

İTÜ



Proje No: 62

T.C.
İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
REKTÖRLÜĞÜ

AFET YÖNETİMİ
ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

İSTANBUL İLİ, ÜSKÜDAR İLÇESİ, 20 PAFTA,
369 ADA, 1 PARSEL SAYILI YERDE BULUNAN

KIZ KULESİ'nin

**TAŞIYICI SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU,
ONARIM, İYİLEŞTİRME VE YENİLEME
ÖNERİLERİ HAKKINDA**

TEKNİK RAPOR



İTÜ Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği Kapsamında Hazırlanmıştır

Dr. Haluk SESİGÜR
İnş. Yük. Müh.

Prof. Dr. FERİDUN ÇILI
İnş. Yük. Müh.

İ.T.Ü.	
AFET YÖNETİMİ ENS. MD.	
Tarih	: 18.02.2022
Kayıt No:	62

ŞUBAT 2022

**İSTANBUL İLİ, ÜSKÜDAR İLÇESİ, 20 PAFTA,
369 ADA, 1 PARSEL SAYILI YERDE BULUNAN**

KIZ KULESİ'nin

**TAŞIYICI SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU, ONARIM,
İYİLEŞTİRME VE YENİLEME ÖNERİLERİ HAKKINDA**

TEKNİK RAPOR

(İ.T.Ü. Döner Sermaye İşletmeleri Yönetmeliği Kapsamında Hazırlanmıştır)

1. KONU

IRAS Yapı Organizasyon A.Ş. tarafından İ.T.Ü. Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü Müdürlüğü'ne yapılan 07.02.2022 tarihli başvuruyla, İstanbul İli, Üsküdar İlçesi, 20 Pafta, 369 Ada, 1 Parsel sayılı yerde bulunan Kız Kulesi'nin taşıyıcı sisteminin mevcut durumunun incelenmesi, onarım, iyileştirme ve yenileme seçeneklerinin değerlendirilmesi istenmektedir.

Bu çalışma, İstanbul Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü tarafından hazırlanan rölöve ve yerinde yapılan inceleme sonuçları esas alınarak hazırlanmıştır.



2. YAPININ TAŞIYICI SİSTEMİ

Kız kulesi, planda yaklaşık olarak 22.00m x 18.30m'lik bir alana oturan, 7.20m x 7.20m plan ölçülerindeki kule kısmı ile 18.65m x 5.30m plan ölçülerinde ve kulenin doğu cephesine bitişik olarak konumlandırılmış tek katlı bir bina ve avludan oluşmaktadır, Şekil 1~14, Foto 1,2,3,4. Kız kulesinin taşıyıcı sistemiyle ilgili tarihsel veriler üzerinde yapılan araştırmalardan elde edilen bilgilere göre binanın ahşap iskeletli taşıyıcı sistemi ile kulenin yaklaşık olarak +15.00 kotu üstünde kalan bölümünün, 1944 yılında, betonarme iskeletli olarak yenilendiği belirlenmiştir.

2.1.Kule Yapısı

Planda yaklaşık olarak kare şeklindeki kule yapısı 7.20m x 7.20m plan ölçülerinde olup taşıyıcı sistemi +15.20 kotuna kadar moloz taş yığma kargir, bu kotun üzerinde betonarme iskeletlidir. Yapının betonarme iskeletli bölümünde cephe duvarlarında tuğla kullanılmıştır. Kule duvarlarının kalınlıkları, +0.77 kotundaki zemin kat, +3.67 kotu, +6.56 kotu, +9.41 kotu ve +12.23 kotu düzeylerinde sırasıyla doğu cephesinde 1.90m, 1.79m, 1.70m, 1.05m, 0.84m, güney cephesinde 2.10m, 1.84m, 1.00m, 1.00m, 0.87m, batı cephesinde 1.10m, 0.88m, 0.95m, 0.87m, 0.87m, kuzey cephesinde 2.00m, 1.80m, 1.39m, 0.90m, 0.82m olarak değişmektedir. Kule üst kotu +25.10, bayrak direği üst kotu +38.11 olup +6.56, +9.41,

+12.23 kotlarında betonarme plaklı çelik kirişli döşemeler düzenlenmiştir, Foto 15,16. Döşemelerde çelik profiller NPI140 en kesitli olarak seçilmiş ve 50cm ~ 60cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Çelik profillerin üzerinde 10cm kalınlığında betonarme plak düzenlenmiştir. Bu döşeme sistemi duvarlara yaklaşık 5cm ~ 10cm sokularak mesnetlendirilmiştir. Kulenin +15.35 ve +19.67 kotlarında betonarme döşemeler düzenlenmiştir. Döşeme kalınlıkları $h_f = 8\sim 10$ cm mertebesindedir, Foto 6,7,8. Yapının katları arasında, mevcut durumda taşıyıcılığı tartışmalı, dökme mozaik ile oluşturulmuş konsol prekast basamaklarla düzenlenmiş bir merdiveni bulunmaktadır, Foto 17. +15.00 kotu üzerinde pencere boşlukları arasında 30cm x 60cm en kesit ölçülerinde betonarme kolonlar düzenlenmiş olup, bu kolonlar 30cm / 50cm enkesit ölçülerindeki kirişler ile çerçeve oluşturmaktadır, Foto 12,13. Kulenin +15.35 ve +38.11 kotları arasındaki bayrak direği, bir kenarı 22cm olan sekizgen şeklinde düzenlenmiştir, Foto 12. Bayrak direği +25.10 kotundan itibaren konsol şeklinde çalışmaktadır. Kolonların yığma kargir duvarlara mesnetlendiği kotta genişliği 60cm, yüksekliği 30cm olan betonarme bir hatıl sistemi düzenlendiği belirlenmiştir, Foto 10,14.

2.2.Kule Doğu Cephesine Bitişik Bina

Kule yapısı doğu cephesine bitişik olan tek katlı bina 18.65m

x 5.30m plan ölçülerinde ve betonarme iskeletlidir, Şekil 10, Foto 3,4. Bu binanın özgününde ahşap iskeletli olabileceği düşünülmektedir. Yapıda kat yüksekliği 3.85m, duvar kalınlıkları 30cm'dir.

2.3.Kule Avlu Duvarları

Avluyu çevreleyen duvarlar +6.84 ~ +6.95 kotuna kadar çıkmaktadır. Moloz taş yığma kargir duvarların kalınlıkları 140cm ~ 150cm mertebesindedir, Şekil 12,14, Foto 1,5.

3.YAPI TAŞIYICI SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU ONARIM ve İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

Kız Kulesi'nde yapılan incelemeler sonucunda restorasyona esas olacak genel ilkeler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

3.1.Genel İlkeler

Kız Kulesi yapısında onarım, iyileştirme ve restorasyon uygulamasının aşağıdaki ilkeler doğrultusunda yapılması önerilir.

- Yapısal çatlaklardan genişliği 1cm'ye kadar olan kılcal olanlarla genişliği 4cm'ye kadar olan orta genişlikte olanların, yapının mevcut harcına benzer özelliklerdeki bir harcın 1 bar ~ 2 bar gibi düşük basınç altında enjeksiyonu ile, Şekil 16, genişliği 4cm'den fazla olan çatlakların etrafının çürütülerek mevcut taş / tuğla ile benzer özelliklerdeki taş / tuğla ile dikiş örgü tekniğiyle örülerek onarılması önerilir, Şekil 17.

- Yüzey bozulması gözlenen taşlarda bozulma derinliğinin 8cm'e kadar olması durumunda olduğu gibi bırakılması, 8~15cm arasında olması durumunda plastik onarım yapılması, 15cm'den fazla olması durumunda ise mevcut taşın fiziksel, mekanik ve petrografik özellikleri ile benzer özellikteki bir taş ile yenilenmesi, yüzey bozulması gözlenen tuğlalarda bozulmanın derinliğinin 5cm'ye kadar olması durumunda olduğu gibi bırakılması 5~10cm arasında olması durumunda plastik onarım yapılması, 10cm'den fazla olması durumunda ise mevcut tuğlanın fiziksel ve mekanik özelliklerine benzer özellikteki tuğla ile yenilenmesi önerilir.

3.2. İyileştirme Önerileri

- Yapı üzerindeki tüm çimento esaslı onarımların ve betonarme imalatların sökülmesi önerilir. Söküm işlemi taş ve tuğlaya zarar vermeyecek yöntemlerle gerçekleştirilmelidir. Kız Kulesi avlusunu örten ahşap + çelik çatı sisteminin yapıda hiçbir hasar olmayacak şekilde özenle sökülmesi, dendanlar üzerindeki betonarme hatılın, Foto 5, uygun boylarda kesilerek yapıdan uzaklaştırılması önerilir.
- Duvarlarda yer yer derz boşalmaları gözlenmiş olup, boşlukların derzlerdeki harcın kalitesine benzer özelliklerdeki malzemenin 1~2 bar gibi düşük basınç altında enjeksiyonuyla onarılması önerilir.

- Duvarlarda önceki restorasyonlarda uygulanmış olan çatlak onarımlarının sökülmesi ve çatlak onarımlarının, Bölüm 3.1'de verilen ilkeler doğrultusunda yenilenmesi önerilir. Yapının güney cephesinde kule ile sur duvarı birleşiminde düşeyde bir çatlak gözlenmiştir. Kule duvarları ile sur duvarının bütünleşik olmaması nedeniyle derz oluşumundan kaynaklanan bir ayrılma çatlağı oluşmuştur, Foto 1. Bu tür çatlakların olduğu bölgelerde derz detayı düzenlemesi yaklaşımıyla onarım yapılması uygun olacaktır.
- Kız Kulesi'nin özgün durumunda ahşap döşemelerinin olduğu bilinmekte olup mevcuttaki betonarme plaklı çelik kirişli, Foto 15,16, döşeme sisteminin yerine ahşap döşeme sistemi oluşturulması, cephe duvarlarının düzlem dışı davranışlarını iyileştirmek amacıyla belirtilen kotlarda paslanmaz çelik gergilerin düzenlenmesi önerilir, Şekil 15. Mevcut durumda taşıyıcılığı tartışmalı, basamakları prekast dökme mozaik ile oluşturulmuş konsol merdivenin, Foto 17, yapıda hasar oluşmayacak şekilde sökülerek yerine ahşap iskeletli bir merdiven yapılması uygun olacaktır.
- Yığma duvarların özellikle düzlem dışı davranışlarını iyileştiren bir yapısal eleman da hatıllardır. Duvarlar yapım tekniği açısından değerlendirildiğinde, duvar boyunca iç ve dış cidar yüzeyine yakın ahşap hatıllar düzenlenmiş, bu hatıllar da enine elemanlar ile birbirlerine bağlanarak duvarların iç ve dış cidarlarının düzlem dışına

olan davranışında bütünlük sağlanması mümkün olmuştur. Zaman içinde özelliğini kaybeden ve yok olan ahşap hatılların yenilenmesi duvarların deprem güvenliğini de artıracaktır. Ancak duvarların hangi bölgelerindeki ahşap hatılların sağlıklı, hangi bölgelerinde yok olduğunu tespit etmek mümkün değildir. Bu durumda öncelikle belirlenebilen ve açıkta olan hatıl boşluklarına, Foto 18, özgün ölçülerine yakın en kesit ölçülerinde yeni ahşap hatılların yerleştirilmesi ve bu boşlukların yeni ahşap hatıllar ile Şekil 22'de verilen detay doğrultusunda mümkün olduğunca tamamlanması önerilir.

- Kız Kulesi temel sistemi ile ilgili bilgi edinmek amacıyla araştırma çukuru açılmış ancak detaylı bir bilgi edinilememiştir. Bununla birlikte kule cephe duvarlarında ve avluyu çevreleyen duvarlarda zeminden kaynaklanan bir hasar oluşumu gözlenmemiş, bu nedenle temel sistemi ile ilgili bir iyileştirme önerisi geliştirilmemiştir.
- Kız Kulesinin +15.00 kotu üzerinde kalan bölümünün 1944 yılında betonarme iskeletli olarak yeniden inşa edildiği bilinmektedir. Yerinde yapılan incelemeler sonucunda betonarme elemanlarda korozyon, Foto 10,11,12,13,14, enine donatı yetersizliği, beton karışımının kabul edilebilir düzeyde olmayışı, betonun granülometrisi kötü olduğundan segregasyon oluşumu gözlenmiş olup beton kalitesini belirlemek amacıyla birkaç elemandan alınan karot örnekleri

üzerinde yapılan deneylerde basınç dayanımlarının $f_c < 11\text{Mpa}$ mertebesinde olduğu anlaşılmıştır. Yığma yapıların deprem yükleri etkisi altındaki davranışı, betonarme iskeletli yapıların davranışına göre oldukça farklıdır. Taşıyıcı sistemi ve malzemesi düşeyde sürekli olmayan yapıların deprem yükleri altındaki davranışı tartışmalıdır. Tasarım felsefesi açısından yığma bir yapının belli bir kottan itibaren betonarme iskeletli bir yapı ile sürdürülmesi uygun değildir. Yapıların taşıyıcı sistemlerinin oluşturulmasındaki temel ilkeye uygun olarak kulenin betonarme olarak sonradan inşa edilen bölümünün sökülmesi ve bu bölümün ahşap iskeletli ve tuğla yığma duvarlı olarak yenilenmesi önerilir. Kuleye bitişik olarak betonarme iskeletli olarak inşa edilmiş yapının da sökülerek ahşap iskeletli ve tuğla duvarlı olarak yenilenmesi uygun olacaktır. Kulenin mevcut durumu ile önerilen iyileştirilmiş durumuna ait yatay yük taşıma kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla yapı üç boyutlu sonlu elemanlar kullanılarak SAP2000 yazılımı ile modellenmiş, kulenin mevcut durumu ve iyileştirilmiş durumuna ait doğal titreşim periyotları sırasıyla $T_1=0.40\text{s}$, $T_1=0.30\text{s}$ olarak hesaplanmıştır, Şekil 18,19. Yapının deprem kuvvetleri etkisi altında davranışının belirlenebilmesi amacıyla doğrusal olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiş, kapasite eğrileri, taban kesme kuvvetinin yapının toplam ağırlığına

oranı şeklinde tanımlanan yatay yük parametresi ve +25.10 kotundaki kule tepe noktasının yatay yer-değiştirme (Δ) ilişkisi esas alınarak x doğrultusu için, Şekil 20 ve y doğrultusu için, Şekil 21, verilmiştir. Grafiklerden, iyileştirilmiş ya da özgününe uygun olarak restore edilmiş kulenin kapasitesinin mevcut durumdaki kulenin kapasitesinden %15 ~ %33 mertebesinde daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Kız Kulesi taşıyıcı sistemi iyileştirme projesinin hazırlanması aşamasında duvarlardaki hatıl boşluklarının onarımı, duvarlardaki boşlukların enjeksiyon yöntemi ile onarılması, gergi sistemi oluşturulması gibi önerilerin modele eklenmesi ile yapının yatay yük taşıma kapasitesinin daha da artmasının mümkün olabileceği düşünülmektedir.

- 2000 yılındaki restorasyon sırasında kule cephelerinde çelik elemanlar ile bir güçlendirme sistemi oluşturulmuştur, Şekil 11,12,13,14, Foto 1,2. Bu sistemdeki çekme elemanları manşonlu olarak düzenlenmemiş olduğundan mevcut durumda gergin ya da başka bir deyişle yük taşımadığı saptanmıştır. Birleşimleri de özensiz olarak yapılmış olan bu sistemin kule duvarlarının stabilitesini artıran bir etkinliğinin olmadığı belirlenmiş olup, sökülmesi, kulenin en az üç kotunda paslanmaz çelik elemanlar ile gergi düzenlenmesi, Şekil 15, önerilir. Bu gergi sisteminin

yapının güçlendirme / iyileştirme projesi kapsamında ele alınması ve detaylandırılması uygun olacaktır.

4 . SONUÇ

İstanbul ili, Üsküdar İlçesi, 20 Pafta, 369 Ada, 1 Parsel sayılı yerde bulunan Kız Kulesi'nin taşıyıcı sisteminin mevcut durumu incelenmiş, önceki bölümde onarım, iyileştirme ve yenileme önerileri verilmiştir. Bu durumda 1944 yılında betonarmeye dönüştürülmüş olan kule üst bölümü ile kulenin doğu cephesine bitişik olan betonarme binanın sökülmesi ve yerlerinin, taşıyıcı sistemin özgününe uygun şekilde, yağma ve ahşap iskeletli olarak tamamlanması uygun bir yaklaşım olacaktır. Kule üst bölümü ile bitişik binanın yenilenmesi amacıyla hazırlanacak olan projenin, tarihi yapıların onarımı ve güçlendirilmesinde deneyimli ekiplerce hazırlanması, restorasyon uygulamasında her türlü güvenlik önleminin alınması önerilir, 15.02.2022.

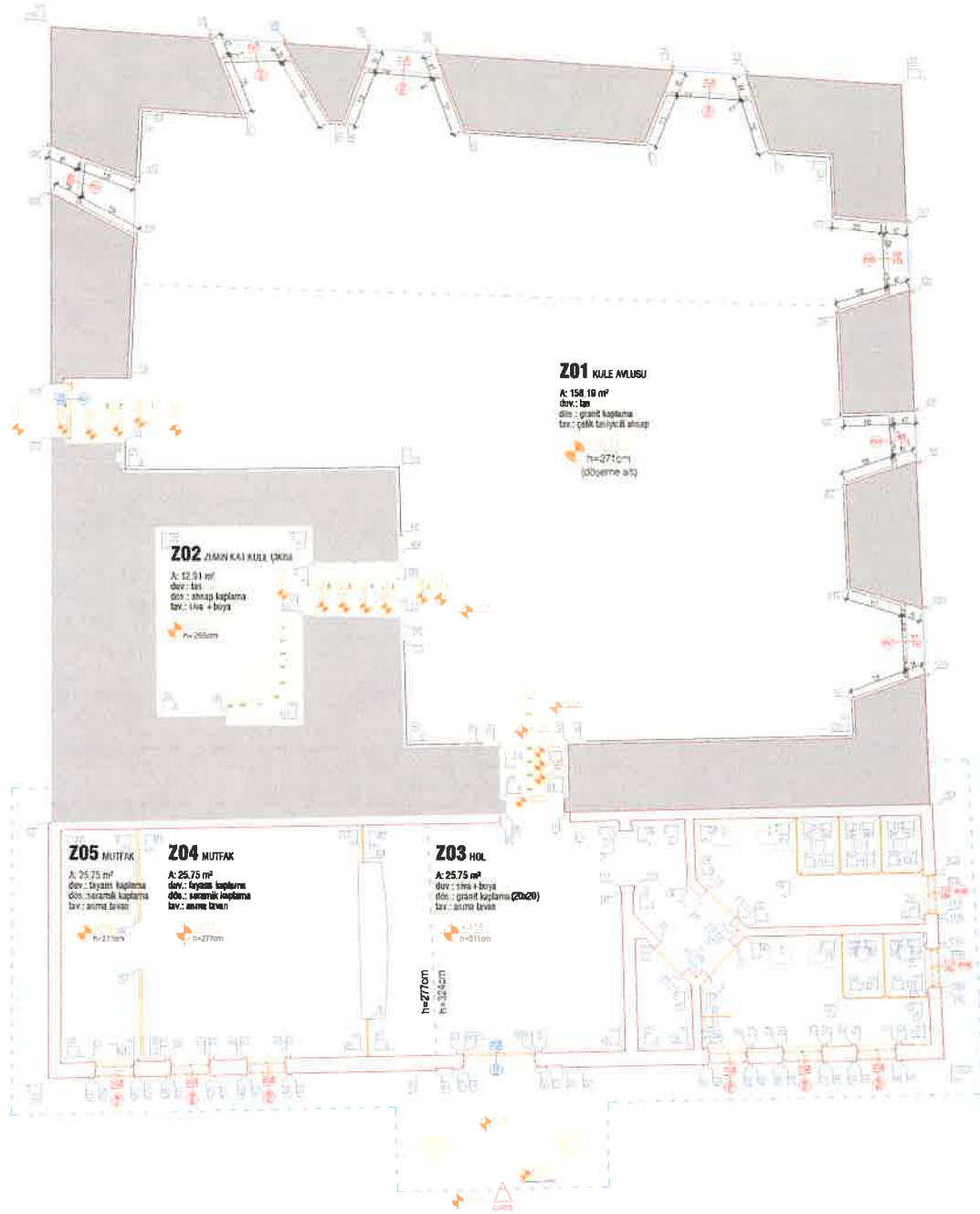


Dr. Haluk SESİGÜR
İnş. Y. Müh.



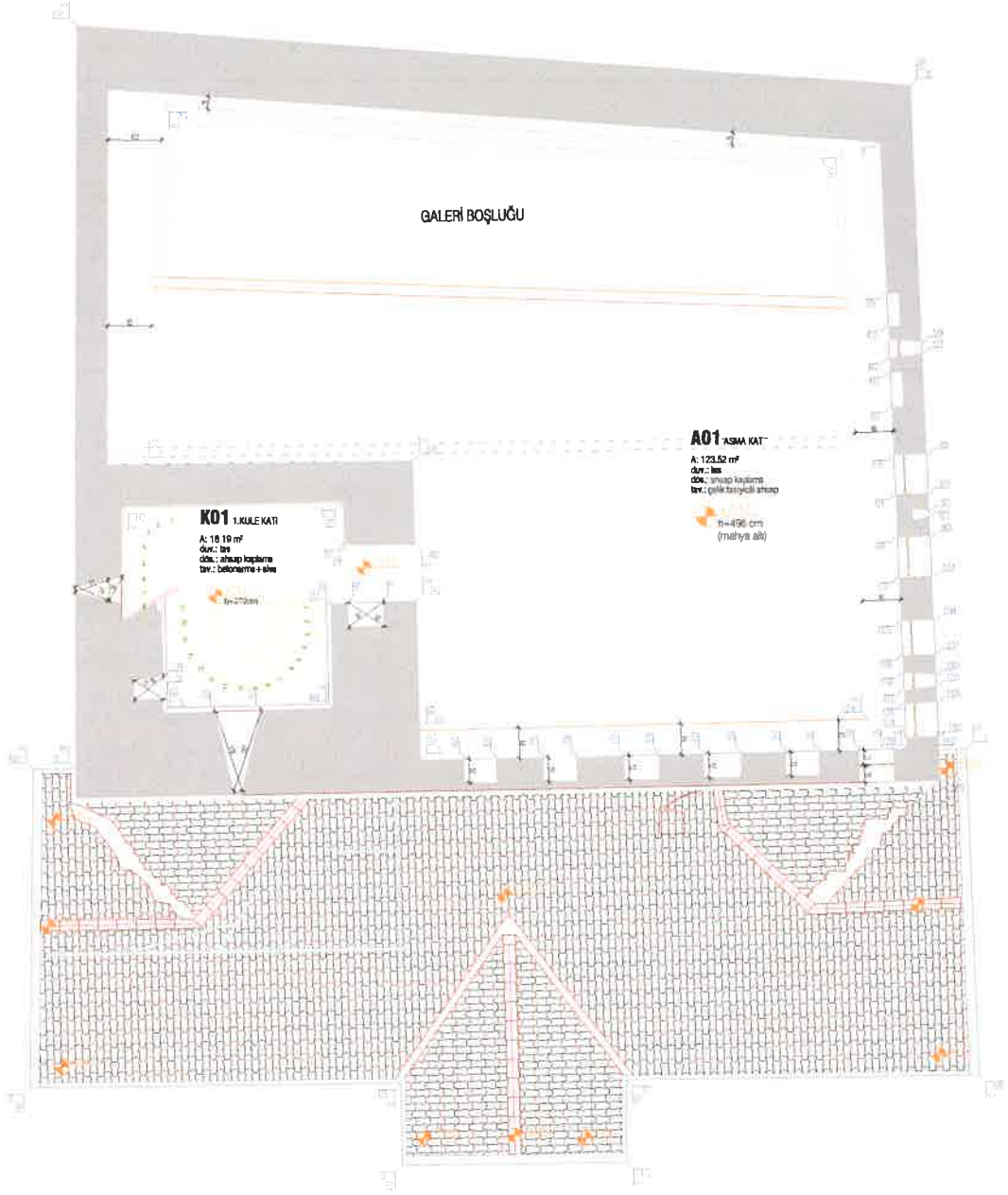
Prof. Dr. FERİDUN ÇILI
İnş. Yük. Müh.



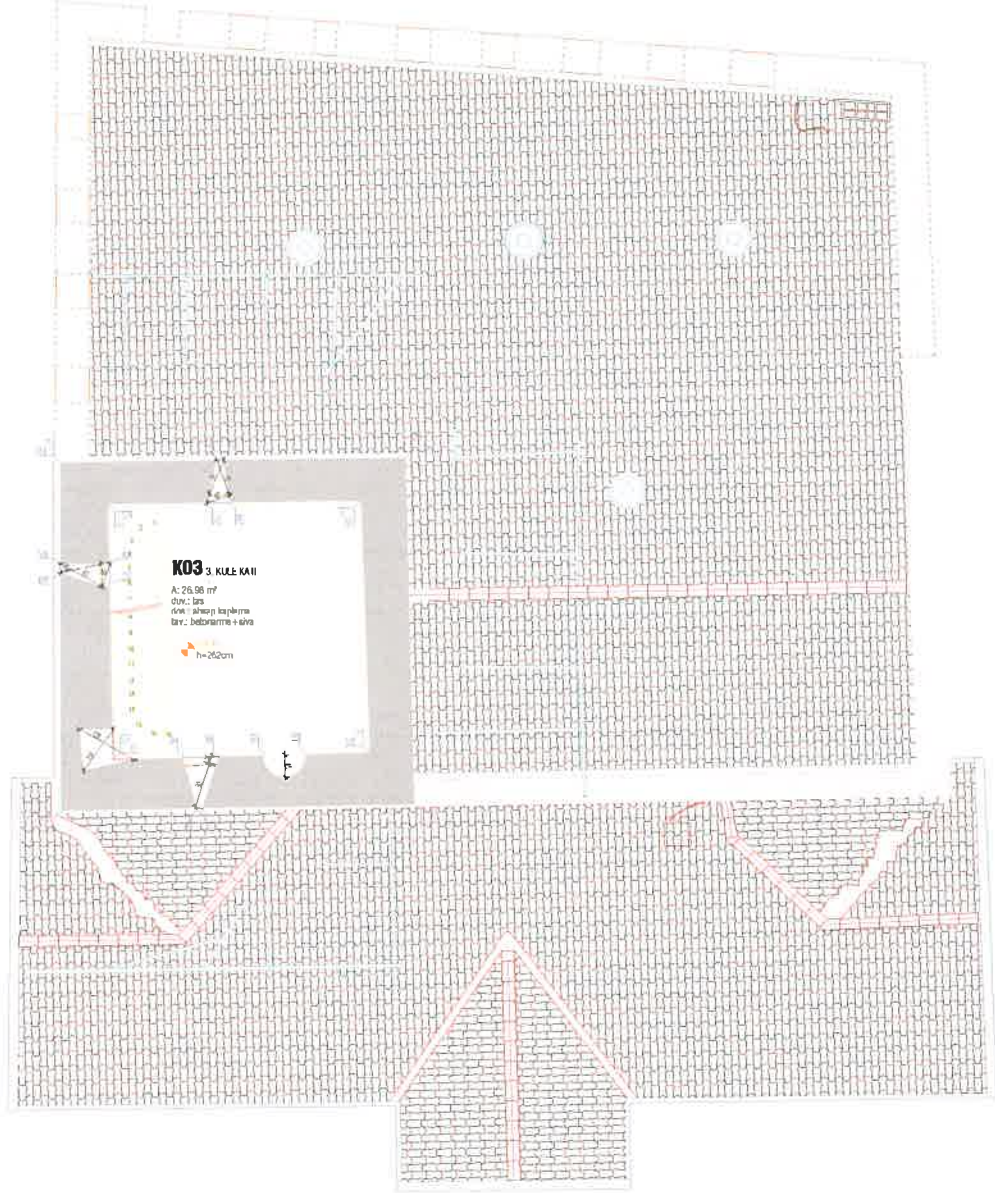


Şekil 1. +0.77 Kotu Planı

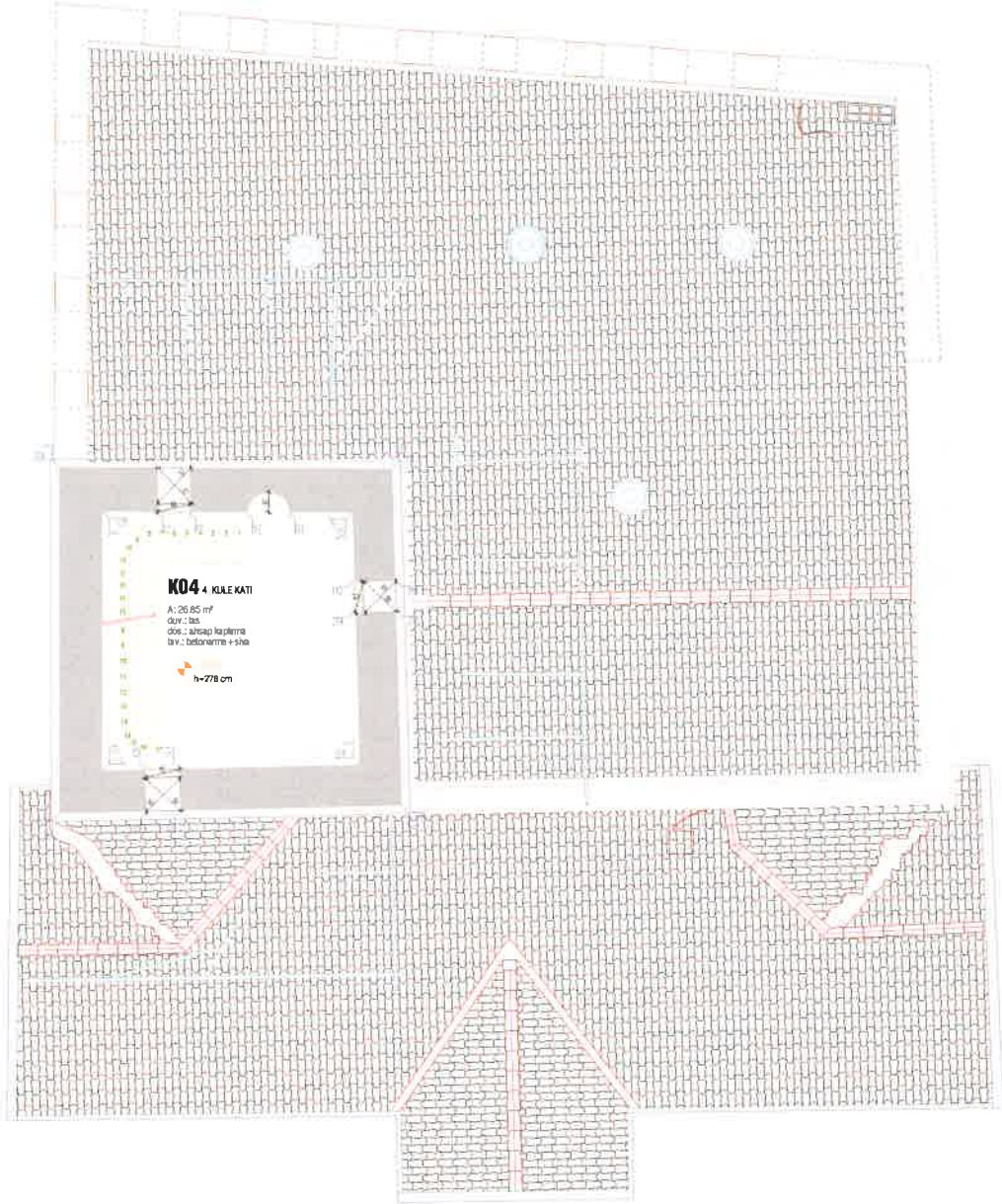
RS 8.



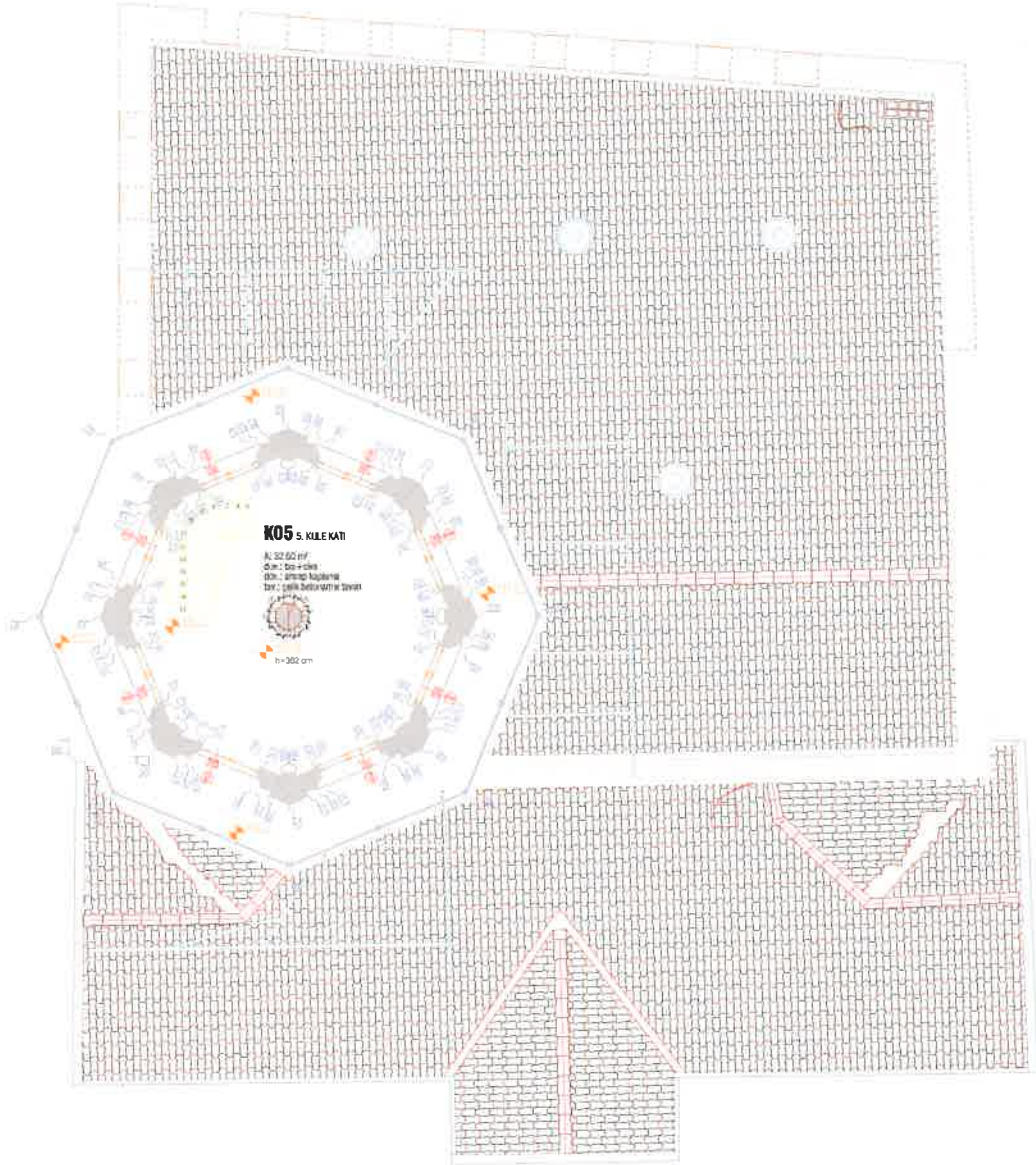
Şekil 2. +3.67 Kotu Planı



Şekil 4. +9.41 Kotu Kalıp Planı

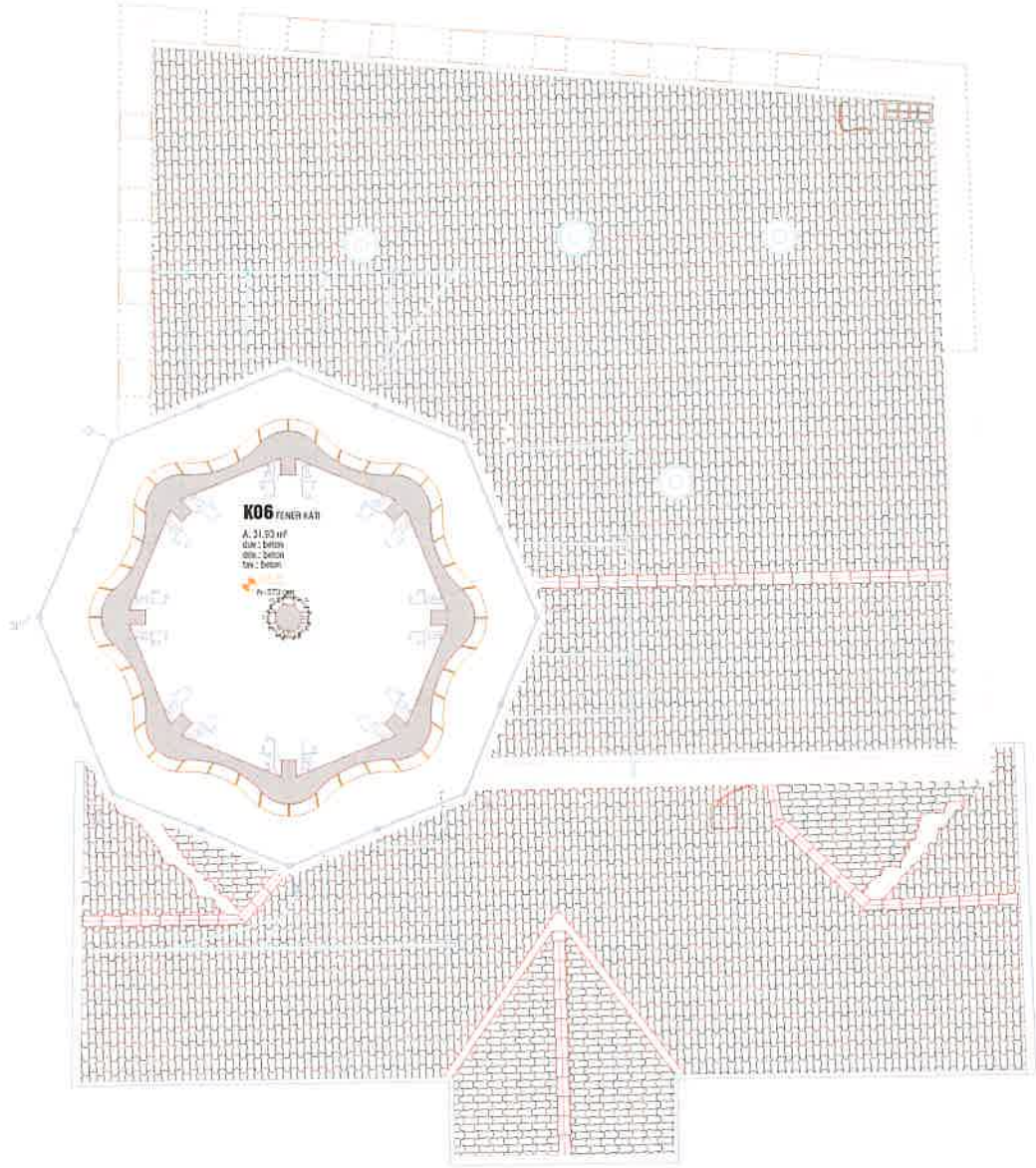


Şekil 5. +12.23 Kotu Planı

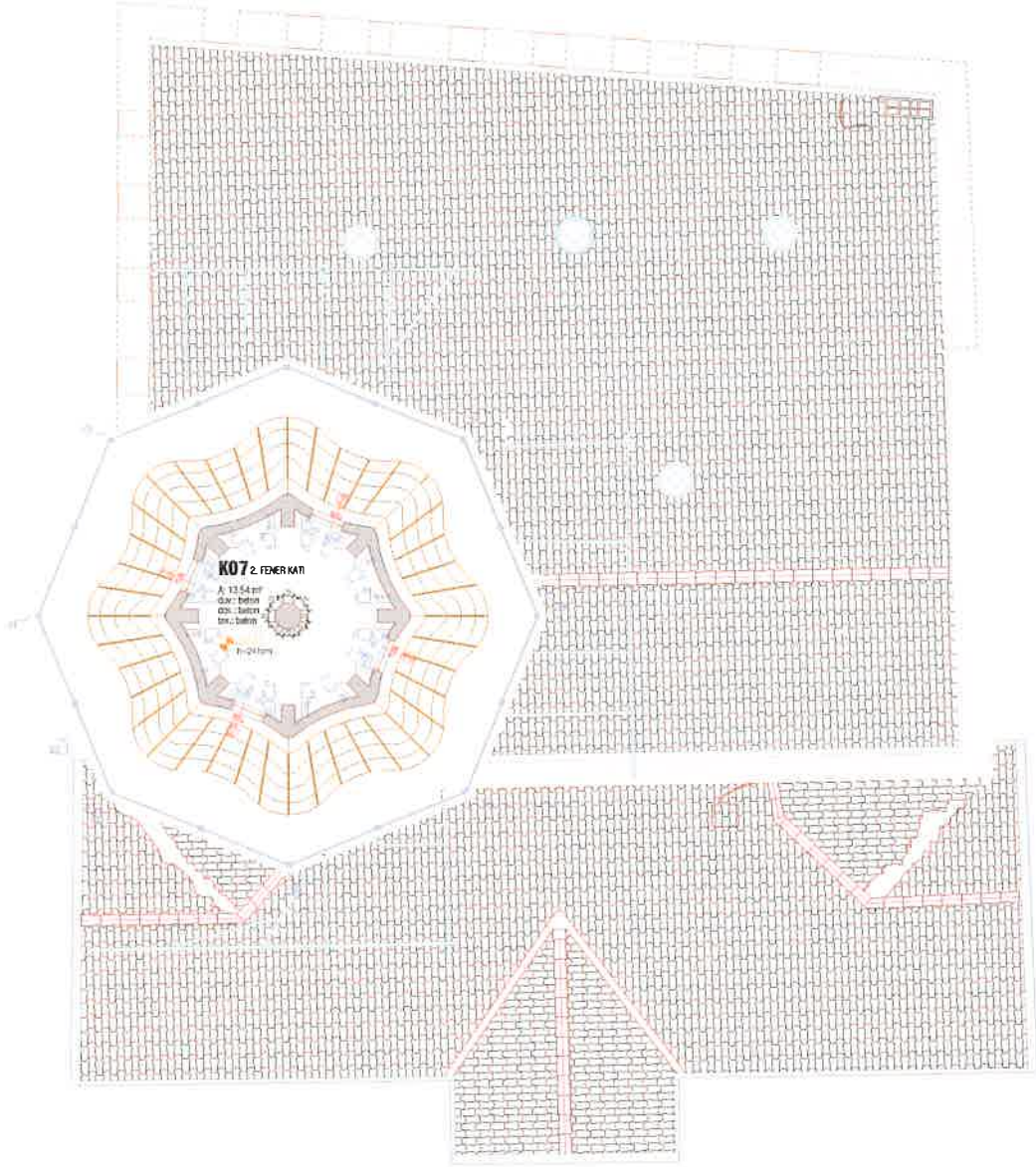


Şekil 6. +15.35 Kotu Planı

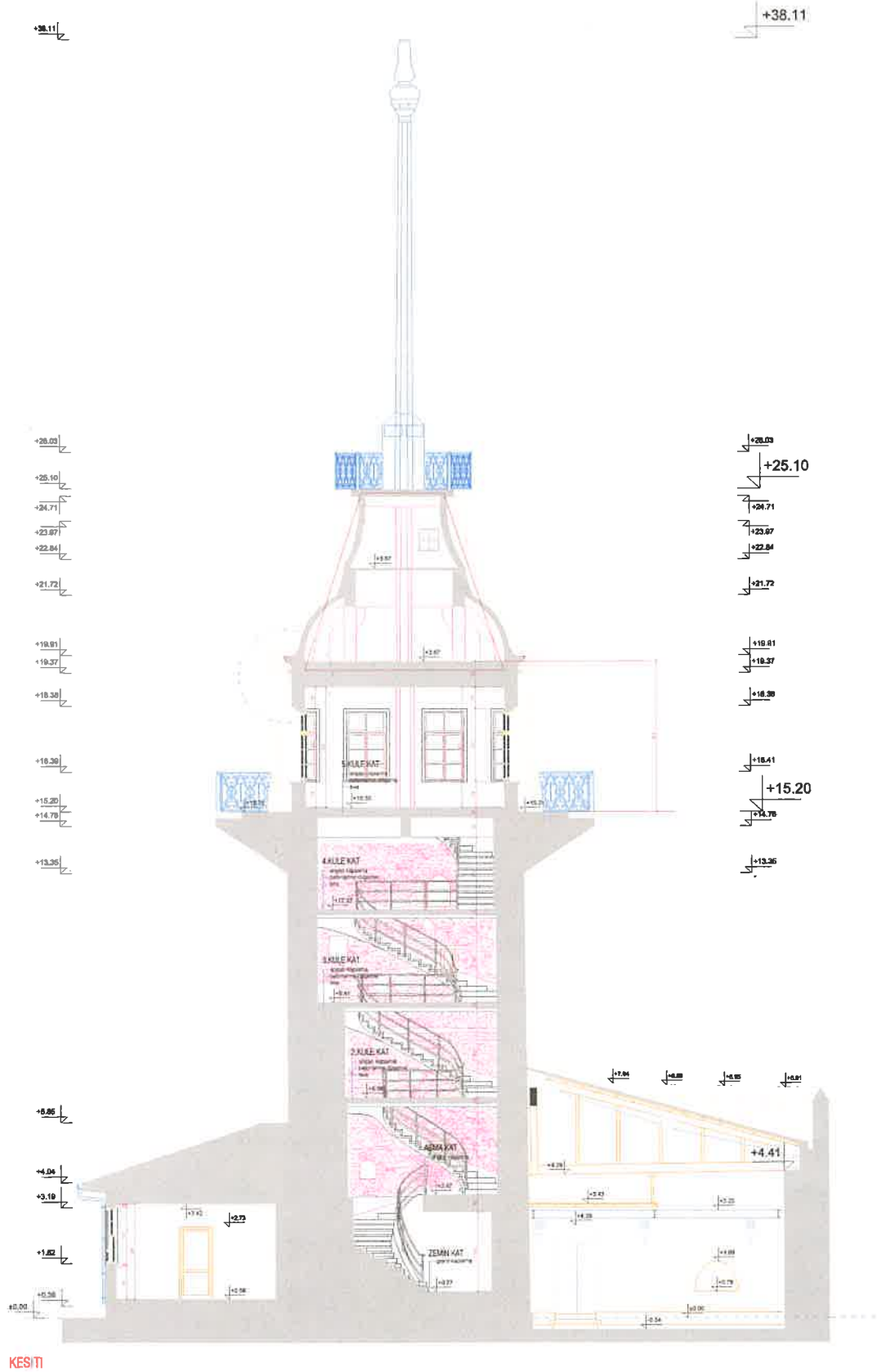
MS J.



Şekil 7. +19.75 Kotu Planı

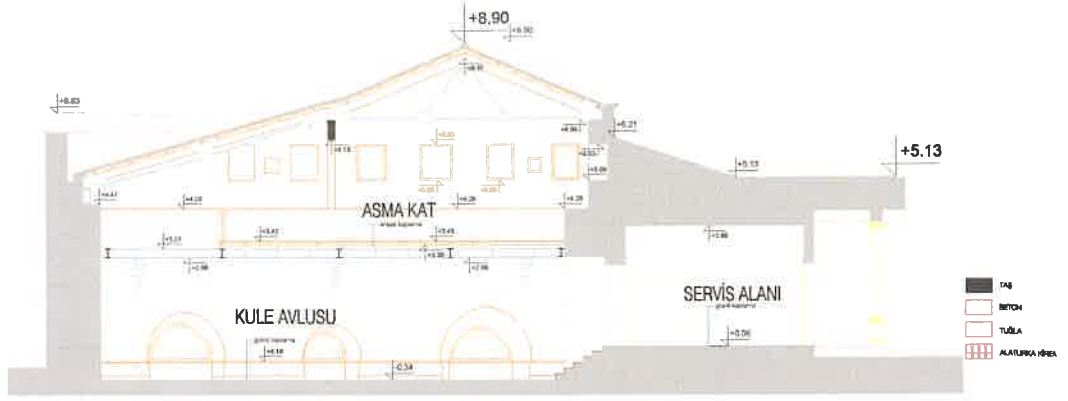


Şekil 8. +22.58 Kotu Planı

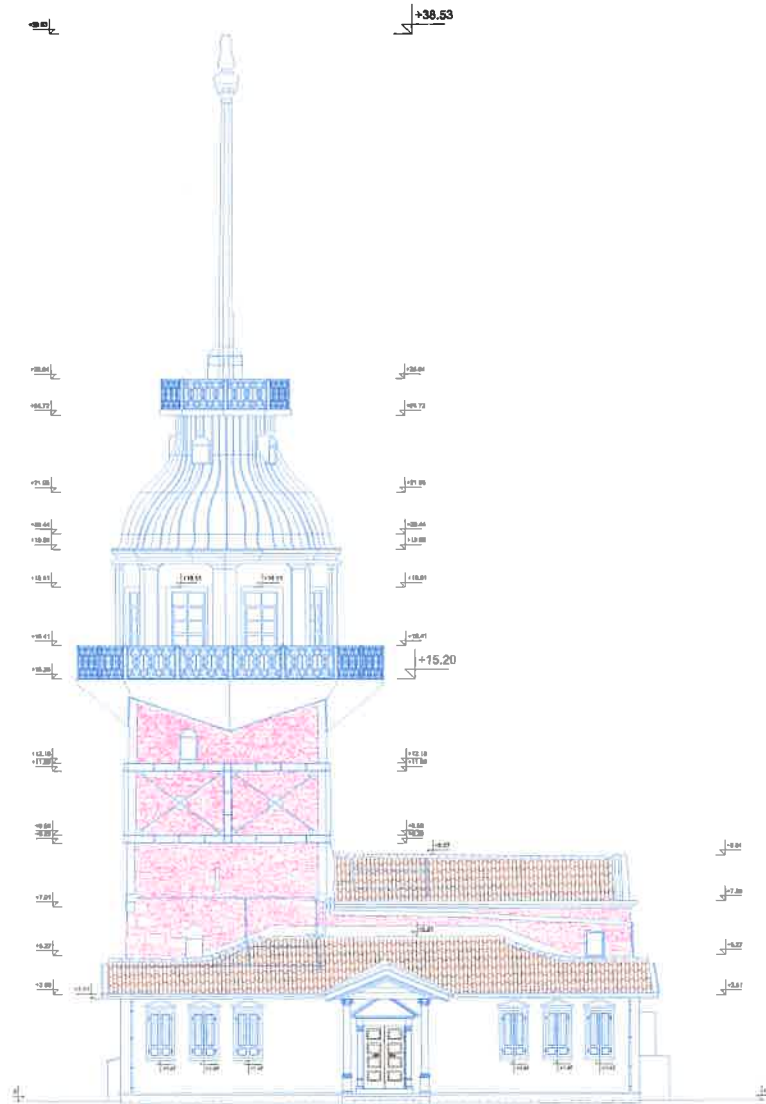


Şekil 9. A-A Kesiti

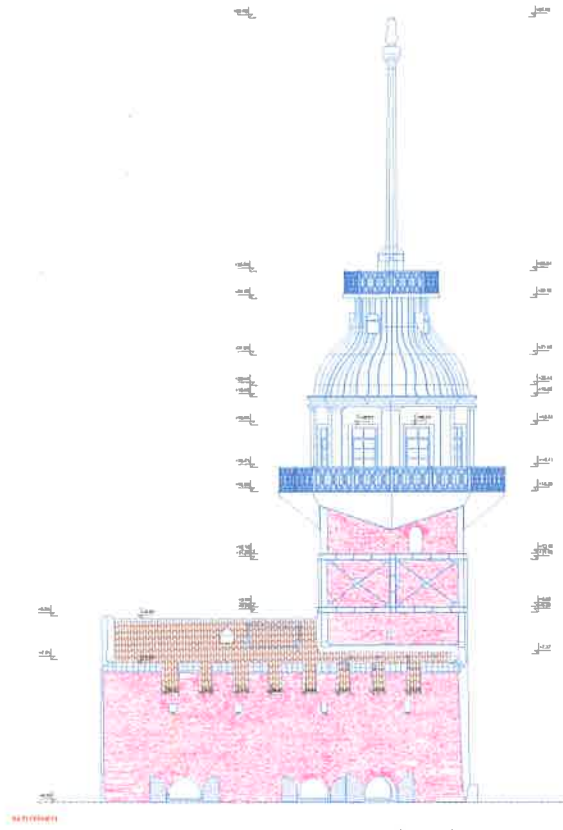
Handwritten signature or initials in blue ink.



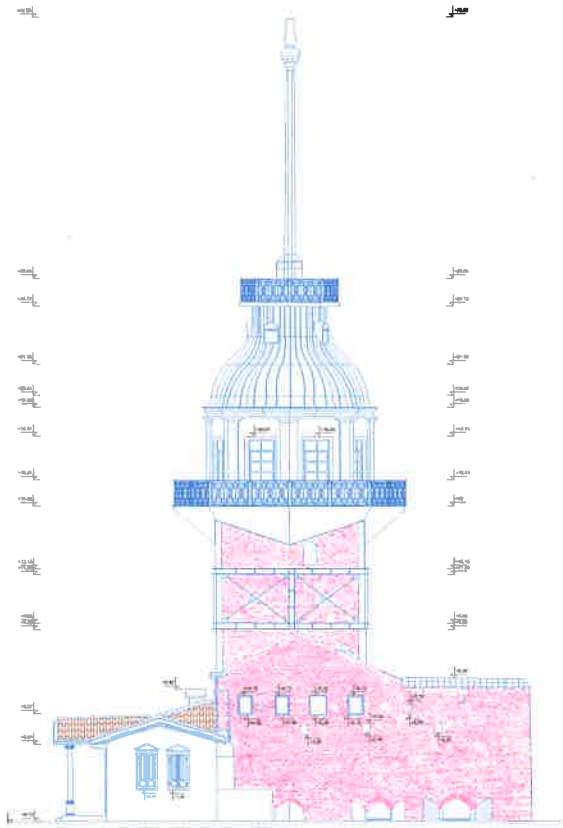
Şekil 10. B-B Kesiti



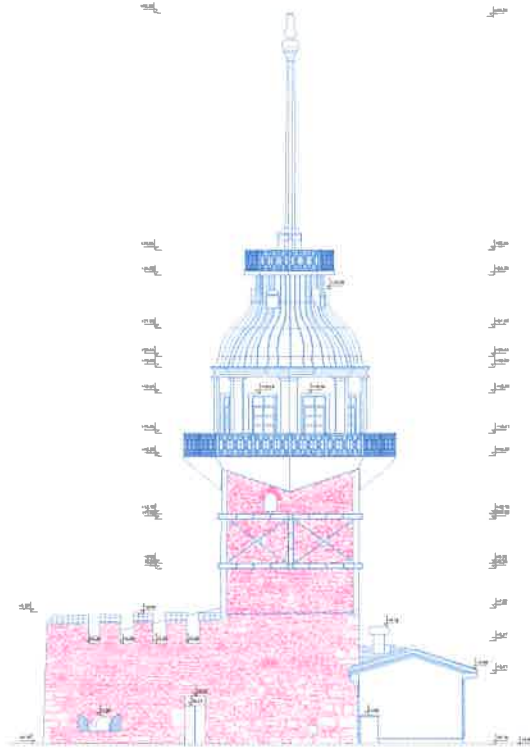
Şekil 11. Doğu Cephesi



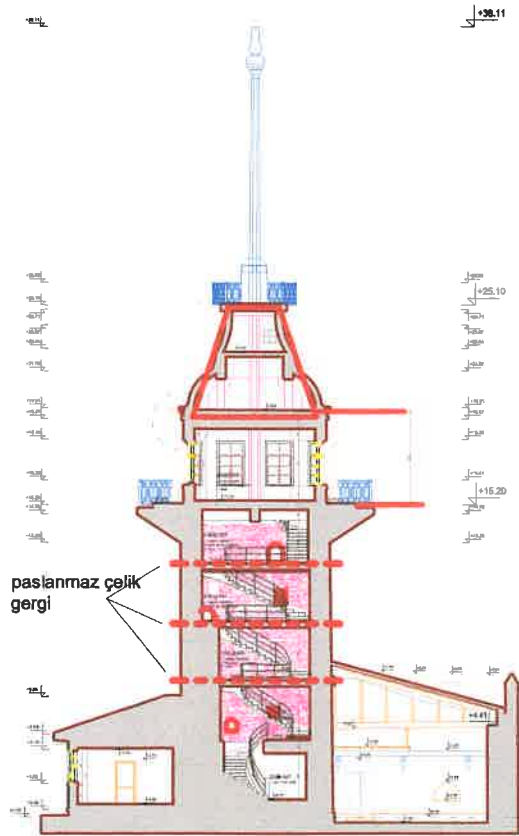
Şekil 12. Batı Cephesi



Şekil 13. Kuzey Cephesi

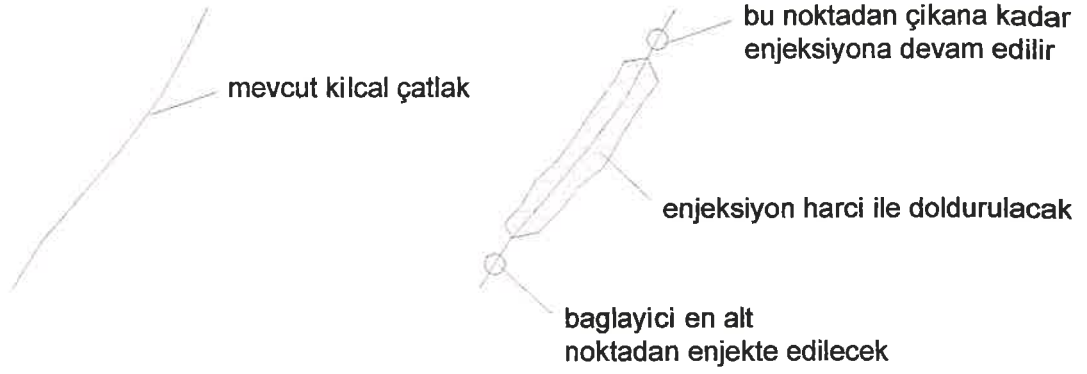


Şekil 14. Güney Cephesi

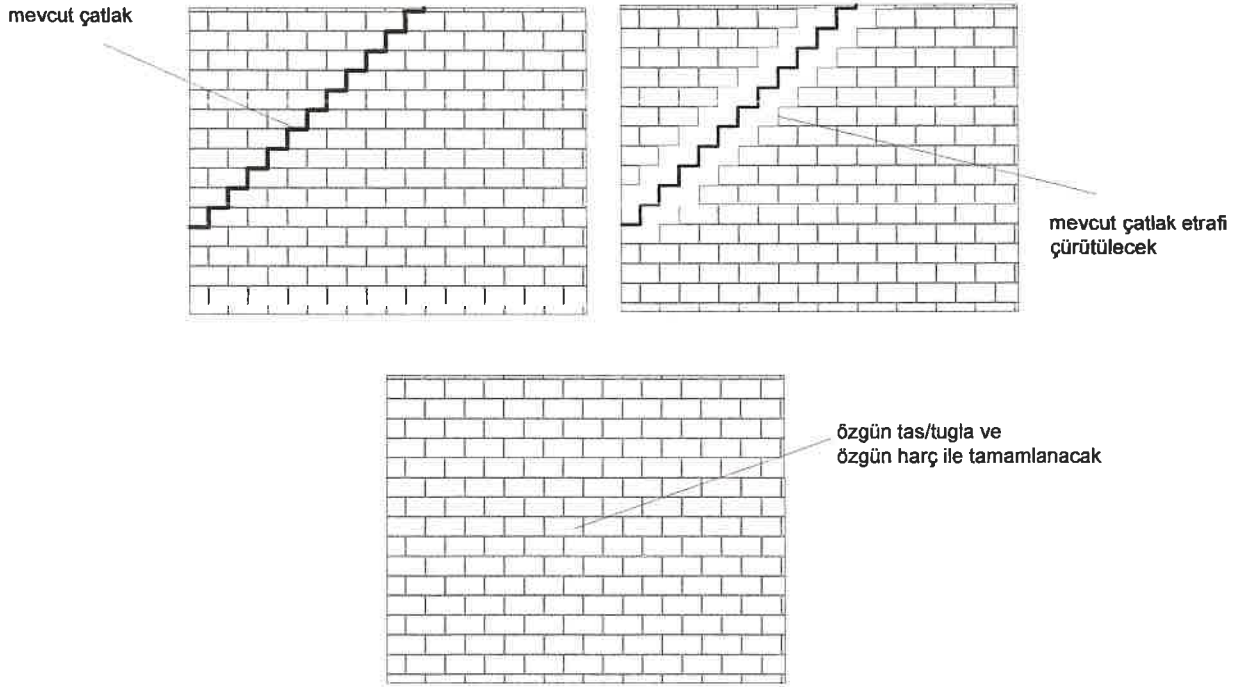


Şekil 15. Gergi düzenlemesi

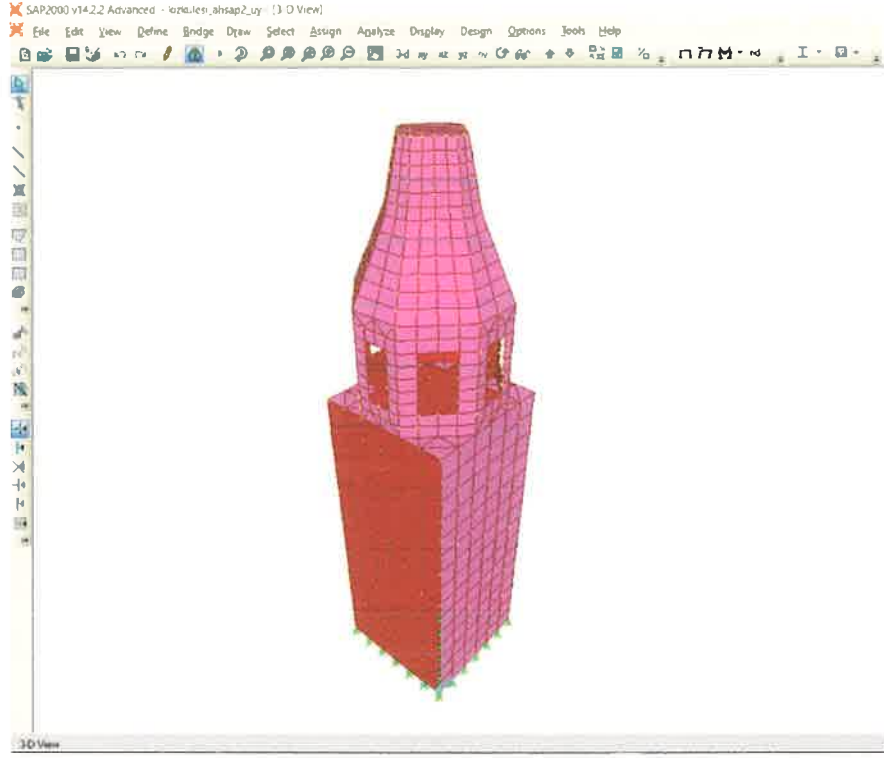
Handwritten signature in blue ink.



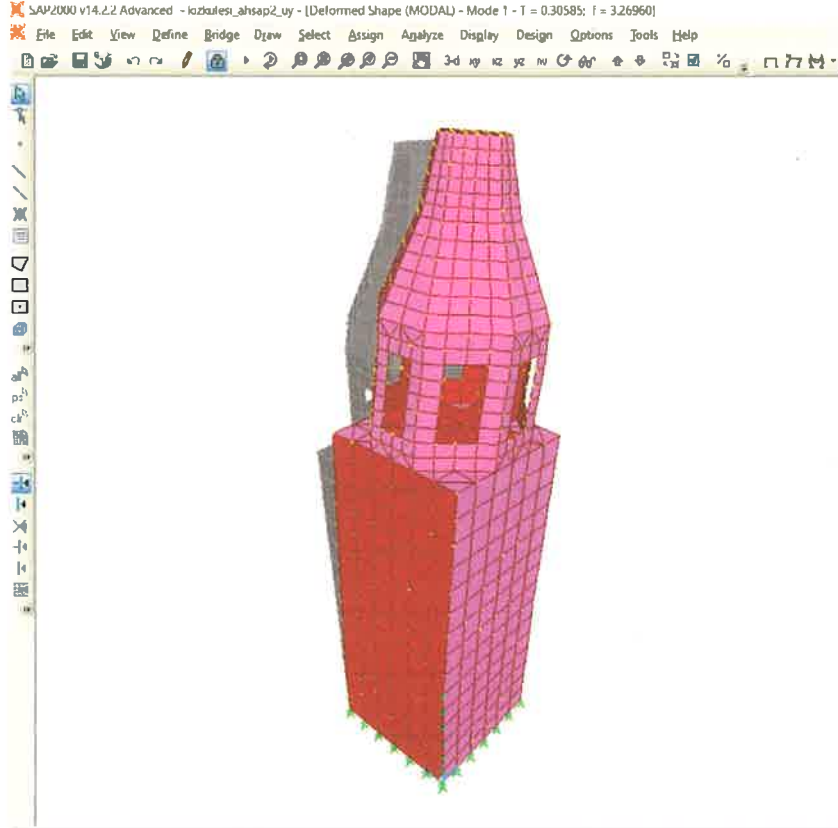
Şekil 16. Kılcal çatlaklar için onarım detayı



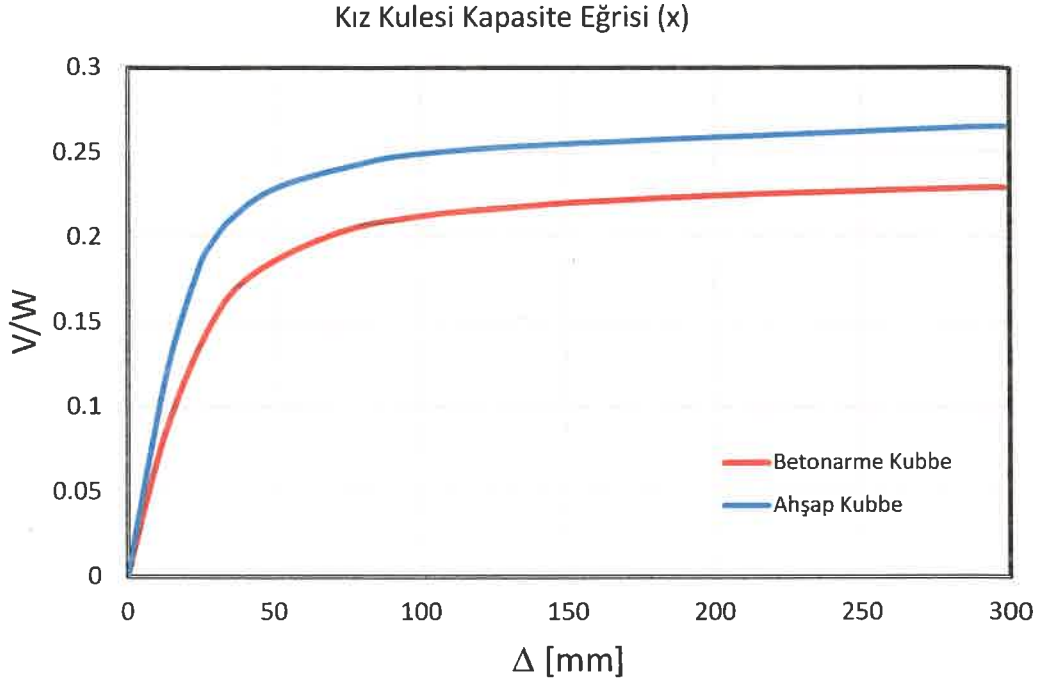
Şekil 17. Orta Genişlikte ve Geniş çatlaklar için onarım detayı



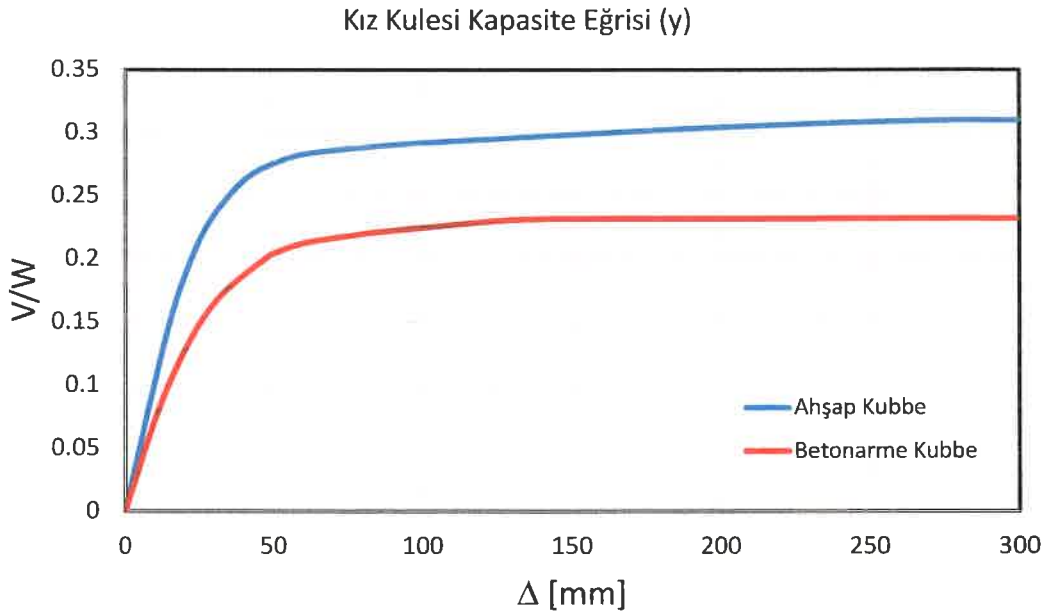
Şekil 18. Üç Boyutlu Sonlu Eleman Modeli



Şekil 19. Birinci Doğal Titreşim Mod Şekli



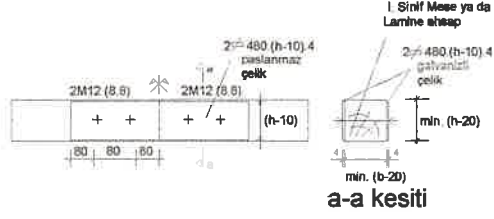
Şekil 20. Kız Kulesi yatay yük kapasite eğrileri (x doğrultusu)



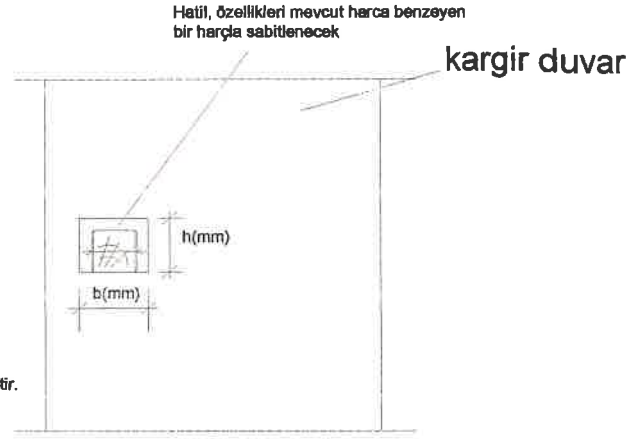
Şekil 21. Kız Kulesi yatay yük kapasite eğrileri (y doğrultusu)

V: Taban Kesme Kuvveti
W: Toplam Yapı Ağırlığı
 Δ : Tepe deplasmanı

AHSAP HATIL EK DETAYI



- Not: 1. Tüm ölçüler mm'dir.
2. Mevcut hatıl boşluğuna göre en büyük ahşap kesiti seçilecektir.
3. Hatıl boyları uygun ölçüde seçilecektir.



Şekil 22. Hatıl onarım detayı



Foto 1. Güney Cephesi



Foto 2. Doğu Cephesi



Foto 3. Doğu Cephesi



Foto 4. Doğu Cephesi



Foto 5. Avlu



Foto 6. Kule betonarme döşeme sistemi



Foto 7. Kule betonarme döşeme sistemi



Foto 8. Kule betonarme döşeme sistemi



Foto 9. Kule betonarme döşeme sistemi



Foto 10. Kule betonarme hatıl-kolon birleşimi



Foto 11. Kule betonarme kolon



Foto 12. Kule betonarme döşeme sistemi



Foto 13. Kule betonarme döşeme sistemi



Foto 14. Kule betonarme hatıl-kolon birleşimi



Foto 15. Kule çelik döşeme sistemi



Foto 16. Kule çelik döşeme sistemi



Foto 17. Kule prekast merdiven



Foto 18. Hatıl boşlukları