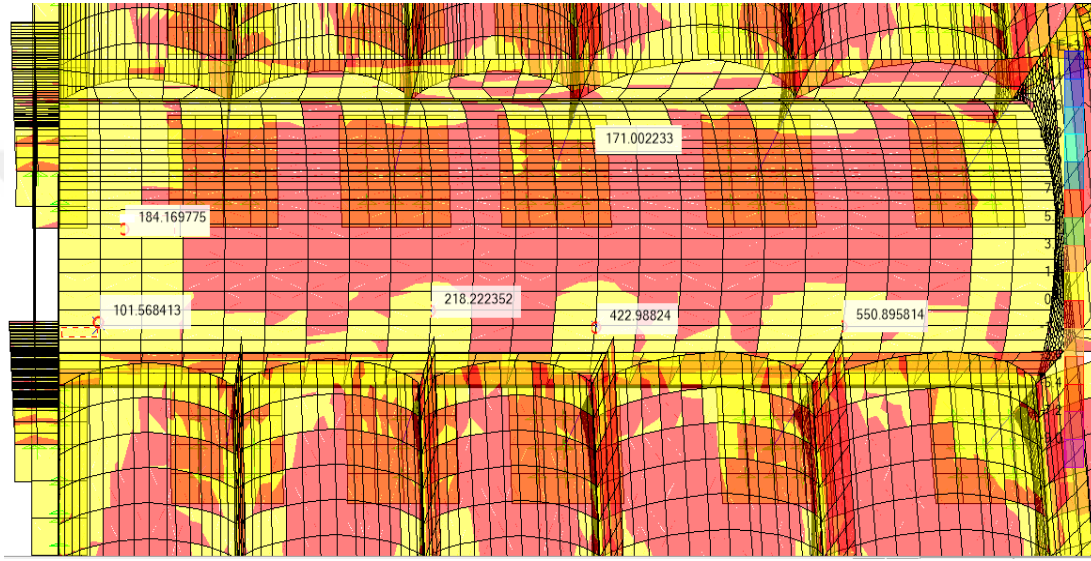
Şekil 4.30. Tayvan deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası yapı güney tonozlarında G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m²)



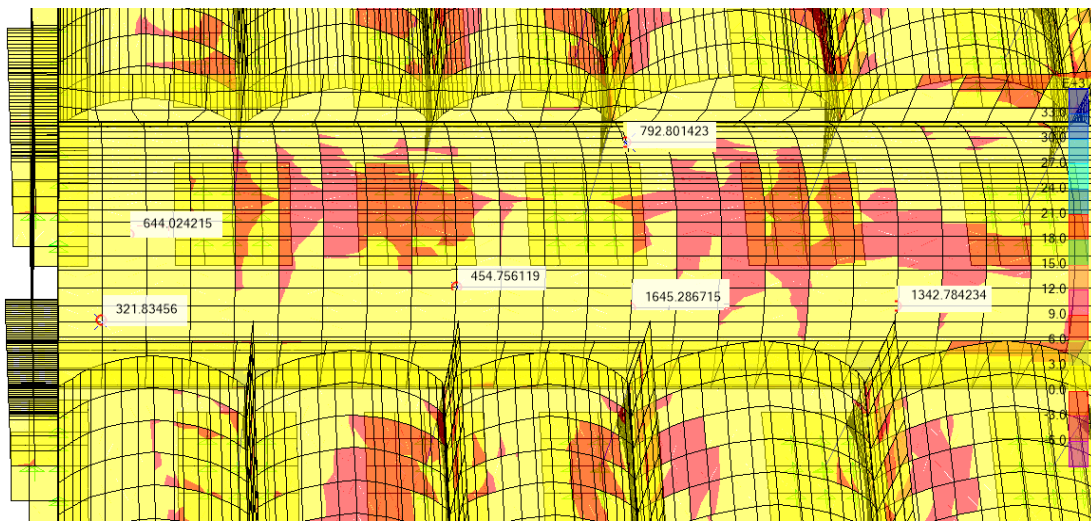
Şekil 4.31. Landers deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası yapı güney tonozlarında G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m²)

Benzer şekilde kapalı hacimde ki uzun tonoz üzerinde, aynı bölgelerde ki gerilim artışları incelenmiş ve sonuç olarak deprem senaryoları öncesinde ki basınç ve çekme değerleri Şekil 4.32 de gösterilmiştir.

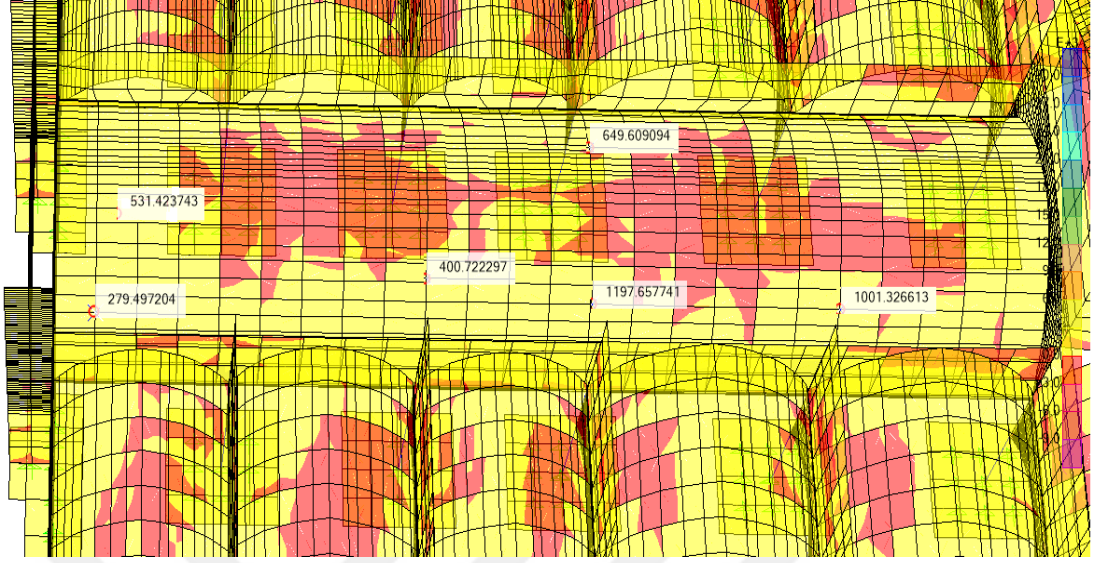
Senaryolar sonrasında ki basınç ve çekme değerlerinde (Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35) değişken oranlarda bir artışın olduğu ve bu artışların özellikle tonoz ve kemerlerde daha ağırlıklı olduğu tespit edilmiştir. Bazı kabuklarda kritik noktalarda basınç gerilmelerinden çekme gerilmelerine geçişler söz konusudur. Tonoz ve kemerlerin birleşim bölgelerine doğru ilerledikçe gerilmeler giderek artmaktadır.



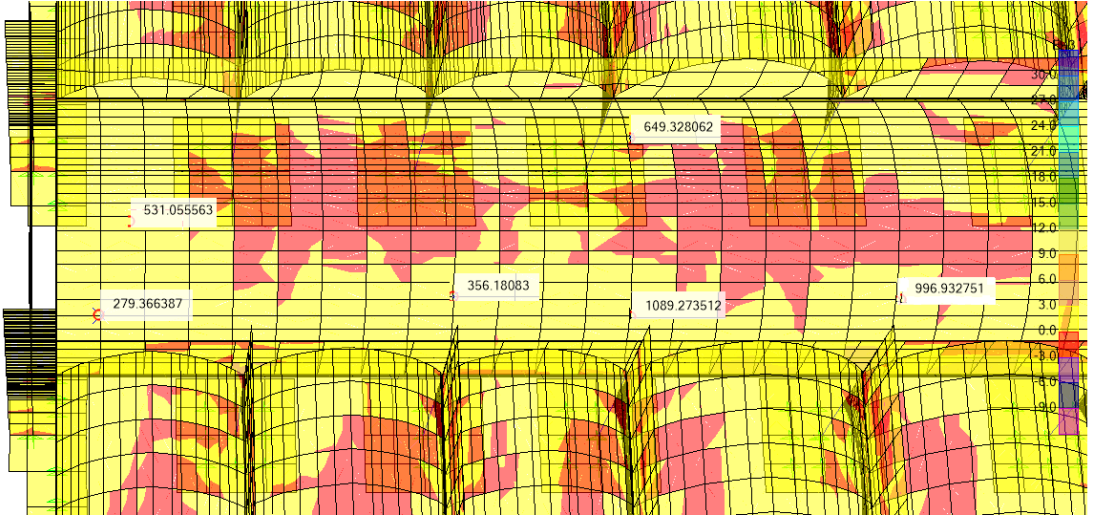
Şekil 4.32. Deprem senaryoları öncesi analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında maksimum S11 maksimum gerilmeleri (KN/m2)



Şekil 4.33. Kocaeli deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m2)



Şekil 4.34. Tayvan deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m2)



Şekil 4.35. Landers deprem senaryosunda zaman tanımlı analiz sonrası uzun tonozda G+Q+ Thx_y yüklemeleri altında S11 maksimum gerilmeleri (KN/m2)

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapının tasarımının ardından deprem senaryoları öncesinde oluşan gerilmeler ve deplasmanlar hali hazırda yüksek değerleri bulurken, deprem senaryoları sonrasında ki sonuçlar beklenildiği üzere çok daha yüksek değerler almaktadır.

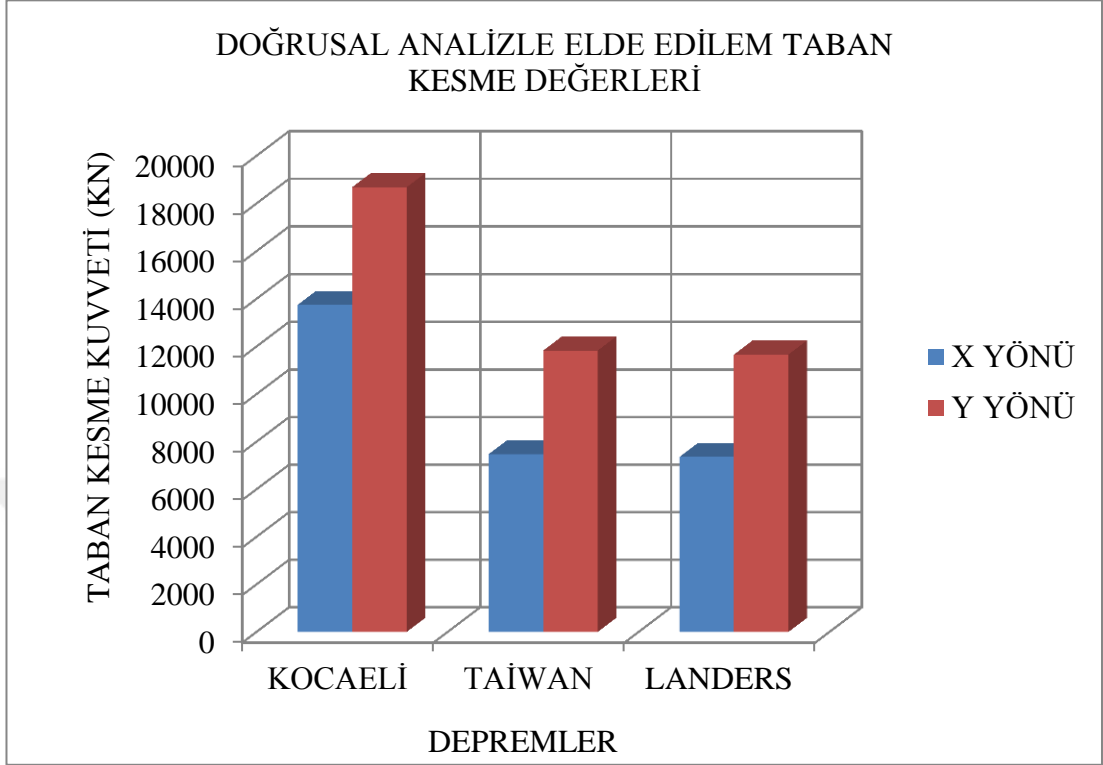
Analizler sonucu en büyük taban kesme kuvveti değeri, Kocaeli deprem senaryosunda 18681 KN olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Deplasman (U) değerlerinde de yüksek artış yine Kocaeli deprem senaryosunda gerçekleşmiştir. Sonuçlara göre tonozlarda x yönünde 10.82 mm, y yönünde 14.84 ye kadar varan deplasman değerlerine ulaşılmıştır.

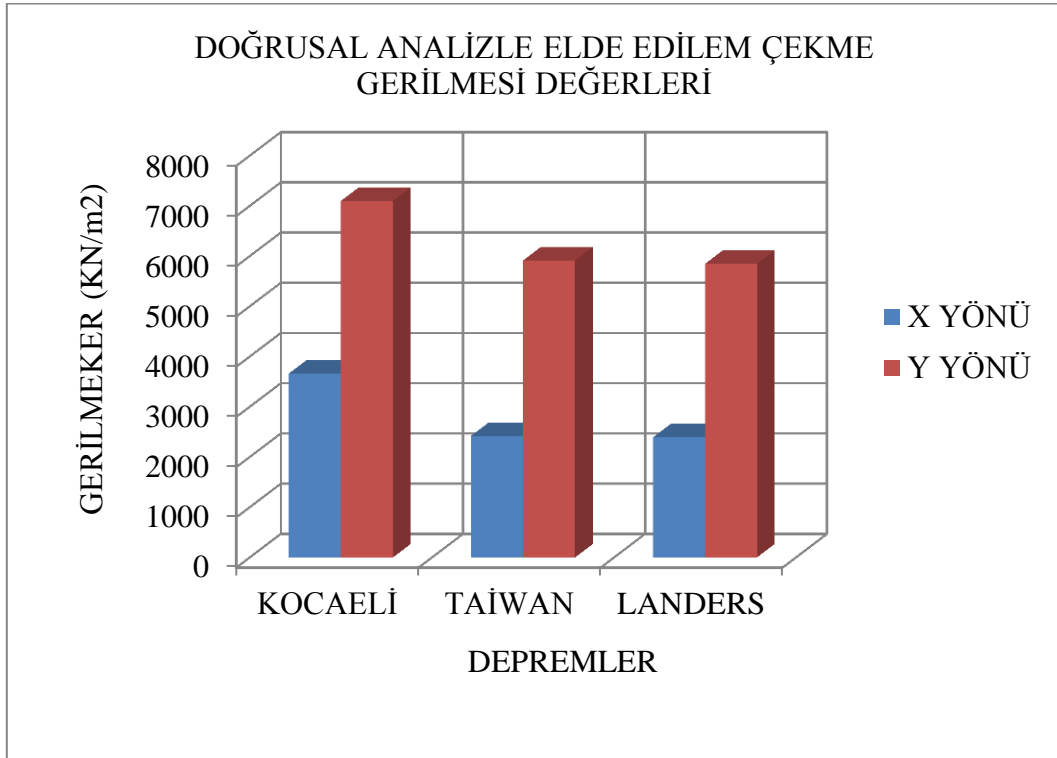
X ve Y yönünde en düşük yer değiştirme değerleri ise sırasıyla 9.67 mm ve 11.64 mm ile Landers deprem senaryosunda oluşmuştur. (Çizelge 4.11)

Basınç gerilmesi değerleri tüm deprem senaryoları için $G+Q+TH_{x,y}$ kombinasyonuna göre değerlendirilmiştir. Kocaeli deprem senaryosunda x yönünde çekme gerilmesi değerleri 3661 KN/m^2 , y yönünde 7099.4 KN/m^2 , basınç gerilmesi değerleri ise x yönünde 4982.52 KN/m^2 ve y yönünde 10810 KN/m^2 olarak Kocaeli depreminde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.9, Çizelge 4.10).

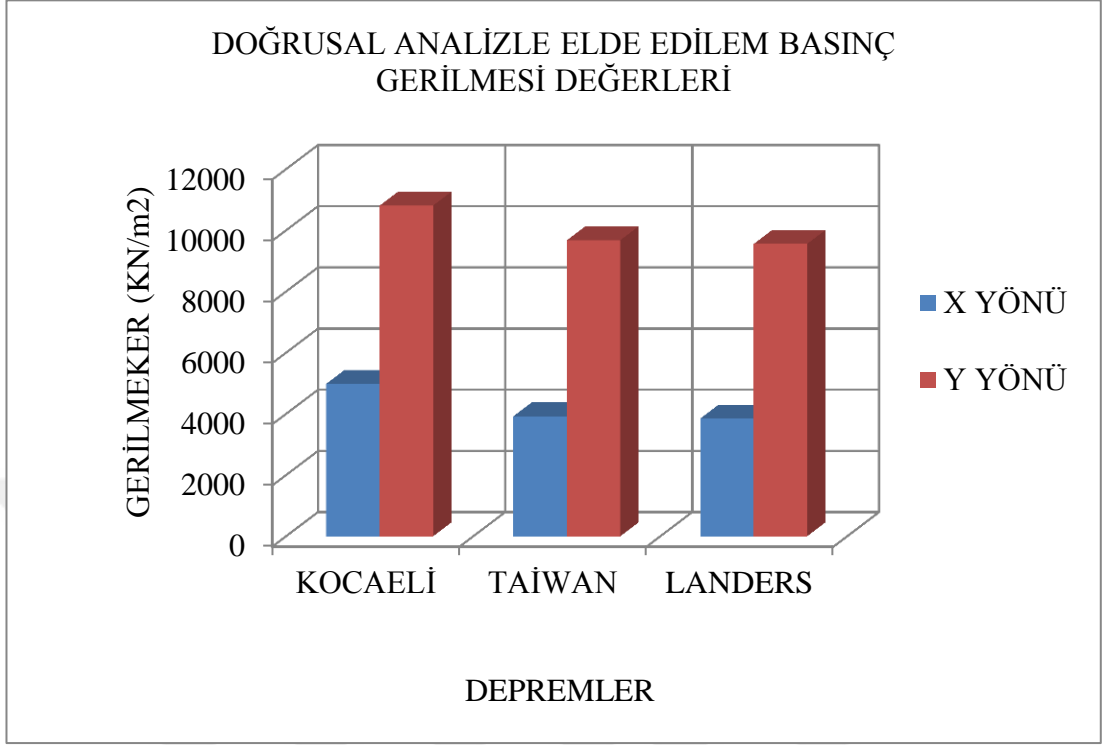
Yapıdaki en büyük zorlanmalar tonoz ve kemerlerin mesnet noktalarında ve kemer üst noktalarında belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre Kocaeli deprem senaryosuyla oluşan gerilme ve deplasman değerleri Landers ve Taiwan deprem senaryolarında oluşan maksimum gerilme ve deplasman değerlerinden daha yüksek oranlarda oluşmaktadır. Landers ve Tayvan depremleriyle oluşan gerilme ve deplasman sonuçları ise birbirine yakındır.



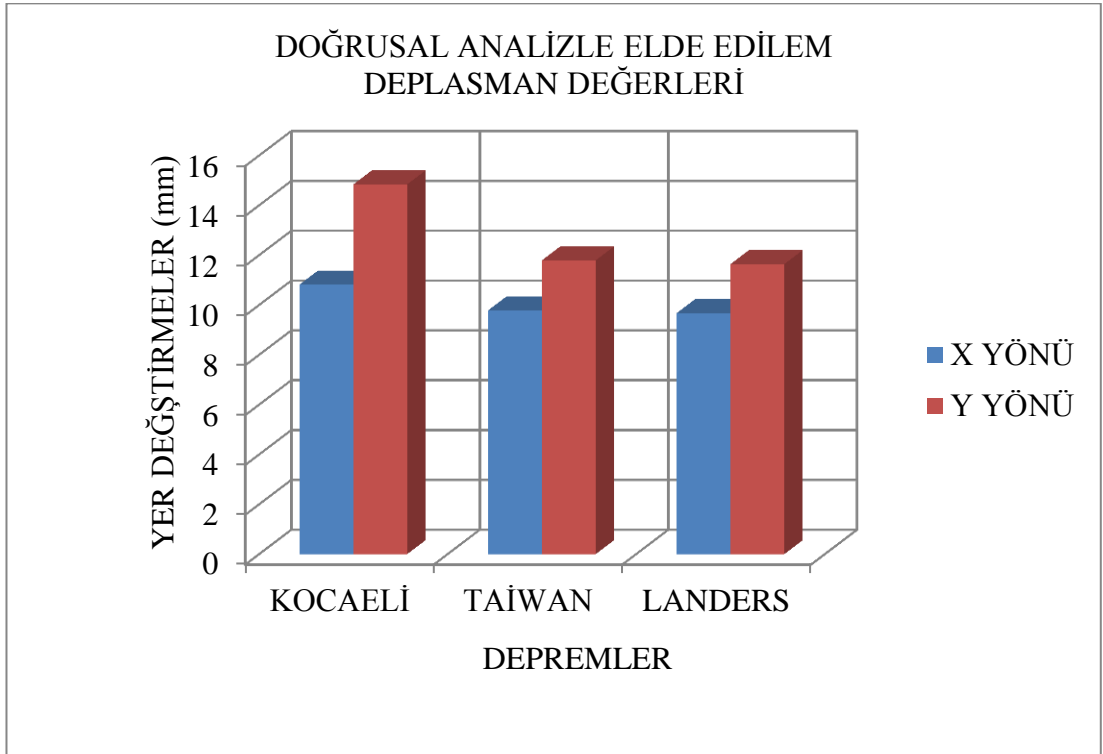
Çizelge 4.8. Obruk Han'ın taban kesme kuvveti değerleri



Çizelge 4.9. Obruk Han tonozlarının çekme gerilmesi değerleri



Çizelge 4.10. Obruk Han tonozlarının basınç gerilmesi değerleri



Çizelge 4.11. Obruk Han'ın deplasman değerleri

Sonuç olarak, yapıda kullanılacak malzemeler seçilirken, yapıya etki edecek olan ilave yükleri asgari düzeyde tutacak malzemeler seçilmelidir. Bu tür tarihi yapılarla ilgili olarak yapılacak geniş kapsamlı her türlü yenileme çalışmalarında yapının tasarımının yapılarak, yapıda kullanılmış ve kullanılması düşünülen malzemelerin mekanik özelliklerini de dikkate alınarak dinamik analizinin gerçekleştirilmesi çok büyük önem arz etmektedir. Yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini ve mukavemetlerini anlamak ve gerekirse bu metoda göre tarihi yapıya müdahale etmek en doğrusudur. Ayrıca, restorasyon aşamasında yapının dış duvarları örülürken oluşabilecek kesme kuvvetlerini azaltacak duvar örme teknikleri uygulanması yapının davranışına olumlu katkı sağlayacaktır. Bu ve benzeri yöntemlerle yapılacak bilimsel çalışmalar, tarihi yapıların gelecek nesillere taşınmasına yardımcı olacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Akan, A., Özen, Ö. 2005. “ Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Deprem Analizi”, Kocaeli Deprem Sempozyumu
- [2] Baş, A. “Anadolu Selçuklu Dönemi Konya Kervansarayları”, Sanatsal Mozaik, Temmuz-Ağustos 1998, Yıl:3, Sayı:33, İstanbul 1998, s. 64.
- [3] Can, H., Ünay A.İ. 2011. “Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakülte Dergisi, 27, 1- 211-217.
- [4] Celep, Z. 2007. “ Yığma Binaların Tasarım, Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Örnekleri”, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) Açıklamalar ve Örnekler El Kitabı, www.ipkb.gov.tr/assets/data/files/Icindekiler.docx son erişim tarihi: 17 Mart 2017
- [5] Çarhoğlu, A.I., Zabin, P., Korkmaz, K.A. 2014. “ Kars Kümbet Camisinin Deprem Davranışının İncelenmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2, 189-196.
- [6] Çavuş, M. 2013. “ Tarihi Niksar Kulak Kümbetinin Deprem Altındaki Sismik Davranışının Değerlendirilmesi”, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 7, 80-90.
- [7] Doran, B., www.yildiz.edu.tr/~doran/Yapi_muh_tas_2011.pdf son erişim tarihi: 10 Ocak 2018
- [8] Güllü, H., Karabekmez, M. 2016. “ Gaziantep Kurtuluş Camisi'nin Deprem Davranışının İncelenmesi”, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 7, 455-470.
- [9] Konyalı İ.H. , Abideleri ve Kitabeleriyle Niğde Aksaray Tarihi, Cilt: I, İstanbul 1974, s. 1093.
- [10] Korkmaz, K.A., Zabin, P., Çarhoğlu, A.I., Nuhoğlu, A. 2014. “ Rize Merkez Kurşunlu Camisi'nin deprem davranışının incelenmesi”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3, 149-156.
- [11] Meraki F., Yılmaz E., Songur S., Arslan D.Y., Süllü T., Üstünel C., Göz A., Alpaslan A., Yay E., Şahin S., Yorulmaz H., Mutlu Y. 2015. “ Konya Orbruk Han Rölöve ve Restorasyon Projesi Raporu ”
- [12] Özergin M.K. “ Anadolu Selçuklu Kervansarayları ”, Tarih Dergisi, Cilt:XV, Sayı: 20, İstanbul 1965, s.158.
- [13] Şeker, B.Ş., Çakır, F., Doğançün, A., Durmuş, A. 2015. “ Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Tarihi Erzurum Lala Paşa Camii'nin Yapısal Davranışının İncelenmesi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21, 82-87.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ALAGÖZ, Ahmet
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 02.03.1978
İstanbul Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (332) 234 33 84
Faks : 0 (312) 495 40 91
e-mail : ahmet.alagoz @hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	SDÜ Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-2013	Mesut Ercan İnşaat	Teknik Eleman
2013-2015	Dask İnşaat	Teknik Eleman
2015-2017	Ezgi İnşaat	Teknik Eleman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Alagoz, A. 2018. “ Yeni İnşaat Malzemeleri Ve Kullanım Alanları” Mimarlar Dergisi, 17, 24-28