



**TARİHİ YAPILARIN BÜTÜNCÜL VEYA PARÇALI TAŞINMASINDA
STRÜKTÜREL PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

İlhan Okan YAZGAN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2020

İlhan Okan YAZGAN tarafından hazırlanan “TARİHİ YAPILARIN BÜTÜNCÜL VEYA PARÇALI TAŞINMASINDA STRÜKTÜREL PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Zehra Gediz URAK

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Cengiz ÖZMEN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Aslı ER AKAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin DOKTORA TEZİ olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İlhan Okan YAZGAN

16/01/2020

TARİHİ YAPILARIN BÜTÜNCÜL VEYA PARÇALI TAŞINMASINDA STRÜKTÜREL PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

İlhan Okan YAZGAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2020

ÖZET

İnsanlığın ortak değerleri olan taşınmaz kültür varlıklarının gelecek nesillere aktarılması, gerekli koruma-onarım uygulamalarının gerçekleştirilerek yapısal bütünlüklerinin sürdürülmesi ile mümkündür. Korumada temel yaklaşım, mimari mirasın sahip olduğu özgünlük değerlerinin mümkün mertebe tahrif edilmemesidir. Bu sebeple taşınmaz varlıkların özgünlüğünü belirleyen; konum, tasarım, malzeme ve işçilik özelliklerinin, korumaya yönelik faaliyetler sonucunda bozulmaması hedeflenmelidir. Mimari mirasın özgün konumda korunması esastır, ancak başta; baraj, yol, maden ocakları vb. büyük imar faaliyetleri olmak üzere, fiziksel çevreyi etkileyen her türlü insan ve doğa kaynaklı etkenler, anıtın yerinde korunmasını kimi zaman imkansız kılmaktadır. Bu gibi durumlarda anıtların taşınarak başka bir konumda fiziksel varlıklarını sürdürmeleri, uluslararası literatürde de tanımlanan bir koruma yöntemidir. Yapıların taşınması, başta mimari koruma ve yapı mühendisliği olmak üzere, disiplinler arası çalışmayı gerektiren sıra dışı bir uygulamadır. Taşıma yöntemi, taşınacak mirasın yapım sistemi, mimari ve bezeme özellikleri, fiziksel çevresi, taşıma mesafesi gibi birçok etkene bağlı olarak değişir. Tarihi yapının mimari ve strüktürel özelliklerinin, taşıma sonrasında da bozulmadan sürdürülmesi, yöntemin seçimi ve uygulanmasında temel kriter olmalıdır. Koşullar uygun ise anıtların bütün olarak taşınması, strüktürel özellikler ve özgünlüğün korunması açısından genel olarak avantajlı bir yöntemken, konum ve fiziksel özellikler gibi teknik zorluklar sebebiyle yapının daha kolay taşınabilir parçalara ayrılarak taşınması da zaman zaman tercih edilen bir uygulamadır. Çalışmada olası taşıma yöntemlerinin analitik olarak sınanarak taşınacak yapı açısından uygunluk ve güvenilirliğin test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma yöntemi olarak; sonlu elemanlar metodu ile sayısal modeli oluşturulan kurgusal anıt yapının, bütüncül ve parçalı taşıma senaryolarına göre taşınması durumları analiz edilerek, sergilenecek olası yapısal performans karşılaştırılmaktadır. Tezin, uygun taşıma yönteminin proje henüz fizibilite aşamasındayken belirlenebilmesi açısından, taşınmanın planlama aşamasında görev alacak karar verici konumdaki kişiler ile gelecekteki uygulamalara fikir vermesi hedeflenmiştir.

Bilim Kodu : 80106

Anahtar Kelimeler : Tarihi yapı taşıma, Yığma yapı, Yapısal analiz

Sayfa Adedi : 181

Danışman : Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

EVALUATION OF STRUCTURAL PERFORMANCE OF HISTORICAL BUILDINGS DUE TO RELOCATION IN PIECES OR HOLISTIC

(Ph. D. Thesis)

İlhan Okan YAZGAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2020

ABSTRACT

Transferring of the unmovable cultural heritage through the next generations is possible by maintaining their structural integrity with application of necessary conservation and restoration activities. The main approach for conservation is not to demolish the originality values of the cultural heritage as much as possible. Therefore, it is aimed not to destroy the values of originality like; location, design, material and workmanship during the conservation practice. Conserving the architectural heritage in its original location is a main principal. But sometimes it becomes impossible because of human or nature oriented causes, effecting the physical environment foremost some public improvements like; dams, highways, mines etc. In these kind of cases, relocation of monuments in order to maintain their physical existence in a new location, is a method which is also defined in the international literature. Relocation of structures is an extreme execution, demanding interdisciplinary study of foremost; architectural conservation and structural engineering. Method of relocation varies depending on the monument's construction system, design and ornamental aspects, physical environment, distance of transportation etc. Maintaining architectural and structural specifications of historical structures after relocation, needs to be the main criteria about selection of the relocation method. While in appropriate conditions, holistic relocation is advantageous in terms of preserving the structural integrity and originality, dividing the monument in to easy to transport pieces is a method, which can occasionally be selected because of technical difficulties like; physical aspects or location of the structure. Within this study, it is aimed to examine the possible relocation methods analytically, test their reliability and suitability in terms of the heritage structure. As a study method; possible structural performance of the simulated monument is compared according to the relocation scenarios of holistic or in pieces, using the numerical models and analysis obtained by using finite element method. This thesis aims to give inspirations to the decision-maker people and for the future relocation executions in terms of planning suitable relocation method when the project is just in the feasibility stage.

Science Code : 80106

Key Words : Historical building relocation, Masonry structure, Structural analysis

Page Number : 181

Supervisor : Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY

TEŞEKKÜR

Vizyonu ve sabrıyla, doktora sürecinin tüm aşamalarında katkı ve destek sağlayan değerli danışmanım; Prof. Dr. Ali İhsan ÜNAY'a, teoriye hakimiyeti ve pratik tecrübesi ile meslek hayatımdaki ilham kaynağım; Doç. Dr. Emre MADRAN'a, doktora serüvenine başlamama vesile olan; Prof. Dr. Sare SAHİL'e, lisans ve lisansüstü eğitim hayatım boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım değerli hocalarım; Prof. Dr. Z. Gediz URAK ve Prof. Dr. Can M. HERSEK'e, çalışmaya ilişkin katkı ve yorumları için; Doç. Dr. Cengiz ÖZMEN'e, tez savunma jürisi üyeleri; Prof. Dr. Salih YAZICIOĞLU ve Doç. Dr. Aslı ER AKAN'a, her türlü destek ve anlayışları için; Okyanus Mühendislik ve İnşaat A.Ş. ve tüm çalışma arkadaşlarıma, tanımaktan ve birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum, mühendislik ve mekanik dehası; Dimitris KORRES'e, önemli projelerinde çalışma fırsatı bulduğum; Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne, maddi ve manevi desteği ile her zaman yanımda olan sevgili eşim; Dr. Esra ÖZKAN YAZGAN'a, başta zorlu tez süreci olmak üzere hayata dair en büyük motivasyon kaynağım, sevgili kızım; Nil YAZGAN'a ve aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xxii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL ÇERÇEVE.....	5
2.1. Koruma ve Temel Tanımlar	5
2.1.1. 'Koruma' kavramı ve tarihsel gelişimi.....	5
2.1.2. Korumaya ilişkin başlıca tanım ve ölçütler.....	6
2.2. Tarihi Yapılara Yönelik Tehditler ve Hasar Nedenleri	8
2.3. Koruma / Onarımın Temel İlkeleri ve Müdahale Yöntemleri	10
2.3.1. Koruma / onarımın temel ilkeleri.....	10
2.3.2. Müdahale yöntemleri	11
2.4. Bir Koruma Yöntemi Olarak Strüktürel Taşıma	12
2.4.1. Strüktürel taşımanın kuramsal ve yasal altyapısı	13
2.4.2. Strüktürel taşımanın tarihçesi ve başlıca taşıma yöntemleri	16
2.4.3. Tarihi yapıların taşınarak korunmasına yönelik uygulama örnekleri	25
3. YIĞMA YAPILAR VE YAPISAL DAVRANIŞLARI	31
3.1. Yığma İnşa Teknikleri ve Malzemeleri	32

	Sayfa
3.1.1. Tuğla yığma	32
3.1.2. Taş yığma	34
3.1.3. Taş - tuğla almalı yığma sistemler	36
3.1.4. Ahşap veya metal ile güçlendirilmiş yığma sistemler.....	37
3.1.5. Pişmemiş toprak esaslı malzemeler ile oluşturulan yığma sistemler	40
3.2. Yığma Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler	41
3.2.1. Temeller	42
3.2.2. Düşey taşıyıcı elemanlar	43
3.2.3. Mekan örtüleri ve yatay açıklık elemanları.....	45
3.2.4. Yatay taşıyıcılar - döşemeler.....	49
3.3. Tarihi Yığma Yapılara Etkiyen Yükler ve Yapısal Davranışları	52
3.3.1. Yığma yapılara etki eden yükler ve diğer çevresel faktörler	52
3.3.2. Yığma yapıların yapısal davranışları	53
3.4. Tarihi Yığma Yapılarda Hasar Mekanizmaları, Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri.....	54
3.4.1. Tarihi yığma yapılarda hasar mekanizmaları	54
3.4.2. Tarihi yığma yapılarda onarım ve güçlendirme yöntemleri.....	64
4. TARİHİ YAPILARIN YAPISAL DAVRANIŞININ SAYISAL MODELLEME VE ANALİZ İLE BELİRLENMESİ	79
4.1. Tarihi Yapıların Strüktürel Kapasitelerinin Belirlenmesi	79
4.2. Sayısal Modelleme ve Analiz.....	80
4.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi	83
4.3.1. Malzeme özellikleri.....	83
4.3.2. Sayısal modellemede kullanılan sonlu elemanlar ve sınır şartları (boundary conditions).....	85
4.4. Tarihi Yapıların Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Modellenmesi ve Analizi.....	87

	Sayfa
4.4.1. Doğrusal elastik analiz	88
4.4.2. Doğrusal olmayan elastik analiz	89
5. PARÇALI VEYA BÜTÜNCÜL TAŞIMADA STRÜKTÜREL PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ	91
5.1. Kurgusal Olarak Ele Alınan Yöntem ve Yapı Hakkında Bilgiler	91
5.1.1. Hasankeyf ve anıt yapılar	91
5.1.2. Hasankeyf Kalesi Orta Kapısı	98
5.1.3. Yapının yerinde korunmasına yönelik tehdit ve riskler	100
5.2. Taşınarak Korumaya Yönelik Senaryolar	101
5.2.1. Parçalı taşıma senaryosu	102
5.2.2. Bütüncül taşıma senaryosu	103
5.3. Kurgusal Yapı İçin Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması	104
5.3.1. Kurgusal yapı modelinin özellikleri	105
5.3.2. Kurgusal yapı modelinin bütüncül ve parçalı taşıma senaryolarına adaptasyonu	110
5.4. Taşıma Senaryosunun Kurgusal Yapı Üzerindeki Etkilerinin İncelendiği Analizler	112
5.4.1. Bütüncül taşıma modelinin lineer statik ve ani hız değişiminin neden olduğu ivme etkisi altında analizi	113
5.4.2. Parçalı taşıma modelinin lineer statik ve ani hız değişiminin neden olduğu ivme etkisi altında analizi	135
5.5. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi	154
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	163
6.1. Sonuç	164
6.2. Öneriler	170
KAYNAKLAR	173
ÖZGEÇMİŞ	181

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Sayısal modelin malzeme özellikleri ve kabul edilen değerler	106
Çizelge 5.2. Sayısal model kullanılarak gerçekleştirilen analizler	113
Çizelge 6.1. Analiz sonuçlarının özet tablosu.....	165
Çizelge 6.2. Analizlerde kabul edilen gerilme sınır değerlerinin taşıma yöntemine göre aşıp aşılmadığına dair sayısal veriler	169

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Mısır dikilitaşlarının taşıma sistemini gösteren çizim	18
Şekil 2.2. İtalya'daki Theoderic Mozolesi'nin kubbesinin taş ocağından tek parça halinde taşınmasını anlatan çizimler	18
Şekil 2.3. Granit blokların Osaka Kalesi'nde kullanılmak üzere iki gemi eşliğinde taşınması.....	19
Şekil 2.4. 1800'lerde New York'ta tuğla yığma yapının taşınması	20
Şekil 2.5. 1841 yılında İngiltere'de taşınan deniz fenerine ait görseller	21
Şekil 3.1. Malzemenin farklı şekillerde dizilmesi ile elde edilen tuğla duvar örgü kesitleri	33
Şekil 3.2. Farklı boyutta malzeme ve dizilim kullanılarak elde edilmiş farklı tuğla duvar dokuları	33
Şekil 3.3. Kullanılan malzemenin işlenmişlik durumuna göre değişen yığma taş örgü biçimleri.....	34
Şekil 3.4. Çeşitli yığma taş örgü duvar en kesitleri	36
Şekil 3.5. Almaşık yığma örgüde çeperleri birbirine bağlayacak şekilde düzenli ve kurallı tuğla malzeme kullanımına örnek	37
Şekil 3.6. Yığma örgüde destek amacıyla kullanılan ahşap elemanlarda zamanla çürüme ve hasar oluşması halinde meydana gelebilecek olası yıkımın şematik gösterimi	38
Şekil 3.7. Metal kenet ve zıvana sistemleri ile büyük taş blokların bağdaştırılmasına ilişkin örnek görseller (a ve b), Mostar Köprüsü'nde kenet ve zıvana kullanımına ilişkin şematik çizim (c)	39
Şekil 3.8. Sürekli metal elemanlar ile yığma duvarın mesnetlenmesi uygulamaları; a- simitli mesnetleme, b- açık kılıçlı mesnetleme, c- simitli mesnete kılıçlı bağlantı	40
Şekil 3.9. Yığma duvarda sürekli metal elemanlar ile kuşaklama uygulaması	40
Şekil 3.10. Farklı tekniklerle inşa edilmiş yığma taşıyıcı ayak kesit örnekleri, a- Pavia, b-Noto ve c- Milano Katedralleri, İtalya.....	44
Şekil 3.11. Kemerli teşkil eden bölümlerin gösterimi	45

Şekil	Sayfa
Şekil 3.12. Tonoz türleri; a- tek tonoz, b- çoklu tonoz, c- enine tonoz (normal), d- enine tonoz (paralel), e- haçvari tonoz, f- çoklu haçvari tonoz	47
Şekil 3.13. Yığma kubbede oluşan yük dağılımlarını gösterir çizim.....	48
Şekil 3.14. Tipik ahşap döşeme kesit detayı	50
Şekil 3.15. Tipik adi volta döşeme kesit detayı	51
Şekil 3.16. Tipik volta döşeme kesit detayı	52
Şekil 3.17. Yığma duvarlarda kesme (a ve b) ve burulma (c) etkisi altında meydana gelen çatlaklara ilişkin şematik gösterim	56
Şekil 3.18. Yığma yapı taşıyıcı duvarlarında düzlemsel eksen dışında meydana gelen hareket sonucu oluşan hasarı gösteren şematik çizim	56
Şekil 3.19. Yığma duvarın yatay veya düşey eksen etrafında düzlemsel ekseninden sapmasına ilişkin şematik gösterimler	57
Şekil 3.20. Sütunlarda meydana gelen hasarlara ilişkin şematik gösterim	58
Şekil 3.21. Monoblok sütunların zemine yakın bölümlerinde meydana gelen ciddi kırılma ve çatlaklar.....	58
Şekil 3.22. Tekil yüklü kemerin olası göçme mekanizmalarını gösteren şematik çizimler	59
Şekil 3.23. Kemer ve tonozlarda hasar oluşumu.....	60
Şekil 3.24. Gergi elemanı bulunmayan (a) ve bulunan (b) kemerlerde düşey ve yatay yükleme sonucu ortaya çıkan hasar mekanizmaları	60
Şekil 3.25. Zeminde jet grout uygulaması	65
Şekil 3.26. Yığma temelde takviye sömel yapımına ilişkin detay çizimleri (a), yığma yapı temellerinin derine inen beton ayaklarla güçlendirilmesi (b) ...	66
Şekil 3.27. Yapı temelinde sismik izolatör uygulaması şematik gösterimi	67
Şekil 3.28. Geniş duvar çatlaklarında dikiş ile onarım	68
Şekil 3.29. Yığma örgüde çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarımı.....	70
Şekil 3.30. Kubbe eteğinde çekme çemberi uygulaması şematik gösterimi.....	71

Şekil	Sayfa
Şekil 3.31. Yığma örgünün donatılı püskürtme beton ile mantolanarak güçlendirilmesine ilişkin şematik gösterim.....	73
Şekil 4.1. İstanbul Fethiye Camisi (Pammakaritos Kilisesi) sonlu elemanlar modeli genel görünümü (a), modelin alttan görünümü (b)	81
Şekil 4.2. Model yaklaşımları; detaylı mikro model (a), makro modelleme (b)	82
Şekil 4.3. Yığma yapı bileşenlerinin basınç altında şekil değiştirme diyagramı	85
Şekil 4.4. Kabuk elemanlar ile modellenen yığma yapı birimi (a) ile betonarme yapı örneği (b) (Ankara, paraşüt kulesi).....	87
Şekil 5.1. Albert Gabriel'in Hasankeyf şehir planı.....	94
Şekil 5.2. Kurgusal yapının parçalı taşınması senaryosu için öngörülen yatay kesim hatları ile yapı parçalarını desteklemesi öngörülen çelik destek strüktürünün gösterildiği 3 boyutlu katı model	102
Şekil 5.3. Kurgusal yapı parçalarının kaldırılma aşamasının tanımlandığı (a; üst, b; orta, c; alt parçalar) 3 boyutlu katı modeller	103
Şekil 5.4. Kurgusal yapı parçalarının özel araçlarla taşınması aşamasının tanımlandığı (a; üst, b; orta, c; alt parçalar) 3 boyutlu katı modeller	103
Şekil 5.5. Kurgusal yapının bütüncül şekilde kaldırılması (a) ve özel araçla taşınması (b) aşamalarının tanımlandığı 3 boyutlu katı modeller	104
Şekil 5.6. Katı model üzerinde global eksenler ile gerilme tanımlarının gösterimi	106
Şekil 5.7. Taşıma öncesindeki özgün konumu temsil eden sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri.....	107
Şekil 5.8. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yükler altında oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler	108
Şekil 5.9. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yük ve x yönündeki deprem yükleri kombinasyonu (G+Ex) sonucunda oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler	108
Şekil 5.10. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yük ve y yönündeki deprem yükleri kombinasyonu (G+Ey) sonucunda oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler.....	109

Şekil	Sayfa
Şekil 5.11. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelde düşey yük ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin, kabul edilen çekme sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe).....	110
Şekil 5.12. Bütüncül taşıma senaryosunun analizi için oluşturulan kurgusal yapı sayısal modelinin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri.....	111
Şekil 5.13. Parçalı taşıma senaryosunun analizi için bütüncül model kullanılarak uyarlanan; 1 numaralı üst (a), 2 numaralı orta (b) ve 3 numaralı alt (c) parçaların kuzey yönden görünüşleri	112
Şekil 5.14. Bütüncül taşıma öncesi kurgusal yapının zemin ve kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarıldığı durumu gösterir 3 boyutlu katı modeller (a güney, b kuzey cepheler, c perspektif görünüm)	114
Şekil 5.15. Bütüncül taşıma öncesi zemin ve kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarılma durumunu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yükler altında oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler	115
Şekil 5.16. Bütüncül taşıma öncesi çelik strüktür ile sarılma durumunu temsil eden sayısal modelde düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki basınç gerilmelerinin kabul edilen sınır değeri aştığı bölümlerin pembe renk ile gösterildiği (a) çekme gerilmesi sınır değerinin ise aşılmadığını (b) gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe).....	115
Şekil 5.17. Kurgusal yapı modelinin yerinden kaldırılma, taşıma aracına yüklenme, indirilme ve yeni yerine yerleştirilmesi işlemleri sırasında olası düzlem dışı hareketleri gösterir 3 boyutlu katı modeller (a; 2-2 eksen, düzlemine dik eksen, b; 3-3 eksen, kendi düzlemi etrafında dönme hareketleri)	117
Şekil 5.18. Modele 2-2 eksen etrafında uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde, düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MAX).....	118
Şekil 5.19. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde, düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MIN).....	118

Şekil	Sayfa
Şekil 5.20. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10° , 20° ve 30° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler	119
Şekil 5.21. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10° , 20° ve 30° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin pembe renk ile ifade edildiği grafikler	119
Şekil 5.22. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MAX).....	120
Şekil 5.23. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MIN)	120
Şekil 5.24. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler	121
Şekil 5.25. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin pembe renk ile ifade edildiği grafikler	121
Şekil 5.26. Kurgusal yapının a; kendi düzlemine paralel (x eksen) veya b; dik (y eksen) pozisyonunda taşınması durumlarını gösteren 3 boyutlu katı modeller.....	124
Şekil 5.27. Kurgusal yapı modelinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerleri.....	124

Şekil	Sayfa
Şekil 5.28. Kurgusal yapının düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerlerinin kabul edilen sınır gerilmeleri aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler	125
Şekil 5.29. Kurgusal yapı modelinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmelerinin (S-MAX) bileşke değerleri	125
Şekil 5.30. Kurgusal yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerleri	126
Şekil 5.31. Kurgusal yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerlerinin kabul edilen sınır gerilmeleri aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler	127
Şekil 5.32. Kurgusal yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmelerinin (S-MAX) bileşke değerleri	127
Şekil 5.33. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumdaki olası yapısal performansın analizi için oluşturulan ve kurgusal yapının batı yönden desteklenmemiş halini temsil eden sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görüşleri	130
Şekil 5.34. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmemiş durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yük + deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)	130
Şekil 5.35. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmemiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin, kabul edilen sınır çekme gerilmesini aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)	131

Şekil	Sayfa
Şekil 5.36. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmemiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin, kabul edilen sınır basınç gerilmesini aştığı bölgelerin pembe renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)	131
Şekil 5.37. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumdaki olası yapısal performansın analizi için oluşturulan ve kurgusal yapının batı yönden desteklenmiş halini temsil eden sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri.....	132
Şekil 5.38. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)	133
Şekil 5.39. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin kabul edilen sınır çekme gerilmelerini aşmadığının, düşey yük + deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan gerilmelerin kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin ise mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)	133
Şekil 5.40. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin kabul edilen basınç sınır değerini aşmadığını gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)	134
Şekil 5.41. Parçalı taşıma öncesi 1 numaralı üst parçanın ana gövde ve yan cephedeki kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarıldığı durumu gösterir 3 boyutlu katı modeller (a; güney, b; kuzey cepheler, c; perspektif görünüm)	136
Şekil 5.42. Parçalı taşıma öncesi 1 numaralı üst parçanın ana gövde ve yan cephedeki kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarıldığı durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yüklerin etkisi altında oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler	136
Şekil 5.43. 1 numaralı üst parçanın yerinden kaldırılma, taşıma aracına yüklenme, indirilme ve yeni yerine yerleştirilmesi işlemleri sırasındaki olası düzlem dışı hareketleri gösterir 3 boyutlu katı modeller (a; 2-2 eksen, düzlemine dik eksen, b; 3-3 eksen, kendi düzlemi etrafında dönme hareketleri).....	137

Şekil	Sayfa
Şekil 5.44. Üst parça modeline 2-2 eksenini etrafında uygulanan 10° , 20° ve 30° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yüklerin etkisi altında ortaya çıkan çekme gerilmesinin bileşke değerleri (S-MAX).....	138
Şekil 5.45. Üst parça modeline 2-2 eksenini etrafında uygulanan 10° , 20° ve 30° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yüklerin etkisi altında ortaya çıkan basınç gerilmesinin bileşke değerleri (S-MIN).....	139
Şekil 5.46. Üst parça modeline 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX).....	140
Şekil 5.47. Üst parça modeline 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmesi bileşke değerleri (S-MIN).....	140
Şekil 5.48. Üst parça modeline 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır gerilme değerini aştığı bölümlerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler	141
Şekil 5.49. Üst parça modelinin düzlemine dik (y eksenini) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmeleri bileşke değerleri (S-MIN) (altta)	143
Şekil 5.50. Üst parça modelinin düzlemine dik (y eksenini) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) (altta) kabul edilen sınır gerilme değerlerini aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler	143
Şekil 5.51. Üst parça modelinin düzlemine dik (y eksenini) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX)	144
Şekil 5.52. Üst parça modelinin düzlemine paralel (x eksenini) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerleri (S-MIN) (altta).....	144

Şekil**Sayfa**

- Şekil 5.53. Üst parça modelinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) (altta) kabul edilen sınır gerilme değerlerini aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler 145
- Şekil 5.54. Üst parça modelinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX) 145
- Şekil 5.55. Parçalı taşıma sonrası olası yapısal performansın analizi için oluşturulan, yapı parçaları arasındaki birleşim arakesitlerine farklı elastisite modülü değerlerinin tanımlandığı sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri 148
- Şekil 5.56. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin rijit tanımlandığı ($E = 20000$ MPa) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)..... 150
- Şekil 5.57. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin rijit tanımlandığı ($E = 20000$ MPa) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmelerin, çekme ve kayma gerilmeleri için kabul edilen sınır değerleri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler) 150
- Şekil 5.58. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin çok daha rijit tanımlandığı ($E = 40000$ MPa) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)..... 151
- Şekil 5.59. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin çok daha rijit tanımlandığı ($E = 40000$ MPa) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmelerin, çekme ve kayma gerilmeleri için kabul edilen sınır değerleri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler) 151

Şekil**Sayfa**

- Şekil 5.60. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin esnek tanımlandığı ($E= 50 \text{ MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler) 152
- Şekil 5.61. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin esnek tanımlandığı ($E= 50 \text{ MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmelerin, çekme ve kayma gerilmeleri için kabul edilen sınır değerleri aştığı bölgelerin mavi, sınır değerin aşılmadığı bölümlerin ise gri renklerle ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler) 152
- Şekil 5.62. Mevcut (özgün) durum ile bütüncül ve parçalı taşıma öncesi çelik strüktür ile sarılma durumlarını temsil eden sayısal modellerde düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki basınç gerilmelerinin kabul edilen sınır değeri aştığı bölümlerin pembe renk ile gösterildiği (üstte), çekme gerilmesi sınır değerinin ise aşılmadığını gösteren (altta) grafikler 155
- Şekil 5.63. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden modellere 2-2 ekseninde uygulanan 10° , 20° ve 30° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda, bütüncül modelde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin pembe, çekme gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renklerle gösterildiği, parçalı modelde ortaya çıkan gerilmelerin bileşke değerlerinin ise kabul edilen sınır değerleri aşmadığını gösteren grafikler 156
- Şekil 5.64. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden modellere 3-3 ekseninde uygulanan 15° , 30° ve 45° 'lik düzlem dışı hareketler sonucunda, her iki modelde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır gerilme değerini aştığı bölgelerin pembe, çekme gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) sınır gerilme değerini aştığı bölgelerin ise mavi renk ile gösterildiği grafikler 157
- Şekil 5.65. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden yapı modellerinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MIN) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değerleri aştığı bölümlerin renkli (pembe ve mavi) olarak ifade edildiği grafikler 159

Şekil**Sayfa**

- Şekil 5.66. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden yapı modellerinin düzlemine dik (y eksenini) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MIN) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değerleri aştığı bölümlerin renkli (pembe ve mavi) olarak ifade edildiği grafikler..... 160
- Şekil 5.67. Mevcut (özgün) durum ile bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş, parçalı taşıma sonrası birleşim ara kesiti esnek özellikte ($E= 50$ MPa) tanımlanmış sayısal modellerde düşey yükler + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan gerilmelerin kabul edilen çekme (S-MAX) ve kayma gerilmesi (S-11 ve S-22) sınır değerlerini aştığı bölgelerin mavi renk ile düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki çekme gerilmelerinin ise kabul edilen sınır değeri aşmadığının ifade edildiği grafikler 162

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yortanlı Barajı suları altında kalan Alliano antik kenti hamamından bir görünüş	10
Resim 2.2. Baalde monolitlerine ait fotoğraf.....	18
Resim 2.3. 19. yüzyılda New York'taki taşıma uygulamalarından bir örnek	21
Resim 2.4. Yalova Atatürk Köşkü'nün taşıma esnası (a) ve taşıma sonrası güncel (b) fotoğrafları.....	22
Resim 2.5. Meksika'da eski posta ofisi binasının taşınması (a), Kolombiya'da çok katlı binanın taşınması (b)	22
Resim 2.6. 2012 yılında İsviçre'de tarihi binanın taşınması uygulaması.....	23
Resim 2.7. Pertek Sungur Bey Camisi'nin 1966 yılı taşıma öncesi durumu	26
Resim 2.8. Pertek Sungur Bey Camisi'nin taşıma sonrası güncel durumu	26
Resim 2.9. Pertek Sungur Bey Camii portik sütun detayı, taşıma öncesi (a), taşıma sonrası (b)	26
Resim 2.10. Abu Simbel Tapınağı'nın taşınabilir parçalara bölünerek taşınması	27
Resim 2.11. Yeni yerinde Abu Simbel Tapınağı'na ait parçaların bir araya getirilmesi ve çevre taş duvarların özgüne uygun şekilde yeniden inşa edilmesi	27
Resim 2.12. Yeni konumunda Abu Simbel tapınağı.....	28
Resim 2.13. Most Katedrali'nin taşıma esnasındaki (a) ve taşıma sonrasındaki (b) durumu.....	28
Resim 2.14. Zeynel Bey Türbesi'nin taşıma halindeki fotoğrafı (2018 yılı)	29
Resim 3.1. Büyük taş blokların bağlayıcı harç olmaksızın üst üste yerleştirilmesi ile inşa edilen, Antalya, Demre'de bulunan Roma Dönemi'ne ait Myra Antik Tiyatrosu'nun analemma (beden) duvarı.....	31
Resim 3.2. Farklı örgü teknikleri ile oluşturulmuş yığma taş duvar örnekleri	35
Resim 3.3. Yığma taş örgüde tuğlanın düzensiz ve süreklilik oluşturmaksızın (a ve b) ve düzgün geometri taş elemanlar arasındaki kullanımı (c)	37
Resim 3.4. Ahşap malzemenin yığma örgüde yatay yönde hatıl (a ve b) ve çerçeve şeklinde kullanımı (c).....	38

Resim	Sayfa
Resim 3.5. Farklı nitelikteki toprak esaslı yığma yapı malzemelerine ilişkin görseller; a- kerpiç, b- sıkıştırılmış toprak, c- kırıntı katkılı çamur harcı bloklar	41
Resim 3.6. Leodikeia Antik Kenti'nden (Denizli) tek parça (a) ve çok parçalı (b) sütun örnekleri.....	44
Resim 3.7. Yığma taş taşıyıcı ayak örnekleri; a- Leodikeia Antik Kenti bazilika yapısı, Denizli, b- Alacahan taşıyıcı ayakları, Trabzon	44
Resim 3.8. Yığma taş kemer örneği, bazilika yapısı, Side, Antalya.....	46
Resim 3.9. Aspendos Tiyatrosu summa cavea üst örtüsünden tonoz örneği	47
Resim 3.10. Ayasofya Müzesi güney cephesinden kubbe örtü örneği	48
Resim 3.11. Tavanda ahşap kirişlere alt yüzden uygulanan bağdadi çıta üzerine sıva uygulaması (a), zeminde büyük ahşap kirişlerin mekanın kısa kenarı boyunca kullanımı, Kongre Binası, Ardahan (b).....	50
Resim 3.12. Sıvasız adi volta döşeme örneği (a), alt yüzeyi sıvalı volta döşeme örneği (b)	51
Resim 3.13. Tarihi yığma köprüye etki eden değişken yüklere örnekler; yapının teknik ve mimari kapasitesine uygun olmayan ağır trafik yükü, akarsudan kaynaklı dinamik yük, Uzunköprü, Edirne	53
Resim 3.14. Düşey eksenin düzlemden sapması sorununa ilişkin örnek fotoğraf.....	57
Resim 3.15. Yığma ayağın zemine yakın bölümlerinde meydana gelen kayma ve açılmalar	58
Resim 3.16. Demir gergide burkulma (a) (Atik Ali Paşa Camisi) ve kopma (b) (Edirne Sarayı mutfakları) hasarları.....	61
Resim 3.17. Roma Dönemi yapılarından Antalya Demre'de bulunan Myra Tiyatrosu'ndan tonoz (a) ve kemerde (b) hasar örnekleri	61
Resim 3.18. Hasankeyf Süleyman Han Camisi'nin yığma tonozunda çift cidarlı nervürlü üst örtü sistemi (a), aynı yapının tonoz içlerinde, yığma strüktürü hafifletmek için kullanılan içi boş silindir formu pişmiş toprak elemanlar (b).....	62
Resim 3.19. Hasankeyf Koç Camisi'nin kasnak seviyesinin hemen üzerinden yıkılmış durumdaki kubbe kalıntısı.....	63
Resim 3.20. Sismik izolatör uygulama örneği	67
Resim 3.21. Yığma örgüde derz onarımı uygulaması (Bazilika Yapısı, Side, Antalya)	68

Resim	Sayfa
Resim 3.22. Örnek enjeksiyon uygulaması (a), enjeksiyon uygulamasında kullanılan teçhizat (b)	70
Resim 3.23. Sonradan eklenen gergi demirleri ile güçlendirme uygulaması (Gazipaşa İlköğretim Okulu, Mardin).....	71
Resim3.24. Kemer elemanında açıklık gergisi uygulaması (Aziziye Camisi, Konya)...	71
Resim 3.25. Hasankeyf, İmam Abdullah Zaviyesi beden duvarları üst seviyesinde metal gergi uygulaması örneği (a), kubbe eteğinde çekme çember, uygulaması (b).....	72
Resim 3.26. FRP donatıların derzlere uygulanması (a) (Çöğürücü, 2007), karbon şeritlerin yatay yığma örtülerin güçlendirilmesinde uygulanması (b)	72
Resim 3.27. Hasankeyf'teki İmam Abdullah Zaviyesi'nin (a) sonradan inşa edilen yığma payanda duvarları ile takviye edilmesi uygulaması (b)	74
Resim 3.28. Hasankeyf, Zeynel Bey Türbesi'nde (a) ve Side, Liman Hamamı'nda (b) modern malzeme ile payandalama uygulamaları	74
Resim 3.29. Sütun ve yığma ayaklarda çemberleme uygulamaları	75
Resim 3.30. Bölgesel sökülme - yeniden yapım uygulamalarına ilişkin hatalı uygulama örnekleri	76
Resim 3.31. Çelik çaprazlar ile döşeme seviyesinde güçlendirme uygulaması (Bazilika Yapısı, Side, Antalya)	76
Resim 3.32. Denizli, Hierapolis Antik Kenti'nde acil müdahale kapsamında geçici askıya alma uygulaması (a), Side Antik Tiyatrosu'nda çelik strüktür ile yığma kemerin desteklenmesi (b)	77
Resim 5.1. Hasankeyf genel görünümü	91
Resim 5.2. Artuklu Köprüsü ve Hasankeyf'in kaleden (yukarı şehir) görünümü	95
Resim 5.3. Artuklu Köprüsü ve Hasankeyf'in kaleden (yukarı şehir) günümüzdeki görünümü	95
Resim 5.4. Kale'ye (Yukarı Şehir) ulaşan patika yolun üst kotunda yer alan diğer istihkam kapısı (a), günümüze ulaşan her iki istihkam kapısının bir arada görüldüğü fotoğraf (b) (alt kottaki Orta Kapı).....	96
Resim 5.5. Küçük Saray (a) ve Ulu Cami'nin (b) günümüz fotoğrafları	97
Resim 5.6. Sultan Süleyman (Süleyman Han) (a) ve El Rızk (b) Camilerinin günümüz fotoğrafları	98

Resim	Sayfa
Resim 5.7. Kaleye (Yukarı Şehir) ulaşan patika yol ve Orta Kapı'nın 2015 yılı fotoğrafı	99
Resim 5.8. Orta Kapı'nın güney (a) ve kuzey (b) cepheleri 2015 yılı fotoğrafları	99
Resim 5.9. 2018 yılı ekim ayında gerçekleşen taşıma kapsamında kaldırılan yapının üst parçası (a) ile yapının taşıma sonrası yeni konumdaki durumu (b).....	101

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
cm	Santimetre
E	Elastisite Modülü
F_m	Basınç emniyet gerilmesi
F_{m(çek)}	Çekme emniyet gerilmesi
E_x	Global x eksenini doğrultusu
E_y	Global y eksenini doğrultusu
G	Yapının kendi veya ivme etkisinde oluşan ağırlığı
G+E_x	Düşey yük ve global x eksenini doğrultusundaki deprem etkisi
G+E_y	Düşey yük ve global y eksenini doğrultusundaki deprem etkisi
km	Kilometre
kN	Kilonewton
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
MPa	Megapaskal
S-MAX	Çekme kuvveti bileşke gerilmeleri
S-MIN	Basınç kuvveti bileşke gerilmeleri
S-11	Global x eksenini yönündeki gerilmeler
S-22	Global y eksenini yönündeki gerilmeler
S-33	Global z eksenini yönündeki gerilmeler
°	Derece (açı)
ρ	Özgöl Ağırlık
τ_m	Kayma emniyet gerilmesi

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AK	Avrupa Konseyi Genel Sekreterliği
BTN	Bütüncül Taşıma
CFRP	Karbon Fiber Takviyeli Polimer
FRP	Fiber Takviyeli Polimer
ICOMOS	International Council on Monuments and Sites
ICOMOS Türkiye	Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi Türkiye Milli Komitesi
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
KTVKK	2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu
KVKYK	Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu
M.Ö.	Milattan önce
M.S.	Milattan sonra
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
PRC	Parçalı Taşıma
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TCKTB	Türkiye Cumhuriyeti Kültür ve Turizm Bakanlığı
TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
VB.	Ve benzeri

1. GİRİŞ

Tüm insanlığın ortak mirası olarak kabul edilen mimari varlıkların yapısal bütünlük ve özgün mimari özellikleri bozulmaksızın gelecek nesillere aktarılmalari koruma eylemi sayesinde mümkün olmaktadır.

Mimari mirasın özgünlüğü söz konusu olduğunda, konum, tasarım, malzeme ve işçilik özellikleri açısından içinde bulunduğu kültür alanının bozulmamış ve tahrif edilmemiş bir belgesi olması istenir. Mimari mirasın korunmasına yönelik tüm yaklaşım ve uygulamalar, bu mirasın sahip olduğu değerleri somutlaştıran özgünlüğünün korunmasını hedeflemelidir (Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi Türkiye Milli Komitesi [ICOMOS Türkiye], 2013).

Venedik Tüzüğü'nde (International Council on Monuments and Sites [ICOMOS], 1964), “bir anıtın tanıklık ettiği tarihin ve içinde bulunduğu ortamın ayrılmaz bir parçası” olduğu belirtilerek, anıtların çevreleriyle birlikte, fiziksel bütünlükleri sağlanarak korunması gerekliliği vurgulanmaktadır.

Zeynep Ahunbay (2014: 104); bayındırlık etkinliklerinin (yol, baraj yapımı), jeolojik yapı ya da doğal afetlerin, bir anıtın ya da tarihi yerleşimin bulunduğu yerde korunmasını zorlaştırabileceğini, hatta olanaksız kılabileceğini belirtmektedir.

Konum ve çevre ilişkisi, mimari mirasın özgünlüğü açısından korunması gerekli başlıca değerler olarak tanımlanmış olmasına karşın, kültür varlığının özgün konumunda korunmasını imkansız kılan ve fiziksel varlığını tehdit eden zorunlu hallerde taşınarak başka bir alana götürülmesi, literatürde tanımlanmış bir koruma yöntemi olarak ortaya çıkmaktadır.

Tezin amacı

Strüktürel taşıma eylemi, mimari mirasın sahip olduğu özgünlük değerlerinden konumun bütünüyle değişmesine sebep olmakla kalmayıp, başta taşımanın yöntemi ve uygulama hassasiyeti gibi faktörlere bağlı olmak üzere, yapının diğer özgün değerleri olan; tasarım, malzeme ve işçiliği de önemli ölçüde etkileme potansiyeline sahiptir.

Konum dışındaki özgünlük değerlerinin mümkün olduğunca tahrip edilmemesinin yanı sıra, asgari olarak tarihi yapının taşıma öncesi sahip olduğu strüktürel performansın, taşıma sonrası yeni konumda da sürdürülmesi, taşımanın amacına ulaşması ve korumanın sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

Uygulanacak taşıma tekniği, başta anıtın boyutları, malzeme ve yapım tekniği olmak üzere, teknik imkanlar, bütçe, zaman, fiziksel çevre ve taşıma mesafesi gibi bir çok etkenle bağlantılı olarak değişkenlik göstermektedir. Çelik ve ahşap gibi modüler elemanlar kullanılarak inşa edilmiş yapılar taşıma için daha elverişliken, yükün düşey ekseninde zemine aktarılması prensibiyle, farklı ebat ve özellikteki yapı malzemeleri kullanılarak inşa edilmiş yığma yapıların taşınması ise, ileri mühendislik bilgisi ve teknoloji gerektiren, çok daha karmaşık bir uygulamadır.

Mimari mirasın bütüncül şekilde taşınması, özgünlüğün büyük oranda korunmasını mümkün kılmakla birlikte, kolay taşınabilir daha küçük parçalara ayrılması da yapıdan veya taşıma ortamından kaynaklı bazı teknik zorluklar ve diğer kısıtlar sebebiyle, alternatif bir yöntem olarak tercih edilmektedir.

Yukarıda özetlenen çerçevede, mimari mirasın hangi yöntemle taşınacağı, taşıma sonrasındaki strüktürel performans ve özgünlüğü doğrudan etkileyen önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın amacı; olası taşıma yöntemlerinin sayısal analiz yöntemi ile test edilerek tarihi yapının strüktürel performansında sebep olacakları değişimin, proje henüz fizibilite aşamasındayken ortaya konması ve karşılaştırılmasıdır. Elde edilecek sonuçların, yapıya uygun ve diğer koşulları karşılayacak taşıma yönteminin seçimine yardımcı olması öngörülmüştür. Çalışmanın, taşınmaz kültür mirasının kurtarılmasına yönelik gelecek uygulamaların daha güvenli ve bilinçli şekilde gerçekleştirilmesine katkı sunması hedeflenmiştir.

Çalışmanın kapsamı ve yöntemi

Çalışma kapsamında öncelikli olarak 'koruma' kavramı, temel tanımlar, dünyada ve ülkemizde yapı ve çevre ölçeğindeki koruma eylemlerinin kısa tarihçesi ve koruma ölçütlerine kısaca yer verilmiştir. Tarihi yapılara yönelik tehditler, hasar nedenleri ile müdahale ilke ve yöntemleri kuramsal çerçevenin başlıca konularını oluşturmaktadır.

Tarihi yapı ve anıtların koruma amacıyla taşınması uygulamasının geçmişi oldukça eskilere dayanmasına karşın, dünya çapında kültür mirası niteliğindeki anıt yapıların taşınması uygulamaları az sayıdadır. Ülkemizdeyse tekil mimari elemanlar ve dekoratif nesnelerin taşınarak korunmasına yönelik uygulamalara daha sık rastlanmaktayken, anıt yapı ölçeğindeki taşıma uygulamaları bir kaç örnekle sınırlıdır.

Çalışma kapsamında strüktürel taşıma, koruma kuramı açısından değerlendirilmekte ve yasal çerçevesi incelenmektedir. Strüktürel taşımanın tarihçesi, mimari varlıkların korunmasına yönelik uygulamalardan bağımsız şekilde ele alınmış, taşıma yöntemleri; birim eleman düzeyinde sökerek, parçalı ve bütüncül taşıma olarak tanımlanmıştır. Ayrıca ulusal ve uluslararası ölçekteki tarihi yapıların taşıma örneklerine de çalışmada yer verilmiştir.

Ülkemizdeki tarihi yapı stoğu, eski çağlardan başlayıp Cumhuriyet Dönemi'ne kadar uzanan, oldukça geniş bir zaman diliminde inşa edilmiş olup, yapım tekniği ve malzeme kullanımı açısından çeşitlilik göstermektedir. Tarihi yapıları inşa sistemlerine göre; yığma - kagir, ahşap karkas, çelik ve birden çok sistemin bir arada kullanıldığı karma strüktürler şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Ayrıca yakın sayılabilecek geçmişte, betonarme sistemle inşa edilmiş ancak mimari, yapısal veya teknik özelliklerinden dolayı tescil edilmiş yapılar da mevcuttur.

Dünya genelinde ve ülkemizde kültür varlığı niteliğindeki anıtsal yapıların önemli bir bölümü, yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş örneklerden meydana gelmektedir. Gerek taşınmaz kültür mirasının önemli bölümünü oluşturmaları, gerekse de diğer inşa teknikleri ile karşılaştırıldığında yapısal davranışlarının öngörülme zorluğu sebebiyle, çalışmada strüktürel taşıma bağlamında tanımlanan problem, yığma sistem ile inşa edilmiş tarihi yapılar özelinde ele alınmıştır. Yığma inşa tekniği ve malzemeleri, taşıyıcı bileşenler ve yapısal davranışları ile hasar mekanizmaları ve onarım yöntemleri çalışmada ayrı bir bölüm olarak yer almıştır.

Günümüzde bilgisayar ve yazılım teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte, sayısal modelleme ve analiz, mimari mirasın yapısal kapasite ve davranışının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan; tarihi yapıların taşıma yönteminin öngörü veya kurgularla değil, henüz planlama aşamasındayken, somut karşılaştırma verilerine göre belirlenmesi olgusu, kurgusal yığma yapı modeli üzerinden

sayısal analiz yöntemi ile ortaya konmuştur. Bu çerçevede, tarihi yapıların sonlu elemanlar ile modellenmesi ve analiz yöntemleri çalışmada yer verilen başlıklardır.

Taşımanın evrensel koruma kriterlerine uygun, ileri mühendislik bilgisi ve teknolojisi gerektiren bir uygulama olduğundan yola çıkılarak tanımlanan sorun; halihazırda inşa çalışmaları tamamlanmak üzere olan Ilısu Barajı'nın su havzasında kalacak; Batman İli, Hasankef İlçesi tarihi yapı envanterinde yer alan Orta Kapı'dan esinlenilerek oluşturulan kurgusal sayısal model üzerinden ele alınmıştır. Aralarında Orta Kapı'nın da bulunduğu baraj havzasında kalan anıt yapılardan bazıları yakın geçmişte özgün konumlarından kaldırılarak, havza dışındaki yeni konumlarına taşınmıştır. Tez çalışmasında taşıma projesi veya uygulama anlatılmamış, tanımlanan olgu ilgili kurumlarca yürütülen profesyonel çalışmalardan bağımsız ve farklı bir yaklaşımla ele alınmıştır. Orta Kapı, gerek ortaya konulan yöntemin analizi ve anlatımı açısından uygun strüktürel ve fiziksel özellikleri, gerekse de yakın geçmişte taşınmış olması sebebiyle seçilmiştir.

Kurgusal olarak ele alınan anıtsal yığma yapının bütüncül ve parçalı taşınmasına yönelik senaryolar, doğrusal elastik özellikteki sayısal model ile canlandırılmıştır. Taşımada karşı karşıya kalınabilecek beklenmedik durumlardan kaynaklanması olası yük etkileri ile taşıma sonrası ortaya çıkması beklenen yapısal performans, farklı analiz yaklaşımları ile ortaya konmuştur. Her iki yöntem kullanılarak gerçekleşecek taşıma sonucu ortaya çıkacak avantaj ve dezavantajlar, hem temel mühendislik, hem de mimari koruma ilkeleri bağlamında karşılaştırılmıştır. Mimarlık ana bilim dalında gerçekleştirilen çalışmada karmaşık mühendislik hesapları yapılmamış, kurgusal sayısal modele yönelik analizler, taşıma yönteminin başta restorasyon uzmanı mimarlar olmak üzere taşımada görev alan diğer uzmanlara daha iyi anlatılabilmesi yaklaşımıyla hazırlanmıştır.

Parçalı ve bütüncül taşıma senaryolarının kurgusal yapı modeline uygulanması sonucu elde edilen verilerden yola çıkılarak; taşıma öncesindeki özgün strüktürel performansın, taşıma sonrasında da mümkün olduğunca sürdürülmesi, olası risklerin taşıma operasyonel boyuta ulaşmadan önce belirlenerek gerekli tedbirlerin alınması, tarihi yapılar için uygun taşıma yönteminin belirlenmesi ile taşınması planlanan yapıların yapısal güvenliklerine yönelik öneriler ile tez sonuçlandırılmıştır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Koruma ve Temel Tanımlar

2.1.1. 'Koruma' kavramı ve tarihsel gelişimi

Genel anlamda 'koruma'; yaşanılan çağda toplumların geçmişle olan kültürel bağlarını güçlendiren somut varlıklar ile soyut değerlerin geleceğe ve gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak üzere varlık ve özgün niteliklerinin muhafaza edilerek sürdürülmesine yönelik eylemler bütünü olarak tanımlanabilir. Doğan Hasol (2002: 280) tarafından koruma eylemi; “tarih, sanat değeri taşıyan yapıların, doğal değerlerin ya da kent parçalarının yaşamlarını sürdürebilmeleri için muhafaza, onarım ve bakımına ilişkin gerekli önlemlerin alınması” olarak da açıklanmaktadır. Koruma yalnızca yapı, sanat eseri, anıt vb. gibi somut varlıkların değil, aynı zamanda inanç sistemleri, gelenekler, alışkanlıklar gibi soyut kavramları da kapsayan bir faaliyettir. Bu çalışmada koruma eylemi genelde; “taşınmaz kültür varlıklarının”, özelde ise; “yığma sistemle inşa edilmiş tarihi yapıların” korunarak geleceğe aktarılması bağlamında ele alınmaktadır.

Taşınmaz varlıkların korunması bilincinin, insanlığın yapı ve sanat eserleri üretmeye başlamaları ile eş zamanlı gelişmeye başladığı söylenebilir. Eski çağlardaki koruma ve onarım, kültürel, estetik veya teknik değerlere yönelik bir kaygının ötesinde, anıtın veya yapının fiziksel bütünlüğü, dolayısı ile o günün insanları için vazgeçilmez nitelikteki işlevinin sürdürülmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımla geçmişte daha çok dini veya manevi öneme sahip anıtlar ile toplum hayatında önemli işleve sahip yapılar onarılmış ve korunmuştur. Çağdaş yaklaşımda ise koruma eyleminin birincil amacı; özgün işlevleri sürdürülebilir olmasa dahi, taşınmaz kültür varlığının sahip olduğu her türlü değer, korunarak geleceğe ve gelecek nesillere aktarılmasıdır. Günümüzde koruma faaliyetlerini, geçmişteki uygulamalardan ayıran en önemli fark; kuramsal bir temele dayanarak belli ilkeler çerçevesinde uygulanıyor olmasıdır. Zeynep Ahunbay’a (2014: 8) göre; “koruma uygulamalarının tarihi çok gerilere gitmekle birlikte, onarımların bilimsel yöntemle gerçekleştirilen bir uğraşa dönüşümü ancak 19. yüzyılda başlamıştır”.

Doğal ve kültürel değerler konusunda dünya ülkelerinin ortak tavır alma, eşgüdüm ve işbirliği sağlamaya yönelik ilk çabaları 1930'larda başlamıştır. 1931 yılında İtalya'da eski eserler ve güzel sanatlar yüksek kurulu tarafından hazırlanan "Carta Del Restauro" bu alandaki ilk belge sayılabilir. 1945 yılında Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu'nun [UNESCO], 1954 yılında Avrupa Konseyi'nin kurulması, aynı yıl Hollanda'nın başkenti La Haye'de ilk uluslararası resmi nitelikli belge olarak nitelendirilebilecek; "Silahlı Çatışma Halinde Kültürel Değerlerin Korunması Sözleşmesi"nin (Lahey Konvansiyonu) hazırlanarak birçok ülke tarafından kabul edilmesi, bundan 10 yıl sonra, 1964 yılında bir grup Avrupalı uzmanın, korumanın ilkelerine ilişkin olarak hazırladıkları "Venedik Tüzüğü"nün kamuoyuna sunulması, kurumsallaşma ve mevzuat oluşturma'nın ilk adımları olarak nitelenebilir (Madran ve Tağmat, 2007: 1).

Ülkemizde, kültür mirasının korunmasına ilişkin ilk yasal düzenleme, 1951 yılında çıkarılan 5805 sayılı Kanunla yapılmıştır. Yurtiçinde bulunan yalnızca mimari ve tarihi anıtların korunması, bakımı, onarımı ve restorasyon işlerinde uygulanacak ilkeleri belirlemek, bilimsel görüş vermek ve sorunlara çözüm üretmek amacıyla, bu Kanunla oluşturulan Gayrimenkul Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu, taşınmaz kültür varlıklarının korunması ile ilgili ilk hizmetleri başlatmıştır. Eski eserlerle ilgili yasal düzenleme ise; 1973 tarihli, 1710 sayılı Eski Eserler Kanunu'dur. "Sit" kavramının getirildiği bu Kanunla koruma, parsel ölçeğinden alan ölçeğine taşınmış, buna paralel olarak Yüksek Kurul'un yetki, sorumluluk ve görev alanları genişletilmiştir. Sit alanları ve korunması gerekli kültür ve tabiat varlıklarının sayısının giderek artması, ülke bütününde korumanın bir merkezden idaresini olanaksızlaştırmış, bu nedenle yeni bir örgütlenmeye ihtiyaç duyulmuştur. 1983 yılında 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu [KTVKK] bu gereğe cevap vermek üzere çıkarılmıştır (Hersek 2001; Madran ve Tağmat, 2007: 3).

2.1.2. Korumaya ilişkin başlıca tanım ve ölçütler

Korunması gerekli kültürel değerler; "taşınır" ve "taşınmaz" olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmaktadır. Taşınır kültür varlıkları; mozaik, resim, heykel, seramik, dokuma, el yazması, sikke vb. gibi estetik, sanatsal veya teknik değere sahip nesnelerdir. Bu tür nesneler; müzeler, özel koleksiyonlar, müze depoları veya arşivler gibi özel olarak koşullandırılmış ve korunaklı mekanlarda muhafaza edilmekte veya halka açık şekilde sergilenmektedir. Taşınmaz kültür varlığının bir unsuruyken taşınır hale gelebilen elemanlardan da söz etmek mümkündür. Cami minberi, ahşap bir kapı, alçı süslemeler gibi bazı yapı unsurları, yerlerinde korunmalarının mümkün olmadığı veya ait oldukları taşınmaz

kültür varlığı fiziksel bütünlüğünü yitirdiği durumlarda, yapıdan ayrılarak müze veya stok mekanlarına taşınabilmektedir.

Taşınmaz kültür varlıkları ise, Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu'nun [KVKKYK] 660 sayılı ilke kararında iki ana başlık altında tanımlanmaktadır. Bu karara göre ilk grup; “kendi başlarına bir tarihi ve estetik değer taşıyan yapılar”, ikinci grup ise; “kentlerin tarihi kimliğini oluşturan kentsel sitlerin öğeleri” olarak tanımlanmaktadır. Koruma camiasında, ilke kararındaki birinci grup; “anıtsal yapılar”, ikinci grup ise; “çevresel değerli yapılar” olarak kabul edilmektedir (Madran ve Özgönül, 2005: 9).

Taşınmaz kültür varlıkları Zeynep Ahunbay (2014: 22-28) tarafından; “anıtlar ve sitler” olarak tanımlanmıştır.

Korumayla ilgili bir diğer önemli kavram ise; “Kültür Varlığı” tanımıdır. Ülkemizde korumaya ilişkin birincil yasal düzenleme niteliğindeki; 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nda (Türkiye Cumhuriyeti Kültür ve Turizm Bakanlığı [TCKTB], 1983) kültür varlığı; “Tarih öncesi ve tarihi devirlere ait bilim, kültür, din ve güzel sanatlarla ilgili bulunan veya tarih öncesi ya da tarihi devirlerde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan, yer üstünde, yer altında veya su altındaki bütün taşınır ve taşınmaz varlıklardır” şeklinde tarif edilmektedir.

2863 sayılı Kanun'un tanımlar bölümünde yer alan bazı diğer kavramlar ise şöyledir; "Sit"; tarih öncesinden günümüze kadar gelen çeşitli medeniyetlerin ürünü olup, yaşadıkları devirlerin sosyal, ekonomik, mimari ve benzeri özelliklerini yansıtan kent ve kent kalıntıları, kültür varlıklarının yoğun olarak bulunduğu sosyal yaşama konu olmuş veya önemli tarihi hadiselerin cereyan ettiği yerler ve tespiti yapılmış tabiat özellikleri ile korunması gerekli alanlardır (TCKTB, 1983).

Sit tanımı; kentsel sit, arkeolojik sit, tarihi sit, kırsal sit ve doğal sit ile bu özelliklerden en az ikisini bir arada taşıyan karma sitler olarak sınıflandırılabilir (TCKTB, 1983).

"Koruma" ve "Korunma"; taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarında muhafaza, bakım, onarım, restorasyon, fonksiyon değiştirme işlemleri, taşınır kültür varlıklarında ise muhafaza, bakım, onarım ve restorasyon işleridir (TCKTB, 1983).

"Değerlendirme"; kültür ve tabiat varlıklarının tespiti, tanzimi, kullanılması ve bilimsel yöntemlerle tanıtılmasıdır (TCKTB, 1983).

Bir taşınmazın tescilli anıt veya sivil mimarlık unsuru olarak kayıt altına alınması ve korunması gerekli kültür varlığı niteliğini kazanabilmesi için aşağıdaki ölçütleri karşılıyor olması gerekmektedir;

- Süreklilik değeri
- Tarihsel değer
- Anı değeri
- Artistik ve teknik değer
- Özgünlük değeri
- Enderlik değeri
- Ekonomik değer
- İşlevsel değer
- Eğitim değeri
- Belge değeri (Madran ve Özgönül, 2005: 61-75).

2.2. Tarihi Yapılara Yönelik Tehditler ve Hasar Nedenleri

Kültürel ve doğal varlıkların sorunları yapı ve alan ölçeğinde olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Bu çalışmada yapı ölçeğindeki hasar ve sorunların kaynakları ele alınmaktadır.

Taşınmaz kültür varlıklarının özgün niteliklerinin korunması, ilk yapımlarını takip eden dönemlerde ortaya çıkan malzeme ve yapısal sorunların doğru teşhis edilerek giderilmesi ile mümkündür. Hasarın doğru onarılmasının temel şartı kaynağının bilinmesidir. Bozulma ve hasarlara neden olan etkenler; fiziksel ortam, inşa malzemesi ve sistemi, kullanım durumu gibi faktörlere bağlı olarak yapıdan yapıya farklılık gösterir¹.

Yeryüzündeki her materyal gibi yapı malzemelerinin de bir kullanım ve dayanım ömrü vardır. Modern veya tarihi yapılar onlarca hatta yüzlerce farklı malzeme bir arada kullanılarak inşa edilmektedir. Bu sebeple hasarın giderilmesinin yanı sıra, hasara sebep olan

¹Koruma - onarım literatüründe 'bozulma'; genellikle yapı malzemesinde, çoğunlukla doğal etkenlerle meydana gelen, malzememin fiziksel özelliklerini kısmen veya tamamen yitirmesi durumunu, 'hasar' ise; yapı malzemelerindeki bozulmadan veya diğer etkilerden kaynaklanmak üzere, tarihi yapının özgün yapısal özelliklerinin kısmen veya tamamen yitirilmesi sorununu tanımlamak üzere kullanılmaktadır.

kaynağın tespit edilerek sorunun kaynağından çözülmesi, koruma eyleminin etkinliği açısından önemlidir.

Zeynep Ahunbay (2014: 38-58) tarihi yapılardaki hasar kaynaklarını;

- Yapının konumu, bulunduğu zemin özellikleri, ya da ilk tasarımındaki hatalardan, hatalı yapı malzemesi ve teknik, kötü işçilik kullanılmasından kaynaklanan aksaklıklar, iç nedenler,
- Doğal etkenler, insanların verdiği zararlar; yangınlar, savaş, yoğun trafik, spekülasyon, kentleşme, bayındırlık etkinlikleri gibi hasar kaynakları, dış nedenler, şeklinde tanımlamaktadır.

Emre Madran ve Nimet Özgönül (2005: 39-48) ise sorunu kökenine göre incelemiş ve aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırmışlardır;

- Yapım tekniği ve malzeme sorunları; ahşap karkas sistemden kaynaklanan sorunlar, yapı malzemesinin eskimesi, taş, tuğla, ahşap, kerpiç, harç, sıva ve boya - badana sorunları.
- 2. İnsan kökenli sorunlar; bakımsızlık, terk edilmişlik - yapının kullanılmaması, bilinçsiz yapılan mekan bölünmeleri, vandalizm.
- 3. Konfor koşullarından kaynaklanan sorunlar; niteliksiz mekan (düzenlemeleri).
- 4. Çevresel kökenli sorunlar; deprem ve diğer yer hareketleri (heyelan vb.), zemin suyu sorunu.
- 5. İmar sorunları; yeni yapı / geleneksel yapı ilişkisi.
- 6. Ekonomik kökenli sorunlar; tarihsel / geleneksel çevrede oturan kişilerin ekonomik yapılarındaki değişimler.

Yukarıdaki tanımlarda yer almamalarına karşın; iklimsel ve biyolojik etkenler, volkanik patlama, çığ düşmesi, fırtına gibi diğer doğal afetler, insan kaynaklı etkenlerin en zararlılarından savaş ve çatışmaların da taşınmaz kültür varlıklarında hasar ve bozulmalara yol açan önemli faktörler oldukları unutulmamalıdır.

Önemli bir akarsu potansiyeli ile sulanması gerekli geniş tarım alanlarına sahip olmasının yanı sıra, su gücü kaynaklı enerji talebinin yüksek olduğu ülkemizde, başta baraj inşaatları olmak üzere, üst düzey ulusal çıkarların zorunlu kıldığı büyük imar projeleri, Anadolu'nun hemen her noktasına dağılmış olan taşınmaz kültür mirasımızı ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Gaziantep il sınırları içerisinde yer alan Birecik Barajının tehdidi altındaki, mozaikleri ile ünlü; Zeugma Antik Kenti, İzmir ili, Bergama ilçesinde bulunan ve Yortanlı Baraj Göleti'nin

suları altında kalan; Alliano Antik Kenti ile yakın dönemde tamamlanacak Ilısu Barajı'nın tehdidi altındaki Batman ili, tarihi Hasankeyf ilçesi ülkemizdeki yakın dönem örnekler olarak sayılabilir.



Resim 2.1. Yortanlı Barajı suları altında kalan Alliano Antik kenti hamamından bir görünüş (İztek Anonim Şirketi, 2010)

2.3. Koruma / Onarımın Temel İlkeleri ve Müdahale Yöntemleri

2.3.1. Koruma / onarımın temel ilkeleri

Anıtsal veya sivil mimarlık örneği tarihi yapıların bakım ve onarımına yönelik faaliyetler, önemli bölümü Türkiye Cumhuriyeti tarafından da kabul edilip iç hukuk belgesi haline getirilen uluslararası sözleşmeler ile çerçevesi korumaya ilişkin diğer yasal düzenlemelerle belirlenen temel yaklaşım ve ilkelerle yürütülmektedir.

Kültür varlıklarının korunması ve onarımı konusunda ulusal ölçekte düzenleyici ve yetkin kurum niteliğindeki; Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu'nun 1999 tarih ve 660 sayılı ilke kararında (KVKYK, 1999) esaslı onarıma ilişkin ilke ve esaslar aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- Yapının günümüze ulaşmış sosyokültürel ve tarihi kimliğini oluşturan mekansal, biçimsel ve yapısal özellikleri ve çevre içindeki özgün konumu korunacaktır.
- Yapıların yıkılmadan korunmaları esastır. Yıkılma tehlikesi arz ettiği (mail-i inhidam) mal sahipleri ya da belediyelerce ileri sürülen yapıların yıkılma kararları ancak koruma kurulunca alınabilir.
- Yapıların tarihsel ve sosyokültürel değer taşıyan ekleri korunacaktır.

- Yeni işlev verilecek yapılarda yapılacak eklerin, niteliği ve korunması gerekli kültür varlığıyla bütünleşmesi, tasarımı yapan mimar tarafından gerektiğinde avan proje niteliğinde hazırlanarak, koruma kurulunun görüşüne sunulacaktır.
- Restorasyon projesine temel olacak restitüsyon çalışmasının sıva raspa, kısmi söküm, sondaj, belgeler üzerinde çalışma ve karşılaştırmalı araştırmalar sonucuna dayalı olarak hazırlanmasına, onarıma başlamadan önce bu çalışmanın yapılması olanaksız ise onarım projesinin onaylanmasından sonra ortaya çıkan yeni veriler ışığında, restorasyon projesi üzerinde tadilat yapılarak yeniden koruma kurulunun onayına sunulacaktır.
- Kamu kurum ve kuruluşlarının mülkiyeti veya idaresinde bulunan tescilli taşınmaz kültür varlıklarının, basit ve esaslı onarım uygulamaları, koruma kurulu kararı doğrultusunda, kendi sorumluluklarında gerçekleştirilecek, uygulama sonucuna ilişkin rapor, fotoğraf vb. belgeler ilgili koruma kuruluna iletilecektir.
- Kültür ve Turizm Bakanlığı'nca gerçekleştirilen korunması gerekli taşınmaz kültür varlıklarının onarımları ile kazı alanlarında yapılan onarımlarda uygulamaya başlamadan önce, hazırlanacak rölöve ve restorasyon projeleri için koruma kurulu kararı alınacaktır.

1964 yılında ICOMOS tarafından kabul edilen Venedik Tüzüğü (ICOMOS, 1964), doğal ve kültürel mirasın korunmasına yönelik temel kuramsal yaklaşımları belirleyen referans belgelerin başında gelmektedir. Bu belgede yer alan kültür varlıklarının korunması ve onarımına ilişkin bazı ilkeler ise şöyle sıralanabilir;

- Varsayımların başladığı yerde onarım durmalıdır.
- Yapılması gerekli herhangi bir eklemenin mimari kompozisyonundan farkı anlaşılabilmeli ve gününün damgasını taşımalıdır.
- Geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı yerlerde, koruma ve inşaa için bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış herhangi çağdaş bir teknik kullanılarak anıt sağlamlaştırılabilir.
- Anıta mal edilmiş farklı dönemlerin geçerli katkıları saygı görmelidir; zira onarımın amacı üslup birliği değildir.
- Eksik kısımlar tamamlanırken, bütünle uyumlu bir şekilde bağdaştırılmalıdır; fakat bu onarımın, aynı zamanda sanatsal ve tarihi tanıklığı yanlış bir biçimde yansıtmaması için, özgünden ayırt edilebilecek bir şekilde yapılması gereklidir.

2.3.2. Müdahale yöntemleri

Taşınmaz varlıkların fiziksel bütünlük ve mimari özelliklerinin korunması, hasar ve sorunlara sebep olan faktörlerin doğru tespit edilmesinin yanı sıra, ortaya çıkan sorunun uygun yaklaşım ve müdahale yöntemi ile giderilmesi ile mümkündür. Müdahale biçimi her bir yapının kendi özel koşulları değerlendirilerek belirlenmelidir. Kültür mirası niteliğindeki taşınmazlara uygulanacak müdahale yöntemleri, KVKYK'nın 660 sayılı ilke kararında (KVKYK, 1999); “Bakım; sadece yapının yaşamını sürdürmeyi amaçlayan, tasarımda, malzemede, strüktürde, mimari öğelerde değişiklik gerektirmeyen müdahalelerdir. Örneğin; çatı aktarımı, oluk onarımı, boya-badana vb. Onarım; Yapının yaşamını sürdürmeyi

amaçlayan, tasarımda, malzemede, strüktürde ve mimari öğelerde değişiklik gerektiren müdahalelerdir.” şeklinde tanımlanmaktadır.

Onarım tanımı ise iki alt başlık ile detaylandırılmaktadır;

Yapıların; ahşap, madeni, pişmiş toprak, taş vb. çürüyen ya da bozularak eksilen mimari öğelerinin, özgün biçimlerine uygun olarak aynı malzeme ile değiştirilmesi, bozulan iç ve dış sıvaların, kaplamaların, renk ve malzeme uyumu sağlanarak, özgün biçimlerine uygun olarak yenilenmesi basit onarım kapsamında tanımlanmıştır. Esaslı onarım (restorasyon); yapının rölöveye dayanan restitüsyon ve / veya restorasyon projeleri ile diğer ilgili belgelerin içerikleri ve ölçekleri koruma kurulunca belirlenen müdahalelerdir (KVKYK, 1999).

Esaslı onarım başlığı altında tanımlanan müdahaleler ise; “sağlamlaştırma (konsolidasyon), temizleme (liberasyon), bütünleme (reintegrasyon), yenileme (renovasyon), yeniden yapma (rekonstrüksiyon), taşıma (moving)” şeklindedir (KVKYK, 1999).

Yeniden yapma (rekonstrüksiyon) ise 660 sayılı ilke kararında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır;

Korunması gerekli taşınmaz kültür varlığı olarak tescil edilen ve tescil edilmesine ilişkin gerekli özellikleri taşımasına rağmen elde olmayan sebeplerle tescili yapılmamış ve / veya herhangi bir nedenle yitirilmiş olan yapının, gerek kültür varlığı niteliği, gerekse kültürel çevreye olan tarihsel katkıları açısından, eldeki mevcut belgelerden (yapı kalıntısı, rölöve, fotoğraf, her türlü özgün yazılı - sözlü, görsel arşiv belgesi vb.) yararlanmak suretiyle kendi parselinde daha önce bulunduğu yapı oturum alanında, eski cephe özelliğinde, aynı kitle ve gabaride, özgün plan şeması, malzeme ve yapım tekniği kullanılarak, kapsamlı restitüsyon etüdüne dayalı rekonstrüksiyon uygulanmasıdır (KVKYK, 1999).

2.4. Bir Koruma Yöntemi Olarak Strüktürel Taşıma

Taşınır veya taşınmaz nitelikteki kültür mirasının sürekliliğinin sağlanması, insanoğlunun geçmiş ve günümüz arasında bağ kurmasını sağlayan unsurların başında gelmektedir. İnşa edildikleri dönemin sosyal, siyasal, manevi veya ekonomik özelliklerini yansıtan mimari varlıklardan oluşan miras, ancak fiziksel bütünlükleri korunmak suretiyle gelecek nesillere aktarılabilir. Mimari mirası tehdit eden birçok faktörden başlıcaları; zaman içerisinde ortaya çıkan ve yapının bulunduğu doğal ve fiziksel çevreden kaynaklı hasarlar, deprem, yer kayması, su baskını vb. doğal afetler, savaş ve terörden kaynaklanan, insan kaynaklı ve terk edilmeye bağlı hasarlar olarak sayılabilir.

Bazı durumlarda ise mimari mirasın özgün yerinde korunması olanaksız hale gelmektedir. Baraj, demir veya karayolu, metro, havaalanı yapımı veya maden sahası açılması gibi ulusal çıkarları gerektiren büyük bayındırlık projeleri ya da yapının kurulu bulunduğu zemini tehdit eden jeolojik hareketler, yanardağ, su baskını vb. büyük çaplı doğal afetler, mimari mirasın varlığını özgün yerinde sürdürmesini bazen imkansız hale getiren ciddi tehditler olarak tanımlanabilir.

Koruma kuramına göre mimari mirasın özgün yerinde çevresi ile bir bütün halinde korunması esastır.

Bir anıt, yer aldığı fiziksel çevrenin ayrılmaz bir parçasıdır. Ancak yukarıdaki paragrafta sıralanan ve yerinde korunmasını olanaksız hale getiren etkenlerin ortaya çıktığı zorunlu hallerde, mimari mirasın başka bir konuma taşınarak korunması, varlığını sürdürmesinin sağlanması söz konusu olabilir (Şener, 2004).

Bu çerçevede mimari mirasın taşınması, ciddi bir mühendislik problemi olmasının yanı sıra, koruma kuramı açısından da ele alınması gereken bir uygulamadır.

2.4.1. Strüktürel taşımanın kuramsal ve yasal altyapısı

İlkesel olarak mimari mirasın fiziksel varlığını temelden tehdit eden zorunlu haller oluşmadıkça, mevcut konumunda korunarak yaşatılması gerekmektedir. Ancak anıtın varlık veya bütünlüğünü tehdit eden şartların oluşması, mevcut yerinde bakımı ve korunmasının mümkün olmadığı zorunlu hallerde, yapının tümünün ya da bir parçasının başka bir yere taşınarak korunması, bu sayede gelecek nesillere aktarılması bir koruma yöntemi olarak kabul görmektedir.

Diğer koruma yöntemlerinde olduğu gibi, kültür mirası niteliğindeki mimari yapıların taşınması uygulamasının da, korumaya ilişkin ulusal ve uluslararası düzeyde kabul gören prensipler, yasal düzenlemeler ile belirlenen temel yaklaşım ve ilkelere uygun şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında taşıma uygulaması, konunun evrensel ölçekteki kuramsal çerçevesi ile ulusal düzeydeki yasal durumunun irdelendiği, takip eden başlıklar altında ele alınmıştır.

Strüktürel taşımanın koruma kuramı açısından değerlendirilmesi

Strüktürel taşımanın evrensel koruma kuramı ve ilkeleri açısından değerlendirilmesi amacıyla, başta kültür mirasının korunmasında etkin uluslararası kuruluşlar olan; UNESCO, ICOMOS, Avrupa Konseyi ve Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu olmak üzere ilgili organizasyonların tüzük, karar ve bildirgeleri taranmıştır. Yapılan kapsamlı incelemeler sonucunda mimari mirasın taşınması ve yeniden konumlanmasıyla ilişkili olabilecek belgeler ve ilgili maddeleri belirlenmiştir (Gregory, 2008).

Uluslararası koruma mevzuatında yapılan incelemeler sonucunda; ICOMOS'un yayımladığı; Burra ve Venedik Tüzükleri, Tarihi Kentlerin ve Kentsel Alanların Korunması (Washington) Tüzüğü, Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü, Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu İçin İlkeler ile Mimari Mirası Koruma Bildirgesi isimli ilke kararları ve bildirgelerinde, kültür mirasının hangi yaklaşımlarla ve koşullarda taşınabilecekleri, taşıma sonrasında hangi esaslara göre sergilenmeleri gerektiğine ilişkin temel ilke ve hükümlerin yer aldığı görülmüştür.

Yukarıda bahsedilen belgelerde yer alan ve konuyla ilişkilendirilen bazı önemli maddeler aşağıda sıralanmaktadır.

ICOMOS tarafından 1964 yılında kabul edilen; Venedik Tüzüğü'nde (ICOMOS, 1964) yer alan strüktürel taşımayla ilişkili oldukları değerlendirilen maddeler şöyledir;

Madde 7- Bir kültür varlığı tanıklık ettiği tarihin ve içinde bulunduğu ortamın ayrılmaz bir parçasıdır. Kültür varlığının tümünün, ya da bir parçasının başka bir yere taşınmasına kültür varlığının korunması bunu gerektirdiği ya da çok önemli ulusal veya uluslararası çıkarların bulunduğu durumlar dışında izin verilmemelidir.

Madde 8- Kültür varlığının tamamlayıcı öğeleri sayılan; heykel, resim gibi süslemeler, ancak bunları korumanın başka çaresi yoksa yerlerinden kaldırılabilir.

ICOMOS'un 1999 yılında yayımlanan; Kültürel Öneme Sahip Yerlerin Korunması Amaçlı Avustralya ICOMOS (Burra) Tüzüğü'nde (ICOMOS, 1999) ise konuya ilişkin 9 ve 24. maddeler aşağıdaki gibidir;

Madde 9 Mevki;

9.1 Bir yerin bulunduğu mevki, onun kültürel öneminin bir parçasıdır. Bir yapı, bina ya da onun herhangi bir parçası, onun bulunduğu tarihsel alanda ve mevkide kalmalıdır. Yer değiştirme, eğer hayati bir tehlike teşkil etmiyorsa, genelde kabul edilen bir davranış değildir.

9.3 Eğer bir yapının yeri değiştiriliyorsa, bu yapı uygun bir yere taşınmalı ve uygun bir amaca hizmet etmelidir. Bu tür hareketler, kültürel değere sahip yerlerin zararına olacak şekilde yapılmamalıdır.

Madde 24 Tarihsel anlamların ve birlikteliklerin korunması;

24.1 Kişiler ve tarihsel mekan arasındaki bağlara saygı duyulmalı ve bu bağlar koparılmamalıdır. Bu bağların anlamlandırılması, anılması ve kutlanmasını sağlayacak fırsatlar en iyi şekilde araştırılmalı ve gereken uygulanmalıdır. Birçok yerin kullanımıyla bu bağlar birbiriyle ilişkilidir.

Yine ICOMOS tarafından 1999 yılında kabul edilen; Geleneksel Mimari Miras Tüzüğü'nde (ICOMOS, 1999) mimari mirasın özgün konum ve çevresiyle ilişkileri şöyle ele alınmaktadır; “Madde 2. konum, peyzaj, ve yapı gurupları; geleneksel yapılara müdahale edilirken, bu yapıların konumuna, fiziksel ve kültürel çevreyle ilişkilerine ve birbirlerine göre düzenlerine saygı gösteren, onları koruyan bir yaklaşım benimsenmelidir”.

Mimari mirasın korunması ve onarımına ilişkin strüktürel müdahale esaslarının belirlendiği ve 2003 yılında ICOMOS tarafından yayımlanan; Mimari Mirasın Analizi, Korunması ve Strüktürel Restorasyonu İçin İlkeler (ICOMOS, 2003) isimli belgede ise taşımayla ilgili ifadeler 37. madde 1. fıkrada şöyle yer almaktadır; “söküm ve tekrar birleştirmeye ancak, strüktürün durumu ve malzemesi dolayısıyla başka bir yöntemle koruma olanaksız veya zararlı olduğunda, ek bir seçenek olarak, başvurulmalıdır”.

Strüktürel taşınmanın ulusal mevzuattaki yeri

Ulusal mevzuat incelendiğinde ise, mimari mirasın taşınmasına ilişkin usul ve esaslara; 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun 20. maddesi, ülkemizde de onaylanarak kanun haline gelen; Avrupa Mimari Mirasın Korunması Sözleşmesi, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu'nun; baraj alanlarından etkilenen taşınmaz kültür varlıklarının korunmasına ilişkin 36 sayılı ilke kararı ile taşınmaz kültür varlıklarının gruplandırılması, bakım ve onarımları konulu 660 sayılı ilke kararında yer verildiği görülmektedir.

Ülkemizde kültür varlıklarının korunmasına ilişkin temel yasal düzenleme niteliğindeki; Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun (TCKTB, 1983) taşınmaz kültür varlıklarının naklini düzenleyen maddesi aşağıdaki gibidir;

Madde 20 – Taşınmaz kültür varlıkları ve parçalarının, bulundukları yerlerde korunmaları esastır. Ancak, bu taşınmaz kültür varlıklarının başka bir yere nakli zorunluluğu varsa

veya özellikleri itibariyle nakli gerekli ise, Koruma Bölge Kurulları'nın uygun görüşü ve gereken emniyet tedbirleri alınmak suretiyle Kültür ve Turizm Bakanlığı'na istenilen yere nakledilebilir. Kültür varlığının nakli dolayısıyla taşınmazın maliki bir zarara maruz kalmışsa, Kültür ve Turizm Bakanlığı'na oluşturulacak bir komisyonun tespit edeceği tazminat zarar görene ödenir.

Avrupa Mimari Mirasın Korunması Sözleşmesi'nin (Avrupa Konseyi Genel Sekreterliği [AK], 1985) mimari mirasın taşınmasına ilişkin 5. maddesi ise;

“Her bir taraf, maddi koşulların tehlikeye düşürdüğü ve başka bir yere taşınmanın zorunlu olduğu durumlar dışında, korunmaya alınan bir anıtın tümünün ya da bir bölümünün taşınmasını yasaklamayı taahhüt eder. Bu gibi durumlarda, yetkili makamın, anıtın sökülmesi, nakli ve uygun bir yerde yeniden eski şekline getirilmesi için gerekli önlemleri alacaktır” şeklinde düzenlenmiştir.

KVKYK tarafından taşınmaz kültür varlıklarının gruplandırılması, bakımı, onarımları ve onarımların denetlenmesine ilişkin olarak yayımlanan 660 sayılı ilke kararının (KVKYK, 1999) 1. Maddesi ‘b’ fıkrasında, esaslı onarım (restorasyon) müdahaleleri arasında taşıma da yer almıştır.

KVKYK tarafından baraj alanları içinde kalan taşınmaz kültür varlıklarının ve arkeolojik sit alanlarının koruma ve kullanma koşullarının belirlenmesi amacıyla 2012 yılında yayımlanan 36 sayılı ilke kararının (KTVKYK, 1999) 2. maddesi ‘e’ fıkrası; “Bilim Komisyonunca yapılan çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda; elde edilen bilgi ve belgelere dayalı olarak alandaki korunması gerekli taşınmaz kültür varlıklarının yerinde korunmasına, başka bir yere taşınmasına veya belgelenerek su altında bırakılmasına ilişkin önerilerin koruma bölge kuruluna sunulmasına” şeklinde düzenlenmiştir. Bu fıkra da yer alan; “başka bir yere taşınmasına” ifadesi, baraj suları altında kalacak kültür mirasının korunarak yaşatılması için, zorunlu hallerde başka bir konuma taşınabileceğinin Yüksek Kurul tarafından da yöntem olarak benimsendiği ve hüküm altına alındığını göstermektedir.

2.4.2. Strüktürel taşınmanın tarihçesi ve başlıca taşıma yöntemleri

Heykeller veya yapılar gibi büyük kütlelerin taşınması geçmişi binlerce yıl ötesine dayanan uygulamalardır. Bazı temel prensipler geçmişten bu güne sabit kalmasına karşın, çoğunlukla tarihi veya sembolik öneme sahip mimari varlıkların taşınmasını amaçlayan uygulamalar, özellikle son yüzyılda inşaat teknolojisi ile eşzamanlı gelişme göstermiştir.

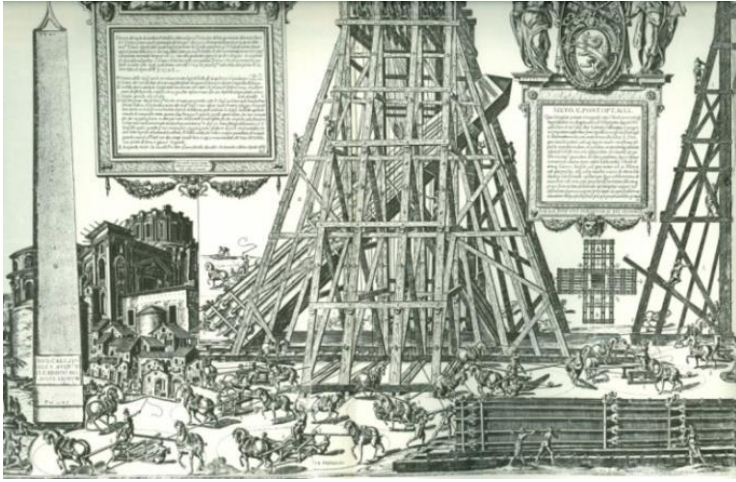
Taşınacak yapının mevcut strüktürel durumu, boyut ve ağırlığı, tasarım ve geometrisi, yapım malzemesi, konumu, taşıma uzaklığı, taşıma güzergahındaki coğrafi ve fiziksel engeller, mevcut ve yeni konumdaki zemin durumu, zaman ve bütçe kısıtlılığı gibi faktörler, taşımanın zorluk derecesini, dolayısı ile de taşımada seçilecek yöntemi etkileyen unsurlar olarak ortaya çıkmaktadır. Takip eden başlıklarda strüktürel taşımanın tarih boyunca gelişimi ile başlıca taşıma yöntemlerine değinilmektedir.

Strüktürel taşımanın tarihçesi

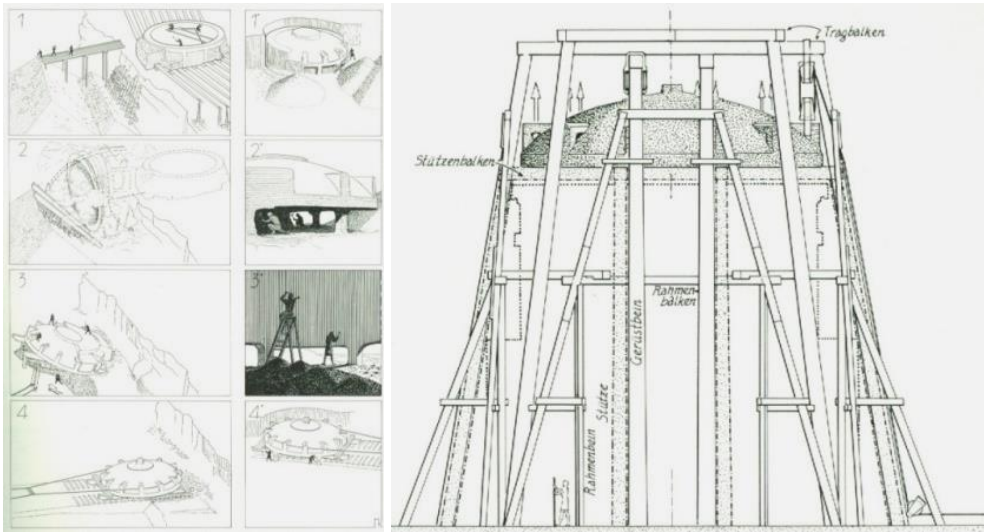
Taşımaya ilişkin bilinen ilk uygulamaların, M.Ö. 3200'lerde, her birinin ağırlığı 1000 tonu geçen devasa heykeller ve taş blokların Mısırlılar tarafından yüzlerce kilometre mesafeye nakledilmeleri olduğu söylenebilir. Yine günümüzden yaklaşık 20 yüzyıl öncesinde, ağırlığı 1000 ton mertebesinde olan Baalbek Monolitleri 6 km'lik bir mesafeye taşınmışlardır (Resim 2.2). Bir örneği de İstanbul Sultanahmet Meydanı'nda bulunan, bazılarının boyları 30-35 m, ağırlıkları ise 500 tonları bulan, monoblok granit bloklardan işlenerek oluşturulmuş dikilitaşların M.Ö. 30'lu yıllardan başlayarak, 19. yüzyıla kadar Mısır'dan dünyanın önemli kentlerine taşındıkları bilinmektedir (Şekil 2.1). St. Petersburg'da ağırlığı 1700 tona varan çok büyük sütun kaidesinin bataklık, virajlar ve deniz taşımasını da kapsayan 30 km'yi aşkın bir güzergah boyunca taşınması da önemli örneklerden birisidir. İtalya'daki Theoderic Mozolesi'nin yaklaşık 12 m çapındaki yekpare dairesel formu kireçtaşı kubbesi, Dalmaçya'da bulunan taş ocağından Ravenna kentine, kara ve deniz yolu ile tek parça halinde taşınmıştır. M.S. 520 yılında inşa edilen yapının monolitik kubbesi, yükseltilerek nihai konumunda geçici olarak askıya alınmış, altına taşıyıcı duvarlar inşa edilmiştir (Şekil 2.2). Bu uygulama dönemin önemli bir mühendislik başarısı olarak bilinmektedir. Benzer yöntemlerle, M.S. 17. yüzyılda Osaka Kalesi'nde kullanılmak üzere, 13 x 5 m ebatlarındaki ağır granit bloklar, stabil bir platforma yerleştirilerek bir çift gemi eşliğinde taşınmışlardır (Şekil 2.3), (Korres, 2015).



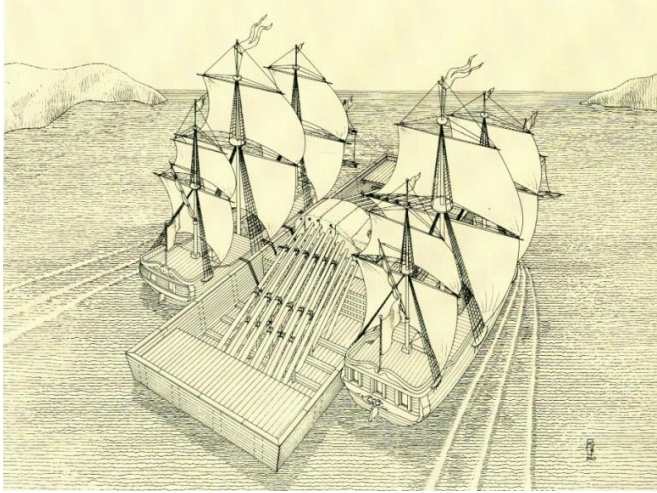
Resim 2.2. Baaldek monolitlerine ait fotoğraf (Korres, 2015)



Şekil 2.1. Mısır dikilitaşlarının taşıma sistemini gösteren çizim (Korres, 2015)



Şekil 2.2. İtalya'daki Theoderic Mozolesi'nin kubbesinin taş ocağından tek parça halinde taşınmasını anlatan çizimler (Korres, 2015)

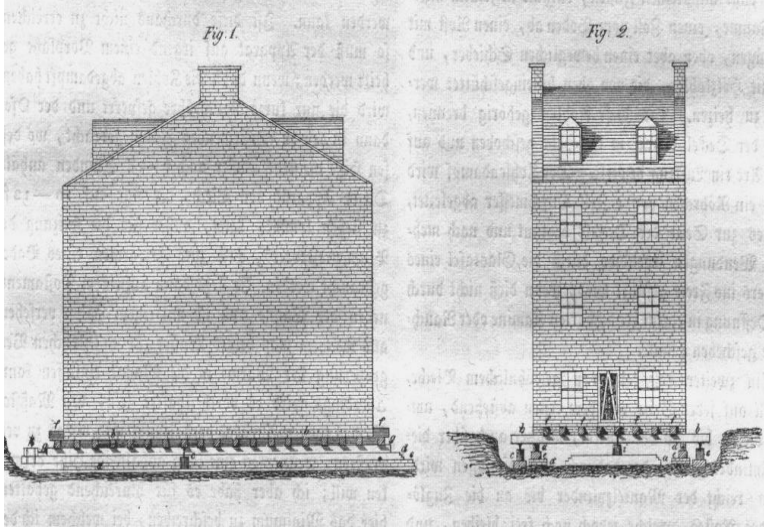


Şekil 2.3. Granit blokların Osaka Kalesi'nde kullanılmak üzere iki gemi eşliğinde taşınması (Korres, 2015)

Tek parça mimari bloklar veya heykellerden farklı olarak, bina niteliğindeki mimari unsurların taşınması, taşıma esnasında oluşabilecek deformasyonların bertaraf edilmesi ile yapı üzerinde oluşabilecek yatay ve dikey kuvvetlerin kontrol altında tutulması gibi ciddi sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu uygulamanın başlıca örnekleri takip eden paragraflarda kronolojik olarak özetlenmektedir.

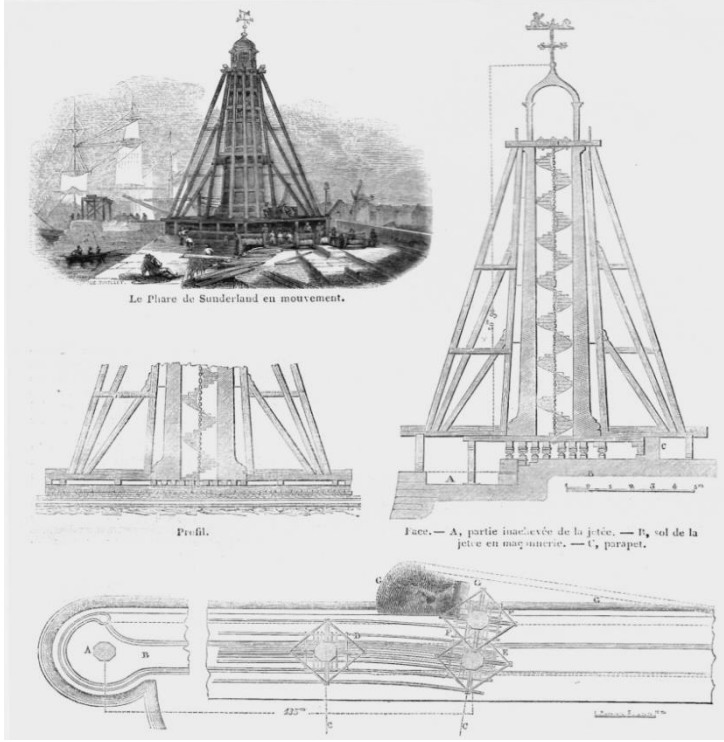
İtalyan asıllı mimar Aristotele Fioravanti, zamanın mühendislik becerilerinin ötesinde teknikler kullanarak, tahmini ağırlığı 1500 ton düzeyinde, yüksekliği ise 25 m olan yığma sistem ile inşa edilmiş Torre Della Magione'nin yana yatmış haldeki kulesini düzeltmiş ve 13 m'lik mesafeye taşımıştır. 1800'lerin başında New York'un Manhattan bölgesinde hızlı bir kentsel gelişim söz konusu olmuş, bu gelişimin önünün açılması adına eski binaların yıkılarak mevcut yolların genişletilmesi gündeme gelmiştir. Bu büyük proje hem proje sahiplerinin hem de yerel yönetimlerin karşısına büyük bir maliyet çıkarmıştır. Yıkım ve yeniden yapım bağlamında oluşan büyük maliyetlere alternatif olarak projeye engel teşkil eden yapıların bütüncül olarak taşınması fikri ortaya çıkmıştır. Bu kategorinin en eski ve önemli örneklerinden birisi, New York'ta dönemin Chatham Caddesi üzerinde 130 numarada yer alan dört katlı tuğla yığma bir binanın taşınması olmuştur (Şekil 2.4). Ünlü mühendis ve mucit Robert Stevenson'un oğlu David Stevenson (1815-1886), 1837 yılında Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'ya düzenlemiş olduğu 3 aylık seyahati süresince, bu duruma şans eseri tanık olmuştur. Stevenson'un strüktürel taşımaya ilişkin tanık oldukları, İngiltere'ye dönüşünü takiben Kuzey Amerika'da teknik bilimin gelişimini kaleme aldığı kitabında ve Almanca konuşan ülkelerde yayımlanan en önemli teknik yayınlardan biri olan;

Allgemeine Bauzeitung dergisinde, “Über das Fortbewegen von Häuser in Nordamerika” başlığıyla yayımlanmıştır (Korres, 2015; Stevenson, 1839).



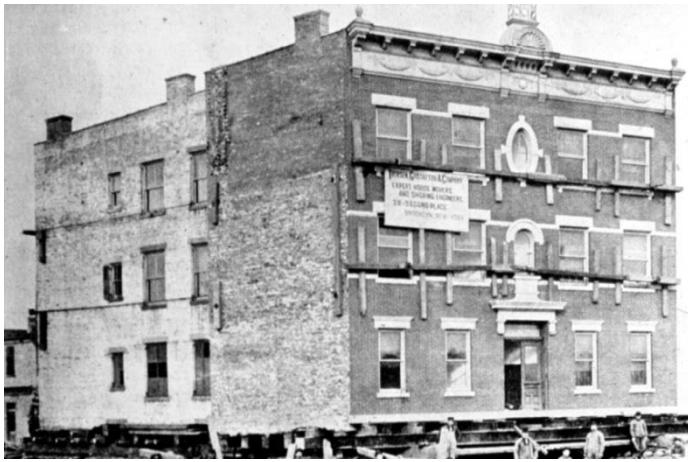
Şekil 2.4. 1800'lerde New York'ta tuğla yığma yapının taşınması (Stevenson, 1839).

1841 yılında, İngiltere Sunderland'in kuzeyindeki dalgakıranda yer alan ve yığma taş tekniği ile inşa edilmiş deniz fenerinin taşınması, bütüncül taşımanın ilk örneklerinden birisi olarak kabul edilmektedir (Şekil 2.5). Dalgakıranın genişletme çalışmaları esnasında yürütülen teknik araştırmalar sonucunda, deniz fenerinin yerinin değiştirilmesine karar verilmiştir. Projeden sorumlu inşaat mühendisi John Murrey, çözüm olarak yapının bütüncül şekilde taşınmasını önermiş ve 23 m yüksekliğindeki yapı, yaklaşık 145 m mesafeye taşınmıştır (Korres, 2015).



Şekil 2.5. 1841 yılında İngiltere'de taşınan deniz fenerine ait görseller (Korres, 2015)

19. yüzyıla gelindiğinde New York'ta binaların taşınması uygulaması yeniden, bu kez günümüzde kenti yer altında karmaşık bir ağ şeklinde sarmalayan metro hatlarının yapımına olanak sağlamak amacıyla gündeme gelmiştir. Bu yüzyıldaki uygulamalarda ise artık ağırlıkları 2000 tonu aşan yapılar, yapısal bütünlükleri bozulmaksızın, çelik raylar kullanılarak taşınmışlardır (Resim 2.3), (Korres, 2015).



Resim 2.3. 19. yüzyılda New York'taki taşıma uygulamalarından bir örnek (Korres, 2015)

1930 yılı ağustos ayında ise Cumhuriyet tarihinin bilinen ilk uygulaması olan Yalova'daki Atatürk Köşkü'nün taşıma işlemi gerçekleştirilmiştir. 1929 yılında ahşap karkas olarak inşa edilen köşk, yanı başındaki asırlık çınar ağacının dalı yapının çatısına temas ettiğinden, çınarın dalının kesilmemesi için Atatürk'ün talimatıyla mevcut konumundan yaklaşık 5 m öteye taşınmıştır. İstanbul Belediyesi fen işleri ekibi tarafından yürütülen uygulamada, öncelikle yapının temeli kazılarak ortaya çıkarılmış, İstanbul'dan getirilen tramvay rayları yapının temeline yerleştirilmiş, yapı raylar üzerine oturtularak öncelikle teras, takiben ana bina olmak üzere toplam 3 gün süren bir uygulama ile doğu yönde kaydırılmıştır (Resim 2.4), (www.isteaturk.com).



Resim 2.4. Yalova Atatürk Köşkü'nün taşıma esnası (a) (Günel, tarih yok) ve taşıma sonrası güncel (b) fotoğrafları (www.isteaturk.com)

Son yüzyılın önemli yapı taşıma örnekleri ise; 1950 yılında ünlü mühendis Jorge Matude Remus tarafından Meksika, Guadalajara'da taşınan eski posta ofisi binası ve 1974 yılında Kolombiya'nın Bogota kentinde 7000 ton ağırlığındaki çok katlı binanın çelik silindirler üzerinde 29 m mesafeye taşınmaları olarak sayılabilir (Resim 2.5), (Korres, 2015).



Resim 2.5. Meksika'da eski posta ofisi binasının taşınması (a) (www.alchetron.com), Kolombiya'da çok katlı binanın taşınması (b) (Korres, 2015)

2012 yılına gelindiğinde ise, bu güne kadar bütün halinde taşınan en ağır yapı örneklerinden olan; İsviçre'nin Zürich kentine yakın Oerlicon'da bulunan ve 6200 ton ağırlık, 80 m uzunluğundaki Maschinenfabrik binasının çelik raylar üzerinde 60 m'lik mesafeye taşınması işlemi gerçekleştirilmiştir (Resim 2.6), (Disson, 2012).



Resim 2.6. 2012 yılında İsviçre'de tarihi binanın taşınması uygulaması (Disson, 2012)

Strüktürel taşımanın yöntemleri

Diğer tüm önlemlerin yetersiz kaldığı zorunlu hallerde, mimari mirasın başka bir konuma taşınması gerekebilir. Yöntemin seçimi; taşınacak yapının inşa sistemi, malzeme özellikleri, boyutu, ağırlığı, teknik ve işçilik olanakları, bütçe vb. birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, strüktürel taşımaya ilişkin üç temel yöntemden bahsedilebilir (Şener, 2004);

Birim eleman düzeyinde sökerek taşıma

Mimari varlıkların birim eleman düzeyinde sökülerek taşınması, yetkin işgücü, bütçe ve ileri teknolojiye ihtiyaç duyulmayan, nispeten düşük maliyetle gerçekleştirilebilen uygulamalardır. Ayrıntılı rölöveleri alınan ve fotoğraflanan yapının söküm öncesi numaralandırılmış olan elemanlarının yeni konumda belgelemeye dayanılarak tekrar birleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Yöntem, çelik ve ahşap ile inşa edilmiş yapılar için nispeten daha kolay uygulanabilirken, aralarında genellikle bağlayıcı bir harç katmanı olan;

taş, tuğla, kerpiç vb. birim elemanlar ile inşa edilmiş yığma yapılar açısından uygulanması oldukça zordur. Yöntemin en büyük dezavantajları; taşıma sonrası yeni yerinde tekrar kurulacak yapının özgün malzeme ve işçiliğinden büyük ölçüde fire verilmesi, söküm sırasında dağılacak birim yapı elemanlarının özgün konum ilişkileri ile birleştirilmelerinin oldukça zor olması, yapı üzerindeki olası süslemeler ile işçilik özelliklerinin ise belli oranda hasar görmesi veya yitirilmesi olarak sıralanabilir (Ahunbay, 2014: 105).

Parçalı taşıma

Yapının birim eleman düzeyinde söküme uygun olmadığı hallerde, teknik olarak daha kolay taşınabilir bir kaç parçaya ayrılarak taşınması işlemidir. Birim eleman düzeyinde söküm ile karşılaştırıldığında, taşıma maliyeti, gerekli teçhizat ve kalifiye işçilik ihtiyacının daha üst seviyede olduğu, ancak koruma ilkeleri ve yapının mimari ve strüktürel özelliklerini taşıma sonrası da belli oranda sürdürebilmesi açısından sökülerek taşımaya nispetle kabul edilebilir bir uygulama olduğu değerlendirilmektedir (Demirtaş, 2018).

Bütüncül taşıma

Mimari mirasın daha az hasarla, özgünlüğünü etkileyen; işçilik, malzeme ve tasarım özelliklerinin daha fazla gözetilerek taşındığı taşıma yöntemi ise bütüncül taşımadır. Bu yöntem, ileri mühendislik bilgisinin yanı sıra deneyimli bir ekip, özel ekipman ile diğer yöntemlere kıyasla yüksek bir bütçe gerektirmektedir. Ancak ekonomik açıdan paha biçilemez pozisyondaki mimari mirasın yaşatılmasına yönelik bu özel koruma uygulamasında bütçe çoğunlukla göz ardı edilmektedir (Ahunbay, 2014: 105; Demirtaş, 2018).

Mimari varlıkların yapısal bütünlükleri bozulmaksızın taşınması, özgün değerlerin korunmasının yanı sıra, yapısal performansın yeni konumda sürdürülmesi açısından da avantajlı bir uygulama olarak kabul görmektedir. Parçalı ve bölümlere ayrılarak taşıma ile karşılaştırıldığında koruma ilkelerinin sağlanması açısından da bütüncül taşımanın daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Bütüncül taşımada mimari mirasın ağırlığı, boyutları, yapım sistemi, strüktürel durumu, taşıma uzaklığı, taşıma yolunun başta eğim olmak üzere fiziksel özellikleri gibi birçok faktör

kullanılacak sistemi etkilemektedir (Ahunbay, 2014: 105). Uygulamalarda taşıma senaryosu yapıya özel belirlenmekte, taşıma sistemi ve düzenekler her bir yapıya özel olarak tasarlanmaktadır. Buna karşın bütüncül taşımanın temel prensipleri hemen hemen tüm uygulamalarda aynıdır. Bunlar; yapının özgün konumdaki stabilitesinin, zeminden ayırma ve taşıma boyunca sağlanması, hidrolik krikolar veya vinç ile kaldırılarak taşınabilir hale getirilen yapının, yeni konumuna raylar üzerinde kaydırılarak veya tekerlekli özel taşıyıcılar üzerinde taşınması olarak sıralanabilir (Demirtaş, 2018).

2.4.3. Tarihi yapıların taşınarak korunmasına yönelik uygulama örnekleri

Birim eleman düzeyinde sökerek taşıma örnekleri

Keban Barajı'nın yapımı sırasında Tunceli ili, Pertek ilçesinde bulunan 16. yüzyıl Osmanlı dönemine ait; Baysungur (Yukarı Cami) ile erken Osmanlı Dönemi'nin nadir örneklerinden Çelebi Ali (Aşağı Cami) camilerinin kesme taş bölümleri, birim eleman düzeyinde sökülerek Pertek ilçe merkezine daha yakın olan yeni konumlarına taşınmışlardır. Bu iki uygulama, mimari mirasın birim eleman düzeyinde sökülerek taşınması uygulamasının ülkemizdeki başlıca örnekleridir (Burat, 1971; ODTÜ, 1967: 14-15; Shemdin, 1967).

1966 yılı ekim ayında, taşıma uygulamasından hemen önce, Orta Doğu Teknik Üniversitesi [ODTÜ] restorasyon bölümünden bir ekip Pertek ilçesinde baraj gölünden etkilenecek taşınmaz kültür mirasının belgelenme işlerini gerçekleştirmiştir (ODTÜ, 1967: 14-15). Takiben 1970'lerin başında her iki cami, bu günkü yeni konumlarında birleştirilmek üzere taş taş numaralandırılmak suretiyle sökülüştür. Özellikle moloz taş kısımlarda önemli firelerin verildiği, özgün yapıdan kayda değer bir bölümün yerinde bırakıldığı veya söküm ve taşıma esnasında hasar gördüğü literatürde anlatılmaktadır (Burat, 1971; Shemdin, 1967). Taşınan yapı parçaları ODTÜ restorasyon bölümünün katkıları ile bir araya getirilmek suretiyle ayağa kaldırılmıştır. Söküm esnasında yağlı boya kullanılarak numaralandırılan taşlar ile taşmadan kaynaklandığı bilinen kesme taş elemanlardaki kırık ve hasarlar günümüzde de rahatlıkla izlenebilmektedir (Resim 2.8, 2.9), (Parlak, 2003).



Resim 2.7. Pertek Sungur Bey Camisi'nin 1966 yılı taşıma öncesindeki durumu (ODTÜ, 1967: 15)



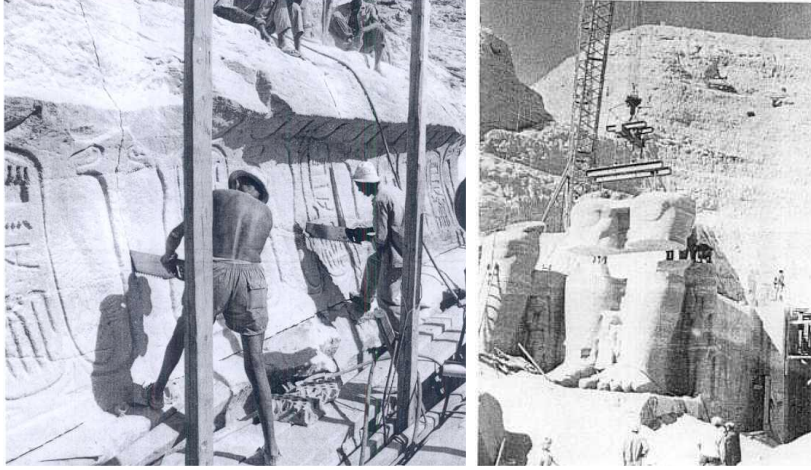
Resim 2.8. Pertek Sungur Bey Camisi'nin taşıma sonrası güncel durumu (Parlak, 2003)



Resim 2.9. Pertek Sungur Bey Camisi portik sütun detayı, taşıma öncesi (a) (ODTÜ 1967: 14), taşıma sonrası (b) (Parlak, 2003)

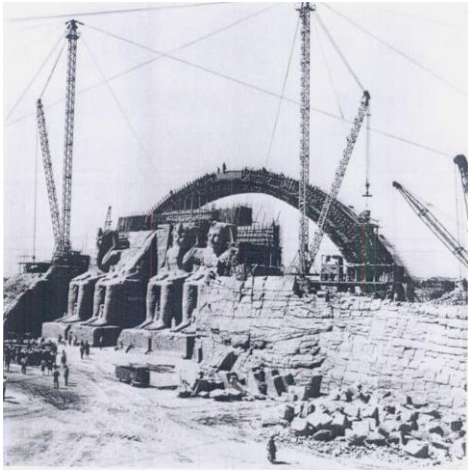
Parçalı taşıma uygulama örnekleri

Tarihi bir yapı veya anıtın parçalı halde taşınmasına ilişkin en bilinen ve başarılı örneklerden birisi; Mısır'da Nil Nehri üzerinde inşa edilen bir dizi baraj nedeniyle su altında kalacak olan Abu Simbel Kaya Tapınakları'nın taşıma uygulamasıdır (Berg,1976).



Resim 2.10. Abu Simbel Tapınağı'nın taşınabilir parçalara bölünerek taşınması (Berg,1976)

Anıtların taşıma öncesi durumları filme alınmış, fotoğrafları çekilmiş, fotogrametrik rölöveleri ve modelleri yapıldıktan sonra taşıma işlemine geçilmiştir. Kayaya işlenmiş devasa heykeller, ince taş testereleriyle, büyük boyutlu bloklar oluşturacak biçimde kesilmiş ve eski konumlarından 70 m yukarıya taşınarak yeniden birleştirilmişlerdir. Anıtların yeni konumlarında, çevre peyzajını eskisine benzetmek amacıyla devasa heykellerin gerisinde, betonarme kabuk strüktürlü yapay bir tepe oluşturulmuş ve nehir cephesinden kesilen kaya blokları bu betonarme strüktür üzerine monte edilmiştir (Ahunbay, 2014: 105).



Resim 2.11. Yeni yerinde Abu Simbel Tapınağı'na ait parçaların bir araya getirilmesi ve çevre taş duvarların özgüne uygun şekilde yeniden inşa edilmesi (Berg, 1976)



Resim 2.12. Yeni konumunda Abu Simbel tapınağı (Berg, 1976)

Bütüncül taşıma uygulama örnekleri

1975 yılında Çekya'nın başkenti Prag'ın 75 km kuzeybatısında yer alan Most kentinde, tarihi bir yapının bütüncül taşınmasının en zor uygulamalarından birisi gerçekleştirilmiştir. 60 x 30 m ölçülere, 30 m kule yüksekliğine sahip yaklaşık; 12 700 ton ağırlığındaki katedral yapısı, yeni açılacak linyit madenlerinin yapının zemini için risk oluşturması sebebiyle 28 gün sürede 841 m uzaklıktaki yeni konumuna taşınmıştır. Taşıma, yapının düşey taşıyıcı sistem ağırlığının, sağlam bir çelik strüktür ve çelik tekerlekler yardımıyla raylara aktarılması ile sağlanmıştır. Yapının raylar üzerindeki hareketi ise taşıma sistemine yatay kuvvet sağlayan 4 adet uzun hidrolik kriko ile sağlanmıştır. Katedralin taşıma projesi bu güne kadar tekerlekler üzerinde en ağır yükün çekildiği örnek olmuştur (Resim 2.13), (Ahunbay, 2014: 105; Korres, 2015).



Resim 2.13. Most Katedrali'nin taşıma esnasındaki (a) ve taşıma sonrasındaki (b) durumu (Korres, 2015)

Türkiye'de mimari varlıkların bütüncül taşınmasına ilişkin ilk güncel uygulama; 2017 yılı mayıs ayında, Batman'ın Hasankeyf ilçesinde bulunan, yaklaşık 550 yıllık Zeynel Bey Türbesi'nin taşınması ile gerçekleşmiştir. Yakın gelecekte inşası tamamlanarak su tutması hedeflenen Ilısu Barajı'nın rezerv alanında bulunan tarihi türbe, yaklaşık dört saat süren uygulama ile, özgün konumundan yaklaşık 2 km uzaklığa, baraj rezervuar alanı dışındaki yeni konumuna taşınmıştır.



Resim 2.14. Zeynel Bey Türbesi'nin taşıma halindeki fotoğrafı (2018 yılı)²

² Kaynağı belirtilmeyen resim, şekil ve çizelgeler yazarın kendisine aittir.

3. YIĞMA YAPILAR VE YAPISAL DAVRANIŞLARI

Tarihi yapıları inşa sistemlerine göre; yığma - kagir³, ahşap karkas, çelik ve birden çok sistemin bir arada kullanıldığı karma strüktürler şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Ayrıca betonarme sistemle inşa edilip, sahip oldukları; estetik, teknik, sosyal veya kültürel değerler sebebiyle tescil edilmiş, nispeten yeni yapılar da mevcuttur. Tez kapsamında, taşınmaz kültür varlığı niteliğindeki yapılardan, yığma sistem ile inşa edilenler ele alınmaktadır.

Tarihi özellikteki birçok yapının inşasında tercih edilen yığma yapım sistemi kısaca; tuğla, taş veya toprak esaslı doğal malzemelerin çeşitli tekniklerle üst üste konması olarak tarif edilebilir. Bu teknikle elde edilen yapılar yığma veya kagir olarak tanımlanmaktadır. Yığma yapılarda duvarlar, düşey taşıyıcı sistemi oluşturmanın yanı sıra, sağladıkları bölümleme ile aynı zamanda mekanları da meydana getirmektedirler. Sistemi oluşturan birim elemanlar arasında çoğunlukla bağlayıcı nitelikte harç kullanılmaktadır. Herhangi bir bağlayıcı kullanılmaksızın, malzemelerin kendi ağırlığı ve arakesitlerde oluşan yüzeysel aderans sayesinde strüktürel bir bütünlük oluşturduğu uygulamalar da mevcuttur. “Kuru duvar” olarak da tabir edilen bu tekniğin, Roma Dönemi’nde, yapı malzemesi olarak iri taş bloklarla inşa edilen anıtsal yapılarda tercih edildiği bilinmektedir.



Resim 3.1. Büyük taş blokların bağlayıcı harç olmaksızın üst üste yerleştirilmesi ile inşa edilen, Antalya, Demre’de bulunan Roma Dönemi’ne ait Myra Antik Tiyatrosu’nun analemma (beden) duvarı (Demirtaş, 2011)

³Kagir veya kargir yapım sistemi; doğal taş veya pişmiş toprağın (tuğlanın) bir bağlayıcı harç ile birlikte kullanımından elde edilen yığma örgüye verilen addır.

Başta taş ve kerpiç olmak üzere malzemenin doğada bulunduğu haliyle işlenerek yapı inşasında kullanılıyor olması, yığma sistemin binlerce yıldır mimari varlıkların üretiminde öncelikli tercih edilir olmasını sağlamıştır. Ancak malzeme özellikleri ve inşa tekniği sebebiyle, basınç dayanımları oldukça yüksek olan yığma strüktürler, diğer sistemler ile karşılaştırıldıklarında, çekme kuvveti ve yatay yüklere karşı oldukça dayanıksızdırlar. Bu açıdan deprem gibi doğal afetler ile genel olarak çekme gerilmeleri karşısında hasar ve yıkılmaya karşı oldukça duyarlıdırlar (Bayülke, 1992; Croci, 1998: 47-51).

“Yığma yapılar bazı açılardan üstün olmalarına karşın, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelenmezler” (Bayülke, 2013: 5).

Tarihi yığma yapıların strüktürel özellikleri ile yapısal davranışlarının anlaşılabilmesi için, takip eden başlıklarda incelenen; yapım teknikleri, taşıyıcı bileşenler ile hasar ve sorunlara yol açan etkenlerin bilinmesi gereklidir.

3.1. Yığma İnşa Teknikleri ve Malzemeleri

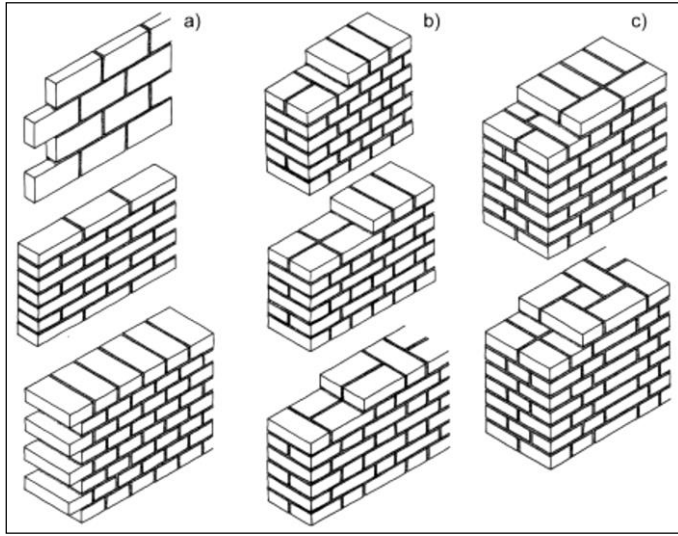
Yığma sistem ile inşa edilmiş yapılar, ülkemizdeki taşınmaz kültür varlıklarının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Yığma sistemler, kullanılan malzeme açısından aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırılabilir (Bayülke, 1992; Croci, 1998: 47-51; Fischetti, 2009: 181-206).

3.1.1. Tuğla yığma

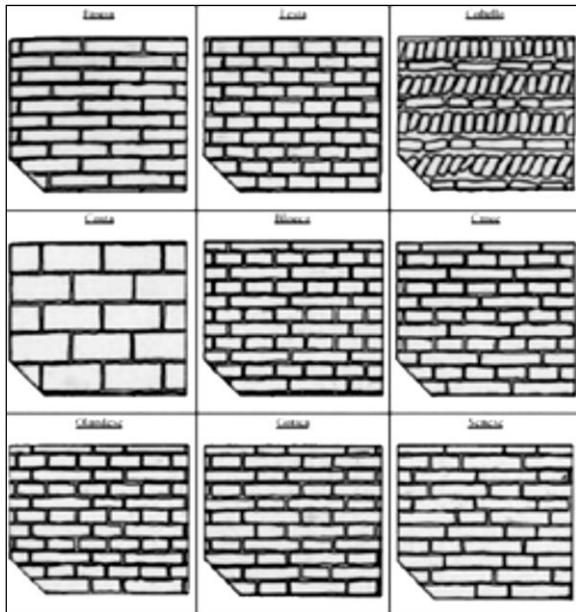
Yapı malzemesi olarak; yüksek ısıda pişirilmiş kil esaslı topraktan imal edilen tuğlanın kullanıldığı örneklerdir. Kullanılan tuğlanın türü, boyutları, dizilişi gibi faktörler, sistemin alt başlıklara ayrılmasına sebep olmaktadır. Antik ve daha erken dönem tuğla yığma yapıların duvarları, geç dönem inşa edilenlerden çok daha kalın (60 cm ve üzeri) oluşturulmuştur. Kullanılan tuğla malzemenin kalitesi, dolayısı ile de dayanımının artması ile birlikte, daha geç döneme ait yapılarda duvar kalınlıkları alt katlarda; 40-45 cm, üst katlarda ise 30 cm kalınlığa kadar düşmüştür. Bazı örneklerde duvarların dışı bütün tuğla malzeme ile örülüp, iç - çekirdek bölümlerinde ise; harç, tuğla parçaları gibi dolgu malzemelerinin kullanıldığı bilinmektedir. Tuğla yığma tekniğinde birim elemanlar arasında bağlayıcı bir harç kullanılması gereklidir. Tuğlanın boyut ve diğer fiziksel özellikleri

malzemenin, dolayısı ile de yapının dönemine ilişkin önemli bilgi veren unsurlardandır. Örneğin; Osmanlı ile Bizans Dönemi tuğlaları arasında boyutsal anlamda önemli farklılık bulunmaktadır (Bayülke, 2013: 13-20; Croci, 1998: 50).

Değişik boyutlar ve örgüdeki dizilim kombinasyonları sayesinde farklı fiziksel ve görsel nitelikte tuğla duvarların elde edilmesi mümkündür (Şekil 3.1, 3.2).



Şekil 3.1. Malzemenin farklı şekillerde dizilmesi ile elde edilen tuğla duvar örgü kesitleri (www.niker.eu)



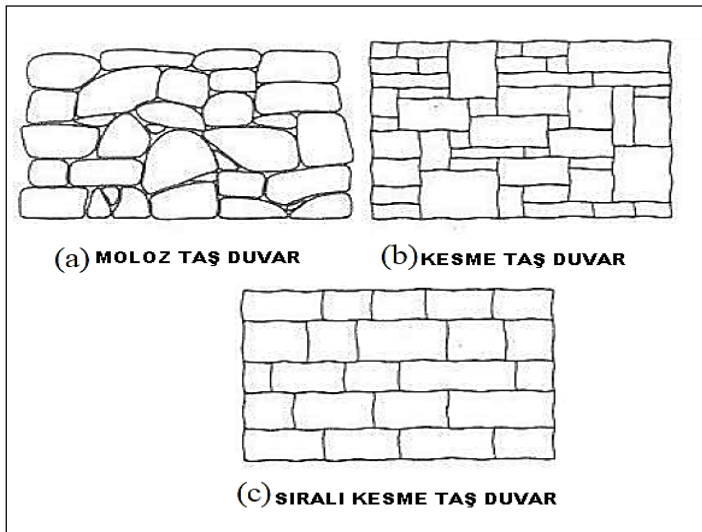
Şekil 3.2. Farklı boyutta malzeme ve dizilim kullanılarak elde edilmiş çeşitli tuğla duvar dokuları (Mannoni, 1994)

3.1.2. Taş yığma

Yapısal açıdan incelendiğinde; yığma taş duvarlar tuğla duvarlardan daha heterojen özellik gösterirler. Tuğla duvarlar genellikle ölçü ve diğer fiziksel özellikleri standart veya birbirlerine oldukça yakın birim malzemeler kullanılarak inşa edilmektedir. Yığma taş duvarlarda kullanılan birim malzemeler ise boyut, ağırlık ve dayanım olarak birbirlerinden oldukça farklı özellikler sergileyebilmektedir.

Yığma taş duvarlar, işlenerek şekil verilmiş veya doğada bulunduğu haliyle kullanılan birim malzemenin bir sistematik içerisinde veya belli bir düzen olmaksızın üst üste yerleştirilerek, aralarında bağlayıcı harç ile, bazı örneklerde ise bağlayıcı kullanılmaksızın oluşturulan sistemlerdir.

Kullanılan taş malzemenin işlenme durumuna göre taş duvarlar; moloz, kaba veya ince yonu, kesme, düzgün kesme şeklinde sınıflandırılmaktadır. Tarihi yığma yapılarda taş duvar kalınlıkları 30-40 cm'den başlayarak, bazı örneklerde yüksekliğe ve maruz kaldığı düşey yüklere de bağlı olarak, yer yer 150-200 cm'yi bulabilmekte hatta aşabilmektedir (Bayülke, 2013: 71).



Şekil 3.3. Kullanılan malzemenin işlenmişlik durumuna göre değişen yığma taş örgü biçimleri (Bayülke, 2013: 71)

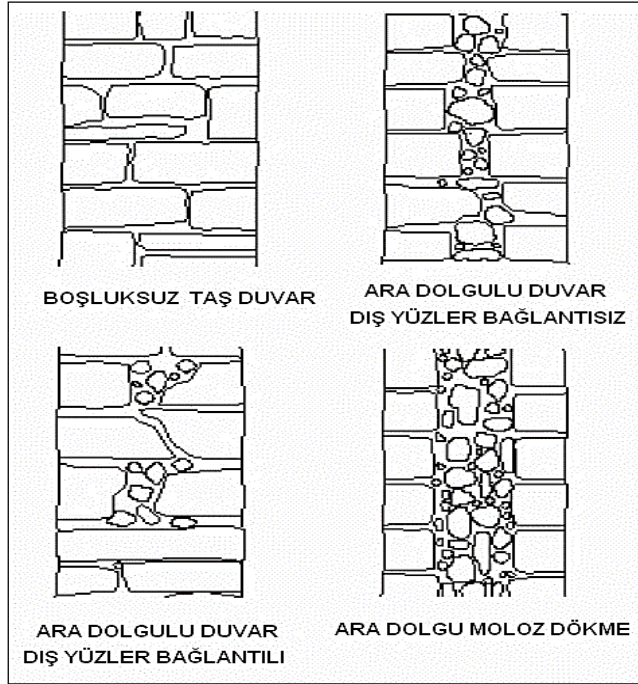
Yığma taş duvarlar, örgünün kesitine göre de sınıflandırılabilir. Tek cidarlılar, duvarın her iki yüzünü aynı birim taş eleman oluşturacak şekilde inşa edilirken, bazı

uygulamalarda ise duvar iki veya üç cidarlı inşa edilmektedir. Birden fazla cidara sahip taş duvarların ara boşluğunda çoğunlukla harç ve moloz taşlar kullanılırken, bazı örneklerde ise her iki yüzdeki birim taş elemanlar birbirleri içine geçirilerek örgünün bağlayıcılığı sağlanmaktadır. Kesit özellikleri ve cidarlı örgülerdeki yatay bağlantılar, yığma taş duvarların dayanımları ve statik davranışlarında belirleyici faktörlerdir. Birden fazla cidara sahip, araları harç, moloz veya küçük taş parçaları ile dolgularanan örnekler “sandık duvar” olarak da tanımlanmaktadır (Bayülke, 2013: 77; Beckmann ve Bowles, 2004: 88-137).



Resim 3.2. Farklı örgü teknikleri ile oluşturulmuş yığma taş duvar örnekleri

Şekil 3.4’te çeşitli yığma taş duvarlara ait en kesitleri gösterilmiştir. Örneklerden “boşluksuz taş duvar” olarak adlandırılan hariç diğerleri “sandık duvar” olarak tanımlanmaktadır. İki cidar arasında çeşitli kotlarda bağlantıların olması, duvarın dayanımını artırıcı bir etken olarak değerlendirilmektedir (Bayülke, 2013: 77).

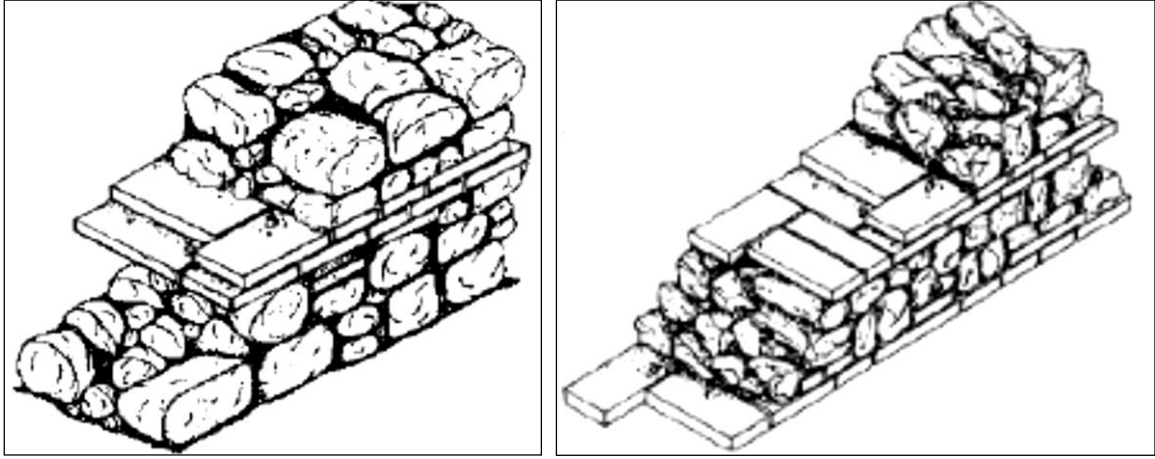


Şekil 3.4. Çeşitli yığma taş duvarlara ait en kesitleri (Bayülke, 2013: 77)

3.1.3. Taş - tuğla almalı yığma sistemler

Yığma yapılarda kullanılan bir diğer örgü tekniği ise; “almalı” olarak tanımlanmaktadır. Bu teknikte yığma örgü malzemesi olarak taş ve tuğla malzeme bir arada kullanılmaktadır. Tekniğin köklerinin Roma Dönemi’ne kadar uzandığı bilinmektedir. Taşla karşılaştırıldığında daha esnek olan tuğla malzemenin taş duvar cidarları arasında bağlantı sağlayacak şekilde kurgulanması halinde sistemin sismik dayanımını geliştirdiği söylenebilir. Almalı uygulamalar çoğunlukla bir kaç sıra tuğladan teşkil edilen yatay örgünün, süreklilik sağlayacak ve bir nevi hatıl oluşturacak şekilde, duvar yüksekliğince belli aralıklarla tekrarlanması şeklindedir (Bayülke, 2013: 69-70; Gurrieri, 1999).

Tuğlanın yığma taş örgüde diğer bir uygulanma şekli ise herhangi bir kurala veya özel tekniğe bağlı olmaksızın, düzensiz kullanılmasıdır. Bu tür kullanımda tuğlanın, yığma taş örgünün sismik ve statik davranışında önemli etkisi olduğu söylenemez. Bilakis, taş ve tuğlanın farklı fiziksel ve dayanım özellikleri sebebiyle uzun vadede örgünün daha hızlı hasar görebileceği, bozulabileceği öngörülebilir (Bayülke, 2013: 69-70).



Şekil 3.5. Almalı yığma örgüde çeperleri birbirine bağlayacak şekilde düzenli ve kurallı tuğla malzeme kullanımına örnek (Gurrieri, 1999)



Resim 3.3. Yığma taş örgüde tuğlanın düzensiz ve süreklilik oluşturmaksızın (a ve b) ve düzgün geometrili taş elemanlar arasındaki kullanımı (c) (Bayülke, 2013: 69-70)

3.1.4. Ahşap veya metal ile güçlendirilmiş yığma sistemler

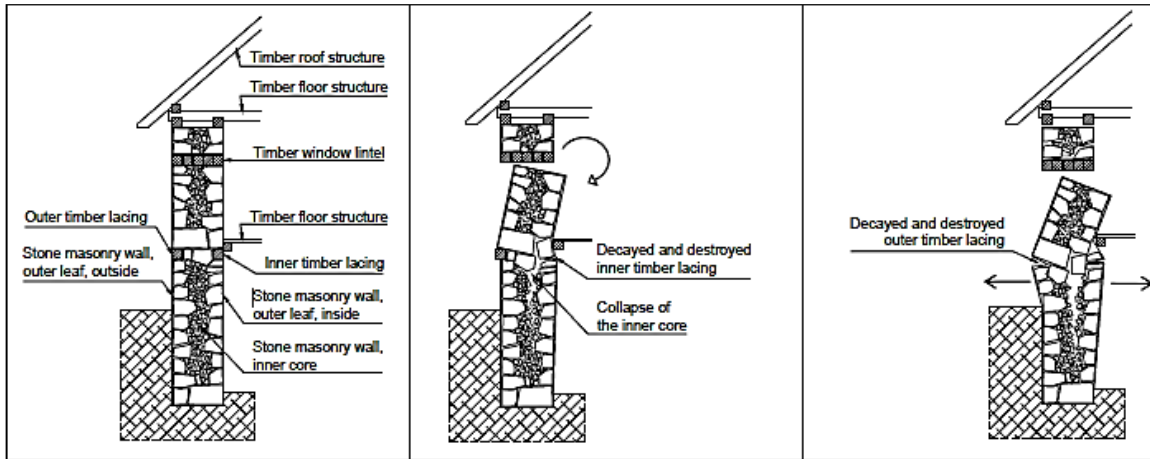
Yığma sistemle inşa edilen yapıların düşey yükler altındaki basınç dayanımları oldukça yüksekken, yatay yönlü ve çekme gerilmesi oluşturan yüklere karşı oldukça zayıf olduklarına çalışmanın başında değinilmişti. Yatay kuvvetleri karşılayabilmek ve yapısal performansın bir kademe daha artırılması amacıyla yığma sistemlerde çekme gerilmesine dayanımlı ahşap ve metal elemanların kullanıldığı bilinmektedir.

Ahşap eleman kullanımı daha çok duvar boyunca belli yüksekliklerde uygulanan yatay hatıllar şeklindedir. Ahşabın yatay ve düşeyde çerçeve oluşturacak şekilde yığma inşa malzemeleri ile bir arada kullanıldığı örneklere ise daha az rastlanmaktadır. Yığma örgünün sismik davranışı ve yapısal performansına olumlu katkısı bilinse de, bu amaçla ahşap

kullanımının en büyük dezavantajı; taş, tuğla ile karşılaştırıldığında, dayanım ve ömrünün oldukça kısa olmasıdır. Özellikle çağdaş uygulamalarda kullanılan ahşap elemanlar her ne kadar emprenye vb. koruyucu işlemlere tabi tutulsa da, zamanla çürümeleri veya fiziksel özelliklerini kaybetmeleri, yığma örgüde ciddi hasarlara, hatta yıkılmaya sebep olabilmektedir (Vintzileou, Zagotsis, Repapis ve Zeris, 2007; www.niker.eu).



Resim 3.4. Ahşap malzemenin yığma örgüde yatay yönde hatıl (a ve b) (www.niker.eu) ile ve çerçeve şeklinde kullanımı (c) (Vintzileou ve diğerleri, 2007)



Şekil 3.6. Yığma örgüde destek amacıyla kullanılan ahşap elemanlarda zamanla çürüme ve hasar oluşması halinde meydana gelebilecek olası yıkımın şematik gösterimi (www.niker.eu)

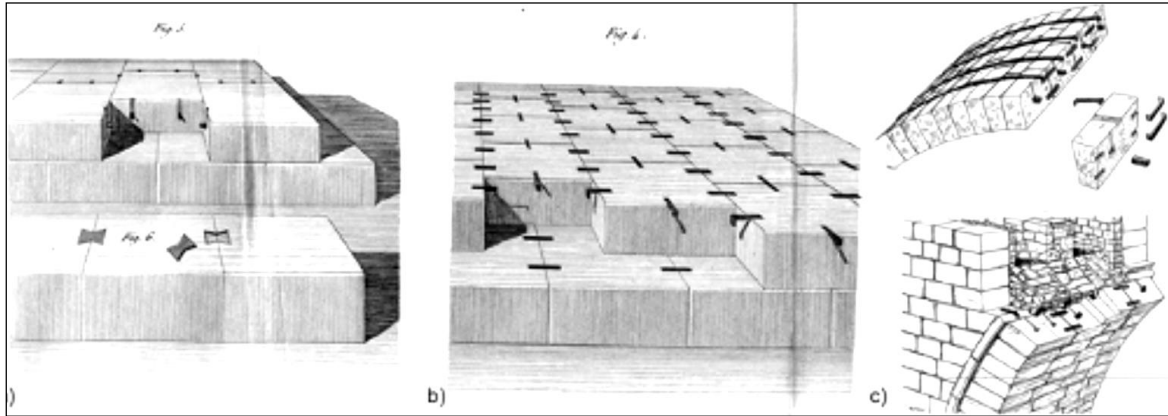
Yığma sistemlerde metal elemanların kullanımı; sürekli ve süreksiz olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir. Süreksiz metal elemanlar; kenet ve zıvanalarken, örgüde belli bir süreklilik içerisinde kullanılarak, sistemin çekme dayanımına katkı sağlayan uygulamalar ise; kuşaklama, gergi sistemleri olarak tanımlanabilir. Metal elemanlar ile yığma sistemlerin

güçlendirilmesi yönteminin eski çağlardan günümüze değin uygulandığı, Roma, Bizans ve Osmanlı mimarilerinde kenet ve zıvana elemanlarının sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir (www.niker.eu).

“Tarihi yapılarda yer alan kenetler taşı taşa bağlamak, taşları kaplama için kullanılan malzemeye bağlamak veya yapı içerisinde yer alan ahşap elemanları taşa bağlamak amacıyla kullanılmıştır. Kenet yapımında hammadde olarak; tunç, bakır veya demir kullanılmıştır. Genel olarak “U” biçiminde yapılmışlardır” (Kara, 2009).

Alemdar Bayraktar (2006) zıvanayı şöyle tanımlamaktadır; “duvarlarda üst üste gelen taşları birbirine bağlamak için kullanılan pimlere zıvana demiri denir. Zıvana demirleri alt ve üst taşlar arasında çekme elemanı görevini yapmaktadır”.

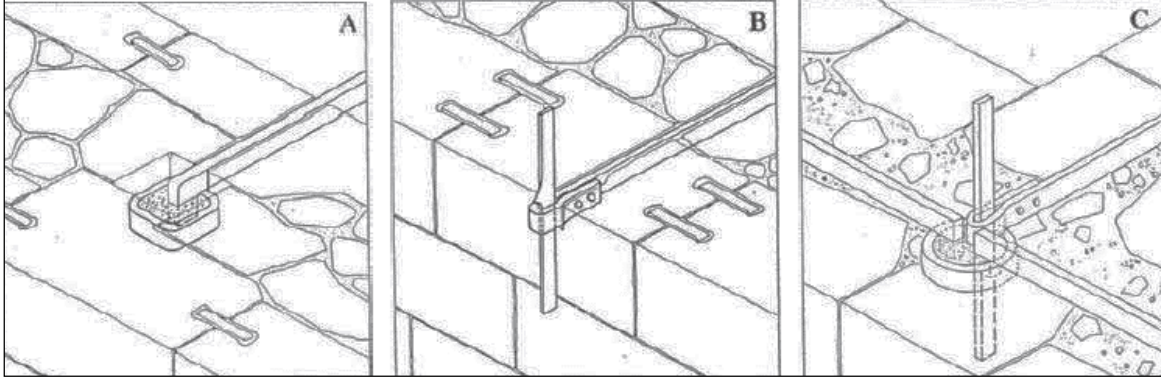
Taşlardaki oyuklar zıvana veya kenet demiri konulduktan sonra kurşunla doldurulmaktadır. Zıvanaların biçimleri birbirine yakınken, yapıdaki kullanım yerlerinde ve boyutlarında farklılıklar bulunmaktadır. Zıvanalar özellikle yatay etkilerin olduğu yerlerde kullanılmıştır (Kara, 2009).



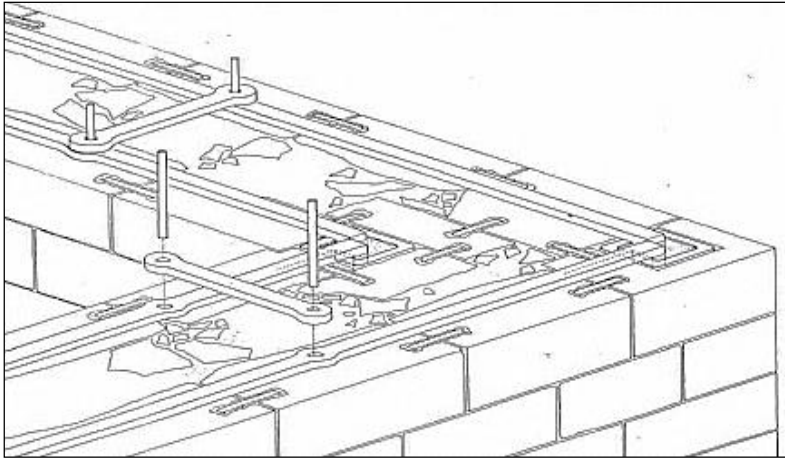
Şekil 3.7. Metal kenet ve zıvana sistemleri ile büyük taş blokların bağdaştırılmasına ilişkin örnek görseller (a ve b), Mostar Köprüsü'nde kenet ve zıvana kullanımına ilişkin şematik çizim (c) (www.niker.eu)

Çekme gerilmelerini karşılamak ve yığma sistemin fiziksel bütünlüğüne katkı sağlamak üzere tercih edilen sürekli uygulamalar olan gergi ve kuşaklama sistemlerine ilişkin farklı uygulama biçimleri Şekil 3.8’de gösterilmektedir (Mahrebel, 2006). Kemerlerin üzengi

hatlarında kullanılan gergi demirlerinin de, yığma açıklıklarda benzer bir işlev üstlendikleri söylenebilir.



Şekil 3.8. Sürekli metal elemanlar ile yığma duvarın mesnetlenmesi uygulamaları; a-simitli mesnetleme, b- açık kılıçlı mesnetleme, c- simitli mesnete kılıçlı bağlantı (Mahrebel, 2006)



Şekil 3.9. Yığma duvarda sürekli metal elemanlar ile kuşaklama uygulaması (Mahrebel, 2006)

3.1.5. Pişmemiş toprak esaslı malzemeler ile oluşturulan yığma sistemler

Pişmemiş toprak esaslı yapı malzemesi yaygın olarak kerpiç ismiyle tanımlanmaktadır. Kerpiç, büyük kil oranına sahip toprağın suyla karıştırılıp içine saman çöpü vb. malzemeler atılarak kalıplara dökülmesi, önce gölgede daha sonra güneşte kurutulması sonucu oluşturulan çiğ tuğladır. Kerpiç kolay elde edilebilir olduğu için tarihi yığma yapılarda sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Kara, 2009).

Türk Standartları Enstitüsü'nün (1977); "TS2514 Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları" başlıklı standardında kerpiç blok yapımı şöyle tarif edilmektedir;

Fazla killi topraklarda işlemeyi kolaylaştırmak ve kısmen de çatlamayı önlemek üzere kerpiç hamuruna karıştırılan kum vb. taş kırıkları, tuğla kırıntıları ve cüruf katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Toprak içinde bitkisel toprak ve turba bulunmamalıdır. İçerisindeki iri taşlar, çakıllar, kökler vb. ayıklanmış olmalıdır. Kerpişte kullanılacak saman ve bitkisel maddeler nemli, çürümüş, harmanın işlenebilme özelliğini bozacak kadar iri ve kalın olmamalıdır (Türk Standartları Enstitüsü, 1977).

Yerel imkanlarla üretilen kerpiç bloklar çamur ile birleştirilerek örülür. Genelde yük taşıma kapasiteleri düşük olan kerpiç duvarların dayanımı ahşap hatıl kullanılarak artırılabilir. Kerpiç duvarların en zayıf taraflarından biri ise ıslandığında yumuşaması ve dayanımını kaybetmesidir. Islanınca gevşeyip dağılır ve sonrasında kuruyunca çatlayıp ufalanır. Bunu önlemek için kerpiç harcına çimento veya kireç ya da her ikisi birden katılabilir. Bu malzemeler kerpici oluşturan kil ve kum tanelerinin birbirine yapışmasını sağlarlar (Bayülke, 1978).



Resim 3.5. Farklı nitelikteki toprak esaslı yığma yapı malzemelerine ilişkin görseller;
a-kerpiç, b- sıkıştırılmış toprak, c- kırıkt katkı çamur harcı bloklar
(www.niker.eu)

3.2. Yığma Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler

Geleneksel yapılarda taşıyıcı sistemi (strüktürü) oluşturan elemanlar aynı zamanda mekanları da tanımlamaktadır. Yapılarda mekan teşkili düşey bölücü veya taşıyıcılar ile yatay veya eğrisel örtü elemanlarıyla sağlanır. Düşey taşıyıcı elemanlar; sürekli (duvarlar) ve noktasal (sütun ve ayaklar) olmak üzere ikiye ayrılır. Yatay taşıyıcılar döşemelerdir. Eğrisel örtü elemanları; kemer, tonoz, kubbe başlıkları altında toplanabilir. Temeller ise üst yapıdan gelen yükleri zemine aktarır (Bahtiyar, 1998).

3.2.1. Temeller

Temellerin işlevi; hem yatay hem de düşey yönde toplanan bileşke yükleri yapının üzerinde kurulu olduğu zemine aktarmaktır. Bu özellikten yola çıkarak, bir yapının ayakta kalabilmesi ana koşulunun; yapıdan gelen tüm bileşke yüklerin dengeli şekilde zemine aktarılması ve bu dengenin gerek zemin, gerekse de yapı veya temelinden kaynaklanabilecek olası hasar ve sorunlardan etkilenmemesi olduğu söylenebilir (Bayülke, 1992, Çamlıbel 2000). Geleneksel yığma yapıım sistemine sahip yapılarda temeller iki şekilde teşkil edilmişlerdir (Mahrebel, 2006);

Yüzeysel - sığ temeller

Daha çok yapıdan kaynaklı dinamik ve statik yükleri karşılayabilecek düzeyde sağlam ve yüksek dayanıma sahip zeminlerde tercih edilen temel sistemidir. Düşey yönde yükün temele aktarım şekline bağlı olarak sürekli veya tekil olabilmektedirler.

Derin temeller

Yapıdan gelen yükleri karşılamaktan uzak, yumuşak veya dolgu zeminler ile yığma köprüler ve rıhtımlar gibi su yapılarında tercih edilen temel sistemidir. Çoğunlukla çapı geniş ve uzun ahşap direklerin, sağlam zemine erişinceye kadar yumuşak zemine çakılması ile oluşturulmuşlardır. Çakılan ahşap kazıkların üst kotta yatay ahşap kirişlerle birbirlerine bağlanmasıyla oluşturulan ızgara sistem, üzerine inşa edilen yığma yapı için uygun ve sağlam zemini oluşturmaktadır (Çamlıbel, 2000).

İstanbul'da Haliç ve Tarihi Yarımada bölgesinde denize yakın konumdaki birçok sivil ve anıtsal mimarlık örnekleri ile yığma taş köprülerin birçoğunun temellerinde bu sistemin kullanıldığı bilinmektedir. Bu tür temellerde ahşabın havayla temas etmiyor olması, malzemenin bozulmasını engellemektedir. Uygulamada ahşap aynı zamanda sismik izolatör görevi de üstlenerek yapıların uzun süre sağlam kalmalarına katkı sağlamaktadır.

3.2.2. Düşey taşıyıcı elemanlar

Yığma yapılarda düşey elemanlar, yapının statik yükleri ile maruz kaldığı dinamik yükleri düşey yönde temel ve zemine aktaran yapı bileşenleridir. Düşey taşıyıcı unsurlar, süreklilik durumlarına göre aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir;

Yükü sürekli - doğrusal olarak aktaran elemanlar

Duvarlar

Tarihi yığma yapılarda taşıyıcı duvarlar; kesme, yonu veya moloz taş, tuğla ya da almalı sistem ile inşa edilen ve yapıdan gelen yükleri temele ileten sürekli elemanlardır (Bayülke, 1978).

Yükü noktasal - tekil olarak aktaran elemanlar

Sütunlar

Tek parça ya da davul şekilli mermer, granit ya da başka bir taş ile oluşturulabilirler. Süreklilik, parçaların birbirlerine merkezi pimlerle bağlanması ile sağlanmaktadır (Sesigür, Çelik ve Çılı, 2007).

Yığma Taşıyıcı Ayaklar

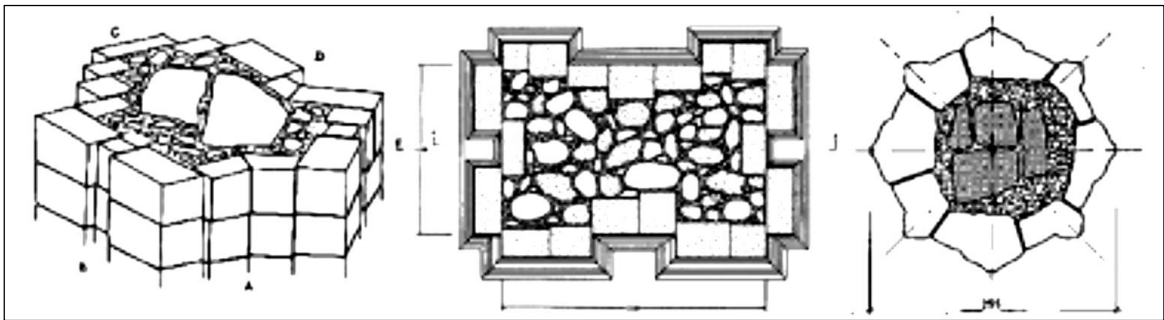
Yük aktarım mantığı sütunlarındaki gibi noktasal olmakla birlikte, sütunlardan farklı olarak tekil elemanlar yerine, birim yapı elemanlarının çokgen veya dairesel bir kesitte bir araya getirilmesiyle inşa edilen taşıyıcı unsurlardır (Çamlıbel, 2000; Ünay 2002).



Resim 3.6. Leodikeia Antik Kenti'nden (Denizli) tek parça (a) ve çok parçalı (b) sütun örnekleri



Resim 3.7. Yığma taş taşıyıcı ayak örnekleri; a- Leodikeia Antik Kenti bazilika yapısı, Denizli, b- Alacahan taşıyıcı ayakları, Trabzon (Demirtaş, 2011)



Şekil 3.10. Farklı tekniklerle inşa edilmiş yığma taşıyıcı ayak kesit örnekleri, a- Pavia, b- Noto ve c- Milano Katedralleri, İtalya (www.niker.eu)

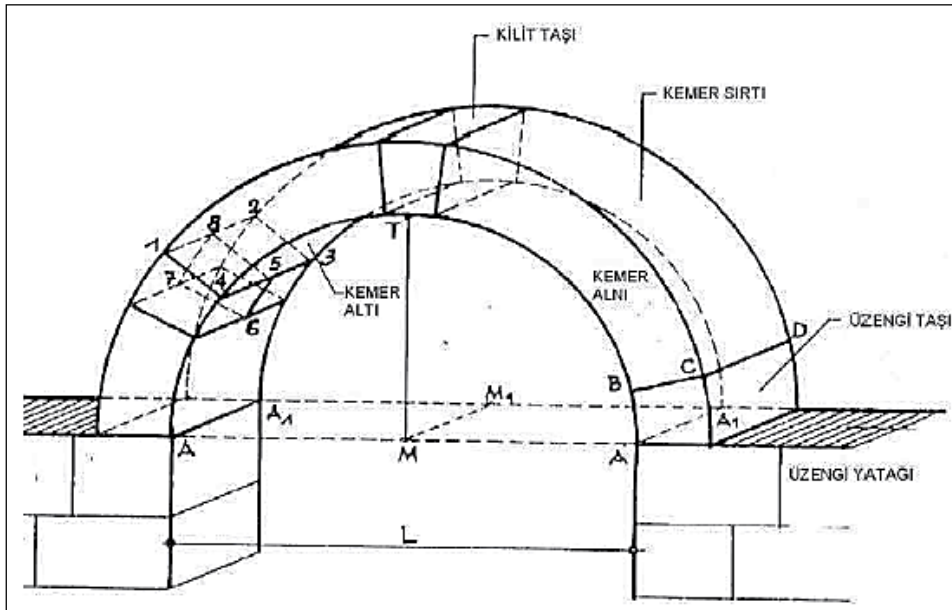
3.2.3. Mekan örtüleri ve yatay açıklık elemanları

Yığma sistem yapılarda üst örtüler ile kapı, pencere gibi mimari boşlukların oluşturulabilmesi için yatay taşıyıcı unsurlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu unsurlar yapıdaki statik ve dinamik yüklerin yatay yönde düşey taşıyıcı elemanlara aktarılmasını, oradan da temele ve nihayet zemine iletilmesini sağlamaktadır. Yığma yapılarda yatay taşıyıcı elemanlar; kemer, tonoz ve kubbe olarak sınıflandırılabilir. Kubbe ve tonoz mekan örtüleri olarak işlev görürken, kemer ise bir tür yatay açıklık tanımlayıcı olarak çalışmaktadır (Bayülke, 1992; Ünay, 2002; 49-51).

Kemerler

“Kemerler, yatay bir açıklık boyunca içsel basınçla kendi ağırlığı ve yapıya ait diğer yükleri taşıyan, yapısal elemanlardır” (Ünay, 2002: 49-51). Kemerin yapısal anlamda eğri eksenli bir kiriş olduğu da söylenebilir.

Bir kemerde, kemer örgü taşı olarak; üzengi, kilit taşı ve kemer taşları olmak üzere üç eleman bulunur. Üzenği taşı, kemerin başlama taşıdır. Kilit taşı, kemerin düşey ekseninde bulunan ve kendisi ile üzengi arasındaki taşları kilitleyen taşıdır. Kemer taşları, kilit taşı ile üzengi taşları arasında kemeri oluşturan taşlardır (Bayülke, 1992).



Şekil 3.11. Kemerin yapısal elemanlarının gösterimi (Mahrebel, 2006)



Resim 3.8. Yığma taş kemer örneği, bazilika yapısı, Side, Antalya

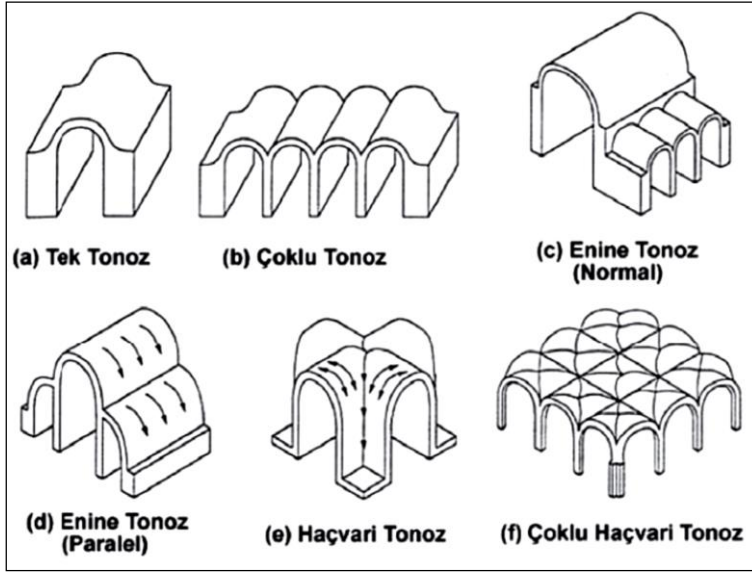
Kemer yapısının bozulmasına neden olan en büyük etken; mesnetlerin açıklık doğrultusunda açılmasıdır. Bu yüzden pek çok tarihi yapının kemerlerinde ahşap veya metal gergi çubuğu kullanılmıştır (Ünay, 2002: 51).

Kemerler oluşturdukları yayın merkez sayısı ve konumuna göre farklı formlar ve formdan kaynaklı olarak; düz, sepet, basık, sivri gibi isimler alırlar.

Tonozlar

Tonoz, bir kemerin kendi düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi sonucu meydana gelen yüzeysel bir yapı bileşenidir. Yığma sistem ile inşa edilmiş tarihi yapılarda dikdörtgen alanların kapalı bir hacim haline getirilmesinde kullanılmıştır. Tonozlar; ilkel tonoz, beşik tonoz, çapraz tonoz ve manastır tonozu olmak üzere dört türdür (Sesigür ve diğerleri, 2007).

“Tonoz, kendi ağırlığı ile birlikte üzerindeki kaplama yüklerini de taşır. Bir tonozun kesiti, aynı eğrilikteki bir kemerin eşdeğeridir. Tonoz mesnetlerinde oluşan yanıl kuvvetler, temellere doğru kalınlaştırılmış duvarlar, kemerlerde olduğu gibi gergiler veya payandalarla taşınır” (Saraç, 2003).



Şekil 3.12. Tonoz türleri; a- tek tonoz, b- çoklu tonoz, c- enine tonoz (normal), d- enine tonoz (paralel), e- haçvari tonoz, f- çoklu haçvari tonoz (Sesigür ve diğerleri, 2007)

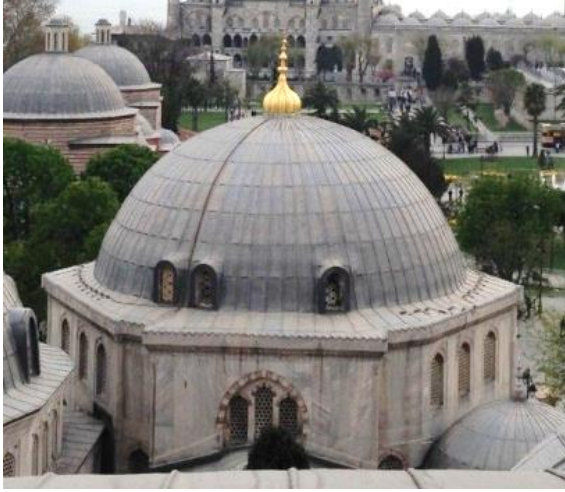


Resim 3.9. Aspendos Tiyatrosu summa cavea üst örtüsünden tonoz örneği

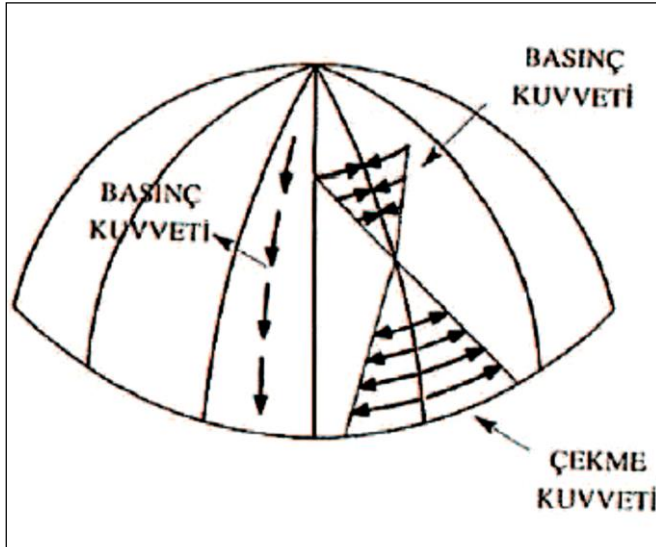
Kubbe

Kubbe bir kemerin düşey simetri ekseni etrafında dönmesiyle elde edilen bir örtü sistemidir. Genellikle tuğla, daha az sıklıkla taş ve ahşap malzeme ile yapılmış örnekleri vardır. Genel anlamda kemerin taşıyıcılık özelliklerine sahiptir. Kubbe, mesnetlerinde sürekli bir taşıyıcı yüzey elemanına gereksinim duyar. Bu nedenle kubbenin dairesel bir mesnete oturması gereklidir. Çokgen planlı yapılarda yüklerin kubbeden, yani daireden doğrusal duvarlara

iletilmesi geçiş elemanları ile sağlanmaktadır. Bu elemanlar çoğunlukla; pandantif, tromp ve Türk üçgenidir (Sesigür ve diğerleri, 2007).



Resim 3.10. Ayasofya Müzesi güney cephesinden kubbe formu örtü örneği



Şekil 3.13. Yığma kubbelerde oluşan yük dağılımlarını gösterir çizim (Sesigür ve diğerleri, 2007)

Tarihi yığma yapılarda kubbeler genellikle birer küre parçası olarak yapılmışlardır. Yığma sistem, çekme etkilerine dayanıklı olmadığından, kubbenin geometrisi bünyesinde çekme gerilmeleri meydana gelmeyecek şekilde belirlenmiştir. Bazı örneklerde kubbelerde oluşturulan pencere vb. boşluklar, çekme gerilmelerinin karşılanmasında kesintiye sebep olur. Bu durumlarda kubbenin pencerelerin bulunduğu bölümlerinde çatlaklar oluşabilir (Sesigür ve diğerleri, 2007).

3.2.4. Yatay taşıyıcılar - döşemeler

Kapalı veya açık hacimlerin üstünü örtmek amacıyla kullanılan, yapının katlarını birbirinden ayıran, yapının yatay yüklerini düşey elemanlara aktaran yapı elemanlarıdır. Döşemeler üzerine gelen ve kendi zati ağırlığından kaynaklanan yükleri doğrudan taşıyıcı duvarlara ya da önce ahşap, çelik vb. kirişlere daha sonra taşıyıcı duvarlara aktarırlar. Tarihi yığma yapıların döşemeleri genellikle kubbe ve tonoz formlarında olmakla birlikte, ahşap, çelik ve kagir elemanlar kullanılarak inşa edilmiş örnekler de bulunmaktadır. Bu tarz döşemeler; ahşap, volta ve adi volta döşeme olarak sınıflandırılabilir (Mahrebel, 2006).

Döşemeler düşey yükler altında, çeşitli yük aktarım şekilleri dışında yapının genel davranışını etkilemezler, fakat deprem sırasında diyafram etkisi nedeniyle yatay yük aktarımı bakımından döşemelerin önemi artar. Döşemenin olmaması ya da boşlukların bulunması binada düzensiz plan oluşturur ve yapının depreme karşı davranışını olumsuz etkiler (Ünay, 2002: 39).

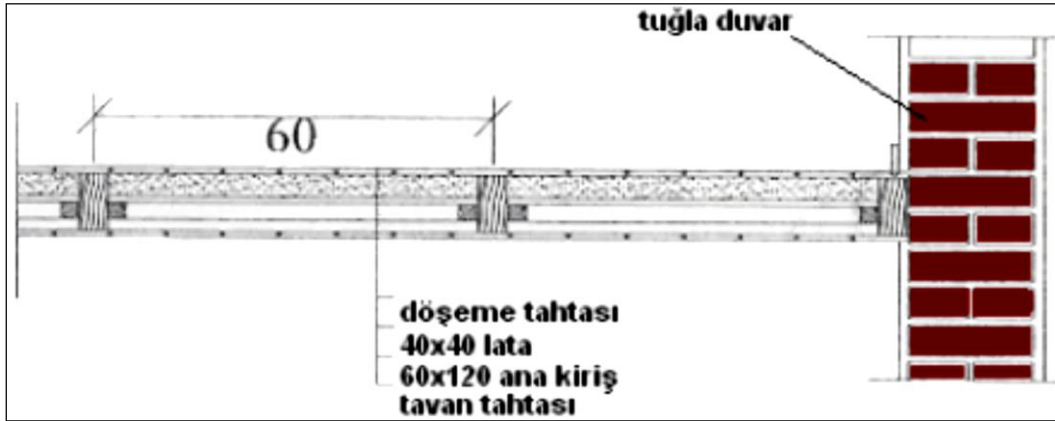
Ahşap döşemeler

Ahşap döşeme, açıklığın kısa kenarı doğrultusunda, genellikle 50-80 cm arasında değişen aralıklarla yerleştirilen kalın ahşap kirişlerle oluşturulan döşeme tipidir. Ahşap kirişler yatay açıklık yükünü düşeyde yığma yapı elemanlarına, çoğunlukla da açıklığa paralel yönde süreklilik gösteren duvarlara aktarmaktadır. Döşemenin zemini oluşturan üst yüzü genellikle kaplama tahtaları ile kaplıyken, tavanı oluşturan alt yüzler ise; bağdadi çıta veya sıva teli üzeri sıva, ahşap ters tavan vb. gibi farklı uygulamalarla oluşturulmaktadır (Kara, 2009).

Ahşap döşemenin yığma yapı elemanları ile bağlantısının sağlam yapılması gerekmektedir. Çürüme ve yangın gibi sorunlara karşı dayanıksız olmaları en büyük dezavantaj olarak ortaya çıkmaktayken, yığma sistem ile karşılaştırıldığında oldukça hafif olmaları, yapının toplam statik yükünün azalması açısından avantaj olarak sayılabilir.



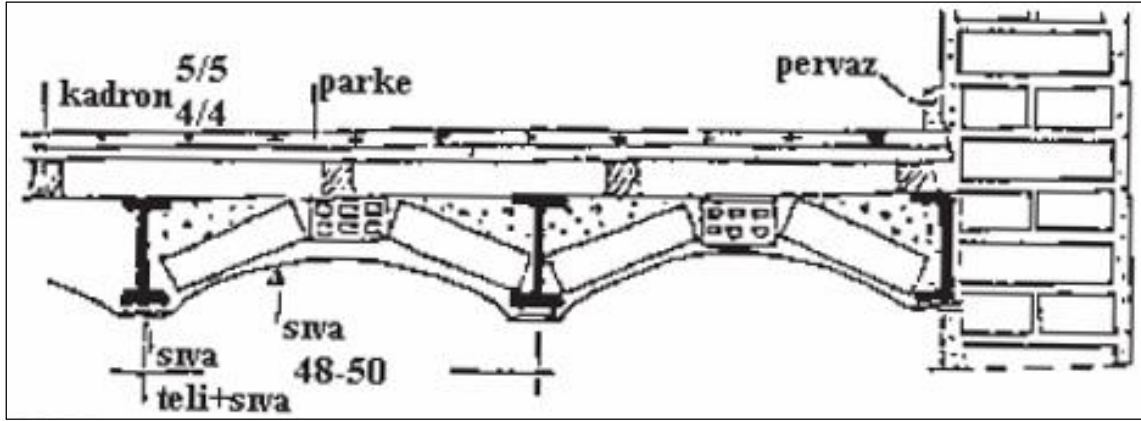
Resim 3.11. Tavanda ahşap kirişlere alt yüzden uygulanan bağdadi çıta üzerine sıva uygulaması (a), zeminde büyük ahşap kirişlerin mekanın kısa kenarı boyunca kullanımı, Kongre Binası, Ardahan (b)



Şekil 3.14. Tipik ahşap döşeme kesit detayı (Kara, 2009)

Adi volta döşeme

0,50 – 0,56 m aks aralığında dizilmiş olan NPI profiller arasında üç tuğla kullanılarak yapılan tonoz formu döşemedir. Tuğlalar arasında bağlayıcı malzeme olarak genellikle çimento harcı veya özel karışım kireç harçları kullanılmıştır. Tuğlaların üstü putrel başlıklarının seviyesine kadar cüruf betonu ile doldurulup tesviye edilerek üzerine döşeme kaplaması yapılır. Uygulamada putrellerin altı sıva teli ile kaplanarak tuğlalarla birlikte sıvanır veya yalnız tuğlaların altı sıvanıp putrellerin altı yağlı boya ile boyanmaktadır (Mahrebel, 2006).



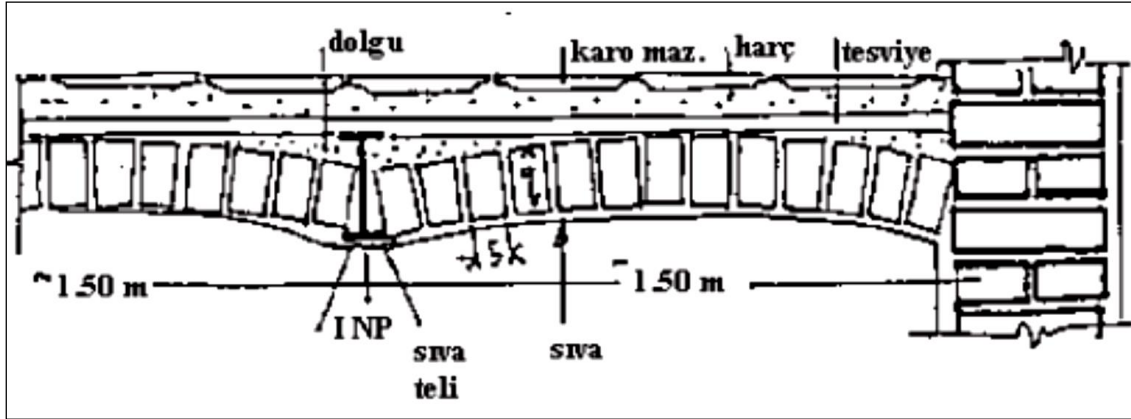
Şekil 3.15. Tipik adi volta döşeme kesit detayı (Çelebi, 2001)



Resim 3.12. Sıvasız adi volta döşeme örneği (a) (Kara, 2009), alt yüzeyi sıvalı volta döşeme örneği (b)

Volta döşeme

Tek doğrultuda çalışan volta döşemeler, çelik I profil kirişlerin araları tuğla tonozlarla örülerek meydana getirilmektedir. Basınca çalışan tuğla tonoz kemerler, düşey döşeme yüklerini uzun doğrultudaki çelik kirişlere, çelik kirişler de üzerine oturduğu duvarlara ya da kolonlara aktarırlar. Yatay deprem yükleri altında çelik profiller kayabilir, tuğla kemerler, düzlemine dik ve düzlemi doğrultusundaki eğilme ile zayıflayabilir, çelik kirişlerle tuğla arasında dinamik etkileşim olabilir ve sistem bir diyafram çalışması göstermeyebilir (Arun, 2005).



Şekil 3.16. Tipik volta döşeme kesit detayı (Çelebi, 2001)

3.3. Tarihi Yığma Yapılara Etkiyen Yükler ve Yapısal Davranışları

Tarihi yığma yapılar, betonarme, çelik vb. modern yapım sistemlerinden daha farklı yapısal özellik ve karmaşık reaksiyon gösterirler. Bu durumun sebepleri arasında; yığma yapıların kendilerine özgü tasarıma ve taşıyıcı bileşenlere sahip olmalarının yanı sıra sistemi oluşturan; tuğla, taş ve harç gibi farklı nitelikteki malzemelerin sahip oldukları birbirinden oldukça farklı fiziksel özellikler de sayılabilir. Betonarme vb. sistemler çoğunlukla homojen yapısal davranış sergilerken, örneğin; kesme taş iç yüzey, moloz dolgu iç çekirdek ve moloz taş dış çeperden oluşan bir yığma duvarın homojen davranması beklenemez (Crocì, 1998: 89, 95).

Yukarıda sıralanan tespitler doğrultusunda, kültür varlığı niteliği taşıyan yığma yapıların yapısal performanslarının öngörülebilmesi ve çözümlenebilmesi için, yapılara etkiyen başlıca yükler ve bu yükler karşısındaki reaksiyonlarının bilinmesi gereklidir.

3.3.1. Yığma yapılara etki eden yükler ve diğer çevresel faktörler

Yığma yapılara etki eden yükler iki başlık altında sınıflandırılabilir (Bayülke, 1992);

- Sabit (ölü) yükler
- Değişken (hareketli) yükler

Sabit (statik veya ölü) yükler, yapıya varlıkları süresince etki eden ve zamana bağlı değişiklik göstermeyen yüklerdir. Yığma yapının kendi ağırlığı ve bu ağırlıktan kaynaklı oturduğu zemine etkiyen yük sabit yüküdür.

Dinamik veya hareketli yükler ise; yığma yapıya farklı periyot ve sürelerde, farklı noktalarından etki eden değişken yüklerdir.

Değişken (hareketli) yüklerin başlıcaları; rüzgar, kar, akarsu, sıcaklık değişiminden kaynaklı genleşmeler gibi direk olarak doğal çevre ve iklimsel etkiler sonucu ortaya çıkanlar, yapının inşa edildiği zemindeki oturmalar veya olası diğer zemin hareketlerinden kaynaklı yükler ile tarihi yapılardaki en önemli yıkım ve hasar sebeplerinden biri olan deprem yükü olarak sıralanabilir. Ayrıca yapının maruz kaldığı; insan, eşya, trafik vb. yükler de, değişken veya hareketli yük olarak tanımlanmaktadır (Bayülke, 1992; Fischetti, 2009: 181-206).



Resim 3.13. Tarihi yığma köprüye etki eden değişken yüklere örnekler; yapının teknik ve mimari kapasitesine uygun olmayan ağır trafik yükü, akarsudan kaynaklı dinamik yük, Uzunköprü, Edirne (Demirtaş, 2013)

3.3.2. Yığma yapıların yapısal davranışları

Yığma sistemleri oluşturan malzemeler; taş, tuğla, kerpiç vb. elemanlardan oluştuğu için bu yapılar çok rijit bir özellik göstermektedir. İnşa edildikleri dönemden bu yana karşılaştıkları başlıca problemler depremler ve zeminde meydana gelen değişimlerdir. Ağır kütleyle sahip tarihi yığma yapılarda zemin hareketleri sonucu meydana gelen oturmalar yapının hasara uğramasına yol açmış, depremler sebebiyle ise yapılar kısmen veya tamamen yıkılmıştır (Kara, 2009).

“Yığma yapıların dinamik etkiler karşısında gösterdiği reaksiyonlar, günümüz yapı elemanları olan beton ve çeliğin mekanik özelliklerinden oldukça farklıdır. Her şeyden önce

yığma yapının mekanik özelliklerini etkileyen birçok faktör vardır. Yapıların dinamik özellikleri; periyodları, mod şekilleri ve sönüm oranlarıdır” (Türker, 2010).

“Yığma kagir yapılar sünekliği az, gevrek bir malzeme ile inşa edilir. Kagir yapıların düşey yüklere ve yatay deprem yüklerine dayanımı; duvar geometrisine, kullanılan malzeme dayanımına, yığma blokların birleştirilme şekline bağlıdır” (Arun, 2005).

“Kagir yapıların davranışında duvarı oluşturan blokların basınç dayanımı önemlidir. Çünkü blokların çekme dayanımı çok küçüktür. Bu nedenle deprem kuvvetleri karşısında duvarın düzlemi doğrultusunda ve düzlemine dik birim ağırlığına gelen eğilme dayanımı çok zayıftır” (Arun, 2005).

3.4. Tarihi Yığma Yapılarda Hasar Mekanizmaları, Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri

3.4.1. Tarihi yığma yapılarda hasar mekanizmaları

Tarihi yığma yapılarda hasar nedenleri

Tarihi nitelikteki yığma yapılar, özellikle de ana yapı malzemesi olarak taş kullanılanlar, oldukça ağır strüktürler olup, dinamik ve yatay yükler karşısında esnek olmayan gevrek davranış sergilerler. Çekme dayanımı ve esneklik değerleri oldukça düşük olan bu yapılar, gerek statik, gerekse de dinamik olsun, yapısal dayanımlarının sınır değerlerindeki yüklere maruz kaldıklarında kısmen hasara uğrama veya tümüyle yıkılma riskiyle karşı karşıya kalırlar (Fischetti, 2009: 181-206; Ünay, 2007).

Tarihi yığma yapıların geleceğe güvenle aktarılmasını amaçlayan strüktürel onarım ve güçlendirme işlemlerinin doğru ve etkili gerçekleştirilebilmesi için, bu yapılarda meydana gelen hasar nedenlerinin bilinmesi ve müdahalenin bu tespitlere göre planlanması gereklidir.

Yapısal hasarların başlıca sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2004);

Yapımdan kaynaklanan hasarlar

Taşıyıcı eleman kesitlerinin beklenen yüklerin oluşturacağı etkileri taşıyabilecek durumda olmaması, taşıyıcı sistemde yükün iletilmesinde ve taşınmasındaki eksikliklerden kaynaklanan hasarlar.

Zeminden kaynaklanan hasarlar

Zeminin taşıma gücünün düşük olması, farklı oturmaların ortaya çıkması, zemin sıvılaşması ve yeraltı su seviyesinin değişimi sonucu yığma yapıda ortaya çıkan hasarlar.

Malzemedan kaynaklanan hasarlar

Yığma yapının inşasında kullanılan malzemede çeşitli dış etkenlerden, malzemenin doğal ömründen kaynaklanan ve zaman içerisinde yapısal hasar oluşmasına sebep olan malzeme hasarları.

Diğer sebepler

Sel, yangın ve deprem gibi doğal afetlerin yanında bakımsızlık, terk edilmişlik ve kasıtlı tahrip sonucu ortaya çıkan hasarlar.

Tarihi yığma yapılarda hasar biçimleri

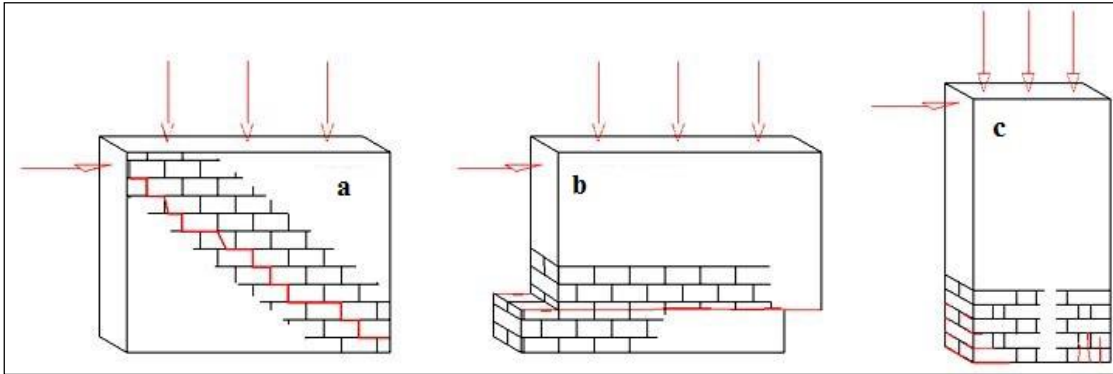
Tarihi yığma yapılarda görülen hasar biçimleri, taşıyıcı sistem / yapısal elemanın yapıdaki konumuna göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Aköz, 2008; Fischetti 2009: 181-206);

Düşey taşıyıcı hasarları (duvar, sütun ve ayaklar)

İnşa edildikleri yapı malzemesinden bağımsız olarak, yığma duvarlardaki hasar mekanizmaları iki genel başlık altında incelenebilir;

Yığma duvarın düzlemsel davranışı

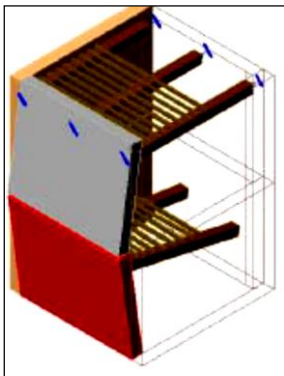
Duvarların kendi düzlem sınırları içerisindeki reaksiyonları sonucu meydana gelen hasarların başında çatlaklar gelmektedir. Buna göre yığma örgüye etkiyen kuvvetlerin oluşturdukları kesme ve eğilme etkisi yığma duvarda farklı özellikte çatlaklara yol açmaktadır (Aköz, 2008).



Şekil 3.17. Yığma duvarlarda kesme (a ve b) ve burulma (c) etkisi altında meydana gelen çatlaklara ilişkin şematik gösterim (Aköz, 2008)

Yığma duvarın düzlem dışı (duvar eksenini) dışındaki davranışları

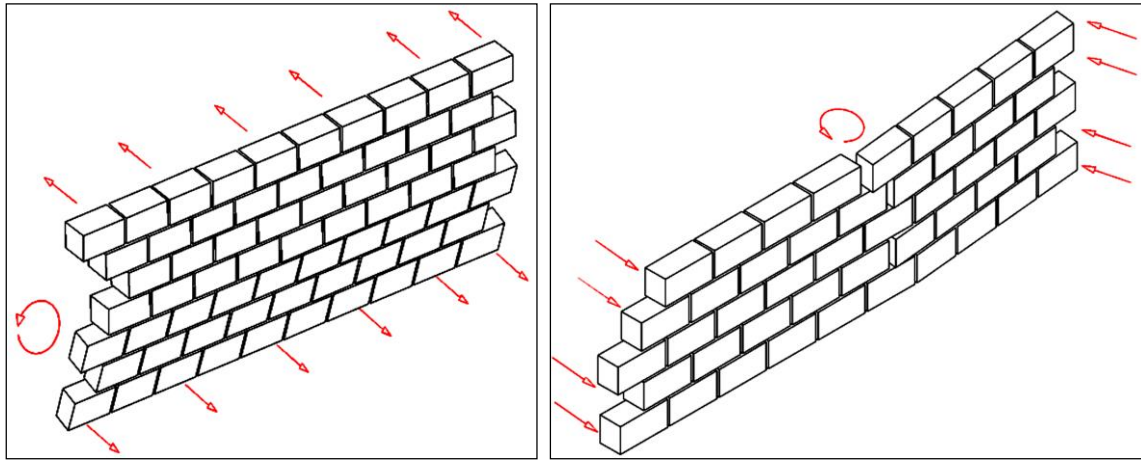
Yığma duvarlarda hasara neden olan bir diğer davranış mekanizması; duvarın düzlemsel eksenini dışına doğru dönmesidir. Bu hareketi; yatay, düşey ve her iki düzlemsel hareketin bir arada bulunduğu karmaşık davranışlar olarak sınıflandırmak mümkündür. Düzlem dışı bu tür hareketler, yığma örgüde ciddi hasarlar oluşturmanın yanı sıra, yapının kısmen veya bütünüyle yıkılmasına da sebep olabilmektedir (www.niker.eu).



Şekil 3.18. Yığma yapı taşıyıcı duvarlarında düzlemsel eksen dışında meydana gelen hareket sonucu oluşan hasarı gösteren şematik çizim (www.niker.eu)



Resim 3.14. Düşey eksenin düzlemden sapması sorununa ilişkin örnek fotoğraf (www.niker.eu)

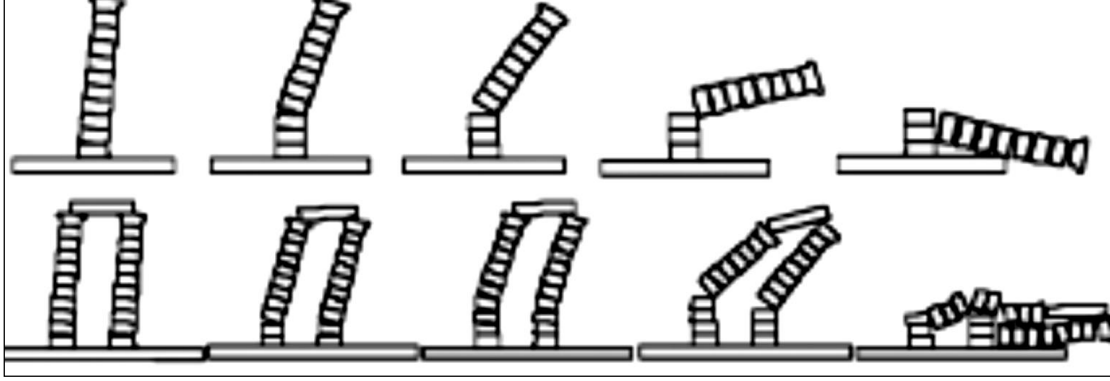


Şekil 3.19. Yığma duvarın yatay veya düşey eksen etrafında düzlemsel ekseninden sapmasına ilişkin şematik gösterimler (Aköz, 2008)

Yığma duvarlarda yukarıda sıralanan iki davranış sonucu meydana gelmesi olası hasarları etkileyen diğer faktörler; örgüyü oluşturan yapı malzemelerindeki kayıp ve hasarlar, mimari boşluklar sebebiyle yığma duvarda meydana gelen süreksizlik, yapının geometrisi ve tasarımı, yığma duvarların düşeyde ve yatayda birbirleri ile bağlantılarının sağlıklı olup olmadığı şeklinde sıralanabilir (Binda, Saisi ve de Vent, 2010).

Yığma ayaklar ve sütunlar gibi narin düşey taşıyıcılardaki hasarlar ise daha çok sütun taşlarının yatay yönde ötelenmesi, sütun veya ayağın eğilmesi ya da devrilmesi şeklinde izlenmektedir. Ayrıca deprem veya diğer yük değişimleri sonucu meydana gelen gerilmeler,

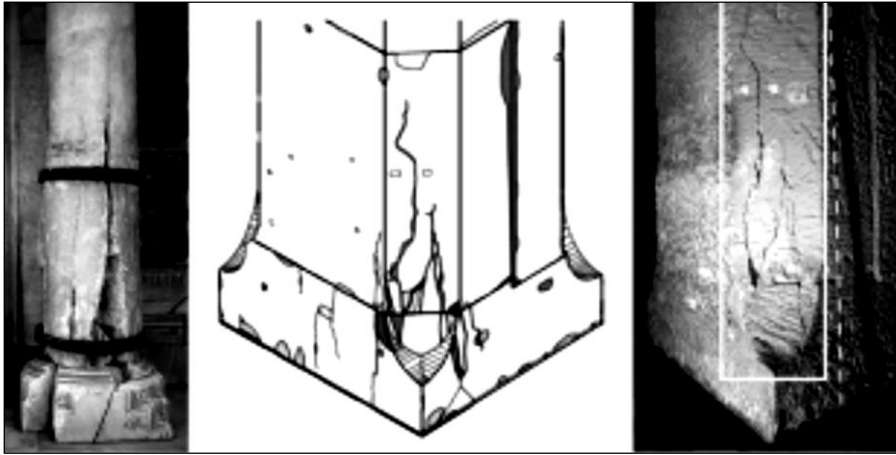
yükün konsantre hale geldiği yığma sistem ayaklarının zemine yakın bölümlerinde ciddi hasarlara sebep olabilmektedir (www.niker.eu).



Şekil 3.20. Sütunlarda meydana gelen hasarlara ilişkin şematik gösterim (www.niker.eu)



Resim 3.15. Yığma ayağın zemine yakın bölümlerinde meydana gelen kayma ve açılmalar (İspanyol Kalesi, L'Aquila, İtalya) (www.niker.eu)

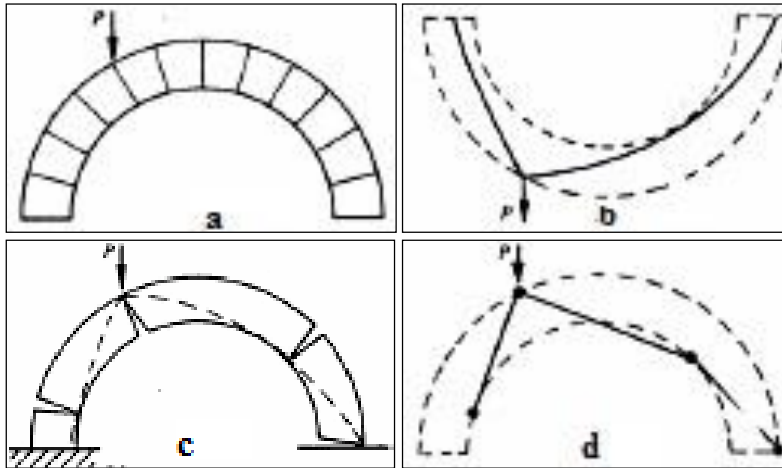


Şekil 3.21. Monoblok sütunların zemine yakın bölümlerinde meydana gelen ciddi kırılma ve çatlaklar (Binda ve diğerleri, 2010)

Yatay taşıyıcı ve örtü hasarları (kemer, tonoz, kubbe)

Yapı teknolojileri; çevre, probleme özel çözümler ve malzeme gibi faktörlerin de etkisiyle zaman içerisinde değişim ve gelişme göstermiştir. Tonoz ve kubbeler yığma yapılarda, özellikle de kilise ve cami gibi kutsal yapılarda, büyük açıklıkların geçilmesi için kullanılagelmiş örtü sistemleridir. Bu yapısal elemanların yük karşısındaki davranışlarının bilinmesi, yığma yapıların güvenlik düzeyinin belirlenerek, strüktür ile uyumlu, aynı zamanda ekonomik koruma müdahalelerinin geliştirilmesi açısından önemlidir. Tonoz, kemer elemanının düzlemsel olarak tekrar edilmesiyle meydana gelen bir yapı olduğundan, tonoz için bahsi geçen her türlü saptama, kemer için de geçerlidir (Avorio, Borri ve Corradi, 2002; Binda ve diğerleri, 2010).

Yığma kemer davranışının anlaşılabilmesi için öncelikle kemerin yük altındaki göçme hareketi incelenmelidir. Kemerin yapıldığı malzeme ve mesnetler sağlam olsa bile aşırı şekil değiştiren kemer göçer. Şekil 3.22’de tekil yük altındaki kemerde itki çizgisinin limit durumda kemer yüzeyine değmesi ve mafsals oluşumu görülmektedir. Yükteki artış neticesinde kemerde dört mafsals oluşması, sistemi mekanizma durumuna getirerek göçmeye sebep olur (Huerta, 2001).

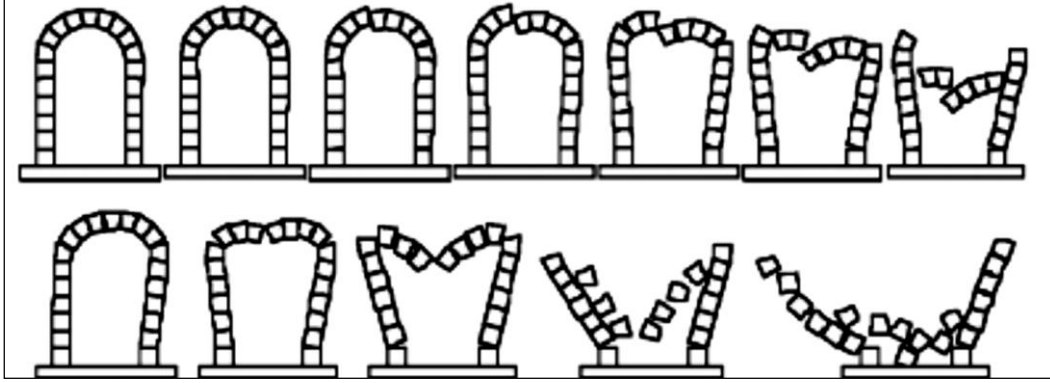


Şekil 3.22. Tekil yüklü kemerin olası göçme mekanizmalarını gösteren şematik çizimler (www.niker.eu)

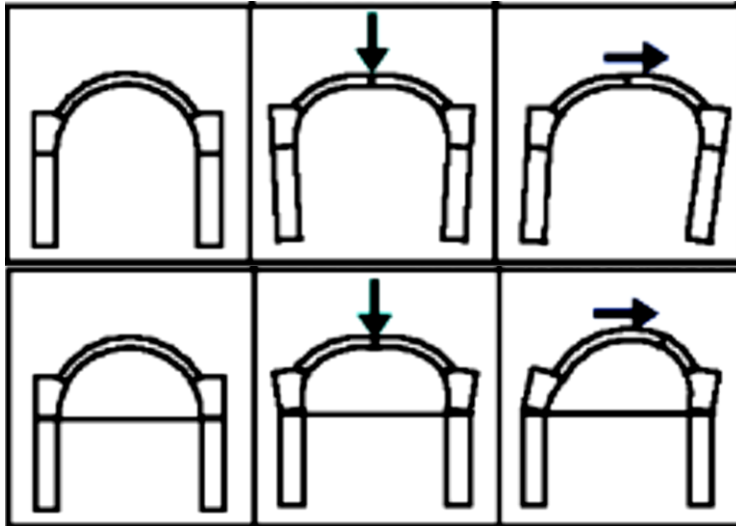
Kemer ve tonozlardaki deformasyonları, kemer merkezinin geometrik (olması gereken) merkezden sapması olarak da tanımlayabiliriz. Belli bir deformasyon sınırı sonrası, şekil değiştiren kemerin yıkılması tehlikesi ortaya çıkmaktadır.

Kemer ve tonozlarda meydana gelen hasarları, hasarın kaynağına göre sınıflandırmak da mümkündür. Buna göre hasarlar;

- Kemer veya tonozun yükünü düşeyde temele aktaran ayak veya yığma duvarlardaki deformasyon ve sorunlardan,
- Kemer veya tonozu etkileyen düşey ya da yatay yüklerdeki ani değişimlerden (deprem, yığma köprülerde ağır taşıt trafiği vb. gibi),
- Kemer veya tonozu meydana getiren birim elemanlarda (taş veya tuğla) meydana gelen ve fiziksel bütünlüğü etkileyecek düzeydeki ağır hasar veya malzeme kayıplarından kaynaklanabilmektedir (Avorio ve diğerleri, 2002).



Şekil 3.23. Kemer ve tonozlarda hasar oluşumu (Avorio ve diğerleri, 2002)



Şekil 3.24. Gergi elemanı bulunmayan (a) ve bulunan (b) kemerlerde düşey ve yatay yükleme sonucu ortaya çıkan hasar mekanizmaları (Avorio ve diğerleri, 2002)

Gergi elemanlarındaki hasarlar

“Basınç etkisiyle çalışan kemer ve tonozların kesitlerinde oluşan çekme gerilmelerinin yanı sıra, mesnetlerin açılmasını önleyen gergi demirlerinin paslanması, burkulması vb. sorunlar de kemer ve tonozlarda hasara neden olur” (Aköz, 2008).

Demir gergilerdeki en yoğun bozulma biçimi gergide oluşan aşırı korozyondur. Gergiler dövme demirden yapıldığından bozulmanın yoğun olduğu bölgede katmanlar arasında açılmalar / çözülmeler gözlenmektedir. Yapıdaki hareketler sonucu gergilerde burkulma ve kopma sıkça izlenen hasar biçimleridir. Ahşap gergilerde ise çoğunlukla çürüme, mantarlaşma gibi bozulmalar vardır (Sesigür ve diğerleri, 2007).



Resim 3.16. Demir gergide burkulma (a) (Atık Ali Paşa Camisi) ve kopma (b) (Edirne Sarayı mutfakları) hasarları (Sesigür ve diğerleri, 2007)



Resim 3.17. Roma Dönemi yapılarından Antalya Demre'de bulunan Myra Antik Tiyatrosu'ndan tonoz (a) ve kemerde (b) hasar örnekleri (Demirtaş, 2011)

Kemerin düşey aksı çevresinde döndürülmesiyle oluşan kubbede düşey yükler, kilit taşından başlayarak komşu taşlara aktarılıp kubbenin tabanına kadar iletilir. Taşlara düşey yönde etkiyen ağırlıktan doğan kuvvet, komşu taşlara çapraz şekilde iletilir. Böylece kubbe tabanında toplanan yükün yatay ve düşey olmak üzere iki bileşeni ortaya çıkar. Kubbede hasara genellikle bu yatay kuvvet sebep olur. Yükün düşey bileşeni, kubbeyi taşıyan kemer, duvar gibi elemanlara aktarılırken, yatay kuvvet de payandalar ve gergilerle karşılanarak kubbenin açılması ve dağılması önlenir. Kubbede açılmaya sebep olan yatay kuvvet kalın beden duvarlarıyla karşılanabileceği gibi ağırlık kuleleri yardımıyla aşağıya doğru yönlendirilerek daha ince duvarlara da taşıtılabılır. Bu yatay kuvvet, kubbeyi destekleyen ve açılmasını önleyen kasnak kısmında yatay doğrultuda çekme, düşey doğrultuda kayma gerilmeleri oluşturur (Aköz, 2008).

Masif taş malzeme ile teşkil edilen, geniş açıklıkların geçildiği kubbelerde, ağırlık sistemin büyüklüğü ile orantılı şekilde artmakta, bu da kubbeyi olası hasar ve deformasyonlara karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Ağırlığın düşürülmesi için bazı uygulamalarda kubbe veya tonozun iç çeperinin, içi boş pişmiş toprak malzeme ile örüldüğü veya iç ve dış çeperlerin, aralarında boşluk kalacak şekilde çift cidarlı inşa edildiği bilinmektedir. Hasankeyf'teki Süleyman Han Camisi, her iki uygulamayı da bünyesinde bulunduran eşsiz örneklerden birisidir (Resim 3.18).



Resim 3.18. Hasankeyf Süleyman Han Camisi'nin yığma tonozunda çift cidarlı nervürlü üst örtü sistemi (a), aynı yapının tonoz içlerinde, yığma strüktürü hafifletmek için kullanılan içi boş silindirik formu pişmiş toprak elemanlar (b) (Demirtaş,2018)

Kubbeli sistemlerdeki önemli bileşenlerin başında, basınç altında çalışan kubbenin yükünü düşey taşıyıcı elemanlar olan duvarlar veya ayaklara aktaran kasnaklar gelmektedir.

Kasnağın kubbeden gelen yükleri taşıyamaması neticesinde kubbede çekme gerilmeleri oluşur. Basınç altında çalışan kubbelerde oluşabilecek çekme kuvveti düşeyde çatlak oluşumuna, dolayısıyla kubbenin hasar görmesine sebep olur (Aköz, 2008).



Resim 3.19. Hasankeyf Koç Camisi'nin kasnak seviyesinin hemen üzerinden yıkılmış durumdaki kubbe kalıntısı (Demirtaş, 2018)

Zemin sorunları ve temel hasarları

Sistemin tüm yükünün aktarıldığı temeller ile yapının üzerinde var olduğu zeminden kaynaklı sorunlar, büyük ağırlıklara sahip rijit sistemler olan yığma yapılarda çok ciddi hasarlara, hatta yıkılmaya sebep olabilmektedir. Çoğunlukla taş malzemeden mütemadi şekilde inşa edilen yığma yapıların temellerinde meydana gelecek sorun ve hasarlar, doğrudan yükünü aktarmakta olduğu yapıyı etkilemektedir. Bu hasarlar arasında; zayıf zeminlerde yükün daha derinlerdeki sağlam katmanlara aktarılması için kullanılan ahşap kazıklardaki çürüme vb. hasarlar da sayılabilir (Çamlıbel, 2000; Fischetti, 2009: 181-206).

Yığma yapılarda zeminden kaynaklı hasarların sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

Oturma

“Zeminden kaynaklanan hasarların başında oturma gelir. Zeminin yapısına göre oturma süreci uzun bir zamanda tamamlanır” (Aköz, 2008). Tarihi yapılarda zemin sorunları, genelde yapının inşa edilmesinden hemen sonra ya da kısa bir zaman dilimi içerisinde ortaya

çıkmaktadır. Yapıda ve çevrede önemli ve ani bir değişiklik olmaksızın yıllarca yerinde durmuş bir yapının temel zemininde yakın dönemde bir sorun çıkması olasılığı düşüktür. Bu tür yapılarda olası oturmalar yıllar önce tamamlanmış durumdadır (Sesigür ve diğerleri, 2007).

Yeraltı suyunun etkisi

“Yumuşak zeminlere oturan yapılarda, yeraltı suyunun alçalması ve yükselmesi yapıda hasara neden olabilir” (Aköz, 2008). İlk inşasında çevre veya yer altından yapıya etkimesi olası suyun drenajına yönelik tedbirlerin alınmamış olması, bu sorundan kaynaklı hasar olasılığını artırmaktadır.

Taşıma gücü sorunu

Her zeminin taşıyabileceği maksimum bir yük vardır. Zeminin cinsine göre, zemine yüklenecek limit yükler söz konusudur. Bu limit değerlerin aşılması sonucunda zemin hareketleri, hatta göçmeler yaşanır. Özellikle kohezyonsuz zeminlerde, aşırı yükleme sonucunda zemin göçmeleri meydana gelir (Saraç, 2003).

Zeminin sıvılaşması

Yeraltı su seviyesinin altındaki tabakaların mukavemetini kaybederek, katı yerine sıvı gibi davranmalarındır. Özellikle kil bulunmayan kum, silt ve bazen çakıl tabakaları sıvılaşma potansiyeline sahiptir. Zeminin sıvılaşması sonucunda yapı, zemine batma veya hafif kütlelerde yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi gösterebilir (Saraç, 2003). Zemin sıvılaşması, büyük depremler sonrasında da zaman zaman izlenebilen, her türlü yapı sistemini ciddi şekilde etkileyerek hasarlara veya yıkılmaya sebep olabilen önemli bir problemdir.

3.4.2 Tarihi yağma yapılarda onarım ve güçlendirme yöntemleri

Uzay Yergün (2002) onarım ile güçlendirme arasındaki farkı şöyle açıklamaktadır; “Onarım ile yapıya hasar öncesindeki dayanım ve güvenlik düzeyi yeniden kazandırılır. Güçlendirme ile yapıya hasar öncesinden daha yüksek bir dayanım ve güvenlik kazandırılmaya çalışılır”.

Tarihi yığma yapılarda yapısal güçlendirme ve onarım yöntemleri, uygulandıkları yapı bölümü veya elemanına göre aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir (Bayülke, 2013: 247-266; Croci, 1998: 89-95);

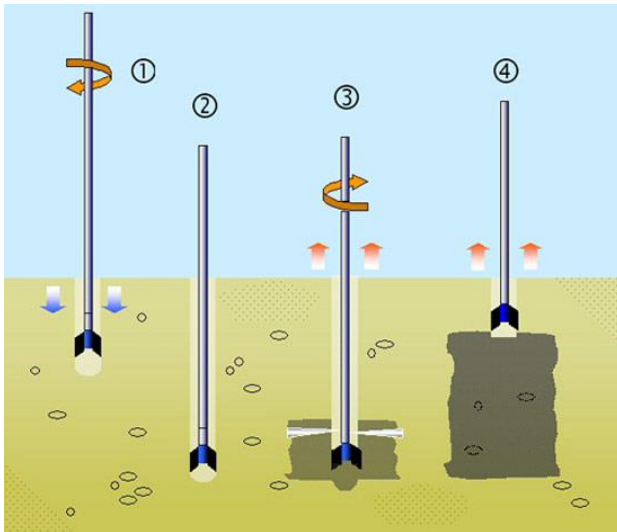
Zemin ve temellerde

Zemin enjeksiyonu - jet grout

Zemin dayanımını artırmak için kullanılan en yaygın yöntemlerin başında jet-grout ve enjeksiyon uygulamaları gelmektedir. Bu tekniğin esası; delici bir teçhizat kullanarak zeminde istenen derinliğe kadar uygun çapta bir delik açılması, sonrasında hazırlanan harcın alttan yukarıya doğru belli bir seviyeye kadar zemine enjekte edilerek kolon oluşturulması ilkesine dayanır (Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 57). Jet grout sistemi, zemin güçlendirmenin yanı sıra, temelleri güçlendirmek için de kullanılmaktadır.

Drenaj yöntemi

Tarihi yığma yapıların zeminlerinde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri yeraltı su seviyesindeki hareketlerdir. Yapı temellerinin zarar görmemesi için yeraltı suyunun mümkün olduğunca temellerden uzaklaştırılması gerekir. Bazı tarihi yapılarda temel çevresinde bırakılan galerilerle suyun sebep olacağı hasarlardan korunmaya çalışılmıştır. Drenaj su sarnıçları ile yapılabildiği gibi deşarjı kolaylaştıracak dolgu malzemeleri ile de yapılabilir. Drenajdan maksat yer altı suyunun temel alt katmanlarından uzak tutulmasıdır (Bayraktar, 2006).



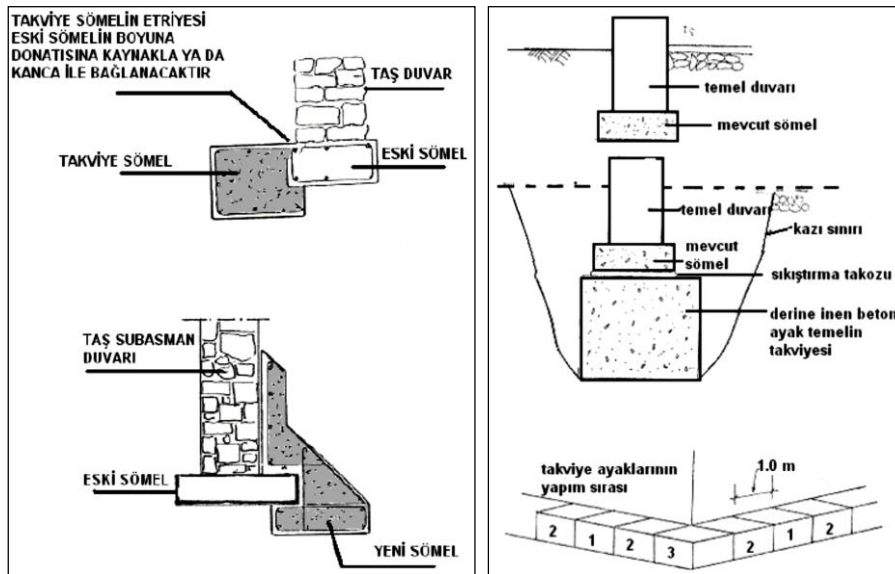
Şekil 3.25. Zeminde jet grout uygulaması (Soyluk ve Harmankaya, 2010)

Temellerin güçlendirilmesi

Yığma yapılarda temellerin güçlendirilmesi, mevcut temel sisteminin yeni yapılacak bir sömel veya temel pabucu ile desteklenmesi prensibine dayanmaktadır (Bayülke, 1992, Çamlıbel, 2000).

Ek veya takviye sömel yapılması

Yüzeysel ve mütemadi bir yığma temelde, kagir sömel veya ampatmana ek olarak betonarme sömel yapılabilir. Bahsedilen ek sömelerle temellerin zemine yük aktardığı yüzey genişletilmekte ve temel derinleştirilmektedir (Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 59).



Şekil 3.26. Yığma temelde takviye sömel yapımına ilişkin detay çizimleri (a) (Çamlıbel, 2000), yığma yapı temellerinin derine inen beton ayaklarla güçlendirilmesi (b) (Bayülke, 1992)

Yeni temel ayağı yapılması

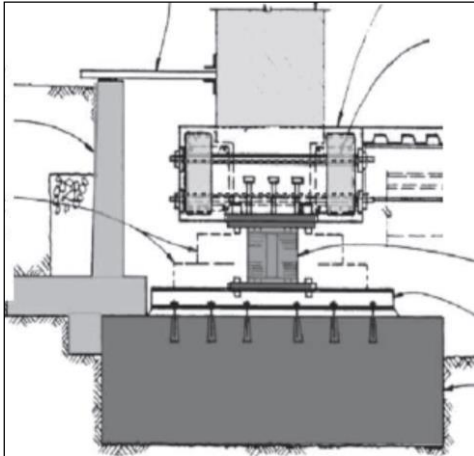
Temel güçlendirmesinde kullanılan bir başka yöntem, eski temelin altına yükü daha derindeki, daha sıkı zemine aktaran yeni ayaklar yapılmasıdır (Çamlıbel, 2000).

Temel yüklerinin derin taşıyıcı tabakalara aktarılması

Burgu veya mikro kazıklarla temelin güçlendirilmesi uygulaması; temellerdeki yükün daha derin katmanlarda bulunan sağlam bir zemine aktarılması prensibine dayanmaktadır.

Sismik izolatör uygulaması

“Sismik izolatör teknolojisinde sistem strüktürün zemin veya temelden ayrılarak, deprem hareketinin strüktüre olan etkisinin azaltılması prensibiyle çalışmaktadır” (Soyluk ve Harmankaya, 2010). Sismik yalıtımın temel ilkesi; kuvvetli yer hareketlerinin özellikleri göz önüne alınarak yapıların rijitliklerinin bir noktada azaltılması, periyotların uzatılması, sönüm oranlarının artırılması ve böylece depremde yapılara daha az yük etkimesinin sağlanması şeklinde özetlenebilir (Sesigür ve diğerleri, 2007).



Şekil 3.27. Yapı temelinde sismik izolatör uygulaması şematik gösterimi (Soyluk ve Harmankaya, 2010)



Resim 3.20. Sismik izolatör uygulama örneği (www.sismikhaber.org)

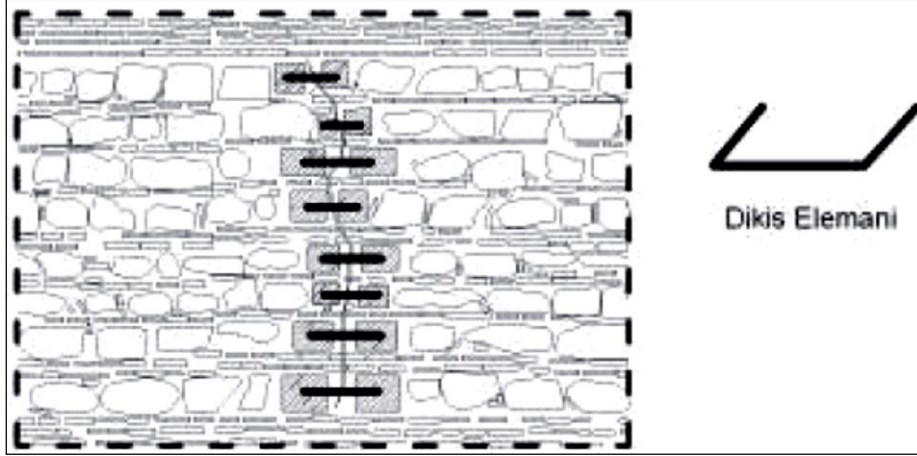
Düşey ve yatay taşıyıcı elemanlarda

Derz onarımı

Yığma örgüde fiziksel özelliğini yitirmiş veya boşalmış derz harçlarının, örgünün fiziksel bütünlüğünü sağlamak ve yapının strüktürel performansını artırmak üzere yenilenmesi işlemidir. Uygulama öncesinde, bozulmuş derz harçlarının temizlenmesi, uygulamanın performansı açısından önemlidir (Bayülke, 2013: 248).



Resim 3.21. Yığma örgüde derz onarımı uygulaması (Bazilika Yapısı, Side, Antalya)



Şekil 3.28. Geniş duvar çatlaklarında dikiş ile onarım (Sesigür ve diğerkleri, 2007)

Çatlak onarımı

Darbe veya strüktürel etki altında yığma duvarlarda oluşan çatlakların onarılması için kullanılan temel yöntemler; dikiş, kenet ve enjeksiyondur (Bayülke, 2013: 249, 258; Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 65).

Dikiş

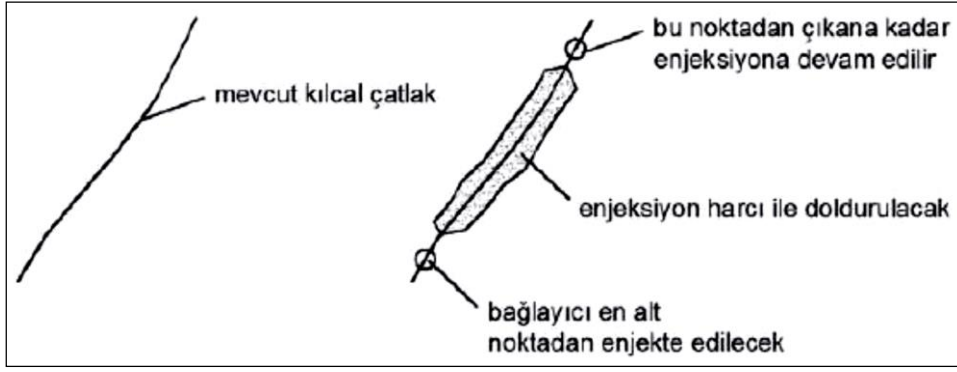
Çatlak genişliğinin 10 mm'den büyük olduğu ya da yığma örgüyü oluşturan taş ya da tuğlaların eksilmesi durumunda, çatlakların onarımında kullanılan enjeksiyon uygulaması, çekme gerilmelerini de karşılayacak metal elemanlarla birlikte yapılır. Bu amaçla çatlağa bitişik örgü elemanları sökülerek dikiş ya da çelik bağlantı elemanları yerleştirilir. Onarılan yığma duvarın boşlukları, uygun bir karışımla, düşük basınç altında doldurulur (Sesigür ve diğerleri 2007).

Kenetleme

Kagir örgüde bir çatlağın iki yanında bulunan yüzeylerin (çatlak dudaklarının) kenet elemanları ile birleştirilerek birbirlerine ve yeni malzemeye bağlanması işlemidir. Çatlak dudakları üzerine açılan boşluklara yerleştirilen kenetler kurşun veya özel yapıştırıcılar ile sabitlenir (Sesigür ve diğerleri, 2007).

Enjeksiyon

Enjeksiyon ile onarım; yapıya özgün mekanik özelliklerin yeniden kazandırabilmesi için, duvar içine uygun fiziksel ve kimyasal özellikte akışkan harç enjekte edilmesini kapsar. Enjeksiyon uygulaması ile duvar içerisinde bulunan boşlukların ve çatlakların doldurularak, yığma kesitinin sürekliliğini sağlamak ve tekrar bütünleşik bir yapı elde etmek amaçlanır. Böylece duvar üzerindeki yükler kesintisiz olarak temele aktarılır ve olası hasarlar engellenmiş olur (BASF, 2007; Bayülke, 2013: 248).



Şekil 3.29. Yığma örgüde çatlakların enjeksiyon yöntemi ile onarımı (Sesigür ve diğerleri, 2007)



Resim 3.22. Örnek enjeksiyon uygulaması (a), enjeksiyon uygulamasında kullanılan özel teçhizat (b) (www.niker.eu)

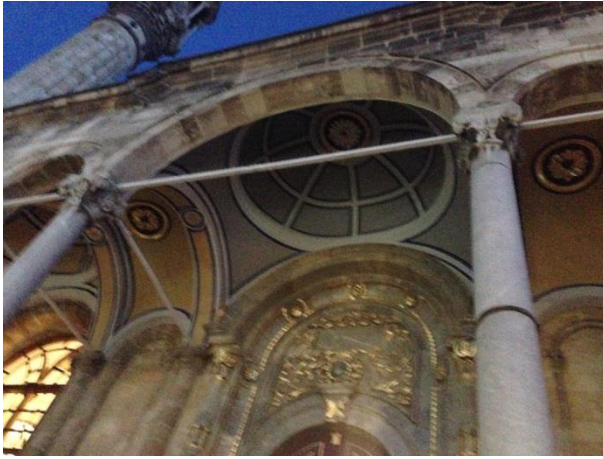
Gergilerle güçlendirme

Gergilerle güçlendirme genellikle; taş ve tuğla yığma duvarlarda düşük çekme dayanımını artırmak ve eğilmeye uğramış duvarlar ile bozulan duvar birleşimlerini yapı sistemine bağlamak amacıyla kullanılır. Kemer ve tonozlarda üzengi seviyesindeki açılmaları engellemek, deformasyona uğramış sistemi yeniden şekle sokmak ve yük aktaran duvarları birbirine bağlamak amacıyla metal gergiler kullanılır (Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 68, 86).

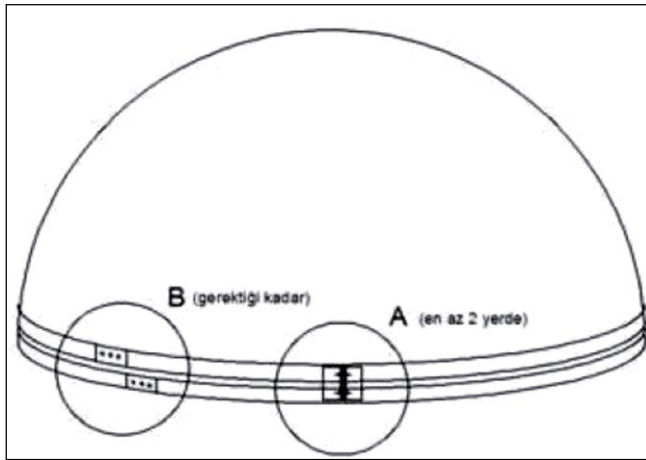
Kubbelerde görülen tipik hasar, kubbe eteğinde oluşan çekme gerilmelerinin taşınamaması sonucu oluşan dairesel çatlaklardır. Bu tür çatlakların daha fazla açılmasını önlemek için alınacak en iyi önlem etek civarında bir çekme çemberi oluşturulmasıdır (Bkz. Şekil 3.30, Resim 3.25), (Sesigür ve diğerleri, 2007).



Resim 3.23. Sonradan eklenen gergi demirleri ile güçlendirme uygulaması (Gazipaşa İlköğretim Okulu, Mardin)



Resim 3.24. Kemer elemanında açıklık gergisi uygulaması (Aziziye Camisi, Konya)



Şekil 3.30. Kubbe eteğinde çekme çemberi uygulaması şematik gösterimi (Sesigür ve diğerleri, 2007)



Resim 3.25. Hasankeyf, İmam Abdullah Zaviyesi beden duvarları üst seviyesinde metal gergi uygulaması örneği (a) (Demirtaş, 2018), kubbe eteğinde çekme çemberi uygulaması (b)

FRP çubuk veya CFRP kumaş ile güçlendirme

Çekme kuvvetlerine karşı dayanımları oldukça düşük olan yığma yapılarda, esneklik sağlanması suretiyle dayanımın artırılması amacıyla, FRP (fiber takviyeli polimer) donatılar (çubuklar) veya CFRP (karbon fiber takviyeli polimer) şilteler kullanılmaktadır. Fiber takviyeli polimer donatı çubukları çoğunlukla yığma sistemin derzlerine yerleştirilirken, fiber şilteler ise özel reçineler ile yığma örgünün dış yüzeyine yapıştırılmak suretiyle, çekme etkisini karşılamak amacıyla uygulanmaktadır (Bkz. Resim 3.26), (Milani, Fedele, Lourenço ve Basilio, 2014).

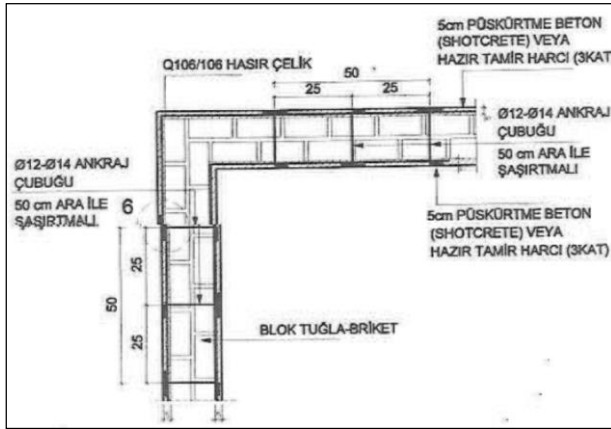


Resim 3.26. FRP donatılarının derzlere uygulanması (a) (Çöğür, 2007), karbon şeritlerin yatay yığma örtülerin güçlendirilmesinde uygulanması (b) (Milani ve diğerleri, 2014)

Donatılı mantolama

Mantolama, taşıyıcılık görevini yerine getiremeyecek derecede hasar görmüş, kesit olarak yetersiz durumda olan duvarlarda kısmen veya tüm yüzeyde uygulanabilen, taşıma kapasitesini artırmaya yönelik bir güçlendirme yöntemidir. Korunması gerekli özgün duvar elemanının geri dönüştürülemez şekilde, tamamen kaplanması bu yöntemin olumsuz bir yönüdür (Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 74-75).

Uygulama çoğunlukla; donatının kalıp yapılmaksızın yığma duvar yüzeyine montajı, sonrasında betonun makine yardımı ile basınç altında ve ince bir tabaka halinde yüzeye püskürtülmesi şeklindedir.



Şekil 3.31. Yığma örgünün donatılı püskürtme beton ile mantolanarak güçlendirilmesine ilişkin şematik gösterim (Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 75)

Payandalama

“Payandalama, yığma strüktürün yanal yüklere karşı büyük bir yardımcı strüktürle desteklenmesini hedefleyen en eski güçlendirme yöntemlerinden birisidir” (Küçükdoğan, 2009). Uygulama yığma duvarlara çoğunlukla yapının dışından yeni destek duvarları eklenerek mevcut sistemin konsolide edilmesi şeklindedir.



Resim 3.27. Hasankeyf'teki İmam Abdullah Zaviyesi'nin (a) sonradan inşa edilen yığma payanda duvarları ile takviye edilmesi uygulaması (b) (Demirtaş, 2018)

“Teknolojinin gelişmesi ile payandalarla destekleme uygulamalarının yaygınlığı azalmıştır. Çelik ve öngermeli elemanlar, fiber takviyeli polimerler gibi malzemelerin kullanılmaya başlanması, daha narin çözümlerin yığma payandaların önüne geçmesine neden olmuştur” (Zakar ve Eyüpgiller, 2015: 84).



Resim 3.28. Hasankeyf, Zeynel Bey Türbesi'nde (a) ve Side, Liman Hamamı'nda (b) modern malzeme ile payandalama uygulamaları

Sütun ve ayakların güçlendirilmesi

Sütun veya taşıyıcı ayaklarda, yanal açılmayı ve düşeyden ayrılmayı engellemek üzere metal çemberlerle elemanın sağlamlaştırılması işlemidir (Eyüpgiller ve Zakar, 2015: 88).



Resim 3.29. Sütun ve yığma ayaklarda çemberleme uygulamaları (www.niker.eu)

Bölgesel söküm - yeniden yapım

Yığma duvarların çatlak hattı boyunca kısmi olarak sökülüp yeniden örülmesidir. Strüktürel sürekliliğin sağlanması için hasar gören birim örgü elemanlarının (taş, tuğla vb.) sağlam yeni elemanlar ile değiştirilmesi olarak da tanımlanabilir (Soyluk ve Harmankaya, 2010).

Aynı yöntem yığma örgüde yıkılan, yok olan bölümlerin tamamlanması için de kullanılmaktadır. Yapıda strüktürel bütünlüğün sağlanması gerektiği durumlarda, eksik kısımlar, mevcut malzeme ve yapım tekniği ile tamamlanabilir. Uygulamanın boyut, form, dayanıklılık, esneklik veya rijitlik açısından mevcut ile mümkün olduğunca benzer özellikte malzeme kullanılarak yapılması gereklidir. Mevcut ile yeni imalat arasındaki bağlantının da düzgün şekilde sağlanması gerekir. Yeni uygulamanın başarısı, yerine yapıldığı eski duvarın özelliklerinin aynen sağlanmasına bağlıdır. Aksi takdirde herhangi bir sismik harekette yeni yapılan bölümün mevcut strüktürden farklı davranma riski ortaya çıkmaktadır. Resim 3.30'da örneklenen onarım uygulamaları, mevcut ile yeni yapım örgü bölümleri arasındaki malzeme ve yapım tekniği uyumsuzlukları sebebiyle hatalı olarak değerlendirilebilir (www.niker.eu).



Resim 3.30. Bölgesel söküm - yeniden yapım uygulamalarına ilişkin hatalı uygulama örnekleri (www.niker.eu)

Çelik çaprazlar veya hatıllar ile güçlendirme

Yatay yükleri düşey taşıyıcı elemanlara, diyafram etkisiyle ve rijitlikle orantılı şekilde dağıtan döşemeler, rijitliğin yetersiz kaldığı durumlarda güçlendirilebilir. Tarihi yapılarda döşeme düzeyinde yapılacak donatılı betonarme veya çelik hatıllar, yapının davranışını olumlu yönde etkiler (Sesigür ve diğerleri, 2007). Yığma duvarlara belli bir kotta eklenen çelik çaprazlar veya betonarme hatıllar yığma örgünün bütünlüğünü sağlamanın yanı sıra, taşıma kapasitesi ile diğer yüklere karşı dayanımın artırılmasına da katkı sağlamaktadır. Çelik elemanlar ile oluşturulan hatıllar, betonarme uygulamalarla karşılaştırıldığında gerektiğinde daha kolay kaldırılabilir uygulamalardır.



Resim 3.31. Çelik çaprazlarla döşeme seviyesinde güçlendirme uygulaması (Bazilika Yapısı, Side, Antalya)

Diğer güçlendirme teknikleri

Acil müdahale kapsamında askıya alma / destekleme

Herhangi bir tarihi yapıda ağır yükleme, deprem vb. nedenlerle yapısal bir bozulma ve genel veya lokal stabilite bozukluğu ya da göçme riski varsa, yapıya geçici acil müdahale yapılması kaçınılmazdır. Burada dikkat edilecek nokta, geçici müdahalenin sürekli müdahaleye dönüşme riskinin yüksek olması nedeniyle müdahalenin minimum düzeyde tutulmasıdır (Sesigür ve diğerleri, 2007). Yaygın uygulama, hasarlı yapının uygun çelik strüktür ile desteklenmesi şeklindedir. Çelik strüktürlerin tasarım ve özellikleri desteklenen yığma yapıya göre farklılık gösterir.



Resim 3.32. Denizli, Hierapolis Antik Kenti’nde acil müdahale kapsamında geçici askıya alma uygulaması (a), Side Antik Tiyatrosu’nda çelik strüktür ile yığma kemerin desteklenmesi (b)

Strüktürel Sistemin Yenilenmesi

“Strüktürel yenileme, yapının özgün taşıyıcı sisteminin yerine geçecek yeni bir sistem (betonarme veya çelik gibi) oluşturulmasıdır. Bu yöntem tarihi yapıların strüktürel performansını birçok açıdan yükseltmekle birlikte, yapının özgün görünümü ve tarihi değerini olumsuz etkilediğinden temel koruma prensipleri ile bağdaşmamaktadır” (Küçükdoğan, 2009).

4. TARİHİ YAPILARIN YAPISAL DAVRANIŞININ SAYISAL MODELLEME VE ANALİZ İLE BELİRLENMESİ

4.1. Tarihi Yapıların Strüktürel Kapasitelerinin Belirlenmesi

Tarihi yapıların strüktürel performansları, yapının kendi ağırlığı, rüzgar, deprem, zemin hareketleri ile fiziksel çevreden kaynaklı yük değişimleri sonucu yapıya etkiyen kullanım yükleri karşısında sergiledikleri davranışla ilişkilidir. Zaman içerisinde malzeme ve yapısal elemanlarda meydana gelen bozulmalar ise, strüktürel kapasiteyi doğrudan etkilemektedir. Tarihi yapıların korunması ve onarımına yönelik tedbirler, malzeme ve mimari eleman ölçeğindeki sorunların giderilmesinin yanı sıra, yapıyı ayakta tutan strüktürel sistemin onarılması veya gerektiğinde güçlendirilmesi uygulamalarını da kapsamaktadır. Yapıların bulundukları özgün konumda fiziksel bütünlük, hatta varlıklarını tehdit eden ciddi etkilerin ortaya çıkması halinde ise başka bir konuma taşınarak korunmaları, strüktürel sistemi kökten etkileyen bir uygulamadır⁴.

Kültürel miras ve tarihi yapılar, mimarlık, mühendislik, restorasyon, sanat tarihi ve arkeoloji gibi farklı bilim dallarının ilgi alanına girmektedir. Kültür mirasının ve tarihi yapıların korunmasıyla ilgili her disiplinin kendine özgü araştırma ve uygulama yöntemi vardır. Ancak tarihi yapıların ve anıtların korunmasının kusursuz bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, ilgili bütün disiplinlerin birbirleriyle bağlantılı çalışması gereklidir. Tarihi yapıların mühendislik hesaplarıyla ilgili karmaşık denklemler ve matematiksel fonksiyonlar konu ile ilgili diğer disiplinler tarafından güçlükle yorumlanmaktadır (Ünay, 2007).

Tarihi yapıların strüktürel bütünlüklerinin korunması veya güçlendirilmesine yönelik uygun yöntem ve yaklaşımların geliştirilerek geleceğe güvenle aktarılmasının sağlanması, ancak karar verici konumdaki uzmanların söz konusu yapının kapasite ve davranışını anlamalarıyla mümkündür.

Tarihi binaların taşıyıcı sistemi genellikle karmaşık ve üç boyutlu geometriye sahiptir. Bu durum tüm yapının strüktürel davranışının basit mekanik ilkeleri ve taşıyıcı sistem elemanlarının temel yapısal prensiplerine dayandırılarak belirlenmesini olanaksız kılar. Tarihi binanın mevcut yapısal performansını belirlemek amacıyla yapılan hesaplar için en

⁴Çağdaş koruma kuramının referans belgelerinden Venedik Tüzüğü'nün (ICOMOS, 1964) 7. maddesinde; kültür varlığı yapılara yönelik taşıma uygulamasının, yapının fiziki varlığının korunması taşımayı gerektirdiği veya çok önemli ulusal, uluslararası çıkarların söz konusu olduğu durumlarda başvurulması gereken bir yöntem olduğundan bahsedilmektedir.

elverişli yöntem sayısal çözümlemedir. Yazılım sektöründeki gelişmeler, oldukça kapsamlı analiz modellerinin bile çok kısa bir sürede statik, dinamik, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analizlerinin gerçekleştirilmesini sağlar (Crocì, 1998: 199-214; Mainstone, 1997).

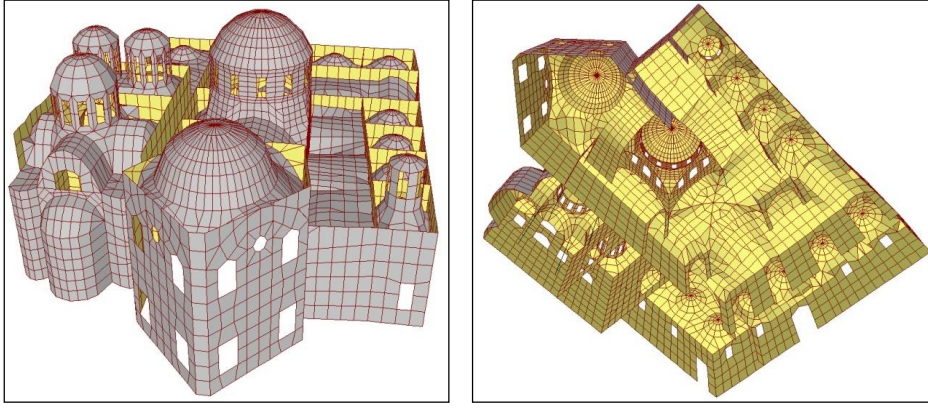
Ülkemizde kültürel miras niteliğindeki yapı envanterinin önemli bölümünü oluşturan yığma yapılar, farklı fiziksel özellik ve dayanımdaki yapı malzemeleri bir arada kullanılarak meydana getirilmiştir. Bu sebeple, yığma yapıların strüktürel kapasite ve davranışlarının oluşturulacak bir analitik model üzerinden tayini de teknik açıdan zor bir süreçtir.

Tarihi binaların ve anıtların yapısal davranışı ve performansı sayısal hesap yöntemleriyle üç aşamada belirlenir. Öncelikle yapının matematiksel hesap modeli hazırlanır. Daha sonra uygun bir analiz yöntemiyle belirlenen yükler ve diğer etkilere karşı sayısal çözümleme gerçekleştirilir. Binaların yapısal davranış ve performansının belirlenmesindeki en önemli aşama hesap sonuçlarının değerlendirilmesidir. Bu aşamada yapılan yorumların mühendislik dışındaki diğer disiplinler tarafından da kolaylıkla anlaşılabilmesi sağlıklı bir değerlendirme için çok önemlidir (Can ve Ünay, 2012).

4.2. Sayısal Modelleme ve Analiz

Tarihi binaların ve anıtların yapısal analizlerinin en önemli aşaması sayısal modellemedir. Sayısal modelleme, farklı malzemelerden üretilmiş ve değişken kesit geometrisine sahip taşıyıcı sistem elemanlarının, mekânın temel kurallarına göre doğru ve uyumlu bir şekilde matematiksel terimlere dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir. Tarihi binaların ve anıtların yapısal analizi için genellikle sonlu elemanlar analizi yöntemi kullanılır. Bu hesap yöntemi, yapının tamamı ya da belirli bir bölümünün sayısal (matematiksel) modelinin hazırlanmasıyla başlar. Bu işleme yapının ayrıştırılması denir. Ayrıştırma sırasında yapı, hesap yönteminin amacına uygun şekilde ve sayıda elemanlara ayrılır. Bu aşamada yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem elemanlarının da daha küçük parçalara ayrılarak tanımlanması gerekebilir. Yapının geometrik boyutlarını, mesnetlerin ve taşıyıcı sistem elemanlarının birleşim noktalarının hareket yeteneklerini ve serbestlik derecesini, yapı üzerine etki eden yükleri göz önüne alarak, yapının tanımlanması işlemine sayısal modelleme ya da matematiksel modelleme denir (Can ve Ünay, 2012).

Tarihi yapının ve strüktürel sisteminin sayısal modelde mümkün olduğunca gerçekçi ve hassas şekilde tanımlanarak ayrıştırılması, modelin çeşitli yükler altında analiz edilmesiyle elde edilecek verilerin de gerçeğe yaklaşmasını sağlayacaktır.



Şekil 4.1. İstanbul Fethiye Camisi (Pammakaritos Kilisesi) sonlu elemanlar modeli genel görünümü (a), modelin alttan görünümü (b) (Can ve Ünay, 2012)

“Sayısal modellemenin asıl amacı yapının tamamının ya da taşıyıcı sistem elemanlarının çeşitli yük veya diğer çevresel etkiler altında gerçek davranışının belirlenmesidir” (D'ayala, 2007: 151-173).

“Tarihi yapıların ve anıtların taşıyıcı sistemleri, geometrik boyutlar ve genel biçim bakımından çoğunlukla karmaşıktır. Bu nedenle, yapıyı modellemek için sadeleştirmelerin yapılması gerekir. Sade ve basit bir model elde etmek için, taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme özellikleri doğru bir şekilde belirlenmelidir” (Roca, Carvera, Gariup ve Pela, 2010).

Kerpiç, tuğla, taş ve ahşap gibi geleneksel yapı malzemelerinin kimyasal ve mekanik özellikleri oldukça karmaşıktır. Özellikle yığma yapım tekniği olarak adlandırdığımız tuğla - taş örgü sistemi ile meydana getirilen yapı elemanlarının malzeme özellikleri, bu sistemi oluşturan tuğla ve/veya taş örgü elemanları ile bağlayıcı malzeme olarak kullanılan harcın birlikte çalıştığı prensibine göre değerlendirilir. Taş - tuğla örgü elemanlarıyla harcın çekme ve basınç dayanımları büyük farklılık gösterir. Bazı örneklerde yığma taşıyıcı sistemde meydana gelecek çekme gerilmelerini azaltmak amacıyla kullanılan ahşap elemanların varlığı, bu kompozit malzeme kabulünün mekanik özelliklerinin tanımlanmasını daha da zorlaştırır (Ünay, 2002: 27).

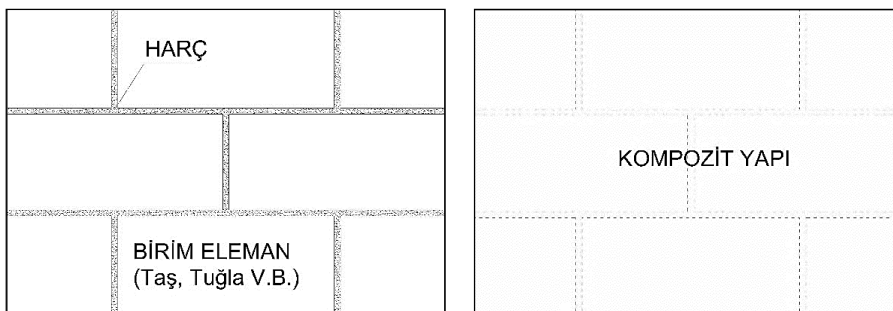
Yapı malzemesinin mekanik özellikleri hakkında yapılan kabuller, birim eleman olarak da bilinen, malzemenin çok küçük bir parçasının davranışına göre belirlenir. Malzeme özelliğinin tanımında gerilme - birim şekil değiştirme özellikleri göz önüne alınır. Kusursuz bir sayısal model oluşturmak için malzeme davranışı ve elemanların bireysel davranışının çok iyi araştırılması zorunludur (Can ve Ünay, 2012).

Doğru bir sayısal modellemenin temel prensipleri şöyle sıralanabilir (Crocı, 1998: 199-214; Mainstone, 1997; Marques ve Lourenço, 2014; Ünay, 2007);

- En doğru sonucu veren model her zaman en basit olanıdır. Hesapların amacı ve kapsamı dışına çıkan daha detaylı ve karmaşık modellerden kaçınılmalıdır. Karmaşık ve olması gerekenden daha detaylı hazırlanan modellerin, hata olasılığını da artıracığı unutulmamalıdır.
- Sayısal modeldeki elemanların boyut ve şekline karar verirken, hesap için gerekli olan bütün strüktürel etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin; bir kemerin yapısal analizinde eğer burulma momentinden dolayı oluşan şekil değiştirmenin değeri hesaplanacaksa, modelde kemeri tanımlayan eleman eksenel kuvvet, kesme kuvveti, eğilme momenti ve burulma momenti hesaplanacak şekilde belirlenmeli ve kesit özellikleri bu değerlerin sonuçlarını verecek şekilde tanımlanmalıdır.
- Yapının tamamını kapsayan büyük bir modelin bir bölümünü ayırarak yapılan model, o bölümün ya da taşıyıcı sistem elemanının ayrıntılı davranışını incelemeye yeterli olmamaktadır. Ayrıntılı davranış için sınır koşullarını ve bağlantı şekillerini doğru bir şekilde tanımlayan modeller gereklidir.

Yapının tamamının göreceli olarak daha az hassas bir şekilde modellenmesi; “makro model”, yapının strüktürel açıdan kritik davranış gösteren bölümlerinin daha ayrıntılı modellenmesinin ise “mikro model” olarak tanımlanmaktadır (Can ve Ünay, 2012).

“Mikro modelleme tekniğinde, bağlayıcıyı temsil eden harç ile taş veya tuğla ayrı ayrı modellenir. Makro modellemede ise malzemeler ayrı ayrı değil, genel bir ilişki içerisinde tek malzeme gibi modellenmektedir” (Dabanlı, 2008).



Şekil 4.2. Model yaklaşımları; detaylı mikro model (a), makro modelleme (b) (Lourenço, 1998)

4.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi

“Sonlu elemanlar yöntemi genel olarak mühendislikteki sınır değer problemleri için yaklaşık sonuçlar elde etmeye yarayan bir sayısal hesaplama yöntemidir” (Hutton, 2004: 1-19). Mühendisliğin başka dallarında da kullanılan metot, karmaşık bir problem bütünü daha kolay çözümlenebilir alt problemlere ayrıştırılarak, çözümün kolaylaştırılması şeklinde tanımlanabilir.

Sonlu elemanlar yönteminin (finite element method) yapı mühendisliğinde kullanımı; gelişmiş yazılım teknolojisinin de desteğiyle, karmaşık geometrideki her türlü yapısal sistemin, kolay çözümlenebilir alt birimlere ayrıştırılması şeklindedir. Yöntem ile yapısal sistemler, malzeme özelliklerinin de tanımlanabildiği 3 boyutlu modeller üzerinden, başta sistemin kendi yükü olmak üzere, gerçek hayatta karşılaşılabilecek statik ve dinamik yükler altında analiz edilebilmektedir. Metot, analiz sonuçlarının sayısal veya grafik olarak elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Ünay, 2007).

“Sonlu elemanlar modeli olarak da adlandırılan sayısal model, yapının tamamının davranışını yansıtmak için sonlu elemanların bir araya getirilmesiyle elde edilir. Sonlu elemanlar analizinde öncelikle modeli oluşturan elemanların bireysel davranışı, sonra da sayısal modelin tamamının davranışı önemlidir” (Can ve Ünay, 2012). Yapıların statik ve dinamik yükler altındaki davranışının belirlenmesi ve yapı elemanlarındaki gerilmelerin hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem sonlu elemanlar metodudur. Zaman ve ekonomi yönünden tercih edilen bu yöntemde çeşitli yapı eleman modellerini bir arada kullanmak da (çubuk, kabuk, plak, prizma) mümkün olmaktadır (Dabanlı, 2008).

4.3.1. Malzeme özellikleri

Sayısal modelleme sırasında yapının taşıyıcı sistem elemanlarının malzemesinin davranışını tanımlayabilmek için öncelikle “elastisite” ve “plastisite” terimlerinin anlamını bilmek gerekir. Elastisite, malzemelerin üzerine uygulanan yüklerin geri çekilmesi sonucunda orijinal şekline dönebilme özelliğidir. Plastisite ise, malzeme üzerine etki eden yükler kaldırıldığında malzemenin eski şeklini alamaması özelliğidir (Can ve Ünay, 2012).

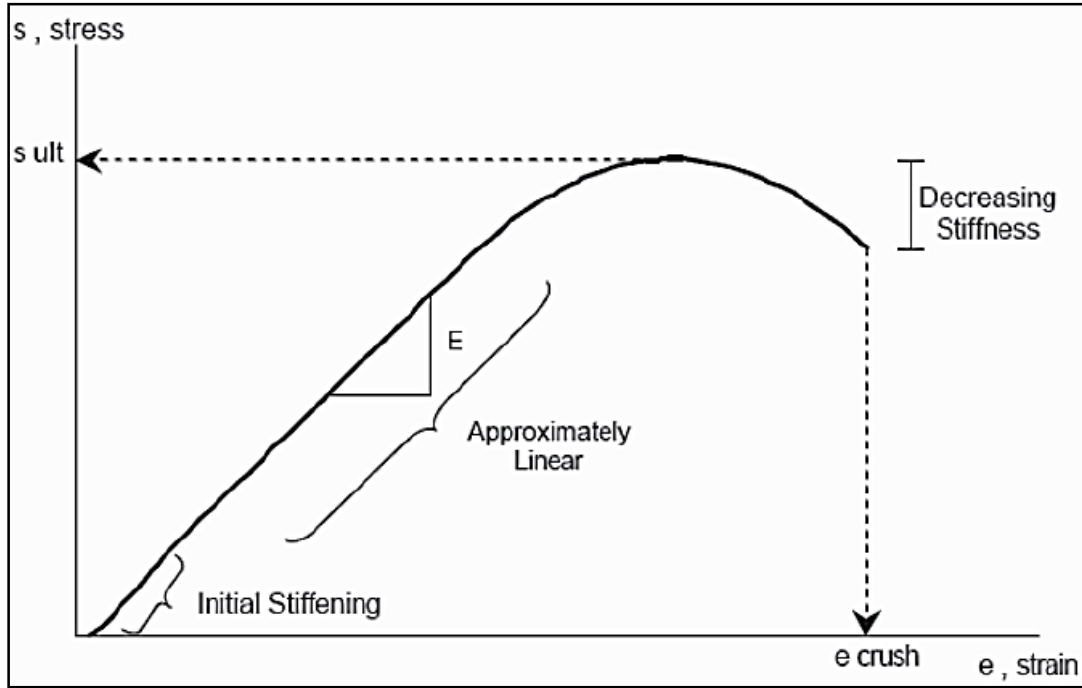
Malzeme davranışı gerilme - şekil değiştirme bağıntısını ifade eden bir matematik model ile tanımlanır. Malzemeye ait matematik modeller, uygun bir analiz modelinin kurulmasında en önemli bileşeni teşkil eder. Bu matematik modele ‘esas model’ (constitutive model) adı verilir. Esas model, gerçek davranışın basitleştirilmiş bir şekilde temsil edilmesidir. Bir yapının gerçek davranışını anlamak için karmaşık ve detaylı kurulacak malzeme modelleri kullanılabilir. Fakat bu modellerin göçme yüküne yakınsayan sonuçlar vermediği tespit edilmiştir. Günümüzün yaygın olarak kullanılan yaklaşımı ise, lineer elastik davranıştan, yapının gerçek davranışını tahmin etme kapasitesine sahip sağlam sayısal araçların kullanılmasıdır. Bu araçların kullanılması, tamamen güç tükenmesine ulaşmadan önce meydana gelecek olan çatlak ve kırılmaların tespitiyle, kullanılabilirlik seviyesi, göçme mekanizmaları ve yapısal güvenliğin değerlendirilmesine imkân tanımaktadır (Laurenço, 1998).

Birçok malzeme için küçük gerilme değerlerinde doğrusal gerilme - birim şekil değiştirme kabulü geçerlidir. Malzemenin sürekliliğinin göz önüne alınması, modelin tipine ve analizin amacına bağlıdır. Örneğin, beton tamamıyla sürekli bir malzeme özelliği sergilerken, yığma taş veya tuğla örgü sistemiyle üretilen taşıyıcı sistem elemanlarını oluşturan malzeme süreklilik özelliği göstermez (Can ve Ünay, 2012).

Homojen özellikte olmayan yığma yapı malzemelerinin davranışları farklılık göstermektedir. Ayrıca inşaat veya onarım sürecinde, farklı zamanlarda gerçekleştirilen uygulamalarda farklı cins veya fiziksel özellikteki malzemeler kullanılabilmekte veya başta ısı ve nem olmak üzere çevre koşulları değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple farklı zamanlara ait uygulamaların birbirlerinden farklı mekanik davranışlar göstermesi beklenen bir durumdur. Yığma yapıların genel mekanik özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Oğuzmert, 2002);

- Mekanik davranış homojen değildir.
- Malzeme izotropik değildir, doğrultuya göre farklı davranışlar gösterir.
- Özellikle uzun vadeli yükler için çekme mukavemeti sıfır kabul edilir.
- Basınç gerilmeleri altında davranışı gevrekli (akma bölgesine sahip değildir).
- Kayma gerilmeleri altında belirli bir oranda sünek davranış görülür.
- Elemanların gerçek rijitliğinin hesabında çatlaklar ve elemanlar arasındaki bağlar dikkate alınmalıdır.

- Mekanik davranış lineer değildir ve sıklıkla da elastik değildir.



Şekil 4.3. Yığma yapı bileşenlerinin basınç altında şekil değiştirme diyagramı (Özen, 2006)

4.3.2. Sayısal modellemede kullanılan sonlu elemanlar ve sınır şartları (boundary conditions)

Tarihi yapılar genellikle kubbe ve tonoz gibi eğrisel yüzeylere sahip yoğun ve katı malzeme özellikleri gösteren taşıyıcı sistem elemanlarından oluşmuştur. Sayısal çözümleme yöntemiyle yapılan hesaplarla güvenilir sonuçlar elde edebilmek için sade ve düzgün bir sonlu elemanlar modelinin oluşturulması gerekir. Sayısal modelde kullanılan elemanların bireysel davranışı, hesapların güvenilir sonuçlar vermesi bakımından çok önemlidir. Ancak sayısal modeli (sonlu elemanlar modeli) oluşturan bireysel sonlu elemanın modelde doğru bir şekilde kullanılması gereklidir. Sonlu eleman analizlerinde genellikle aşağıda geometrik özellikleri tanımlanan bireysel eleman tipleri kullanılmaktadır (Lourenço, 2002).

Çubuk veya kiriş elemanı

Çubuk ve kirişler, her iki eksen etrafında eğilme ve kayma ile eksenel ve burulma şekil değiştirmesi özellikleri gösteren, çizgisel eleman tipleridir. Genel bir çubuk elemanının altı serbestlik derecesi vardır. Yapısal analiz için hazırlanan sayısal modellerde, düğüm

noktalarının koordinatları global koordinat eksenleri olarak bilinen genel bir koordinat eksenine göre tanımlanır. Sonlu elemanların ise yerel koordinat eksenleri olarak bilinen kendi koordinat sistemi vardır (Can ve Ünay, 2012).

Genel kabuk elemanı

Kabuk ya da plak elemanları, döşemelerin, duvarların veya herhangi bir uzaysal formun yapısal analizinde kullanılır. Bu elemanlar genellikle kendilerine üçgen veya dörtgen görünüm veren, üç ya da dört düğüm noktasının birleştirilmesiyle oluşturulurlar. Yapılacak hesabın cinsine göre sayısal modellerde her düğüm noktasında dört serbestlik derecesi vardır. Kabuk ve plak elemanlarda da hesaplar sonucunda elde edilen iç kuvvetlerin ve gerilmelerin tanımlanabilmesi için yerel eksenler vardır. Yerel eksenler genellikle düğüm noktalarının yazılış sırasına göre belirlenir (Can ve Ünay, 2012).

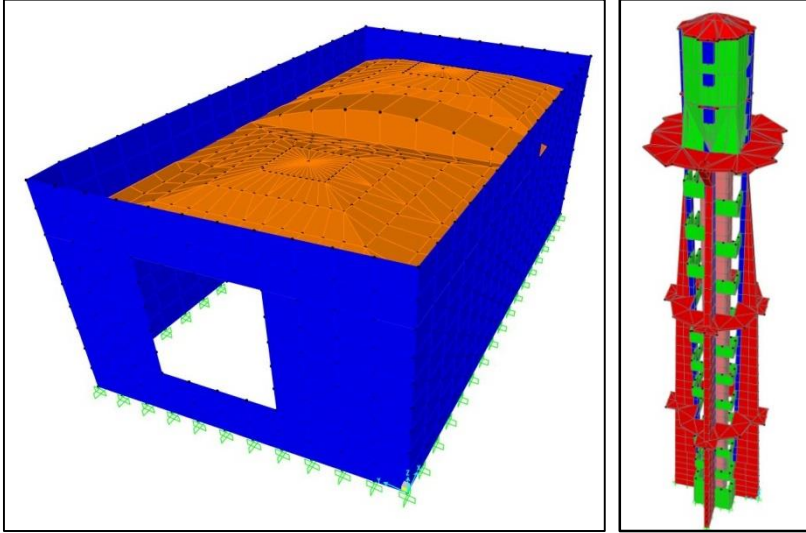
Üç boyutlu katı eleman

Üç boyutlu katı elemanlar görünümülerinden dolayı “tuğla” eleman olarak da bilinirler. Genellikle sekiz düğüm noktasının birleştirilmesiyle oluşan bu elemanların yapısal analizlerinden, altı serbestlik derecesi olan her düğüm noktasında global eksenler doğrultusunda gerilme ve şekil değiştirme sonuçları elde edilir. Masif, üç-boyutlu kütleli yapıların ve taşıyıcı sistem elemanlarının modellenmesinde kullanılırlar (Can ve Ünay, 2012).

“Yapıları modellerken izlenebilecek en basit yaklaşım farklı yapı elemanlarını, farklı model elemanlarıyla temsil etmektir. Mesela, sütunları çubuk (FRAME) elemanlarla, kubbe, tonozları kabuk (SHELL) elemanlarla, duvarları da katı (SOLID) elemanlarla modellemek sıkça kullanılan bir yaklaşımdır” (Dabanlı, 2008).

Sayısal modelin oluşturulmasında hangi tür elemanların seçileceği, modellenen yapının geometrisi, yapı sistemi ve kurgulanacak model üzerinde yapılması planlanan analizler ile ilişkilidir. Gerçekçi sonuçların elde edilebilmesi açısından uygun model elemanlarının seçilmesi önemlidir. Benzer şekilde, modeli oluşturan elemanların düğüm noktalarındaki serbestlik dereceleri ve elemanların yerel eksenlerinin model aşamasında doğru tanımlanmaları, elemanların, dolayısı ile de tüm modelin öngörülecek yükler karşısında

sergileyeceği davranışın gerçekçiliğini doğrudan etkilemektedir. Özetle, gerçekçi sayısal model ve analiz sonuçları, ancak uygun model elemanlarının seçilerek her biri için doğru parametrelerin tanımlanması ile sağlanabilir (Laurenço, 1998, Ünay, 2007).



Şekil 4.4. Kabuk elemanlar ile modellenen yığma yapı birimi (a) ile betonarme yapı örneği (b) (Ankara, paraşüt kulesi)

4.4. Tarihi Yapıların Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Modellenmesi ve Analizi

Sonlu elemanlar metodu ile yapı sistemlerinin analizinden önce izlenmesi gereken yol şöyle tanımlanabilir (Hutton, 2004: 1-19; Yılmaz, 2006);

- Kullanılacak olan sonlu eleman tipleri belirlenir.
- Malzeme karakteristikleri tanımlanır.
- Sonlu elemanların en, boy, yükseklik ve alan gibi geometrik büyüklükleri belirlenir. Uygun sonlu eleman ağları oluşturulur. Şekil fonksiyonları seçilir.
- Sınır şartları ve yükler tanımlanır.
- Eleman matrisleri yardımıyla sistem matrisleri bulunur.
- Sistem denge denklemleri çözülür.

Hedef yapıyı meydana getiren malzemelere ilişkin fiziksel ve geometrik tanımların hassas ve doğru şekilde yapılması analiz sürecinin en önemli aşamalarından birisidir. İdeal olan, çalışma konusu yapının strüktürel bileşenlerinden alınacak malzeme örneklerinin çeşitli deneylere tabi tutulması, elde edilecek verilerin modelleme ve analizde kullanılmasıdır. Bu süreç; zaman, özel ekipman, bütçe ve özellikle tarihi yapılar için uzun bürokratik süreçleri

beraberinde getirmektedir. Bu sebeple, modellenecek yapıya ilişkin malzeme parametreleri için özgün yapı malzemelerinin referans alınması çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Bu gibi durumlarda genellikle kabul gören yöntem; çalışma konusu yapının malzeme özelliklerinin, daha önce yapılan benzer nitelikteki çalışmalara dayandırılarak ön kabul ve tahminlerle belirlenmesidir (Ünay, 1997, 2007).

Yığma yapı elemanlarının gerçek davranışını gözlemleyebilmek için, değişik modelleme yöntemleri vardır. Pratikte, yığma yapıların modellenmesi için üç farklı yaklaşım vardır (Can ve Ünay, 2012);

- İlk yaklaşım doğrusal elastik modelleme tekniğidir ve yapının tamamının hiç bir çatlak ya da süreksizlik olmaksızın bütün olarak davrandığı kabulüne dayanır.
- İkinci yaklaşım yığma yapı malzemesinin çekme gerilmeleri olmaksızın strüktürel varlığını sürdürebildiği varsayımına dayanmakta olup, modern tasarım kuramlarıyla uyumludur. Bu yaklaşımla elde edilen sayısal model ilk yaklaşıma göre daha karmaşıktır.
- Üçüncü yaklaşımda ise, hesabı yapılacak olan yapıda veya elemanda çekme gerilmelerine karşı, harç birleşim yerleri gibi zayıf olduğu bilinen bölgeler daha ayrıntılı şekilde modellenir. Taş, tuğla ve harç gerçek malzeme özellikleri göz önünde bulundurularak modellenir.

Yığma yapı elemanları genellikle, izotropik doğrusal elastik malzeme özellikleri göz önünde bulundurularak modellenirler. “Yığma yapı elemanlarının analizi için çeşitli modelleme teknikleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Farklı modelleme tekniklerine göre yapılan hesaplarla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, yapının tamamı göz önüne alındığında, elde edilen sonuçlarda büyük farklar olmadığı görülmüştür” (Ünay, 2002: 116).

Sonlu elemanlar yöntemi; malzeme özelliklerinin çeşitliliğini ve sınır koşullarının farklılığını bağdaştırabilen, kullanımı kolay, çok yönlü analiz yöntemlerinden biridir. Ayrıca doğrusal ve doğrusal olmayan malzeme özelliklerini aynı anda problemde kullanabilen, toplam ve efektif gerilme durumunu verecek şekilde formüle edilmiş bir yöntemdir (Şenel, 1996).

4.4.1. Doğrusal elastik analiz

Doğrusal analiz veya malzemenin doğrusal elastik davranışı, taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen şekil değiştirmenin sadece uygulanan yükün şiddeti ile ilgili olduğu anlamına

gelir. Yüklemenin herhangi bir aşamasında, taşıyıcı sistem elemanında oluşan şekil değiştirmenin niteliği, yükleniyor olması veya yükünün boşaltılıyor olması ile ilgili değildir. Doğrusal elastisite özelliği, yapısal analiz sırasında en çok kullanılan malzeme modelidir ve aşağıdaki kabullere dayanır (Croci, 1998; 211-214);

1. Gerilmenin şiddeti arttıkça, bunun sonucunda ortaya çıkan birim şekil değiştirme miktarı da doğrusal oranda artar.
2. Gerilmenin şiddeti azaldıkça, birim şekil değiştirme miktarı da aynı doğrusal oranda azalır.
3. Malzeme homojen ve süreklidir.

4.4.2. Doğrusal olmayan elastik analiz

Birçok araştırmacı tarihi binaların ve anıtların yapısal analizinde elastik modeller kullanmıştır. Ancak, elastik malzeme özellikleri kullanılarak, geometrik doğrusal olmayan analiz yöntemleri geliştirmek de mümkündür. Bu yöntemler; modelde çekme gerilmeleri oluşan bölgelerin sürekliliği bozularak, çatlaklar adım adım gözlenerek gerçekleştirilen ve birbirini izleyen bir dizi analizi kapsar. Bu çok uzun süren ve çatlak desenlerinin doğru bir şekilde seçilmesini gerektiren bir işlemdir (D'ayala, 2007: 151-173).

Bu analizde, yapıdaki malzemenin yumuşak davranışı, çatlak oluşumu, dayanım azalması gibi özellikleri göz önüne alınır. Malzemenin elastik bölge dışında gösterebileceği; yumuşama veya sertleşme davranışı ile ilgilenilir. Buna bağlı olarak uygun bir plastik model seçilmelidir (Çavuş, 2009).

5. PARÇALI VEYA BÜTÜNCÜL TAŞIMADA STRÜKTÜREL PERFORMANSIN DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Kurgusal Olarak Ele Alınan Yöntem ve Yapı Hakkında Bilgiler

Tarihi yapıların parçalı veya bütüncül taşınması sırasında sergileyecekleri performansın değerlendirilmesi amacıyla, yakın zamanda kapsamlı taşımaların gerçekleştirildiği Hasankeyf anıt yapılarından esinlenerek geliştirilen taşıma senaryosu çerçevesinde değerlendirme yapılmıştır.

5.1.1. Hasankeyf ve anıt yapılar

Hasankeyf, bazıları sarp kayalıklara oyularak oluşturulmuş, yakın geçmişe kadar yerel halkın barınma ihtiyacını karşılayan kaya evleri, doğal mağaraları ile hemen yanı başındaki Dicle Nehri ve kanyonlardan meydana gelen eşsiz bir topoğrafyaya sahiptir. Geçmiş antik döneme uzanan ilçe, başta Bizans, Artuklu ve Eyyübi olmak üzere, çeşitli dönemlere ait mimari varlıkları barındıran önemli bir kültürel ve doğal miras alanıdır (Kılıcı, 1987).



Resim 5.1. Hasankeyf genel görünümü (2015 yılı)

Bizans Dönemi'nde Hasankeyf'e bir kale inşa edildiği bilinmektedir. Anadolu'nun Müslümanlar tarafından fethini takiben Malazgirt Meydan Savaşı'nın hemen sonrasında (1085) Hasankeyf Türklerin hakimiyetine geçmiştir. 1101 yılında başkenti Hasankeyf olan bir devlet kurulması ile birlikte Artuklu Dönemi başlamıştır. Yüksek seviyedeki Artuklu

medeniyetinin sonucu olarak inşaa ve imar faaliyetlerinin hız kazandığı 1100-1236 yılları arası Hasankeyf'in en parlak ve canlı dönemi olarak bilinmektedir (Kılıcı, 1987).

Artukluların zayıflaması ile birlikte 1234 yılında Eyyubi hakimiyeti başlamıştır. Bu dönemin başlarında (1260) gerçekleşen Moğol istilas, şehrin yağmalanmasına sebep olmuştur. Bu istila sonrasında Hasankeyf'te gerileme dönemi başlamış, hakimiyet Akkoyunlu, Karakoyunlu ve Eyyubiler arasında el değıştirmiştir (Kılıcı, 1987).

Büyük ölçüde harabe haldeki kentin yönetimi 16. yüzyılda Eyyubilerden Osmanlı'ya geçmiştir. 1524 yılından itibaren Diyarbakır'a bağılı bir sancak merkezi haline gelen şehir, yakın dönemde Midyat'a bağılı bir kazayken, Cumhuriyet'in ilk yıllarında Gercüş ilçesine nahiye olarak bağlanmıştır. Günümüzde Hasankeyf, Batman'a bağılı bir ilçe merkezidir. 1967 yılında kaledeki mağaralarda yaşayan halkın aşaağı şehirde iskan edilmesi amacıyla pek çok tarihi yapı ve kalıntı yıkılmış, yıkıntılardan açığa çıkan alanlara sosyal konutlar inşaa ettirilmiştir (Kılıcı, 1987).

Öncesinde ciddi bir imar faaliyeti bulunmayan Hasankeyf'te, Artuklu hakimiyeti ile birlikte önemli yapılar inşaa edilmeye başlanmıştır. Tarihi anıtların çoğunun Artuklu, Eyyübi, Akkoyunlu ve Osmanlı Dönemlerinde inşaa edildiğı bilinmektedir (Kılıcı, 1987).

Albert Gabriel'in (1940/2014) 1940 yılında Paris'te yayımlanan; 'Voyages Archeologique Dans La Turquie Orientale' isimli kitabı, Hasankeyf'teki mimari anıtların kapsamlı olarak incelendiğı güvenilir kaynakların başında gelmektedir. Gabriel'in (1940/2014) Doğı ve Güneydoğı Anadolu'nun bazı yerleşimlerdeki arkeolojik alanlar ve mimari anıtları bizzat gezerek meydana getirdiğı eserinde Hasankeyf yerleşimi 3 bölge olarak tanımlanmaktadır.

Kale olarak de bilinen Yukarı Şehir; Dicle Nehri'nin güneyinde bulunan, yüksek kanyonlarla çevrili tepenin üzerinde kurulmuştur. Kale'ye erişim, aralarında çalışmaya esin kaynağı olan Orta Kapı'nın da bulunduğı 3 adet anıt kapıdan geçerek tepeye ulaşan patika yol ile sağlanır. Kanyonun her iki yakası ile patika yol boyunca, çok eskilerden beri yerel halkın iskan için kullandığı mağaralar bulunmaktadır.

Albert Gabriel (1940/2014: 67) yukarı şehri; hipodrum mevkii, iskan edilmiş bölümler ve dar vadi (akarsu yatağı) olmak üzere kendi içerisinde de bölgelere ayırmıştır. Bu alandaki

yapılaşma ise Gabriel (1940/2014) tarafından hazırlanan Hasankeyf şehir planında (Bkz. Şekil 5.1);

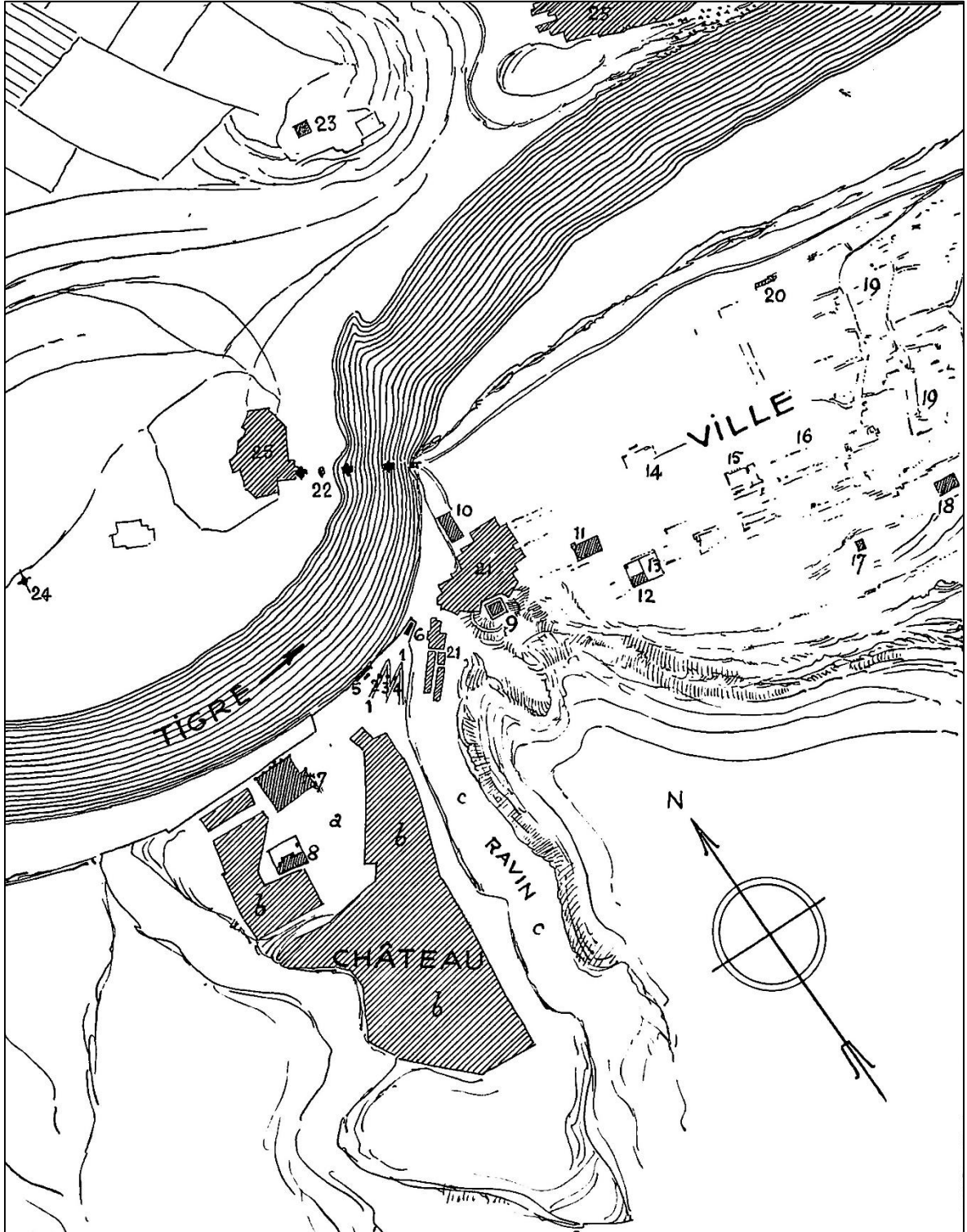
- 1- Patika yol
- 2, 3, 4- İstihkam Kapıları
- 5- Dicle'ye erişim sağlayan basamaklar
- 6- Küçük Saray
- 7- Büyük Saray
- 8- Ulu Cami, olarak tanımlanmıştır.

Aşağı Şehir; 1967 yılında yerel halkın yaşadıkları mağaraları terk etmeye zorlanması ile birlikte yeni iskan alanı olarak kullanılmaya başlanan, Kale ve kanyonun doğusunda, Dicle Nehri'nin ise güney kıyısında yer alan nispeten düzlük alandır. Aşağı Şehir'deki anıt yapı ve kalıntılar ise aşağıda listelenmektedir (Gabriel , 1940/2014: 67);

- 9- Kale burcu
- 10- El-Rızk Camisi
- 11- Sultan Süleyman Camisi
- 12- Koç Camisi
- 13- Medrese yıkıntıları (?)
- 14- Kervansaray (?)
- 15- Hamam (?)
- 16- Cami kalıntıları
- 17- Küçük cami
- 18- Türbe
- 19- Ev yıkıntıları
- 20- Eski duvar yüzü
- 21- Modern dükkan ve evler
- 22- Dicle köprüsü yıkıntıları.

Dicle'nin Sol Yakası; yerleşimin Dicle Nehri'nin kuzey kıyısında, Raman Dağı eteklerinde yer alan bölümüdür. Bu bölümdeki yapılar ise (Gabriel , 1940/2014: 67);

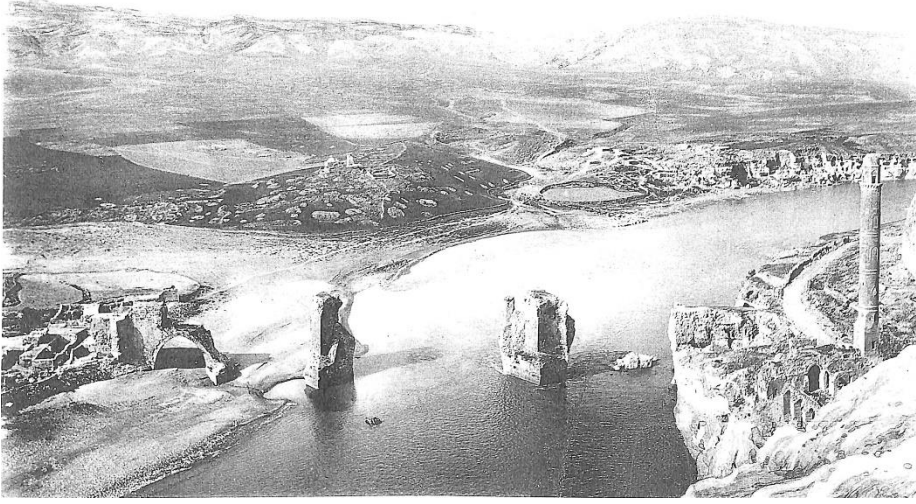
- 23- İmam Abdullah Zaviyesi
- 24- Zeynel Bey Türbesi
- 25- Modern Evler'den ibarettir.



Şekil 5.1. Albert Gabriel'in Hasankeyf şehir planı (Gabriel, 1940/2014: 68)

Hasankeyf'teki anıt esrelerden en çok bilinenlerin başında ortaçağın en büyük ve gösterişli köprüleri arasında gösterilen Artuklu Köprüsü gelmektedir. Benzer başka örneklerde olduğu gibi, bu köprü'nün ilk yapım döneminin de Bizans veya daha eski uygarlıklara uzanması ihtimal dahili olmakla birlikte, Albert Gabriel (1940/2014: 84) üzerindeki taşı işaretle ve

figürlerden yola çıkarak uzunluğu 100 m'yi geçen bu önemli su yapısının Artuklu Dönemi'ne ait olabileceğini iddia etmektedir.



Resim 5.2. Artuklu Köprüsü ve Hasankeyf'in kaleden (yukarı şehir) görünümü (Gabriel, 1940/2014: 345)



Resim 5.3. Artuklu Köprüsü ve Hasankeyf'in kaleden (yukarı şehir) 2015 yılı görünümü (Demirtaş, 2018)

Aralarında çalışmada kullanılan sayısal modelin esin kaynağı olan Orta Kapı'nın da bulunduğu 3 adet savunma amaçlı istihkam kapısı, kaleye zikzak yaparak erişen taş kaplı patika yolun üzerinde bulunmaktadır. Orta Kapı ile birlikte 2 adet yığma kapı günümüze kısmen de olsa sağlam şekilde ulaşmıştır.



Resim 5.4. Kaleye (Yukarı Şehir) ulaşan patika yolun üst kotunda yer alan diğer istihkam kapısı (a), günümüze ulaşan her iki istihkam kapısının bir arada görüldüğü 2015 yılına ait fotoğraf (b) (alt kottaki Orta Kapı) (Demirtaş, 2018)

Kalede (yukarı şehir) bulunan Ulu Cami ile Küçük ve Büyük Saray'lar, yerleşimin en yüksek noktasındaki önemli mimari yapılardır. Ulu Cami'nin daha önce mevcut olan bir kilisenin yerine Eyyübi (1325) döneminde yaptırıldığı değerlendirilmektedir (Zengin, 2001: 137). Caminin özgün mimarisinin zaman içerisinde değiştiği bilinmektedir. Minaresinin kuzey cephesinde bulunan kitabelerinden, yapının 1529 yılında onarıldığı anlaşılmaktadır. Caminin hemen karşısında, kuzey cephesi Dicle Nehri'ne bakan, Büyük Saray bulunmaktadır. Artuklu Köprüsü'nün örgü sisteminden yola çıkılarak, Gabriel (1940/2014: 71) tarafından yapının 11-12. yüzyıllarda Artuklu sultanlarından biri tarafından yaptırılmış olabileceği değerlendirilmektedir (Gabriel, 1940). Küçük Saray olarak adlandırılan yapı, Kale'nin kuzeydoğusunda falezin hemen üzerinde bulunmaktadır. Konumu ve bulunduğu yükseklik itibarıyla üç yönden Dicle Nehri'ne ve manzaraya hakim dikdörtgen planlı tonoz örtülü yapının, Hasankeyf prenslerinin gözde tatil mekanı olduğu değerlendirilmektedir. Gabriel (1940/2014: 72) tarafından, dönem yapılarına benzerliğinden dolayı 15. yüzyıla tarihlenen yapının, Hısn Keyfa Vekayinamesi'ne dayanılarak 1328 yılında Eyyübiler tarafından yaptırıldığı da iddia edilmektedir (Zengin, 2001: 172-173).



Resim 5.5. Küçük Saray (a) ve Ulu Cami'nin (b) 2015 yılı fotoğrafları (Demirtaş, 2018)

Günümüzde iskan amaçlı kullanılan aşağı şehrin önemli anıt yapılarının başlıcaları; El Rızk, Sultan Süleyman (Süleyman Han), Koç ve Gabriel (1940/2014: 77) tarafından türbe olarak da tanımlanan Kızlar Camileri olarak sayılabilir. Özellikle minaresi yaygın olarak bilinen Hasankeyf silüetinin önemli bir parçası olan El - Rızk Camisi, Dicle Nehri'nin güneydoğu kıyısında, Hasankeyf Kalesi ile tarihi köprü arasında yer almaktadır. Kitabelerine göre 1409 yılında Eyyübiler döneminde yaptırılmıştır (Kılıcı, 1987). Kesme taş bölümlerindeki detaylı ve özenli işçilik, özellikle de üst örtüsünü teşkil eden, günümüzdeki nervürlü döşemelere benzer çift cidarlı özgün sistem ile dikkat çeken Sultan Süleyman Camisinin ana yapısı, kitabesine göre 1351 yılında Eyyübiler tarafından, minare ve çeşmesi ise sırasıyla 1409 ve 1416 yıllarında yaptırılmıştır (Zengin, 2001: 150). Özgün alçı mihrap ve eyvan geçişi süslemeleri ile enine dikdörtgen planlı, ortası kubbeli ibadet mekanı ve kuzey yöndeki revaklı avludan oluşan Koç Camisi, Sultan Süleyman Camisi ile birlikte günümüzde kazı alanı olarak da bilinen alanının güney doğusunda yer almaktadır. İlk yapımı çeşitli kaynaklarda 14-15. yüzyıllara tarihlendirilmektedir. Kare planlı avlunun dört köşesindeki aynı plan geometrisindeki türbelerden meydana gelen Kızlar Camisi, Cami Beniat olarak da bilinmektedir. Günümüzde cami olarak kullanılan yapı Albert Gabriel'e (1940/2014: 77) göre bir anıt mezardır ve 14. yüzyıl sonlarına, Eyyübi Dönemi'ne tarihlendirilir. Oluş Arık da (2001) yapının bir anıt kabir külliyesi olduğunu belirtmektedir.



Resim 5.6. Sultan Süleyman (Süleyman Han) (a) ve El Rızk (b) Camilerinin 2015 yılı fotoğrafları (Demirtaş, 2018)

5.1.2. Hasankeyf Kalesi, Orta Kapısı

Kültür mirası niteliğindeki tarihi yapıların özgün yerlerinde korunmalarını olanaksız kılan zorunlu hallerde fiziksel varlıkları korunmak üzere taşınmalarına yönelik senaryoların henüz planlama aşamasındayken analitik yöntemlerle incelenmesi, Hasankeyf ilçesinde, Ilısu Barajı etki alanında bulunan Orta Kapı'dan esinlenerek oluşturulan sayısal model kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Arık, 2003: 89-90; Can ve Ünay, 2012; Ünay, 1997; Ünay, 2007).

Orta Kapı yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş anıtsal bir yapıdır. Yapının yükseklik ölçüsü, yatay kesit ve taban alanına oranla daha fazladır. Dikdörtgen prizma şeklindeki düzlemsel geometrisi, tez kapsamında tanımlanan taşıma yöntemlerinin test edilmesini amaçlayan kurgusal sayısal model ve analitik çalışmalar için oldukça uygundur. Yapının yakın geçmişte yerinde korunmasını olanaksız kılan imar faaliyetleri sebebiyle taşınmış olmasının da çalışmaya katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Orta Kapı, 'Yukarı Şehir' olarak da tanımlanan Hasankeyf Kalesi'ne doğudan ulaşan rampa yolun üzerinde kayalara oyulmuş dükkânların önünde yer alır. Anıtsal kapının üzerinde bulunan tek sıra kitabeden anlaşılaacağı üzere; 1423 senesi, Eyyübi Dönemi'nde Sultan Süleyman tarafından inşa ettirilmiştir (Gabriel, 1940/2014: 69; Yurttaş, 2002).

Yapı tamamen kayalık zemine inşa edilmiş olup, batı kesimi sarp kayalar ile bütünleşmiş haldedir. İnşa edildiği formasyonda çok sayıda mağara bulunmaktadır. Kesme taş güney cephesinde, doğal taş üzerine kabartma tekniği ile oluşturulmuş süslemeler ile geçiş kapısının hemen üzerindeki kitabe bulunmaktadır. Kuzey cephesi ise moloz taş örgüden ibarettir.



Resim 5.7. Kaleye (Yukarı Şehir) ulaşan patika yol ve Orta Kapı'nın 2015 yılı fotoğrafı (Demirtaş, 2018)



Resim 5.8. Orta Kapı'nın güney (a) ve kuzey (b) cepheleri 2015 yılı fotoğrafları (Demirtaş, 2018)

Gerek inşa edildiği topoğrafyanın hareketliliği, gerekse de zaman içerisinde meydana gelen fiziksel etkiler sonucunda yapı kısmen yıkılmıştır. Tarihi yapı, bünyesinde meydana gelen

strüktürel çatlaklar ve yamaçtan aşağı doğru hareket etme eğilimi sebebiyle 2002 yılında geliştirilen acil müdahale projesi (Kaba, 2008) kapsamında çelik bir çatkı ile desteklenerek strüktürel bütünlüğünü sürdürebilmiştir (Arık, 2003: 89-90; Can ve Ünay, 2012; Ünay, 1997; Ünay, 2007).

5.1.3. Yapının yerinde korunmasına yönelik tehdit ve riskler

Eski çağlardan günümüze kadar çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapan ve barındırdığı kültürel varlıklar, sahip olduğu doğal çevre ve eşsiz topoğrafyası ile ulusal ve uluslararası düzeyde bilinirliğe sahip Hasankeyf, inşası büyük ölçüde tamamlanmış haldeki Ilısu Barajı'nın su toplama havzası içinde bulunmaktadır. Baraj yapısı her ne kadar Hasankeyf'in güney doğu yönünde, yerleşime 77 km uzaklıkta bulunsun da, en yüksek su seviyesi 527 m kotu olarak planlanan rezervuarın yaklaşık; 136 km uzunluğunda ve 313 km²'lik bir alanı etkileyeceği hesaplanmaktadır (Demirtaş, 2018).

Mevcut konumda zemin seviyesi yaklaşık; 500 m, en yüksek noktası ise; 513 m kotlarına denk gelen Orta Kapı'nın ise, rezervuarın dolması ile birlikte normal işletme seviyesinde dahi tamamen su altında kalacağı bilinmektedir. Yüzyıllardır ayakta olmasına karşın, gerek bulunduğu topoğrafya gerekse de çevresel etkiler ve meydana gelen hasarlar sonucunda strüktürel yapısı oldukça hassas hale gelen Orta Kapı'nın su altında kalması halinde, yapısal bütünlüğünü uzun süre koruyamayacağı açıktır. Ayrıca anıt yapının üzerine inşa edildiği, çok sayıda mağara ile jeolojik boşluk barındıran dayanımı düşük kayalık formasyonda da, su ile temas halinde ciddi boyutta heyelan ve çöküntüler meydana gelmesi olasıdır. Suyun anıtsal yapıya etkisinin yanı sıra, olasılığı yüksek zemin ve jeolojik hareketlerin de yapısal dayanımı doğrudan etkileyeceği öngörülmektedir (Demirtaş, 2018).

Yukarıda değinilen risklerden dolayı su altında korumaya yönelik bazı uygulamalar mümkün görünmekle birlikte, anıt yapının özgün konumda, doğrudan su etkisi altındayken yapısal bütünlüğünü sürdürecektir düzeyde korunamayacağı düşünülmektedir. Anıt yapının varlığını sürdürerek gelecek nesillere aktarılması, ancak baraj rezervuarının en yüksek su seviyesinin dışında kalan bir alana taşınması ile sağlanabilecektir (Demirtaş, 2018).

5.2. Taşınarak Korumaya Yönelik Senaryolar

Hasankeyf ilçesinde bulunan ve Ilısu Barajı'nın su toplama alanında kalacak mimari ve arkeolojik mirastan bir kısmının taşınması, bazılarının ise gerekli onarım ve koruma tedbirleri alınarak su altında korunmasına yönelik çalışmalar ilgili kamu kurumları ve tüzel kişilerin işbirliği ile yürütülmektedir (Demirtaş, 2018). Çalışmalar kapsamında Orta Kapı 2018 yılı ekim ayında bulunduğu konumdan parçalı şekilde kaldırılarak rezervuar alanı dışındaki yeni yerine taşınmıştır (Bkz. Resim 5.9). Tez çalışmasında Orta Kapı'nın taşınması olgusu, ilgili kurumlarca yürütülen ve yapının taşınarak korunmasına esas projeden bağımsız şekilde ele alınmaktadır.

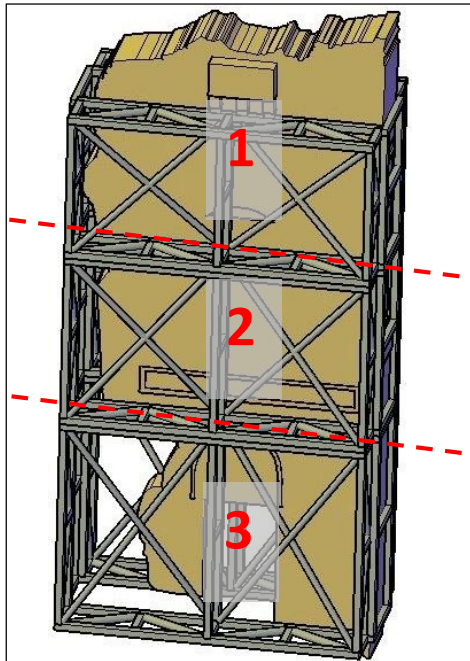


Resim 5.9. 2018 yılı ekim ayında gerçekleşen taşıma kapsamında kaldırılan yapının üst parçası (a) ile yapının taşıma sonrası yeni konumdaki durumu (b)

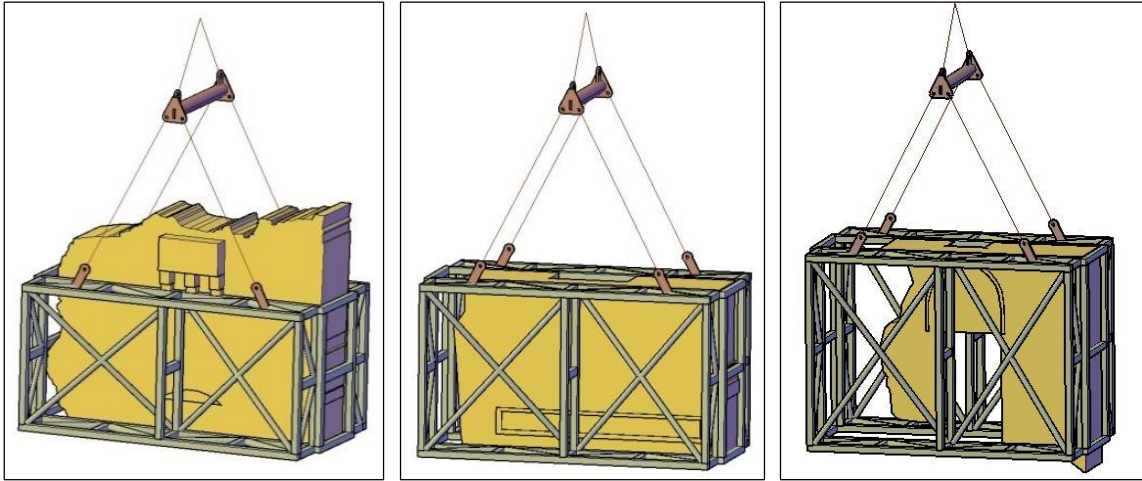
Orta Kapı 6,8 x 1,6 m taban ölçülerine karşın, zeminden tepe noktasına kadar yaklaşık; 14,5 m yükseklik ölçüsüyle, düşey yönlü düzlemsel geometriye sahip yığma bir strüktürdür. Yapının geometrik özellikleri, çalışmada ele alınan bütüncül ve parçalı taşıma senaryolarının matematiksel model kullanılarak test edilmesini ve sonuçların yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Yapının geometrisi, düzlem içi ve düzlem dışı devrilme (dönme) hareketlerinin yanı sıra, çalışma kapsamında ele alınan taşınma sırasında meydana gelebilecek ani hız değişimi (frenleme etkisi) ve çukur veya benzeri ani düşey yer değiştirme etkilerinin araştırılması için de oldukça elverişlidir. Çalışmada taşıma senaryosu; yapının yatayda parçalara ayrılarak ve bütüncül taşınması olmak üzere iki farklı şekilde kurgulanmıştır. Taşıma esnasında ve sonrasında anıt yapıda oluşması beklenen olası kuvvet dağılımı ve gerilmeler, iki farklı senaryoya göre modellenerek hesaplanmıştır.

5.2.1. Parçalı taşıma senaryosu

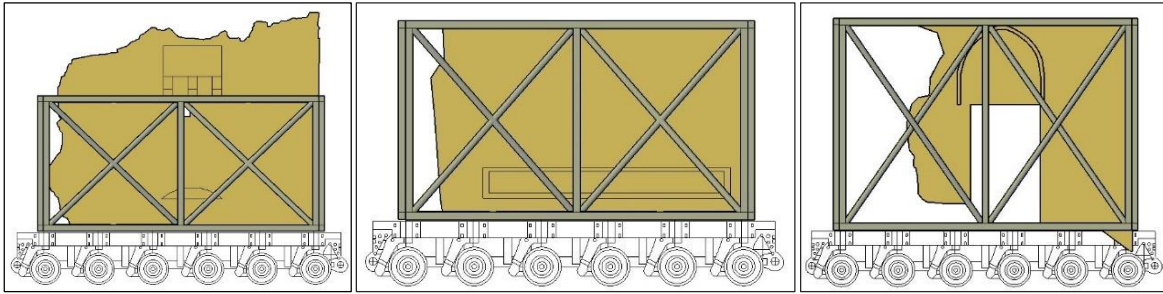
Parçalı taşımanın temel kuralı; yapı kütesinin daha kolay taşınabilir küçük parçalara bölünmesi, böylelikle gerek ağırlık gerekse de kütleden kaynaklanacak zorluk ve risklerin alt düzeye indirgenmesidir. Çalışmada parçalı taşıma senaryosu; gerçek yapıdan kurgulanarak oluşturulan analitik modelin mimari ve teknik açıdan elverişli (süslemeye veya taşıyıcı sistemin kritik bir bölümüne denk gelmemesi gözetilerek) yatay hatlar boyunca, uygun yöntemle kesilmesi ve birbirine ağırlık olarak yakın üç parçaya ayrılması şeklinde planlanmıştır. Kurgusal modelin zeminden ve batı yöndeki kayalık formasyondan ayırma işlerinin de benzer teknik ve prensiple yapılacağı öngörülmüştür. Birbirinden ve kayalıktan ayrılacak yapı parçalarının ağırlığa uygun vinç ile kaldırılarak, özel taşıma aracına yüklenecekleri, baraj gölü su seviyesinden daha yüksek bir konumda belirlenecek yeni pozisyona taşınacakları, burada sökümün tersi bir iş sıralaması ile yeniden bir araya getirilecekleri öngörülmüştür. Kurgusal yapı parçalarının kesim, ayırma, kaldırma, taşıma aracına yükleme, indirme ve yeni yerinde tekrar bir araya getirme işlerinin, her bir yapı parçasını bağımsız şekilde dört cepheden sarmalayarak, alt ve üst kottan destekleyecek biçimde inşa edilecek çelik taşıma / destek strüktürü yardımı ile gerçekleştirileceği kabul edilmiştir (Bkz. Şekil 5.2, 5.3 ve 5.4).



Şekil 5.2. Kurgusal yapının parçalı taşınması senaryosu için öngörülen yatay kesim hatları ile yapı parçalarını desteklemesi öngörülen çelik destek strüktürünün gösterildiği 3 boyutlu katı model



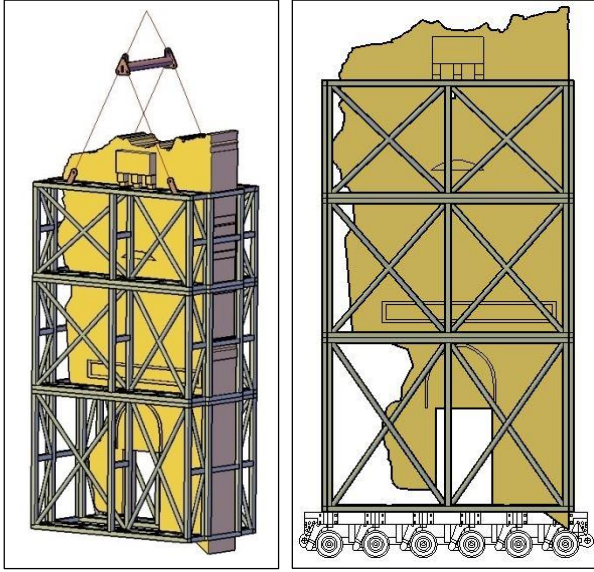
Şekil 5.3. Kurgusal yapı parçalarının kaldırılma aşamasının tanımlandığı (a; üst, b; orta, c; alt parçalar) 3 boyutlu katı modeller



Şekil 5.4. Kurgusal yapı parçalarının özel araçlarla taşınması aşamasının tanımlandığı (a; üst, b; orta, c; alt parçalar) 3 boyutlu katı modeller

5.2.2. Bütüncül taşıma senaryosu

Bütüncül taşımanın temel kuralı; strüktürel bütünlüğün mümkün olduğunca korunması, böylelikle zemin koşulları hariç, özgün mimari ve yapısal özellikler değiştirilmeksizin taşımanın gerçekleşmesidir. Çalışmada bütüncül taşıma senaryosu; taşınacak kurgusal yapıyı tanımlayan analitik modelin kayalık formasyondan uygun tekniklerle kesilerek ayrılması, bulunduğu konumdan bütüncül şekilde kaldırılarak, taşıma aracına yüklenmesi ve baraj gölü su seviyesinden daha yüksek bir konumda belirlenecek yeni yerine yerleştirilmesi şeklinde kurgulanmıştır. Mevcut yerinden kaldırma, taşıma aracına yükleme, indirme ve yeni yerine yerleştirme işlerinin, kurgusal yapıyı dört cephesinden sarmalayıp düşey düzlemde, zemin ve üç farklı yükseklikten destekleyecek ve bir bütün olarak inşa edilecek çelik taşıma / destek strüktürü yardımıyla gerçekleştirileceği kabul edilmiştir. İnşa edilecek çelik strüktürün taşıma boyunca kurgusal yapının strüktürel bütünlüğüne katkı sağlayacağı öngörülmüştür (Bkz. Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Kurgusal yapının bütüncül şekilde kaldırılması (a) ve özel araçla taşınması (b) aşamalarının tanımlandığı 3 boyutlu katı modeller

5.3. Kurgusal Yapı İçin Sonlu Elemanlar Modelinin Oluşturulması

Yukarıdaki başlıklarda değinilen, kurgusal yığma yapının bütüncül ve parçalı şekilde taşınması senaryolarında ortaya çıkabilecek olası gerilme değişimleri ve dinamik etkiler ile yapının taşıma sonrası yeni konumundaki strüktürel performansının belirlenmesine yönelik çalışmalar sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 3 boyutlu SOLID (katı) elemanlar kullanılarak taşınacak yığma yapıyı temsil edecek sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır.

Kurgusal yığma yapının modellenmesinde makro modelleme (Bkz. 4.2. Sayısal Modelleme ve Analiz) yaklaşımı tercih edilmiş, farklı form ve boyutlarda taş, harç vb. malzemeden oluşan yığma örgüdeki heterojen malzeme dağılımı, sayısal modelde göz ardı edilmiş, yapının doğrusal elastik davranış sergileyen homojen bir malzeme yapısına sahip olduğu kabul edilmiştir.

Çalışmanın amacı; tarihi yığma yapıların fiziksel bütünlük ve varlıklarının korunması amacıyla, taşınmalarının zorunlu olduğu hallerde planlanan taşıma senaryosunun analitik yöntemlerle kurgusal yapı üzerinde incelenmesi ve sınanmasıdır. Önerilen çalışma ile planlanan taşıma yönteminin taşınacak kurgusal yapı için uygun olup olmadığı, barındırdığı riskler ve güvenilirliği henüz fizibilite aşamasında test edilebilmektedir. Yöntemin planlama

aşamasındayken denenebilir olması, taşıma projesinin yönlendirilmesi, gerekirse taşıma veya koruma yönteminin değiştirilmesi gibi kritik kararların uygulama öncesinde netleşmesini mümkün kılmaktadır.

Tarihi yapıların taşınması, öncelikli olarak koruma mimarlığı ve yapı mekaniği olmak üzere, farklı uzmanlık dallarının ortak çalışma alanında yer almaktadır. Bu sebeple çalışmada strüktürel taşıma olgusu, yapı mekaniğini ilgilendiren karmaşık analiz ve hesaplamalar yerine, başta proje yöneticisi ve koruma mimarı olmak üzere, taşıma sürecinde karar verici pozisyondaki mühendislik disiplini dışındaki kişiler tarafından da rahatlıkla anlaşılabilir sadelikte ele alınmıştır. Elde edilen sonuçların, süreçteki tüm uzmanlarca yorumlanabilir olması amaçlanmıştır. Ortaya konan analiz / test yöntemi ile tarihi yapıların taşınmasına yönelik yöntem seçimi ve proje süreçlerinin daha hızlı ve sağlıklı yürütülebileceği, taşımadaki olası risklerin henüz ön proje aşamasında ortaya konabileceği, dolayısı ile tarihi yapının korunmasına odaklı, başarılı sonuçların alınabileceği değerlendirilmektedir.

Orta Kapı'nın daha önce hazırlanan rölöve çizimlerinden (Kaba, 2008) yola çıkılarak hazırlanan sayısal model ile analizler, SAP2000 (2005) sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

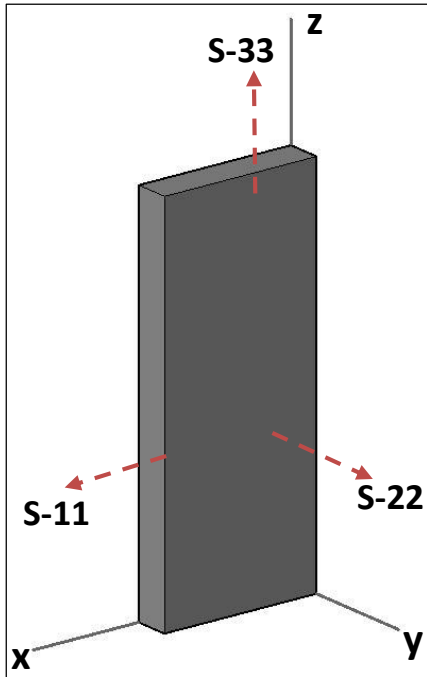
5.3.1. Kurgusal yapı modelinin özellikleri

Taşınacak kurgusal yığma yapıyı temsilen hazırlanan sonlu elemanlar modeli 1664 düğüm noktası ve 1114 SOLID eleman ile oluşturulmuştur. Sayısal modelin malzeme özellikleri, benzer yapılar için daha önce yapılan çalışmalar sonucu üretilmiş ve uluslararası literatürde önerilen bağıntılardan yararlanılarak yığma yapılar için kabul edilen değerler dikkate alınarak seçilmiştir (Bayülke, 2013, 33-61, 80-117; Can ve Ünay, 2012; Marques ve Lourenço, 2014; Özmen, Akan ve Ünay, 2011; Roca ve diğerleri, 2010; Ünay, 2007). Taş yığma yapı elemanlarının harç ile birlikte homojen nitelikte, tek bir malzeme özelliği gösterdiği varsayılarak elastisite modülü ve birim ağırlık kabulleri yapılmıştır. Taşın harç ile birlikte elastisite modülü; $E = 450\,000 \text{ kN/m}^2$ (450 MPa), özgül ağırlığı; 25 kN/m^3 , basınç emniyet gerilmesi; $f_m = 900 \text{ kN/m}^2$ (0,9 MPa), çekme emniyet gerilmesi; $f_{m(\text{çek})} = 135 \text{ kN/m}^2$ (0,135 MPa), kayma emniyet gerilmesi ise; $\tau_m = 530 \text{ kN/m}^2$ (0,53 MPa) kabul edilmiştir (Bkz. Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Sayısal modelin malzeme özellikleri ve kabul edilen değerler

Malzeme Özellikleri	Kabul Edilen Değerler
Elastisite modülü (E)	$E = 450\,000 \text{ kN/m}^2$
Özgül ağırlık (ρ)	$\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
Çekme emniyet gerilmesi (f_m (çek))	$f_m \text{ (çek)} = 135 \text{ kN/m}^2$
Basınç emniyet gerilmesi (f_m)	$f_m = 900 \text{ kN/m}^2$
Kayma emniyet gerilmesi (τ_m)	$\tau_m = 530 \text{ kN/m}^2$

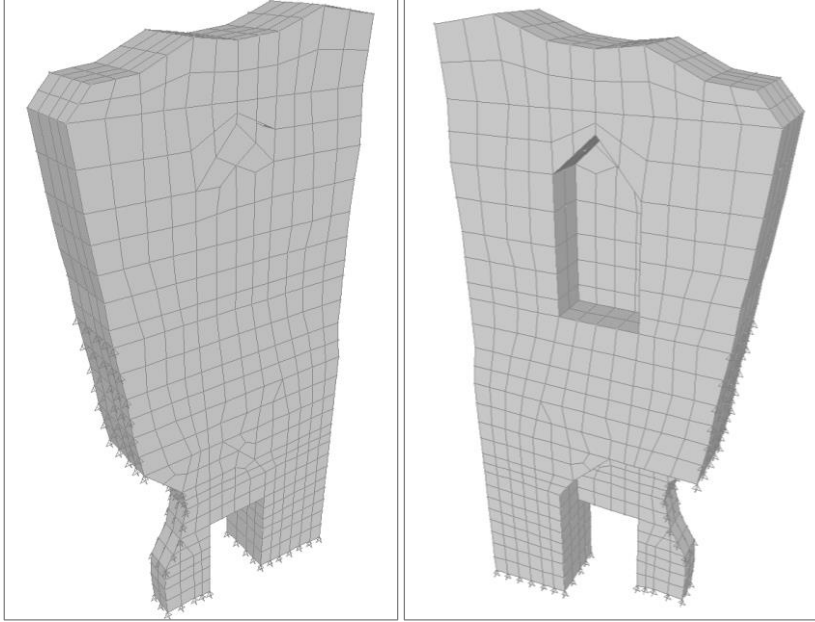
Kullanılan yazılım, modelin global x, y ve z eksenlerinde meydana gelen gerilmeleri tanımlayabilmektedir. Dikdörtgen prizma geometriye sahip bir yapıyı temsilen hazırlanan modelde, global z eksen yönünde meydana gelen gerilmeler; S-33, x eksen yönündeki gerilmeler; S-11, y eksen yönündeki gerilmeler ise; S-22 olarak tanımlanmaktadır. Çekme kuvvetinin neden olduğu bileşke gerilmeler; S-MAX, basınç kuvvetinin neden olduğu bileşke gerilmeler ise S-MIN olarak tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Katı model üzerinde global eksenler ile gerilme tanımlarının gösterimi

İlk olarak kurgusal yapının yerinden sökülmesi ve taşıma işleminden önceki yapısal performansın belirlenmesi için bir hesap yapılmıştır. Bu hesap kurgusal yapının kesim, ayırma, çelik destek strüktürü ile destekleme gibi taşımaya yönelik herhangi bir uygulama dikkate alınmaksızın, kendi ağırlığının neden olduğu düşey yük ve sismik etkiler altındayken

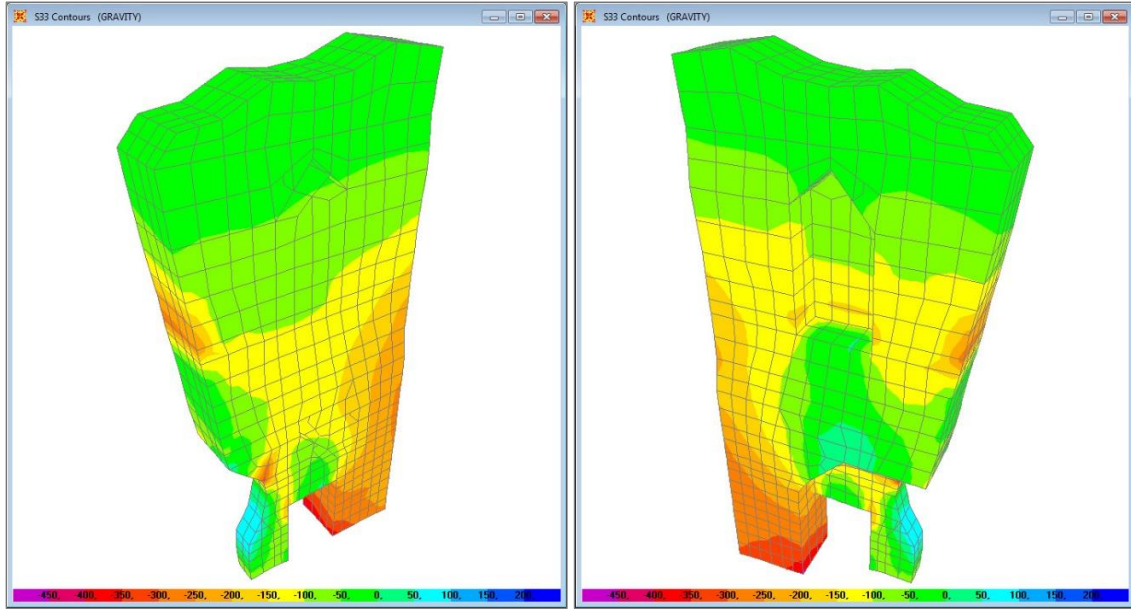
mevcut yerindeki performansını göstermiştir. Analiz sonucu elde edilen veriler aşağıdaki grafik gösterimlerle ifade edilmiştir (Bkz. Şekil 5.7);



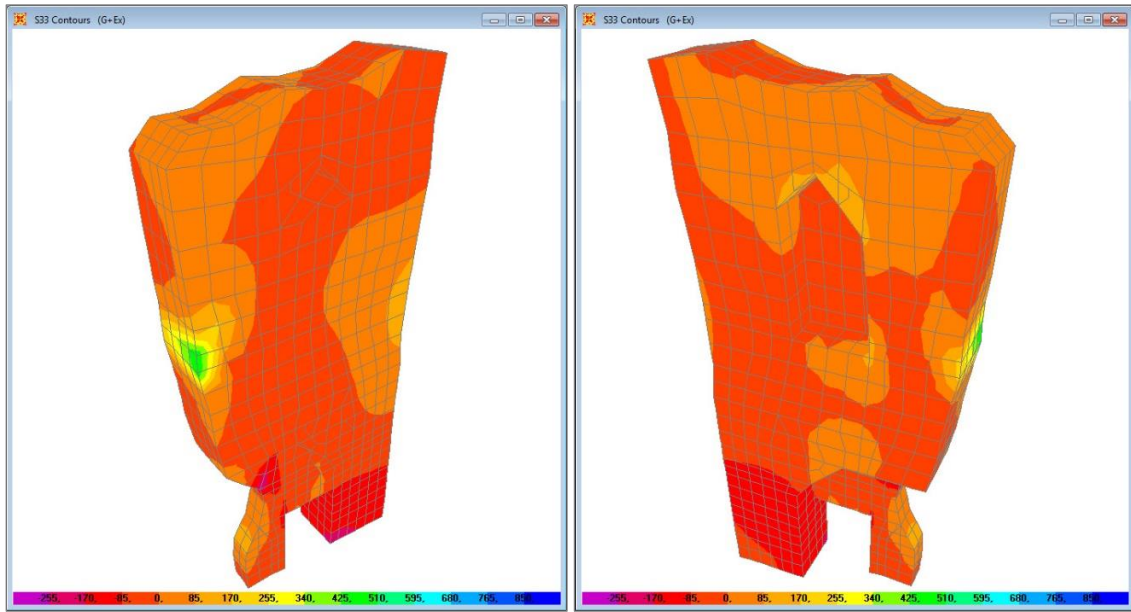
Şekil 5.7. Taşıma öncesindeki özgün konumu temsil eden sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri

Bilgisayar yazılımı kullanılarak (SAP2000, 2005) oluşturulan modelin olası sorun ve hatalara karşı test edilerek doğru ve sağlıklı çalıştığını teyit etmenin en iyi yöntemi kendi ağırlığının neden olduğu düşey yükler altında gerçekleştirilen analizlerdir. Bu sebeple öncelikle düşey doğrultudaki, yani z eksenini yönündeki (S-33) gerilmelerin hesaplanacağı analizler gerçekleştirilmiştir (Bkz. Şekil 5.8).

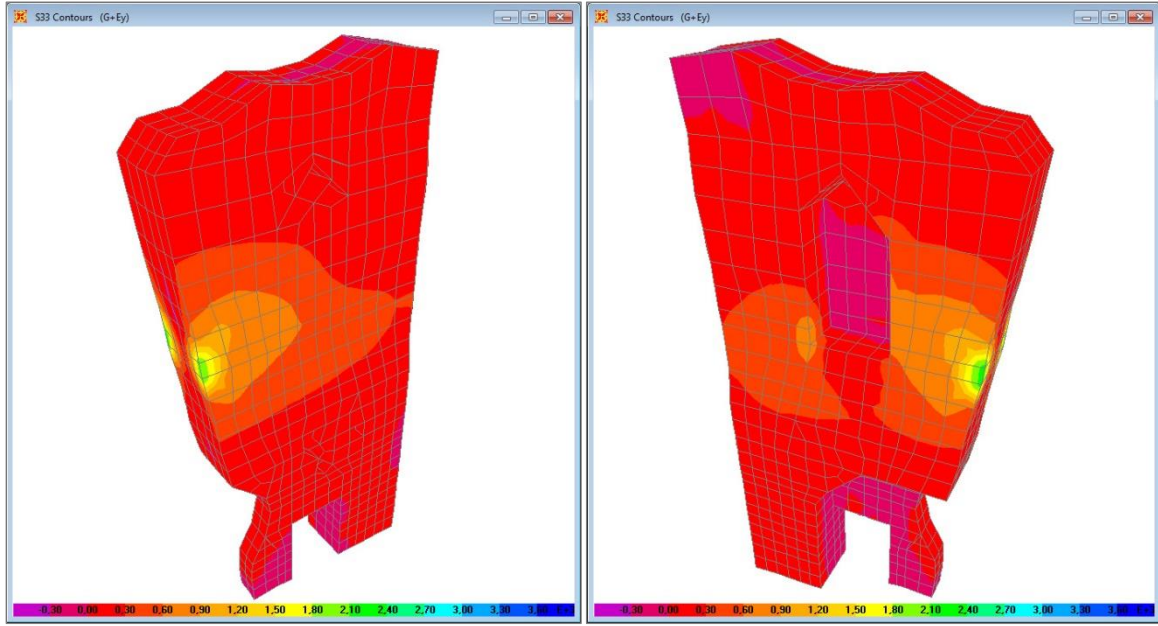
Kullanılan yazılım (SAP2000, 2005), model üzerinde düşey yük etkisi ile kombine edilecek şekilde global x ve y doğrultusunda kabul edilen bir spektrum değerine göre tanımlanacak deprem etkisinin analizine imkan vermektedir. Bu amaçla yapılan analizlerde; G+Ex, düşey yük ve global x eksenini doğrultusundaki depremi, G+Ey ise düşey yük ile global y eksenini doğrultusundaki deprem etkisini ifade etmektedir (Bkz. Şekil 5.9 ve 5.10).



Şekil 5.8. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yükler altında oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler



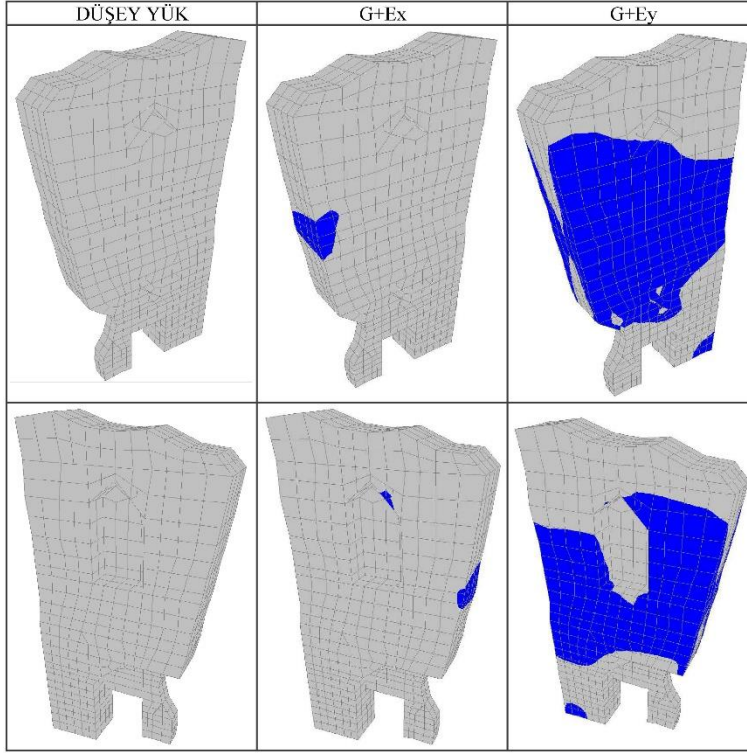
Şekil 5.9. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yük ve x yönündeki deprem yükleri kombinasyonu (G+Ex) sonucunda oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler



Şekil 5.10. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yük ve y yönündeki deprem yükleri kombinasyonu (G+Ey) sonucunda oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler

Analizlerin sonuçları taşımayı temsil eden sayısal modelde kabul edilen çekme ve basınç sınır değerlerinin aşılp aşılmadığı bağlamında değerlendirilmiştir. Bunun için sınır değerlerin aşıldığı bölgelerin farklı (koyu) renk ile vurgulandığı grafikler kullanılmıştır. Şekil 5.11’de model düşey yük ve deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) etkisi altındayken, bu çalışmada kabul edilen çekme emniyet gerilmesi (0,135 MPa) değerinin aşıldığı bölgeler, üstte yapının ön yüzeyi, altta ise arka yüzeyinde mavi renk ile gösterilmiştir.

Yapının mevcut konumunda, düşey yükler altında ve herhangi bir yatay yüke maruz kalmadığı haldeyken çekme sınır değerinin aşılmadığı görülmüştür. Yapının S-11 yönünde (G+Ex) maruz kaldığı deprem yükleri sonucu oluşan çekme kuvvetlerinin sınırlı bir alanda çekme gerilmesi sınır değerini aştığı, yapının geometrisi sebebiyle daha narin olduğu S-22 yönündeki deprem yükü (G+Ey) karşısında ise, çekme gerilmesi sınır değerinin kritik düzeyde aşıldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Mevcut durumu temsil eden sayısal modelde düşey yük ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin, kabul edilen çekme sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)

Kabul edilen basınç emniyet gerilmesinin ise (0,9 MPa) gerek düşey yük, gerekse de deprem yükleri etkisi altında aşılmadığı gözlenmiştir.

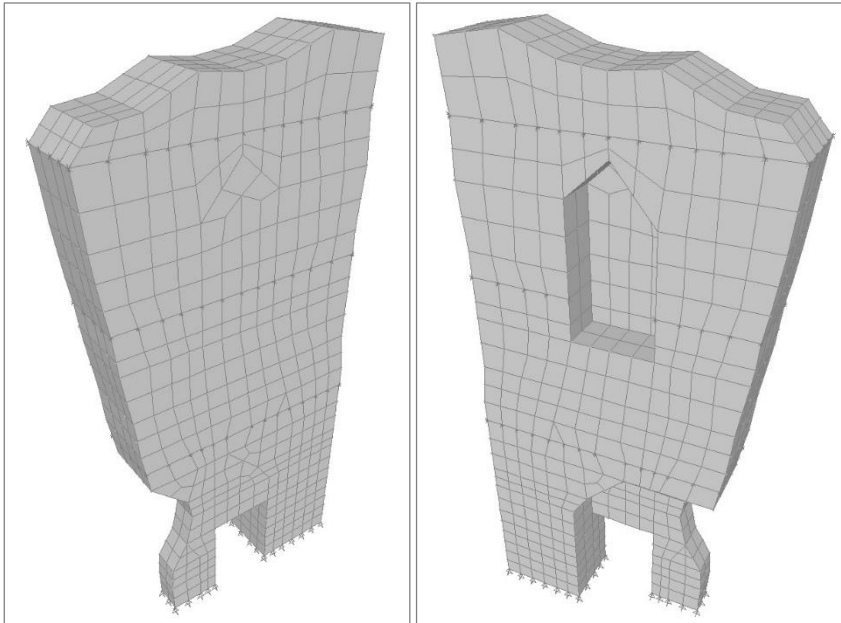
Elde edilen sonuçlar, sadece düşey yük etkisinin söz konusu olduğu durumlarda çekme veya basınç gerilmesi sınır değerlerinin aşılmadığını, ancak özellikle global y eksenı doğrultusundaki deprem etkisi altındayken kurgusal yapıda ciddi bir çekme gerilmesi tehdidinin meydana geldiğini ve sınır değerlerin aşıldığını göstermektedir. Olası bir deprem durumunda, yığma yapı kesitinin narin olduğu S-22 yönünde, sınır gerilme değerlerinin aşıldığı bölgelerde çatlama ve kırılmaların kaçınılmaz olduğu söylenebilir.

5.3.2. Kurgusal yapı modelinin bütüncül ve parçalı taşıma senaryolarına adaptasyonu

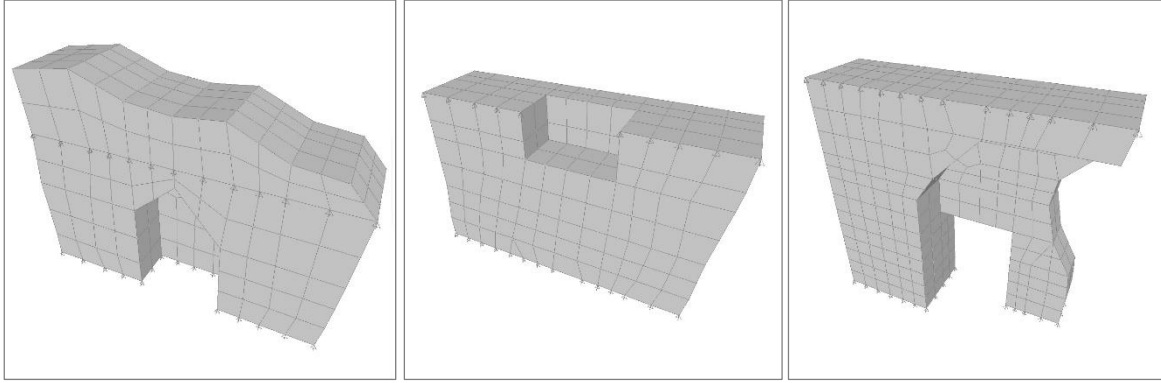
Kurgusal yapının bir bütün olarak tanımlandığı sayısal model (Bkz. Şekil 5.12), çalışmanın 5.2.2. başlığında tarif edilen bütüncül taşıma senaryosunun canlandırılması ve analizi için kullanılmıştır. 5.2.1. başlığında tarif edilen parçalı taşıma senaryosuna benzer şartların oluşturulması amacıyla kurgusal yapının sayısal modeli Şekil 5.2’de gösterilen yatay

hatlardan üç parçaya bölünmüştür. Parçalı taşıma senaryosunun sonuçlarını izlemek amacıyla yapılan hesaplar için parçalara ayrılan modelin 1 numaralı (üst) parçası; 511 adet düğüm noktası, 318 adet SOLID eleman, 2 numaralı orta parça; 513 adet düğüm noktası, 324 adet SOLID eleman, 3 numaralı alt parça ise; 769 adet düğüm noktası, 472 adet SOLID elemandan oluşmaktadır.

Analiz modellerinde çelik destek strüktürünün yapı ile temas ettiği noktalara, bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden uyarlamalar için farklı mesnet özellikleri tanımlanmıştır. Bütüncül taşıma modelinde çelik strüktür ile yapı ilişkisi, zemin seviyesinde hareketi kısıtlayacak şekilde sabit, çerçevenin yapı ile temas ettiği zemin üzeri seviyelerde ise sınırlı harekete olanak tanıyacak özellikte tanımlanmıştır. Parçalı taşımayı temsil eden modellerde ise bu ilişki; her bir parçanın en alt hizasında hareketi kısıtlayıcı özellikte olup, üst seviyelerde ise sınırlı harekete olanak vermektedir. Taşıma sırasındaki olası ani hız değişimlerinden kaynaklanabilecek etkilerin analizi içinse model ile destek strüktürü ilişkisi yazılımın imkan tanıdığı özel yay ve sürtünme özellikleri kullanılarak tanımlanmıştır. Her bir analiz modeli için tanımlanan mesnet ve yük özelliklerinin detayları kendi başlıkları altında açıklanmaktadır.



Şekil 5.12. Bütüncül taşıma senaryosunun analizi için oluşturulan kurgusal yapı sayısal modelinin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri



Şekil 5.13. Parçalı taşıma senaryosunun analizi için bütüncül model kullanılarak uyarlanan; 1 numaralı üst (a), 2 numaralı orta (b) ve 3 numaralı alt (c) parçaların kuzey yönden görünüşleri

5.4. Taşıma Senaryosunun Kurgusal Yapı Üzerindeki Etkilerinin İncelendiği Analizler

Bütüncül veya parçalı taşıma halinde ortaya çıkabilecek olumsuzlukların kurgusal yapının yapısal bütünlüğüne etkisi ile taşıma sonrasındaki olası yapısal performans, takip eden başlıklarda detaylandırılan koşullar çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Parçalı modelin üst, orta ve alt parçaları strüktürel olarak karşılaştırıldığında; orta parçanın diğerlerine göre daha sağlam ve kararlı bir geometriye sahip, alt parçanın ise modeldeki kapı boşluğu sebebiyle diğer iki modelden daha narin özellikte olduğu görülmektedir. Modelin üst parçası diğerleriyle karşılaştırıldığında; alt parçadan daha sağlam ve kararlı, orta parçadan ise daha narin olup, parçalı taşımaya yönelik analizler için ideal fiziksel ve geometrik özellikler sergilemektedir. Her bir parçayı temsil eden modeller için ayrı ayrı yapılacak çok sayıda analizin oldukça fazla miktarda verinin ortaya çıkmasına sebep olacağı, üst parça ile karşılaştırıldığında belirgin şekilde sağlam olan orta ve daha narin özellikteki alt parçalara yönelik analiz verilerinin yanıltıcı olabileceği değerlendirilmiştir. Parçalı taşımaya yönelik senaryoda yorumlanması zor, karmaşık ve düşük güvenilirliğe sahip oldukça çok sayıda analiz yapmak yerine, araştırma için en uygun özellikteki üst parçanın kullanılması benimsenmiştir.

Bu yaklaşımla parçalı taşıma senaryosunda sadece 1 numaralı üst parça modeli kullanılmıştır (Bkz. Şekil 5.13). Çalışma kapsamında toplam 35 adet analiz gerçekleştirilmiş olup, özellikleri ile tanım kodları Çizelge 5.2’de gösterilmektedir. Çalışmanın takip eden

başlıklarında analizler, bu tabloda yer alan tanım metodolojisi ve analiz kodları ile anılmaktadır.

Çizelge 5.2. Sayısal model kullanılarak gerçekleştirilen analizler

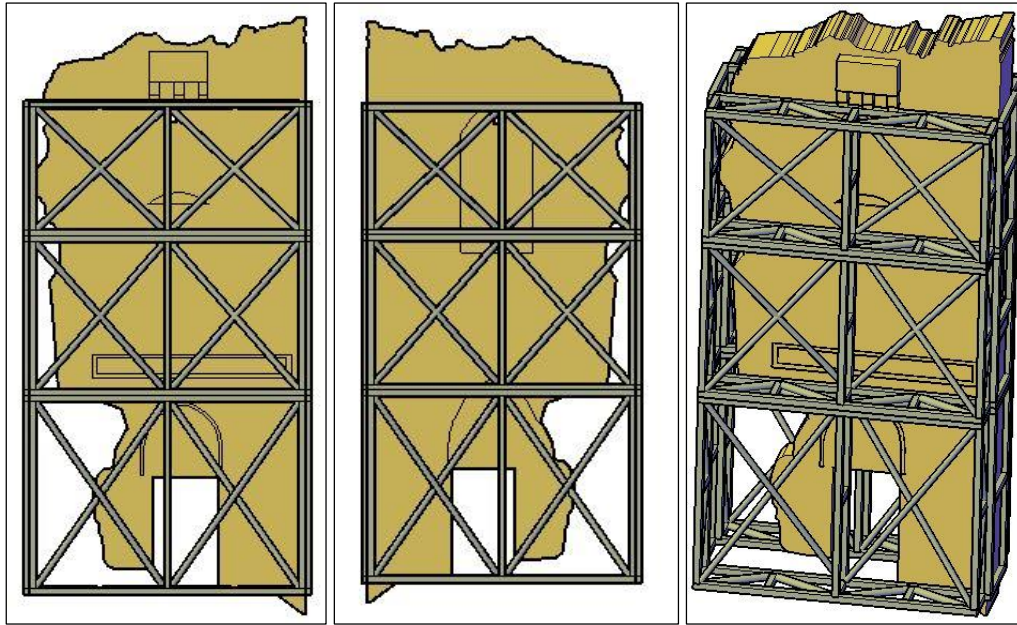
TAŞIMA SENARYOLARINA YÖNELİK ANALİZLER						
ANALİZ TÜRÜ			TAŞIMA SENARYOLARI ve ANALİZ KODLARI			
			PARÇALI TAŞIMA / ÜST PARÇA (PRC)		BÜTÜNCÜL TAŞIMA (BTN)	
1. DÜŞEY YÜK ETKİSİ			1-PRC		1-BTN	
2. TAŞIMA SİRASINDAKİ OLASI DÜZLEM DIŞI HAREKETLERİN ETKİSİ	2-2 EKSENİ	10°	2-22-PRC-10		2-22-BTN-10	
		20°	2-22-PRC-20		2-22-BTN-20	
		30°	2-22-PRC-30		2-22-BTN-30	
	3-3 EKSENİ	15°	2-33-PRC-15		2-33-BTN-15	
		30°	2-33-PRC-30		2-33-BTN-30	
		45°	2-33-PRC-45		2-33-BTN-45	
3. TAŞIMA SİRASINDAKİ OLASI ANİ HIZ DEĞİŞİMİ (İVME) ETKİLERİ	0,25 g		3-PRC-0,25X	3-PRC-0,25Y	3-BTN-0,25X	3-BTN-0,25Y
	0,5 g		3-PRC-0,5X	3-PRC-0,5Y	3-BTN-0,5X	3-BTN-0,5Y
	1 g		3-PRC-1X	3-PRC-1Y	3-BTN-1X	3-BTN-1Y
	1,5 g		3-PRC-1,5X	3-PRC-1,5Y	3-BTN-1,5X	3-BTN-1,5Y
4. TAŞIMA SONRASI YAPISAL PERFORMANS			4-PRC-1 (20 000 MPa)		4-BTN-1	4-BTN-2
			4-PRC-2 (40 000 MPa)			
			4-PRC-3 (50 MPa)			

5.4.1. Bütüncül taşıma modelinin lineer statik ve ani hız değişiminin neden olduğu ivme etkisi altında analizi

Taşıma modelini temsilen seçilen yapı özgün halde batı kenarından yaklaşık 9,5 m yüksekliğe kadar kayalığa dayalı haldedir (Bkz. Resim 5.8). Taşıma işlemi başlamadan önce temasta olduğu batı yan yüz ve zemin seviyesindeki kayalardan kesilerek ayrılması gerekmektedir. Bütüncül taşımaya yönelik analizlerde ayırma işlemi sırasında meydana gelebilecek titreşim vb. olası diğer dinamik etkiler, işlemin gereken özen gösterilerek ve kurgusal yapıya herhangi bir hasar verilmeksizin yapılacağı ön kabulü ile dikkate alınmamıştır.

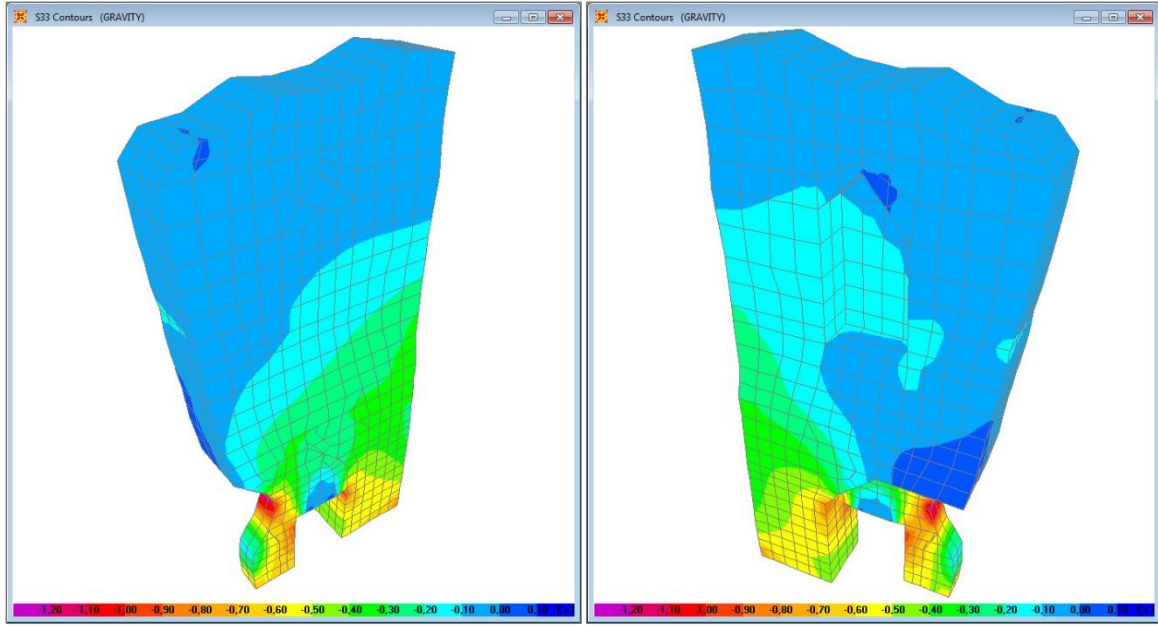
Bütüncül modelin düşey yüklerin etkisi altındaki analizi

Öncelikle, bütüncül haliyle zemin ve batı kesimdeki kayalık formasyondan ayrılmış ve taşıma sırasında çelik destek strüktürü ile sarmalanmış duruma yönelik sonlu eleman hesapları yapılmıştır. Bu analizde, kurgusal yapının sayısal modeli herhangi bir kaldırma veya taşıma işlemine tabi tutulmaksızın, çelik strüktür ile desteklenmiş, yer düzlemi ile dik açı oluşturacak şekilde stabil halde ve düşey yüklerin etkisi altındayken ortaya çıkan gerilmeler incelenmiştir. Kurgusal yapının analize esas durumunu gösteren 3 boyutlu katı modeller Şekil 5.14’te, sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler ise takip eden şekillerde ifade edilmektedir. Çelik strüktür ile sarmalanan yapının doğal zemin ile doğrudan bir bağlantısı kalmayacağından deprem etkisi altındaki davranışı incelenmemiştir.

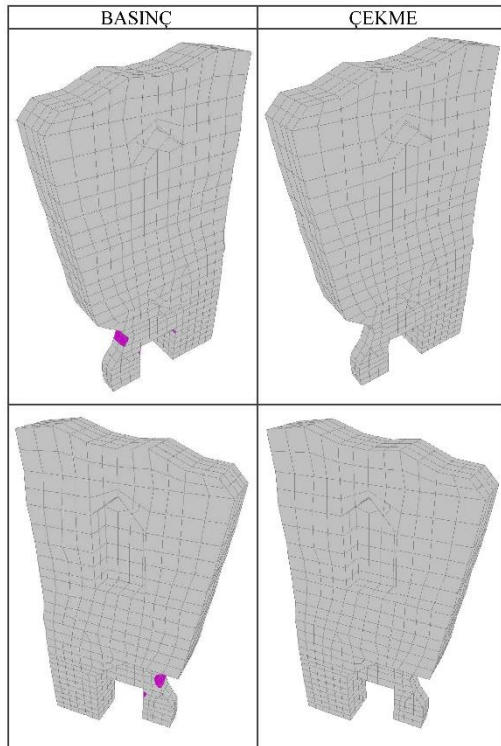


Şekil 5.14. Bütüncül taşıma öncesi kurgusal yapının zemin ve kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarıldığı durumu gösterir 3 boyutlu katı modeller (a güney, b kuzey cephe, c perspektif görünüm)

Öncelikle düşey yük etkisi altındayken düşey doğrultu, yani z eksenini yönündeki (S-33) kuvvet dağılımını gösterecek analizler gerçekleştirilmiştir (Bkz. Şekil 5.15).



Şekil 5.15. Bütüncül taşıma öncesi zemin ve kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarılma durumunu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yükler altında oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler



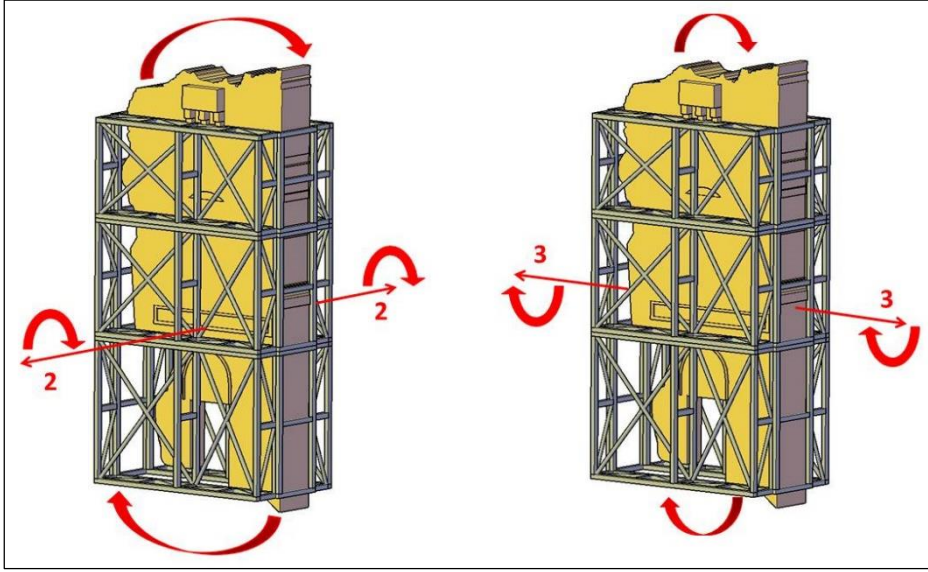
Şekil 5.16. Bütüncül taşıma öncesi çelik strüktür ile sarılma durumunu temsil eden sayısal modelde düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki basınç gerilmelerinin kabul edilen sınır değeri aştığı bölümlerin pembe renk ile gösterildiği (a) çekme gerilmesi sınır değerinin ise aşılmadığını (b) gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)

Analiz sonuçları çekme ve basınç gerilmeleri sınır değerlerinin aşıp aşılmadığına yönelik grafikler kullanılarak değerlendirilmiştir. Şekil 5.16'da düşey yük etkisi altındayken kabul edilen basınç emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,9 MPa) aşıldığı bölgeler pembe renk ile gösterilmektedir. Bu analizde kabul edilen çekme emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,135 MPa) ise düşey yük etkisi altında aşılmadığı gözlenmiştir.

Basınç gerilmelerinin aşıldığı bölgeler, kurgusal yapının yukarıda tanımlanan yük etkilerine karşı hassas olduğu, sayısal hesap modelinde kapı açıklığını ifade etmek üzere oluşturulan boşluk çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bu durum taşıma öncesi ve esnasında kapı boşluğu gibi strüktürel olarak zayıf bölümlerin desteklenmesine yönelik ekstra tedbirlerin alınması gerektiğini göstermektedir. Yatay yönde herhangi bir yük etkisinin söz konusu olmadığı bu analizde, çekme gerilmeleri sınır değerlerinin aşılmamış olması ise beklenen bir sonuçtur.

Bütüncül taşıma sırasında oluşabilecek düzlem dışı hareket etkilerinin analizi

Taşıma modelini temsilen, kurgusal yapının vince bağlı halde yerinden kaldırılması, taşıma aracına yüklenmesi, indirilmesi ve yeni yerine yerleştirilmesi sırasında, çeşitli sebeplerle yapı düzleminin düşey doğrultudan sapması olasıdır. Bütüncül taşıma sırasında kurgusal yapının kendi düzlemine dik (2-2 eksen) ve düzlemine paralel (3-3 eksen) doğrultudaki eksenler etrafında meydana gelebilecek olası dönme hareketlerinden dolayı ortaya çıkabilecek gerilme değişimini incelemek amacıyla bazı hesaplar yapılmıştır. Şekil 5.17'de gösterildiği gibi, hesap modeline öncelikle 2-2 eksen (düzlemine dik bir eksen) etrafında 10°, 20° ve 30 derecelik dönme hareketleri uygulanmıştır. Modele daha sonra 3-3 eksen (düzlemine paralel bir eksen) etrafında, saat yönünde 15°, 30° ve 45 derecelik dönme hareketleri uygulanmış ve gerilme değişimini incelemek üzere seri analizler gerçekleştirilmiştir. Olası düzlem dışı hareketlerin analizinde, düşey yük etkisi altında ortaya çıkan çekme kuvveti bileşke gerilmeleri (S-MAX) ile basınç kuvveti bileşke gerilmeleri (S-MIN) incelenmiş olup, yapı taşınma durumunda olacağı ve zemin ile bağlantısı bulunmayacağından olası deprem etkisi dikkate alınmamıştır.

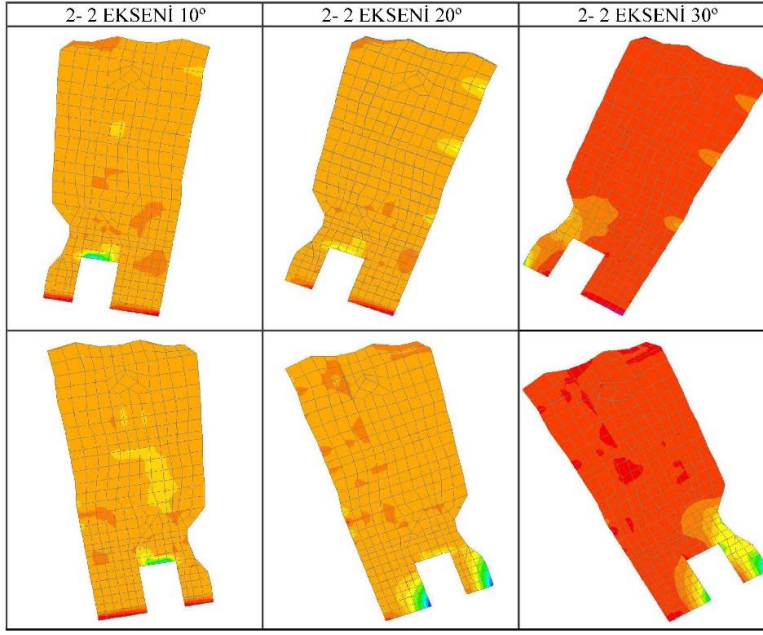


Şekil 5.17. Kurgusal yapı modelinin yerinden kaldırılma, taşıma aracına yüklenme, indirilme ve yeni yerine yerleştirilmesi işlemleri sırasında olası düzlem dışı hareketleri gösterir 3 boyutlu katı modeller (a; 2-2 eksen, düzlemine dik eksen, b; 3-3 eksen, kendi düzlemi etrafında dönme hareketleri)

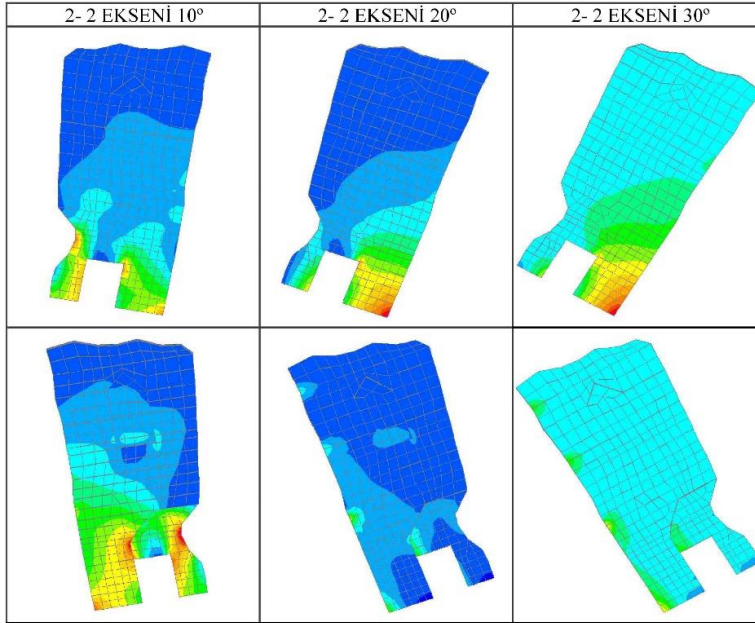
2-2 eksen etrafında uygulanan dönme hareketi hesaplarında sadece global y eksen yönünde yer değiştirme engellenmiştir. Böylelikle, düşey yüklere göre yapılan bu hesaplarda yapıya düşey doğrultuda (z eksen) hareket serbestliği tanımlanarak gerilme dağılımının gerçekçi bir şekilde hesaplanması sağlanmıştır. Aynı şekilde 3-3 eksen etrafında dönme hareketinin uygulandığı hesaplarda mesnet koşulları sadece global x eksen yönünde yer değiştirme engellenecek şekilde tanımlanmıştır.

Öncelikli olarak 2-2 eksen etrafındaki dönme hareketinin etkileri incelenmiştir. Hesaplar sonucunda sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.18, 5.19).

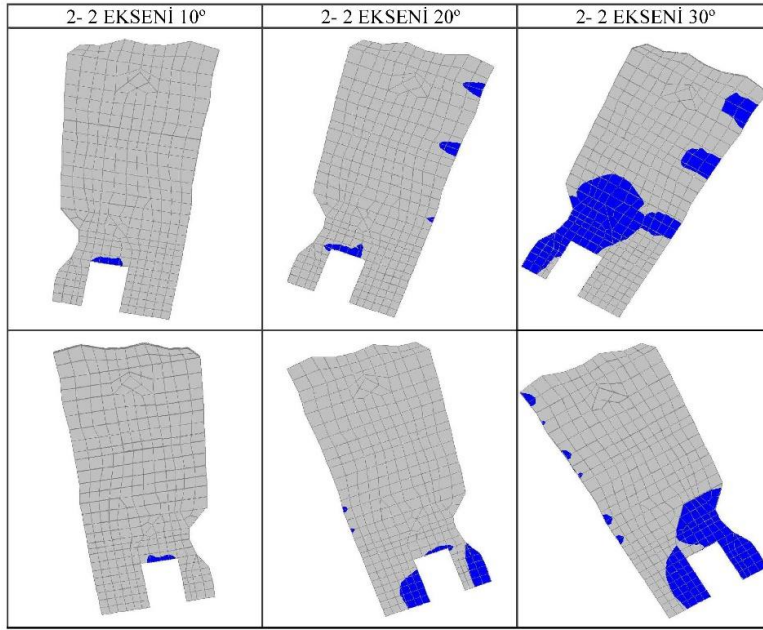
Analiz sonuçları çekme ve basınç gerilmeleri sınır değerlerinin aşılp aşılmadığı bağlamında değerlendirilmiştir. Şekil 5.20’de 2-2 eksen etrafındaki düzlem dışı harekette kabul edilen çekme emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,135 MPa) aşıldığı bölgeler mavi, basınç emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,9 MPa) aşıldığı bölgeler ise Şekil 5.21’de pembe renk ile gösterilmektedir.



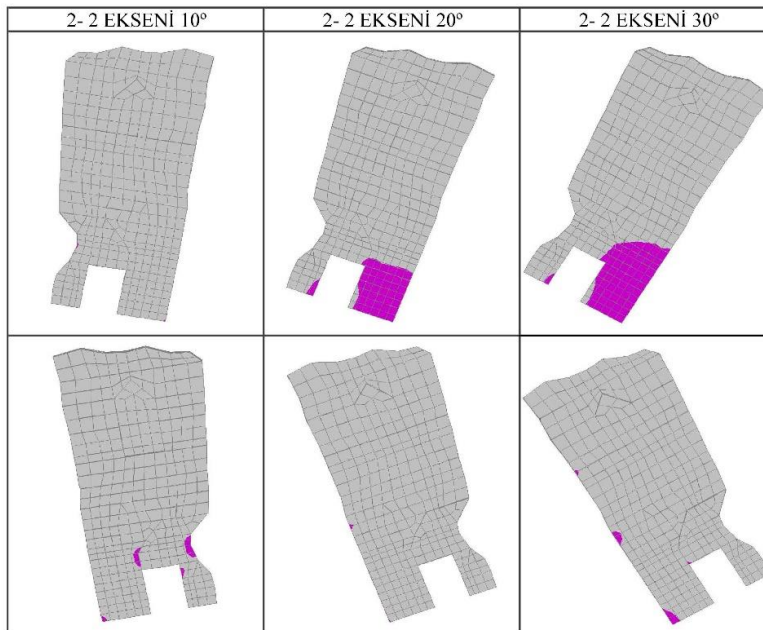
Şekil 5.18. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde, düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MAX)



Şekil 5.19. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde, düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MIN)



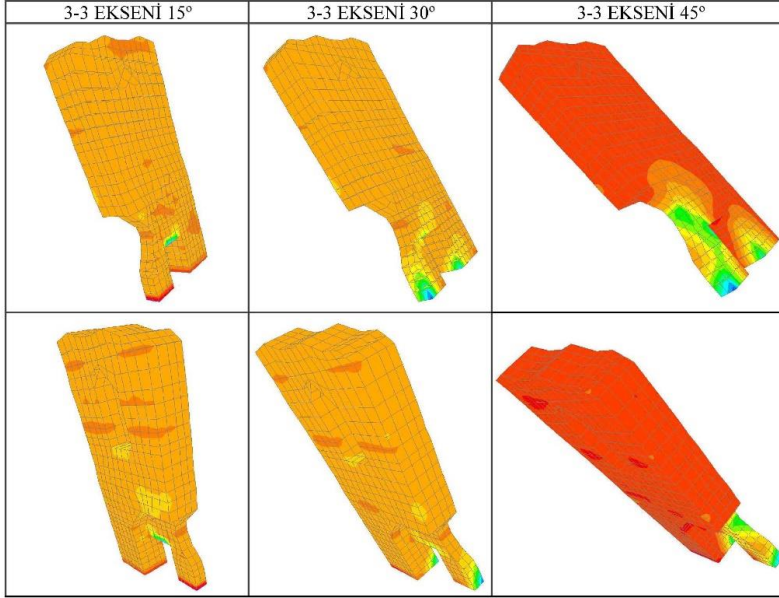
Şekil 5.20. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler



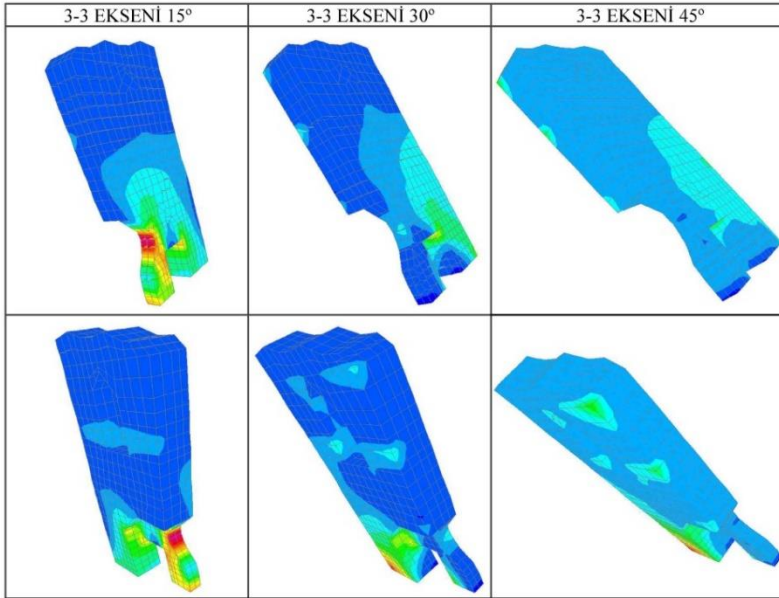
Şekil 5.21. Modele 2-2 ekseninde uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin pembe renk ile ifade edildiği grafikler

2-2 eksenindeki olası hareketlere ilişkin analizlerin ardından düzlem dışı (3-3 eksen) hareketlere yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. 3-3 eksen etrafındaki düzlem dışı

hareketlerin analizleri sonucunda sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.22, 5.23).

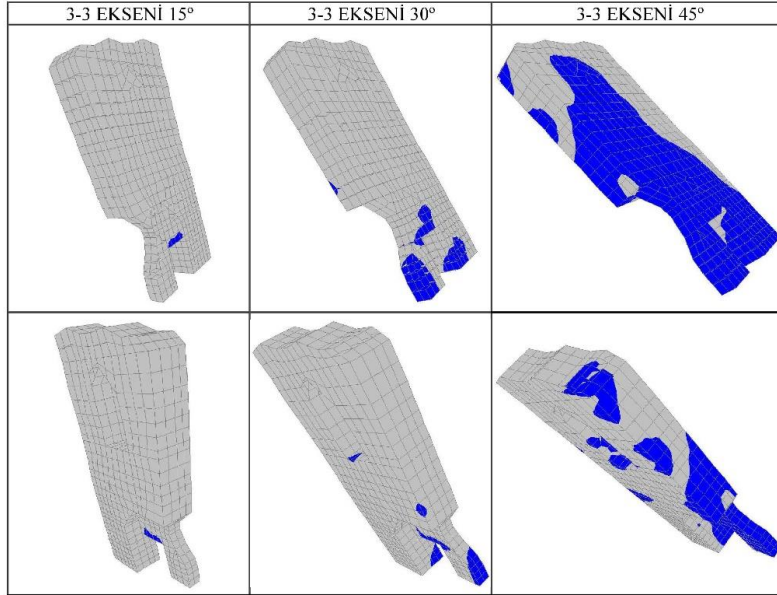


Şekil 5.22. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MAX)

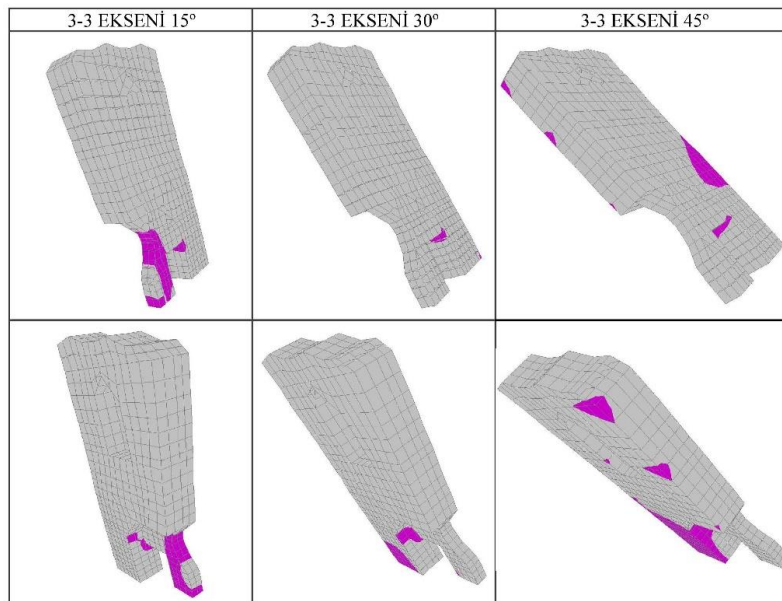


Şekil 5.23. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmelerinin bileşke değerleri (S-MIN)

Şekil 5.24'te 3-3 eksenine etrafındaki düzlem dışı harekette kabul edilen çekme emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,135 MPa), Şekil 5.25'te ise basınç emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,9 MPa) aşıldığı bölgeler renkli olarak ifade edilmektedir.



Şekil 5.24. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler



Şekil 5.25. Modele 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmeleri bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin pembe renk ile ifade edildiği grafikler

Kapı açıklığını ifade etmek üzere oluşturulan boşluk çevresinde, her iki eksen etrafındaki düzlem dışı hareketlerde basınç ve çekme gerilmeleri için kabul edilen sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir. Bu durum mimari boşluklar gibi yığma örgüdeki sürekliliğin sekteye uğradığı veya yapı yükünün konsantre hale geldiği zayıf bölümlerin, taşıma öncesi ve esnasında bazı ek önlemlerle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir.

Yığma örgüdeki boşluklar ile zayıf bölgelerin yanı sıra, kurgusal yapının destek strüktürü ile mesnetlendiği temas yüzeylerinde de basınç ve çekme gerilmeleri sınır değerlerinin aşıldığı izlenmektedir. Bu veriden hareketle, mesnet bölgelerinde yoğunlaşan gerilmelerin örgüde daha geniş yüzeylere yayılmasını sağlayacak bazı elemanlar tasarlanabileceği gibi, yük etkisinin azaltılabilmesi için takoz, damper vb. gibi ara parçaların da kullanılması gerekebilir.

Özellikle 3-3 eksen etrafında öngörülen 45 derecelik dönme hareketinde çekme gerilmesi için kabul edilen sınır değerin kurgusal yapının büyük bir bölümünde aşıldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.24). Bu düzeydeki bir çekme gerilmesi, kurgusal yapının fiziksel bütünlüğünün bozulmasına ve dağılmasına neden olabilir. Bu gibi yıkıcı yük etkilerinin önlenmesi amacıyla taşıma esnasında ciddi dönme hareketlerinin önlenmesine yönelik tedbirlerin alınması gerekir.

Kabul edilen çekme emniyet gerilmelerinin aşıldığı yerleri gösteren bölgelerde gerilmeler 3,6 MPa değerini yer yer aşmaktadır (Bkz. Şekil 5.20 ve 5.24). Elde edilen sonuçlar, taşınacak anıt yapı açısından çok ciddi bir çekme gerilmesi tehdidinin söz konusu olduğunu göstermektedir. Bu çalışmadaki hesapların doğrusal elastik malzeme özellikleri kabul edilerek yapıldığı göz önüne alındığında yığma yapının bu bölgelerinde çatlama ve kırılmaların kaçınılmaz olduğu söylenebilir.

Bütüncül taşıma sırasında oluşabilecek ani hız değişimi (ivme) etkisinin analizi

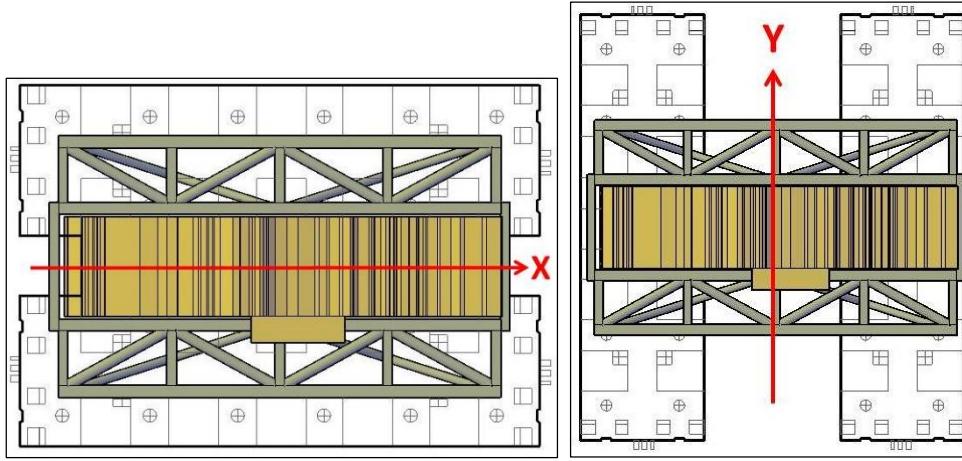
İdeal koşullarda strüktürel taşıma gelişmiş süspansiyon sistemine sahip, düşük hızlarda hareket edebilen özel taşıma araçları (treylar) ve bu iş için özel olarak tasarlanan taşıma yolları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar gelişmiş teçhizat kullanılıp özel koşullar sağlansa da, taşınacak yapının hareket halindeyken beklenmedik ve ani hız

değişimleri ile karşılaşması olasıdır. Bu durum özellikle yığma yapılarda öngörülme-yen yük etkilerine bağlı gerilmelerin ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Yatay yönlü ivme etkisi taşıma aracının arıza, operatör hatası veya acil bir durum sebebi ile ani şekilde hızlanması veya durmak zorunda kalması ile ortaya çıkabilir. Düşey yönlü ivme etkisi ise, beklenmedik durumlarda (taşıma yolunda çökme, engebe, treylerde lastik patlaması vb.) düşey doğrultuda ortaya çıkabilecek ve taşıma aracının süspansiyon sistemi tarafından karşılanamayacak düzeydeki ani hareketler sonucunda oluşabilir. Gerek yatay gerekse de düşey doğrultuda meydana gelebilecek ivme değişikliği etkisinin taşınacak yapıda önemli gerilme değişimlerine sebep olabileceği öngörülmüş, daha anlamlı sonuçlar vereceği kabulüyle çalışmada sadece yatay yönlü ivme etkisine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir.

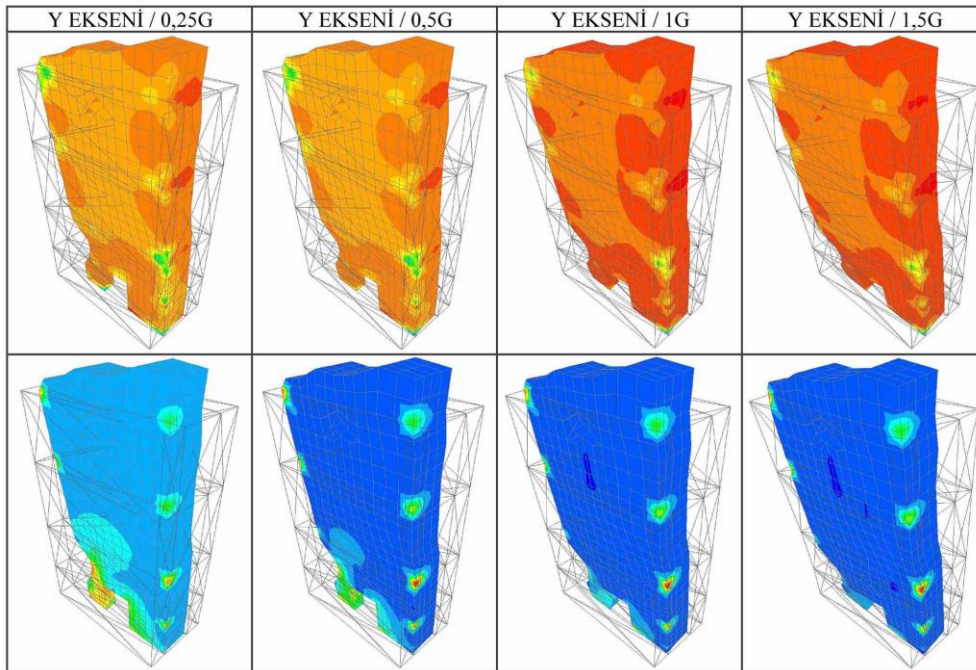
Bütüncül taşıma sırasındaki olası ivme etkisi sonucunda ortaya çıkabilecek kuvvetlerin taşınacak yapıda sebep olacağı gerilme değişimlerini incelemek amacıyla hesap modeline belli oranlarda ‘g’ kuvveti tanımlanmıştır. G kuvveti ivme veya yer çekimi sonucunda kütleyle etkileyen kuvvet olarak tanımlanabilir. 1 g’lik değer, bir kütlenin durağan haldeyken yer çekimi etkisi sonucu maruz kaldığı kuvvet olarak tanımlanabilir. Hareket halindeki hesap modelinin ani durma halinde sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g’lik ivme etkilerine maruz kalabileceği öngörülmüştür (Kapps, 2011). Analitik modele bu ivme değerleri tanımlanmak suretiyle seri analizler gerçekleştirilmiş ve gerilme değişimleri incelenmiştir (www.omnicalculator.com).

Taşıma senaryosunda kullanılan kurgusal yapının, geometrik formundan dolayı hem kısa (y eksen) hem de uzun kenarı (x eksen) doğrultusunda taşınması olasıdır. Taşıma pozisyonu seçiminde, taşıma yolunun genişliği ile taşıyıcı treylerlerin teknik kapasitesi başlıca kriterler olmakla birlikte, hangi pozisyonun yapı için daha güvenli olacağının tespiti de oldukça önemlidir. Bu sebeple olası ivme etkisinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen analizler, yapının düzlemine paralel (x eksen) veya dik (y eksen) yönde hareket ettirilmesi durumlarına göre tekrarlanarak, taşıma pozisyonunun ivmeden kaynaklı gerilme değişimlerine etkisi araştırılmıştır (Bkz. Şekil 5.26). Düşey yöndeki (z eksen) olası ivme etkisine yönelik ise herhangi bir analiz yapılmamıştır.

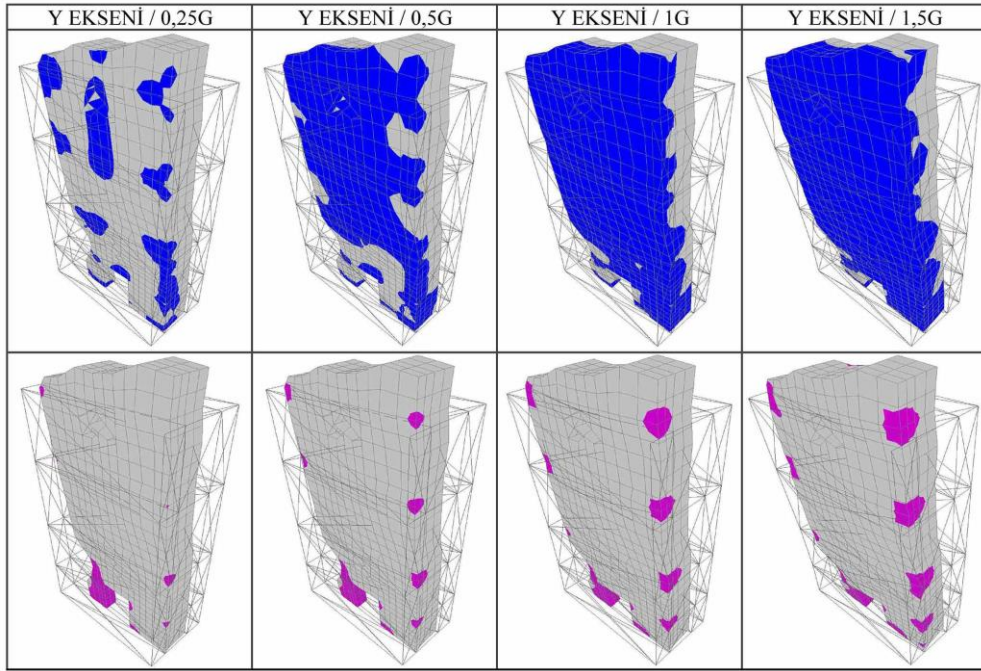


Şekil 5.26. Kurgusal yapının a; kendi düzlemine paralel (x eksen) veya b; dik (y eksen) pozisyonda taşınması durumlarını gösteren 3 boyutlu katı modeller

Öncelikli olarak kurgusal yapının düzlemine dik, yani y eksen doğrultusunda taşınması halindeki olası ani hız değişimleri sonucunda ortaya çıkabilecek kuvvetlerin model üzerindeki etkileri incelenmiştir. Analizler sonucunda sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.27, 5.28).

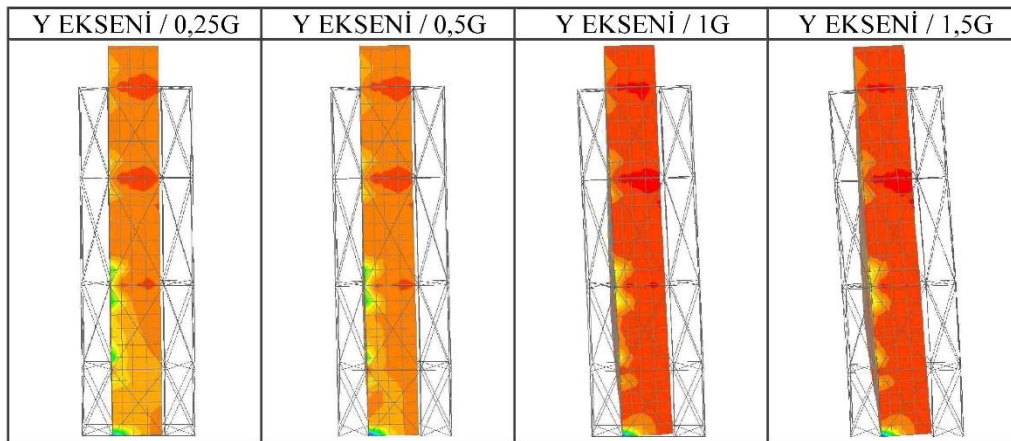


Şekil 5.27. Kurgusal yapı modelinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerleri



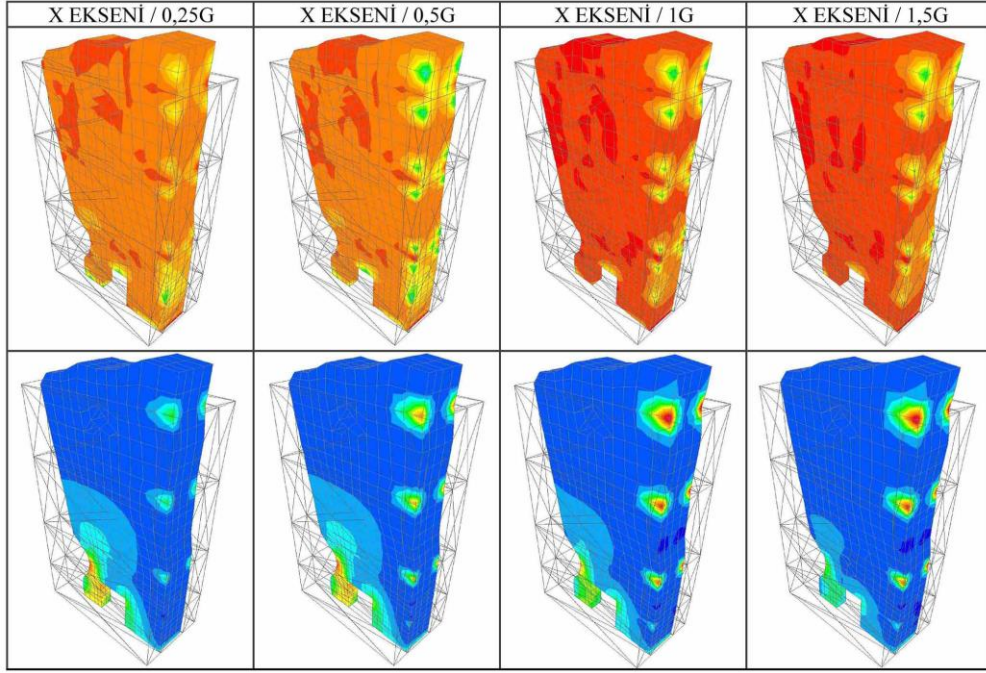
Şekil 5.28. Kurgusal yapının düzlemine dik (y ekseni) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerlerinin kabul edilen sınır gerilmeleri aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler

Kullanılan yazılım, tanımlanan yükler sonucunda sayısal modelde ortaya çıkan ötelenmeleri grafik ve sayısal olarak ortaya koyabilmektedir. Şekil 5.29'da y ekseni doğrultusundaki ivme etkisi sonucu kurgusal yapıda meydana gelen ötelenmeler grafik olarak ifade edilmektedir.

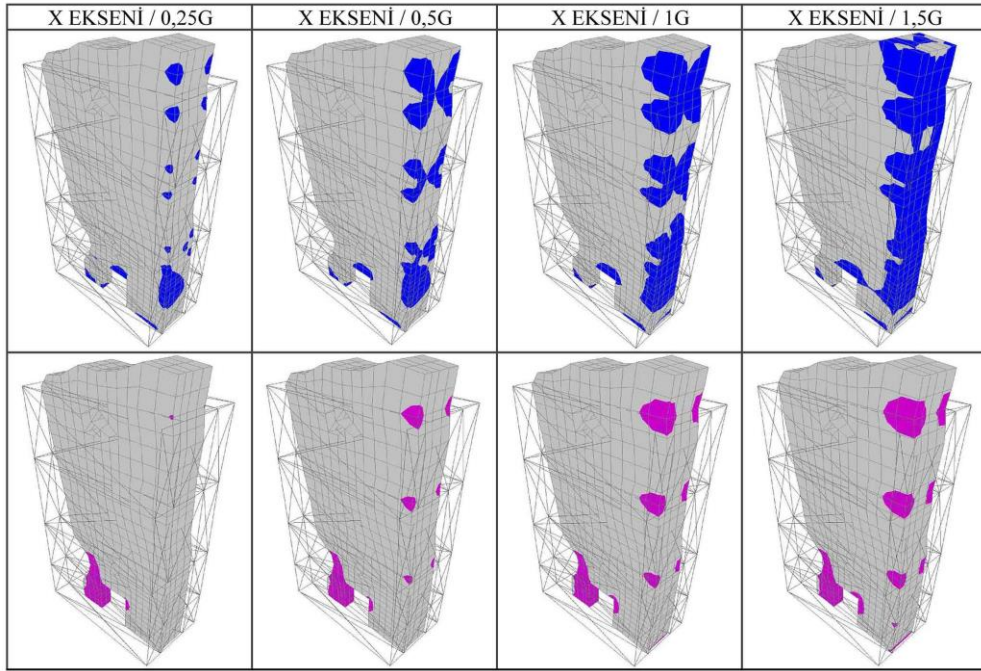


Şekil 5.29. Kurgusal yapı modelinin düzlemine dik (y ekseni) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmelerinin (S-MAX) bileşke değerleri

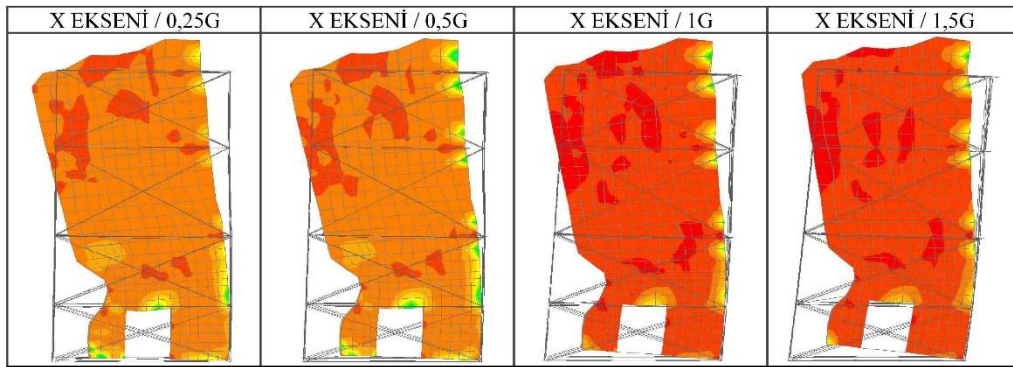
Kurgusal yapının düzlemine dik (y eksen) doğrultuda gerçekleşecek taşıma durumundaki analizlerin ardından, yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınması halinde ortaya çıkabilecek ivme etkilerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.30, 5.31).



Şekil 5.30. Kurgusal yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerleri



Şekil 5.31. Kurgusal yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmelerinin (S-MIN) (altta) bileşke değerlerinin kabul edilen sınır gerilmeleri aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler



Şekil 5.32. Kurgusal yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmelerinin (S-MAX) bileşke değerleri

Analiz sonuçları incelendiğinde; her iki doğrultuda öngörülen tüm ivme etkilerinde, kapı açıklığını ifade eden boşluk çevresi, düşey yükün yoğunlaştığı ayaklar ile kurgusal yapının destek strüktürü ile temas ettiği bölgelerinde basınç ve çekme gerilmeleri için kabul edilen sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir. Çekme gerilmelerinin ise, basınç gerilmeleri ile karşılaştırıldığında daha fazla aşıldığı anlaşılmaktadır. İvme sonucu ortaya çıkan kuvvet

etkisi, hareketli kütlenin aniden durma halinde harekete devam etme eğilimi ile ilişkili olup, bu etki sonucunda yığma yapıda çekme gerilmelerinin ortaya çıkması beklenen bir durumdur.

Taşınacak yapının olası ivme etkilerinden korunabilmesi için dönme hareketinde olduğu gibi; sürekliliğin bozulduğu ve gerilmelerin yoğunlaştığı bölümlerin ek önlemlerle desteklenmesi, çelik strüktür ile temas eden yüzeylerin ise etkinin azaltılabilmesi veya daha geniş yüzeylere yayılarak karşılanabilir hale getirilmesi için, mümkünse esnek kauçuk damper vb. ara parçalarla tamponlanması gerekmektedir.

Her iki taşıma doğrultusu için öngörülen ivme etkisinin 0,5 g değerine ulaştığı ve bu değeri aştığı durumlarda, çekme gerilmesi sınır değerinin anlamlı şekilde aşıldığı görülmektedir. Bu değer ve üzerindeki olası ivme etkilerinde taşınacak yapının ciddi zarar görebileceği hatta 1 g ve 1,5 g'lik ivme etkilerinde kurgusal yapının fiziksel bütünlüğünü tümüyle kaybedebileceği söylenebilir (Bkz. Şekil 5.28 ve 5.31). Bu ciddiyetteki bir yük etkisinin önlenmesi amacıyla, taşıma durumunda ani durma veya hızlanmaya neden olabilecek her türlü unsurun önceden öngörülerek gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Yapının düzlemine dik (y eksen) ve paralel (x eksen) doğrultulardaki taşıma durumlarında meydana gelen yük etkileri ve gerilmeler incelendiğinde; düzlemsel geometriye sahip yapının, düzleme dik pozisyonda taşınması ve ivme etkisine maruz kalması halinde, paralel doğrultuda oluşarlardan çok daha büyük gerilmelerin ortaya çıktığı görülmektedir. Yığma örgünün daha güçlü olduğu eksen doğrultusunda yapılan taşımanın, kesitin zayıf olduğu eksen doğrultusunda yapılan taşımadan daha güvenli olması, kurgusal modelin kütle geometrisinin doğal bir sonucudur. Bu veriden yola çıkılarak; dikdörtgen prizma veya benzer düzlemsel geometriye sahip yapıların, kesitin daha güçlü olduğu eksen doğrultusunda taşınmaları halinde, olası hız değişimlerinden kaynaklanacak yük etkilerinden daha az etkilenecekleri söylenebilir.

Bütüncül taşıma sonrası yeni konumdaki olası yapısal performansın analizi

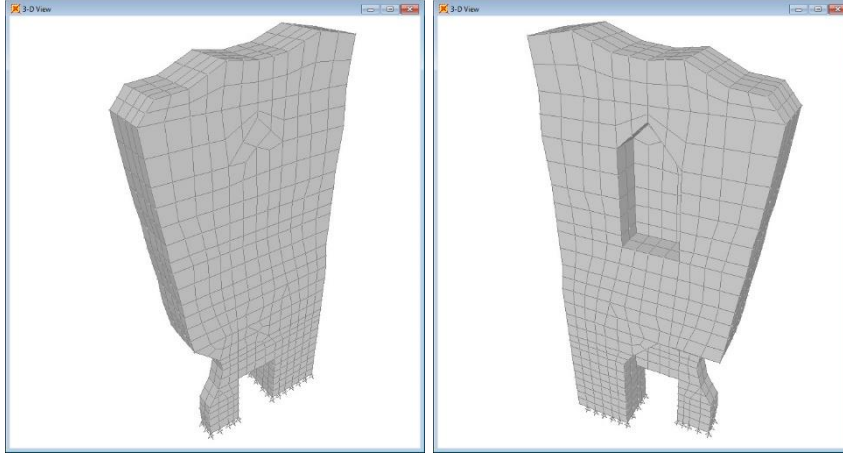
Taşınacak yapının bütüncül taşıma ve yeni yerine montajı sonrasında sergileyeceği yapısal performansın tespiti, uygun taşıma yönteminin planlama aşamasında belirlenmesi açısından önemli bir kriterdir. Taşıma esnasında herhangi bir hasar oluşmaması ön kabulü ile bütüncül şekilde taşınacak yapıların, asgari olarak taşıma öncesinde sahip oldukları yapısal özellikleri,

taşıma sonrasında da sürdürmeleri beklenir. Taşıma sonrasındaki yapısal performansın ise, yeni konumda gerçekleştirilecek onarım ve sağlamlaştırma müdahaleleri ve/veya mevcuttan daha iyi zemin koşullarının sağlanması sayesinde belirgin şekilde arttırılabileceği öngörülebilir.

Taşıma modelini temsilen seçilen yığma yapı, gerek inşa edildiği zeminin zayıflığı gerekse de yapıdaki hasar, örgü kayıpları ve narin geometriden kaynaklanan önemli yapısal sorunlar sergilemektedir. Yeni konumda iyileştirilerek yeniden belirlenecek zemin koşulları ile taşıma öncesi veya sonrası uygulanacak yapısal onarım ve güçlendirmeler sonucunda, yeni yerinde eskisinden çok daha iyi bir performans sergilemesi mümkündür.

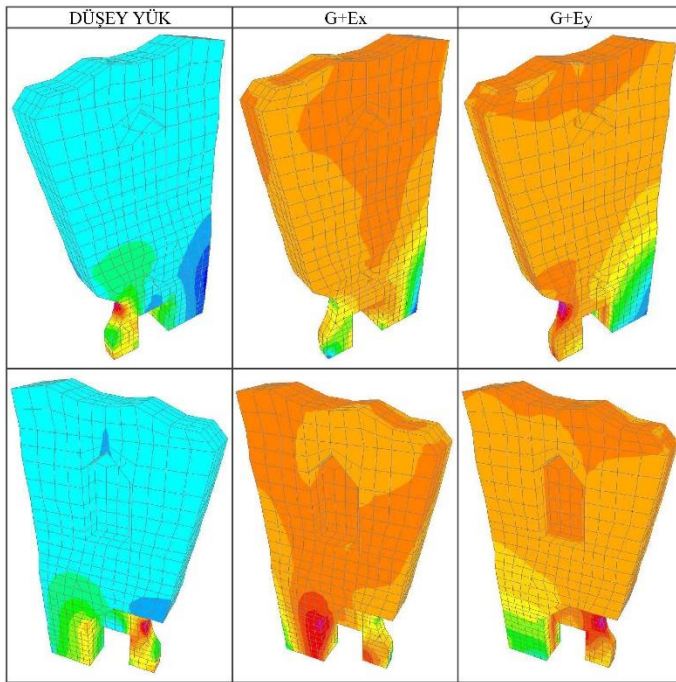
Bütüncül taşıma sonrası yeni konumdaki yapısal performansın incelenmesi amacıyla öncelikle sayısal modelde gerekli değişiklikler yapılmıştır. Çelik destek strüktürünün taşıma ve montaj sonrasında yapıdan kaldırılacağından hareketle, çelik strüktürü temsil eden elemanlar modelden çıkarılmıştır. Kurgusal yapının yeni konumdaki yapısal performansı iki farklı yaklaşımla test edilmiştir. İlk olarak özgün konumda batı yönden yaklaşık 9,5 m yüksekliğe kadar kayalığa yaslı haldeki kurgusal yapının, yeni konumda batı yan yüzden desteklenmeksizin montajının yapılacağı öngörülmüş ve modelin mesnet koşulları sadece zeminde sabit olacak şekilde tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 5.33). İkinci yaklaşımda ise kurgusal yapının özgün konumdakine benzer şekilde batı cephesinden yaklaşık; 9,5 m yüksekliğe ulaşan yeni bir duvar/yan temel (olasılıkla betonarme) üzerine oturtularak yığma sistemin duvar ve temelle bağdaştırılacağı, bu sayede yapının hem zemin hem de batı yan cepheden oldukça stabil şekilde destekleneceği varsayılarak modelde gerekli dönüşümler yapılmıştır (Bkz. Şekil 5.37).

Montaj sonrası sergilenmesi olası yapısal davranışın tespiti için mesnet koşulları yeniden tanımlanan ve dönüştürülen her iki sayısal modele düşey yükler ve deprem yükleri uygulanarak seri analizler gerçekleştirilmiş, bu analizlerde düşey doğrultu, yani z eksenindeki (S-33) gerilme değişimleri incelenmiştir. Grafiklerde; G+Ex, düşey yükler ve global x yönündeki deprem yüklerinin kombinasyonunu, G+Ey ise düşey yükler ile global y doğrultusundaki deprem yüklerinin kombinasyonunu ifade etmektedir.

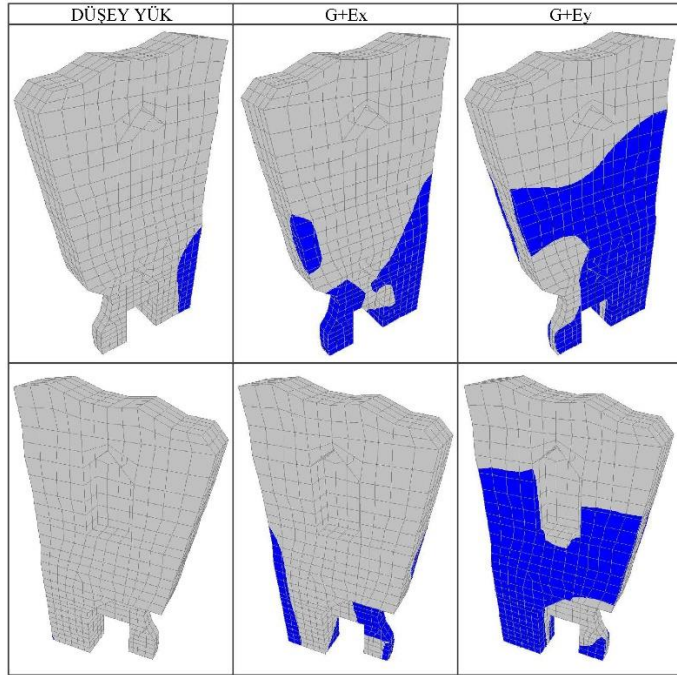


Şekil 5.33. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumdaki olası yapısal performansın analizi için oluşturulan ve kurgusal yapının batı yönden desteklenmemiş halini temsil eden sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görüşleri

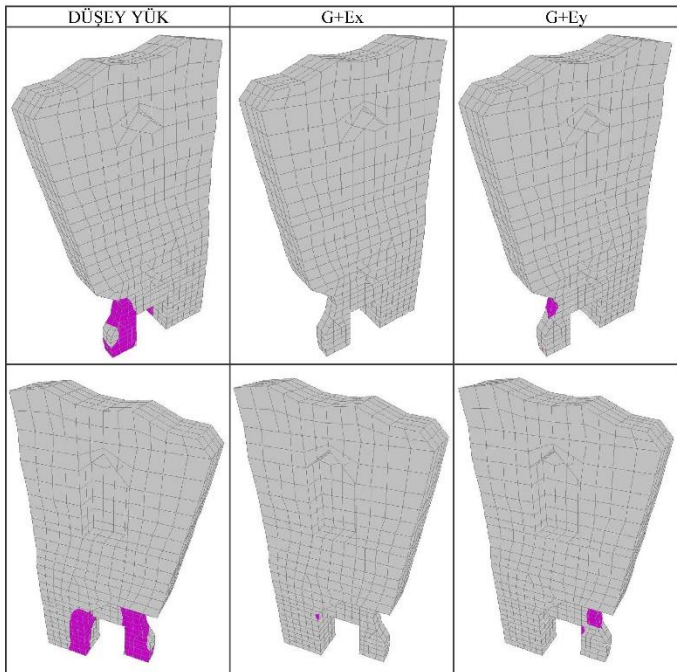
İlk olarak kurgusal yapının batı yönden desteklenmemiş halini temsil eden sayısal modele yönelik analizler gerçekleştirilmiş olup, meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler Şekil 5.34'te ifade edilmektedir.



Şekil 5.34. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmemiş durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yük + deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)



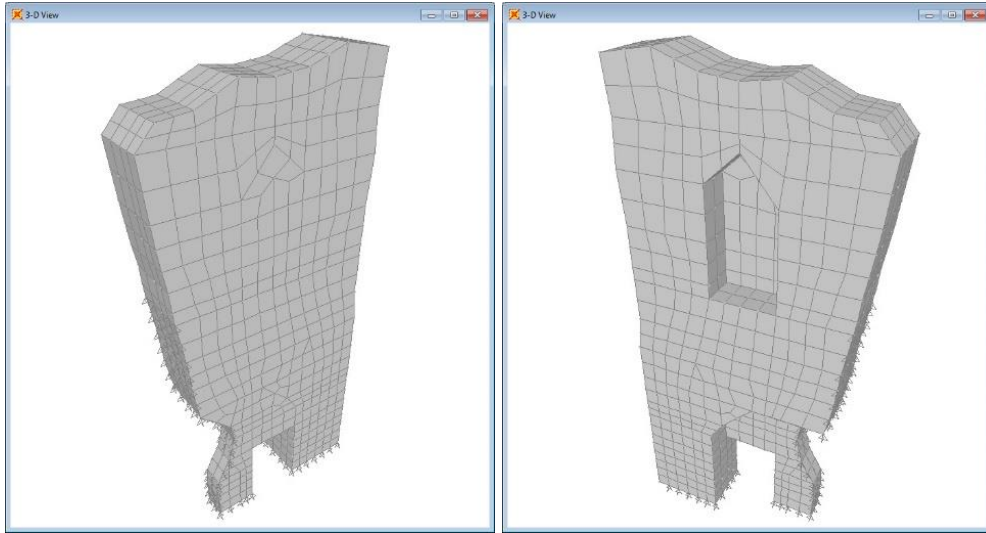
Şekil 5.35. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmemiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin, kabul edilen sınır çekme gerilmesini aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)



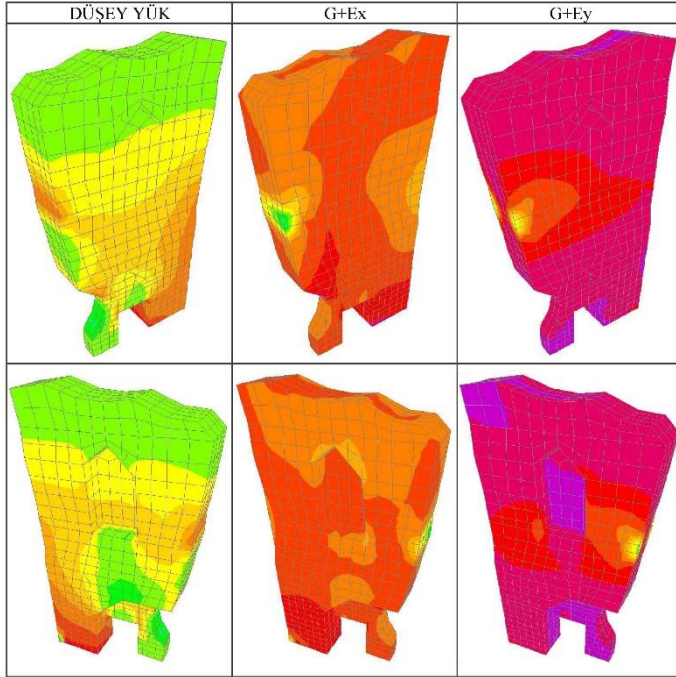
Şekil 5.36. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmemiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin, kabul edilen sınır basınç gerilmesini aştığı bölgelerin pembe renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)

Analizlerin sonuçları, taşıma sonrası yeni konumda sadece zeminden mesnetlenmiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri karşısında kabul edilen çekme ve basınç gerilmeleri sınır değerlerinin aşıp aşılmadığı bağlamında değerlendirilmiştir. Bunun için sınır gerilme değerlerinin aşıldığı bölgelerin farklı (koyu) renk ile gösterildiği grafikler kullanılmıştır (Şekil 5.35, 5.36).

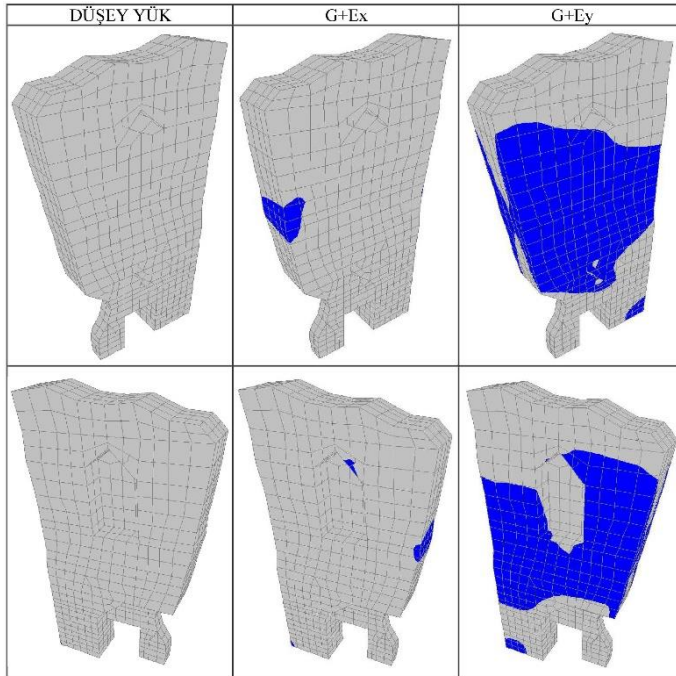
Kurgusal yapının batı yönden desteklenmemiş haline yönelik analizlerin ardından aynı analizler bir de yapının özgün konumdakine benzer şekilde batı cephesinden yaklaşık 9,5 m yüksekliğe kadar desteklendiği durumu temsil eden model üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.38).



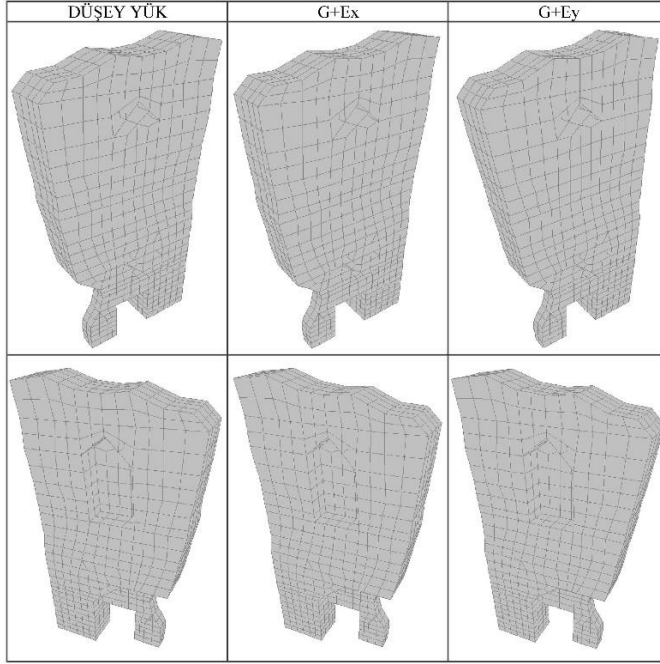
Şekil 5.37. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumdaki olası yapısal performansın analizi için oluşturulan ve kurgusal yapının batı yönden desteklenmiş halini temsil eden sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri



Şekil 5.38. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)



Şekil 5.39. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin kabul edilen sınır çekme gerilmelerini aşmadığının, düşey yük + deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan gerilmelerin kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin ise mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)



Şekil 5.40. Bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler ve deprem yükleri kombinasyonları (G+Ex ve G+Ey) sonucunda oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki gerilmelerin kabul edilen basınç sınır değerini aşmadığını gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cephe)

Her iki analizin sonuçları karşılaştırıldığında; kurgusal yapı özgün konumdakine benzer koşullarda, zeminden ve batı yönünden desteklenerek yerleştirildiğinde, düşey yükler altında oluşan çekme gerilmelerinin kabul edilen sınır değeri aşmadığı, deprem yükleri etkisinde ise yandan destekli durumun daha iyi bir performans sergilediği görülmektedir.

Mesnetsiz halde ortaya çıkan basınç gerilmeleri ise özellikle kuvvetlerin konsantre hale geldiği alt kotlar ile mimari boşluk çevresinde kabul edilen sınır gerilme değerlerini aşmaktayken, kurgusal yapının batı taraftan mesnetlendiği durumda, ne düşey yükler ne de deprem yükleri altında kabul edilen sınır gerilme değerleri aşılmamaktadır.

Her iki analizde de özellikle çekme gerilmelerinin, global y yönündeki deprem durumunda, global x yönünde ortaya çıkan gerilme değerlerine göre çok daha yaygın şekilde sınır gerilme değerlerini aştığı görülmektedir. Bu durum kurgusal yapının düzlemsel formdaki geometrisi ile doğrudan ilişkilidir.

Özgün konumdakine benzer mesnet koşullarının taşıma sonrasında da sağlanması, yapının yeni konumunda sergileyeceği yapısal performansa katkı sağlamakla birlikte, bazı ek

tedbirlerin alınmaması halinde (imal edilecek bir destek strüktürü gibi), benzer geometriye sahip bir yapının düzlemine dik yönde gerçekleşecek bir deprem etkisinde ciddi hasar riskiyle karşı karşıya kalacağı görülmektedir.

5.4.2. Parçalı taşıma modelinin lineer statik ve ani hız değişiminin neden olduğu ivme etkisi altında analizi

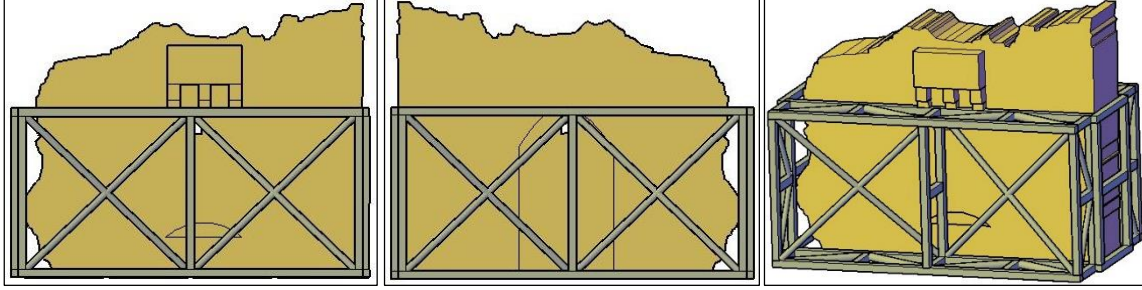
Parçalı taşıma senaryosunda işlemin teknik açıdan kolaylaştırılması amacıyla, kurgusal yapının Şekil 5.2’de gösterilen yatay hatlar boyunca, yaklaşık eş ağırlıktaki 3 parçaya bölünerek taşınacağı öngörülmüştür. Taşıma işlemi başlamadan önce, kurgusal yapının mesnetlendiği batı yan cephe ile zemin seviyesindeki kayalardan kesilerek ayrılması, ayrıca belirtilen yatay hatlardan 3 parçaya bölünmesi gerekmektedir. Parçalı taşımaya yönelik analizlerde yapının zemin, yan cephe ve parçalarının birbirlerinden ayrılması işlemleri sırasında meydana gelebilecek titreşimler vb. olası diğer dinamik etkiler, işlemin gereken özen gösterilerek ve kurgusal yapıya herhangi bir hasar verilmeksizin yapılacağı ön kabulü ile dikkate alınmamıştır.

Parçalı taşımaya yönelik analizlerde, çalışmanın; ‘5.4. Taşıma Senaryolarını Temsil Eden Sayısal Modellerin Analizi’ başlığında detaylı olarak anlatılan gerekçelerle, kurgusal modelin sadece 1 numaralı üst parçası kullanılmıştır.

Parçalı modelin düşey yüklerin etkisi altındaki analizi

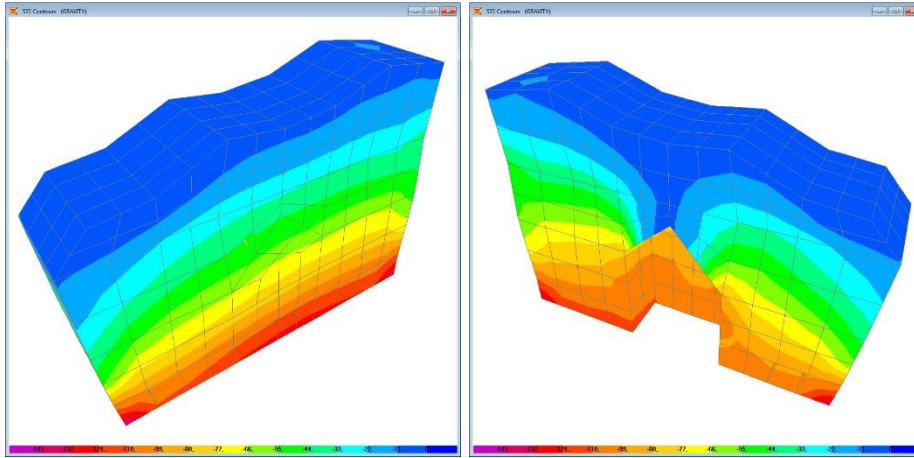
Parçalı taşıma modelinin sonlu elemanlar hesapları; kurgusal yapının bütüncül haldeyken her bir yapı parçasını destekleyecek ve birbirinden bağımsız özellikte çelik strüktürler ile sarmalanması, ardından yan cephedeki kayalık formasyondan, zeminden ve ara kesitlerden ayrılarak birbirinden bağımsız 3 parça haline getirilmesi yaklaşımına göre gerçekleştirilmiştir. Analizde kurgusal modelin üst parçasının herhangi bir kaldırma veya taşıma işlemine tabi tutulmaksızın, çelik strüktür ile desteklenmiş ve yer düzlemiyle dik açı yapacak şekilde stabil haldeyken, düşey yüklerin etkisi altında ortaya çıkan gerilmeler incelenmiştir. Analiz modelinde kurgusal yapı parçasının kendi ağırlığından kaynaklı düşey yük etkisi destek strüktürü tarafından karşılanmaktadır. Kurgusal yapının 1 numaralı üst parçasının analize esas durumunu gösteren 3 boyutlu katı modeller Şekil 5.41’de, sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler ise takip eden şekillerde ifade

edilmektedir. Çelik strüktür ile desteklenen, zemin ve diğer yapı parçaları ile fiziksel ilişkisi kalmayan üst yapı parçasının deprem etkisi altındaki davranışı incelenmemiştir.



Şekil 5.41. Parçalı taşıma öncesi 1 numaralı üst parçanın ana gövde ve yan cephedeki kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarıldığı durumu gösterir 3 boyutlu katı modeller (a; güney, b; kuzey cepheler, c; perspektif görünüm)

Öncelikle düşey yük etkisi altındayken düşey doğrultu, yani z eksenini yönündeki (S-33) yük etkisini gösterecek analizler gerçekleştirilmiştir (Bkz. Şekil 5.42).

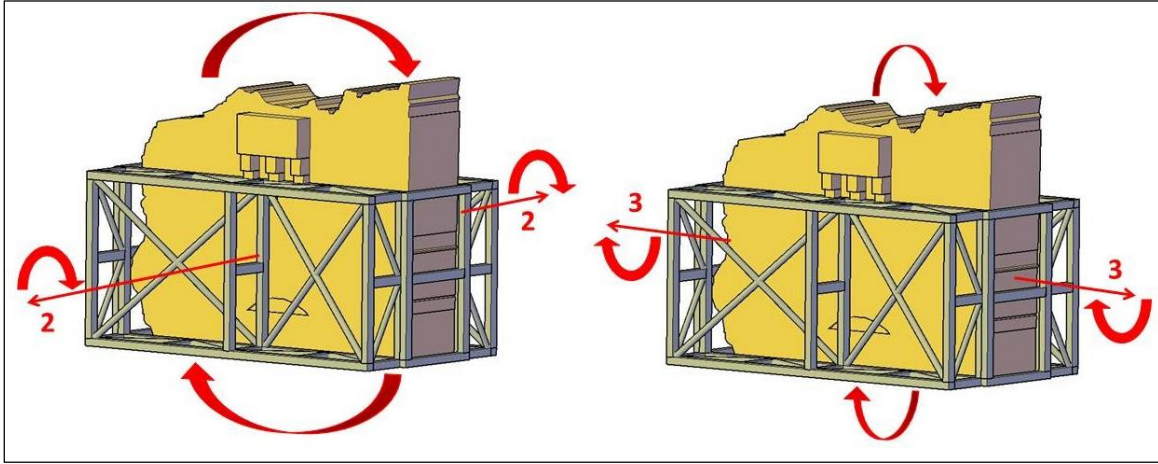


Şekil 5.42. Parçalı taşıma öncesi 1 numaralı üst parçanın ana gövde ve yan cephedeki kayalıktan ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarıldığı durumu temsil eden sayısal modelin S-33 (düşey) doğrultusunda, düşey yüklerin etkisi altında oluşan gerilmeleri güney (a) ve kuzey (b) yönde gösteren grafikler

Yapılan hesapların sonuçlarına göre düşey yüklerin etkisi altındayken kabul edilen basınç (0,9 MPa) ve çekme (0,135 MPa) emniyet gerilmesi sınır değerlerinin aşılmadığı gözlenmiştir. Bu sonuç taşıma operasyonu için hazır hale getirilen 1 numaralı üst parçanın kaldırma ve taşıma işlemleri öncesinde, stabil haldeyken yeterince güvenli olduğunu göstermektedir.

Parçalı taşıma sırasında oluşabilecek düzlem dışı hareket etkilerinin analizi

Kurgusal yapının alt bölümlerinden kesilerek ayrılmış ve çelik taşıma strüktürü ile desteklenmiş haldeki 1 numaralı üst parçanın vince bağlı haldeyken mevcut yerinden kaldırılması, taşıma aracına yüklenmesi, indirilmesi ve yeni yerine yerleştirilmesi sırasında, düşey doğrultudaki düzleminden çeşitli sebeplerle sapması olasıdır. Parçalı taşıma sırasında yapı parçalarının kendi düzlemine dik (2-2 eksen) ve düzlemine paralel (3-3 eksen) doğrultudaki eksenler etrafında meydana gelebilecek olası hareketlerinden kaynaklı ortaya çıkabilecek gerilme değişimleri 1 numaralı üst parça örneklenerek incelenmiştir. Bu amaçla şekil 5.43'te gösterildiği gibi üst parçayı temsil eden hesap modeline her ikisi de saat yönünde olmak üzere, öncelikle 2-2 eksen (düzlemine dik bir eksen) etrafında 10° , 20° ve 30° , ardından 3-3 eksen (düzlemine paralel bir eksen) etrafında 15° , 30° ve 45° derecelik dönme hareketleri uygulanmış ve gerilme değişimini incelemek üzere seri analizler gerçekleştirilmiştir. Olası düzlem dışı hareketlerin analizinde, düşey yüklerin etkisi altında ortaya çıkan; çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX) ile basınç gerilmesi bileşke değerleri (S-MIN) incelenmiş olup, taşıma durumunda zemin ile herhangi bir bağlantı olmayacağından olası deprem etkisi dikkate alınmamıştır.



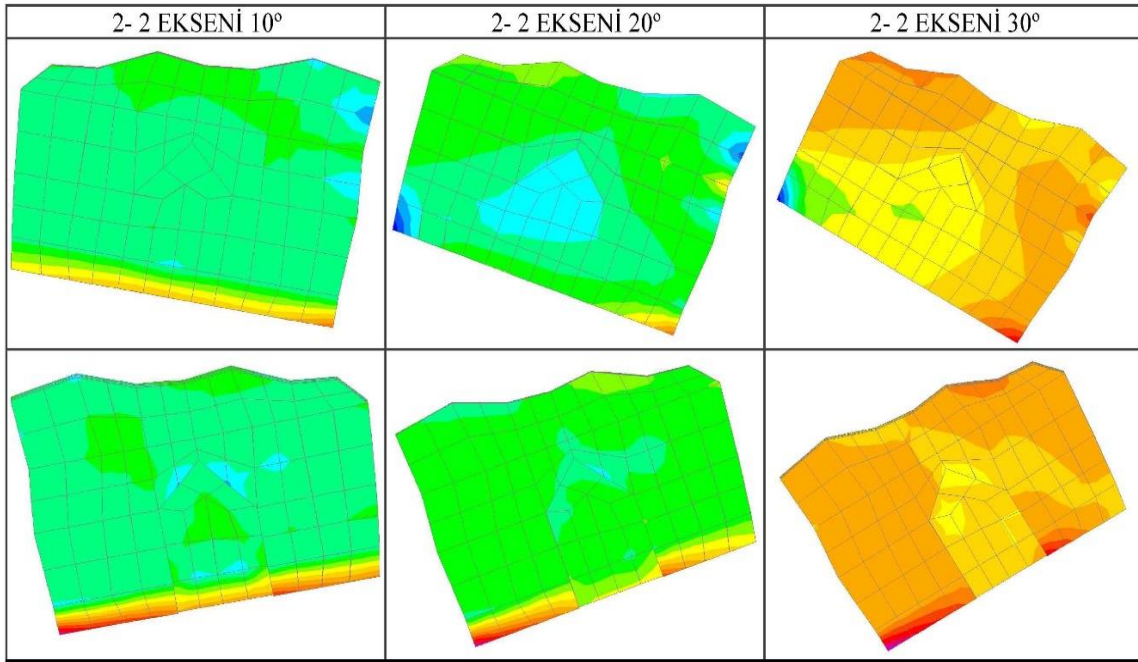
Şekil 5.43. 1 numaralı üst parçanın yerinden kaldırılma, taşıma aracına yüklenme, indirilme ve yeni yerine yerleştirilmesi işlemleri sırasındaki olası düzlem dışı hareketleri gösterir 3 boyutlu katı modeller (a; 2-2 eksen, düzlemine dik eksen, b; 3-3 eksen, kendi düzlemi etrafında dönme hareketleri)

Modelde mesnet koşulları bütüncül taşıma modeline benzer şekilde; 2-2 eksen etrafındaki harekette global y ekseninde, 3-3 eksen etrafındaki dönme hareketinde ise global x eksen doğrultusundaki yer değiştirmeler kısıtlanarak tanımlanmıştır. Düşey doğrultuda (z eksen)

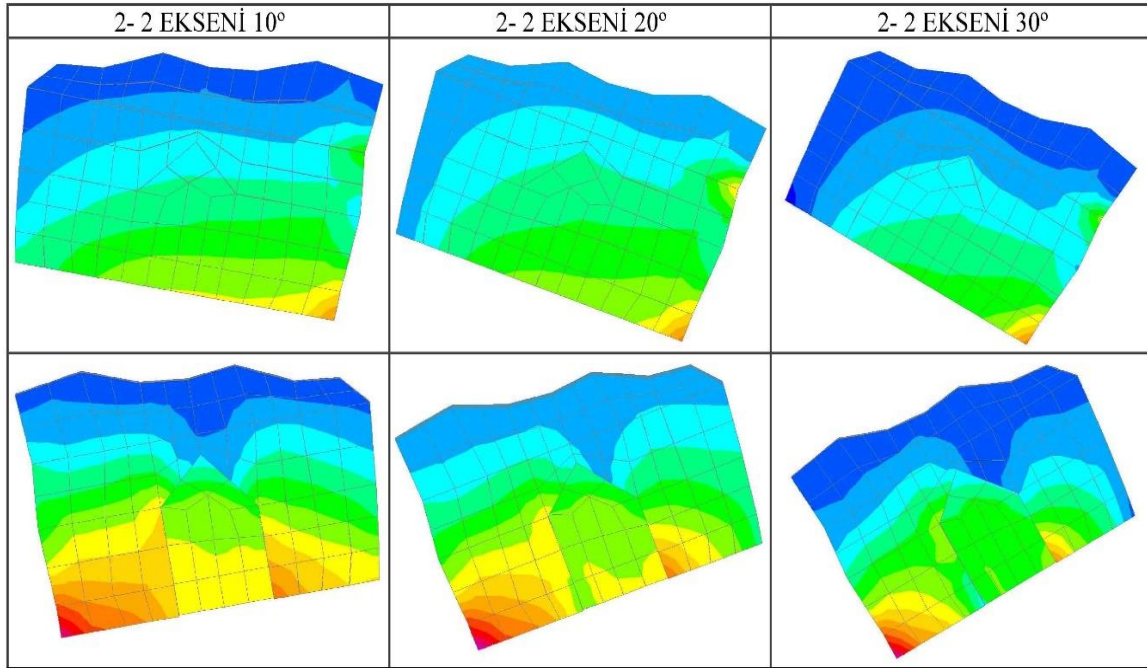
ise her iki eksendeki hareketler için modele hareket serbestliği tanımlanmış, bu şekilde gerilme dağılımının gerçekçi bir şekilde hesaplanması sağlanmıştır.

Öncelikli olarak 2-2 eksenini etrafındaki dönme hareketine yönelik analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda üst parçayı temsil eden modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.44, 5.45).

2-2 eksenini etrafındaki dönme hareketine yönelik gerçekleştirilen hesaplar sonucunda çekme (0,135 MPa) ve basınç (0,9 MPa) emniyet gerilmesi sınır değerlerinin aşılmadığı tespit edilmiştir.



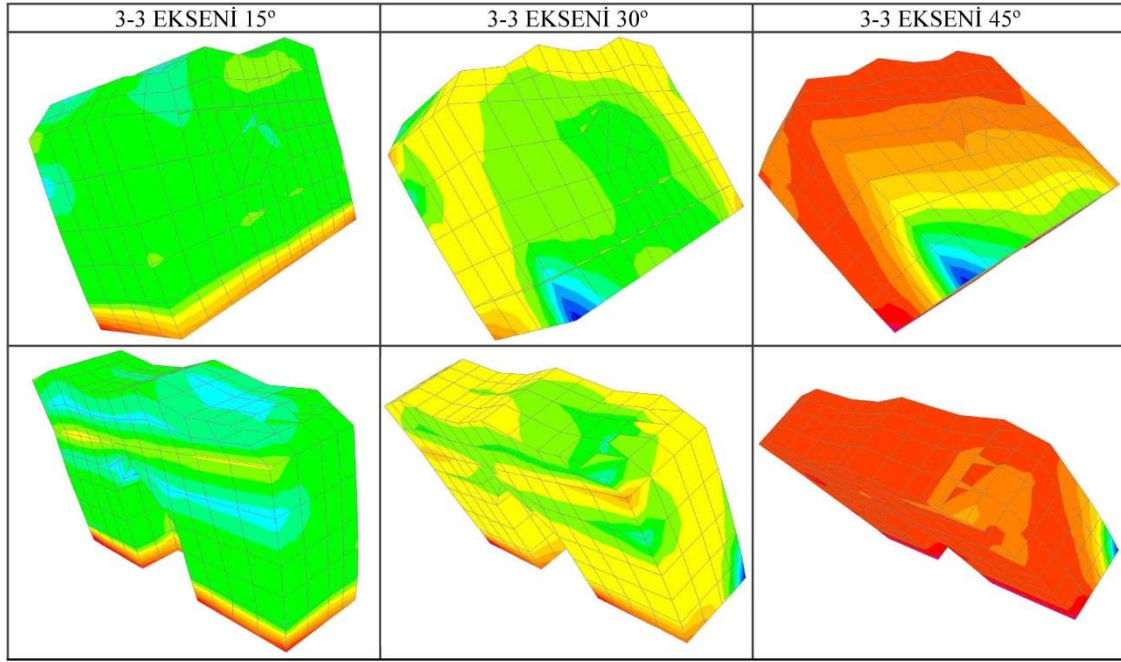
Şekil 5.44. Üst parça modeline 2-2 eksenini etrafında uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yüklerin etkisi altında ortaya çıkan çekme gerilmesinin bileşke değerleri (S-MAX)



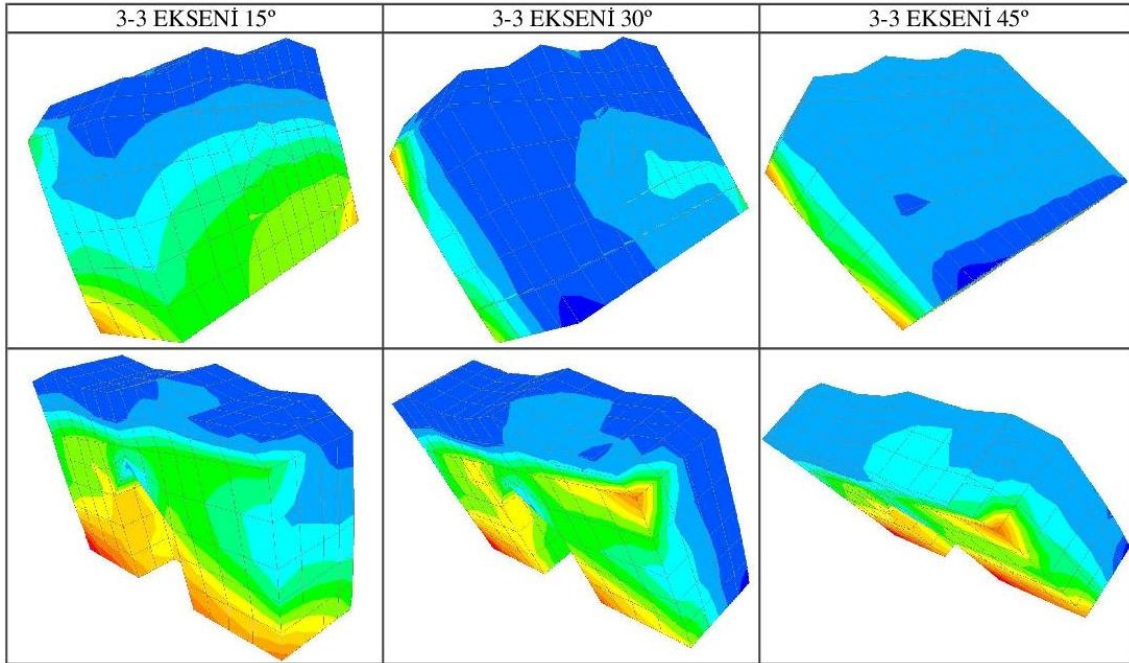
Şekil 5.45. Üst parça modeline 2-2 eksenî etrafında uygulanan 10°, 20° ve 30°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yüklerin etkisi altında ortaya çıkan basınç gerilmesinin bileşke değerleri (S-MIN)

Kurgusal yapı üst parçasının düzlemindeki (2-2 eksenindeki) dönme hareketlerine yönelik analizleri takiben, düzlem dışı (3-3 eksenî) olası hareketlerin analizleri gerçekleştirilmiştir. 3-3 eksenî etrafındaki düzlem dışı dönme hareketlerinin analizleri sonucunda üst parçayı temsil eden sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler takip eden şekillerde ifade edilmektedir (Bkz. Şekil 5.46, 5.47).

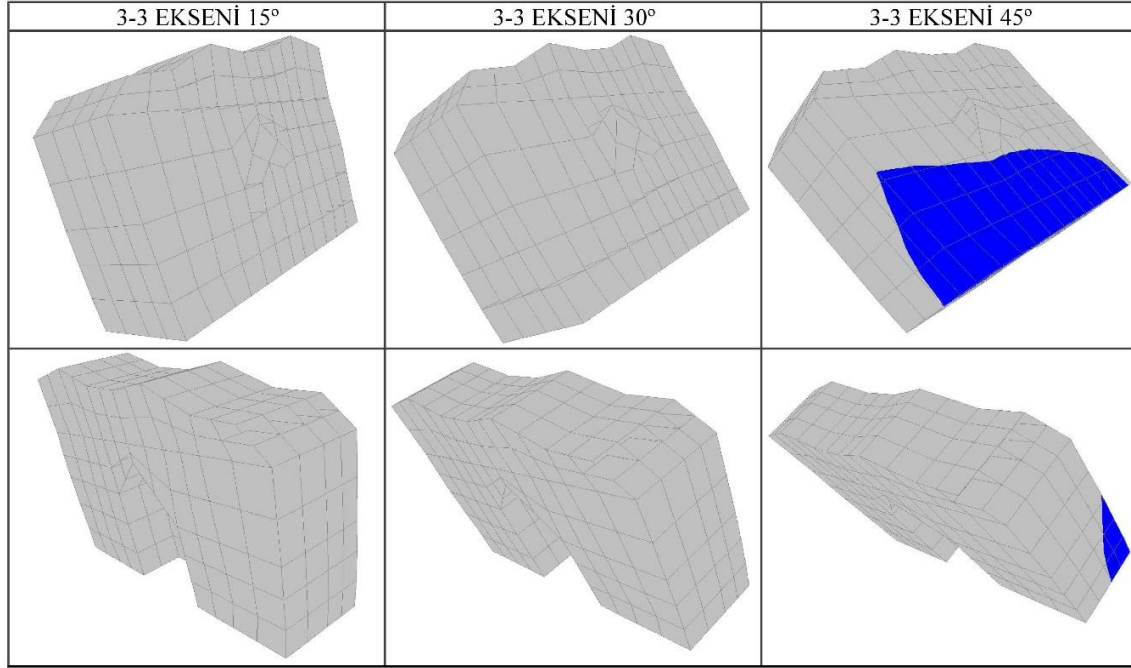
Şekil 5.48'de 3-3 eksenî etrafındaki düzlem dışı harekette kabul edilen çekme emniyet gerilmesi sınır değerinin (0,135 MPa) aşıldığı bölgeler mavi, değerin aşılmadığı bölgeler ise gri renk ile ifade edilmiştir. Basınç yönündeki bileşke gerilmelerin ise kabul edilen sınır değeri aşmadığı görülmüştür.



Şekil 5.46. Üst parça modeline 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX)



Şekil 5.47. Üst parça modeline 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmesi bileşke değerleri (S-MIN)



Şekil 5.48. Üst parça modeline 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda güney (üstte) ve kuzey (altta) cephelerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır gerilme değerini aştığı bölümlerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler

Yapılan hesaplara göre her iki eksen etrafındaki düzlem dışı hareketler sonucunda basınç ve çekme sınır gerilmelerinin aşılp aşılmadığı incelendiğinde; 3-3 eksen etrafındaki 45°'lik hareket hariç, basınç ve çekme gerilmeleri için kabul edilen sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.48). 0,136 MPa olarak kabul edilen çekme gerilmesi sınır değeri yalnızca 3-3 eksen etrafındaki 45°'lik hareket durumunda aşılmaktadır. Bu veri, parçalı taşıma senaryosunda tanımlanan 1 numaralı kurgusal yapı üst parçasının, çok büyük açılarda bir hareket oluşmadığı sürece, gerek düzlemindeki (2-2 eksen) gerekse de düzlem dışı (3-3 eksen) olası dönme hareketlerine karşı mukavemetli olduğunu göstermektedir.

Ancak dönme hareketi 3-3 eksen etrafında öngörülen 45 derecelik örnekte olduğu gibi ciddi düzeye ulaştığı takdirde, çekme gerilmesi için kabul edilen sınır değerin aşıldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.48). Böyle bir yük etkisinin kurgusal yapı parçasının fiziksel bütünlüğünü ciddi şekilde etkileyeceği söylenebilir. Bütüncül taşımada olduğu gibi özellikle yığma yapı sistemine sahip yapıların taşınması sırasında yıkıcı yük etkileri ve gerilmelerin önlenmesi amacıyla taşıma esnasındaki olası dönme hareketlerinin planlama aşamasında önlenmesine gerekir.

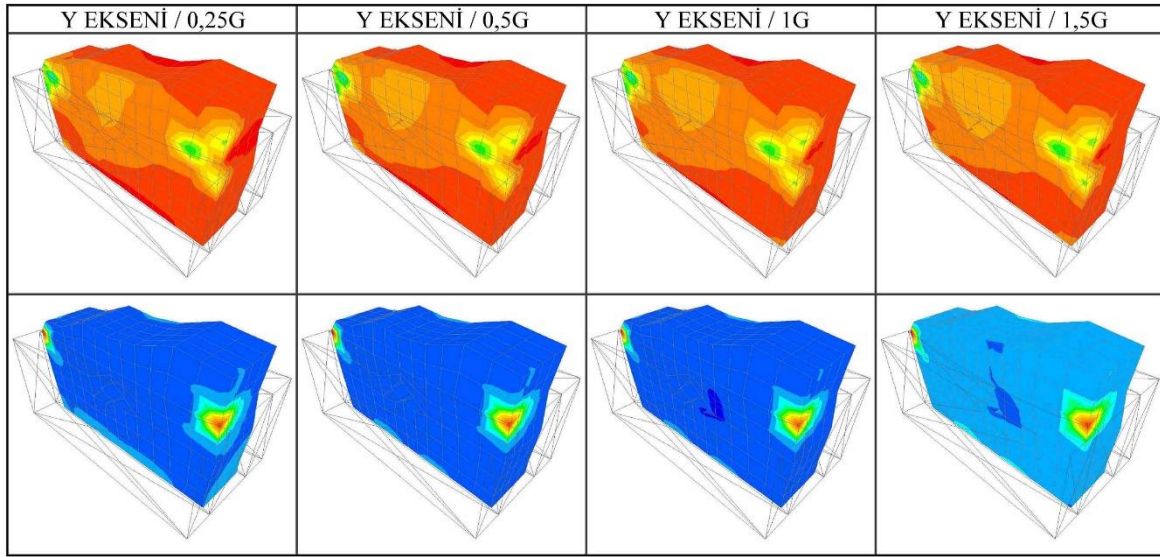
Kurgusal yapı üst parçasına yönelik analizlerde, her ne kadar kabul edilen sınır gerilme değerlerinin büyük oranda aşılmadığı görülse de, yığma yapıların zayıf oldukları mimari boşluklar veya yapı yükünün konsantre hale geldiği bölümlerin, taşıma öncesi ve esnasında bazı ek önlemlerle desteklenmesi, yapının çelik strüktür ile temas noktalarındaki yük etkisinin azaltılabilmesi için; takoz, damper vb. ara parçaların kullanılması gibi tedbirlerin parçalı taşımada da alınması gerekmektedir.

Parçalı taşıma sırasında oluşabilecek ani hız değişimi (ivme) etkisinin analizi

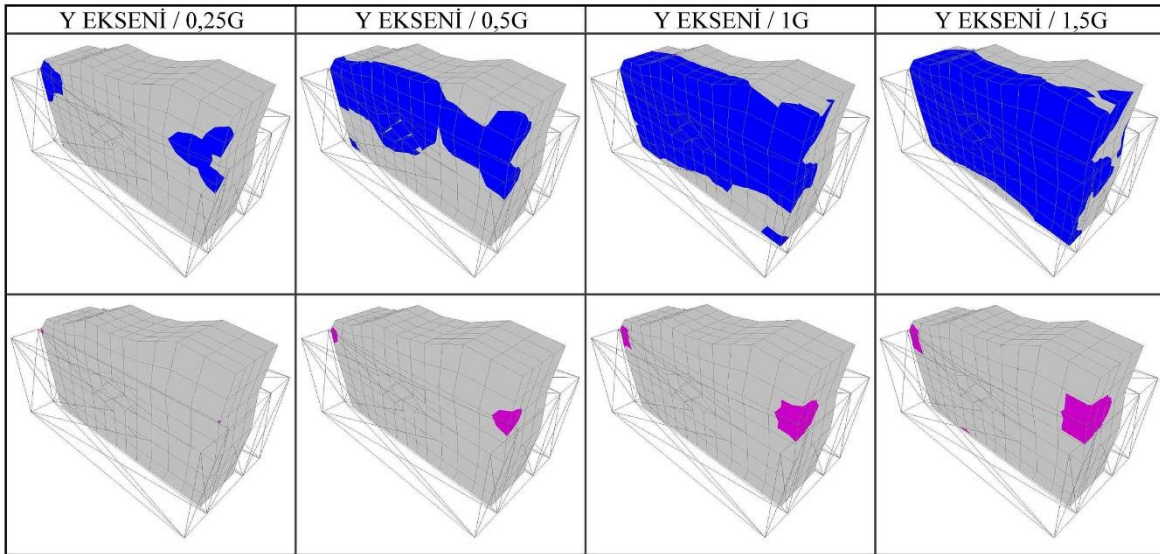
Kurgusal yapının özel taşıma aracı üzerinde hareketli haldeyken karşılaşılabileceği beklenmedik ve ani hız değişimlerinin olası sebepleri ile ideal taşıma koşullarından, çalışmanın 5.4.1. numaralı başlığı altında yer alan; ‘Bütüncül taşıma sırasında oluşabilecek ani hız değişimi (ivme) etkisinin analizi’ alt başlığında detaylı olarak bahsedilmektedir. Bütüncül taşıma modeli için öngörülen ivme etkisi ve olası sebepleri, parçalı taşıma senaryosu için de aynı şekilde geçerlidir. İvme etkisi altında ortaya çıkabilecek öngörülmeyen yük etkilerine bağlı gerilmeler, bütüncül taşıma senaryosunda olduğu gibi, parçalı taşımada da özellikle yığma yapılar açısından önemli riskler barındırmaktadır.

Parçalı taşımaya ilişkin çalışmada, bütüncül taşımada olduğu gibi sadece yatay yönlü ivme etkisi incelenmiş olup, 1 numaralı üst parçayı temsil eden hesap modeline sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g’lik ivme kuvveti tanımlanmış ve seri analizler gerçekleştirilerek gerilme değişimleri incelenmiştir. Bütüncül taşımaya yönelik çalışmada açıklanan sebeplerle, gerçekleştirilen seri analizler, kurgusal yapı üst parçasının düzlemine paralel (x ekseni) veya dik (y ekseni) hareket ettirilmesi durumlarına göre tekrarlanmıştır (Bkz. Şekil 5.26). Bu şekilde parçalı modelin taşıma pozisyonunun, ivmeden kaynaklı gerilme değişimlerine etkisi araştırılmıştır.

Öncelikli olarak kuramsal yapı üst parçasının düzlemine dik, yani y ekseni doğrultusunda taşınması halindeki olası ani hız değişimleri sonucunda ortaya çıkabilecek kuvvetlerin hesap modeli üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Analizler sonucunda parçalı modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler Şekil 5.49’da ifade edilmektedir.

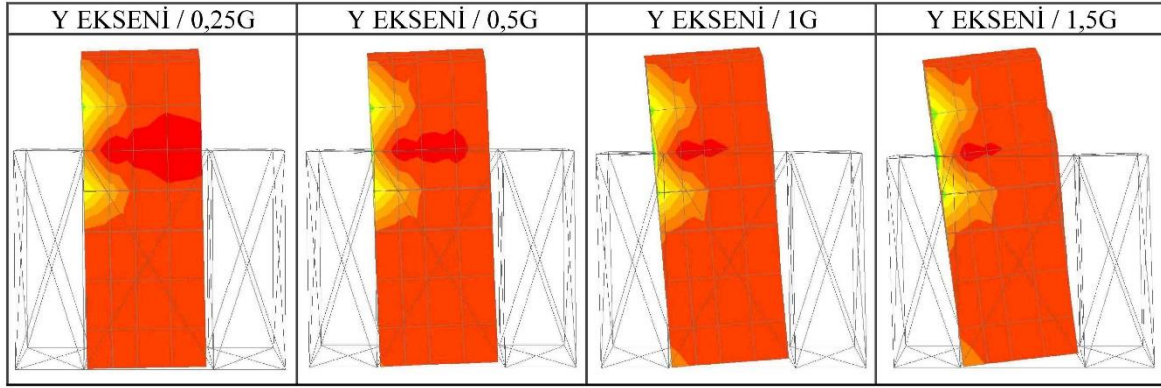


Şekil 5.49. Üst parça modelinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmeleri bileşke değerleri (S-MIN) (altta)



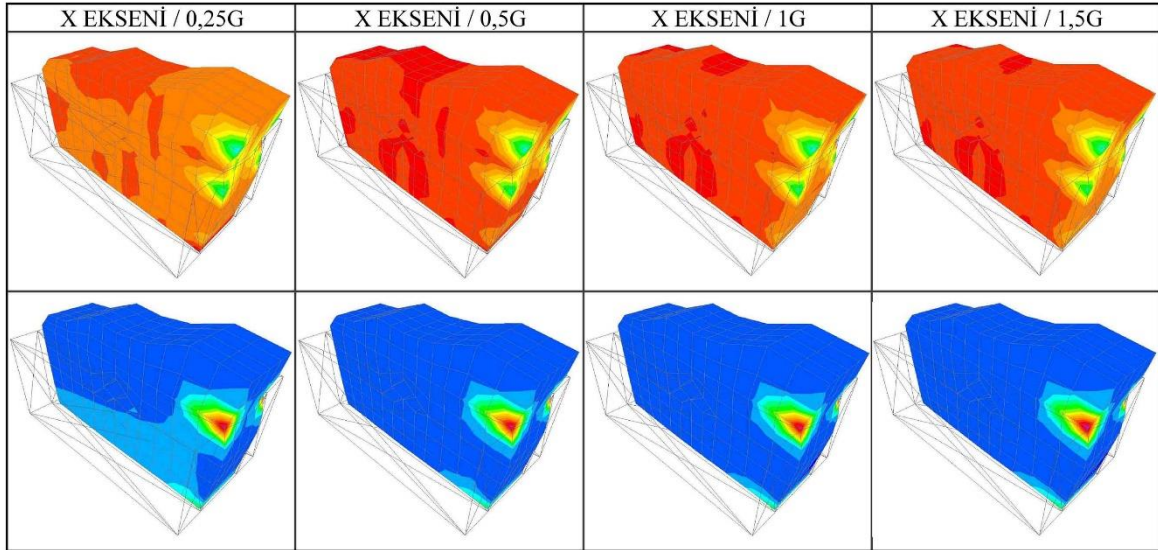
Şekil 5.50. Üst parça modelinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) (altta) kabul edilen sınır gerilme değerlerini aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler

Şekil 5.51'de y eksen doğrultusundaki ivme etkisi sonucu kurgusal yapı modelinde meydana gelen ötelenmeler grafik olarak ifade edilmektedir. Analizlerden elde edilen bu grafiklerde, parçalı modeldeki ötelenmenin, ivme kuvvetinin büyümesi ile doğru orantılı olarak, belirgin şekilde arttığı görülmektedir.

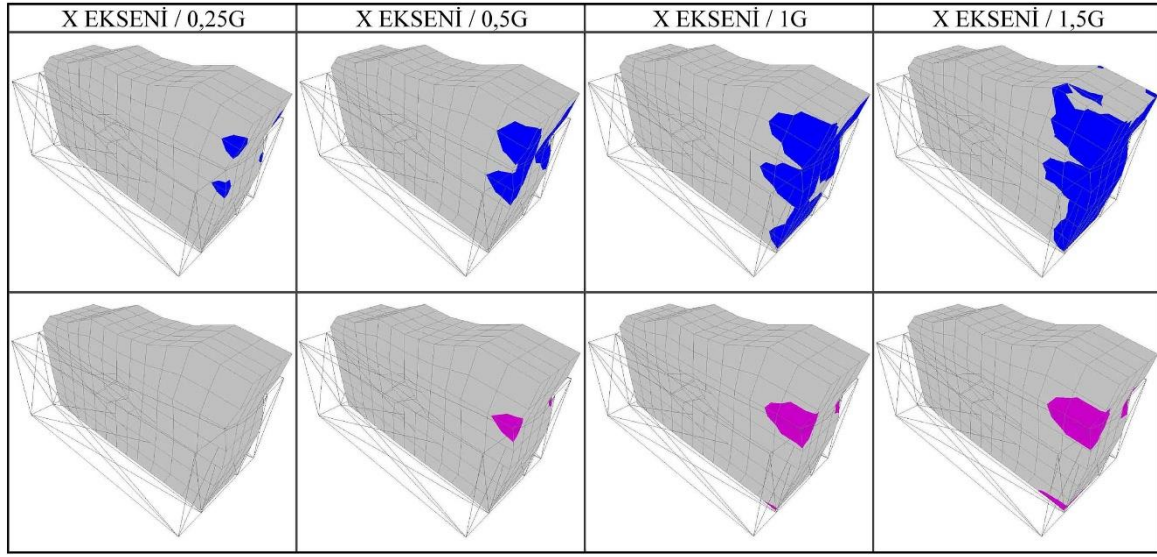


Şekil 5.51. Üst parça modelinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX)

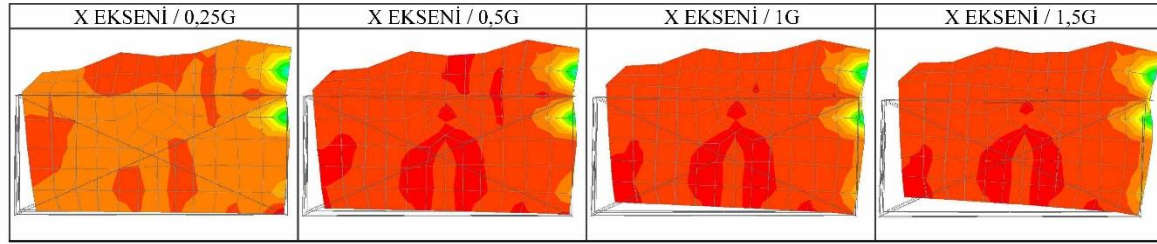
Kurgusal yapı üst parçasının düzlemine dik (y eksen) doğrultudaki taşıma durumuna yönelik analizlerin ardından, düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınması halinde oluşabilecek ivme etkilerinin analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda sayısal modelde meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler Şekil 5.52’de ifade edilmektedir.



Şekil 5.52. Üst parça modelinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerleri (S-MIN) (altta)



Şekil 5.53. Üst parça modelinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MAX) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) (altta) kabul edilen sınır gerilme değerlerini aştığı bölümlerin renkli (mavi ve pembe) olarak ifade edildiği grafikler



Şekil 5.54. Üst parça modelinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerinde ivme etkisine maruz kalması halinde meydana gelen ötelenmeler ve çekme gerilmesi bileşke değerleri (S-MAX)

Analiz sonuçları incelendiğinde; her iki eksen için öngörülen hemen tüm ivme kuvvetlerinde, parçalı modelin destek strüktürü ile temas bölgelerinde basınç ve çekme gerilmeleri için kabul edilen sınır gerilme değerlerinin aşıldığı görülmektedir. Çekme gerilmeleri sınır değeri, basınç gerilmeleri ile karşılaştırıldığında daha fazla aşılmıştır. Bu durum, bütüncül taşıma senaryosunda olduğu gibi, hareket eden ağır bir kütlenin ani hız değişiminde durağan halini koruma veya harekete devam etme eğilimi ile ilişkilidir. Böyle bir durumda kurgusal yığma yapı parçasında sınır değerleri aşan çekme gerilmelerinin izlenmesi olağandır. Olası ivme etkisinde, taşımada kullanılması öngörülen destek strüktürü ile kurgusal yapı parçasının temas noktalarındaki gerilmeyi azaltmak üzere, yapı ile strüktür arasının mümkün olduğunca esnek, ancak aynı zamanda yükü karşılayabilecek nitelikte

elamanlarla (kauçuk damper, esnek ahşaptan takoz vb.) desteklenmesi / tamponlanması gerekmektedir.

Grafikler incelendiğinde (Şekil 5.53); ivme kuvveti sonucunda oluşan gerilmelerin 1 numaralı üst parçanın kuzey cephesi alt bölümünde bulunan niş – girinti bölgesinde hasara sebep olabilecek düzeye ulaşmadığı görülmektedir. Bu bölgede sınır gerilme değeri her ne kadar aşılmamış gibi görünse de, özellikle yığma yapılar için örgü sürekliliğinin bozulduğu veya kesitin zayıfladığı, yükün konsantre hale geldiği bölgeler, gerilme değişimlerinden kaynaklanacak olumsuz etkilere karşı daha hassastır. Bu sebeple özellikle yığma yapı taşımalarında yapının mimari boşluklar, yığma üst örtüler, zemine yakın kotlar vb. hassas bölümlerinin ek önlemlerle desteklenmesi gerekir.

Bütüncül taşıma modelinde elde edilen verilere benzer şekilde; düzleme dik (y eksen) doğrultuda daha belirgin olmak üzere, her iki taşıma doğrultusunda da ivme etkisi 0,5 g ve üzerinde olduğunda çekme gerilmesi sınır değerinin belirgin şekilde aşıldığı görülmektedir. Sınır değeri aşan gerilme dağılımı incelendiğinde; 0,5 g ve üzerindeki olası ivme etkilerinin ciddi risk oluşturabileceği, etkinin 1 g ve 1,5 g düzeyine ulaşması halindeyse, kurgusal yapı parçasının fiziksel bütünlüğünü kısmen veya tamamen kaybedebileceği söylenebilir (Bkz. Şekil 5.50 ve 5.53). Olası ivme etkisinden kaynaklanabilecek gerilmelerin önlenmesi amacıyla, taşıma durumunda ani durma veya hızlanmaya sebebiyet verebilecek risklerin önceden öngörülerek önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir.

İvme kuvvetinden kaynaklanabilecek yük etkileri ve gerilmelerin, yapı parçasının taşıma doğrultusu ile ilişkisi irdelendiğinde, analiz sonuçlarının bütüncül taşıma modeli için elde edilenlerle benzer olduğu görülmektedir. Yapı parçasının, düzlemine dik (y eksen) doğrultudaki taşıma durumunda ortaya çıkacak ivme kuvvetinden, paralel doğrultuda (x eksen) ortaya çıkacak kuvvete nazaran daha fazla etkilendiği görülmektedir. Dolayısı ile taşıma parçalı planlansa dahi, kurgusal yapıya benzer şekilde düzlemsel geometriye sahip yapı taşımalarının, kesitin daha güçlü olduğu eksen (yapı düzlemine paralel) doğrultusunda planlanması önerilebilir.

Parçalı taşıma sonrası yeni konumdaki olası yapısal performansın analizi

Kurgusal yapının parçalı taşıma ve montaj sonrasında sergileyeceği performansın tespiti, çalışmanın temel amaçlarından; taşıma yönteminin henüz fizibilite aşamasında belirlenmesi açısından önemli bir kriterdir. Taşıma esnasında yapı parçalarında herhangi bir hasar meydana gelmeyeceği ön kabulü ile taşıma sonrasında parçalar birleştirilerek bütünlenecek yapının, yeni yerinde statik ve olası dinamik yük etkileri altında homojen davranacağı ve asgari taşıma öncesindeki performansını koruyacağı beklenebilir. Bütüncül taşıma senaryosuna benzer şekilde; yeni konumdaki zemin koşullarının özgün konumdan daha sağlam oluşturulması ve taşıma öncesindeki hasarların sonrasında onarılması halinde, yapının yeni yerinde eskisinden daha iyi bir performans sergilemesi de olasıdır.

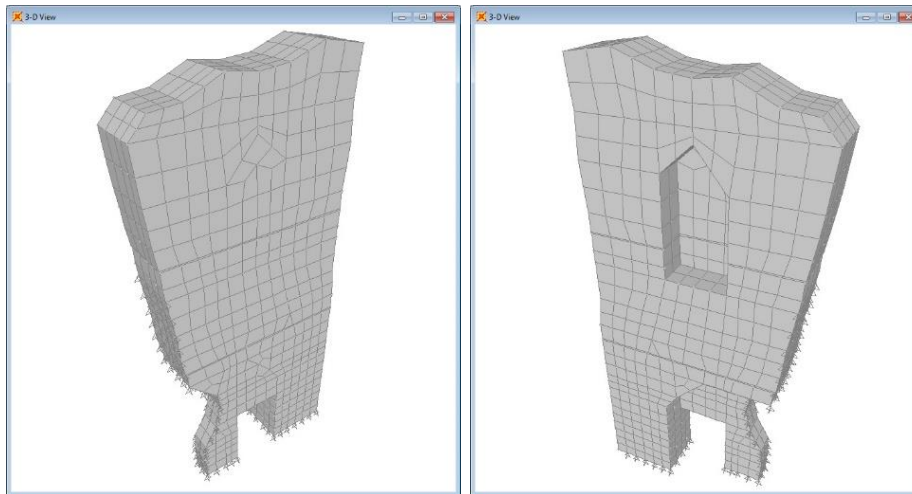
Montaj sonrası ortaya çıkacak birleşim arakesitlerinin, yapının genelinden daha rijit veya esnek olması, taşıma sonrasındaki yapısal davranışı doğrudan etkileyecektir. Kullanılacak harç ve diğer bağdaştırıcı malzemelerin kimyasal ve fiziksel nitelikleri, birleşim arakesitinin elastikliği açısından belirleyici unsurlar olacaktır. Arakesitin yığma örgünün genelinden daha rijit olması, olası dinamik ve yanal yüklerde yapının bu bölümlerden kırılması riskini doğururken, kesitin daha esnek oluşturulması halinde ise farklı davranış ve risklerin ortaya çıkması da olasıdır.

Parçalı taşıma ve montaj sonrası performansın incelenmesi amacıyla öncelikle sayısal modelde gerekli dönüşümler yapılmıştır. Yapı parçalarının zemin ve birbirleri ile birleştirilmesi sonrasında çelik destek strüktürünün kaldırılacağından hareketle, kurgusal modelden çelik strüktürü ifade eden elemanlar kaldırılmış, yapı parçalarının özgün haline benzer şekilde, yeni inşa edilecek temel ve batı yan duvar ile bütünleştirilerek stabil hale getirileceği varsayılmıştır. Kurgusal yapının alt, orta ve üst parçalarının montajları sonrası oluşacak birleşim arakesitlerini temsil etmek üzere sayısal modelde birleşim hatları tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 5.55).

Kullanılan yazılımda (SAP2000, 2005) malzemenin elastiklik düzeyi sayısal bir değer olan; elastisite modülü (E) ile tanımlanmaktadır. Analiz modelinin genelinde taşın harç ile birlikte elastisite modülü; $E = 450\,000 \text{ kN/m}^2$ (450 MPa) olarak kabul edilmiştir (Bkz. Çizelge 5.1), (Bayülke, 2013, 33-61, 80-117; Can ve Ünay, 2012; Marques ve Lourenço, 2014; Özmen, Akan ve Ünay, 2011; Roca ve diğerleri, 2010; Ünay, 2007).

Parçalı taşımayı temsil eden modelin yeni konumdaki yapısal performansı iki farklı yaklaşımla test edilmiştir. İlk yaklaşımda bütüncül yapıyı teşkil edecek parçaların birleşim arakesitlerinde, yığma örgünün genelinden daha rijit bir birleşim hattı olacağı öngörüsüyle yola çıkılmıştır. Bu yaklaşımda, arakesitlerin beton kadar rijit olabileceği kabul edilerek bu malzemenin elastisite modülü değerleri dikkate alınmış ve modelin birleşim hatlarını temsil eden SOLID elemanlara farklı beton sınıflarına ait; $E = 20\,000\,000\text{ kN/m}^2$ (20 000 MPa) ve $E = 40\,000\,000\text{ kN/m}^2$ (40 000 MPa) değerleri tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 5.55). İkinci yaklaşımda ise birleşim arakesitlerinin yapının genelinden daha esnek olacağı varsayımı ile arakesit SOLID elamanlarına $E = 50\,000\text{ kN/m}^2$ (50 MPa) değeri tanımlanmıştır (Bayülke, 2013: 80-117). Bu başlık altında gerçekleştirilen tüm analizlerde, arakesit elastisite modülü değerleri değiştirilmek koşulu ile aynı model kullanılmıştır (Bkz. Şekil 5.55).

Montaj sonrası sergilenmesi olası yapısal davranışın tespiti için, birleşim ara kesit malzeme özellikleri yeniden tanımlanan sayısal modeller düşey yükler ve deprem yükleri etkisindeki seri analizlere tabi tutulmuşlardır. Düşey yüklerin etkisi altındaki analizlerde düşey doğrultu, yani global z eksenindeki (S-33) gerilme değişimleri incelenmiştir. Analizlerde G+Ex düşey yükler ve global x doğrultusundaki deprem etkisi kombinasyonunu, G+Ey ise düşey yükler ile global y doğrultusundaki deprem etkisinin kombinasyonunu ifade etmektedir. Yapı düzlemine paralel doğrultudaki (G+Ex) yük kombinasyonunda S-11, düzleme dik doğrultudaki (G+Ey) yük kombinasyonunda ise S-22 doğrultusundaki gerilme değişimleri incelenmiştir.



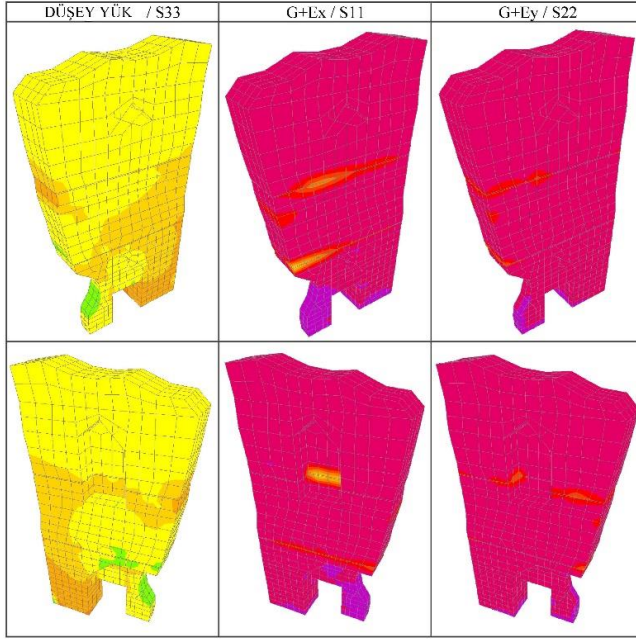
Şekil 5.55. Parçalı taşıma sonrası olası yapısal performansın analizi için oluşturulan, yapı parçaları arasındaki birleşim arakesitlerine farklı elastisite modülü değerlerinin tanımlandığı sayısal modelin güney (a) ve kuzey (b) yönden görünüşleri

İlk yaklaşım çerçevesinde; parçaların yeni konumda birleştirilmiş halini temsil eden sayısal modelin birleşim arakesitinin yapı genelinden rijit olacağı varsayımıyla, arakesiti oluşturan SOLID elemanlara öncelikle; $E = 20\,000\,000\text{ kN/m}^2$ (20 000 MPa) değerinde elastisite modülü tanımlanmıştır. İlk grup analizler sonucunda meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler Şekil 5.56 ve 5.57’de ifade edilmektedir.

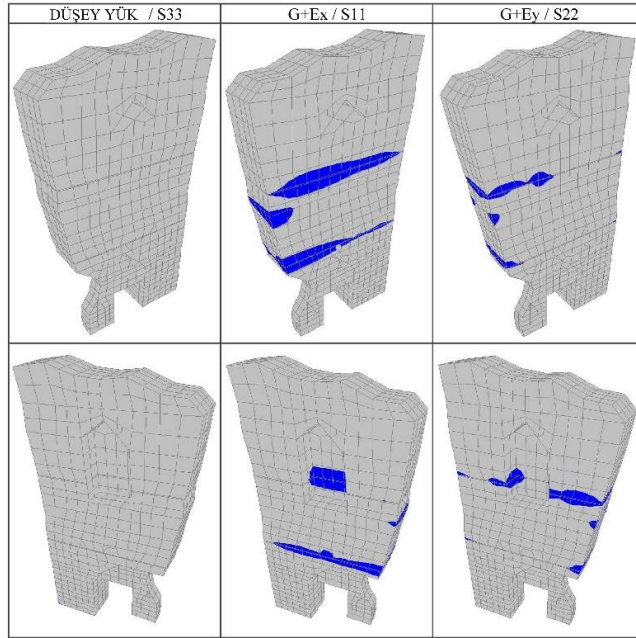
Analizlerin sonuçları, parçalı taşıma sonrası yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden sayısal modelde düşey yükler altında (global z / S-33 doğrultusu) kabul edilen çekme gerilmesi sınır değeri (0,135 MPa), deprem yükleri (global x / S-11 ile global z / S-22 doğrultuları) etkisinde ise kayma gerilmesi sınır değerinin (0,53 MPa) aşılp aşılmadığı bağlamında değerlendirilmiştir. Bunun için sınır değerlerin aşıldığı bölgelerin farklı (koyu) renk ile vurgulandığı grafikler kullanılmıştır.

Yine ilk yaklaşım çerçevesinde; bu kez kurgusal yapı sayısal modelinin birleşim arakesitinin, modelin genelinden çok daha rijit olacağı öngörülmüş, arakesiti oluşturan SOLID elemanların elastisite modülü; $E = 40\,000\,000\text{ kN/m}^2$ (40 000 MPa) değeri ile tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler Şekil 5.58 ve 5.59’da ifade edilmektedir.

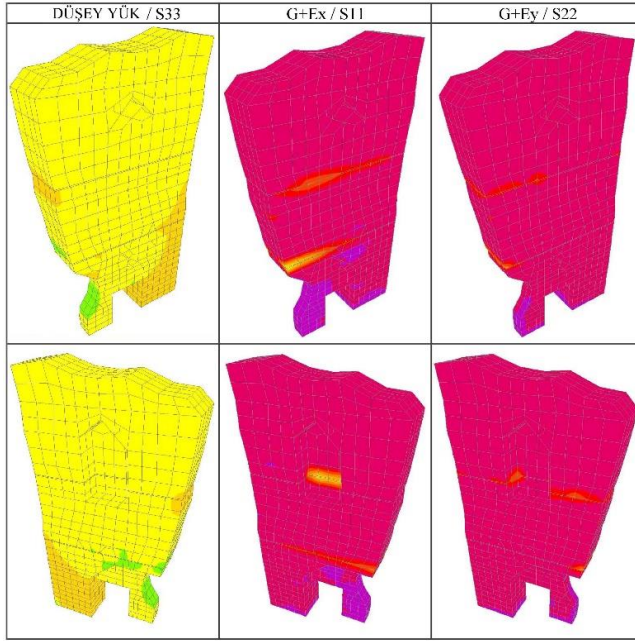
Kurgusal yapı parçalarının rijit arakesit malzemesi ile birleştirilmiş haline yönelik analizlerin ardından aynı analizler bir de birleşim ara kesitleri esnek özellikte tanımlanarak gerçekleştirilmiştir. İkinci yaklaşımda arakesiti oluşturan SOLID elemanların elastisite modülü; $E = 50\,000\text{ kN/m}^2$ (50 MPa) değeri ile tanımlanmıştır. Bu analizler sonucunda meydana gelen gerilmeleri gösteren grafikler Şekil 5.60 ve 5.61’de ifade edilmektedir.



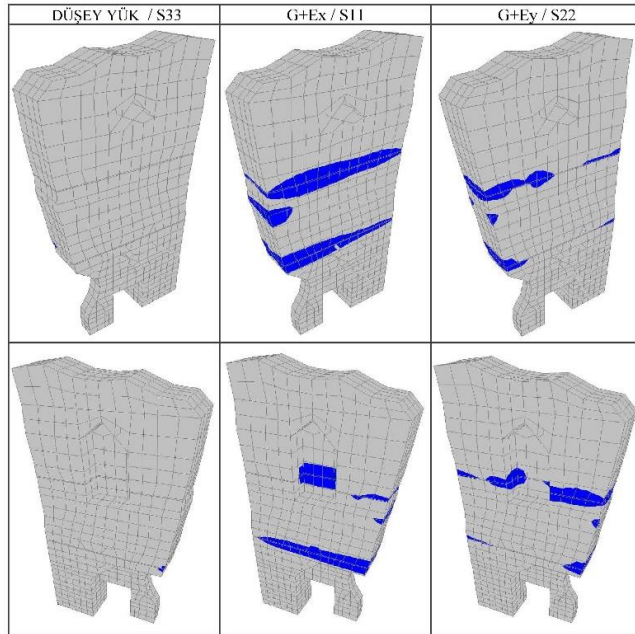
Şekil 5.56. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin rijit tanımlandığı ($E= 20\ 000\ \text{MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)



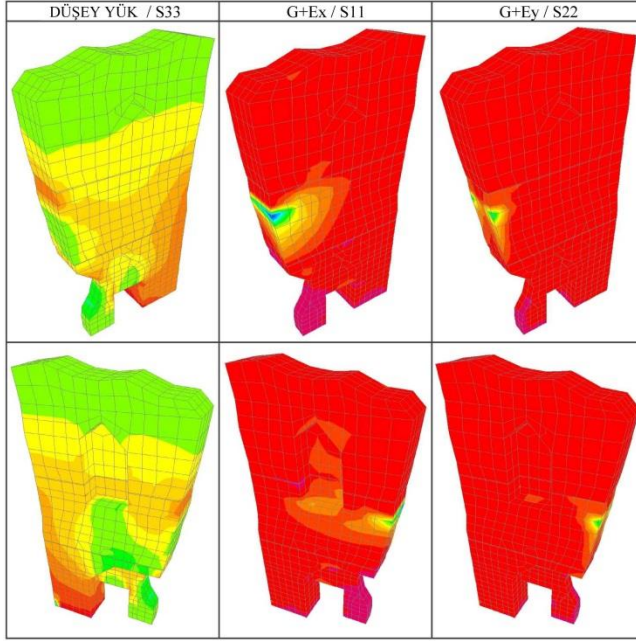
Şekil 5.57. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin rijit tanımlandığı ($E= 20\ 000\ \text{MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmelerin, çekme ve kayma gerilmeleri için kabul edilen sınır değerleri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)



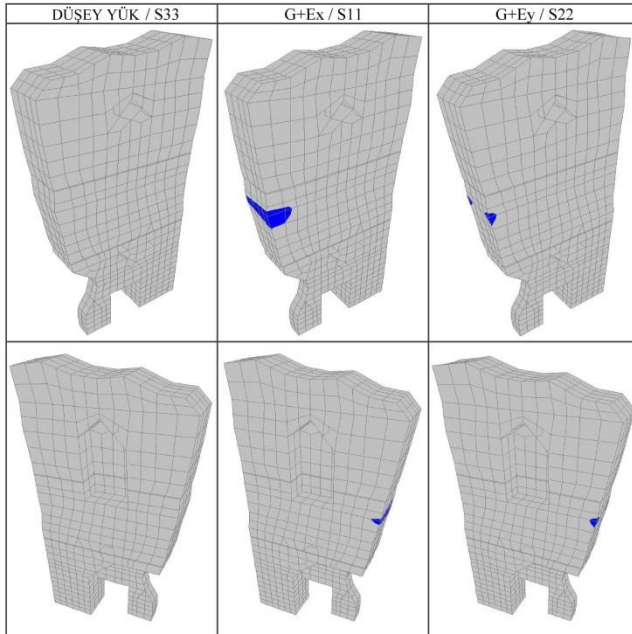
Şekil 5.58. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin çok daha rijit tanımlandığı ($E=40\,000\text{ MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)



Şekil 5.59. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin çok daha rijit tanımlandığı ($E=40\,000\text{ MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmelerin, çekme ve kayma gerilmeleri için kabul edilen sınır değerleri aştığı bölgelerin mavi renk ile ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)



Şekil 5.60. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin esnek tanımlandığı ($E= 50 \text{ MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmeleri gösteren grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)



Şekil 5.61. Yeni konumda birleştirilmiş durumu temsil eden ve birleşim ara kesitlerinin esnek tanımlandığı ($E= 50 \text{ MPa}$) sayısal modelde, düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) ve düşey yük + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; S-11 ve S-22 (yatay) doğrultularındaki gerilmelerin, çekme ve kayma gerilmeleri için kabul edilen sınır değerleri aştığı bölgelerin mavi, sınır değerini aşmadığı bölümlerin ise gri renklerle ifade edildiği grafikler (üstte güney, altta kuzey cepheler)

Birleşim arakesitlerinin modelin genelinden ($E = 450 \text{ MPa}$) daha rijit kabul edildiği ($E = 20\,000 \text{ MPa}$ ve $40\,000 \text{ MPa}$) analizlerin sonuçları incelendiğinde; her iki değerde düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmelerinin, kabul edilen sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Düşey yük + yatay yöndeki deprem yükleri kombinasyonları ($G+Ex$ ve $G+Ey$) sonucunda ise kayma emniyet gerilmesi değerlerinin aşıldığı ve birleştirilmiş haldeki yapının, rijit birleşim hatlarından kırılma eğiliminde olduğu gözlenmektedir. Düzleme paralel yöndeki ($S-22 / G+Ey$) düşey yük + deprem yükü kombinasyonu, yapı düzlemine dik ($S-11 / G+Ex$) düşey yük + deprem yükü kombinasyonu ile karşılaştırıldığında ise $S-11$ yönünde kabul edilen sınır gerilme değerlerinin daha fazla aşıldığı, kırılma riskinin yaygınlaştığı görülmektedir. Kesitin daha güçlü olduğu eksenin (yapı düzlemine paralel / $S-22$) kayma etkisi açısından daha dayanımlı olması, yapının düzlemsel geometrisinin doğal bir sonucudur (Bkz. Şekil 5.57 ve 5.59).

Rijit elastisite modülü değerleri ile yapılan iki analizin sonuçları birbirleri ile karşılaştırıldığında ise, birleşim ara kesitine daha yüksek değerde elastisite modülü ($E = 40\,000 \text{ MPa}$) tanımlandığı durumdaki kayma gerilmesi sınır değer aşımalarının, değerin $E = 20\,000 \text{ MPa}$ olarak tanımlandığı durumdan belirgin şekilde fazla olduğu görülmektedir. Bu durum birleşim arakesiti için kullanılacak malzeme ne kadar rijit olursa, kayma gerilmelerinden kaynaklı kırılma riskinin o denli arttığını göstermektedir (Bkz. Şekil 5.57 ve 5.59).

Birleşim ara kesitlerinin modelin genelinden ($E = 450 \text{ MPa}$) daha esnek ($E = 50 \text{ MPa}$) tanımlandığı analizlerin sonuçları incelendiğinde ise; düşey yükler altında ortaya çıkan çekme gerilmelerinin, kabul edilen sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Düşey yük + deprem yükleri ($G+Ex$ ve $G+Ey$) kombinasyonlarına göre ise kayma emniyet gerilmesinin sınırlı bir bölgede aşıldığı, bu bölgenin de kurgusal yapının batı yan yüzündeki mesnet sisteminin üst bitim hizasına denk geldiği görülmektedir. Dolayısı ile birleşim malzemesinin daha esnek kullanıldığı durumda, yatay yöndeki ($S-11$ ve $S-22$) deprem etkisi altında ortaya çıkan kayma gerilmeleri, belirlenen sınır değerleri aşmamaktadır (Bkz. Şekil 5.61).

Her iki yaklaşımla gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlara göre; parçalı taşıma sonrasında, yığma yapı parçalarının bağdaştırılacağı ara kesitte kullanılacak malzemenin yapı geneli malzeme özellikleri ile benzer veya bir miktar daha esnek seçilmesinin yapısal performansa olumlu katkısı olacağı görülmektedir. Bu durum yapının montaj sonrasında,

özellikle yatay yükler altında ortaya çıkacak kayma gerilmeleri karşısında daha homojen davranmasını sağlayacak, dolayısı ile birleşim hatları ve yakın çevresi için söz konusu olabilecek kırılma riskinden uzak kalınacaktır.

5.5. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi

Karşılaştırma, bütüncül ve parçalı taşıma senaryoları için benzer yük etkileri ve koşulların incelendiği analizlerin sonuçları bir arada değerlendirilerek yapılmıştır. Taşıma öncesi ve sonrasına yönelik veriler karşılaştırılırken, kurgusal yapının özgün konumundaki yapısal davranışını belirlemek üzere gerçekleştirilen analizlerin sonuçları da dikkate alınmıştır.

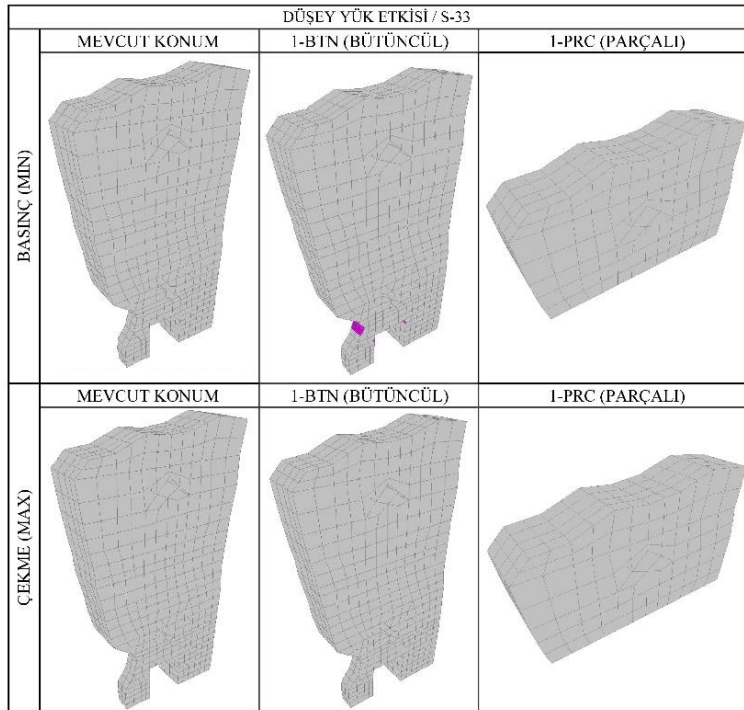
Buna göre öncelikle bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden sayısal modellerde, herhangi bir kaldırma veya taşıma işlemine tabi tutulmaksızın, çelik strüktür ile desteklenmiş ve yer düzlemi ile dik açı yapacak şekilde stabil haldelerken, düşey yükler altında ortaya çıkan düşey yönlü (S-33) gerilmeler karşılaştırılmıştır. Daha anlamlı sonuçlara ulaşılması amacıyla özgün konumdaki demontaj / taşıma öncesi durumu temsil eden sayısal modelin düşey yükler altındaki davranışının incelendiği analiz sonucu da karşılaştırmaya dahil edilmiştir.

Analiz sonuçları, özgün konum ile bütüncül ve parçalı taşıma öncesinde taşınmaya hazır hale getirilmiş durumdaki yapı modellerinde çekme ve basınç gerilmeleri sınır değerlerinin aşılp aşılmadığını gösteren grafikler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Şekil 5.62’de düşey yükler altında kabul edilen basınç gerilmesi sınır değerinin (0,9 MPa) aşıldığı bölgeler pembe renk ile gösterilmektedir. Basınç gerilmesi sınır değeri yalnızca bütüncül taşıma öncesi durumu temsil eden modele yönelik analizde (1-BTN), yığma yapı kesitinin yük etkilerine karşı hassas olduğu kapı boşluğu çevresinde aşılmıştır. Kabul edilen basınç gerilmesi sınır değerinin (0,135 MPa) ise hiçbir senaryoda aşılmadığı görülmektedir.

Karşılaştırma sonuçları; fiziksel bütünlüğünü korumakta olan kurgusal yapının özgün yerinde herhangi bir işleme tabi tutulmadan önce (mevcut konum), parçalı taşıma operasyonu için hazır hale getirilen 1 numaralı üst parçanın ise kaldırma ve taşıma işlemleri öncesinde (1-PRC), yalnızca düşey yükler altında stabil haldeyken yeterince güvenli olduklarını göstermektedir. Bütüncül taşıma (1-BTN) öncesi ve esnasında ise strüktürel

olarak zayıf olan mimari boşlukların ve yığma yapı kesitinin azaldığı bölümlerin alınacak ekstra önlemlerle desteklenmesi gerektiği anlaşılmaktadır (Bkz. Şekil 5.62).

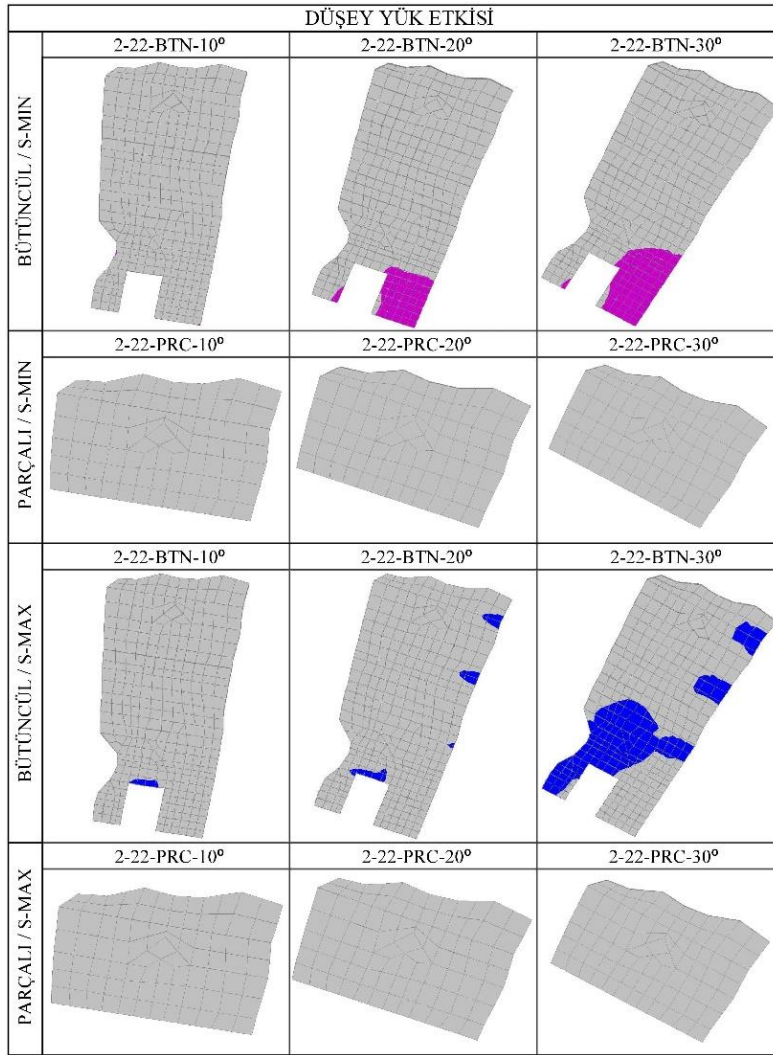
Taşıma öncesi duruma yönelik analiz sonuçlarının ardından, bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden sayısal modellerin taşıma sırasında düzlemsel ve düzlem dışı olası hareketleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada düzlem dışı hareketler sonucunda düşey yükler altında ortaya çıkması olası çekme gerilmesi bileşke değeri (S-MAX) ile basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) değişimini incelemek amacıyla gerçekleştirilen analizlerin sonuçları ele alınmıştır.



Şekil 5.62. Mevcut (özgün) durum ile bütüncül ve parçalı taşıma öncesi çelik strüktür ile sarılma durumlarını temsil eden sayısal modellerde düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki basınç gerilmelerinin kabul edilen sınır değeri aştığı bölümlerin pembe renk ile gösterildiği (üstte), çekme gerilmesi sınır değerinin ise aşılmadığını gösteren (altta) grafikler

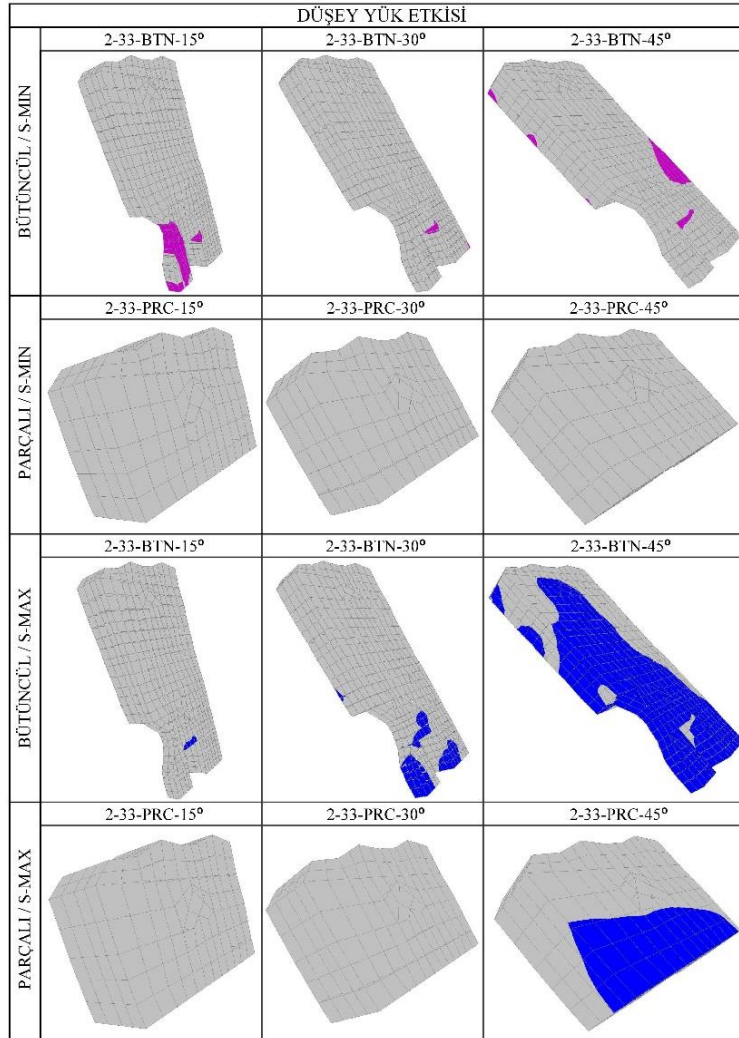
Şekil 5.63’de 2-2 eksenini etrafında (düzleminde) uygulanan 10°, 20° ve 30°’lik, Şekil 5.64’te ise 3-3 eksenini etrafında (düzlem dışı) saat yönünde uygulanan; 15°, 30° ve 45 derecelik dönme hareketleri sonucunda bütüncül (BTN) ve parçalı (PRC) taşımayı temsil eden modellerde ortaya çıkan gerilmeler karşılaştırılmaktadır. Grafiklerde çekme ve basınç gerilmeleri, kabul edilen sınır değerlerin aşıldığı bölgelerde renkli (mavi ve pembe), sınır değerlerin aşılmadığı bölgelerde ise gri renk ile ifade edilmektedir.

2-2 eksenindeki dönme hareketine yönelik analizler incelendiğinde; bütüncül taşımayı temsil eden modelde kapı boşluğu çevresinde hem çekme hem de basınç gerilmelerinin, 20° ve bu açıyı aşan hareketlerde ise modelin destek strüktürü ile mesnetlendiği temas bölgelerinde çekme gerilmeleri için kabul edilen sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir. Parçalı taşımayı temsil eden modele 2-2 ekseninde uygulanan dönme hareketlerinde ise kabul edilen sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.63).



Şekil 5.63. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden modellere 2-2 ekseninde uygulanan 10° , 20° ve 30° ’lik düzlem dışı hareketler sonucunda, bütüncül modelde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MIN) kabul edilen sınır değeri aştığı bölgelerin pembe, çekme gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) sınır değeri aştığı bölgelerin mavi renklerle gösterildiği, parçalı modelde ortaya çıkan gerilmelerin bileşke değerlerinin ise kabul edilen sınır değerleri aşmadığını gösteren grafikler

3-3 eksenı etrafında öngörölen dönme hareketlerinde ise; bütöncöl (BTN) taşımayı temsil eden modelde, 2-2 eksenı etrafındakine benzer şekilde yığma örgünün hassas hale geldiğı mimari boşluk ve ayak bölümleri ile çelik ströktör ile destek noktalarında basınç ve çekme gerilmelerinin genel olarak aşıldığı, 45°'lik dönme hareketinde ise çekme gerilmesi sınır değeriinin kurgusal yapının büyük bölümünde aşıldığı görölmektedir. Bu eksen etrafında parçalı (PRC) taşıma modeline uygulanan dönme hareketlerinde ise; yalnızca 45 derecelik harekette çekme gerilmesi sınır değeriilerinin aşıldığı, 15° ve 30 derecelik daha düşük açılardaki dönme hareketine yönelik analizlerde ise sınır değeriilerin aşılmadığı görölmektedir (Bkz. Şekil 5.64).



Şekil 5.64. Bütöncöl ve parçalı taşımayı temsil eden modellere 3-3 ekseninde uygulanan 15°, 30° ve 45°'lik düzlem dışı hareketler sonucunda, her iki modelde düşey yükler altında ortaya çıkan basınç gerilmesi bileşke değeriilerinin (S-MIN) kabul edilen sınır gerilme değeriini aştığı bölgelerin pembe, çekme gerilmesi bileşke değeriilerinin (S-MAX) sınır gerilme değeriini aştığı bölgelerin ise mavi renk ile gösterildiğı grafikler

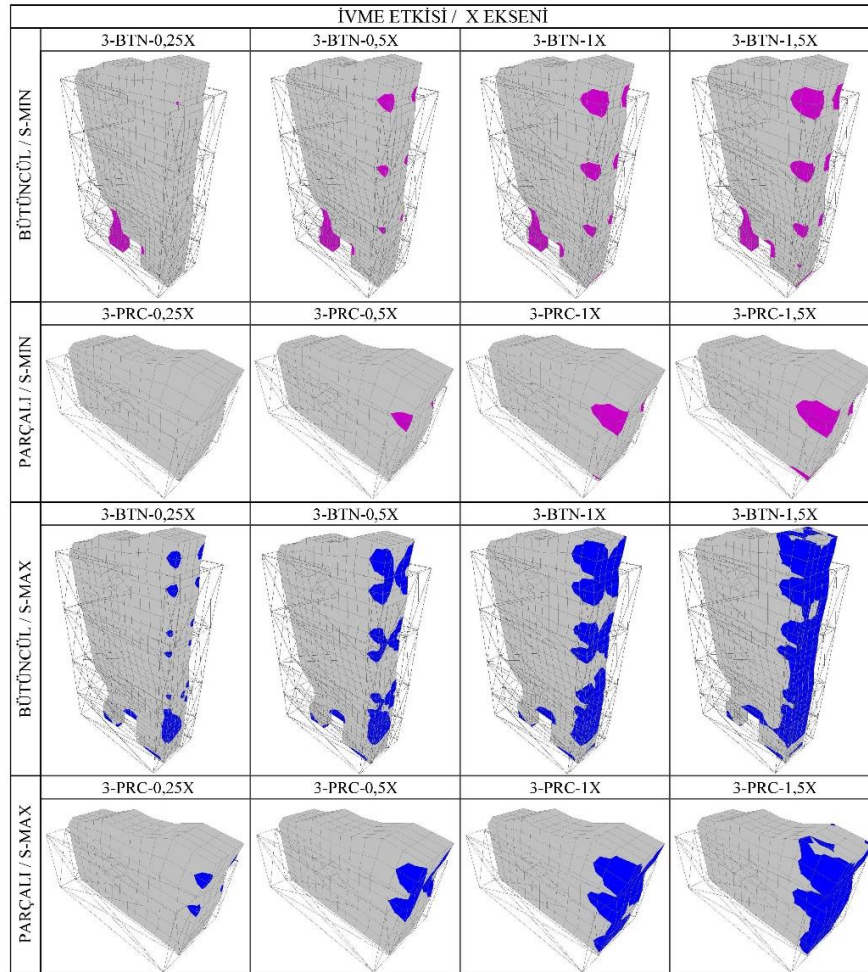
Elde edilen sonuçlar, bütüncül taşıma esnasında ortaya çıkabilecek düzlemsel (2-2 eksen) veya düzlem dışı (3-3 eksen) dönme hareketleri sonucunda yığma yapının çatlaması, kırılması hatta daha büyük açılardaki dönme hareketlerinde fiziksel bütünlüğünü tamamen kaybetmesi ile sonuçlanabilecek ciddi tehditler ile karşılaşabileceğini göstermektedir. Parçalı taşıma senaryosunun analizleri için kullanılan kurgusal yapı üst parçasının ise, çok büyük açılarda (Örn; 45° gibi) bir hareket oluşmadığı sürece dönme hareketlerine karşı daha dayanıklı olduğu söylenebilir.

Bütüncül ve parçalı taşımanın yapının düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda gerçekleşmesi halindeki olası ivme etkisi sonucunda ortaya çıkabilecek gerilmeler Şekil 5.65'te, taşımanın yapı düzlemine dik (y eksen) doğrultuda yapılması halinde ortaya çıkacak gerilmeler ise Şekil 5.66'da karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda, kullanılan diğer grafiklerde olduğu gibi çekme ve basınç gerilmeleri için kabul edilen sınır değerlerinin aşıldığı bölgeler renkli, aşılmadığı bölgeler ise gri renk ile ifade edilmiştir.

Taşıma hareketinin kurgusal yapı düzlemine paralel (x eksen) olması durumundaki analiz sonuçları incelendiğinde; bütüncül taşıma durumundaki tüm ivme etkilerinde, düşey yükün yoğunlaştığı; ayaklar, kapı boşlukları ile modelin destek strüktürü ile temas ettiği bölümlerde çekme gerilmeleri için kabul edilen sınır değerin aşıldığı, çekme gerilmeleri kadar olmasa da, aynı bölgelerde basınç gerilmeleri sınır değerinin de aşıldığı görülmektedir. Aynı doğrultuda gerçekleşen parçalı taşımaya yönelik ivme etkisi analizlerinde ise; 0,25 g ivme etkisi altında (3-PRC-0,25X) basınç gerilmesi sınır değerinin aşılmadığı, aynı ivme değerinde ortaya çıkan ve sınır değeri geçen çekme gerilmesi etkisinin ise bütüncül modele (3-BTN-0,25X) nazaran daha düşük seviyede olduğu görülmektedir. Hem bütüncül hem de parçalı taşıma durumunda öngörülen ivme etkisinin 0,5 g değerine ulaştığı ve aştığı durumlarda çekme gerilmesi sınır değerinin belirgin şekilde aşıldığı görülmektedir (Bkz. Şekil 5.65).

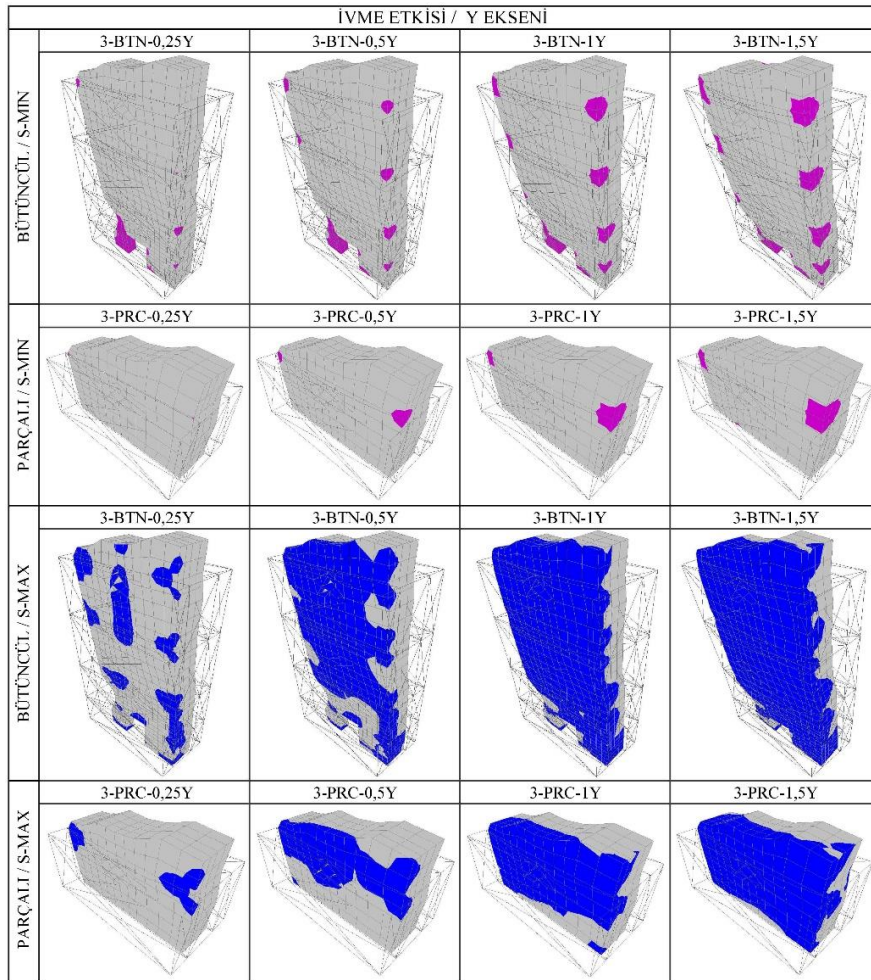
Taşıma hareketinin yapı düzlemine dik (y eksen) doğrultuda gerçekleşmesi durumunda meydana gelen ivme etkilerine bağlı sonuçlar incelendiğinde; çekme ve basınç sınır gerilmeleri, hem parçalı hem de bütüncül taşıma durumları için düzleme paralel eksenlerdeki (x eksen) sonuçlara benzer şekilde aşılmaktadır. Ancak düzlemsel geometriye sahip modelin, eksene dik pozisyonda taşınırken ivme etkisine maruz kalması halinde, gerilme sınır değerlerinin, paralel doğrultuda gerçekleşenden çok daha ciddi düzeyde aşıldığı

görülmektedir. Düzleme dik doğrultuda (y eksen) gerçekleşen parçalı taşımaya yönelik ivme etkisi analizlerinde, 0,25 g ivme etkisi altında (3-PRC-0,25Y) basınç gerilmesi sınır değerinin aşılmadığı, çekme gerilmesinin ise sadece mesnet ile temas eden dış-üst köşelerde aşıldığı görülmektedir. Aynı ivme değerinin bütüncül model (3-BTN-0,25Y) üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; basınç gerilmesi sınır değerinin modelin ayak bölümü ile kısmen mesnet temas noktalarında aşıldığı, çekme gerilmesi sınır değerinin ise parçalı modele göre daha yaygın şekilde aşıldığı görülmektedir. Gerek bütüncül gerekse de parçalı taşıma durumunda öngörülen ivme etkisinin 0,5 g ve üzerine çıkması halinde, düzleme dik konumda taşınan yapı için ciddi düzeyde risk doğabileceği, ivme etkisinin artması halinde oluşacak gerilmelerin, bütüncül veya parçalı taşınacak yığma yapının fiziksel bütünlüğünü tehdit edebileceği söylenebilir (Bkz. Şekil 5.66).



Şekil 5.65. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden yapı modellerinin düzlemine paralel (x eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MIN) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değerleri aştığı bölümlerin renkli (pembe ve mavi) olarak ifade edildiği grafikler

Ani hız değişimi nedeniyle meydana gelen ivme sonucu oluşabilecek yük değişimleri bütüncül ve parçalı taşıma bağlamında değerlendirilmiştir. İvme etkisinin kütle ile doğru orantılı olarak arttığından hareketle, bütüncül taşıma ile kıyaslandığında, kütlenin takribi 1/3 oranında daha az olduğu parçalı taşıma esnasında meydana gelebilecek risklerin 0,25 g gibi düşük ivme değerlerinde tolere edilebilir sınırlar içerisinde kalabileceği öngörülebilir. Düzlemsel geometriye sahip yığma bir yapının, strüktürün daha kuvvetli olduğu kesite paralel doğrultuda taşınmasının, olası ivme etkisine bağlı riskleri düşüreceği ise açıktır.



Şekil 5.66. Bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden yapı modellerinin düzlemine dik (y eksen) doğrultuda taşınmaktayken sırasıyla; 0,25 g, 0,5 g, 1 g ve 1,5 g değerlerinde ivme etkisine maruz kalması halinde ortaya çıkan çekme (S-MIN) (üstte) ve basınç gerilmesi bileşke değerlerinin (S-MAX) kabul edilen sınır değerleri aştığı bölümlerin renkli (pembe ve mavi) olarak ifade edildiği grafikler

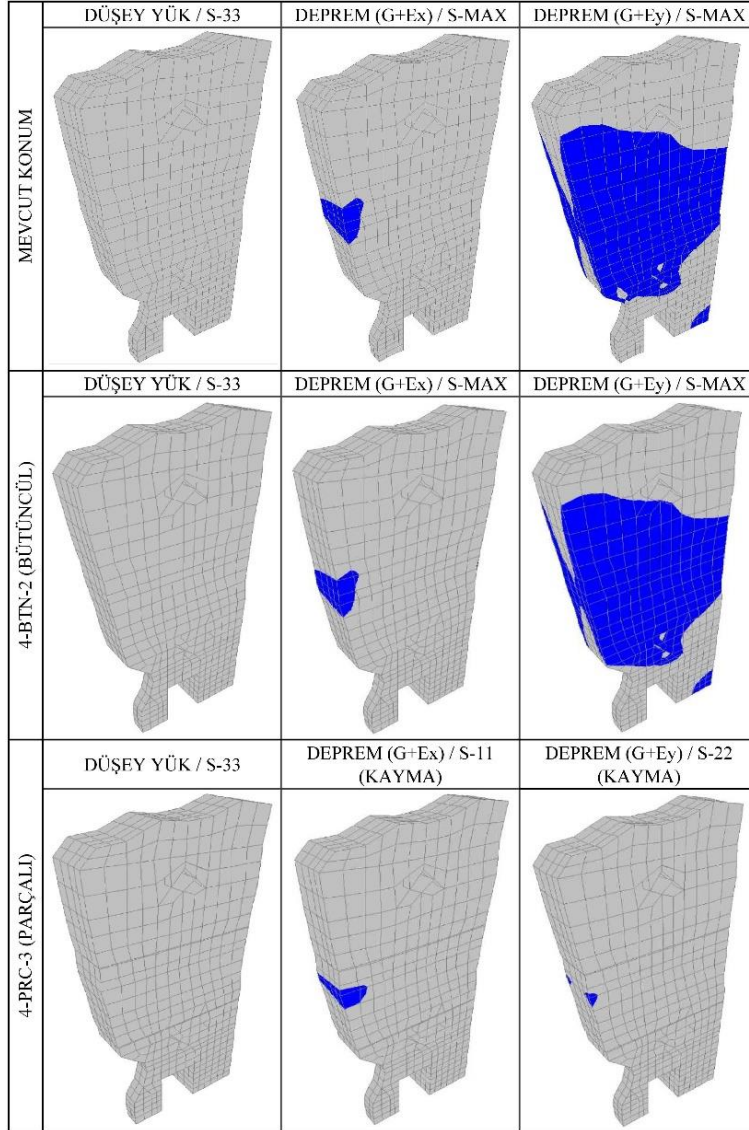
Son olarak bütüncül ve parçalı taşımayı temsil eden sayısal modellerin taşıma ve montaj sonrasındaki olası yapısal performanslarının değerlendirilmesine yönelik analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma koşullarının optimizasyonu açısından bütüncül taşımada

kurgusal yapının özgün konumdakine benzer şekilde batı cephesinden desteklendiği durumu temsil eden model üzerinden gerçekleştirilen analiz (4-BTN-2) ile parçalı taşıma sonrası montajda, birleşim arakesitlerinin özgün yığma örgüden daha esnek malzeme ile oluşturulacağı yaklaşımı ile gerçekleştirilen analizin (4-PRC-3) sonuçları dikkate alınmıştır. Taşıma sonrası olası yapısal performansın daha sağlıklı değerlendirilebilmesi amacıyla karşılaştırmaya; özgün konumdaki demontaj / taşıma öncesi durumu temsil eden sayısal modelin düşey yükler ve deprem yükleri altındaki davranışının incelendiği analizin (mevcut konum) sonuçları da dahil edilmiştir. Karşılaştırmada, her üç durumu temsil eden analizlerin düşey yükler altında ortaya çıkan düşey yönlü (S-33) gerilmeleri ile düşey yükler + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan; özgün (mevcut) konum ve bütüncül taşıma için çekme gerilmeleri (S-MAX), parçalı taşıma sonrası birleştirilmiş hali temsil eden model içinse kayma gerilmeleri (S-11 ve S-22) dikkate alınmıştır (Bkz. Şekil 5.67).

Analiz sonuçları, özgün konum ile bütüncül ve parçalı taşıma sonrasında yeni konuma yerleştirilmiş haldeki yapı modellerinde çekme gerilmesi ve kayma gerilmesi sınır değerlerinin aşılp aşılmadığını gösteren grafikler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Şekil 5.67’de düşey yükler altında çekme gerilmesi için kabul edilen sınır değer (0,135 MPa) ile kayma gerilmesi için kabul edilen sınır değerlerin (0,53 MPa) aşıldığı bölgeler mavi renk ile gösterilmiştir.

Düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki çekme gerilmesi sınır değerinin gerek özgün konumda, gerekse de bütüncül veya parçalı taşıma sonrası yeni konumda aşılmadığı görülmektedir. Kurgusal yapının düzlemine paralel doğrultudaki düşey yük + deprem etkisi (G+Ex) kombinasyonu sonucunda ortaya çıkan çekme ve kayma gerilmeleri sınır değerlerinin her üç modelde de sadece kurgusal yapının batı cepheden mesnetlendiği kot seviyesinde (takribi; 9,5 m) birbirlerine benzer dağılımlarla aşıldığı izlenmektedir. Gerilme dağılımındaki asıl fark, yapının düzlemine dik (Ey) doğrultu için canlandırılan deprem etkisi altındayken ortaya çıkmaktadır. Buna göre özgün konum ve bütüncül taşıma sonrası durumlara yönelik analiz sonuçları ve sınır değer aşıldığı bölge dağılımı birbirlerine büyük ölçüde benzer olup, sınır değer kesitin önemli bölümünde aşıldığı gözlenmektedir. Parçalı taşıma sonrası birleştirilmiş hali temsil eden modelde (4-PRC-3) ise diğer iki durumdan farklı olarak, kayma gerilmesi sınır değerinin sadece batı cephe mesnetinin bitim seviyesindeki oldukça sınırlı bir bölümde aşıldığı görülmektedir. Bu

durum; birleşim ara kesitlerinin, kurgusal yapının genelinden daha esnek malzeme ile oluşturulması halinde, yapının olası deprem etkisine karşı teorik olarak daha iyi bir performans sergileyebileceğini göstermektedir.



Şekil 5.67. Mevcut (özgün) durum ile bütüncül taşıma sonrası yeni konumda batı yönden desteklenmiş, parçalı taşıma sonrası birleşim ara kesiti esnek özellikte ($E=50$ MPa) tanımlanmış sayısal modellerde düşey yükler + deprem yükleri (G+Ex ve G+Ey) kombinasyonlarına göre oluşan gerilmelerin kabul edilen çekme (S-MAX) ve kayma gerilmesi (S-11 ve S-22) sınır değerlerini aştığı bölgelerin mavi renk ile düşey yükler altında oluşan S-33 (düşey) doğrultusundaki çekme gerilmelerinin ise kabul edilen sınır değeri aşmadığının ifade edildiği grafikler

6- SONUÇ VE ÖNERİLER

Özgün yerlerinde korumanın olanaksız hale geldiği zorunlu durumlar, tarihi yapı ve anıtların nadiren de olsa yeni bir konuma taşınmalarını gerektirebilmektedir. Bazıları yüzlerce yıllık geçmişe sahip tarihi yapıların taşınabilir hale getirilerek yerlerinin değiştirilmesi, strüktürel özelliklerin yanı sıra, kültür varlığı olmalarını sağlayan nitelikleri de doğrudan etkileyen sıra dışı bir uygulamadır.

Taşıma işleminde, varoluşlarının temeli olan; malzeme, strüktür ve yapım tekniğinin azami düzeyde korunması kadar, anıt yapıların tarihi, kültürel ve sanatsal değerlerinin gözetilmesi de aynı ölçüde önemlidir. Yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş yapılar, taş ve tuğla malzemenin elastik olmayan kırılğan özelliklerinden dolayı, basınç etkisine karşı oldukça dayanıklıyken, çekme ve yatay yük etkisine karşı dayanıksızdırlar. Taşıma sırasında basit bir aksaklık sonucu meydana gelebilecek ufak kazalar dahi, taşınacak tarihi yapının özgün mimarisi ile strüktürel bütünlüğüne büyük zarar verebilir. Bu sebeple strüktürel taşımanın, farklı disiplinlerden uzmanların ortak çalışması ile başta uygun taşıma yönteminin belirlenmesi olmak üzere, uygulama başlamadan önce en ince ayrıntısına kadar planlanması gerekir.

Çalışmada önerilen yöntem çerçevesinde belirlenen kurgusal yapının sonlu elemanlar modeli oluşturulmuş, hazırlanan sayısal modelin parçalı ve bütüncül olarak belirlenen taşıma senaryolarına göre hesapları yapılmıştır. Bu hesaplarda yapının taşıma öncesi ve sonrasındaki olası yapısal performansı, özgün konumundan kaldırılarak taşıma aracına aktarılması veya yeni yerine yerleştirilmesi sırasında olması gereken geometrik konumundan, çeşitli eksenlere göre küçük açılarla sapması ile taşıma aracındayken ani hız değişimine (ivme etkisine) maruz kalması durumlarında ortaya çıkabilecek olası gerilme değişimleri incelenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan hesaplardan elde edilen sonuçlar, çalışmada ele alınan bütüncül ve parçalı taşıma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajlarının yorumlanması ile yöntemlerin mimari koruma ilkelerine uygunluğu açısından değerlendirilmiştir.

6.1. Sonuç

Bütüncül ve parçalı taşıma senaryolarında karşılaştırılması olası aksaklıklar ile tanımlanan şartlarda ortaya çıkması olası gerilmeler, çalışmanın ‘5.5. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi’ başlığı altında, benzer durumlara ait veriler kendi aralarında karşılaştırılarak irdelenmiştir. Çizelge 6.1’de ise bahsi geçen analizlere ait sonuçlar, dikkate alınan gerilme türleri için belirlenen sınır değerlerin, kurgusal yapının hesap modeli için aşılp aşılmadığı bağlamında özetlenmiştir. Ele alınan taşıma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları, bu özet çizelgede bir araya getirilen sonuç verilerden yola çıkılarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 6.1’de yer alan kırmızı renkli hücreler söz konusu analiz için belirlenen gerilme sınır değerinin aşıldığını, yeşil renkler sınır değerinin aşılmadığını, gri renkler ise gerilme türünün söz konusu analiz için geçersiz bir kriter olduğunu ifade etmektedir. Parçalı taşıma için 3, bütüncül taşıma içinse 2 olmak üzere toplam 5 adet analizin (Bkz. Çizelge 5.2) gerçekleştirildiği taşıma sonrası olası yapısal performansa yönelik analiz sonuçlarının karşılaştırması, koşulların optimizasyonu amacıyla; 4-PRC-3 ve 4-BTN-2 kodlu analiz sonuçları üzerinden yapılmıştır.

Çizelge 6.1’de yer alan analizlere ilişkin sonuçlar takip eden paragraflarda yorumlanmaktadır.

- Kurgusal yapının kendi ağırlığından kaynaklı düşey yük etkisindeki davranışına yönelik 1 numaralı analizlerin (1-PRC ve 1-BTN) sonuçları incelendiğinde; parçalı taşıma analizinde (1-PRC) S-33 doğrultusu için kabul edilen sınır gerilme değerinin aşılmadığı, bütüncül taşıma analizinde (1-BTN) ise aynı doğrultudaki basınç sınır gerilme değerinin aşıldığı görülmektedir.
- Bütüncül taşıma modelindeki sınır değer aşımının, yığma sistem sürekliliğinin bozulduğu mimari boşluklarda ve kurgusal yapı, zemin ve yanal desteğinden ayrılarak çelik taşıma strüktürü ile sarmalanmış haldeyken meydana geldiği bilinmektedir. Dolayısı ile düşey yük etkisi altındayken parçalı veya bütüncül taşıma yöntemlerinden birinin diğerine göre avantajlı veya dezavantajlı olduğundan söz edilemez.
- Kurgusal yapının özgün yerinden kaldırılarak taşıma aracına yüklenmesi ve aynı araçtan alınarak final pozisyonuna yerleştirilmesi aşamalarında düzlemine dik (2-2 eksen) ve düzlemine paralel (3-3) eksenler etrafında meydana gelebilecek düzlem dışı hareket

etkilerinin araştırıldığı 2 numaralı analizlerin sonuçları, öncelikle taşıma yönteminden bağımsız olarak incelenmiştir. Sınır gerilme değerinin, yapı düzlemine paralel eksen etrafındaki dönme hareketlerinde, düzleme dik eksen etrafındaki hareketlere göre daha az aşıldığı izlenmektedir.

Çizelge 6.1. Analiz sonuçlarının özet tablosu

ANALİZ TÜRÜ		PARÇALI TAŞIMA						BÜTÜNCÜL TAŞIMA							
		ANALİZ KODU	GERİLMELER						GERİLMELER						ANALİZ KODU
			S-11	S-22	S-33		S-MIN	S-MAX	S-MAX	S-MIN	S-33		S-22	S-11	
ÇEKME	BASINÇ	ÇEKME			BASINÇ										
1- DÜŞEY YÜK		1-PRC													1-BTN
2- DÜZLEM DIŞI HAREKETLER	DÜZLEME DİK EKSEN (2-2)	2-22-PRC-10													2-22-BTN-10
		2-22-PRC-20													2-22-BTN-20
		2-22-PRC-30													2-22-BTN-30
	DÜZLEME PARALEL EKSEN (3-3)	2-33-PRC-15													2-33-BTN-15
		2-33-PRC-30													2-33-BTN-30
		2-33-PRC-45													2-33-BTN-45
3- ANİ HIZ DEĞİŞİMİ	DÜZLEME PARALEL HAREKET	3-PRC-0,25X													3-BTN-0,25X
		3-PRC-0,5X													3-BTN-0,5X
		3-PRC-1X													3-BTN-1X
		3-PRC-1,5X													3-BTN-1,5X
	DÜZLEME DİK HAREKET	3-PRC-0,25Y													3-BTN-0,25Y
		3-PRC-0,5Y													3-BTN-0,5Y
		3-PRC-1Y													3-BTN-1Y
		3-PRC-1,5Y													3-BTN-1,5Y
4- TAŞIMA SONRASI YAPISAL PERFORMANS		4-PRC-3												4-BTN-2	

- Düzlem dışı hareket etkileri, dönme ekseninden bağımsız şekilde, parçalı ve bütüncül taşıma bağlamında değerlendirildiğinde ise; sınır gerilme değerlerinin bütüncül taşımada, parçalı taşımaya göre daha fazla aşıldığı açıkça görülmektedir.
- Yukarıdaki iki paragrafta değinilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde; ister yapının düzlemine dik isterse de düzleme paralel eksen etrafında olsun, taşıma sırasında meydana gelebilecek herhangi bir kaza veya aksaklık sonucunda oluşabilecek dönme hareketi,

taşınacak yığma yapı açısından önemli yapısal hasar ve riskleri de beraberinde getirecektir.

- Parçalı taşımada, dönme hareketine maruz kalan kütle, bütüncül taşımadakinden daha küçük olacağı için, bu yöntemde ortaya çıkacak bileşke gerilme değerleri de daha düşük düzeyde olacaktır. Dolayısı ile olası düzlem dışı hareketlerin olumsuz etkileri açısından parçalı taşımanın daha avantajlı olduğu söylenebilir.
- Düzlem dışı hareketlere yönelik analizler aç ı değerleri bağlamında incelendiğinde; 10° gibi nispeten düşük açılardaki olası hareketler (2-22-PRC-10 ve 2-22-BTN-10 gibi) sonucunda gerilme sınır değerlerinin daha az, aç ı değeri yükseldikçe ise daha fazla aşıldığı görülmektedir. Dolayısı ile gerek parçalı, gerekse de bütüncül taşıma esnasında taşınacak yapının düzlem dışı olası hareketlerini önleyecek tedbirlerin alınması, strüktürel bütünlüğün korunması açısından önemlidir.
- Yapı taşıma aracı üzerindeyken meydana gelebilecek olası ani hız değişiminin (ivme) taşınacak yığma yapı üzerindeki olası etkilerinin araştırıldığı 3 numaralı analizlerin sonuçları öncelikle taşıma yöntemi bağlamında değerlendirilmiştir.
- 0,25 ile 1,5 g arasında değişen ivme değerleri altında gerçekleştirilen toplam 16 adet analitik hesaptan, parçalı taşıma modelinin 0,25 g'lık ivme etkisine maruz bırakıldığı 2 adet analizde (3-PRC-0,25X ve 3-PRC-0,25Y) kabul edilen sınır gerilme değerlerinin aşılmadığı görülmüştür.
- Parçalı taşımaya ilişkin yukarıda değinilen 2 adet analiz hariç diğer tüm hesaplamalarda, S-MIN ve S-MAX bileşke gerilmeleri için kabul edilen sınır gerilme değerleri aşılmıştır. Olası ani hız değişiminin strüktüre olumsuz etkileri açısından, ivme etkisinin doğru orantılı şekilde artmasına sebep olan kütlelerin daha düşük ve alçak olduğu parçalı taşımanın, bütüncül taşımaya göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.
- İvme etkisi, kütlelerin yanı sıra hız ile de doğru orantılı artmaktadır (www.omnicalculator.com). Strüktürel taşımada hızın düşük tutulması, taşınacak yapının olası ani hız değişimlerinden etkilenme riskini de düşürecektir.
- Çalışmanın 5.5. numaralı başlığında da vurgulandığı üzere; kurgusal yapıdakine benzer şekilde düzlemsel geometriye sahip yığma yapıların, strüktür kesitinin daha mukavemetli olduğu yapı düzlemine paralel doğrultuda taşınmaları, olası ani hız değişimlerinden kaynaklanabilecek gerilmelerin olumsuz etkilerine karşı avantaj sağlayacaktır.
- Kurgusal yapının taşıma sonrasındaki olası yapısal performansının tespitine yönelik gerçekleştirilen 4 numaralı analizlerin sonuçları incelendiğinde; gerek parçalı (4-PRC-3)

gerekse de bütüncül (4-BTN-2) taşıma sonrası durumda, düşey yük etkisinden (S-33) kaynaklanan çekme ve basınç gerilmeleri için belirlenen sınır değerlerin aşıldığı görülmektedir.

- Taşıma sonrası duruma ilişkin düşey yüklerle birlikte yatay yöndeki deprem etkisinin de (G+Ex ve G+Ey) değerlendirildiği verilerde ise; parçalı taşıma için; S-11 ve S-22, bütüncül taşıma içinse; SMAX bileşke gerilmesi değerlerinin, kabul edilen kayma sınır gerilme değerini aştığı görülmektedir.
- Konu taşıma yönteminden bağımsız değerlendirildiğinde; düzlemsel bir geometriye sahip, yüksekliğin kesit ve taban ölçülerinden misliyle fazla olduğu yığma bir yapıda, yatay deprem etkisi altında ortaya çıkabilecek kayma gerilmesi sınır değerinin aşılması olağan karşılanabilir.
- Ancak ister bütüncül isterse parçalı taşısın, çalışmanın; ‘5.5. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Değerlendirilmesi’ başlığında detaylandırılan analiz sonuçları, yapının taşıma öncesinde sahip olduğu mesnet ve zemin koşullarının, taşıma sonrasında da asgari özgüne benzer özelliklerde, tercihen özgünden daha nitelikli ve mukavim şekilde oluşturulmasının, başta deprem dayanımı olmak üzere, yeni konumdaki yapısal performansı olumlu yönde etkileyeceği görülmektedir.
- 4 numaralı analizlerden elde edilen karşılaştırmalı verilerden; parçalı taşıma sonrası yapı bileşenlerine ait ara kesitlerin, yapının özgün malzemelerine benzer nitelikte, tercihen daha esnek özellikteki malzemeler kullanılarak oluşturulmasının, başta deprem olmak üzere, yeni konumda etkiyebilecek yatay yüklere karşı yapının daha esnek davranmasını sağlayacağı anlaşılmaktadır.
- Aynı analizlerin sonuçları, birleşim ara kesitlerinde yapı parçalarını bağdaştırmak üzere yığma örgünün özgününden daha rijit özellikte malzemeler (beton, akrilik reçine vb.) kullanılması halinde ise, başta birleşim hattı ve yakınındaki yığma örgü olmak üzere, yapı genelinin olası yatay yük etkilerine karşı daha kırılğan hale geleceğini göstermektedir.
- Taşıma öncesinde yapının sahip olduğu özgün yapısal performansın taşıma sonrasında da sürdürülebilir olması bağlamında taşıma yöntemleri incelendiğinde; strüktürel bütünlüğün korunduğu bütüncül taşımanın daha avantajlı olduğu söylenebilir. Ancak yukarıdaki paragrafta da değinildiği üzere, yığma sistemin özgün malzemesine yakın veya biraz daha esnek fiziksel özellikteki bağlayıcıların kullanılması halinde, parçalı taşıma sonrasında da hedeflenen yapısal performansın yakalanması mümkün görünmektedir.

- Analizlerden elde edilen sonuçlar, uygun taşıma yönteminin belirlenmesi açısından fikir vermenin yanı sıra, seçilecek yöntem ile taşımanın gerçekleşmesi halinde ortaya çıkması olası risklerin de proje operasyonel boyuta ulaşmadan önce belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Risklerin proje henüz fizibilite aşamasındayken öngörülebilir olması, uygulama aşamasında önlenmelerine yönelik tedbirlerin baştan planlanmasını sağlayacaktır.

Mimari Mirası Koruma Bildirgesi'ne göre (ICOMOS, 2013) “bir mimari varlığın, korunması gerekli kültür varlığı niteliği kazanabilmesi için özgünlük kriterini karşılaması gerekmektedir”. Aynı belgede özgünlük; “bir mimari kültür varlığının anlam kazanabilmesi için gereken ve onun gerçekliğini, değerini ve bütünlüğünü kanıtlayan tüm özellikleri” şeklinde tanımlanmaktadır.

Mimari mirasın özgünlüğü söz konusu olduğunda, konum, tasarım, malzeme ve işçilik özellikleri açısından içinde bulunduğu kültür alanının bozulmamış ve tahrif edilmemiş bir belgesi olması istenir. Özgünlüğünü tüm boyutları ile (konum, tasarım, malzeme ve işçilik) kaybetmiş bir mimari kültür varlığının korunmasından söz edilemez (ICOMOS, 2013).

Çalışmada ele alınan taşıma yöntemleri, yukarıdaki paragraflarda tarifi yapılan “özgünlük” kriterinin, taşıma sonrasında ne düzeyde korunabildiği bağlamında değerlendirilmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

- Özgünlük kriterinin bileşenlerinden mimari mirasın konumu, taşımanın gerçekleştiği her durumda, taşıma yönteminden bağımsız şekilde değişmektedir. Ancak taşınacak anıt yapının, mevcut coğrafi konumuna mümkün olduğunca yakın, özgün fiziksel çevre ve topoğrafyaya benzer bir konuma, ilişkili olduğu doğal veya kentsel peyzaj özellikleri, yapının özgün coğrafi yönelişi ile varsa çevresindeki diğer anıt yapılarla ilişkileri gözetilerek konumlandırılması, özgünlüğün konum bağlamında mümkün olduğunca korunmasını sağlayacaktır (Yavaşcan ve Urak, 2019).
- Taşıma sırasında büyük oranda veya tamamen yıkılmadığı sürece, taşınacak anıt yapının özgün tasarımında herhangi bir değişiklik olmayacağı öngörülebilir. Bu noktada taşıma işleminin anıt yapının strüktürel bütünlüğünü daha az riske atacak yöntem ile gerçekleştirilmesi önem kazanmaktadır. Çizelge 6.1.'de yer alan sonuçlar incelendiğinde; sayısal analizlerde kabul edilen gerilme sınır değerlerinin, parçalı taşımada daha az aşıldığı görülmektedir. Dolayısı ile yapının nispeten daha kolay taşınabilir bileşenlere

ayrıldığı parçalı taşıma yönteminin, tasarımın değişmesine sebep olabilecek düzeydeki yapısal risklerden kaçınılması açısından daha avantajlı olduğu söylenebilir.

- Evrensel koruma ilkelerine göre mimari mirasın korunması ve onarımına yönelik müdahalelerin mümkün olduğunca alt düzeyde tutulması, özgünlüğün bozulmaması açısından elzemdir (ICOMOS, 1999). Özgünlüğün bileşenlerinden malzeme ve işçiliğin korunması, ancak tarihi yapıya en alt düzeyde müdahale edilmesiyle mümkün olacaktır. Taşıma yöntemleri bu bağlamda değerlendirildiğinde; kurgusal yapıya daha az müdahale edilen bütüncül taşımanın, parçalı taşımaya göre daha avantajlı olduğu söylenebilir. Ancak taşımada hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, yapının yeni konumuna yerleştirilmesi ve / veya yapı bileşenlerinin bir araya getirilerek anıt yapının bütünlenmesi aşamasında, özgün malzeme ve işçiliğin kullanılarak uygulamanın sonuçlandırılması, özgünlüğün korunması açısından oldukça önemlidir.

Kabul edilen gerilme sınır değerlerinin aşılp aşılmadığı yaklaşımıyla hazırlanan Çizelge 6.1’de, parçalı taşıma senaryosuna yönelik analizler sonucunda ortaya çıkan gerilmeleri temsil eden; 33, bütüncül taşıma analizleri içinse 32 olmak üzere toplam 65 adet hücre yeşil veya kırmızı renkler ile işaretlenmiştir. Parçalı taşıma için işaretlenen 33 adet kutucuktan 16 adedi sınır değerlerin aşılmadığını ifade eden yeşil renkteyken, bütüncül taşımada işaretlenen yeşil renkli kutucuk sayısı sadece 3’tür. Dolayısı ile parçalı taşıma analizlerinin neredeyse yarısında gerilme sınır değerlerinin aşılmadığı, bütüncül taşımaya yönelik analizlerde ise bu oranın sadece 1/10 düzeyinde olduğu görülmektedir (Bkz. Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. Analizlerde kabul edilen gerilme sınır değerlerinin taşıma yöntemine göre aşılp aşılmadığına dair sayısal veriler

	GERİLME SINIR DEĞERİNİN AŞILMADIĞI SONUÇLAR (Adt.)	GERİLME SINIR DEĞERİNİN AŞILDIĞI SONUÇLAR (Adt.)	TOPLAM (Adt.)
BÜTÜNCÜL TAŞIMA	3	29	32
PARÇALI TAŞIMA	16	17	33

Parçalı ve bütüncül taşıma senaryolarının kurgusal yapı modeline uygulanması çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmada, karmaşık mühendislik hesapları yapılmamıştır. Sonlu elemanlar hesap yöntemi kullanılarak elde edilen ve Çizelge 6.1 ile 6.2’de özetlenen performans verilerinden yola çıkılarak, başta koruma uzmanı mimarlar olmak üzere, karar verici

konumdaki tüm uzmanların olası taşıma yöntemlerini uygulama öncesinde sinayarak, riskleri ve avantajları baştan öngörebilmelerini sağlayacak bir yöntem geliştirilmiştir.

Mimari mirasa ‘korunması gerekli kültür varlığı’ niteliği kazandıran faktörlerin başında gelen özgünlüğün korunması ile taşıma sonrasında strüktürel performansın sürdürülmesine yönelik elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde; kurgusal yapı özelinde parçalı taşıma yönteminin daha avantajlı olduğu sonucuna varılabilir. Çalışmada incelenen kurgusal yapı modeline esin kaynağı olan Hasankeyf Orta Kapı da, 2018 yılı ekim ayında parçalı şekilde taşınarak yeni konumuna ulaştırılmıştır.

Çalışmada varılan sonuç, ele alınan kurgusal yapı ve senaryoya özgü olup, başka veya benzer yapılar için genel bir kural olarak kabul edilmemelidir. Tarihi yapılara yönelik strüktürel taşımanın; yapının inşa sistemi, strüktürel kondisyonu, hacmi ve kütlesi, geometrisi, mimari ve sanatsal özellikleri ile zaman, bütçe, taşıma rotasındaki coğrafi ve fiziksel engeller, teknik altyapı ve teçhizat olanakları gibi diğer birçok faktör dikkate alınarak planlanması gerekir. Seçilecek taşıma yöntemi, zorunlu koşullar sebebiyle taşınacak anıt yapının strüktürel bütünlüğü ile yapıya ‘mimari miras’ niteliği kazandıran özgün mimari ve teknik özelliklerin azami düzeyde korunmasına imkan vermelidir.

6.2. Öneriler

Çalışmayla kazanılan deneyim ve elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak derlenen genel öneriler aşağıda sıralanmaktadır;

- Sıra dışı bir mühendislik uygulaması olmasının yanı sıra, farklı dallardan uzmanların işbirliğini gerektiren strüktürel taşıma uygulamalarının, ilk aşamada bir araştırma projesi kapsamında ele alınması gerekir. Araştırma projesinde öncelikle anıt yapının taşıma için uygun olup olmadığı değerlendirilmeli, yapı taşınabilir nitelikte ise çalışma, uygun taşıma yöntemi ile senaryosunun tespitine yönelik detaylandırılmalıdır.
- Mimari mirasın taşınmasına, olası diğer koruma yöntemleri değerlendirilmeden karar verilmemelidir. Gerçekleştirilecek kapsamlı değerlendirme sonucunda taşımanın kaçınılmaz ve söz konusu yapı için olanaklı olduğu sonucuna varılması halinde ise hangi yöntemin kullanılması gerektiği araştırılmalıdır.

- Çalışma sonuçlarından da görülebileceği üzere strüktürel taşıma, her biri tarihi ve kültürel açıdan yeri doldurulamaz öneme sahip mimari mirasın tümüyle kaybedilmesine varacak ciddiyette riskleri barındıran bir uygulamadır.
- Araştırma projesinde ele alınacak olası taşıma senaryoları, çalışmadakine benzer şekilde taşınması planlanan anıt yapının sonlu elemanlar modeli oluşturularak bilgisayar ortamında test edilebilir. Olanakların elvermesi halinde yapının özgün malzeme özelliklerinde üretilecek küçük ölçekli bir modelinin de laboratuvar ortamında taşımadaki koşullara tabi tutulması sağlanabilir. Sayısal model analizleri ile fiziksel modelden elde edilecek deney verilerinin bir arada değerlendirilmesi, varılacak nihai sonuçların çok daha güvenilir olmasını sağlayacaktır.
- Çalışmada kullanılan yöntem özetle; sonlu elemanlar hesabı için oluşturulan sayısal modellerin farklı senaryolara göre bilgisayar ortamında analiz edilerek sonuçların fizibilite amacıyla kullanılmasıdır. İleriki çalışmalarda oluşturulacak sayısal modellerin, taşınacak yapıdan alınacak özgün malzeme örneklerinin laboratuvar ortamında analiz edilmesi ile elde edilecek malzeme özellikleri verilerine dayandırılması, yapının gerçek davranışına yakın sonuçlar elde edilmesi açısından önemlidir.
- Çalışmada hazırlanan sayısal model, yığma yapı malzemelerinin genel bir ilişki içerisinde, homojen özellikteki tek bir malzeme gibi davrandığı kabulüne dayanan; ‘makro model’ yaklaşımıyla hazırlanmıştır. Mimarlık alanında hazırlanan ve taşımaya ilişkin sürecin, özellikle mühendislik dışı disiplinler tarafından kolaylıkla anlaşılmasını hedefleyen çalışma için bu yaklaşımın, amaca yönelik yeterlilik ve nitelikte sonuçlar sağlayabildiği görülmüştür. İleriki çalışmalarda hazırlanacak sayısal modellerin ise, farklı yapı malzemelerini özgün fiziksel özellikleri ile temsil edecek ve yapıdaki; çatlak, örgü kaybı gibi hasarların da dikkate alınacağı ‘mikro model’ yaklaşımıyla modellenmesi, elde edilecek sonuçların hassasiyeti açısından fayda sağlayabilir.
- Ön proje kapsamında ele alınacak olası taşıma yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları, başta işin bütçesi olmak üzere, süreci etkileyen diğer faktörlerle birlikte değerlendirilerek uygulamanın bütününe yönelik kararlar verilmelidir.
- Mimari mirasın, taşıma sırasında kısmen hasar görmesi veya tamamen yitirilmesi ihtimaline karşı, taşıma öncesinde çağdaş yöntemlerle detaylı şekilde belgelenmesi gereklidir. Bünyesinde mevcutsa ve zarar verilmeden sökülmesi mümkünse; mozaik, yazıt, heykel vb. sanatsal değere sahip bileşenlerin, taşıma öncesinde yapıdan alınarak taşıma sonrasında özgün yerine monte edilmek üzere muhafaza edilmesi uygun olacaktır.

- Strüktürel açıdan sorunlu veya riskli yapıların, taşıma esnasında ve taşıma sonrası yeni yerine konumlandıktan sonra kurulacak özel sistemler ile makul bir süre yapısal izlemeye tabi tutulması, olası yapısal risklerin önceden tespit edilebilmesi açısından önemlidir.
- Kültür varlığı niteliğindeki tarihi yapı ve anıtların taşınması sırasında strüktürel bütünlüğün korunmasına yönelik gerçekleştirilecek ayrıntılı planlama ve tasarımlara ek olarak, çalışmanın; ‘5.4. Taşıma Senaryolarını Temsil Eden Sayısal Modellerin Analizi’ başlığında ele alınan ve taşıma işlemi sırasında meydana gelebilecek, önemsiz gibi görünen; dönme hareketi, hız değişimi, sarsıntı vb. olası etkilerden özellikle kaçınılmalı, bu etkileri önleyici tedbirler baştan planlanmalıdır.
- Strüktürel taşıma yöntemi ve uygulamasının, çerçevesi ulusal ve uluslararası bildirge, tüzük, yasa vb. düzenlemeler ile belirlenmiş mimari mirasın korunmasına yönelik evrensel ilkelere uygun şekilde planlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahunbay, Z. (2014). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon*. (Yedinci baskı). İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 8, 22-28, 38-58, 104, 105.
- Aköz H. (2008). *Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Güçlendirilmesi* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 6-28.
- Arık, M.O. (2001). Hasankeyf Kazı ve Kurtarma Projesi. N. Tuna, J. Öztürk ve J. Velibeyoğlu (Editörler). *Ilisu ve Karkamış Baraj Gölleri Altında Kalacak Arkeolojik Kültür Varlıklarını Koruma Projesi 1999 Yılı Araştırmaları*. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Tarihsel Çevre Araştırma Merkezi, 777-794.
- Arık, M.O. (2003) Hasankeyf, *Üç Dünyanın Buluştuğu Kent*. İstanbul: Türkiye İş Bankası, 2003, 86-90.
- Arun, G. (2005, 17 Şubat). *Yığma Kagir Yapı Davranışı*. Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayında sunuldu, Ankara.
- Avorio, A., Borri, A., Corradi, M. (2002). *Ricerche per la ricostruzione, Iniziative di carattere tecnico e scientifico a supporto della ricostruzione*. Regione Umbria, Roma: Tipografia Del Genio Civile.
- Avrupa Konseyi Genel Sekreterliği. (1985). *Avrupa Mimari Mirasın Korunması Sözleşmesi*, Granada.
- Bahtiyar, M. (1998). *Restorasyonda Strüktürel Sorunlar*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- BASF Türk Kimya Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi. (2007). Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi; BASF. *İstanbul*, 7-23.
- Bayülke, N. (1978). *Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar*. Ankara: İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- Bayülke, N. (1992). *Yığma Yapılar*. Ankara: T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü.
- Bayraktar, A. (2006). *Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metotları*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Bayülke, N. (2013). *Yığma Yapılar*. (Üçüncü baskı). Ankara: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği İnşaat Mühendisleri Odası, 5, 13-20, 33-61, 69-70, 71, 77, 80-117, 247-266.
- Beckmann, P., Bowles, R. (2004). *Structural Aspects of Building Conservation* (Second edition). Burlington MA: Elsevier Butterworth - Heinemann, 88-137.

- Berg, L. (1976). The Salvage Of The Abu Simbel Temples Concluding Report; VBB Vattenbyggnadsbyran. *Stockholm*, 25-56.
- Binda, L., Saisi, A., de Vent, I. A. E. (2010). Structural Damage in Masonry, Description and Interpretation. of Crack Patterns as Basis for Finding the Damage Causes. *Restoration of Buildings and Monuments=Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege*, 16(2), 77-98.
- Burat, O. (1971). *Baysungur Mosque in Pertek*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Can, H., Ünay, A.İ. (2012). Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1), 211-217.
- Croci, G. (1998). *The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*. Southampton, UK: Computation Mechanics Publications, 47-51, 54-63, 89-95, 200-201, 199-214.
- Çamlıbel, N. (2000). *Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Çavuş, M. (2009, 15-17 Ekim). *Tarihi Yapıların Çelik Malzemeyle Restorasyonunun Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Strüktürel Açidan İncelenmesi*. 2. Uluslararası Katılımlı Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumunda sunuldu, Diyarbakır.
- Çelebi, R. (2001). *Yapı Bilgisi*. İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Çöğür, M.T. (2007). *Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dabanlı, Ö. (2008). *Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- D'ayala, D. (2007). Numerical modeling of masonry structures. In M. Forsyth (Eds.), *Structures and Construction in Historic Building Conservation*. Oxford: Blackwell Publishing, 151-173.
- Demirtaş, N. (2011). *Antalya Myra Antik Kenti Myra Tiyatrosu Rölöve Restitüsyon Restorasyon Projesi*; T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Antalya Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü. Antalya.
- Demirtaş, N. (2011). *Trabzon Merkez Alacahan Rölöve Restorasyon Statik Makine ve Elektrik Projeleri*; T.C. Trabzon Valiliği, Trabzon İl Özel İdaresi, Trabzon.
- Demirtaş, N. (2013). *Edirne İli Uzunköprü İlçesi Tarihi Uzunköprü Rölöve Restitüsyon Restorasyon Projeleri ile Mühendislik Hizmetleri*; T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü. İstanbul.

- Demirtaş, N. (2018). *Hasankeyf'te Bulunan Anıt Eserlerin Taşıma ve Koruma Proje Yapımı*; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Fischetti, D.C. (2009). *Structural Investigation of Historic Building*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc., 181-206.
- Hasol, D. (2002). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. (Sekizinci baskı). İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 280.
- Hersek C.M. (2001) Ülkemizde Doğal ve Kültürel Mirasımızı Korumak Üzere Oluşturulmuş Kamu Kurumları ile Gönüllü Sivil Toplum Kuruluşlarının Organizasyon, Yetki ve Sorunları Hakkında Çözüm Önerileri., H. Sezgin (Editör). *Taç Vakfı'nın 25. Yılı Anısına: Türkiye'deki Risk Altında Bulunan Doğal ve Kültürel Miras*. İstanbul. Türkiye Anıt ve Çevre Turizm Değerlerini Koruma Vakfı, 231-236.
- Huerta, S. (2001). Mechanics of masonry vaults: The equilibrium approach. In P.B. Lourenço and P. Roca (Eds.), *Historical Constructions. Possibilities of numerical and experimental techniques*. Guimaraes, Portugal: Universidade do Minho, 47-69.
- Hutton, D.V. (2004). *Fundamentals of Finite Element Analysis*. New York: The Mc-Graw Hill Companies Inc., 1-19.
- Gabriel, A. (2014). *Şarki Türkiye'de Arkeolojik Geziler*. (Çev. İ. Çetin). Ankara: Dipnot Yayınları. (Eserin orijinali 1940'da yayımlandı), 67-69, 71-71, 77, 84, 345.
- Gregory, J. (2008). Reconsidering Relocated Buildings: ICOMOS, Authenticity and Mass Relocation. *International Journal of Heritage Studies*, 14(2), 112-130.
- Gurrieri, F. (1999). *Manuale per la Riabilitazione e la Ricostruzione Postsismica Degli Edifici, Regione dell'Umbria*. Roma: DEI Tipografia del Genio Civile.
- International Council on Monuments and Sites. (1964). *International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter)*. IInd International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Venice.
- International Council on Monuments and Sites. (1999). *Charter on the Built Vernacular Heritage*, Mexico.
- International Council on Monuments and Sites. (1999). *The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance*. Burra, Australia.
- International Council on Monuments and Sites. (2003). *Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*, Victoria Falls, Zimbabwe.
- İnternet: Atatürk Müze ve Evleri, Yalova Yürüyen Köşk. 2017-06-09. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.isteaturk.com%2Fhaber%2F3973%2Fyalova-yuruyen-kosk&date=2017-06-09>. Son erişim tarihi: 2017-06-09.

İnternet: Bülent Günel. Atatürk'ün çok özel fotoğrafları müzayedeye çıkıyor. 2017-06-09. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ensonhaber.com%2Fgaleri%2Ffataturkun-cok-ozel-fotograflari-muzayedeyecikiyor%232&date=2017-06-09>. Son erişim tarihi: 09.06.2017.

İnternet: Disson, Sian. On themove in Switzerland. 2017-06-04. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.worldarchitecturenews.com%2Fproject%2F2012%2F19843%2Fwan-editorial%2Fmaschinenfabrik-oerlikon-in-zurich.html&date=2017-06-04>. Son erişim tarihi: 04.06.2017.

İnternet: Jorge Matude Remus URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ffalchetr.com%2FJorgeMatute-Remus-1373818-W&date=2017-06-04>. Son erişim tarihi: 04.06.2017.

İnternet: New integrated knowledge based approaches to the protection of cultural heritage from earthquake-induced risk. 2017-11-28. URL: <http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.niker.eu%2Fdownloads%2F+&date=2017-11-28>. Son erişim tarihi: 28.11.2017.

İnternet: Omni Calculator, URL: <https://www.omnicalculator.com/physics/car-crash-force>, Son erişim tarihi: 10.08.2019.

İnternet: Sismik İzolatörler, URL: <http://www.webcitation.org/?url=http%3A%2F%2Fwww.sismikhaber.org&date=2017-12-09>. Son erişim tarihi: 2017-12-09.

İztek Anonim Şirketi. (2010), *İzmir İli, Bergama İlçesi, Paşa Ilıcası Mevkii, Yortanlı Baraj Gölü Alanında Yer Alan Alliano (?) Termal Yerleşmesi Koruma Projesi*; Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. İzmir.

Kaba Mimarlık Limited Şirketi. (2008). *Batman Hasankeyf Orta Kapı Restitüsyon Restorasyon Acil Önlem ve Takviye Projesi*; T.C. Batman Valiliği İl Özel İdaresi, Batman.

Kapps, H. (2011). Securing Cargo in Road Transport, Who Knows the Truth?; Transport Information Service. *Bremen, Germany*, 1-34.

Kara, H.G. (2009). *Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı ve Güçlendirilmesi*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kılıcı, A. (1987). Hasankeyf Vakıf Eserleri. *Vakıf Haftası Dergisi*, 5, 159–188.

Korres, M. (2015). Anıt Yapıların Taşınması, Tarihçesi ve Temel İlkeler; Nuran Demirtaş R11. *Ankara*, 83-100.

Küçükdoğan, B. (2009, 15-17 Ekim). *A Study on Strengthening and Repair Methods for Historical Masonry Constructions*, Uluslararası Katılımlı Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumunda sunuldu, Diyarbakır.

- Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu. (1999). *Baraj Alanlarından Etkilenen Taşınmaz Kültür Varlıklarının Korunmasına İlişkin (36 Sayılı) İlke Kararı*, Ankara.
- Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu. (1999). *Taşınmaz Kültür Varlıklarının Gruplandırılması, Bakım ve Onarımları (660 Sayılı İlke Kararı)*, Ankara.
- Lourenço, P.B. (1998). Experimental and numerical issues in the modelling of the mechanical behaviour of masonry. In P. Roca, J. L. Gonzalez, E. Onate y, P. B. Lourenço (Eds.), *Structural Analysis of Historical Constructions II*. Barcelona: CIMNE, 57-91.
- Lourenço, P.B. (2002). Computations on Historic Masonry Structures. *Progress in Structural Engineering Materials*, 4, 301-319.
- Lourenço, P.B., Pereira, J.M. (2018). Seismic Retrofitting Project: Recommendations for Advanced Modeling of Historic Earthen Sites; The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1-77.
- Madran, E., Özgönül, N. (2005). *Kültürel ve Doğal Değerlerin Korunması*. Ankara: TMMOB Mimarlar Odası, 9, 39-48, 61-75.
- Madran, E., Tağmat, T.S. (2007). *Kültürel ve Doğal Miras Uluslararası Kurumlar ve Belgeler*. Ankara: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Mimarlar Odası, 1-3.
- Mahrebel, H.A. (2006). *Tarihi Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mainstone, R. (1997). Structural Analysis, Strcutural Insights, and Historical Interpretation. *The Journal of the Society of Architectural Historians*, 56(3), 316-340.
- Mannoni, T. (1994). *Caratteri Costruttivi Dell'edilizia Storica*. (Üçüncü baskı). Cenova: Escum.
- Marques, R., Lourenço, P.B. (2014). Unreinforced and Confined Masonry Buildings in Seismic Regions: Validation of Macro-Element Models and Cost Analysis. *Engineering Structures*, 64, 52-67.
- Masciotta, M.G., Roque, J.C.A., Ramos, L.F., and Lourenço, P.B. (2016, July). A Multidisciplinary Approach to Assess the Health State of Heritage Structures: The Case Study of the Church of Monastery of Jeronimos in Lisbon. *Construction and Building Materials*, 169-187.
- Milani, G., Fedele R., Lourenço P., and Basilio I. (2014, 14-17 October). *Experimental and Numerical FE Analyses of Curved Masonry Prisms and Arches Reinforced with FRP Materials*. Paper presented at the 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, Mexico City, Mexico.
- Oğuzmert, M. (2002). *Dynamic Behaviour of Masonry Minarets*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Restorasyon Bölümü. (1967). *Doomed By The Dam*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi, 14-15.
- Özen, G.Ö. (2006). *Comparison of Elastic and Inelastic Behavior of Historic Masonry Structures at the Low Load Levels*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özmen C., Akan A.E, and Ünay A.İ. (2011, May). Analysis of a Historic Masonry Building. *Gradevinar*, 449-458.
- Parlak, L. (2003). *Yukarı Fırat'ta Tarihi Eserler*. Elazığ: Şark Pazarlama.
- Roca, P., Cervera, M., Gariup, G., and Pela, L. (2010, July). Structural analysis of masonry historical construction; Classical and advanced approaches. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 299-325.
- SAP2000 Manuel. (2005). *Integrated structural analysis and design software*. Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Saraç, M.M. (2003). *Tarihi Yığma Kagir Yapıların Güçlendirilmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Schuller, M.P., Atkinson, R.H., and Noland, J. L. (2009). Structural Evaluation of Historic Masonry Buildings. *Association for Preservation Technology International*, 26(2-3), 51-61.
- Sesigür, H., Çelik, O.C., ve Çılı, F. (2007, Nisan). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme. *İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülteni*, 10-21.
- Shemdin, G. (1969). *The Mosque of Çelebi Bin Ali Bey*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Soyluk, A., Harmankaya Z.Y. (2010, 20-24 October). *Reinforcement of Historical Structures with Seismic Base Isolator Technology: The Case of Dolmabahçe Clock Tower*. Paper presented at the World Universities Congress, Çanakkale.
- Stevenson, D. (1839). Über das Fortbewegen von Häuser in Nordamerika. *Allgemeine Bauzeitung*, 74, 345-349.
- Şenel, M.Ş. (1996). *Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Üç Boyutlu Yapı Analizi Yapan Bir Bilgisayar Programı*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Şener, İ.N. (2004). *Tarihi Yığma Yapıların Başka Bir Yere Taşınması Üzerine Bir Yöntem ve Yöntemin Yapısal Analizi: Hasankeyf'te Örnek Bir Uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Türker, B. (2010). *Tarihi Yiğma Yapıların Yapısal Davranışının Araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2004). Deprem Şurası Komisyon Raporları; Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. *İstanbul*.
- Türkiye Cumhuriyeti Kültür ve Turizm Bakanlığı. (1983). *2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1977). *TS2514 Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları*, Ankara.
- Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi Türkiye Milli Komitesi. (2013). *Mimari Mirası Koruma Bildirgesi*, Türkiye.
- Ünay, A.İ. (1997). *Tarihi Yapıların Güvenlik Faktörlerinin Değerlendirilmesi İçin Bir Metot*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ünay, A.İ. (2002). *Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı*. Ankara: Orta Doğu teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, 27, 39, 49-51, 116.
- Ünay, A.İ. (2007). Evaluation of the Structural Safety of Historical Masonry Buildings. *Architectural Science Review*, 50(1), 26-30.
- Vintzileou, E., Zagotsis, A., Repapis, C., and Zeris, Ch. (2007, January). Seismic behaviour of the historical structural system of the island of Lefkada, Greec. *Construction and Building Materials*, 225-236.
- Yavaşcan E.E, Urak Z.G. (2019). Tarihsel Katmanlaşmanın Belgelenmesi, Doğal ve Fiziksel Değerlerin Koruma Bağlamında Değerlendirilmesi: Kapadokya Bölgesi, Niğde İli Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1204-1228.
- Yergün, U. (2002). *Batılılaşma Dönemi Mimarisinde Yapım Teknolojisindeki Değişim ve Gelişim*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, P. (2006). *Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi'*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Yurttaş, H. (2002). Hasankeyf'te Artuklu, Eyyübi, Akkoyunlu ve Osmanlı Dönemi Mimari Eserleri. H.C. Güzel, K. Çiçek ve S. Koca (Editörler). *Türkler*. Ankara. Yeni Türkiye Yayınları, 164-189.
- Zakar, L., Eyüpgiller, K.K. (2015). *Mimari Restorasyon Koruma Teknik ve Yöntemleri*. İstanbul: Ömür Matbaacılık A.Ş., 57, 59, 65, 68, 74-75, 84, 86, 88.

Zengin, B. (2001). *Hasankeyf Tarihi ve Tarihi Eserleri*. (İkinci baskı). İstanbul: Damaha Turizm Limited Şirketi, 137, 150, 172-173.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : YAZGAN İlhan Okan
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 19.01.1977, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (532) 254 49 00
 Faks : 0 (312) 418 98 13
 e-mail : ilhanokanyazgan@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2004
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2000
Lise	Özel Arı Fen Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-Halen	Okyanus Mühendislik ve İnşaat A.Ş.	Proje Müdürü
2005-2009	Yüce Özel Eğitim ve Kültürel Hizmetler A.Ş.	İşletme Müdürü
2000-2004	Kuzgun Dekorasyon ve Emlak Müşavirliği	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Yayınlar

1. Yazgan İ.O., Ünay A.İ. (2019). Bursa, Yenişehir Sinan Paşa Külliyesi İmaratinin Sayısal Modellenmesi ve Yapısal Analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1193-1203.

Hobiler

Arkeoloji, Opera ve Bale, Müzik, Seyahat, Müze ve Ören Yeri Ziyareti



GAZİ GELECEKTİR..