

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jülide YÜZBAŞI

**MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEPREME KARŞI
GÜVENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2018

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEPREME KARŞI
GÜVENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Jülide YÜZBAŞI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 08/08/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Hüseyin R. YERLİ
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
ÜYE

.....
Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEPREME KARŞI GÜVENLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Jülide YÜZBAŞI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
Yıl: 2018, Sayfa: 141
Jüri : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
: Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM

Dinamik etki altındaki yapıların performansları Amerika’da FEMA tarafından belirlenen kurallara göre değerlendirilmektedir. FEMA-356’ya paralel olarak revize edilen Türk deprem yönetmeliği, yeni yapılan binalarda depreme dayanıklılığı esas alan bir tasarım yapılmasını öngörür. Bu tasarımın ana ilkesi: taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan sistem elemanlarının hafif şiddetteki depremlerde hasar görmemesi ve orta şiddetteki depremlerde hasarın onarılabilir düzeyde kalmasıdır. Şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacıyla kalıcı hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Güçlendirme, binaların deprem güvenliğini arttırmak için yapılan işlemleri içerir. Bu işlemler bazen binanın tümüne, bazen de sadece belirli taşıyıcı sistem elemanlarına uygulanır. Binanın güçlendirilmesi genel anlamda iki temel nedenle gerekebilir. Bunlardan birincisi, depremden kaynaklanan bir hasardan dolayı güvenliğin artırılmasına ihtiyaç duyulmasıdır. İkincisi ise, herhangi bir hasar bulunmadığı halde, binanın depreme karşı yeterince güvenli olmadığına tespit edilmesidir. Her iki durumda da, binanın deprem güvenliğinin hedeflenen düzeye yükseltilmesi amacıyla güçlendirme çalışmalarına başvurulmalıdır. Özellikle deprem sonrası öncelikli kullanılacak yapıların (hastane, okul vb.) güvenli olup olmadığının ve bu yapıların deprem anındaki performanslarının nasıl olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada mevcut yapıların depreme karşı güvenliğinin denetlenmesi ve gerekli hallerde güçlendirme çalışmalarının projelendirilmesi, böylelikle ilerde yaşanabilecek can ve mal kayıplarının önlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güçlendirme, Yapı Güvenliği, Türk Deprem Yönetmeliği, Deprem Mühendisliği, Yapı Dinamiği, Maliyet Analizi

ABSTRACT

MSc THESIS

INVESTIGATION AND STRENGTHENING OF EXISTING REINFORCED CONCRETE STRUCTURE SAFETY AGAINST EARTHQUAKE

Jülide YÜZBAŞI

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
Year: 2018, Pages: 141
Jury : Prof. Dr. Hüseyin R.YERLİ
: Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
: Prof. Dr. Faruk Fırat ÇALIM

The performance of structures under dynamic influence is assessed according to the rules set by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) in the United States. The Turkish Earthquake Code which was revised in parallel with FEMA-356, provide a design based on earthquake resistance in newly constructed buildings. The main theme of this design is that the carrier and non-carrier system components are not damaged in mild severe earthquakes and the damage must be remains repairable in medium severity earthquakes. In case of severe earthquakes the purpose of this design is to limit the occurrence of permanent damage to ensure safety of life. Strengthening includes operations to improve earthquake safety of buildings. Strengthening of the building may be necessary for two main reasons. The first of these is the need to increase safety due to an earthquake-related damage. The second is to determine that the building is not durable against an earthquake even if there is no damage in the building. In both cases, strengthening studies should be applied to increase the building's earthquake safety to the targeted level. In particular, it is necessary to know whether the structures to be used primarily (hospital, school, etc.) after the earthquake are safe and how these structures are performing at the moment of an earthquake. In this study, it was aimed to control the safety of the existing structures against the earthquake and projects of strengthening work have been carried out where it is necessary thus, to prevent any loss of life and property that can potentially experienced in the future.

Keywords: Strengthening, Construction Safety, Turkish Earthquake Code, Structure Dynamic, Earthquake Engineering, Cost Analysis

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Ülkemiz üzerinde etkin fay hatlarının bulunduğu bir yapıya sahiptir. Yaşanılan son depremler ülkemizde inşa edilmiş birçok yapının gerekli deprem güvenliği koşullarını sağlayamayacak düzeyde olduğunu göstermiştir. Bu durum mevcut yapıların dinamik etki altındaki davranışlarını incelemeyi gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, mevcut yapılar sahip oldukları fiziksel koşullar göz önünde bulundurularak modellenmiş ve günümüz şartlarında farklı deprem düzeyleri etkisi altındaki performansları analiz edilmiştir. FEMA-356'ya paralel olarak revize edilen Türk Deprem Yönetmeliği'ne (TDY-2007) dayanan bir performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Ayrıca deprem güvenliği araştırmaları yapılmış herhangi bir yapının güçlendirilmesi veya yıkılması hakkında karar verilirken göz önüne alınması gereken etkenlerin irdelenmesi de amaçlanmıştır. Bina taşıyıcı sisteminin ve mimarisinin rölövesi çıkartılıp, uygulama projesi ile kıyaslanarak varsa farklılıklar tespit edilmiştir. Mevcut malzeme ile ilgili bilgi elde etmek amacıyla, belirli taşıyıcı elemanlar üzerinde beton örtüsü sıyırma işlemi ve profometre cihazı okumalarıyla donatı yeri, miktarı ve sınıfı saptanmıştır. Binadan malzeme örnekleri alınarak yapımda kullanılan malzeme özellikleri (beton basınç dayanımı, elastisite modülü, donatı sınıfı, vb.) belirlenmiştir. Hazırlanan rölöve planı ve binadan toplanan bilgilere uygun olarak binanın üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. Yapının performans analizi Türk deprem yönetmeliğine göre gerçekleştirilerek mevcut durumunun depreme karşı güvenli olup olmadığı belirlenmiştir. Yapılan performans analizleri sonucunda yapıların depreme karşı yeterliliği ve yapıldığı dönem sonrasında meydana gelmiş olan gelişmelere uygunluğu irdelenmiştir. Performans yetersizliği durumunda, yapı emniyeti ve ekonomik koşullar dikkate alınarak, yapıya uygulanacak işlemler hakkında verilecek en uygun kararın ne olduğu belirlenmiştir. Mevcut yapıların deprem durumunda güvenli olup olmadığı kontrol edilmiştir. Gerekli hallerde güçlendirme

alışmalarının projelendirilmesi yapılmıştır. Böylelikle ileride yaşanabilecek can ve mal kayıplarının önlenmesi amaçlanmıştır.

Deprem güvenliği çalışmaları yapılan bir binanın güçlendirilmesine ya da yıkılmasına karar verilmesi aşamasında genel bir teamül çerçevesinde ekonomik bir değerlendirme yapılarak bina hakkında karar verilmektedir. Sözü edilen ekonomik değerlendirme ise; mevcut bina için hazırlanan güçlendirme projesi kapsamında hesaplanan maliyetin söz konusu binanın yeniden yapım maliyetine oranlanması sonucu ortaya çıkan, binanın diğerk özelliklerinden bağımsız olan değerin, 25-30 yıllık yapılar için 0,40 oranından düşük veya yüksek çıkmasına göre verilen karardan ibarettir. Binanın güçlendirme ihtiyacının ortaya çıkması halinde alternatif güçlendirme yöntemlerinden biri seçilerek güçlendirme projesi hazırlanmıştır.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, bilgi, tecrübe ve yardımlarını benden esirgemeyen, tezimi hayata geçirebilmem konusunda her türlü özveriye gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. Hüseyin R. YERLİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca emeklerini benden esirgemeyen, eğitim gördüğüm her aşamada bana destek olan, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan babam Kemal YÜZBAŞI' ya, annem Leyla YÜZBAŞI' ya ve değerli kardeşlerime tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR	XVI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOT	5
3.1. Binalardan Bilgi Toplanması	5
3.1.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı ve Bilgi Düzeyleri.....	5
3.1.2. Mevcut Malzeme Dayanımı.....	6
3.1.3. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi	6
3.1.4. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	8
3.1.5. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi.....	9
3.1.6. Bilgi Düzeyi Katsayıları	11
3.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	11
3.2.1. Kesit Hasar Sınırları.....	11
3.2.2. Kesit Hasar Bölgeleri.....	11
3.2.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması.....	12
3.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar.....	12
3.4. Güçlendirme ve Performans Analizi Projesi Aşamaları	15
3.5. Depremde Bina Performansının Lineer Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	22
3.5.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	22

3.5.2. Mod Birleştirme Yöntemi.....	34
4. SAYISAL ÇALIŞMA.....	35
4.1. Adana İli Çukurova İlçesi Sabancı İlkokulu Binası.....	35
4.1.1. Çalışma Konusu.....	35
4.1.2. Yapı Hakkında Genel Bilgiler	35
4.1.3. Çalışma Yöntemi Adımları.....	38
4.1.4. Mevcut Yapı Özellikleri ve Malzeme Bilgileri.....	40
4.1.4.1. Rölöve Çalışmaları.....	40
4.1.4.2. Beton Kalitesinin Belirlenmesi	41
4.1.4.3. Donatı Kalite ve Düzeninin Belirlenmesi	42
4.1.4.4. Yapının Oturduğu Zeminin Özelliklerinin Belirlenmesi	45
4.1.5. Mevcut Yapı Performans Analizleri	48
4.1.5.1. Mevcut Yapının Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması.....	48
4.1.5.2. Yapı Performans Analizlerinin Gerçekleştirilmesi	50
4.1.5.3. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı	51
4.1.5.4. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı.....	54
4.1.6. Mevcut Durum Performans Analizi Sonuç ve Öneriler.....	56
4.1.7. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi Çalışmaları	57
4.1.7.1. Çalışma Yöntemi	57
4.1.7.2. Güçlendirme Seçenekleri	57
4.1.7.3. Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi	58
4.1.7.4. Güçlendirilmiş Yapının Performans Analizleri	60
4.1.7.5. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı	63
4.1.7.6. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı	64
4.2. Adana İli Çukurova İlçesi Vakıfbank Ortaokulu Binası.....	65
4.2.1. Çalışma Konusu.....	65
4.2.2. Yapı Hakkında Genel Bilgiler	65
4.2.3. Çalışma Yöntemi Adımları.....	67
4.2.4. Mevcut Yapı Özellikleri ve Malzeme Bilgileri.....	69

4.2.4.1. Rölöve Çalışmaları.....	69
4.2.4.2. Beton Kalitesinin Belirlenmesi	70
4.2.4.3. Donatı Kalite ve Düzeninin Belirlenmesi	72
4.2.4.4. Yapının Oturduğu Zeminin Özelliklerinin Belirlenmesi	74
4.2.5. Mevcut Yapı Performans Analizleri	76
4.2.5.1. Mevcut Yapının Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması.....	76
4.2.5.2. Yapı Performans Analizlerinin Gerçekleştirilmesi	79
4.2.5.3. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı	80
4.2.5.4. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı.....	81
4.2.6. Mevcut Durum Performans Analizi Sonuç ve Öneriler.....	84
4.2.7. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi Çalışmaları	85
4.2.7.1. Çalışma Yöntemi	85
4.2.7.2. Güçlendirme Seçenekleri	85
4.2.7.3. Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi	85
4.2.7.4. Güçlendirilmiş Yapının Performans Analizleri	87
4.2.7.5. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı	90
4.2.7.6. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı	91
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	101
EKLER.....	102
Ek 1. Binaya Ait Mimari Rölöveler	104
Ek 2. Binaya Ait Taşıyıcı Sistem Rölöveleri	107
Ek 3. Beton Numuneleri Alınan Yerler	110
Ek 4. Beton Numunelerine Ait Deney Sonuçları	113
Ek 5. Kolon-Kiriş Beton Örtüsü Sıyrmalarının Yapıldığı Yerler	114
Ek 6. Donatı Taraması Yapılan Taşıyıcı Elemanlar	117
Ek 7. Yapıya İlave Edilecek Güçlendirme Elemanları ve Konumları	120
Ek 8. Binaya Ait Mimari Rölöveler	123

Ek 9. Binaya Ait Taşıyıcı Sistem Rölöveleri.....	125
Ek 10. Beton Numunelerinin Alındığı Yerler	128
Ek 11. Beton Numunelerine Ait Deney Sonuçlar	132
Ek 12. Kolon ve Kirişlerde Beton Örtüsü (Pas payı) Sıyırımlarının Yapıldığı Yerler	133
Ek 13. Cihaz Vasıtasıyla Donatı Taraması Yapılmış Olan Taşıyıcı Elemanlar	136
Ek 14. Yapıya İlave Edilecek Olan Güçlendirme Elemanları ve Konumları .	139



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1.	Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları	6
Çizelge 3.2.	Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri	20
Çizelge 3.3.	Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar	20
Çizelge 3.4.	Hareketli Yük Katılım Katsayısı	24
Çizelge 3.5.	Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	27
Çizelge 3.6.	Bina Önem Katsayısı (I)	28
Çizelge 3.7.	Deprem Aşılma Olasılığı	29
Çizelge 3.8.	Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A, T_B)	30
Çizelge 3.9.	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	31
Çizelge 4.1.	Yapı Özellikleri ve Analiz Parametreleri Özet Çizelgesi	39
Çizelge 4.2.	Standart Penetrasyon Deneyi Sonuçları	47
Çizelge 4.3.	Binanın Bulunduğu Zeminin Özellikleri	47
Çizelge 4.4.	Deprem ve Zemin Parametreleri	47
Çizelge 4.5.	Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri	50
Çizelge 4.6.	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	51
Çizelge 4.7.	50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	51
Çizelge 4.8.	Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	54
Çizelge 4.9.	Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	54
Çizelge 4.10.	Yapı Özellikleri ve Güçlendirme Çalışması Analiz Parametreleri	59

Çizelge 4.11. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	63
Çizelge 4.12. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	63
Çizelge 4.13. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	64
Çizelge 4.14. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	64
Çizelge 4.15. Yapı Özellikleri ve Analiz Parametreleri.....	69
Çizelge 4.16. Binanın Bulunduğu Zeminin Özellikleri	76
Çizelge 4.17. Deprem ve Zemin Parametreleri.....	77
Çizelge 4.18. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri.....	79
Çizelge 4.19. 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri.....	80
Çizelge 4.20. 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri.....	80
Çizelge 4.21. Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	82
Çizelge 4.22. Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	82
Çizelge 4.23. Yapı Özellikleri ve Güçlendirme Çalışması Analiz Parametreleri.....	86
Çizelge 4.24. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	90
Çizelge 4.25. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	90
Çizelge 4.26. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri	91

Çizelge 4.27. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri	91
Çizelge 5.1. Vakıfbank Ortaokulu Güçlendirme Çalışması Sonuçları.....	94
Çizelge 5.2. Sabancı İlköğretim Okulu Güçlendirme Çalışması Sonuçları	95
Çizelge 5.3. Vakıfbank Ortaokulu 3 B Grubu Yapı Maliyeti	95
Çizelge 5.4. Sabancı İlkokulu 3 B Grubu Yapı Maliyeti	96
Çizelge 5.5. Her İki Okula Ait Güçlendirme Maliyet Kalemleri	97





ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	İç Kuvvet-Şekil Değiştirme Grafiği	12
Şekil 3.2.	Kat Hizalarına Etkiyen Fiktif Yükler	25
Şekil 3.3.	Kat Hizalarına Etkiyen DepremYükleri	33
Şekil 4.1.	Binanın Güney Cephesi Görünüşü	36
Şekil 4.2.	Binanın Güney-Batı Cephesi Görünüşü	36
Şekil 4.3.	Binanın Kuzey-Batı Cephesi Görünüşü	37
Şekil 4.4.	Binanın Doğu Cephesi Görünüşü	37
Şekil 4.5.	Sabancı İlkokuluna Ait Temel Muayene Çukuru	40
Şekil 4.6.	Taşıyıcı Elemandan Beton Numune Alınması	42
Şekil 4.7.	Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi ile Kolonda Donatı Tespitinin Yapılması.....	43
Şekil 4.8.	Kiriş Alt Yüzünde Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi İle Donatı Tespiti.....	43
Şekil 4.9.	Kolon Yüzünde Tahribatsız Donatı Taraması Yapılması İşlemi.....	44
Şekil 4.10.	Sondaj Kuyusu Açılması Çalışmaları.....	45
Şekil 4.11.	Sondaj Kuyusu Açılması Çalışmaları.....	45
Şekil 4.12.	Sondaj İşlemi Sonucu Elde Edilen Karot Sandığı-SK1.....	46
Şekil 4.13.	Sondaj İşlemi Sonucu Elde Edilen Karot Sandığı-SK2.....	46
Şekil 4.14.	Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Ön Cephe).....	49
Şekil 4.15.	Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Arka Cephe).....	49
Şekil 4.16.	Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu.....	56
Şekil 4.17.	Onarım ve Güçlendirme Elemanları Eklenmiş Yapı Modeli (Ön Cephe)	62
Şekil 4.18.	Onarım ve Güçlendirme Elemanları Eklenmiş Yapı Modeli(Arka Cephe)	62
Şekil 4.19.	Binanın Güney Cephesi Görünüşü	66
Şekil 4.20.	Binanın Güney-Doğu Cephesi Görünüşü	66

Şekil 4.21. Binanın Güney-Batı Cephesi Görünüşü	67
Şekil 4.22. Temel Muayene Çukuru.....	70
Şekil 4.23. Binadan Beton Numune Alınması.....	71
Şekil 4.24. Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi ile Kolonda Donatı Tespitinin Yapılması.....	72
Şekil 4.25. Kiriş Alt Yüzünde Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi İle Donatı Tespiti.....	73
Şekil 4.26. Kolon Yüzünde Tahribatsız Donatı Taraması Yapılması İşlemi.....	73
Şekil 4.27. Sondaj Kuyusu Açılması Çalışmaları.....	75
Şekil 4.28. Sondaj Kuyusu Açılması Çalışmaları.....	75
Şekil 4.29. Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Ön Cephe).....	78
Şekil 4.30. Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Arka Cephe).....	78
Şekil 4.31. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu.....	83
Şekil 4.32. Onarım ve Güçlendirme Elemanları eklenmiş Yapı Modeli	89
Şekil 4.33. Güçlendirilmiş Yapıya Ait Modelin Üç Boyutlu Görünüşü.....	89

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_0	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
$A(T_1)$	: Spektral İvme Katsayısı
A_c	: Beton Kesit Alanı
ACI	: American Concrete Institute
$BÇ$	: Beton Çeliği
BH	: Belirgin Hasar
CG	: Can Güvenliği
D	: Yer Değiştirme Matrisi
DGK	: Donatı Gerçekleşme Katsayısı
d_{fi}	: i. Katın Fiktif Deplasmanı
E_c	: Beton Elastisite Modülü
$(EI)_0$	: Eğilme Rijitliği
$(EI)_e$	: Etkin Eğilme Rijitliği
f	: Frekans
f_{ck}	: Karakteristik Beton Dayanımı
f_{cm}	: Ortalama Beton Dayanımı
$FEMA$	: Federal Emergency Management Agency
F_{fi}	: i. Kat Hızasına Etkiyen Fiktif Kuvvet
GB	: Göçme Bölgesi
$GÇ$	: Göçme Sınırı
g_i	: i. Katın Ölü Yük Ağırlığı
q_i	: i. Katın Hareketli Yük Ağırlığı

$G\ddot{O}$	: Göçme Öncesi
GV	: Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
I	: Deprem Bina Önem Katsayısı
IH	: İleri Hasar
K	: Rijitlik Matrisi
m	: kütle
MH	: Minimum Hasar
m_i	: i. Katın Kütlesi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
M_{ra}	: Perdenin veya kolonun serbest yüksekliğinin alt ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
$M_{r\ddot{u}}$	: Perdenin veya kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
M_{ri}	: Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{yd} ve f_{cd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
M_{rj}	: Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{yd} ve f_{cd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
N	: Kat Sayısı
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
ND	: Eksenel Basınç Kuvveti
$N.K.$	: Normal Kat
P	: Yük Matrisi
Ra	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
SK	: Sondaj Kuyusu
T_1	: Binanın 1. Doğal Titreşim Periyodu

T_A, T_B : Spektrum Karakteristik Periyotları
 V_t : Taban Kesme Kuvveti
 W : Binanın Deprem Esnasında Toplam Ağırlığı
 w_i : i. Katın Ağırlığı





1.GİRİŞ

Türkiye'nin deprem kuşakları üzerinde bulunması, yapıların projelendirilmesi ve inşası sırasında dinamik etkilerin göz önüne alınmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Her bina gerek kullanılma biçimi, gerekse inşaat tekniği bakımından zamanının koşullarına uygun olarak tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Mevcut bir yapı çeşitli nedenlerle, kendisine etki eden yükleri güvenli olarak taşıyamayacak duruma girebilmektedir. Kullanım amacı değişen, maruz kaldığı dinamik etkiler sonucu hasar gören, projesine uygun yapılmayan veya güncellenen yönetmelik koşullarına uyum sağlayamayan yapılarda performans yetersizliği görülebilmektedir. Yapılar üzerlerine gelen yükleri o günün koşullarına göre kabul gören seviyede taşıyamaz duruma geldiklerinde, kullanımın sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi için onarım ve güçlendirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Her binanın kendine has özel durumu olabileceğinden tipleştirmeye gitmeden, yapıların teker teker ele alınması esastır. Her yapıda taşıyıcı sistem elemanlarına ait malzeme özellikleri, elemanların dayanımı, sistemin taşıma gücü, yeni yüklere ve değişen şartlara göre kontrol edilerek varsa yetersizlikler belirlenmelidir.

Bu amaçla, ele alınan yapıların fiziki durumları tüm ayrıntıları ile tespit edilecektir. Bu bilgiler kullanılarak mevcut durumu en iyi şekilde yansıtabilecek yapı modeli oluşturulacaktır. Oluşturulan model farklı büyüklüklerde dinamik etkilere maruz bırakılarak yapıların deprem etkisi altındaki performansları analiz edilecektir. İncelenen yapılar Türk deprem yönetmeliğine göre yeterli performansı sağlayamıyor ise hazırlanan güçlendirme projesi kapsamında hesaplanan maliyet ile söz konusu binaların yıkılıp yeni baştan yapılması durumundaki maliyet tutarları karşılaştırılacaktır. Bunun sonucunda, binanın yıkılıp yeniden yapılmasına veya güçlendirilmesine karar verilecektir. Böylelikle günümüzde geçerli depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine uygun olarak, yapının ekonomik ömrü içinde en

az bir kez olması beklenen yüksek şiddetteki bir depremde can kaybını önleyecek düzeyde dayanıma ulaşması sağlanacaktır.

Söz konusu tez çalışmasında verilen bölümlerin kısaca içeriği şu şekilde açıklanmıştır:

- **Önceki Çalışmalar** bölümünde, literatür araştırması yapılarak, konu ile ilgili çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.
- **Materyal ve Metot** bölümünde: Binanın performans analizi ve güçlendirme çalışmasında hangi koşullara dikkat edilmesi gerektiği işlem sırası göz önünde bulundurularak açıklanmıştır. Yapının deprem kuvvetleri etkisi altında performans analizinde kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemlerine değinilmiştir.
- **Sayısal Çalışmalar** bölümünde: Sayısal çözümleme ve modelleme detaylarına bağlı olarak, farklı deprem kuvvetleri etkisi altındaki yapıların performans durumları incelenmiştir. Analizde kullanılacak taşıyıcı sistem malzemelerinin hangi yapısal özelliklerinin dikkate alınacağından bahsedilmiştir. İncelenen yapıların güçlendirme projeleri sunulmuştur.
- **Sonuç ve Öneriler** bölümünde ise, tez kapsamında gerçekleştirilen analitik çalışmalara bağlı olarak tezin amacı doğrultusunda gerçekleştirilen, deprem etkisi altında yapının performans analizi çalışmaları incelenmiş ve güçlendirme projelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Arslan M.H ve Korkmaz H.H.(2007) çalışmalarında, Türkiye'de yaşanan depremler esnasında betonarme binaların göstermiş oldukları performanslar tartışılmıştır. Ayrıca, deprem sonrasında gözlenen hasarın kısa bir özetini sunulmuştur.

Bruneau M (2002), çalışmasında Marmara depreminde hasar gören binaları ve hasar şekillerini ele almıştır.

Celep Z (2002), çalışmasında güçlendirmeye ilgili genel kuralları ele almıştır.

“Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” (Türk Deprem Yönetmeliği-2007) yeniden düzenlenerek 2007 yılında yürürlüğe girmiştir. “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” konusu yönetmelikte Bölüm 7 olarak yer almaktadır. Giriş bölümünde belirtildiği üzere, mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusu ilk defa bir yönetmelik ile düzenlenmiştir. Bu tez kapsamında ele alınan çalışmaların 2018 yılı itibariyle taslak durumunda olan ve yakın zamanda yürürlüğe girmesi beklenen yeni deprem yönetmeliğine de (“ Türk Deprem Yönetmeliği 2017”) uygun olduğu görülmüştür.

Demir ve ark (2006), çalışmalarında mevcut ve yeni betonarme perde elemanlar arasındaki geçiş, etkileşim ve bütünleşmenin, yapı davranışını nasıl etkilediğini incelemişlerdir.

Deneme ve Yerli (2002), çalışmalarında bir binanın incelenmesi sonucunda perde sistemi ile güçlendirilmesi konusunu çalışmışlardır.

Doğangün A (2004), çalışmasında mevcut betonarme binaların 2003 Bingöl depremindeki performans durumlarını incelemiştir.

Korkmaz ve ark (2006), çalışmalarında betonarme bir yapı modelini, mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan performansa bağlı analizlerden olan “Kapasite Spektrumu” ve “Yer Değiştirme Katsayısı” yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçları kıyaslamışlardır.

Kutanis (2006), çalışmasında zaman tanım alanında hesap yöntemine alternatif olarak geliştirilen doğrusal olmayan (nonlinear) statik analiz yöntemlerini incelemişlerdir. Uyuşumlu(adaptive) statik itme yöntemi ve klasik statik itme yöntemlerinden elde edilen sonuçları, Artımsal Dinamik Analiz (Incremental Dynamic Analysis – IDA)’deki sonuçlarla karşılaştırmıştır.

Mutlu A.H (2015), çalışmasında bina yeniden yapım ve güçlendirme maliyetinin oranlarını irdelemiş, performans analizi sonucu bina yaşı gereğince göz önünde bulundurulacak güçlendirme veya yeniden yapım maliyet oranlarını ele almıştır.

İnel ve ark (2007), çalışmalarında lineer olmayan eleman davranışı dikkate alınarak seçilen tip projeli mevcut betonarme okul binalarının deprem kapasitelerini bulmuş ve bina performans değerlendirmelerini yapmışlardır.

İrtem ve ark (2006), çalışmalarında Türkiye’de meydana gelen depremlerde betonarme binaların göçme nedenleri ile ilgili gerçekçi bir değerlendirme yapabilmek için “1998 Türk Deprem Yönetmeliği’nde” tanımlanan performans hedeflerini irdelemişlerdir.

İstanbul Teknik Üniversitesi (2011), Van İlinde Bulunan Milli Eğitim Bakanlığı Okul Binalarının Hasar Durumlarına ait bir rapor sunmuştur.

Öztorun (2006), çalışmasında düzgün aks sitemine sahip olan ve çevresinde yeterli boş alana sahip betonarme binaların dışarıdan güçlendirilmesi için bir yöntem önermiştir.

Sezen H., Whittaker AS., Elwood KJ. ve ark (2003) çalışmalarında Kocaeli depreminde Türkiye’de yer alan binaların performanslarını incelemişlerdir.

Sezer ve ark (2007), çalışmalarında: Türk Deprem Yönetmeliği-2007 Bölüm 2 ve Bölüm 3’e göre tasarlanan binaları mevcut bina kabul edilerek 2007 Deprem Yönetmeliğinde mevcut binalar için tanımlanan performans hedefleri ve sonuçlar arasındaki uyum üzerinde durmuşlardır.

3. MATERYAL VE METOT**3.1. Binalardan Bilgi Toplanması****3.1.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı ve Bilgi Düzeyleri**

a) Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları ile taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

b) Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve daha önce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, eleman boyutlarının ölçülmesi, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür.

c) Binalardan bilgi toplanması kapsamında tanımlanan inceleme, malzeme örneği alma ve deney yapma, veri toplama, derleme, değerlendirme işlemleri inşaat mühendislerinin sorumluluğu altında yapılacaktır.

Bina bilgi düzeyleri:

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak Çizelge 3.1’de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyi katsayısı taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

Çizelge 3.1. Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

- a) Sınırlı bilgi düzeyinde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi “Deprem Sonrasında Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.
- b) Orta bilgi düzeyinde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.
- c) Kapsamlı bilgi düzeyinde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ve yeterli düzeyde ölçüm yapılır.

3.1.2. Mevcut Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları yönetmeliğimizin güçlendirmeyle ilgili bölümünde *mevcut malzeme dayanımı* olarak tanımlanmıştır.

3.1.3. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

- a) Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi elde edilecektir. Mimari projeler mevcut ise röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarlarının her kattaki yerini ve malzemesini, eksen açıklıklarını, boyutlarını ve yüksekliklerini içermelidir. Binanın hesap modelinin

oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binada kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar var ise kat planında ve kesitlerde gösterilecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (bitişik, ayrık, derz var/yok) belirlenecektir.

- b) Eleman Detayları:** Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların % 10'unun ve kirişlerin % 5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Donatı tespiti amacıyla her kattan bir adet kirişin pas payı sıyrılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların % 20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.
- c) Malzeme Özellikleri:** Her katta kolonlardan veya perelerden TS EN 12504-1'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacaktır. Toplam örnek sayısı 3'ten az ise istatistiki olarak değerlendirme yapılmaksızın örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı 'mevcut beton dayanımı' olarak alınacaktır. Örnek sayısı 3'ten fazla ise örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değeri ile $(0.85 \cdot \text{ortalama})$ değeri arasından büyük olanı 'mevcut beton dayanımı'

olarak alınacaktır. Bir grup beton numunesine ait deney sonuçları arasında en küçük değer ile geriye kalan sonuçların ortalaması arasındaki farkın değerlendirilmesi ile en küçük değer in istatistiki olarak sapan bir sonuç olup olmadığı kontrol edilecektir. Bu amaçla, gruptaki numune sonuçlarının değerlendirilmesinde, en düşük tek değer, geriye kalan diğer sonuçların ortalamasının % 80'inden daha düşük ise bu numune değerlendirmeye alınmaz. Donatı sınıfı yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sınırlan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma gerilmesi mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.1.4. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

- a) Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yok ise, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkartılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, boyutlarını ve yüksekliklerini içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binada kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar var ise kat planında ve kesitlerde gösterilecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (bitişik, ayrık, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.
- b) Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise 3.1.3.b'de tanımlanan koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının % 20'sinden ve kiriş sayısının % 10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat

çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için 3.1.3.b’de belirtilen işlemler aynı miktarda betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların % 20’sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlarda bulunan mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1’den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

- c) Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan ve perdelerden toplam 3 adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²’den bir adet beton örneği (karot) TS EN 13791’de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı yukardaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.1.5. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

- a) Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina

orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binada kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar var ise kat planında ve kesitlerde gösterilecektir. Komşu binalarla ilişkisi (bitişik, ayrık, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas bir şekilde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

b) Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için 3.1.4.b’de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların % 20’sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1’den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

c) Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolon ve perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²’den bir adet beton örneği (karot) TS-10465’de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici (schmidt çekici) okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin kama ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek

projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet daha örnek alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.1.6. Bilgi Düzeyi Katsayıları

- a) İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Çizelge 3.1’de verilmiştir.
- b) Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe verilen malzeme katsayıları ile bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır.

3.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar bölgeleri

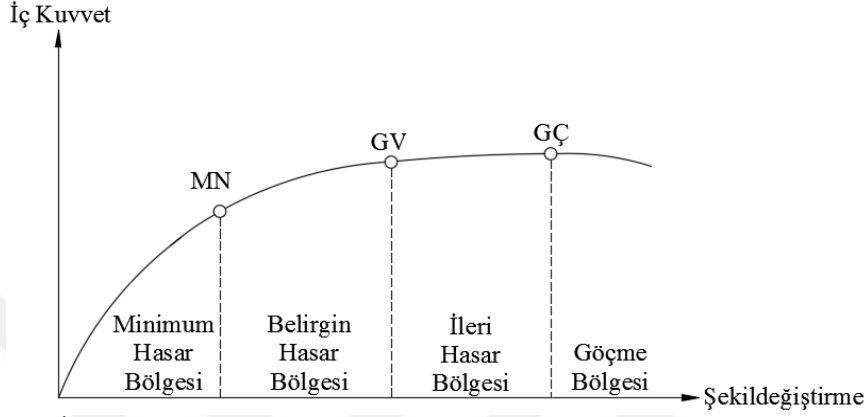
3.2.1. Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.2.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesinde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesinde, GV

ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesinde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Şekil 3.1. de görüldüğü üzere Göçme Bölgesinde yer alırlar.



Şekil 3.1 İç Kuvvet-Şekil Değiştirme Grafiği

3.2.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, 3.2.1.'deki kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

3.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Yönetmeliğimizin güçlendirmeyeyle ilgili bölümüne göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların performansını belirlemektir. Bu amaçla yine yönetmeliğimizde tanımlanmış olan lineer (eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemi) veya lineer olmayan (artımsal eşdeğer deprem yükü, zaman tanım alanında hesap yöntemi, artımsal mod birleştirme) hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi

beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanacak olan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

- a) Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY Bölüm 2.4’de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.6’ya göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1$).
- b) Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, 3.3.f.’e göre deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.
- c) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir. (Vex^+ , Vex^- , Vey^+ , Vey^-)
- d) Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY Bölüm 6’ya göre belirlenecektir.
- e) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.
- f) Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY 2.7.1.2’de eşdeğer deprem yükü yönteminde verilen şekilde hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.
- g) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri dikkate alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmayacaktır.

- h) Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen veriler kapsamına göre 3.1.6'da tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
- i) DBYBHY 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan düşey taşıyıcılar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- j) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:
 - 1) Analizde beton ve donatı çeliğinin 3.1.6'da tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
 - 2) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi 0.001 alınabilir.
 - 3) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemlili diyagramlar olarak modellenenebilir.
- k) Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadığı takdirde, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilmiş olan değerler kullanılacaktır:

1) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_0$

2) Kolon ve perdelerde ise:

$$ND / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ Olması durumunda: } (EI)_e = 0.40 (EI)_0$$

$$ND / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ Olması durumunda ise: } (EI)_e = 0.80 (EI)_0$$

Eksenel basınç kuvveti (ND)'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. Eksenel basınç kuvveti, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_0$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda

belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

- l)** Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımı yapılırken birleşim bölgesi sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.
- m)** Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.
- n)** Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.
- o)** Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.
- p)** DBYBHY Bölüm 2’de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

3.4. Güçlendirme ve Performans Analizi Projesi Aşamaları

- ❖ Yapıda taşıyıcı eleman boyutları ve yerleşim düzenleri yerinde ölçülerek söz konusu sistemin rölövesi çıkartılır. Zemin parametrelerini elde etmek amacıyla sondaj çalışması yapılır ve temel sisteminin belirlenmesi için muayene çukuru açılır. Kolon ve kirişlerde sıyırma ve profometre cihazı okumaları yardımı ile donatı adet ve çaplarının belirlenmesi ve ayrıca yönetmelikte geçerli bina bilgi düzeyleri uyarınca, kullanılan beton basınç dayanımını ortaya çıkarmak adına her katta yeter sayıda karot numunesi alınması işlemleri gerçekleştirilir.
- ❖ Binanın projesi olmadığından deprem yönetmeliğinde 7.2.5 kısmında detayları verilmiş olan orta bilgi düzeyine göre inceleme yapılır.

- ❖ Yapı taşıyıcı sistem elemanlarından orta bilgi düzeyine göre belirlenen sayıda alınan karot numuneler, basınç dayanımı testine tabi tutularak beton kalitesi elde edilir. Beton sınıfı değerine bağlı olarak elastisite modülü bulunur.

- ❖ **TS500 3.3.3.1-Elastisite Modülü** kısmında verilmiş olan:

$$E_c = 3250\sqrt{f_{ck}} + 14000 \text{ (MPa)} \text{ Denklemi kullanılarak hesaplanabilir.}$$

Bu denklemde belirtilmiş olan değerler, $0.4 f_{ck}$ gerilme düzeyine karşılık gelen “Sekant Elastisite Modülü” tanımına uygundur.

- ❖ Yine betonarme binalarda orta bilgi düzeyi kapsamında donatı sınıfı, beton örtüsü kaldırılan yüzeylerde yapılan **görsel** inceleme ile tespit edilir. Taşıyıcı elemanlarda kullanılmış olan donatı çap değerleri ise çeşitli cihazlar ile ölçüm yapılarak elde edilmektedir.

TS708’e göre çelik sınıfları:

- En küçük akma dayanımı 220 N/mm^2 değerini alan çelik BÇ-I S220 düz yüzeyli (nervürlü),
- En küçük akma dayanımı 420 N/mm^2 değerini alan çelik S420 nervürlü, olarak tanımlanmıştır.

Dikkat edilmesi gereken koşullardan biri de bu sınıftaki çeliğin hesap dayanımının değil de, **karakteristik dayanımının** eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak kullanılacak olmasıdır.

- ❖ Oluşturulan bina taşıyıcı sistem ve mimari rölövelerinden yola çıkarak binanın tüm elemanları; kotları, taşıdığı yükler ve duvar bilgileri, yerleşim

yerleri doğru olacak şekilde konumlandırılarak yapının üç boyutlu modellenmesi gerçekleştirilir.

- ❖ Modelleme safhasında mevcut yapı elemanlarının boyutlarının ve konumlarının yazılıma tanıtılması sonrasındaki ilk aşama yapının yapıldığı tarihte geçerli olan yönetmelik (1975, 1997, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği vb.) ve o tarihte kullanılmakta olan tasarım standardının (TS500 Emniyet gerilmeleri yöntemi, TS500 Taşıma gücü yöntemi, EUROCODE, ACI vb.) belirtilmesidir.

Buradaki amaç, binanın projesi elimizde olmadığından, **yapının yapıldığı tarihlerde geçerli yönetmelik** koşulları dikkate alınarak, incelediğimiz yapıda kolon ve kirişlerde olması gereken minimum donatı miktarlarının elde edilmesidir.

- ❖ Betonarme taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan sıyırma ve tarama işlemleri sonucunda elde edilen mevcut donatı değerleri ve binanın yapıldığı yıl geçerli olan yönetmelik uyarınca olması gereken minimum donatı değerleri karşılaştırılır.
- ❖ Donatı tespiti yapılan betonarme düşey ve yatay taşıyıcı elemanlarda bulunan mevcut donatının, minimum donatıya oranını ifade eden '**donatı gerçekleşme katsayısı (DGK)**' kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı hesaplanır.

$$DGK = \frac{\text{Sıyırma ve Profometre okumasından elde edilen mevcut donatı ort.}}{\text{Yapının yapıldığı yıl tabi olduğu yönetmelikçe öngörülen minimum donatı}}$$

Bu katsayı değeri hiçbir zaman 1'den büyük olamaz. Katsayının 1 değerini alması yapının yapıldığı tarihte geçerli olan yönetmelik koşulları uyarınca olması öngörülen donatı miktarının %100'ünün mevcut yapıda kullanılmış olduğunu ifade etmektedir.

- ❖ Yapı taşıyıcı sisteminin yatay ve düşey elemanlarında donatı kalitesi, boyuna donatı çap ve düzeni ile etriye çap ve aralıklarının tespiti hem zahmetli hem de kolon ve kirişlerde belirli bir oranda hasara sebebiyet veren bir işlemdir. Bu nedenle sıyırma işlemi her kattaki her kolona ve her kirişe uygulanmaz. İlk etapta amaç performans analizi olduğu için yapının güçlendirilmesinin mi yoksa yıkılmasının mı gerekli olduğu sorusunun cevabı aranmaktadır. Eğer yapıyı güçlendirmeyeyle depreme dayanıklı bir duruma getirme imkânı varsa mevcut elemanlarda hasarı minimum seviyede tutmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır.
- ❖ Mevcut deprem yönetmeliği, bu mantıktan yola çıkarak binalarda orta bilgi düzeyine göre eleman detayları kısmında, betonarme projeler veya imalat çizimleri yok ise beton örtüsü sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak kaydıyla:
 - O kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden,
 - Kiriş sayısının ise %10'undan az olmayacaktır şartlarını içermektedir.

Ayrıca beton örtüsü sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı adedi ve yerleşiminin donatı tespit cihazları ile belirlenmesi zorunludur. Gerekli incelemelerden sonra beton örtüsü sıyrılan bölgeler, özel tamir harcı ile onarılmalıdır.

- ❖ Yapıdaki tüm yatay ve düşey taşıyıcılar için ayrı ayrı hesaplanmış olan iki adet donatı gerçekleşme katsayısı donatı tespiti yapılamayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir. Bu sayede yapının yapıldığı yıl geçerli olan minimum donatı miktarının gerçekte, mevcut durumda, ne kadarının binaya konulduğu belirlenmiş olur.
- ❖ Yapının mevcut durumunun tüm detayları tespit edildikten sonra modellemesi yapılarak dinamik ve statik yük kombinasyonları altında

sistemin performansı belirlenebilir. Yapının performansı maruz kaldığı yer hareketi etkisine göre değişiklik gösterecektir. Bu nedenle deprem yönetmeliğimizde değişik kullanım amaçlı yapılar için farklı büyüklükte deprem çeşitleri tanımlanmıştır.

- ❖ Kullanılacak deprem düzeyleri yönetmelikte belirtilen “ Deprem Bina Önem Katsayısının (I) ” farklı değerlerine göre ayarlanmaktadır.
- ❖ Kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, binalardan beklenen performans düzeyleri, deprem yönetmeliğinde, Çizelge 3.2.’de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.
- ❖ Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, örneğin söz konusu ele alınan yapı bir okul yapısı ise, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan orta ölçekli bir deprem için “Hemen Kullanım” koşulunu, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan büyük ölçekli bir deprem için ise “Can Güvenliği” performans düzeyini sağlaması gerekmektedir.

Çizelge 3.2. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, İtfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, Ulaşım istasyonları, afet yönetim merkezleri, Vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar: Konutlar, İşyerleri, Oteller, Turistik tesisler, Endüstri yapıları, vb.)	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi

- ❖ İlk etapta incelenen durum bina önem katsayısının $I=1$ değeri için, orta ölçekli tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılması olasılığının %10 olması koşuluna göre yapı performans analizinin yapılmasıdır.
- ❖ Orta ölçekli bir deprem etkisinde binanın performans değerlendirmesini gerçekleştirmek amacıyla sistemin x- ve y- doğrultularında deprem analizleri, ‘‘Bina önem katsayısı $I=1$ ’’ ve ‘‘Deprem yükü azaltma katsayısı

Ra=1'' alınarak yapılır. Bu yaklaşım söz konusu iki değerin deprem kuvvetine etkisinin olmayacağı anlamına gelir. Bu durumda yapıdan beklenen performans değeri yapının sadece çok kısıtlı bir oranda zarar görmesine müsamaha gösteren ‘‘Hemen Kullanım’’ performans düzeyidir.

- ❖ İkinci durumda bina önem katsayısı değeri daha büyük ölçekli bir depremi yansıtması amacıyla arttırılır ve $I=1.5$ alınarak deprem kuvveti hesaplanır. Bu durumda büyük ölçekli tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılması olasılığı %2’dir.
- ❖ Büyük ölçekli bir deprem etkisinde binanın performans değerlendirmesini gerçekleştirmek amacıyla sistemin x- ve y- doğrultularında deprem analizleri, ‘‘Bina önem katsayısı **I=1,5**’’ ve ‘‘Deprem yükü azaltma katsayısı **Ra=1**’’ değerleri kullanılarak yapılır. Böylece deprem yükünün arttırılmasıyla can güvenliği koşulunun sağlanması için binada müsaade edilen hasar miktarı, hemen kullanım koşuluna kıyasla göreceli olarak bir miktar daha fazladır. Bu büyük deprem kuvveti etkisinde hemen kullanımı sağlayamasa bile can güvenliği performans seviyesini sağlaması deprem yönetmeliğince yeterlidir.
- ❖ Farklı deprem düzeylerine göre yapılan performans analizleri sonrasında hangi elemanlarda veya yapının tamamında deprem kuvvetlerine karşı yetersizlik olup olmadığı tespit edilir.
- ❖ Yapıda uygulanabilecek güçlendirme yöntemine karar verilirken başta performans ve sonrasında maliyet değerleri dikkate alınır. Çeşitli güçlendirme seçenekleri içerisinde yapı performansını günümüz koşullarına göre yeterli seviyede arttıran ve maliyeti de diğer yöntemlere göre olabildiğince ekonomik değerlerde tutan en uygun yöntem belirlenir.
- ❖ Ele alınan yöntem manto ile onarım ve yeni perde eklenmesi ile güçlendirme işlemlerinin yapılması ise bu işlemler hali hazırda okul olarak kullanılan yapılar için; öncelikle bina önem katsayısı $I=1$ alınarak sisteme uygulanır. Binaya hemen kullanım koşulunu sağlayacak yeterlilikte güçlendirme

elemanı eklenir. Daha sonrasında onarılan ve güçlendirilen yeni sistem bina önem katsayısı değerinin $I=1,5$ alınmasıyla daha büyük bir dinamik etkiye maruz bırakılarak yeniden analiz edilir. Artan deprem yükü sonucunda binada yetersizlikler devam ediyor ise binanın ağırlık merkezi ve rijitlik merkezini olabildiğince birbirine yaklaştıracak şekilde konumlandırılmış yeni perde/perdeler eklenir. Bu işlemler sonucunda binanın can güvenliği performans seviyesine ulaşması sağlanır.

- ❖ Ancak hazırlanan projenin uygulamaya konulması veya gerekirse yapının yıkılıp baştan yapılması, genel bir teamül çerçevesinde yapılacak ekonomik bir değerlendirme sonucu alınan karar ile mümkün olacaktır.

3.5. Depremde Bina Performansının Lineer Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri:

- 1) Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve
- 2) Mod birleştirme yöntemidir.

Yapının güçlendirilmesi söz konusu olduğunda bu yöntemlerle ilgili olarak yönetmelikçe belirtilen ek kurallar uygulanır.

3.5.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Bu yöntemde, yapıda depremin oluşturacağı etkiye eşdeğer bir etki oluşturacak ‘statik’ yükler altında, yapının statik analizi yapılmaktadır.

Dikkate alınan deprem doğrultusunda, yapının tamamına tesir eden ‘toplam eşdeğer deprem yükü’ veya başka bir deyişle taban kesme kuvveti (V_t)’ nin hesaplanmasında kullanılacak olan denklem:

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW \quad (3.1)$$

W : Binanın deprem esnasında toplam ağırlığı

A_0 : Etkin yer ivmesi katsayısı

I : Bina önem katsayısı

T_1 : Binanın 1. doğal titreşim periyodu

(1. Mod, periyodu en yüksek olan mod' u ifade eder.)

$A(T_1)$: Spektral ivme katsayısı, T_1 'e bağlı bir katsayıdır.

$R_a(T_1)$: Deprem yükü azaltma katsayısı, T_1 'e bağlı bir katsayıdır.

Söz konusu yöntemde yaklaşık bir hesaplama mantığı kullanıldığı için yönetmelikte bu yöntemin uygulanabileceği durumlar sınırlandırılmıştır.

Buna göre:

Aşağıda verilen tablodaki koşulları sağlayan yapıların deprem analizinde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılabilir.

Çizelge 3.3. Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulanabileceği Binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının en fazla 2 olması: $n_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı binalar	$HN \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının en fazla 2 olması: $n_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$HN \leq 40$ m
3, 4	Bütün binalar	$HN \leq 40$ m

**B2-Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak Kat)

Yine tabloya göre söz konusu deprem bölgelerinde olan ve yüksekliği 40 m'yi aşan binalarda ise daha kesin bir sonuç imkânı tanıyan ve dinamik bir analiz olan mod birleştirme yöntemi veya zaman tanım alanında hesap yönteminin kullanılması zorunludur.

Binanın deprem sırasındaki toplam ağırlığı ve kat ağırlıkları:

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad , \quad w_i = g_i + nq_i \quad (3.2 \text{ ve } 3.3)$$

Formüllerini kullanılarak elde edilmektedir.

Burada:

w_i : i. Katın ağırlığını

g_i : i. Katın ölü yük ağırlığını

q_i : i. Katın hareketli yük ağırlığını

N : Kat sayısını

n : Hareketli yük katılım katsayısını ifade etmektedir.

Çizelge 3.4. Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

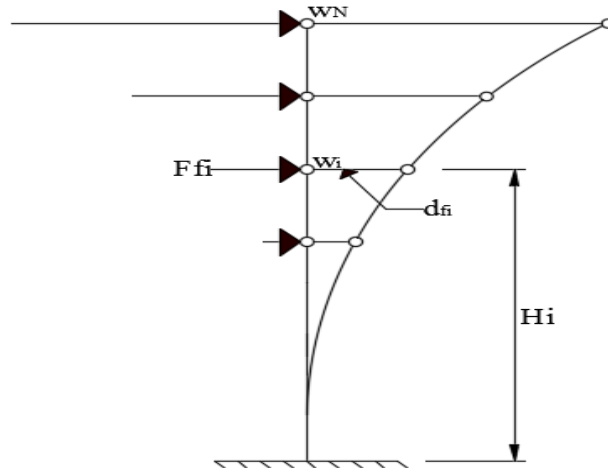
Bir binanın aynı anda hem deprem etkisine maruz kalması hem de bu esnada tamamen hareketli yük ile dolu olması olasılığı düşük bir ihtimaldir. Hareketli yüke maruz kalma olasılığı binanın kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Örneğin normal bir konut yapısına göre depo amaçlı kullanılan bir yapının deprem anında hareketli yük barındırması olasılığı daha fazladır. Yapı

ağırlığının artması üzerine gelen deprem kuvvetini artırır. Dolayısı ile binanın yapacağı deplasman da artacaktır. Bu da hesaplamada deprem kuvvetine karşı koymak amacıyla daha büyük kesitler kullanılmasına sebep olur.

Hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak yapının gerçek ağırlığı daha doğru bir yaklaşım ile elde edilir. Bu katsayı daha ekonomik bir tasarıma imkân tanımaktadır. Söz konusu katsayı değeri 1'den büyük olamaz. Güçlendirme projelerinde kullanılan C_q değeri kiriş hareketli yük çarpanıdır ve deprem hesabında kütlelere uygun olarak yapılan hareketli yük azaltmasını ifade eden değere karşılık gelmektedir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminde söz konusu katlara yapıda depremin oluşturacağı etkiye eşdeğer etki yaratacak statik yükler uygulanır. Bu yükleri bulmak için ilk etapta "fiktif yük" yani sanal veya hayali yük olarak tanımlanan yükler hesaplanır. Fiktif yükler, toplam kuvvetin yüzde kaçının hangi kata ne oranda etki ettiğini ifade eden değerlerdir.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.4)$$



Şekil 3.2 Kat Hizalarına Etkiyen Fiktif Yükler

Bu yük oranı her kat için ayrı ayrı bulunduğundan sonra sistem denklemi oluşturulur.

$$[P] = [K][D] \quad (3.5)$$

Oluşturulan denklem çözülürse fiktif kuvvetler sonucu oluşan sanal deplasmanlar (d_{fi}) bulunur. Bu değerler daha sonra Rayleigh oranı ile periyot değerinin kontrol edilmesinde kullanılacaktır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle deprem kuvvetlerinin hesaplanması durumunda, binanın 1. doğal titreşim periyodu (T_1), yapının serbest titreşim analizi yapılarak hesaplanır. Söz konusu doğal titreşim periyodu ‘‘Rayleigh’’ oranından büyük alınamaz.

$$T_1 \leq 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}^2} \right)^{1/2} \quad (3.6)$$

$$m_i : i. \text{ Katın kütlesi, } m_i = \frac{w_i}{g_i}$$

$$F_{fi} : i. \text{ Kat hizasına etkiyen fiktif (sanal) kuvvet}$$

$$d_{fi} : i. \text{ Katın yer değiştirmesi(deplasman)}$$

Binanın deprem doğrultusundaki hâkim doğal periyodu bu oran ile hesaplanan değerden büyük alınamaz. Ayrıca bu denklem kullanılarak bulunan değerden bağımsız olarak, bodrum katlar hariç kat sayısı 13’den fazla olan binalarda 1. Doğal titreşim periyodu değeri kat sayısının %10’undan daha büyük

alınmayacaktır. Örneğin 20 katlı bir bina için 1. doğal titreşim periyodu değeri 2 saniyeden fazla alınamaz.

$N > 13$ Olan binalarda $T_1 \leq 0.1N$ olmalıdır.

Deprem yüklerinin belirlenmesinde esas alınacak olan spektral ivme katsayısını veren formül:

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (3.7)$$

Bu denklemde yer alan “etkin yer ivmesi katsayısı (A_0)” deprem bölgesinin derecesine göre aşağıda verilen tabloda tanımlanmıştır.

Çizelge 3.5. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Tablodan da görüleceği üzere deprem kuvveti hesaplanırken etkili parametrelerden biri olan etkin yer ivmesi katsayısının değeri 1. Derece deprem bölgesinde yapılacak olan bir binada 4. Derece deprem bölgesinde yapılacak olan bir binaya göre 4 kat artış göstermektedir.

Spektral ivme katsayısının hesaplanmasında kullanılan ve taban kesme kuvveti büyüklüğüne doğrudan etki eden bir başka değer de “bina önem katsayısı (I)” değeridir.

Çizelge 3.6. Bina Önem Katsayısı (I)

Binanın Kullanım Amacı Veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar: Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları. b) Toksin, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyaların saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kıışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> a) Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Bu değer tablodan da görüleceği üzere binanın kullanım amacı veya türüne göre değişiklik göstermektedir. Bina önem katsayısı henüz hesaplama aşamasında olan bir proje için normal bir konutta 1 değerini alırken okul binası için 1.4 değerinde olmaktadır. Yani aynı deprem etkisinde okul yapısında normal bir konuta göre %40 daha fazla deprem yükü hesaplanır. Burada dikkat edilmesi gereken husus mevcut bir yapının performans değerlendirmesi ve güçlendirilmesi

çalışmalarında deprem analizi yapılırken bu katsayının farklı aşılma olasılıklı depremler için söz konusu çizelgeden bağımsız olarak alınacak olmasıdır. Güçlendirme kısmında dikkate alınacak çizelge ise Çizelge 3.2. olarak verilmiştir.

Güçlendirme projelerinde yapıların deprem performansı değerlendirilirken bina önem katsayısı ‘I’ değeri farklı şiddetteki depremlere ve bu depremlerin 50 yılda aşılma olasılıklarına göre değişmektedir.

Çizelge 3.7. Deprem Aşılma Olasılığı

Deprem Aşılma Olasılığı		
50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
$I = 0.5$	$I = 1.0$	$I = 1.5$

Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, örneğin söz konusu ele alınan yapı bir okul yapısı ise, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan orta ölçekli bir deprem için ‘‘Hemen Kullanım’’ koşulunu, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan büyük ölçekli bir deprem için ise ‘‘Can Güvenliği’’ performans düzeyini sağlaması gerekmektedir.

$$A(T_1) = A_0 I S(T_1) \quad (3.7)$$

Formülün incelenmesinden de anlaşılabacağı üzere spektral ivme katsayısını $A(T_1)$ hesaplamak için gerekli olan bir başka değer de spektrum katsayısıdır. $S(T_1)$ katsayısı, spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B) ve binanın 1.mod titreşim periyoduna (T_1) bağlı olarak değişen bir değerdir.

$$\begin{aligned}
S(T_1) &= 1 + 1.5 \frac{T_1}{T_A} & (0 \leq T_1 \leq T_A) \\
S(T_1) &= 2.5 & (T_A \leq T_1 \leq T_B) \\
S(T_1) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T_1} \right)^{0.8} & (T_B \leq T_1)
\end{aligned} \tag{3.8}$$

Spektrum karakteristik periyotları zemin cinsine göre değişiklik göstermektedir. Çizelge 3.8’de deprem yönetmeliğinde belirtildiği üzere binanın oturduğu zemin sınıfına karşılık gelen ve hesaplarda kullanılacak olan spektrum karakteristik periyot değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.8. Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW \tag{3.1}$$

Deprem kuvvetini hesaplamada kullanılan formüldeki $R_a(T_1)$ deprem yükü azaltma katsayısı değeri:

- Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B) ve
- R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısına bağlı bir değerdir.

Bu değer aşağıda verilen formüllerdeki koşullara uygun olacak şekilde hesaplanmaktadır.

$$R_d(T_1) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T_1}{T_A} \quad (0 \leq T_1 \leq T_A) \quad (3.9)$$

$$R_d(T_1) = R \quad (T_A < T_1)$$

Burada kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı süneklik düzeyi normal ve süneklik düzeyi yüksek sistemlere göre Çizelge 3.9. 'dan elde edilmektedir. Yapılacak mevcut yapı performans analizinde süneklik düzeyinin ne durumda olduğuna yerinde yapılan incelemeler dikkate alınarak yönetmeliğin bu konuda yapmış olduğu tanımlara göre mühendis tarafından karar verilir.

Aşağıda yer alan Çizelge 3.9.'dan görüleceği üzere kullanılan taşıyıcı sistem davranış katsayısı süneklik düzeyi yüksek sistemlerde, süneklik düzeyi normal olan sistemlere kıyasla daha büyük değerler almaktadır.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısındaki artış deprem yükü azaltma katsayısı değerinin de artışına yol açacaktır. Bu da süneklik düzeyi yüksek olan sistemlere daha az deprem yükü etki ettirileceği anlamına gelmektedir.

Çizelge 3.9. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)

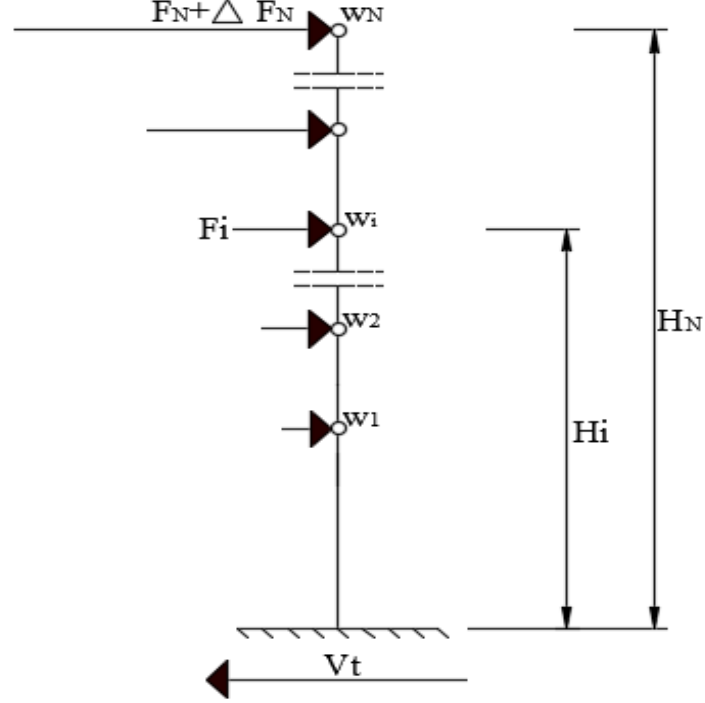
BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdeler ile taşındığı binalar	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Güçlendirme çalışması yapılacak mevcut bir yapı performansı değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken husus deprem yükü azaltma katsayısının mevcut elemanlar için $R_d(T_1)=1$ şeklinde alınacak olmasıdır. Yani mevcut elemanlara gelen deprem kuvveti hiçbir şekilde azaltılmayacaktır.

Yeni eklenecek olan manto, perde vb. elemanlar için ise Çizelge 3.9.'dan okunan taşıyıcı sistem davranış katsayısı değerine göre hesaplanacak olan deprem yükü azaltma katsayısı uygulanacaktır.

Bir binada yukarıda bulunan katların tabana olan mesafesi arttığı için yükseklik arttıkça o katın deprem kuvvetinden alacağı pay da artmaktadır. Kat' a etkiyen eşdeğer deprem kuvveti aşağıdaki formülde verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (3.10)$$



Şekil 3.3 Kat Hizalarına Etkiyen DepremYükleri

Binanın en üst katına bir miktar fazla yük etki ettirilmektedir. Bu yük (ΔF_N) kısaltmasıyla ifade edilmektedir.

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (3.11)$$

Tüm bunlar dikkate alındığında binaya gelen toplam deprem kuvvetinin katlara doğru miktarda dağıtıldığından emin olmak adına aşağıda verilen formül ile hesaplanır.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (3.12)$$

Bulunan değerin,

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_d(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW \quad \text{Formülünden seçilmiş olan uygun deprem kuvveti}$$

değeri ile aynı olup olmadığı kontrol edilir.

3.5.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Mod birleştirme yöntemi kullanılarak dinamik bir analiz yapılmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem, statik analize dayanan eşdeğer deprem yükü yöntemine göre daha gerçekçi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Bu metotta; olabilecek en yüksek değerdeki iç kuvvetler ve deplasmanlar, yapıda yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilmesi ile elde edilmektedir.

4. SAYISAL ÇALIŞMA**4.1. Adana İli Çukurova İlçesi Sabancı İlkokulu Binası****4.1.1. Çalışma Konusu**

1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmiş ve inşa edilmiş olan Adana ili, Çukurova Sabancı İlkokulu Binasının, Türk Deprem Yönetmeliğinin (TDY2007) ilgili hükümleri doğrultusunda değerlendirilmesi, deprem tahkikinin yapılması ve revize edilmesi kapsamında yeniden hazırlanmış olan güçlendirme projesinin uygulamaya geçirilip geçirilmeyeceği konusu bu bölümde ele alınmıştır.

4.1.2. Yapı Hakkında Genel Bilgiler

Çalışmada ele alınan yapı, hali hazırda okul binası olarak kullanılmakta olup, 43.50 m × 17.47 m boyutlarında oturma alanına sahiptir. Zemin + 2 Normal Kattan oluşan, betonarme karkas yapı şeklinde inşa edilmiş y-eksenine göre simetrik olan bir binadır. Temel modelini tespit etmek amacıyla açılan muayene çukurundan, bina temel sisteminin her iki doğrultudaki sürekli temellerden oluştuğu anlaşılmıştır.

İncelenen okul binasının 1998 yılından önce, Milli Eğitim Binaları için hazırlanmış olan bir tip proje esas alınarak inşa edildiği anlaşılmaktadır. Yapım sırasında tip projeye tam olarak uyulmaması nedeniyle, projenin mevcut olmadığı kabulüne göre binadan “Orta Bilgi Düzeyinde” bilgi toplanmıştır (TDY-2007, Bölüm 7.2.5). Ele alınan okul yapısına ait tüm cephe görünüşleri Şekil 4.1-4.4’te verildiği gibidir.



Şekil 4.1 Binanın Güney Cephesi Görünüşü



Şekil 4.2 Binanın Güney-Batı Cephesi Görünüşü



Şekil 4.3 Binanın Kuzey-Batı Cephesi Görünüşü



Şekil 4.4 Binanın Doğu Cephesi Görünüşü

4.1.3. Çalışma Yöntemi Adımları

Söz konusu incelenen okul yapısının deprem tahkiki çalışmaları, Türk Deprem Yönetmeliğinde “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” bölümünde yer alan “ Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” esasları çerçevesinde sırasıyla, kısaca aşağıda verilen adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

Bu adımlar:**• Binanın Mevcut Durumunun Saptanması**

- Rölöve Çalışmaları
 - Binanın Mimari Rölövesinin Hazırlanması
 - Binanın Taşıyıcı Sistem Rölövesinin Hazırlanması

• Mevcut Malzeme Kalitesinin Belirlenmesi

- Beton Kalitesinin Belirlenmesi
- Donatı Kalite ve Düzeninin Belirlenmesi

• Temel Sisteminin Belirlenmesi

- Muayene Çukuru Açılması

• Binanın Oturduğu Zeminin Özelliklerinin Belirlenmesi

- Sondaj Çalışmalarının Yapılması

• Binadan bilgi toplanması sırasında oluşan tahribatların tamiri

- Sıyırma yapılan yerlerin yeniden sıvanması
- Karot alınan yerlerin özel tamir harcı ile doldurularak kapatılması
- Temel ve zemin muayene çukurlarının kapatılması

• Binanın Bilgisayar Ortamında 3 Boyutlu Modelinin Oluşturulması**• Farklı Deprem Büyüklükleri Dikkate Alınarak Performans Analizlerinin Gerçekleştirilmesi****• Yapılan Performans Analizleri Sonucunda Risk Değerlendirmesi Yapılması****• Maliyet Analizi Sonucunda Güçlendirme veya Yeni Baştan Yapım Kararının Alınması**

Ele alınan okul binası için toplanan bilgiler sonucu tespit edilen “Mevcut Yapı Özellikleri ve Analiz Parametreleri” Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Yapı Özellikleri ve Analiz Parametreleri Özet Çizelgesi

Yapının Adı:	Sabancı İlkokulu
Adresi:	Çukurova / Adana
Yapım Yılı:	1998 Öncesi
Kat Adedi (N) :	Zemin kat + 2 Normal kat
Kat Alanı (m²) :	Zemin Kat: 680 1. N. Kat: 680 2. N. Kat: 680
Toplam Yapı Alanı (m²) :	2040
Yapının İmal Ediliş Tarzı:	Betonarme Karkas
TDY (2007)'de Öngörülen Performans Düzeyi:	50 yılda: % 10 Hemen Kullanım ve % 2 Can Güvenliği Performans Koşulları
Deprem Bölgesi:	2.Derece Deprem Bölgesi
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (Ao) :	0.30
Taban Kesme Kuvveti Katsayısı:	0.85
Hareketli Yük Katılım Katsayısı:	0.60
Spektrum Karakteristik Periyotları:	T _A =0.15 / T _B =0.40
Yerel Zemin Sınıfı:	Z2
Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{z,em}) :	1.80 kgf/cm ²
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi:	Orta Bilgi Düzeyi
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı Değeri:	0.90
Mevcut Durum Beton Dayanımı (F_{ck}) :	6.26 MPa
Mevcut Beton Elastisite Modülü:	221315 kg/cm ²
Mevcut Asal Donatı Sınıfı:	St I - St III
Mevcut Etriye Sınıfı:	St I (BÇI)
Mevcut Betonarme Perde En Kesit Alanı / Kat Alanı (Her İki Yön İçin)	X- Yönü: 0,00688 Y- Yönü: 0,00432

4.1.4. Mevcut Yapı Özellikleri ve Malzeme Bilgileri**4.1.4.1. Rölöve Çalışmaları**

Binanın mevcut durumunun ayrıntılı olarak saptanması çalışmalarına, mimari ve taşıyıcı sistem rölövelerinin çıkartılması ile başlanmıştır. Rölöve çalışmalarında, zemine gömülü olan temel sistemi türünün anlaşılabilmesi ve boyutlarının belirlenebilmesi için Şekil 4.5’de verilmiş olan temel muayene çukuru açılmıştır. Binaya ait mimari rölöveler Ek-1’de, taşıyıcı sistem rölöveleri ise Ek-2’de verilmiştir.



Şekil 4.5 Sabancı İlkokuluna Ait Temel Muayene Çukuru

4.1.4.2. Beton Kalitesinin Belirlenmesi

Binada kullanılmış olan mevcut beton kalitesinin bulunması amacıyla, binanın çeşitli yerlerindeki taşıyıcı sistem elemanlarından alınan karotlar basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur.

TDY-2007'ye göre "Orta Bilgi Düzeyinde" bilgi toplanır iken binadan alınması gereken minimum beton numune sayısı:

- Tüm katlardaki kolon veya perdelerden toplam 3 adetten az olmayacak
- Binada toplam 9 adetten az olmayacak
- Toplam alınan numune Her 400 m²'de 1 adetten az olmayacak şekilde beton numune alımı gerçekleştirilecektir.

Yukarıda verilmiş olan maddelere uygun olarak, bina her bir kat alanının yaklaşık **680 m²** olması nedeniyle, "Orta Bilgi Düzeyi" koşullarının sağlanması için binadan toplam **9 adet** karot numune alınmıştır (Şekil 4.6). Karot alınan noktalar, Ek-3'te verilen krokiler üzerine işaretlenmiştir. Karot alınan bölgeler, şişerek hacmini arttıran ve numune alınmasıyla açılan boşluğu tamamen dolduran özel tamir harcı ile onarılmalıdır. Aksi halde numune alınan yer normal betonla doldurulur ise bir süre sonra beton bir miktar büzüleceğinden, boşluk tam anlamıyla kapanmayacaktır.



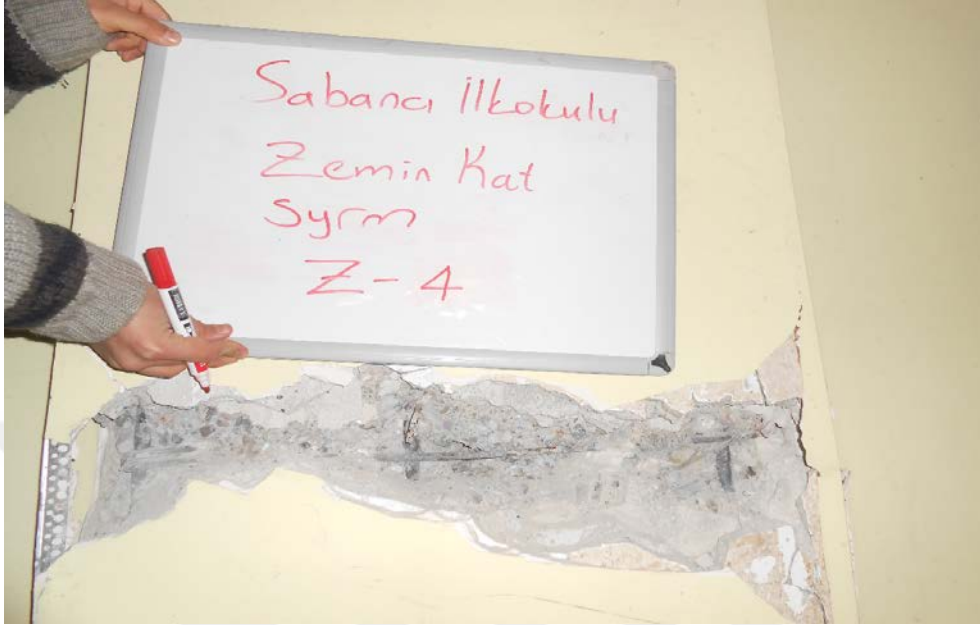
Şekil 4.6 Taşıyıcı Elemandan Beton Numune Alınması

Alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçları ve bu sonuçlara bağlı olarak elde edilen basınç dayanımları ve değerlendirmeler Ek-4'te görülmektedir. Ek-4'te verilen çizelgelerin incelenmesinden görüleceği üzere, binaya ait beton basınç dayanımının **6.26 MPa** değerinde olduğu tespit edilmiştir.

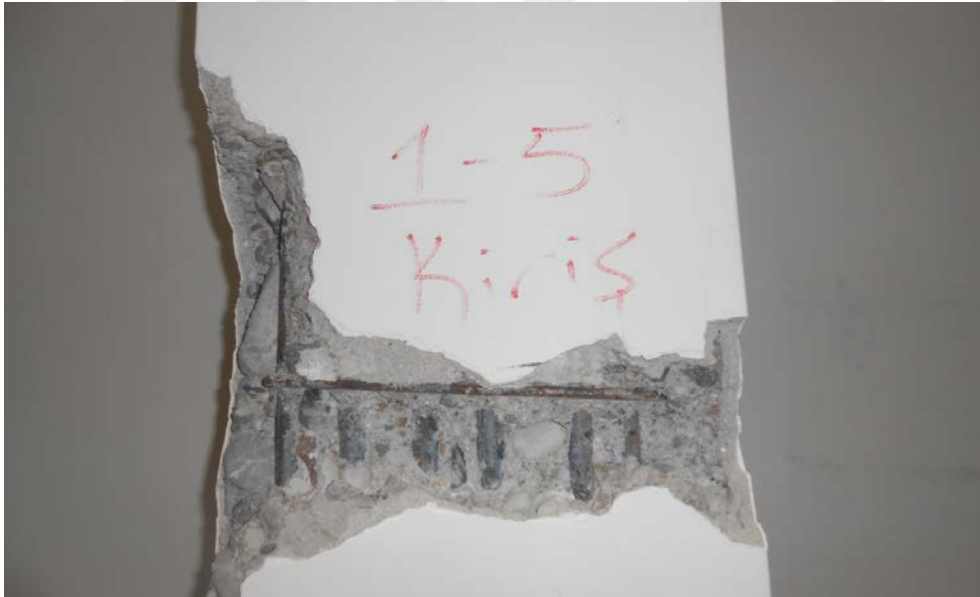
4.1.4.3. Donatı Kalite ve Düzeninin Belirlenmesi

Binadaki donatı kalite ve düzeninin belirlenmesi amacıyla ilk olarak binanın bazı kolon, perde ve kirişlerinde pas payı sıyırma işlemi yapılmıştır. Yapılan sıyırma işlemlerine ait örnekler Şekil 4.7 ve 4.8'de verilmiştir. Beton örtüsü sıyırması yapılan bölgeler, Ek-5'teki kroki üzerine işaretlenmiştir. Sıyırma yapılan bölgelerde donatı kalitesi, boyuna donatı çap ve düzeni ile etriye çap ve aralıkları tespit edilmiştir.

Yapılan inceleme sonucunda binada, **BÇI** kalitesinde düz inşaat çeliği kullanıldığı ve donatı çeliğinde korozyon oluşmadığı tespit edilmiştir. Gerekli incelemelerden sonra, paspayı sıyrılan bölgeler, özel tamir harcı ile onarılmıştır.



Şekil 4.7 Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi ile Kolonda Donatı Tespitinin Yapılması



Şekil 4.8 Kiriş Alt Yüzünde Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi İle Donatı Tespiti

Binadaki donatı düzeninin belirlenmesi amacıyla ayrıca değişik betonarme elemanlarda hasarsız donatı taraması gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.9). Tarama yapılan elemanlar, Ek-6’da verilen krokiler üzerine işaretlenmiştir.



Şekil 4.9 Kolon Yüzünde Tahribatsız Donatı Taraması Yapılması İşlemi

Betonarme taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan sıyırma ve tarama işlemleri sonucunda elde edilen verilerin sonucunda, taşıyıcı sistemde, projeye göre “Donatı Gerçekleşme Katsayısı” belirlenmiştir. Toplanan bilgiler sonucunda elde edilen değerlerin incelenmesiyle düşey taşıyıcı elemanlarda bu değer **%75** (yani 0.75), yatay taşıyıcı elemanlarda ise **%100** (yani 1.00) olduğu belirlenmiştir.

Burada dikkat edilmesi gereken husus, bu değer donatı tespiti yapılmayan diğer bütün elemanlara uygulanarak muhtemelen var olan donatı miktarlarının belirlenecek olmasıdır. Dolayısıyla bir tahmin durumu söz konusu olduğu için yönetmelikte de belirtildiği üzere hesaplamalarda kullanılan bu katsayı güvenli tarafta kalmak adına maksimum **1 (%100)** değerini alabilir. Katsayının 1 değerini alması binanın yapıldığı yıl geçerli olan yönetmelik koşullarına göre elemanların olması gereken minimum donatı miktarının mevcut durumda sağlanmış olduğu anlamına gelmektedir.

4.1.4.4. Yapının Oturduğu Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi

Binanın bulunduğu bölgedeki zemin özelliklerinin belirlenebilmesi için, sondajlı zemin etüt çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında, binanın farklı noktalarında **20 metre** derinliklerde **2 adet** sondaj kuyusu açılmıştır. Bahsi geçen sondaj kuyuları Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’ da verildiği gibidir.



Şekil 4.10-4.11 Sondaj Kuyusu Açılması Çalışmaları

Sondajlardan elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde, gerekli tüm deneyler yapılmıştır. Endeks deneyler sonunda, TS-1500’e göre zeminler sınıflandırılmıştır. Yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen veriler aşağıdaki gibi özetlenir ise:

Bir numaralı sondaj kuyusunun (Sk-I) noktasında zemin yüzeyinde 0.1 m kalınlıkta saha betonu kaplaması mevcuttur. Saha betonu altında 0.25 m’ye kadar dolgu birim bulunmaktadır. Dolgu birim altında 0.35 m’ye kadar bitkisel toprak tabakası mevcuttur. Bu tabakanın altında ise 20.00 m’ye kadar az çakıllı, kalıcı girişimli kil tabakası gözlenmiştir. İki numaralı sondaj kuyusunun(Sk-2), kuyu

noktasında yine zemin yüzeyinde 0.10 m kalınlıkta saha betonu ve bunun altında 2.00 m'ye kadar dolgu birim bulunmaktadır. Dolgu birim altında görülen az çakıllı, kalıcı girişimli kil tabakası sondaj derinliği olan 20 m'ye kadar gözlenmiştir. Sondaj içerisinde yapılan ölçümlerde yeraltı suyu gözlenmemiştir.



Şekil 4.12 Sondaj İşlemi Sonucu Elde Edilen Karot Sandığı-SK1



Şekil 4.13 Sondaj İşlemi Sonucu Elde Edilen Karot Sandığı-SK2

Sondaj kuyuları içerisinde, toplam **2 adet** Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. Sondaj kuyuları içerisinde yapılan Standart Penetrasyon (SPT) deney sonuçları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Çizelge 4.2. Standart Penetrasyon Deneyi Sonuçları

Sondaj No	SPT Deney No	Derinlik(m)	SPT N Sayısı	Değerlendirme
SK-1	D1	2.00-2.45	23	Çok Katı
SK-1	D2	6.00-6.45	R	Sert
SK-2	D1	2.00-2.45	22	Çok Katı
SK-2	D2	6.00-6.45	R	Sert

Taşıma gücü değerleri laboratuvar deney sonuçlarının en düşük değerleri ile dahi hesaplandığında, **1.80 kgf/cm²** değerinin üzerinde kalmaktadır. Yine SPT deney verilerinden hareketle temel zemini oturma yönünden sorunlu görülmemektedir.

Mühendislik deneyleri doğrultusunda yapılan hesaplamalara göre statik ve betonarme hesaplarda dikkate alınacak güvenilir parametreler aşağıdaki gibi önerilmiştir:

Çizelge 4.3. Binaın Bulunduğu Zeminin Özellikleri

Yapı Bilgisi	Zemin Grubu	Zemin Sınıfı	Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{zem})	Yatak Katsayısı (k)
Zemin Kat +2 Normal Kat	C	Z2	1.80 (kgf/cm ²)	2160 (t/m ³)

Deprem ve zemin parametreleri, deprem yönetmeliğine göre tespit edilmiş olup, Çizelge 4.4’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.4. Deprem ve Zemin Parametreleri

Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A _o)	0,3
Spektrum Karakteristik Periyotları (T _A /T _B)	T _A =0,15sn. T _B =0,40sn.

4.1.5. Mevcut Yapı Performans Analizleri

4.1.5.1. Mevcut Yapının Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması

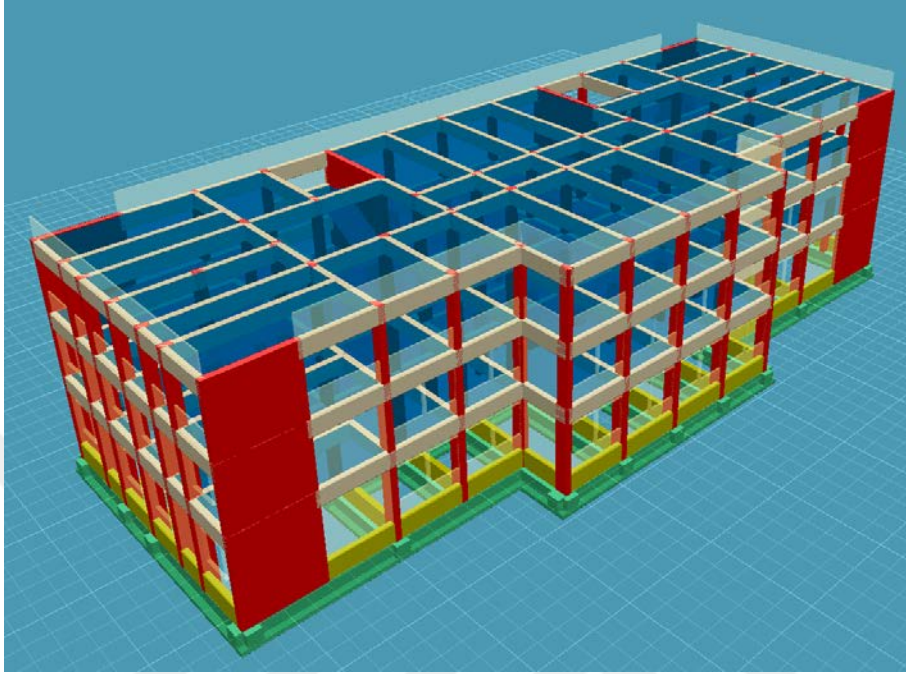
Yapının mimari/ taşıyıcı sistem rölövelerinin hazırlanması, mevcut eleman boyutları ile malzeme kalitelerinin, “Orta Bilgi Düzeyi” katsayıları dikkate alınarak belirlenmesi ve sonuç olarak binadan her türlü gerekli bilginin toplanması aşamalarının tamamlanmasından sonra, bina bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak yeniden modellenmiştir. Mevcut bir okul yapısının ele alındığı bu çalışmaya ait modelin oluşturulmasında Sta4-CAD Versiyon 13.1 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yapı modellerine ait üç boyutlu görünüşler Şekil 4.11-4.12’de sunulmuştur.

Modelleme çalışmasında:

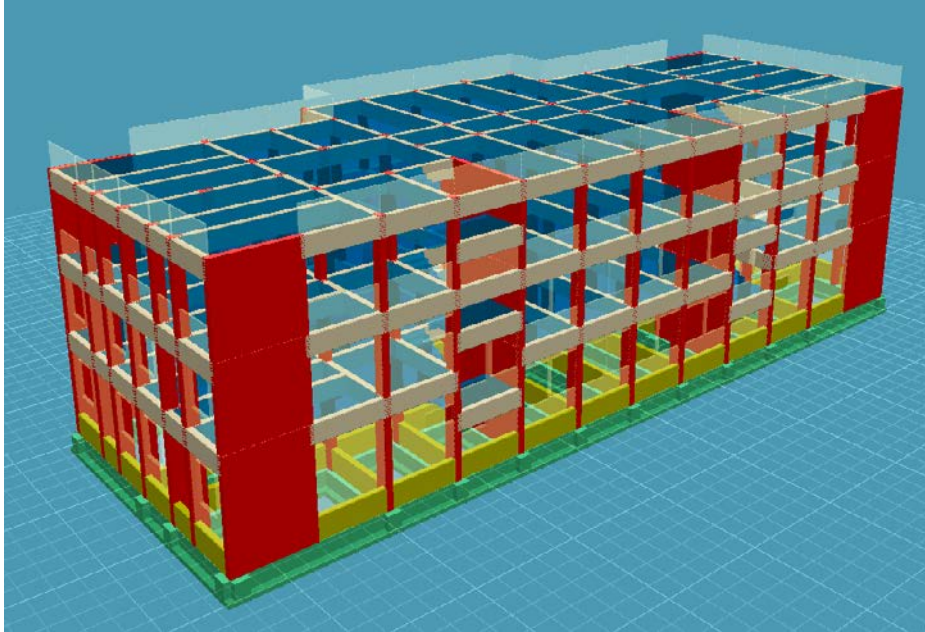
- Bina beton dayanımı **6.26 MPa** olarak alınmış, ilgili dayanım değerleri, “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Bina donatı kalitesi tüm yapı elemanları için **BÇI** kalitesinde alınmış, ilgili dayanım değerleri “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Yapının uzun kenar doğrultusu x, kısa kenar doğrultusu ise y doğrultusu olarak kabul edilmiştir.
- Yapının modellenmesinde Zemin Kat 1 No.lu, 1. Normal Kat 2 No.lu ve 2. Normal Kat ise 3 No.lu kat olarak adlandırılmıştır.
- Yapının temel sistemi, iki doğrultuda sürekli temel olarak modellenmiştir.
- Binanın **İkinci Derece Deprem Bölgesinde** olduğu dikkate alınmıştır.

Deprem ve zemin parametreleri, deprem yönetmeliğine göre tespit edilmiş olup, yukarıda belirtilen Çizelge 4.4’de verildiği gibidir.

Oluşturulan yapı modelinin ön cephe ve arka cephe görünüşleri Şekil 4.14-Şekil 4.15’de verildiği gibidir.



Şekil 4.14 Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Ön Cephe)



Şekil 4.15 Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Arka Cephe)

4.1.5.2. Yapı Performans Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

Binanın bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak modellenmesinden sonra, yapının kullanım amacı ve türüne göre belirlenen farklı büyüklükteki deprem etkilerinde gerçekleşen performans analizi, “doğrusal elastik hesap yöntemi” ile gerçekleştirilmiştir. Kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, binalardan beklenen performans düzeyleri, TDY-2007 Çizelge 4.5’de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

Çizelge 4.5’in incelenmesinden de görüleceği üzere, bu çalışmada ele alınan binanın, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bir deprem (Orta Ölçekli Deprem) için "Hemen Kullanım" performans düzeyini ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bir deprem (Büyük Ölçekli Deprem) için "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlaması gerekmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar: Konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi

4.1.5.3. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

Öncelikle, orta ölçekli bir deprem etkisinde binanın performans analizi yapılmıştır. Bu amaçla binanın x- ve y- doğrultularında deprem analizleri, “Bina Önem Katsayısı” ve “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” uygulanmadan ($I=1.0$, $R_a=1$) gerçekleştirilmiştir. Orta Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri, sırasıyla Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	96.0	0.0	4.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	95.1	0.0	0.0	4.9
2	78.0	22.0	0.0	0.0	84.0	12.0	4.0	0.0	75.6	24.4	0.0	0.0	70.7	17.1	0.0	12.2
1	91.7	8.3	0.0	0.0	89.6	29.2	4.2	0.0	75.6	22.0	0.0	2.4	73.2	19.5	2.4	4.9
Max.	100.						4.2			24.4						12.2

Çizelge 4.7. 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	51.1	45.9	1.4	1.7	52.7	44.3	1.4	1.7	72.0	26.4	0.0	1.6	68.6	24.8	5.0	1.5
2	30.8	69.2	0.0	0.0	31.1	68.9	0.0	0.0	38.7	59.8	0.0	1.5	40.5	57.4	0.5	1.6
1	65.7	0.0	0.0	34.3	65.7	0.0	0.0	34.3	67.0	0.6	0.0	32.4	70.2	0.6	0.0	29.2
Max.		69.2		34.3					72.0						5.0	

Türk Deprem Yönetmeliğine göre herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda Hemen Kullanım Performans Düzeyinin sağlanabilmesi için gerekli olan koşullar şunlardır:

- Kirişlerin %10’u Belirgin Hasar Bölgesine geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesinde olacaktır.
- Eğer gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa bu elemanların güçlendirilmesi şartı ile söz konusu incelenen binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir.

Çizelgelerin incelenmesinden görüleceği üzere, deprem yönetmeliği uyarınca kirişler için **kabul edilebilir hasar düzeyinin üzerinde** bulunan değerler aşağıda açıklanmıştır:

(-X) doğrultusunda:

1. Katta % 91,7'si, 2. Katta % 78,0'i ve 3. Katta % 100'ü **Minimum Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

(+X) doğrultusunda:

1. Katta % 4,2'si, 2. ve 3. Katta ise % 4,0'ü **İleri Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

(-Y) doğrultusunda:

1. Katta % 22,0'si, 2. Katta ise % 24,4'ü **Belirgin Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

(+Y) doğrultusunda:

1. Katta % 4,9'u, 2. Katta % 12,2'si ve 3. Katta % 4,9'u **Göçme Bölgesinde** bulunmaktadır.

Çizelgelerin incelenmesinden görüleceği üzere, deprem yönetmeliği uyarınca kolonlar için **kabul edilebilir hasar düzeyinin üzerinde** bulunan değerler aşağıda açıklanmıştır:

(-X) doğrultusunda:

1. Katta % 65,7'si, 2. Katta % 30,8'i ve 3. Katta % 51,1'i **Minimum Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

2. Katta % 69,2'si ve 3. Katta % 45,9'u **Belirgin Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

3. Katta % 1,4'ü **İleri Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

1. Katta % 34,3'ü, ve 3. Katta % 1.7'si **Göçme Bölgesinde** bulunmaktadır.

(+X) doğrultusunda:

1. Katta % 65,7'si, 2. Katta % 31,1'i ve 3. Katta % 52,7'si **Minimum Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır

2. Katta % 68,9'u ve 3. Katta % 44,3'ü **Belirgin Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

3. Katta % 1,4'ü **İleri Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

1. Katta % 34,3'ü, ve 3. Katta % 1.7'si **Göçme Bölgesinde** bulunmaktadır.

(-Y) doğrultusunda:

1. Katta % 67,0'si, 2. Katta % 38,7'si ve 3. Katta % 72,0'si **Minimum Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır

1. Katta % 0,6'sı 2. Katta % 59,8'i ve 3. Katta % 26,4'ü **Belirgin Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

1. Katta % 32,4'ü, 2. Katta % 1,5'i ve 3. Katta % 1,6'sı **Göçme Bölgesinde** bulunmaktadır.

(+Y) doğrultusunda:

1. Katta % 70,2'si, 2. Katta % 40,5'i ve 3. Katta % 68,6'sı **Minimum Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır

1. Katta % 0,6'sı 2. Katta % 57,9'ü ve 3. Katta % 24,8'i **Belirgin Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

2. Katta % 0,5'i ve 3. Katta % 5,0'i **İleri Hasar Bölgesinde** bulunmaktadır.

1. Katta % 29,2'si, 2. Katta % 1,6'sı ve 3. Katta % 1,5'i **Göçme Bölgesinde** bulunmaktadır.

Elde edilen veriler, binanın orta ölçekli bir deprem etkisinde "**Hemen Kullanım**" performans düzeyini sağlayamadığını göstermektedir.

4.1.5.4. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

İncelenmekte olan yapı insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar sınıfına girdiği için orta ölçekli bir deprem etkisinin yanı sıra, büyük ölçekli bir deprem etkisinde de binanın performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla binanın x- ve y- doğrultularında, her iki yönde deprem analizleri, “Bina Önem Katsayısı” ve “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” için sırasıyla $I=1,5$ ve $R_a=1$ değerleri kullanılarak yapılmıştır.

Büyük Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri sırasıyla Çizelge 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	80.0	20.0	0.0	0.0	90.0	6.0	0.0	4.0	78.0	22.0	0.0	0.0	75.6	19.5	0.0	4.9
2	38.0	48.0	14.0	0.0	38.0	48.0	10.0	4.0	36.6	34.1	22.0	7.3	36.6	36.6	14.6	12.2
1	54.2	41.7	4.2	0.0	60.4	29.2	6.3	4.2	36.6	39.0	22.0	2.4	36.6	36.6	19.5	7.3
Max.		48.0			90.0						22.0					12.2

Çizelge 4.9. Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

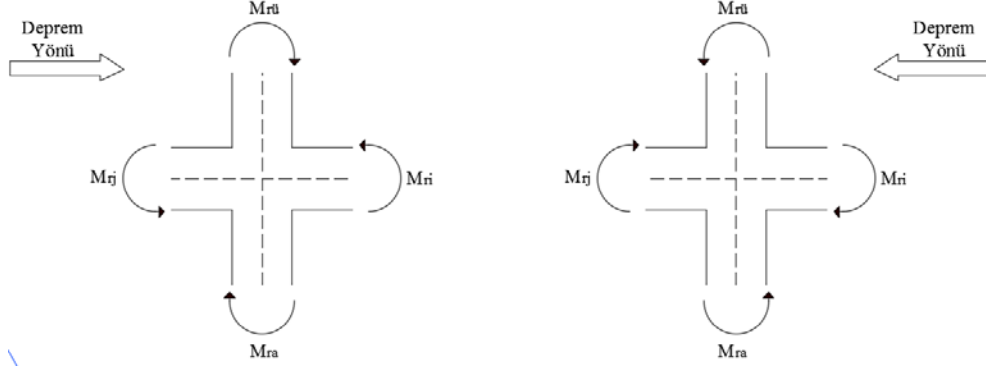
KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	33.0	58.4	5.5	3.1	32.9	58.5	5.5	3.1	52.9	33.5	7.0	6.5	48.0	34.5	8.3	9.2
2	4.9	93.5	1.6	0.0	6.4	92.0	1.6	0.0	15.5	40.9	42.1	1.5	13.4	44.3	40.2	2.1
1	52.1	13.7	0.0	34.3	52.1	13.6	0.0	34.3	26.8	40.8	0.0	32.4	29.2	41.6	0.0	29.2
Max.		93.5		34.3					52.9		42.1					

Türk Deprem Yönetmeliğine göre varsa gevrek olarak hasar gören elemanların onarılması ve güçlendirilmesi şartı ile aşağıda verilmiş olan koşulları sağlayan yapıların Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu kabul edilmektedir. Bunun için gerekli olan koşullar şunlardır:

- Binada herhangi bir katta, sisteme uygulanan bütün deprem doğrultuları için yapılan hesap sonucunda, yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan (ikincil) kirişlerin dışında olmak üzere; kirişlerin en fazla **% 30'u**, kolonların ise bir sonraki takip eden koşulda tanımlandığı kadarı **İleri Hasar Bölgesine** geçebilir.
- **İleri Hasar Bölgesinde** bulunan kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplamda yapmış oldukları katkı **% 20'nin altında** olmalıdır. En üst katta ise bu katta bulunan ve İleri Hasar durumunda olan kolonların kesme kuvvetleri toplamının, söz konusu kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en çok % 40 olabilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesindedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir. Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden (4.1)'deki koşulun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler.

$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (4.1)$$

Denklem (4.1)'de ifade edildiği üzere Deprem Yönetmeliğinde kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanabilesi için: her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların alt ve üst ucundaki taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından % 20 daha büyük olmalıdır.



Şekil 4.16 Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Elde edilen verilerin incelenmesi sonucunda, binanın büyük ölçekli bir deprem etkisi altında **"Can Güvenliği" performans düzeyini de sağlayamadığı** ve bu nedenle de güçlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

4.1.6. Mevcut Durum Performans Analizi Sonuç ve Öneriler

Yukarıda ele alınan okul yapısının mevcut durumunun:

- Detaylı bir şekilde incelenmesi,
- Gözlem ve deney yoluyla bilgi toplanması,
- Yapıya ve bulunduğu zemine ait parametrelerin projeye işlenmesi,
- Tüm bu bilgiler kullanılarak yapı performans analizinin gerçekleştirilmesi ve son olarak;
- Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda:

Adana İli Çukurova İlçesinde bulunan Sabancı İlkokulu Binası'nın "Hemen Kullanım" ve "Can Güvenliği" performans düzeylerini sağlayamadığı dolayısı ile deprem etkisi altında riskli bina sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

Mevcut binanın yeterli deprem güvenliğine ulaşabilmesi amacıyla, yürürlükteki şartnamelere uygun olarak hazırlanacak bir güçlendirme projesi

çerçevesinde yapı taşıyıcı sisteminde onarım ve güçlendirme çalışması yapılmasının gerektiği sonucuna varılmıştır.

İncelenen binanın kullanım amacı ve mimari yapısı dikkate alındığında, mevcut betonarme çerçeveler içerisine binanın her iki yönünde betonarme perde ilave edilerek güçlendirilmesinin ve ayrıca yetersiz kolonların çevresine yapılacak manto işlemiyle onarılmasının uygun bir çözüm yöntemi olacağı **öngörülmektedir**. Hazırlanacak güçlendirme projesinin hayata geçirilip/geçirilmeyeceği kararı ise güçlendirme maliyetine bağlı olarak alınacaktır.

4.1.7. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi Çalışmaları

4.1.7.1 Çalışma Yöntemi

Bu çalışmada incelenen okul yapısının güçlendirilmesinde takip edilecek işlem aşamaları sırasıyla aşağıda verilmiştir. Bunlar:

- Yapılacak güçlendirme çalışmasının yönteminin seçilmesi
- Güçlendirme işleminin mevcut bilgisayar modeli üzerine işlenmesi
- Güçlendirilmiş yeni modelin performans analizlerinin gerçekleştirilmesi
- Güçlendirilmiş yapı performansının yeterlilik kontrolü
- Güçlendirme uygulama projesinin hazırlanması
- Proje inşaat maliyetinin hesaplanması ve bu sonucun incelenmesiyle yapının yıkılıp baştan yapılmasına veya daha uygun bir çözümse, hazırlanan güçlendirme projesinin hayata geçirilmesine karar verilmesi.

4.1.7.2 Güçlendirme Seçenekleri

Betonarme binalar, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak genellikle, betonarme perde ilavesi, betonarme veya çelik mantolama, çelik çapraz perde ilavesi, yetersiz taşıyıcı elemanların plaka elemanlarla takviye edilmesi, dolgu duvarların takviye edilmesi, kütle azaltılması (binanın kullanım amacının

değiştirilmesi), taşıyıcı elemanlar arası kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması gibi yöntemler ile güçlendirilmektedir.

Tüm bunların yanı sıra genellikle hastane, köprü gibi büyük projelerde, deprem kuvvetinin (taban kesme kuvveti) yapıya tesirini ortadan kaldırmaya yarayan taban yalıtım sistemleri (sismik izolatörler) de kullanılmaktadır. Böylelikle yapının depreme karşı dayanımı arttırılmış olur. Ancak bu tarz bir sistemin mevcut bir yapıya sonradan ilave edilmesi, taşıyıcı elemanların kesilip, askıya alınması ve boşalan yere taban yalıtım sisteminin eklenmesiyle mümkün olacak olan oldukça zahmetli/maliyetli bir işlemdir.

4.1.7.3 Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi

İncelenen binanın kullanım amacı ve mimari yapısı dikkate alındığında, binada mevcut betonarme çerçeveler içine merkezi betonarme perde ilave edilerek ve gevrek kolon elemanlar mantolanarak güçlendirilmesinin uygun bir yöntem olacağı anlaşılmaktadır. Bu amaçla alternatif perde düzenlemeleri denenmiş ve bunlar arasından Ek-7’de görülen güçlendirme seçeneği uygun bulunmuştur. Tekniğine uygun yapılan güçlendirme çalışmaları neticesinde binaya yeterli düzeyde deprem güvenliği kazandırılacağı bir gerçektir.

Çizelge 4.10. Yapı Özellikleri ve Güçlendirme Çalışması Analiz Parametreleri

Yapının Adı:	Sabancı İlkokulu
Adresi:	Çukurova / Adana
Yapım Yılı:	1998 Öncesi
Kat Adedi (N) :	Zemin kat + 2 Normal kat
Kat Alanı (m²) :	Zemin Kat: 680 1. N. Kat: 680 2. N. Kat: 680
Toplam Yapı Alanı (m²) :	2040
Yapının İmal Ediliş Tarzı:	Betonarme Karkas
TDY (2007)'de Öngörülen Performans Düzeyi:	<u>50 yılda:</u> %10 Hemen Kullanım ve %2 Can Güvenliği Performans Koşulları
Deprem Bölgesi:	2.Derece Deprem Bölgesi
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o) :	0.30
Taban Kesme Kuvveti Katsayısı:	0.85
Hareketli Yük Katılım Katsayısı:	0.60
Spektrum Karakteristik Periyotları:	T _A =0.15 / T _B =0.40
Yerel Zemin Sınıfı:	Z2
Zemin Emniyet Gerilmesi (σ_{zem}) :	1.8 kg/cm ²
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi:	Orta Bilgi Düzeyi
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı Değeri:	0.90
Mevcut Durum Beton Dayanımı (F_{ck}) :	6.26 MPa
Mevcut Beton Elastisite Modülü:	221315 kg/cm ²
Mevcut Asal Donatı Sınıfı:	St I – St III
Mevcut Etriye Sınıfı:	St I (BÇI)
Mevcut Betonarme Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X- Yönü: 0,00688 Y- Yönü: 0,00432
Güçlendirme ve Onarım Yöntemi	BA Perde Eklenmesi ve Yetersiz Kolonlara Manto
Güçlendirme Elemanı Beton Kalitesi/ Donatı Tipi	C30 – BÇ III
Güçlendirme Perde En Kesit Alanı/ Kat Alanı	X- Yönü: 0,00732 Y- Yönü: 0,00935
Güçlendirilmiş Durum Toplam Perde En Kesit Alanı/ Kat Alanı	X- Yönü: 0,01420 Y- Yönü: 0,01367

4.1.7.4 Güçlendirilmiş Yapının Performans Analizleri

Bu çalışmada ele alınan mevcut okul yapısının güçlendirilmiş halinin bilgisayar modelinin oluşturulması ve yeni modele ait (güçlendirilmiş, onarılmış) bina performans analizleri **Sta4-Cad** bilgisayar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

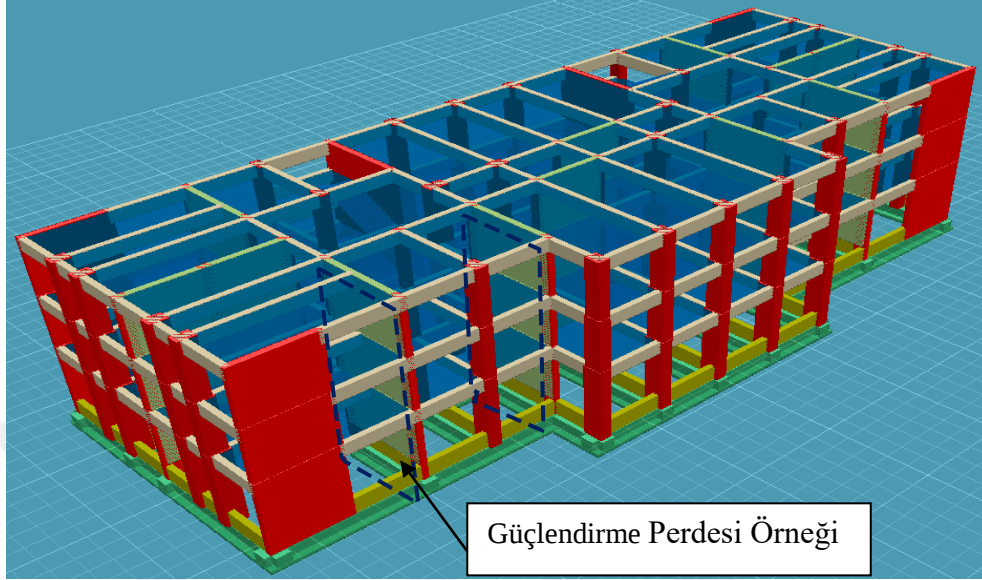
Modelleme çalışmasında:

- Mevcut yönetmelik koşullarına göre yapı elemanlarında beton sınıfının minimum C20 olması zorunludur. Ayrıca hâlihazırda mevcut bulunan ve yeni yapılacak olan elemanlar arasında beton sınıfı bakımından çok büyük farklılıklar olmaması önerilmektedir. Bu bilgiler dikkate alındığında binaya eklenecek betonarme elemanların **C30** kalite standardında beton ve **BÇIII** kalite standardında nervürlü çelik ile üretileceği öngörülmüştür.
- Mevcut bina beton dayanımı **6.26 MPa** olarak belirlenmiş, ilgili dayanım değerleri, “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Donatı kalitesi tüm yapı elemanları için **BÇI** kalitesinde alınmış, ilgili dayanım değerleri “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Yapının uzun kenarı x, kısa kenarı ise y doğrultusu olarak kabul edilmiştir.
- Yapının temel sistemi, her iki yönde mütemadi(sürekli) temel olarak modellenmiştir.
- Yapının modellenmesinde Zemin Kat 1 No’lu, 1. Normal Kat 2 No’lu ve 2. Normal Kat ise 3 No’lu kat olarak adlandırılmıştır.
- Binanın 2. derece deprem bölgesinde olduğu dikkate alınmış bu nedenle etkin yer ivmesi katsayısı hesaplarda 0.30 alınmıştır.
- Yerel zemin sınıfının Z2 olmasına bağlı olarak spektrum karakteristik periyot değerleri Ta:0.15 saniye ve Tb:0.40 saniye alınarak hesaplamalarda kullanılmıştır.

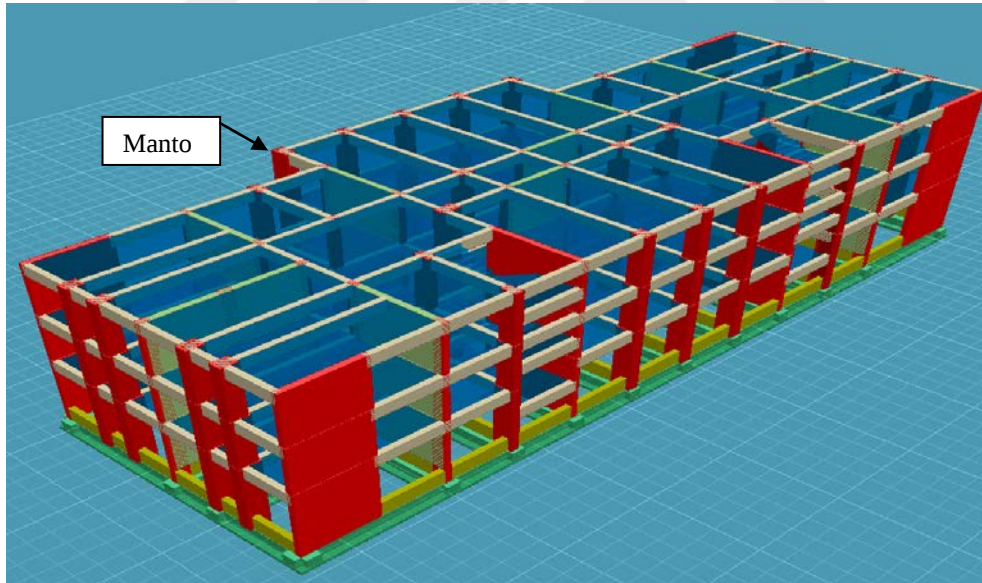
Binanın bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak modellenmesinden sonra, yapının performans analizleri, doğrusal elastik hesap yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, binalardan beklenen performans düzeyleri, TDY2007'de yer alan Çizelge 4.5'de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

Daha önce yapılan ilk aşama mevcut durum performans analizlerinde değinildiği üzere söz konusu okul yapısının farklı deprem düzeylerine karşı yeterlilik sağlayabilmesi için “Hemen Kullanım” ve “Can Güvenliği” koşullarının her ikisini de sağlaması gerekmektedir. Çizelge 4.5 incelenecek olursa, bu çalışmada ele alınan yapının insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar sınıfına girdiği görülmektedir. Bu nedenle incelenen yapının 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bir deprem (Orta Ölçekli Deprem) için "Hemen Kullanım" performans düzeyini ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bir deprem (Büyük Ölçekli Deprem) için "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlaması gerekmektedir.

Bu amaçla yapıya perde eklenmiş ve ilk analizlerin sonucunda yetersiz olduğu anlaşılan düşey taşıyıcıların çevresine 15 cm genişliğinde manto uygulaması yapılmıştır. Bu sayede binada hem mevcut yetersiz elemanların onarılması hem de deprem kuvvetlerini karşılayacak takviye elemanlarla binanın güçlendirilmesi hedeflenmiştir. Bahsi geçen eklemeler Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verildiği gibidir.



Şekil 4.17 Onarım ve Güçlendirme Elemanları Eklenmiş Yapı Modeli (Ön Cephe)



Şekil 4.18 Onarım ve Güçlendirme Elemanları Eklenmiş Yapı Modeli(Arka Cephe)

4.1.7.5 Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

Öncelikle, Orta Ölçekli bir deprem etkisinde güçlendirilmiş modelin performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla binanın x- ve y- doğrultularında deprem analizleri, Bina Önem Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı değerleri “1” ($I=1.0$, $R_a=1$) alınarak yapılmıştır. Orta Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri, sırasıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelgelerin incelenmesinden, her iki doğrultudaki deprem etkisi için kolon ve kirişlerdeki hasar yüzdelerinin yönetmeliğin verdiği sınır değerler içinde kaldığı anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar yönetmelik koşulları dikkate alınarak incelendiğinde, güçlendirilmiş binanın orta ölçekli bir deprem etkisinde "Hemen Kullanım" performans düzeyini sağlayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.11. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.															

Çizelge 4.12. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.													0.1		

4.1.7.6 Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

İkinci aşamada ise, büyük ölçekli bir deprem etkisine maruz bırakılan binanın performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla binanın x- ve y-doğrultularında, her iki yönde deprem analizleri, “Bina Önem Katsayısı” ve “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” için sırasıyla $I=1.5$, $R_a=1$ değerleri kullanılarak yapılmıştır.

Büyük Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri sırasıyla Çizelge 4.12 ve 4.13'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar yönetmelik koşulları dikkate alınarak incelendiğinde, güçlendirilmiş binanın büyük ölçekli bir deprem etkisinde "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.13. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	94.3	5.7	0.0	0.0	94.3	5.7	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	94.3	5.7	0.0	0.0	91.4	8.6	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	85.7	14.3	0.0	0.0
Max.	100.													14.3		

Çizelge 4.14. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.9	0.0	0.1	0.0	99.9	0.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	91.8	8.2	0.0	0.0	91.8	8.2	0.0	0.0	94.8	5.2	0.0	0.0	95.1	4.9	0.0	0.0
Max.	100.					8.2					0.1					

4.2. Adana İli Çukurova İlçesi Vakıfbank Ortaokulu Binası**4.2.1. Çalışma Konusu**

1975 Deprem Yönetmeliğine göre projelendirilmiş ve inşa edilmiş olan Adana ili, Çukurova Vakıfbank Ortaokulu A Blok Binasının, Türk Deprem Yönetmeliğinin (TDY-2007) ilgili hükümleri doğrultusunda değerlendirilmesi, deprem tahkikinin yapılması ve revize edilmesi kapsamında yeniden hazırlanmış olan güçlendirme projesi bu bölümde sunulmuştur.

4.2.2. Yapı Hakkında Genel Bilgiler

Çalışmada ele alınan yapı, hali hazırda okul binası olarak kullanılmakta olup, 14.70 m × 21.90 m boyutlarında oturum alanına sahiptir. Zemin + 2 Normal Kattan oluşan, betonarme karkas yapı şeklinde inşa edilmiş bir binadır. Hangi tip temel çeşidinin uygulandığını tespit etmek amacıyla açılan muayene çukurundan, bina temel sisteminin her iki doğrultudaki sürekli temellerden oluştuğu anlaşılmıştır. Binanın A ve B blokları simetriktir.

Binanın 1998 yılından önce, Milli Eğitim Binaları için hazırlanmış olan bir tip proje esas alınarak inşa edildiği anlaşılmaktadır. Yapım sırasında tip projeye tam olarak uyulmaması nedeniyle bina projesi olmadığı varsayılp binadan “Orta Bilgi Düzeyinde” bilgi toplanmıştır. İncelenen okul binasına ait cephe görünüşleri Şekil 4.19-4.21’de verildiği gibidir.



Şekil 4.19 Binanın Güney Cephesi Görünüşü



Şekil 4.20 Binanın Güney-Doğu Cephesi Görünüşü



Şekil 4.21 Binanın Güney-Batı Cephesi Görünüşü

4.2.3. Çalışma Yöntemi Adımları

Söz konusu ele alınan binanın deprem tahkiki çalışmaları, Türk Deprem Yönetmeliğinde “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” bölümünde yer alan “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” esasları çerçevesinde sırasıyla, kısaca aşağıda verilen adımlar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

Bu adımlar:

• Binanın Mevcut Durumunun Saptanması

- Rölöve Çalışmaları
 - Binanın Mimari Rölövesinin Hazırlanması
 - Binanın Taşıyıcı Sistem Rölövesinin Hazırlanması

• Mevcut Malzeme Kalitesinin Belirlenmesi

- Beton Kalitesinin Belirlenmesi
- Donatı Kalite ve Düzeninin Belirlenmesi

- **Temel Sisteminin Belirlenmesi**

- Muayene Çukuru Açılması

- **Binanın Oturduğu Zeminin Özelliklerinin Belirlenmesi**

- Sondaj Çalışmalarının Yapılması

- **Binadan bilgi toplanması sırasında oluşan tahribatların tamiri**

- Sıyırma yapılan yerlerin yeniden sıvanması
- Karot alınan yerlerin özel tamir harcı ile doldurularak kapatılması
- Temel ve zemin muayene çukurlarının kapatılması

- **Binanın Bilgisayar Ortamında Yeniden Modellenmesi**

- **Binanın Performans Analizlerinin Gerçekleştirilmesi**

- **Risk Değerlendirmesi**

Ele alınan okul binası için hazırlanan “Mevcut Yapı Özellikleri ve Analiz Parametreleri Çizelgesi” aşağıda verilmektedir.

Çizelge 4.15. Yapı Özellikleri ve Analiz Parametreleri

Yapının Adı:	Vakıfbank Ortaokulu
Adresi:	Çukurova / Adana
Yapım Yılı:	1998 Öncesi
Kat Adedi (N) :	Zemin kat + 2 Normal kat
Kat Alanı (m²) :	Zemin Kat: 321,93 1. N. Kat: 321,93 2. N. Kat: 321,93
Toplam Yapı Alanı (m²) :	965,79
Yapının İmal Ediliş Tarzı:	Betonarme Karkas
TDY (2007)'de Öngörülen Performans Düzeyi:	<u>50 yılda:</u> % 10 Hemen Kullanım ve % 2 Can Güvenliği Performans Koşulları
Deprem Bölgesi:	2.Derece Deprem Bölgesi
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (Ao) :	0.30

Çizelge 4.15. (Devamı)

Taban Kesme Kuvveti Katsayısı:	0.85
Hareketli Yük Katılım Katsayısı:	0.60
Spektrum Karakteristik Periyotları:	T _A =0.15 / T _B =0.40
Yerel Zemin Sınıfı:	Z2
Zemin Emniyet Gerilmesi ($\sigma_{z,em}$) :	2.00 kgf/cm ²
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi:	Orta Bilgi Düzeyi
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı Değeri:	0.90
Mevcut Durum Beton Dayanımı (F_{ck}) :	6.26 MPa
Mevcut Beton Elastisite Modülü:	230500 kg/cm ²
Mevcut Asal Donatı Sınıfı:	St I (BÇI)
Mevcut Etriye Sınıfı:	St I (BÇI)
Mevcut Betonarme Perde En Kesit Alanı / Kat Alanı (Her İki Yön İçin)	X- Yönü: 0,0140 Y- Yönü: 0,0094

4.2.4. Mevcut Yapı Özellikleri ve Malzeme Bilgileri

4.2.4.1. Rölöve Çalışmaları

Binanın mevcut durumunun ayrıntılı olarak saptanması çalışmalarına, mimari ve taşıyıcı sistem rölövelerinin çıkartılması ile başlanmıştır. Rölöve çalışmalarında, zemine gömülü olan temel sistemi türünün anlaşılabilmesi ve

boyutlarının belirlenebilmesi için Şekil 4.22’de verilmekte olan temel muayene çukuru açılmıştır. Binaya ait mimari rölöveler Ek-8’de, taşıyıcı sistem rölöveleri ise Ek-9’da verilmiştir.



Şekil 4.22 Temel Muayene Çukuru

4.2.4.2. Beton Kalitesinin Belirlenmesi

Binada kullanılmış olan mevcut beton kalitesinin bulunması amacıyla, binanın çeşitli yerlerindeki taşıyıcı sistem elemanlarından alınan beton numuneleri basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur.

Orta Bilgi Düzeyine göre binadan alınması gereken minimum karot sayısı:

- Her kattaki kolon veya perdelerden toplam 3 adetten az olmayacak
- Binada toplam 9 adetten az olmayacak
- Toplam alınan numune Her 400 m²’de 1 adetten az olmayacak şekilde beton numune alımı gerçekleştirilecektir.

Yukarıda belirtilen şartlara uygun olarak, binada her bir kat alanının yaklaşık **322 m²** olması nedeniyle, "Orta Bilgi Düzeyi" koşullarının sağlanabilmesi için binadan toplam **9 adet** karot numune alınmıştır (Şekil 4.23). Beton numunesi alınan noktalar, Ek-10'de verilen krokiler üzerine işaretlenmiştir. Numune alınan bölgeler, özel tamir harcı ile doldurularak onarılmıştır.

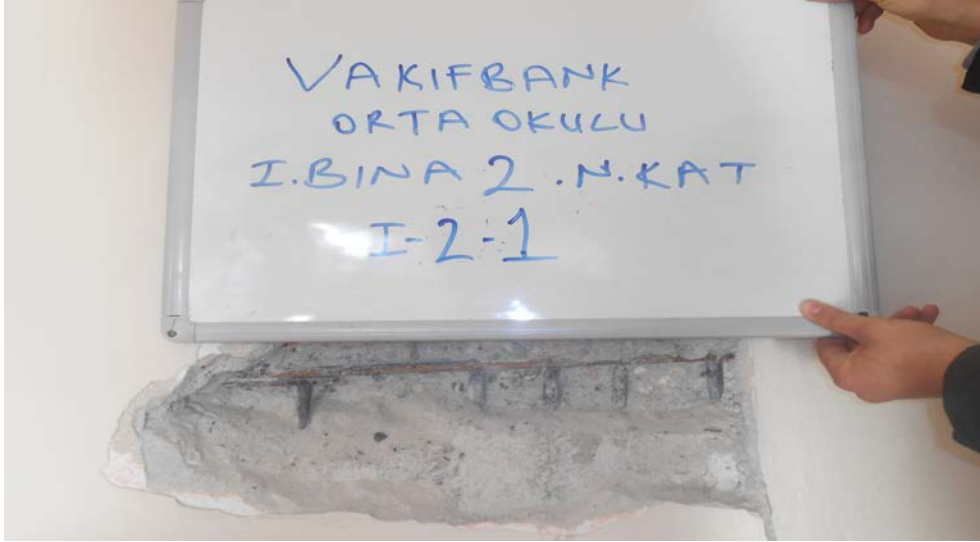


Şekil 4.23 Binadan Beton Numune Alınması

Alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçları ve bu sonuçlara bağlı olarak elde edilen basınç dayanımları ve değerlendirmeler Ek-11'de görülmektedir. Ek-11'de verilen çizelgenin incelenmesinden görüleceği üzere, binaya ait beton basınç dayanımının **7.77 MPa** değerinde olduğu tespit edilmiştir.

4.2.4.3. Donatı Kalite ve Düzeninin Belirlenmesi

Binadaki donatı kalite ve düzeninin belirlenmesi amacıyla ilk olarak binanın bazı kolon, perde ve kirişlerinde paspayı sıyırma işlemi yapılmıştır (Şekil 4.24 ve Şekil 4.25). Paspayı sıyırması yapılan bölgeler, Ek-12'deki kroki üzerine işaretlenmiştir. Sıyırma yapılan bölgelerde donatı kalitesi, boyuna donatı çap ve düzeni ile etriye çap ve aralıkları tespit edilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda binada, **BÇI** kalitesinde düz inşaat çeliği kullanıldığı ve donatı çeliğinde korozyon oluşmadığı tespit edilmiştir. Gerekli incelemelerden sonra pas payı sıyrılan bölgeler özel tamir harcı ile onarılmıştır.



Şekil 4.24 Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi ile Kolonda Donatı Tespitinin Yapılması



Şekil 4.25 Kiriş Alt Yüzünde Beton Örtüsü Sıyırma İşlemi İle Donatı Tespiti

Binadaki donatı düzeninin belirlenmesi amacıyla ayrıca değişik betonarme elemanlarda hasarsız donatı taraması gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.26). Tarama yapılan elemanlar, Ek-13’de verilen krokiler üzerine işaretlenmiştir.



Şekil 4.26 Kolon Yüzünde Tahribatsız Donatı Taraması Yapılması İşlemi

Betonarme taşıyıcı elemanlar üzerinde yapılan sıyırma ve tarama işlemleri sonucunda elde edilen verilerin sonucunda, taşıyıcı sistemde, projeye göre “Donatı

Gerçekleşme Katsayısı” belirlenmiştir. Toplanan bilgiler sonucunda elde edilen değerlerin incelenmesiyle, Donatı Gerçekleşme Katsayısı, binanın düşey taşıyıcı elemanlarında **%107** (yani 1.07), yatay taşıyıcı elemanlarında ise **%122** (yani 1.22) olarak belirlenmiştir.

Burada dikkat edilmesi gereken husus, bu değer in donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarlarının belirlenecek olmasıdır. Dolayısıyla bir tahmin durumu söz konusu olduğu için yönetmelikte de belirtildiği üzere hesaplamalarda kullanılan bu katsayı güvenli tarafta kalmak adına maksimum **1 (%100)** değerini alabilir. Katsayının 1 değerini alması binanın yapıldığı yıl geçerli olan yönetmelik koşullarına göre elemanların olması gereken minimum donatı miktarının mevcut durumda sağlanmış olduğu anlamına gelmektedir.

4.2.4.4. Yapının Oturduğu Zeminin Özelliklerinin Belirlenmesi

Binanın bulunduğu bölgedeki zemin özelliklerinin belirlenebilmesi için, sondajlı zemin etüt çalışması yapılmıştır. Çalışma kapsamında, binanın farklı noktalarında **20 metre** derinliklerde **3 adet** sondaj kuyusu açılmıştır.



Şekil 4.27-4.28 Sondaj Kuyusu Açılması Çalışmaları

Sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde, gerekli laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Endeks deneyler sonunda, TS-1500'e göre zeminler sınıflandırılmıştır. Yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen verilere göre genel oluşuma bakıldığında, zemin yüzeyinden itibaren yaklaşık 0.35–0.40 metre kalınlıkta dolgu tabakasını izleyen 0.55–0.60 m kalınlıkta bitkisel tabaka bulunmaktadır. Bitkisel tabaka altında 1.20–1.30 metre seviyelerine kadar kaliç tabakası bulunmaktadır. Kaliç tabakasının altında 7.0–7.50 m'ye kadar kaliçli çakıl tabakası mevcuttur. Kaliçli çakıl tabakasının altında bant geçişli konglomera tabakası mevcut olup 20 m'ye kadar devam etmektedir.

Sondaj çalışmaları sonunda sondaj kuyusunda yeraltı suyunun bulunup bulunmadığı takip edilmiştir. Sondaj içerisinde yapılan ölçümlerde yeraltı suyu gözlenmemiştir. Sondaj kuyuları içerisinde, toplam **3 adet** Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) yapılmıştır. SPT deney sonuçları zemin mukavemeti hakkında genel bir fikir vermektedir. Arazide sondaj kuyularında yapılan bu SPT deneylerinden, SPT sayıları zemin yüzeyinden farklı derinliklerde SK1 sondajında 10 ve refü; SK2

sondajında 11 ve refü; SK3 sondajında 9 ve refü olarak bulunmuştur. Buradan temel zemini mühendislik özelliklerinin genel olarak iyi olduğu anlaşılmaktadır.

Taşıma gücü değerleri laboratuvar deney sonuçlarının en düşük değerleri ile dahi hesaplandığında, **2.00 kgf/cm²** değerinin üzerinde kalmaktadır. Yine SPT deney verilerinden hareketle temel zemini oturma yönünden sorunlu görülmemektedir. Mühendislik deneyleri doğrultusunda yapılan hesaplamalara göre statik ve betonarme hesaplarda dikkate alınacak güvenilir parametreler aşağıdaki gibi önerilmiştir:

Çizelge 4.16 Binanın Bulunduğu Zeminin Özellikleri

Yapı Bilgisi	Zemin Grubu	Zemin Sınıfı	Zemin Emniyet Gerilmesi(σ_{zem}) (kgf/cm ²)	Yatak Katsayısı (t/m ³)
Zemin K+2 N.K	B	Z2	2.00	2400

4.2.5. Mevcut Yapı Performans Analizleri

4.2.5.1. Mevcut Yapının Üç Boyutlu Modelinin Oluşturulması

Yapının mimari/ taşıyıcı sistem rölövelerinin hazırlanması, mevcut eleman boyutları ile malzeme kalitelerinin, “Orta Bilgi Düzeyi” katsayıları dikkate alınarak belirlenmesi ve sonuç olarak binadan her türlü gerekli bilginin toplanması aşamalarının tamamlanmasından sonra, bina bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak yeniden modellenmiştir. Mevcut bir okul yapısının ele alındığı bu çalışmaya ait modelin oluşturulmasında **Sta4-CAD Versiyon 13.1** bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Yapı modellerine ait üç boyutlu görünüşler Şekil 4.11-4.12’de sunulmuştur.

Modelleme çalışmasında:

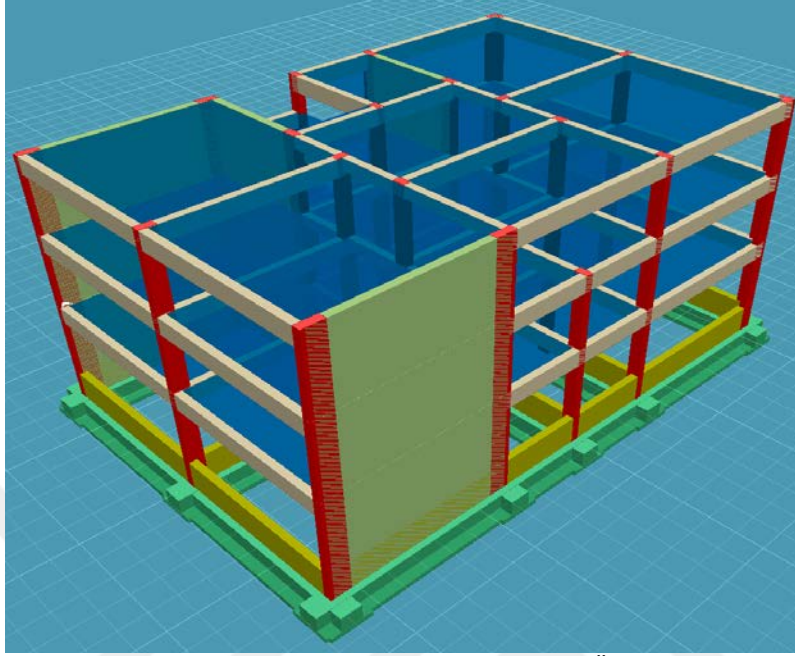
- Bina beton dayanımı **7.77 MPa** olarak alınmış, ilgili dayanım değerleri, “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.

- Bina donatı kalitesi tüm yapı elemanları için **BÇI** kalitesinde alınmış, ilgili dayanım değerleri “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Yapının uzun kenar doğrultusu x, kısa kenar doğrultusu ise y doğrultusu olarak kabul edilmiştir.
- Yapının modellenmesinde Zemin Kat 1 No.lu, 1. Normal Kat 2 No.lu ve 2. Normal Kat ise 3 No.lu kat olarak adlandırılmıştır.
- Yapının temel sistemi, iki doğrultuda sürekli temel olarak modellenmiştir.
- Binanın **İkinci Derece Deprem Bölgesinde** olduğu dikkate alınmış, deprem ve zemin parametreleri, deprem yönetmeliğine göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

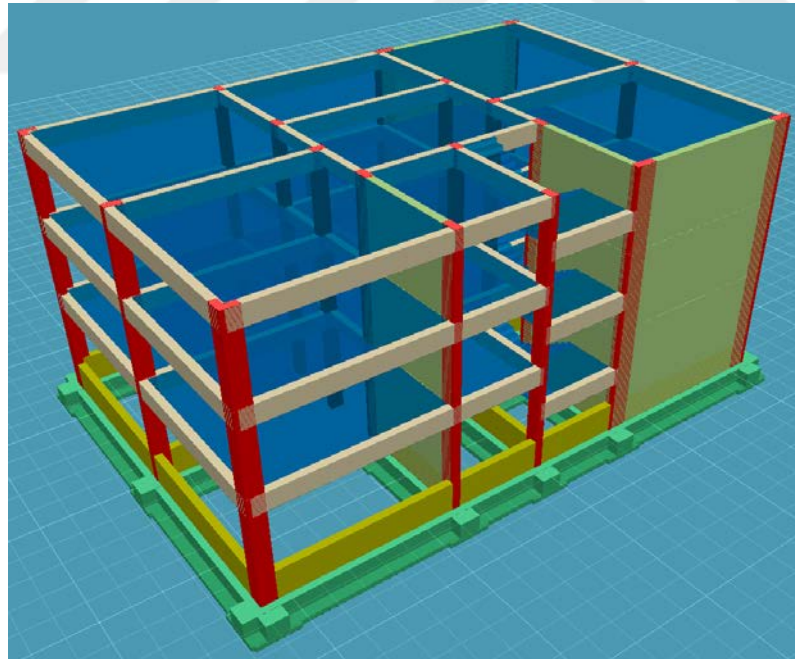
Çizelge 4.17. Deprem ve Zemin Parametreleri

Yerel Zemin Sınıfı:	Z2
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A₀):	0,3
Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A/T_B):	T _A =0,15sn. T _B =0,40sn.

Oluşturulan yapı modelinin ön cephe ve arka cephe görünüşleri Şekil 4.29-Şekil 4.30’da verildiği gibidir.



Şekil 4.29 Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Ön Cephe)



Şekil 4.30 Yapıya Ait 3 Boyutlu Taşıyıcı Sistem Modeli (Arka Cephe)

4.2.5.2. Yapı Performans Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

Binanın bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak modellenmesinden sonra, yapının kullanım amacı ve türüne göre belirlenen farklı büyüklükteki deprem etkilerinde gerçekleşen performans analizi, “doğrusal elastik hesap yöntemi” ile gerçekleştirilmiştir. Kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, binalardan beklenen performans düzeyleri, TDY-2007’de yer alan Çizelge 4.18’de verildiği gibi tanımlanmıştır.

Çizelge 4.18. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	-	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	-
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksin, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	-	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar Konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.	-	CG	-

HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi

Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, bu çalışmada ele alınan binanın, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bir deprem (Orta Ölçekli Deprem) için

"Hemen Kullanım" performans düzeyini ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bir deprem (Büyük Ölçekli Deprem) için "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlaması gerekmektedir.

4.2.5.3. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

Öncelikle, orta ölçekli bir deprem etkisinde binanın performans analizi yapılmıştır. Bu amaçla binanın x- ve y- doğrultularında deprem analizleri, “Bina Önem Katsayısı” ve “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” uygulanmadan ($I=1.0$, $R_a=1$) gerçekleştirilmiştir. Yapılan performans analizine ait sonuçlar, aşağıda verilmektedir. Orta Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri, Çizelge 4.19 ve 4.20’te verilmiştir.

Çizelge 4.19. 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	90.9	9.1	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	91.7	8.3	0.0	0.0	91.7	8.3	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.													9.1		

Çizelge 4.20. 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	99.7	0.0	0.1	0.1	99.7	0.0	0.0	0.3	99.6	0.4	0.0	0.0	99.7	0.0	0.3	0.0
2	99.9	0.0	0.0	0.1	99.9	0.0	0.0	0.1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.1	0.0	0.0	0.9	99.1	0.0	0.0	0.9
Max.									100.	0.4					0.3	0.9

Türk Deprem Yönetmeliğine göre herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda Hemen Kullanım Performans Düzeyinin sağlanabilmesi için gerekli olan koşullar şunlardır:

- Kirişlerin %10'u Belirgin Hasar Bölgesine geçebilir.
- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesinde olacaktır.
- Eğer gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa bu elemanların güçlendirilmesi şartı ile söz konusu incelenen binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olduğu kabul edilir.

Çizelgelerin incelenmesinden görüleceği üzere, (+Y) doğrultusunda kirişlerin: 2. Katta % 8,3 ve 3. Katta % 9,1'i Belirgin Hasar Bölgesinde bulunmaktadır. Kolonların ise; (+Y) doğrultusunda 1. Katta % 0,9'u Göçme Bölgesinde ve 3. katta % 0,3'ü İleri Hasar Bölgesinde bulunmaktadır. Ayrıca yine 3. katta (-Y) doğrultusunda kolonların % 0,4'ü Belirgin Hasar Bölgesinde yer almaktadır. Elde edilen bu veriler, binanın orta ölçekli bir deprem etkisinde **"Hemen Kullanım" performans düzeyini sağlayamadığını** göstermektedir.

4.2.5.4. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

İncelenmekte olan yapı insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar sınıfına girdiği için orta ölçekli bir deprem etkisinin yanı sıra, büyük ölçekli bir deprem etkisinde de binanın performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla binanın x- ve y- doğrultularında, her iki yönde deprem analizleri, "Bina Önem Katsayısı" ve "Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı" için sırasıyla $I=1.5$ ve $R_a=1$ değerleri kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan performans analizine ait sonuçlar, aşağıda verilmektedir. Büyük Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri sırasıyla Çizelge 4.21 ve 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	72.7	27.3	0.0	0.0	81.8	9.1	9.1	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0	83.3	8.3	8.3	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	83.3	16.7	0.0	0.0
Max.	100.									27.3					9.1	

Çizelge 4.22. Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	99.7	0.0	0.0	0.3	99.7	0.0	0.0	0.3	97.9	1.7	0.4	0.0	98.9	0.7	0.0	0.3
2	99.7	0.2	0.0	0.1	99.9	0.0	0.0	0.1	94.9	5.1	0.0	0.0	96.5	3.5	0.0	0.0
1	99.8	0.0	0.0	0.2	99.8	0.0	0.0	0.2	15.5	83.6	0.0	0.9	15.9	83.2	0.0	0.9
Max.					99.9					83.6	0.4					0.9

Türk Deprem Yönetmeliğine göre varsa gevrek olarak hasar gören elemanların onarılması ve güçlendirilmesi şartı ile aşağıda verilmiş olan koşulları sağlayan yapıların Can Güvenliği Performans Düzeyinde olduğu kabul edilmektedir. Bunun için gerekli olan koşullar şunlardır:

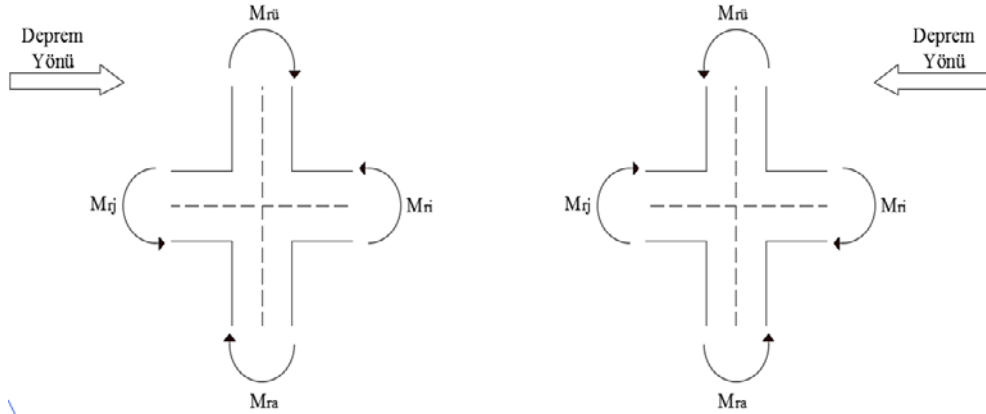
- Binada herhangi bir katta, sisteme uygulanan bütün deprem doğrultuları için yapılan hesap sonucunda, yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan (ikincil) kirişler hariç olmak üzere; kirişlerin en fazla **% 30'u**, kolonların ise bir sonraki takip eden koşulda tanımlandığı kadarı **İleri Hasar Bölgesine** geçebilir.
- **İleri Hasar Bölgesinde** bulunan kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplamda yapmış oldukları katkı **% 20'nin altında** olmalıdır. En üst katta ise bu katta bulunan ve İleri Hasar durumunda olan kolonların kesme kuvvetleri toplamının, söz konusu kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en çok **% 40** olabilir.

- Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesindedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının % 30'u aşmaması gerekir. Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden (4.1)'deki koşulun sağlandığı kolonlar bu hesaba dâhil edilmezler.



$$(M_{ra} + M_{r\bar{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj}) \quad (4.1)$$

Denklem (4.1)'de ifade edildiği üzere Deprem Yönetmeliğinde kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulunun sağlanabilmesi için: her bir kolon-kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların alt ve üst ucundaki taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından % 20 daha büyük olmalıdır.



Şekil 4.31. Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu

Elde edilen verilerin incelenmesi sonucunda, binanın büyük ölçekli bir deprem etkisi altında "**Can Güvenliği**" performans düzeyini sağlayamadığı ve bu nedenle de güçlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

4.2.6. Mevcut Durum Performans Analizi Sonuç ve Öneriler

Yukarıda ele alınan okul yapısının mevcut durumunun:

- Detaylı bir şekilde incelenmesi,
- Gözlem ve deney yoluyla bilgi toplanması,
- Yapıya ve bulunduğu zemine ait parametrelerin projeye işlenmesi,
- Tüm bu bilgiler kullanılarak yapı performans analizinin gerçekleştirilmesi ve son olarak;
- Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda:

Adana İli Çukurova İlçesinde bulunan Çukurova Vakıfbank Ortaokulu Binası A Blok'un "Hemen Kullanım" ve "Can Güvenliği" performans düzeylerini sağlayamadığı dolayısı ile deprem etkisi altında **riskli** bina sınıfına girdiği anlaşılmaktadır.

Mevcut binanın yeterli deprem güvenliğine ulaşabilmesi amacıyla, yürürlükteki şartnamelere uygun olarak hazırlanacak bir güçlendirme projesi çerçevesinde yapı taşıyıcı sisteminde onarım ve güçlendirme çalışması yapılmasının gerektiği sonucuna varılmıştır.

İncelenen binanın kullanım amacı ve mimari yapısı dikkate alındığında, mevcut betonarme çerçeveler içerisine binanın her iki yönünde olacak şekilde konumlandırılmış merkezi betonarme perde ilavesiyle güçlendirilmesinin ve ayrıca yetersiz kalan kolonların çevresine yapılacak manto işlemiyle onarılmasının uygun bir çözüm yöntemi olacağı öngörülmektedir.

4.2.7. Mevcut Yapının Güçlendirilmesi Çalışmaları**4.2.7.1. Çalışma Yöntemi**

Bu çalışmada incelenen okul yapısının güçlendirilmesinde takip edilecek işlem aşamaları sırasıyla aşağıda verilmiştir. Bunlar:

- Yapılacak güçlendirme çalışmasının yönteminin seçilmesi
- Güçlendirme işleminin mevcut bilgisayar modeli üzerine işlenmesi
- Güçlendirilmiş yeni modelin performans analizlerinin gerçekleştirilmesi
- Güçlendirilmiş yapı performansının yeterlilik kontrolü
- Güçlendirme uygulama projesinin hazırlanması
- Proje inşaat maliyetinin hesaplanması ve bu sonucun incelenmesiyle yapının yıkılıp baştan yapılmasına veya daha uygun bir çözümse hazırlanan güçlendirme projesinin hayata geçirilmesine karar verilmesi.

4.2.7.2 Güçlendirme Seçenekleri

Betonarme binalar, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak genellikle, betonarme perde ilavesi, betonarme veya çelik mantolama, çelik çapraz perde ilavesi, dolgu duvarların takviye edilmesi, kütle azaltılması (binanın kullanım amacının değiştirilmesi), taşıyıcı elemanlar arası kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması gibi yöntemler ile güçlendirilmektedir.

4.2.7.3 Güçlendirme Yönteminin Belirlenmesi

İncelenen binanın kullanım amacı ve mimari yapısı dikkate alındığında, binada mevcut betonarme çerçeveler içine merkezi betonarme perde ilave edilerek ve gevrek kolon elemanlar mantolanarak güçlendirilmesinin uygun bir yöntem olacağı anlaşılmaktadır. Bu amaçla alternatif perde düzenlemeleri denenmiş ve bunlar arasından Ek-14'de görülen güçlendirme seçeneği uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.23. Yapı Özellikleri ve Güçlendirme Çalışması Analiz Parametreleri

Yapının Adı:	Vakıfbank Ortaokulu
Adresi:	Çukurova / Adana
Yapım Yılı:	1998 Öncesi
Kat Adedi (N) :	Zemin kat + 2 Normal kat
Kat Alanı (m²) :	Zemin Kat: 321.93 1. N. Kat: 321.93 2. N. Kat: 321.93
Toplam Yapı Alanı (m²) :	965.79
Yapının İmal Ediliş Tarzı:	Betonarme Karkas
TDY (2007)'de Öngörülen Performans Düzeyi:	<u>50 yılda:</u> %10 Hemen Kullanım ve %2 Can Güvenliği Koşulları
Deprem Bölgesi:	2.Derece Deprem Bölgesi
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (Ao) :	0.30
Taban Kesme Kuvveti Katsayısı:	0.85
Hareketli Yük Katılım Katsayısı:	0.60
Spektrum Karakteristik Periyotları:	T _A =0.15 / T _B =0.40
Yerel Zemin Sınıfı:	Z2
Zemin Emniyet Gerilmesi ($\sigma_{z,em}$) :	2.00 kg/cm ²
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi:	Orta Bilgi Düzeyi
Mevcut Bina Bilgi Düzeyi Katsayısı Değeri:	0.90
Mevcut Durum Beton Dayanımı (Fck) :	7.77 MPa
Mevcut Beton Elastisite Modülü:	230500 kg/cm ²
Mevcut Asal Donatı Sınıfı:	St I (BÇI)
Mevcut Etriye Sınıfı:	St I (BÇI)
Mevcut Betonarme Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X- Yönü: 0,0140 Y- Yönü: 0,0094
Güçlendirme ve Onarım Yöntemi	BA Perde Eklenmesi ve Yetersiz Kolonlara Manto
Güçlendirme Elemanı Beton Kalitesi / Donatı Tipi	C30 – BÇ III
Güçlendirme Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X- Yönü: - Y- Yönü: 0,0045
Güçlendirilmiş Durum Toplam Perde En Kesit Alanı / Kat Alanı	X- Yönü: 0,0140 Y- Yönü: 0,0139

Tekniğine uygun yapılan güçlendirme çalışmaları neticesinde binaya yeterli düzeyde deprem güvenliği kazandırılacağı bir gerçektir. Ancak, bu tip güçlendirme çalışmalarının, binanın mimari fonksiyonlarına az da olsa olumsuz etkileri olabileceği de unutulmamalıdır.

4.2.7.4. Güçlendirilmiş Yapının Performans Analizleri

Bu çalışmada ele alınan mevcut okul yapısının güçlendirilmiş halinin bilgisayar modelinin oluşturulması ve yeni modele ait (güçlendirilmiş, onarılmış) bina performans analizleri **Sta4-Cad** bilgisayar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Modelleme çalışmasında:

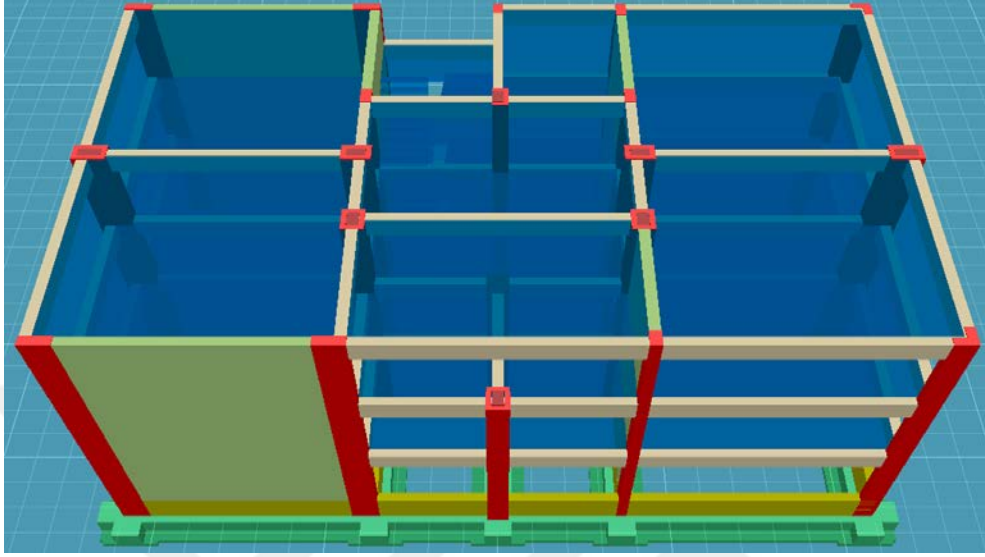
- Mevcut yönetmelik koşullarına göre yapı elemanlarında beton sınıfının minimum C20 olması zorunludur. Ayrıca hâlihazırda mevcut bulunan ve yeni yapılacak olan elemanlar arasında beton sınıfı bakımından çok büyük farklılıklar olmaması önerilmektedir. Bu bilgiler dikkate alındığında binaya eklenecek betonarme elemanların **C30** kalite standardında beton ve **BÇIII** kalite standardında nervürlü çelik ile üretileceği öngörülmüştür.
- Mevcut bina beton dayanımı **7.77 MPa** olarak belirlenmiş, ilgili dayanım değerleri, “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Donatı kalitesi tüm yapı elemanları için **BÇI** kalitesinde alınmış, ilgili dayanım değerleri “Orta Bilgi Düzeyi” katsayısı olan 0,9 değeri ile çarpılmıştır.
- Yapının uzun kenarı x, kısa kenarı ise y doğrultusu olarak kabul edilmiştir.
- Yapının temel sistemi, her iki yönde mütemadi(sürekli) temel olarak modellenmiştir.
- Yapının modellenmesinde Zemin Kat 1 No’lu, 1. Normal Kat 2 No’lu ve 2. Normal Kat ise 3 No’lu kat olarak adlandırılmıştır.

- Binanın 2. derece deprem bölgesinde olduğu dikkate alınmış bu nedenle etkin yer ivmesi katsayısı hesaplarda 0.30 alınmıştır.
- Yerel zemin sınıfının Z2 olmasına bağlı olarak spektrum karakteristik periyot değerleri $T_a:0.15$ saniye ve $T_b:0.40$ saniye alınarak hesaplamalarda kullanılmıştır.

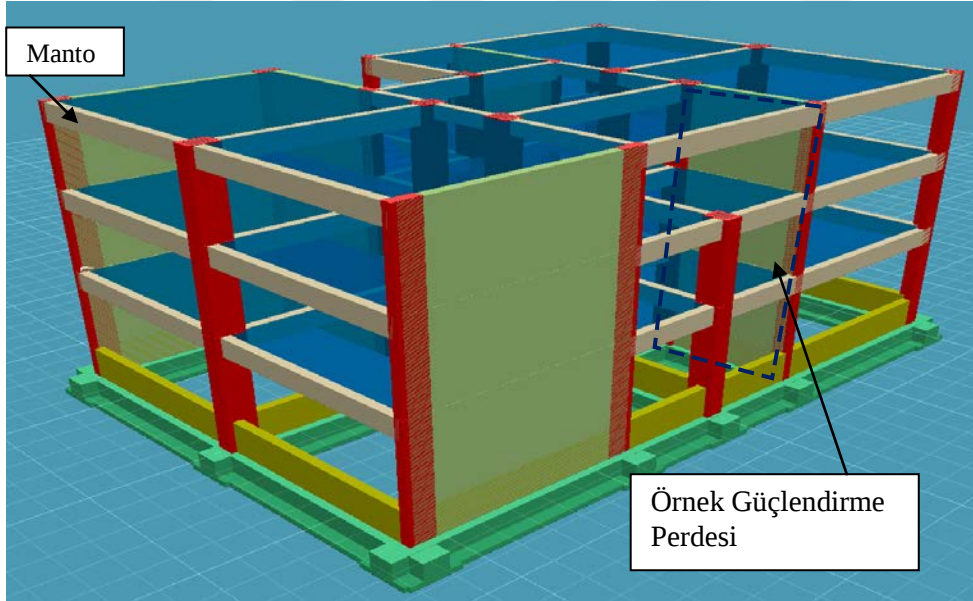
Binanın bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak modellenmesinden sonra, yapının performans analizleri, doğrusal elastik hesap yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Kullanım amacı ve türüne bağlı olarak, binalardan beklenen performans düzeyleri, TDY-2007'de yer alan Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

Daha önce yapılan ilk aşama mevcut durum performans analizlerinde değinildiği üzere söz konusu okul yapısının farklı deprem düzeylerine karşı yeterlilik sağlayabilmesi için “Hemen Kullanım” ve “Can Güvenliği” koşullarının her ikisini de sağlaması gerekmektedir. Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, bu çalışmada ele alınan binanın insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar sınıfına girdiği görülmektedir. Bu nedenle incelenen yapının 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan bir deprem (Orta Ölçekli Deprem) için "Hemen Kullanım" performans düzeyini ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan bir deprem (Büyük Ölçekli Deprem) için "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlaması gerekmektedir.

Bu amaçla yapıya perde eklenmiş ve ilk analizlerin sonucunda yetersiz olduğu anlaşılan düşey taşıyıcıların çevresine 15 cm genişliğinde manto uygulaması yapılmıştır. Bu sayede binada hem mevcut yetersiz elemanların onarılması hem de deprem kuvvetlerini karşılayacak takviye elemanlarla binanın güçlendirilmesi hedeflenmiştir. Bahsi geçen eklemeler Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'de verildiği gibidir.



Şekil 4.32 Onarım ve Güçlendirme Elemanları eklenmiş Yapı Modeli



Şekil 4.33 Güçlendirilmiş Yapıya Ait Modelin Üç Boyutlu Görünüşü

4.2.7.5. Orta Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

Öncelikle, Orta Ölçekli bir deprem etkisinde güçlendirilmiş modelin performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla binanın x- ve y- doğrultularında deprem analizleri, Bina Önem Katsayısı ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı değerleri “1” ($I=1.0$, $R_a=1$) alınarak yapılmıştır. Yapılan performans analizine ait sonuçlar aşağıda verilmektedir. Orta Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri, sırasıyla Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25'de verilmiştir. Çizelgelerin incelenmesinden, her iki doğrultudaki deprem etkisi için kolon ve kirişlerdeki hasar yüzdelerinin yönetmeliğin verdiği sınır değerler içinde kaldığı anlaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlar yönetmelik koşulları dikkate alınarak incelendiğinde, güçlendirilmiş binanın orta ölçekli bir deprem etkisinde "Hemen Kullanım" performans düzeyini sağlayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.24. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	90.0	10.0	0.0	0.0	90.0	10.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.									10.0						

Çizelge 4.25. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT NO	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0
Max.	100.													0.3		

4.2.7.6. Büyük Ölçekli Bir Deprem Etkisinde Yapı Performansı

İkinci aşamada ise, büyük ölçekli bir deprem etkisine maruz bırakılan binanın performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla binanın x- ve y-doğrultularında, her iki yönde deprem analizleri, “Bina Önem Katsayısı” ve “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” için sırasıyla $I=1.5$, $R_a=1$ değerleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan performans analizine ait sonuçlar aşağıda verilmektedir. Büyük Ölçekli muhtemel bir deprem etkisi altında, binaya ait kiriş ve kolonlarda meydana gelen hasar yüzdeleri sırasıyla Çizelge 4.26 ve 4.27’te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar yönetmelik koşulları dikkate alınarak incelendiğinde, güçlendirilmiş binanın büyük ölçekli bir deprem etkisinde "Can Güvenliği" performans düzeyini sağlayacağını göstermektedir.

Çizelge 4.26. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kiriş Hasar Yüzdeleri

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	70.0	30.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	70.0	20.0	10.0	0.0	70.0	30.0	0.0	0.0
2	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	81.8	18.2	0.0	0.0	81.8	18.2	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	54.5	45.5	0.0	0.0	63.6	36.4	0.0	0.0
Max.					100.					45.5	10.0					

Çizelge 4.27. Güçlendirilmiş Yapıda 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2 olan Deprem İçin Kolon Hasar Yüzdeleri

KAT	(-X)				(X)				(-Y)				(Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
3	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.8	0.0	0.2	0.0	99.7	0.0	0.3	0.0
2	99.9	0.1	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0
1	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	100.	0.0	0.0	0.0	78.5	21.5	0.0	0.0
Max.	100.													21.5	0.3	



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan performans analizleri sonucunda ele alınan her iki yapının da mevcut halleriyle 2. derece deprem bölgelerinde meydana gelmesi muhtemel orta ve büyük ölçekli deprem etkileri altında yeterli deprem güvenliğine sahip olmadığı anlaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlar yönetmelik koşulları dikkate alınarak incelendiğinde, güçlendirilmiş binaların orta ölçekli bir deprem etkisi altında “Hemen Kullanım” performans düzeyini, büyük ölçekli bir deprem etkisinde ise “Can Güvenliği” performans düzeyini sağladığını göstermektedir.

Bahsi geçen yapılar için güçlendirme öncesi ve sonrası durum Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 de belirtilmiştir.

Bakanlığın belirlediği 3B grubu yapılar kategorisinde olan yapıların yeniden yapım yaklaşık maliyetleri ve güçlendirilmeleri halinde maliyetleri hesaplanmıştır. Yapı birim maliyetleri ve metrekare değerlerine göre yapılan yaklaşık maliyet hesapları Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4 de verilmiştir. Ayrıca her iki okul yapısına ait güçlendirme ve onarım işlemleri maliyet kalemleri Çizelge 5.5 de belirtildiği gibidir. Genel anlayış maliyet oranının 25-30 yıllık yapılar için %40’ı geçmesi durumunda yapının yıkılıp baştan yapılması, %40’ın altında kalması durumunda ise güçlendirme projesinin hayata geçirilmesi yönündedir.

Maliyetlerin birbirlerine oranlanması sonucunda:

Vakıfbank ortaokulunun yıkılıp yeni baştan yapılmasındansa, güçlendirme projesinin uygulamaya konulmasının daha uygun ve ekonomik bir çözüm olduğu anlaşılmaktadır.

Sabancı ilkokulunda ise belirlenen maliyet oranı dikkate alındığında güçlendirmenin uygun ve ekonomik bir çözüm olmayacağı, binanın yıkılıp yeni baştan yapılmasının daha uygun olacağı anlaşılmaktadır.

Son olarak; ülkemizde hızlı bir yöntem olan, patlayıcı kullanılarak yıkım yapılması yerine iş makineleriyle uzun bir süreç alan yıkım işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bahsi geçen maliyet oranlaması tam olarak %40 seviyesinde ise hangi seçeneğin daha fazla zaman alacağı vb. etmenler değerlendirilerek karşılaştırma yapılması mümkündür.

Çizelge 5.1. Vakıfbank Ortaokulu Güçlendirme Çalışması Sonuçları

Yapının Adı:	Vakıfbank
Güçlendirme ve Onarım Yöntemi	BA Perde İlavesi/Manto
Güçlendirme Elemanı Beton Kalitesi/Donatı Tipi	C30/BÇIII
Yapı Güçlendirme Maliyeti	120.000 TL
Yapı Yeniden Yapım Maliyeti	725.000 TL
Güçlendirme Maliyeti/Yeniden Yapım Maliyeti	%16.55<%40
Mevcut Betonarme Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X Yönü: 0.0140 Y Yönü: 0.0094
Güçlendirme Perdesi En Kesit Alanı/Kat Alanı	X Yönü: - Y Yönü: 0.0045
Güçlendirilmiş Durum Toplam Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X Yönü: 0.0140 Y Yönü: 0.0139

Çizelge 5.2. Sabancı İlköğretim Okulu Güçlendirme Çalışması Sonuçları

Yapının Adı:	Sabancı İlkokulu
Güçlendirme ve Onarım Yöntemi	BA Perde İlavesi/Manto
Güçlendirme Elemanı Beton Kalitesi/Donatı Tipi	C30/BÇIII
Yapı Güçlendirme Maliyeti	635.000 TL
Yapı Yeniden Yapım Maliyeti	1.530.000 TL
Güçlendirme Maliyeti/Yeniden Yapım Maliyeti	%41.5>%40
Mevcut Betonarme Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X Yönü: 0.00688 Y Yönü: 0.00432
Güçlendirme Perdesi En Kesit Alanı/Kat Alanı	X Yönü: 0.00732 Y Yönü: 0.00935
Güçlendirilmiş Durum Toplam Perde En Kesit Alanı/Kat Alanı	X Yönü: 0.01420 Y Yönü: 0.01367

Çizelge 5.3. Vakıfbank Ortaokulu 3 B Grubu Yapı Maliyeti

Yapı Adı	Kat No	Kat Alanı	Yapı Sınıfı	Yapı Birim Maliyeti	Yapı Toplam Maliyeti	Yapı Güçlendirme ve Onarım Maliyeti	Maliyet Oranı
Vakıfbank Ortaokulu	Zemin	322 m ²	III B Grubu	750 TL/m ²	725.000 TL	120.000 TL	%41,5
	1. Kat	322 m ²					
	2. Kat	322 m ²					
	TOPLAM	966 m ²					

Çizelge 5.4. Sabancı İlkokulu 3 B Grubu Yapı Maliyeti

Yapı Adı	Kat No	Kat Alanı	Yapı Sınıfı	Yapı Birim Maliyeti	Yapı Toplam Maliyeti	Yapı Güçlendirme ve Onarım Maliyeti	Maliyet Oranı
Sabancı İlk.	Zemin	680 m ²	III B Grubu	750 TL/m ²	1.530.000 TL	635.000 TL	%41,5
	1. Kat	680 m ²					
	2. Kat	680 m ²					
	TOPLAM	2040 m ²					

Çizelge 5.5 de verilmiş olan maliyet kalemlerinin içeriğine değinilir ise perde ve manto ilavesiyle yapı güçlendirme ve onarım işlemlerinde yeni eklenecek olan elemanların maliyetinin dışında; eleman eklenen yerlerin kırılması, kırılan yerlerin tekrar onarılması, tavanın boyanması, gerekirse tüm odanın boyasının yenilenmesi ve döşeme kaplamasının değiştirilmesi, tesisatın yenilenmesi veya geçiş yerinin değiştirilmesi vb. işlem kalemleri güçlendirme maliyeti hesaplarında göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 5.5. Her İki Okula Ait Güçlendirme Maliyet Kalemleri

Vakıfbank Okulu		Sabancı Okulu
1 İnşaat İmalatları	76.377	341.473,68
2 Mimari Tadilatlar	41.087	285.475,75
3 Mekanik Tesisat	750,00	5.092,97
4 Elektrik Tesisatı	1.786	3.034,37
Genel Toplam	120.000 TL	635.076,77 TL

KAYNAKLAR

- Arslan, M.H., and Korkmaz, H.H., 2007. What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey? Engineering Failure Analysis 14:1–22.
- Bruneau, M., 2002. Building damage from the Marmara, Turkey earthquake of August 17, 1999. Journal of Seismology, 6:357–77.
- Celep, Z., 2002. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirilmesinde Genel Kurallar, Prof. Dr. Kemal Özden'i Anma Semineri, İ.T.Ü, İstanbul.
- Celep, Z., ve Kumbasar, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İTÜ yayınları, İstanbul, 596s
- Demir, F., Türkmen, M., Korkmaz, K.A., Tekeli, H., ve Çırak, İ., 2006. Betonarme Perdelerle Yapılan Güçlendirme Uygulamalarının Deprem güvenliği Açısından Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 211-217.
- Deneme, İ.Ö., ve Yerli, H.R., 2002. Betonarme Yapılarda Deprem Hasarlarının Belirlenmesi ve Güçlendirme Projesi Uygulama Örneği, Çukurova Üniversitesi Müh. Mim Fak. Dergisi, 17:21-30.
- Doğangün, A., 2004. Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingol Earthquake in Turkey. Engineering Structures;26 (6):841–56.
- Earthquake Department of the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), 2018. Ankara, Turkey.
- FEMA356, 2000. Prestandard and Commentary for the seismic rehabilitation of buildings, Federal Emergency Management Agency.
- İnel, M., Bilgin, H., ve Özmen, H.B., 2007. Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 257-268.

- Japan International Cooperation Agency., 1997. Study on a disaster prevention/Mitigation basic plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey. Report FEMA 273 (Guidelines) and Report 274 (Commentary), Washington, DC.
- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI)., 2011. The November 09, 2011 Edremit-Van, Turkey earthquake (ML_¼ 5.6). Preliminary report. Istanbul, Turkey: Department of Earthquake Engineering, Bogazici University.
- Korkmaz, A., Demir, F., Türkmen, M., Tekeli, H., ve Çırak, İ., 2006. Mevcut Yapıların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 218-225.
- Kutunis, M., 2006. Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta, 205-210.
- Mutlu, A.H., 2015. Mevcut Yapıların Güçlendirilmesi ya da Yıkılmasına Karar Verilmesi Aşamasında Göz Önüne Alınması Gereken Kriterler. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, DEÜ, İzmir.
- Pun, S.K., Liu C. and Langston C., 2006. Case study of demolition costs of residential buildings, Construction Management and Economics, 24: 9, 967-976.
- Sezen, H., Whittaker, AS., Elwood, KJ., 2003. Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey. Eng Struct 2003; 25:103–14.
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası., 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, İstanbul, 166s.

Türk Standartları Enstitüsü, 2000. TS-500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.

Türk Standartları Enstitüsü, 1996. TS-708 Beton Çelik Çubukları.

TS EN 12504-1, 2002. Beton- Yapıda Beton Deneyleri Bölüm 1: Karot numuneler, Karot alma, Muayene ve Basınç Dayanımının Tayini.

TS EN 13791, 2010. Beton Deney Metotları- Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini.





ÖZGEÇMİŞ

Jülide YÜZBAŞI 1993 yılında Kahramanmaraş'ta doğdu. Tüm öğrenimini Adana'da tamamladı. 2011-2015 döneminde Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimi aldı. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesinden, Fakülte ve Bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2015 yılında Çukurova Üniversitesinde yüksek lisans eğitimi almaya hak kazanan YÜZBAŞI, aynı zamanda iş hayatına proje mühendisi olarak başlamıştır. 2017 yılında Çukurova Üniversitesinde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde görevine devam etmektedir.

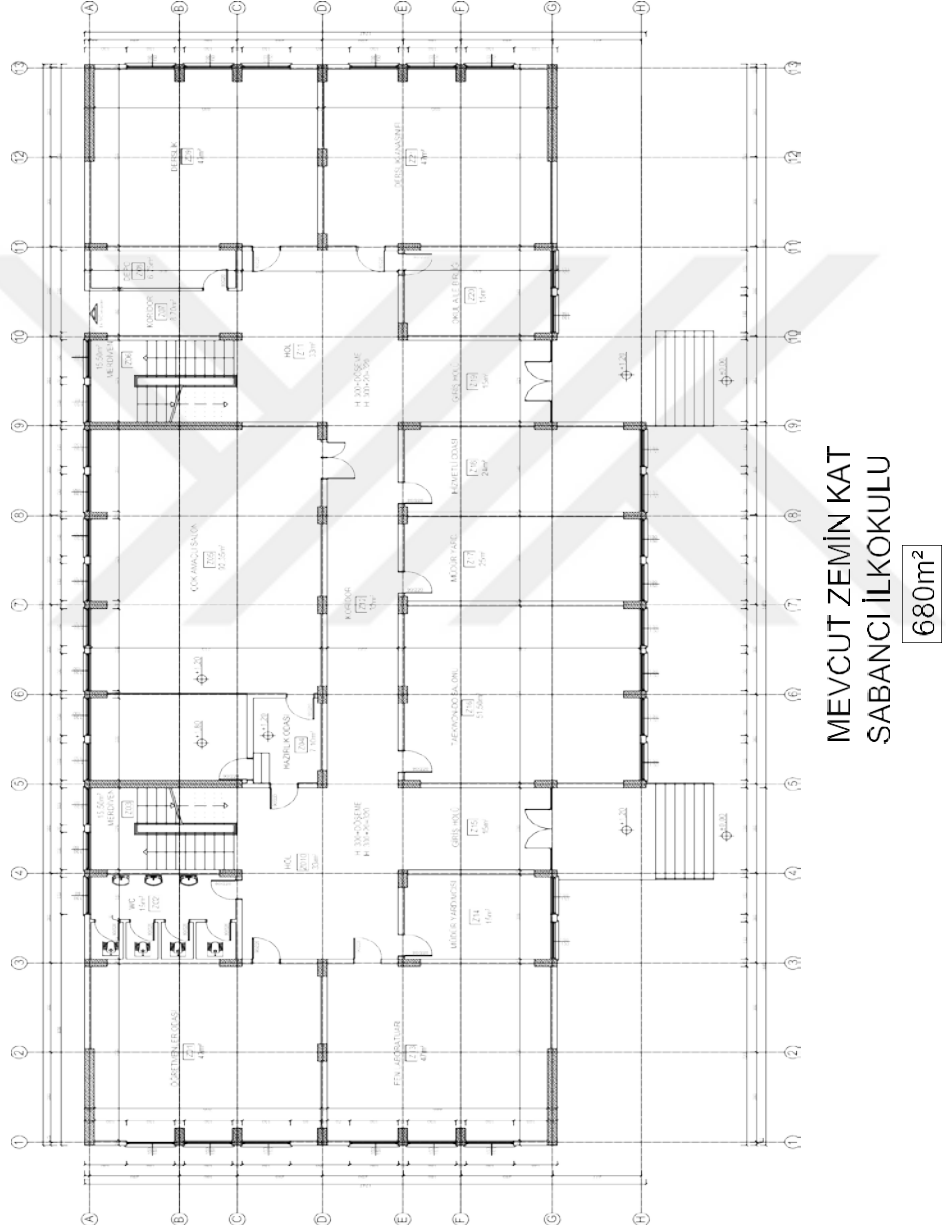


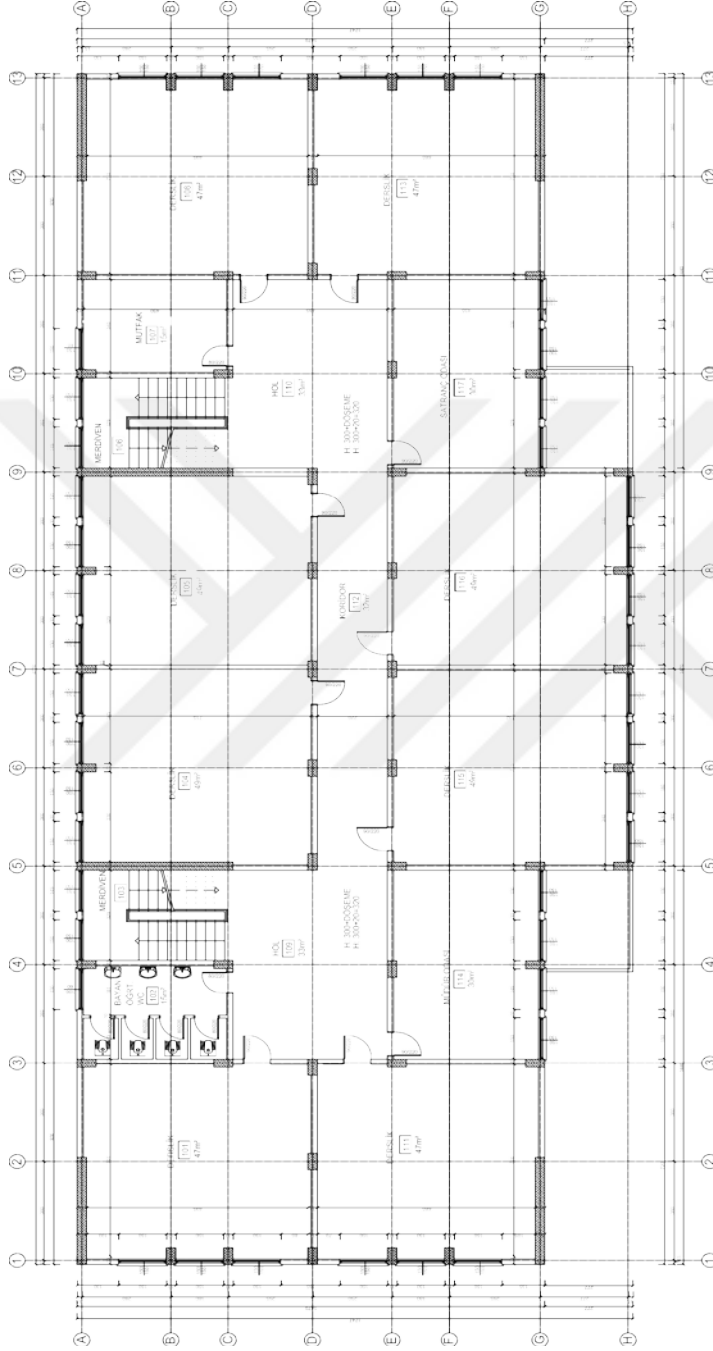
EKLER



EKLER

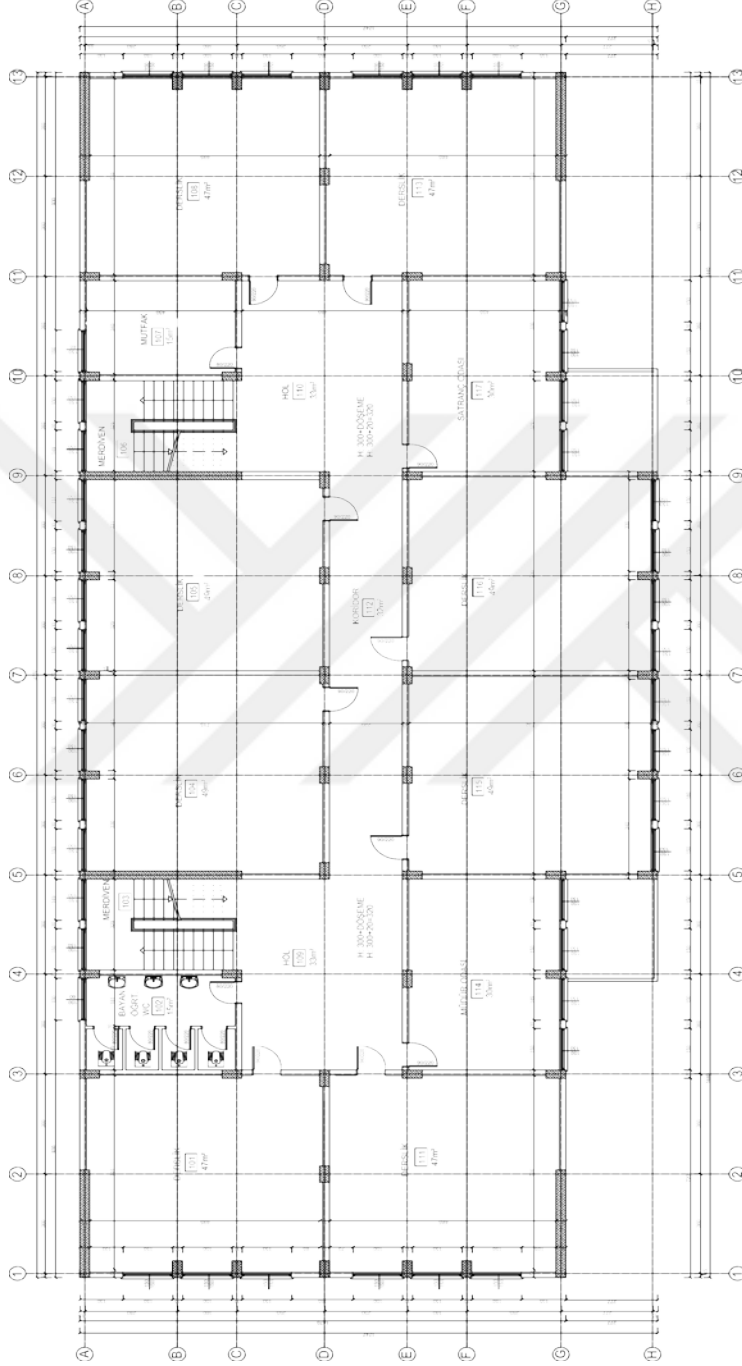
Ek 1. Binaya Ait Mimari Rölöveler





MEVCUT 1. NORMAL KAT
SABANCI İLKOKULU

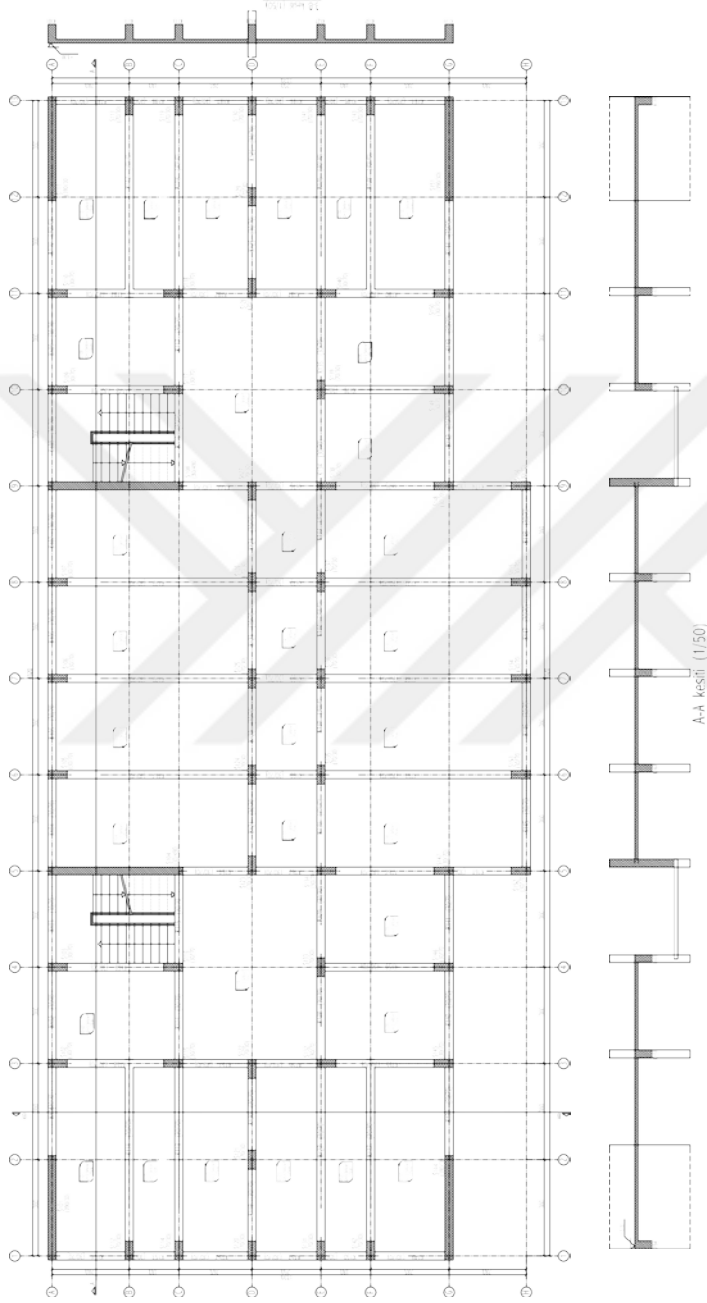
680m²



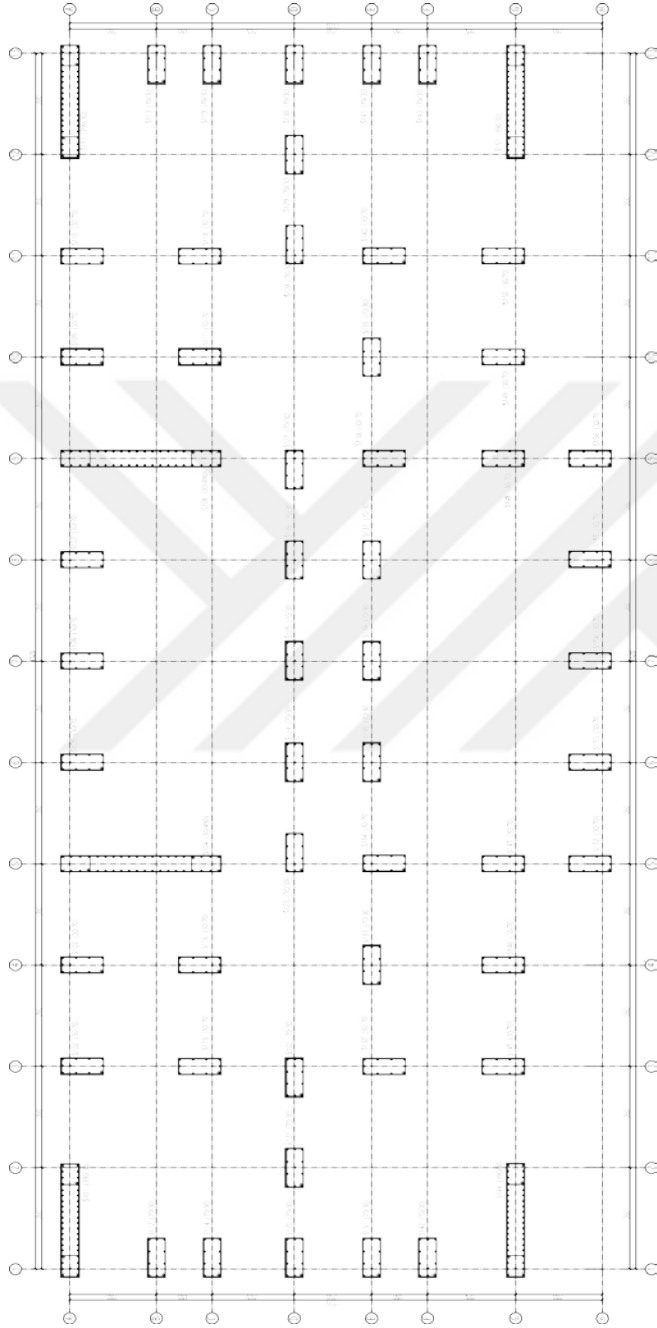
MEVCUT 2. NORMAL KAT
SABANCI İLKOKULU

680m²

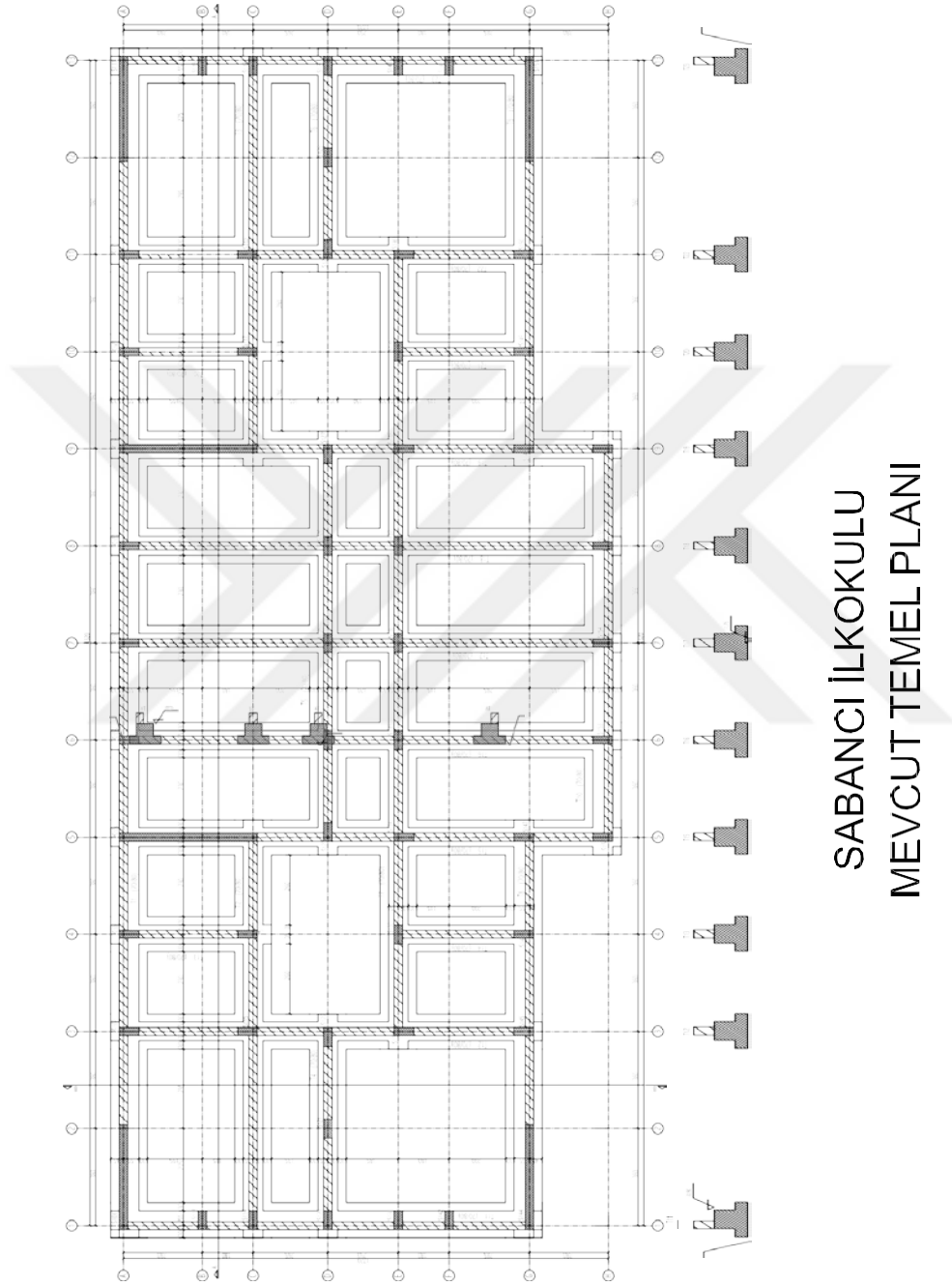
Ek 2. Binaya Ait Taşıyıcı Sistem Rölöveleri



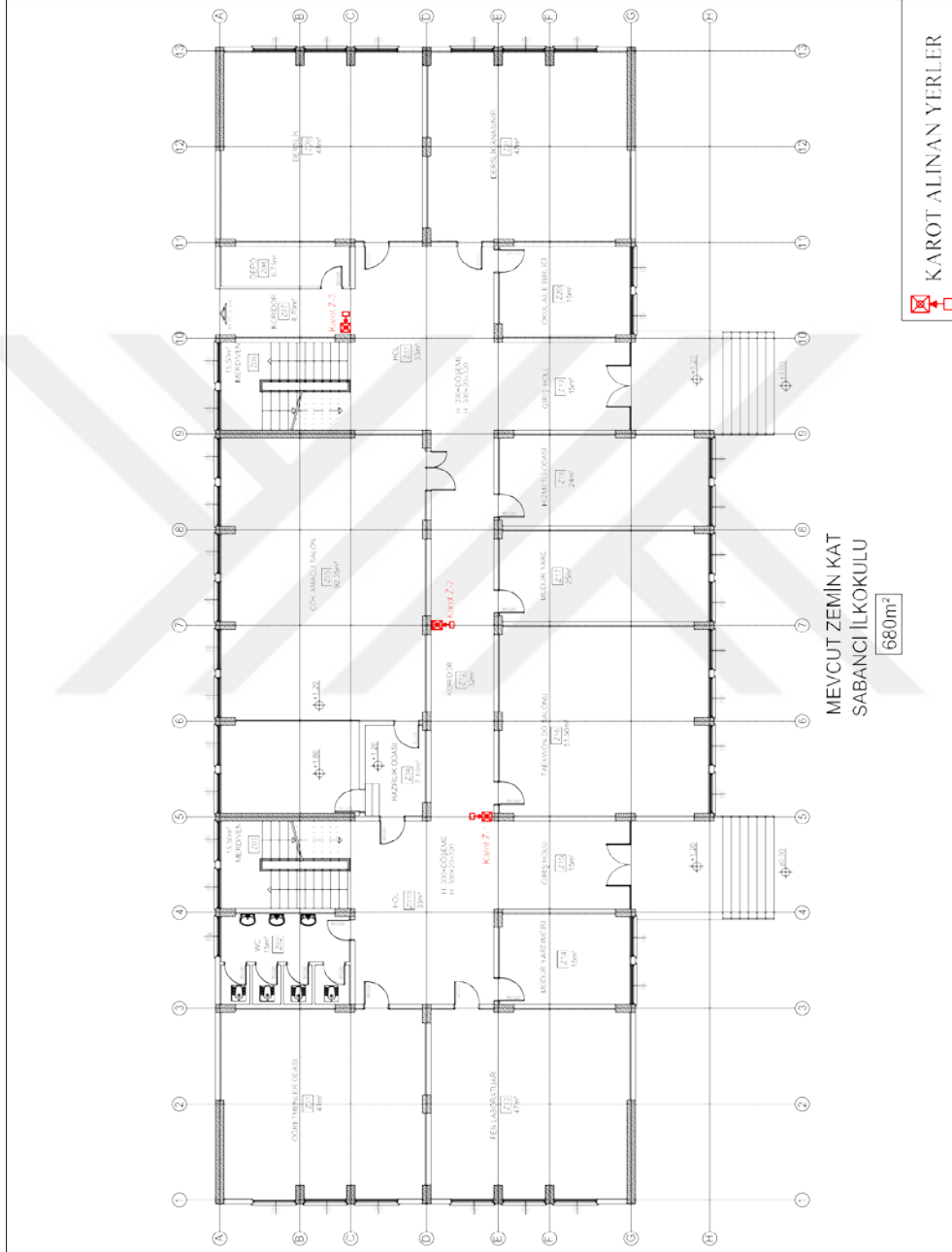
SABANCI İLKOKULU
MEVCUT KAT KALIP RÖLEVE PLANI

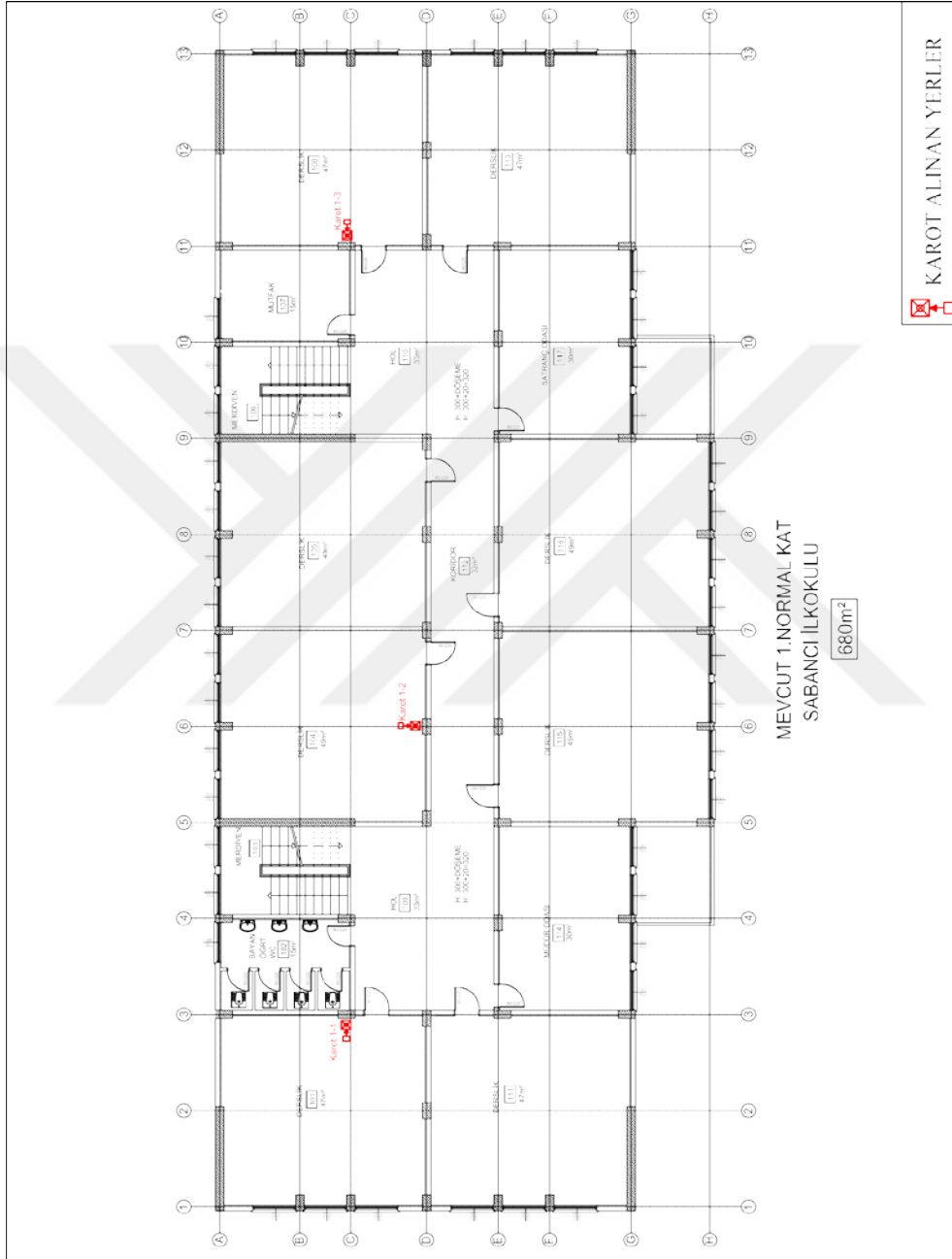


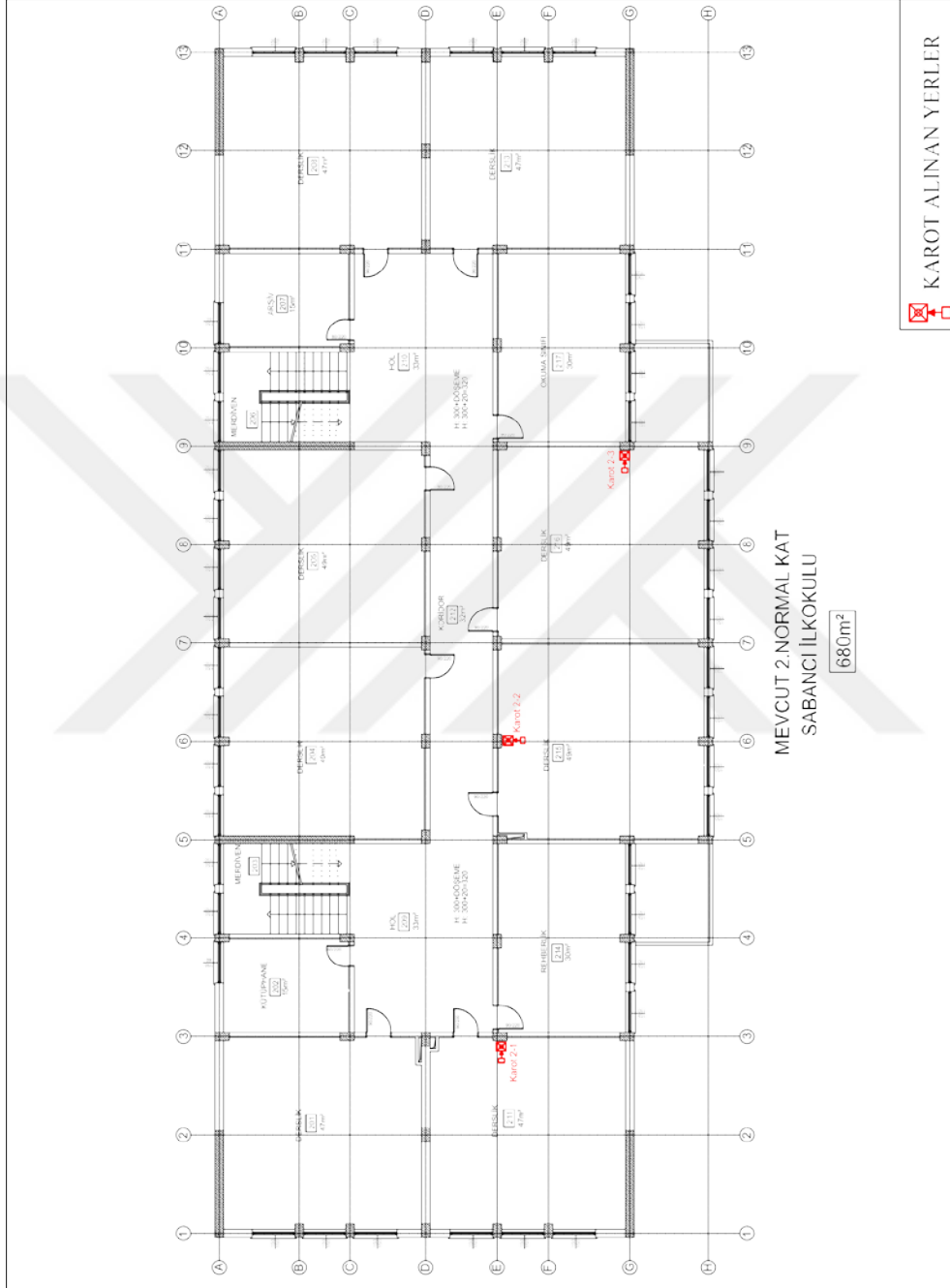
SABANCI İLKOKULU
MEVCUT KAT KOLON RÖLEVE PLANI



Ek 3. Beton Numuneleri Alınan Yerler







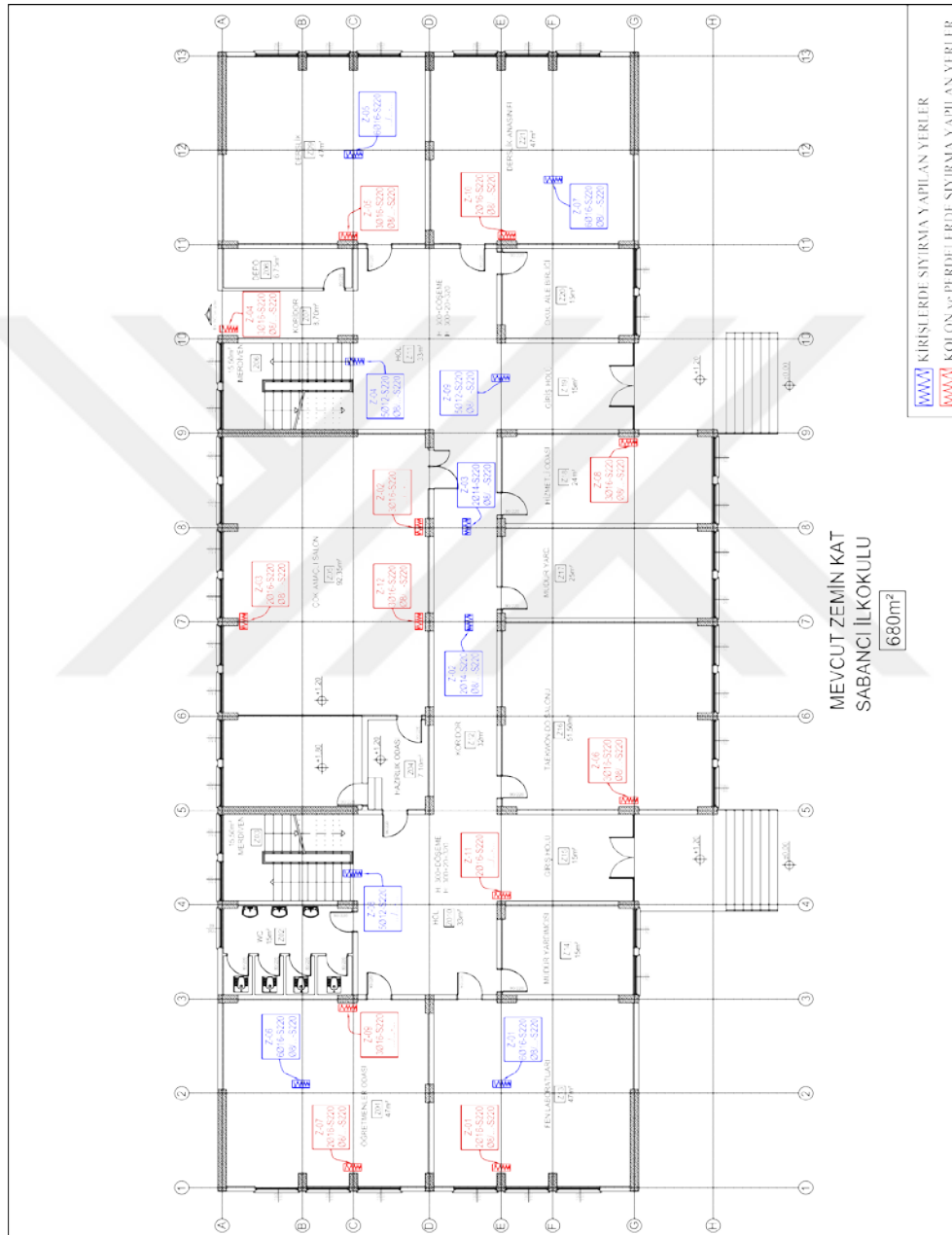
Ek 4. Beton Numunelerine Ait Deney Sonuçları

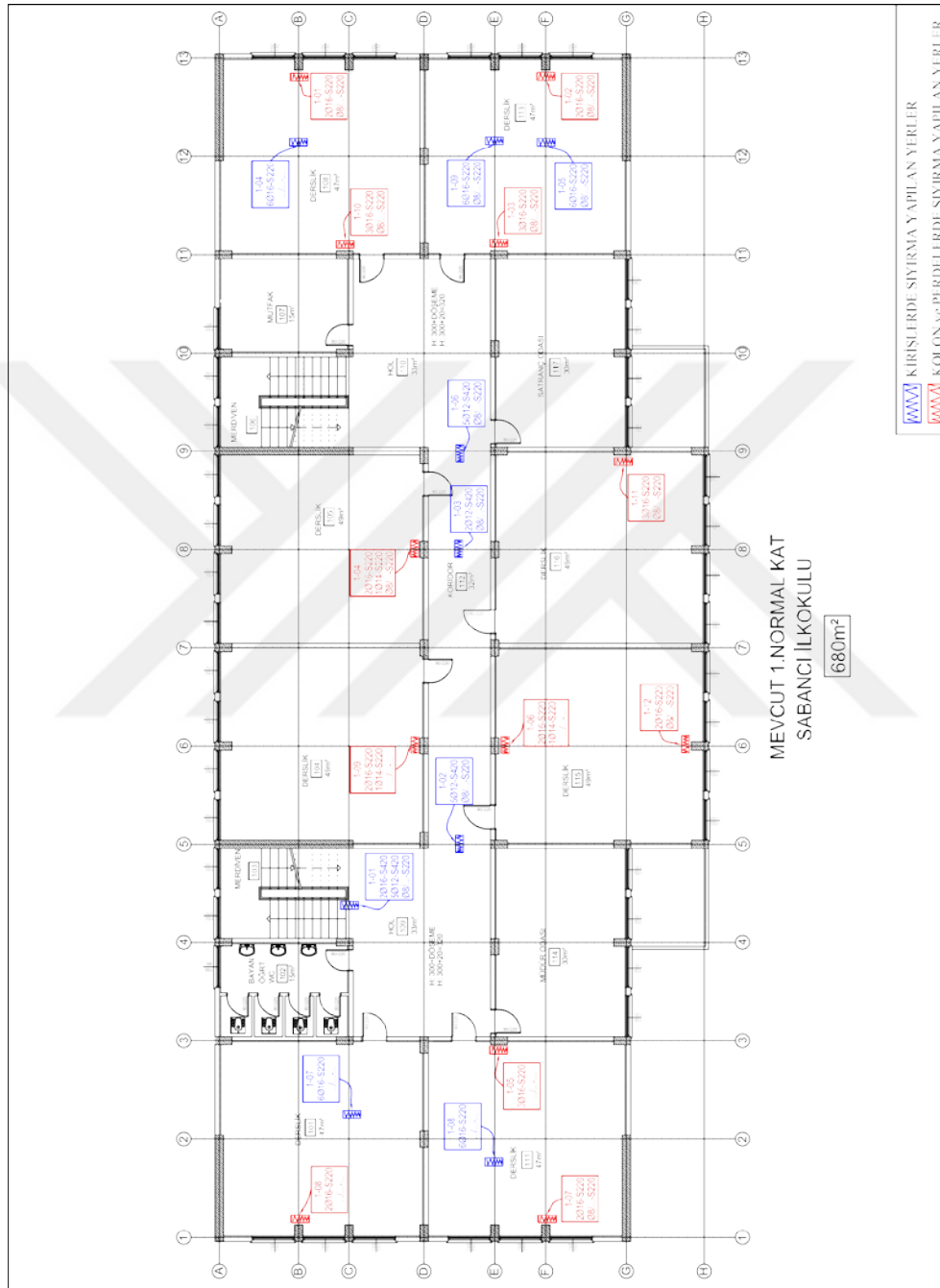
BİNA ADI	Çukurova Sabancı İlköğretim Okulu Binası
----------	--

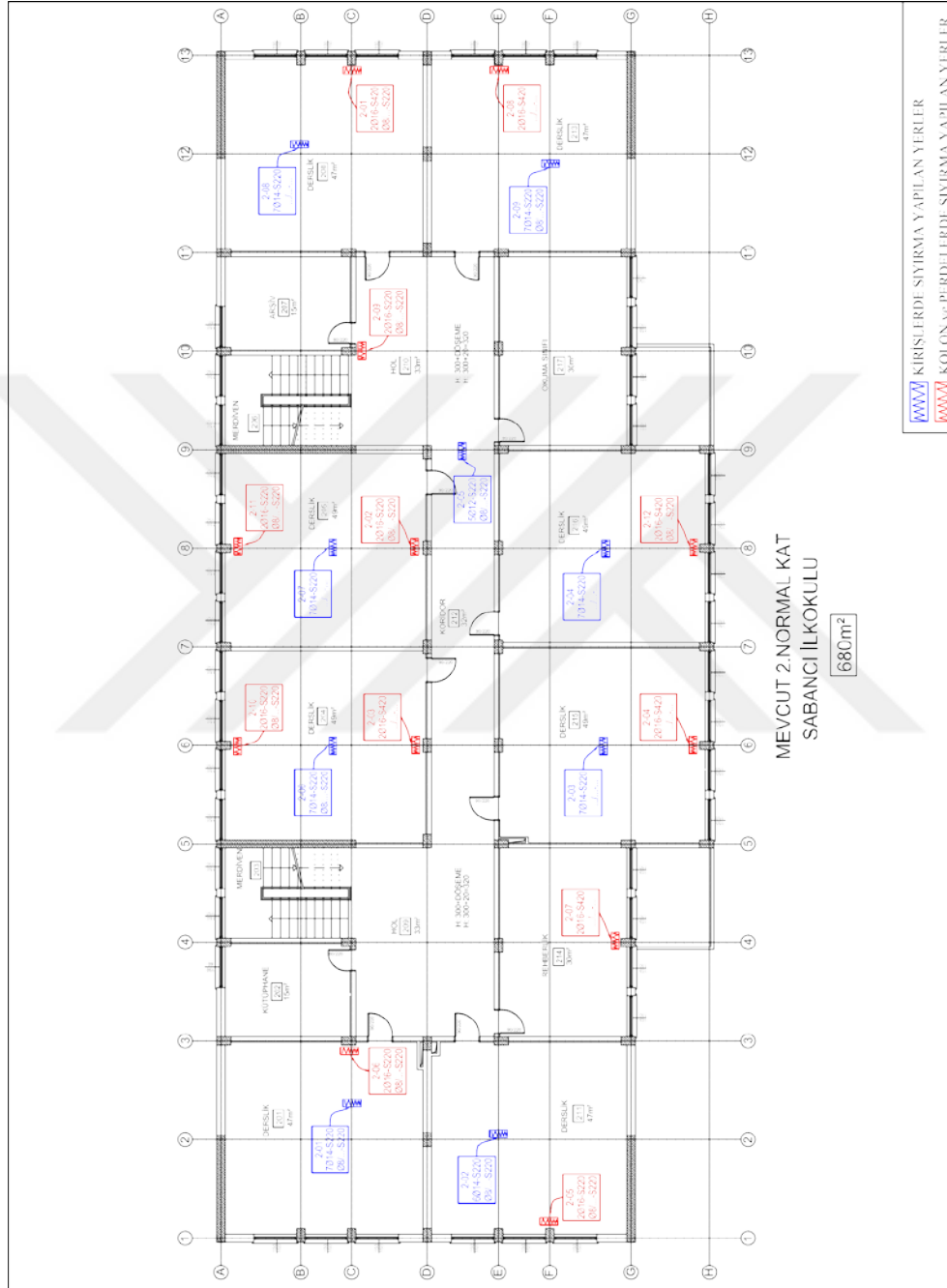
N O	KAT ADI	KAROT BOYUTLARI		KAROT ALANI (mm ²)	KAROT NARİNLİK ORANI	KIRIL MA YÜKÜ (kN)	KIRILMA GERİLME Sİ (MPa)
		ÇAP (mm)	BOY (mm)				
		<i>d</i>	<i>l</i>	<i>A</i>	<i>l/d</i>	<i>P</i>	<i>P/A</i>
1	ZEMİN K. (1)	95	96	7087	1,01	87,80	12,4
2	ZEMİN K. (2)	95	98	7087	1,03	69,20	9,8
3	ZEMİN K. (3)	95	97	7087	1,02	89,50	12,6 3
4	1. N. K. (1)	95	95	7087	1,00	43,20	6,10
5	1. N. K. (2)	95	97	7087	1,02	67,70	9,55
6	1. N. K. (3)	95	99	7087	1,04	62,90	8,88
7	2. N. K. (1)	95	99	7087	1,04	49,50	6,98
8	2. N. K. (2)	95	99	7087	1,04	64,60	9,12
9	2. N. K. (3)	95	98	7087	1,03	133,90	18,9
Ortalama Beton Dayanımı: 6,66 MPa							

*N.K.: Normal Kat

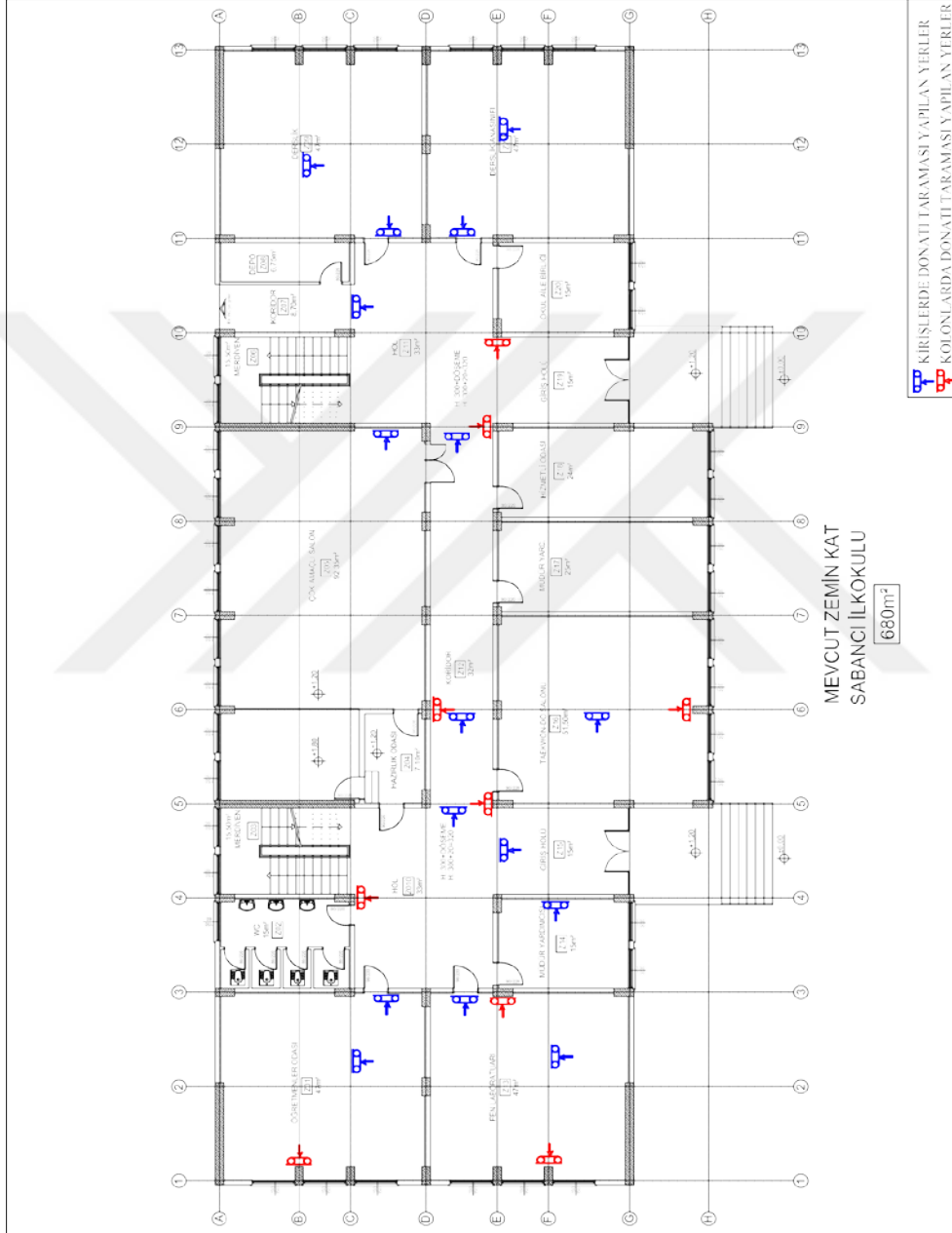
Ek 5. Kolon-Kiriş Beton Örtüsü Sıyırmalarının Yapıldığı Yerler

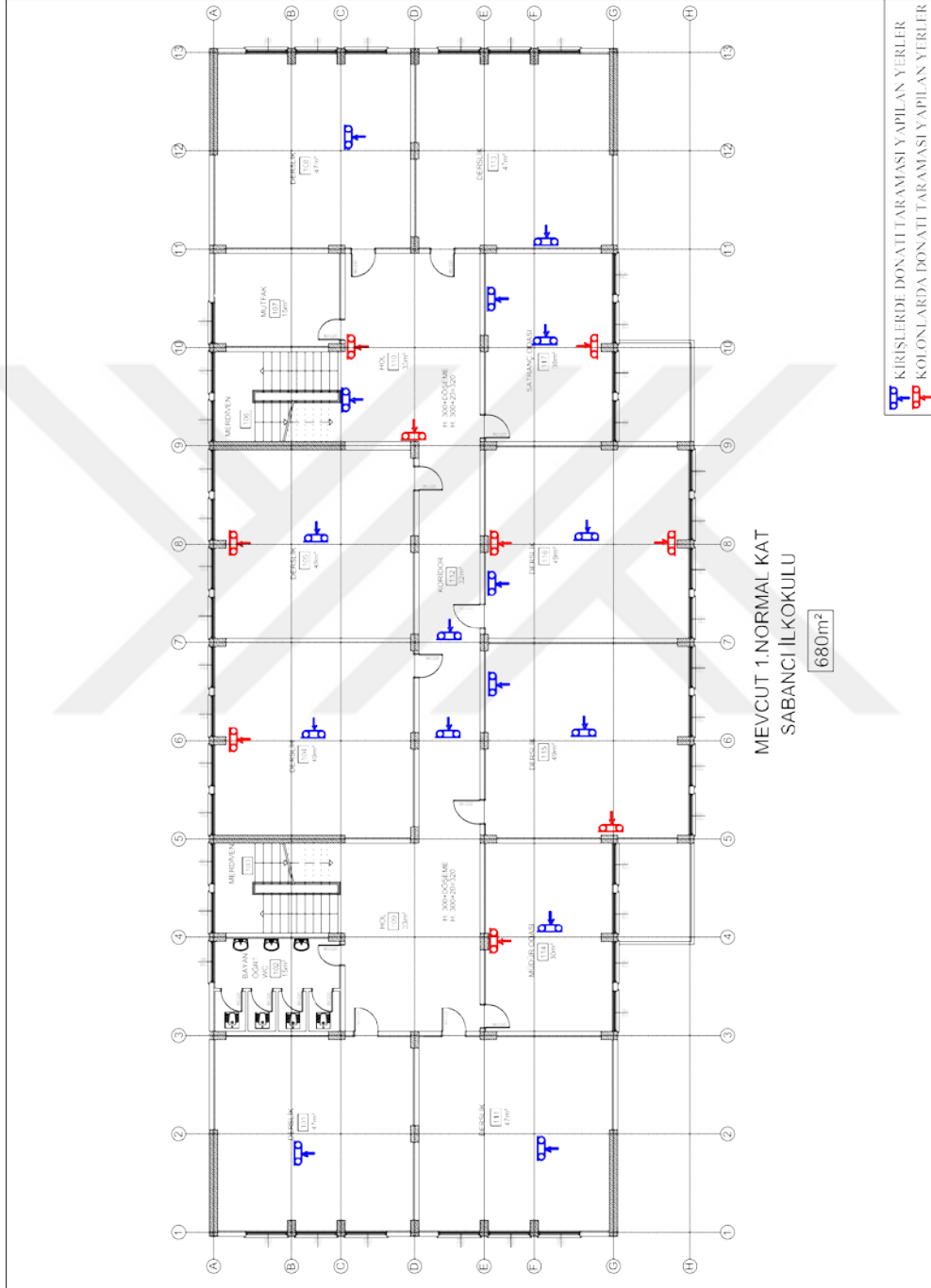


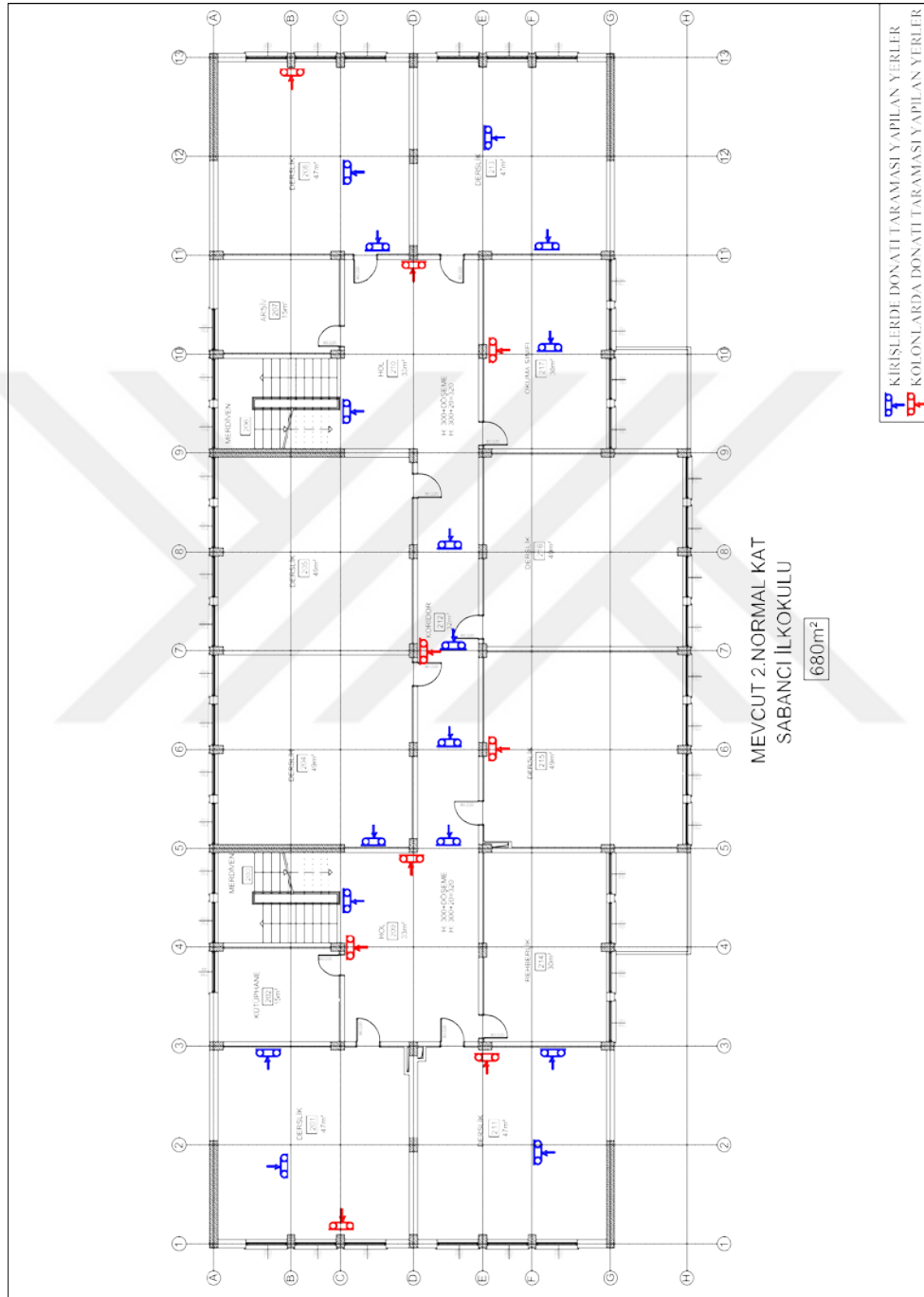




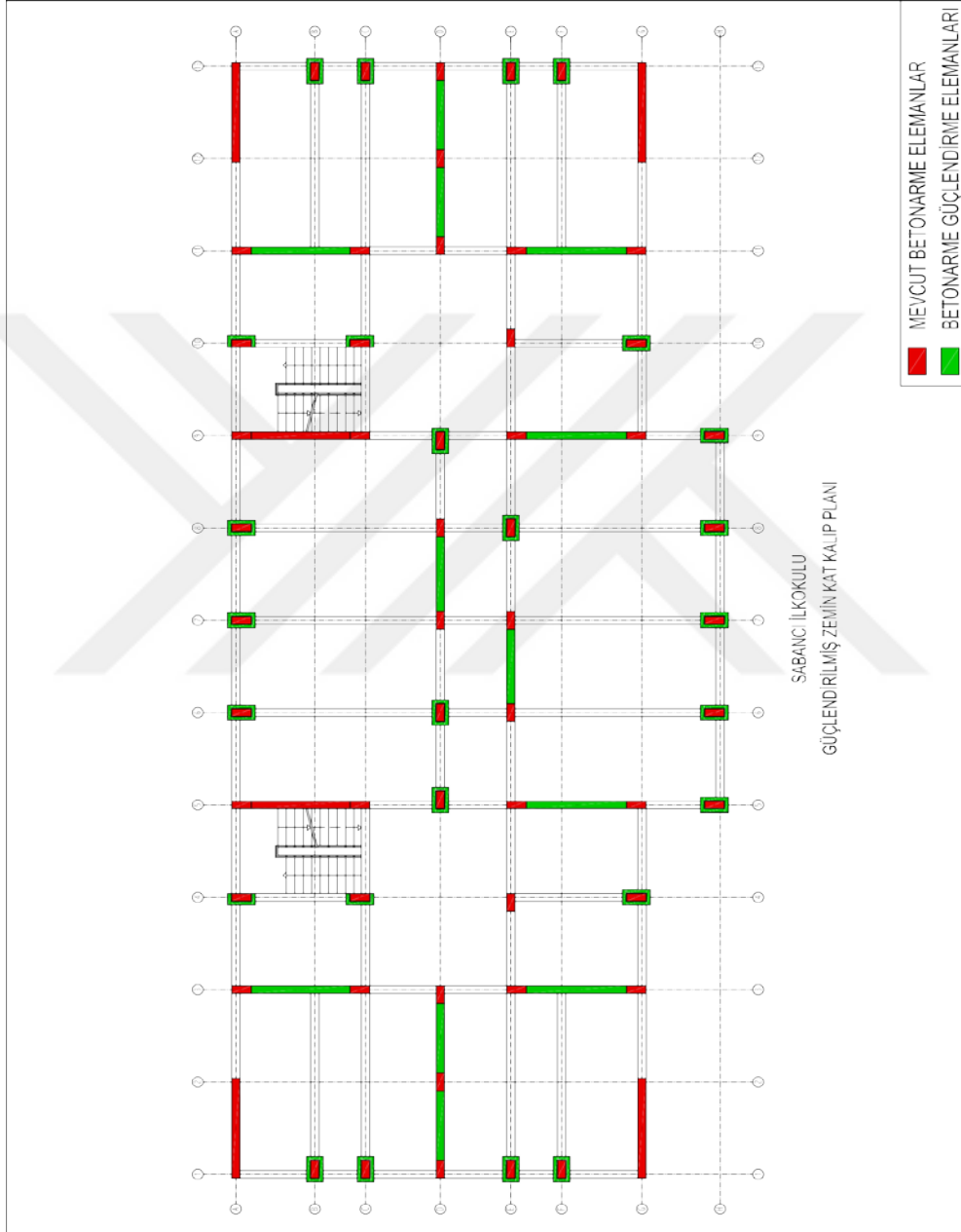
Ek 6. Donatı Taraması Yapılan Taşıyıcı Elemanlar

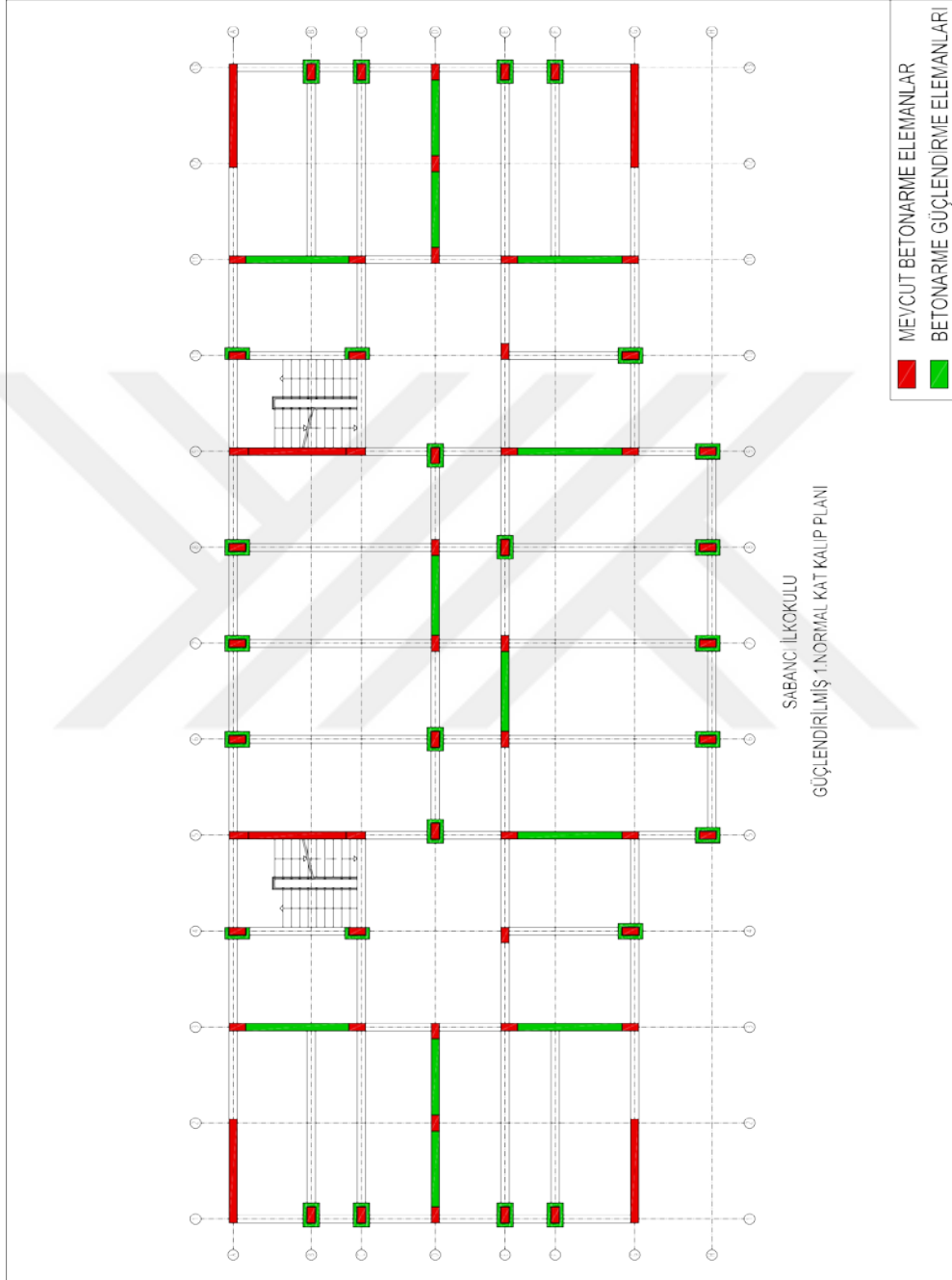


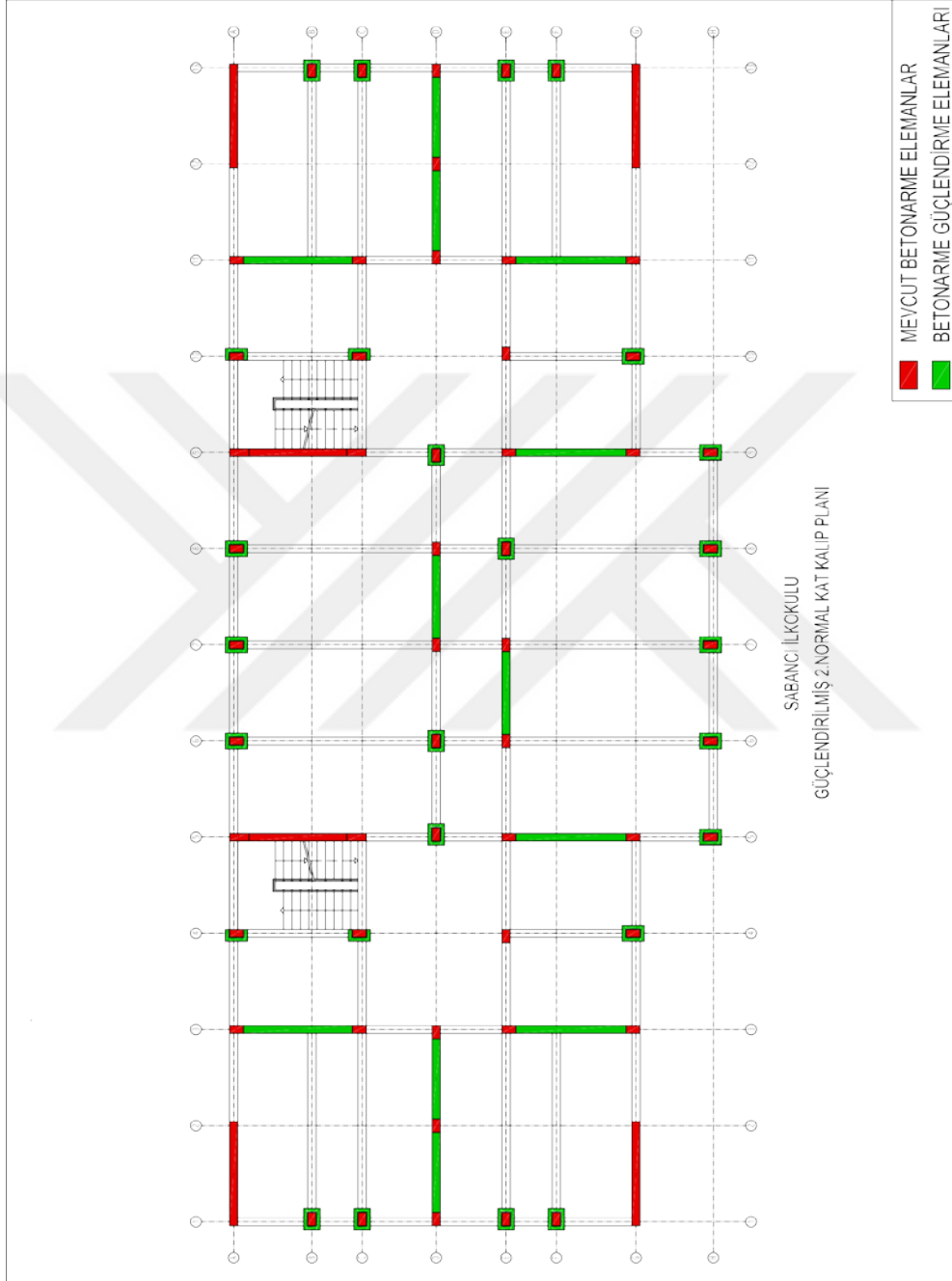




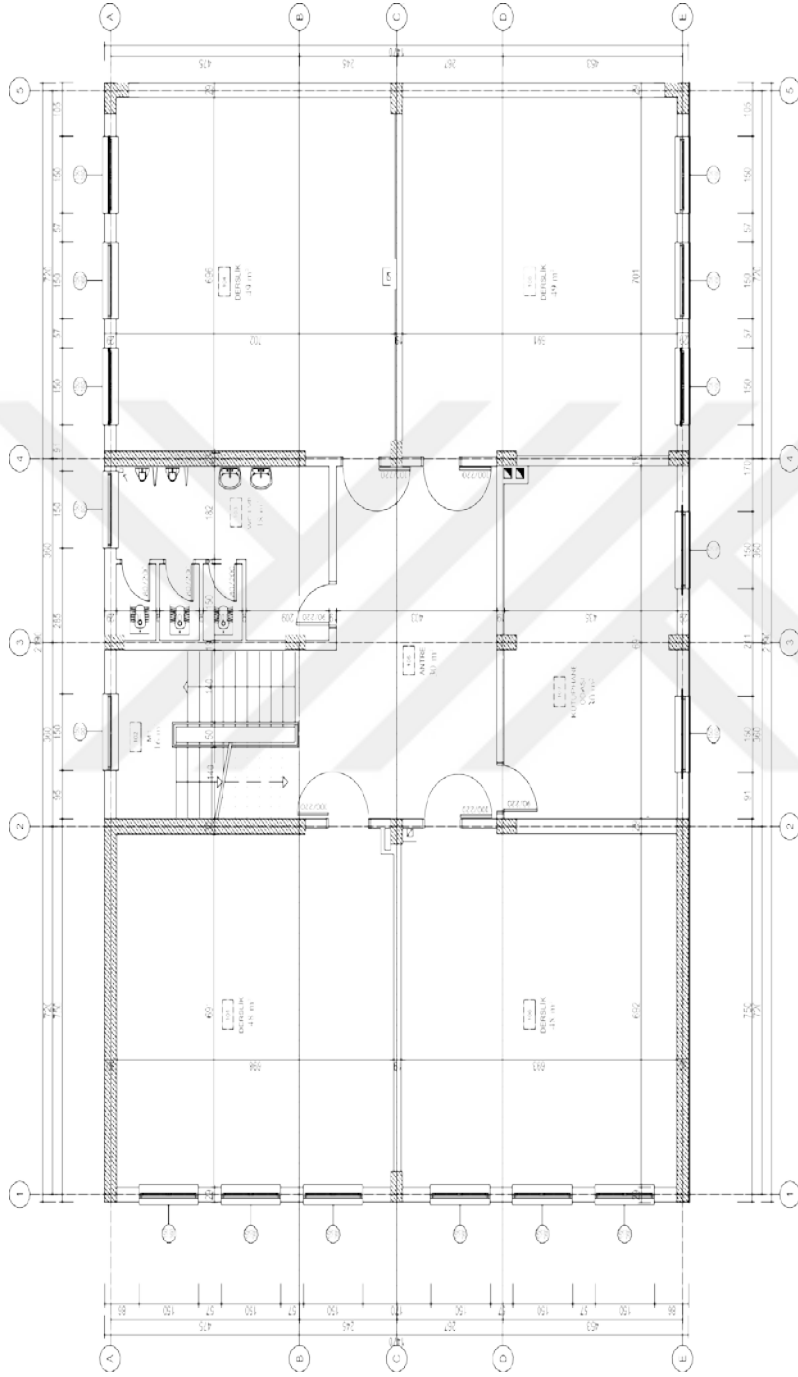
Ek 7. Yapıya İlave Edilecek Güçlendirme Elemanları ve Konumları



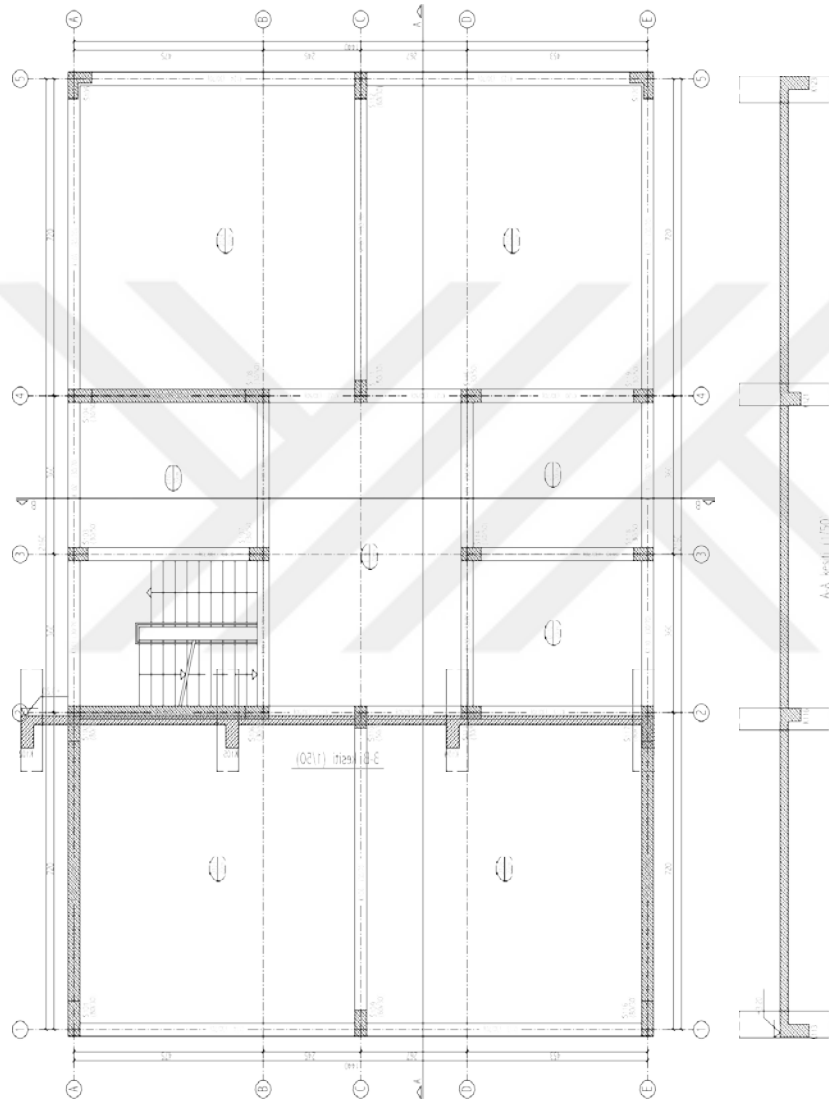




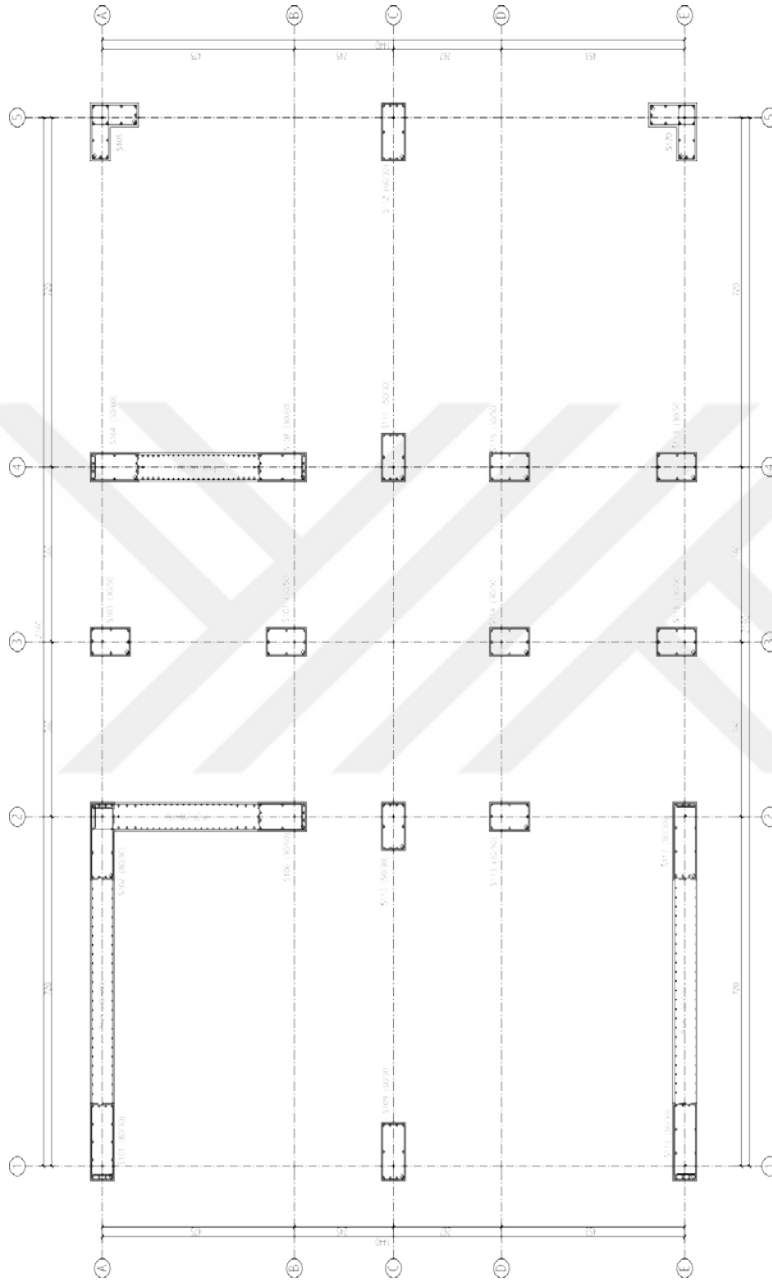
MEVCUT ZEMİN KAT PLANI
VAKIFBANK ORTAOKULU - A BLOK



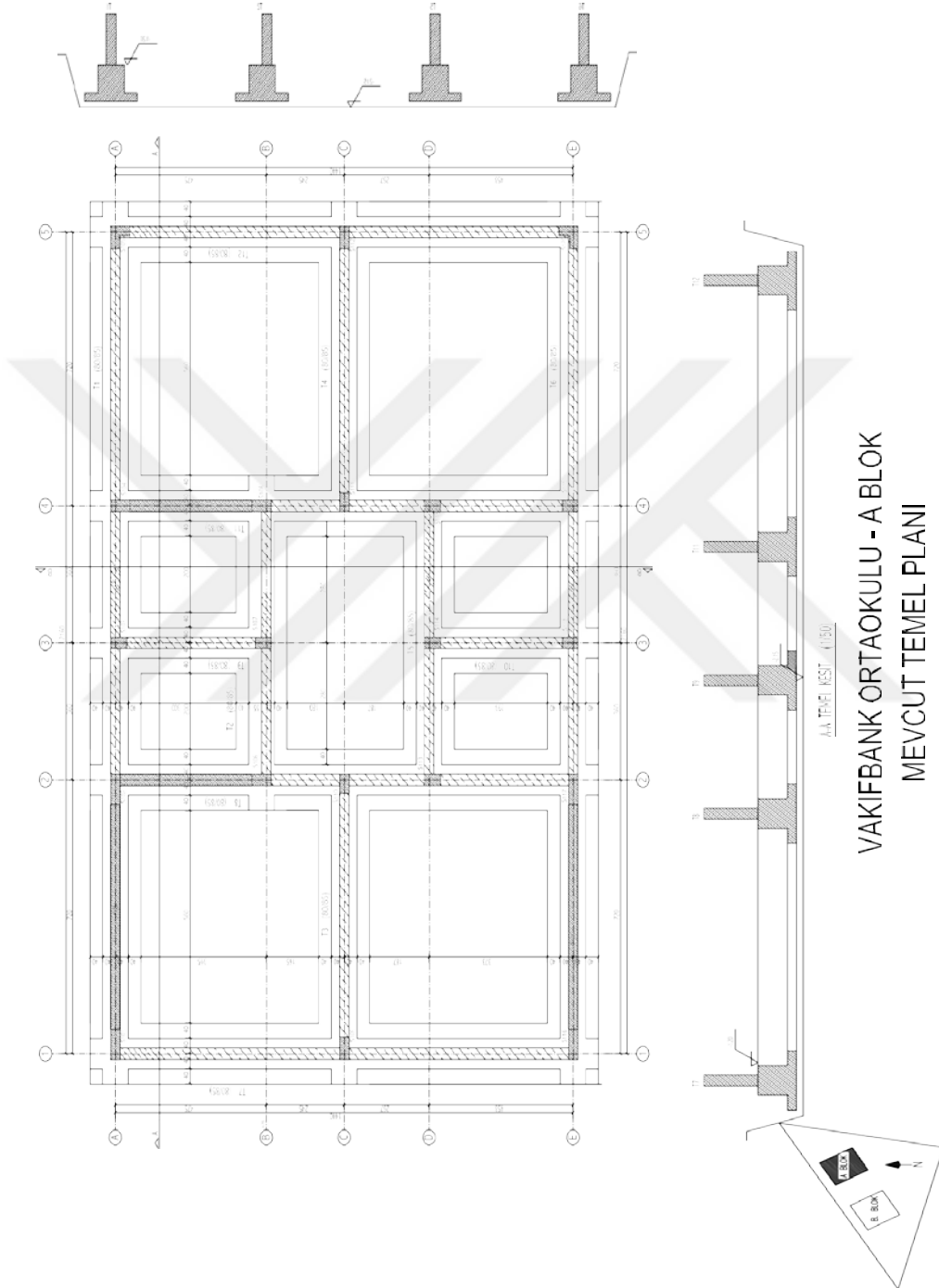
MEVCUT .NORMAL KAT PLANI
VAKIFBANK ORTAOKULU A BLOK

Ek 9. Binaya Ait Taşıyıcı Sistem Rölöveleri

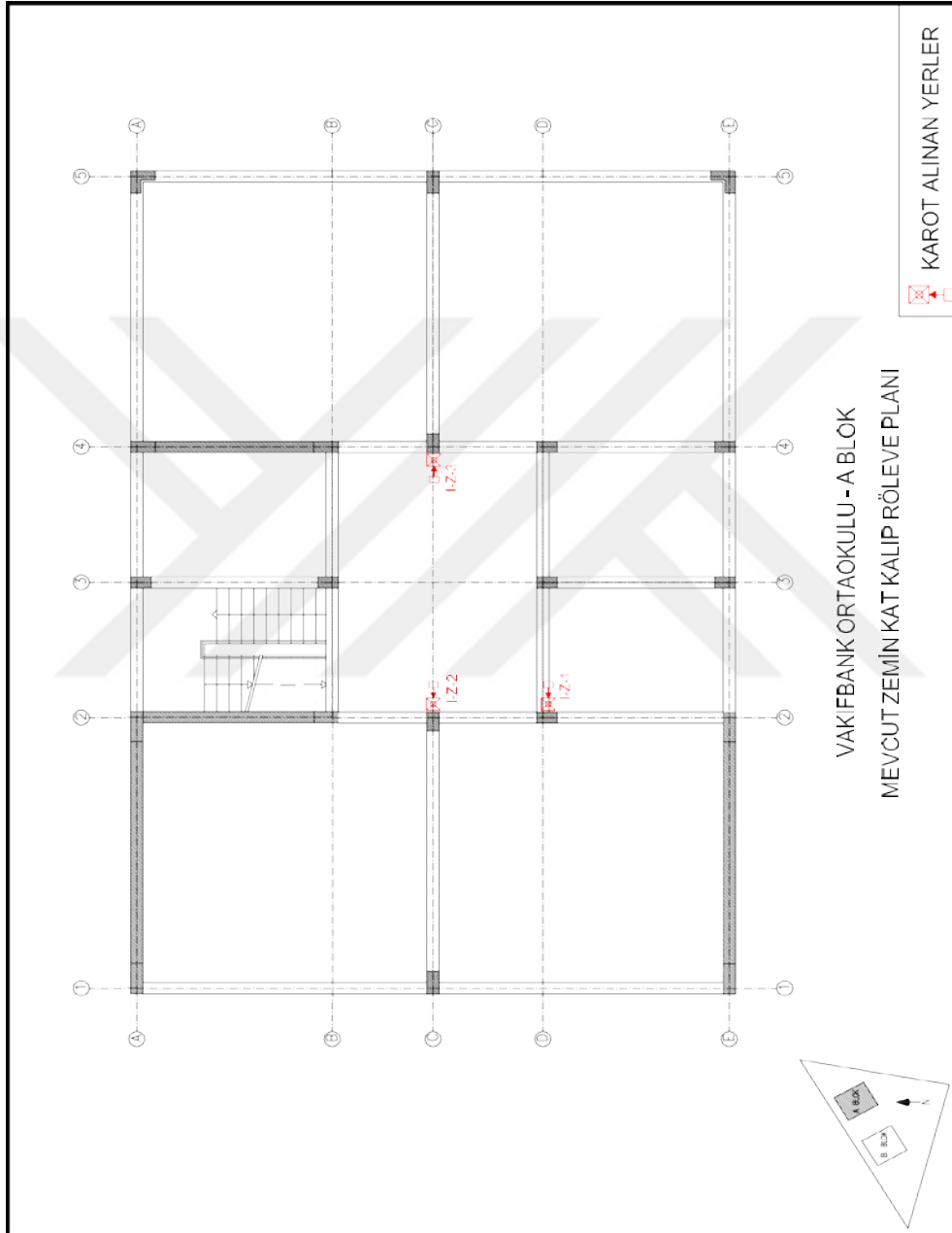
VAKIFBANK ORTAOKULU - A BLOK
MEVCUT KAT KALIP RÖLEVE PLANI

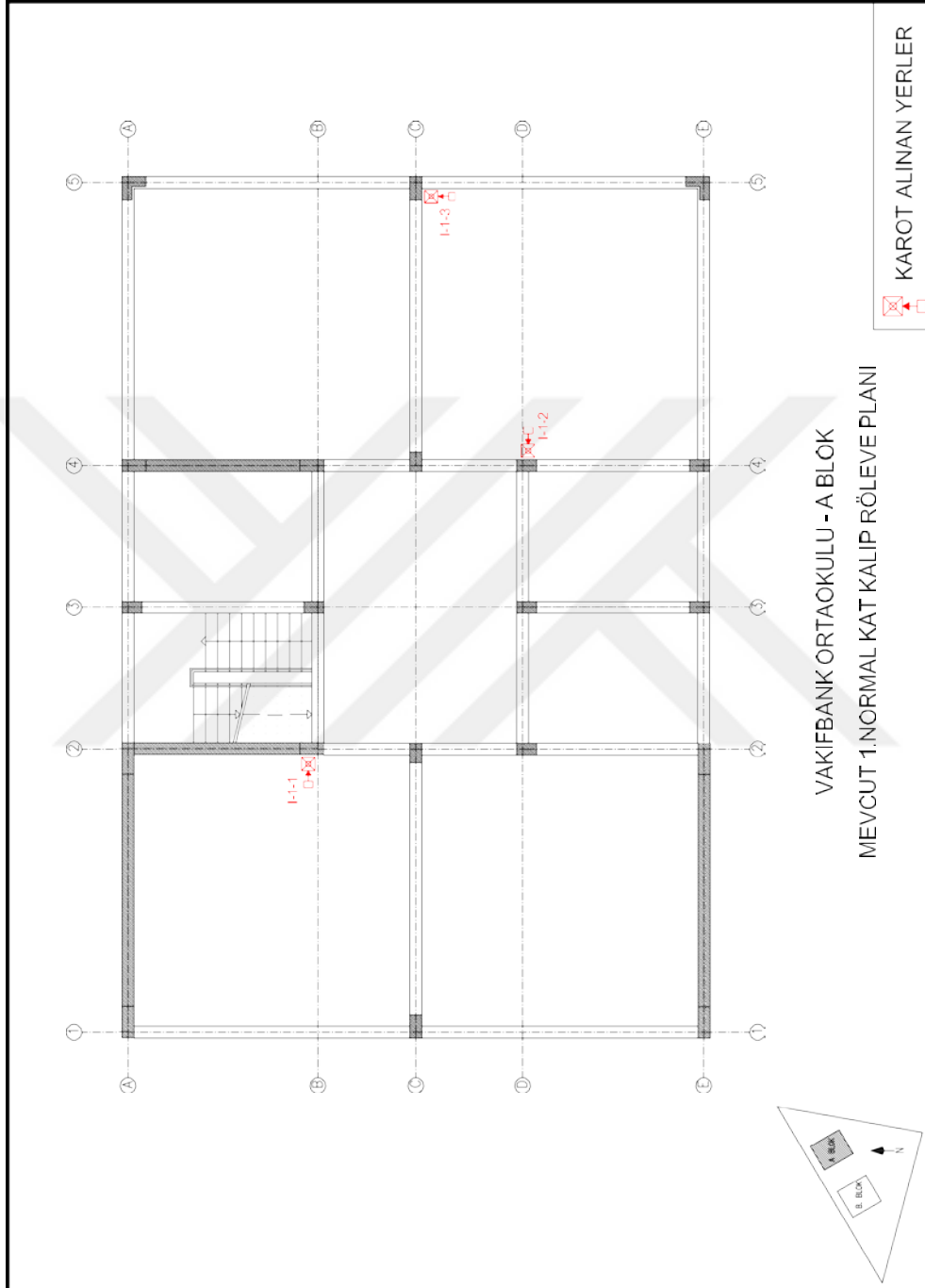


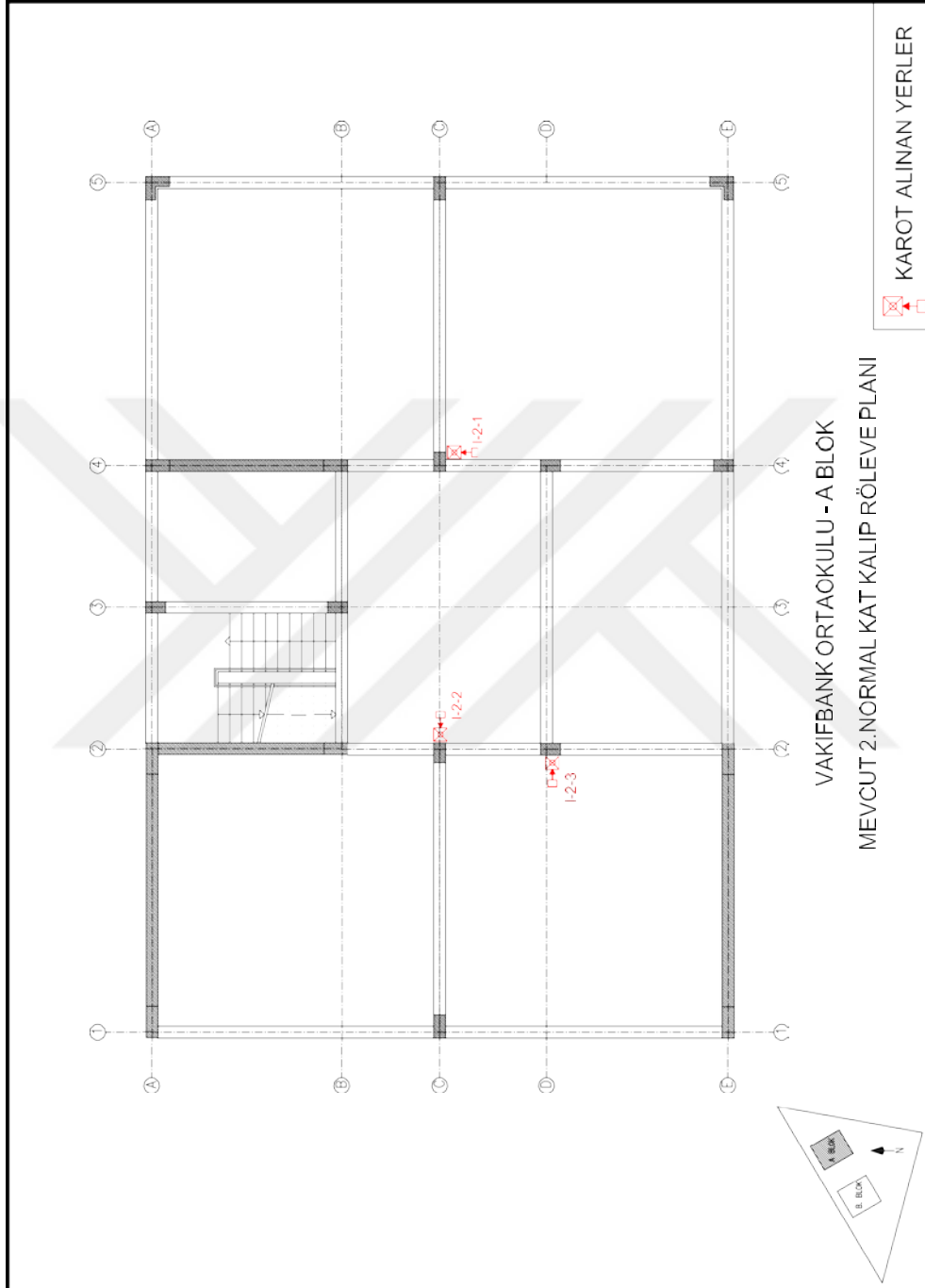
VAKIFBANK ORTAOKULU - A BLOK
MEVCUT KAT KOLON RÖLEVE PLANI



Ek 10. Beton Numunelerinin Alındığı Yerler







Vakıfbank Ortaokulu Beton Numune Alımı

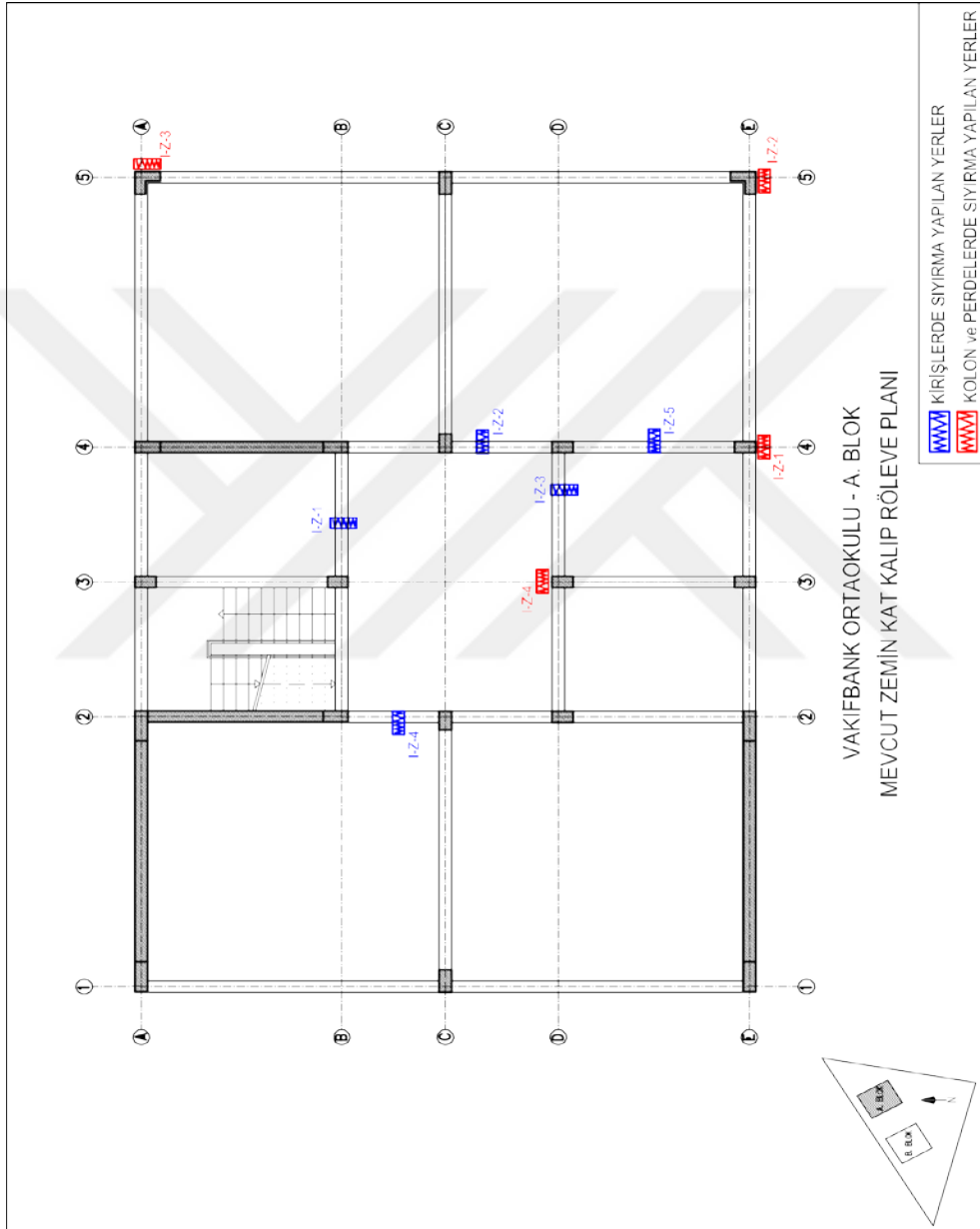
NO	KAT BİLGİSİ	PROJE ÜZERİNDEKİ AKS	ELEMAN ADI	NUMUNENİN ALINIP ALINAMADIĞI (EVET / HAYIR)	NUMUNE ÇAPI VE YÜKSEKLİĞİ (mm)
1	ZEMİN K.	D/2	S113	EVET	Ø95/100
2	ZEMİN K.	C/2	S110	EVET	Ø95/100
3	ZEMİN K.	C/4	S111	EVET	Ø95/100
4	1. Normal Kat	B/2	S206	EVET	Ø95/100
5	1. Normal Kat	D/4	S215	EVET	Ø95/100
6	1. Normal Kat.	5/C	S212	EVET	Ø95/100
7	2. Normal Kat	4/C	S311	EVET	Ø95/100
8	2. Normal Kat	C/2	S310	EVET	Ø95/100
9	2. Normal Kat	D/2	S313	EVET	Ø95/100

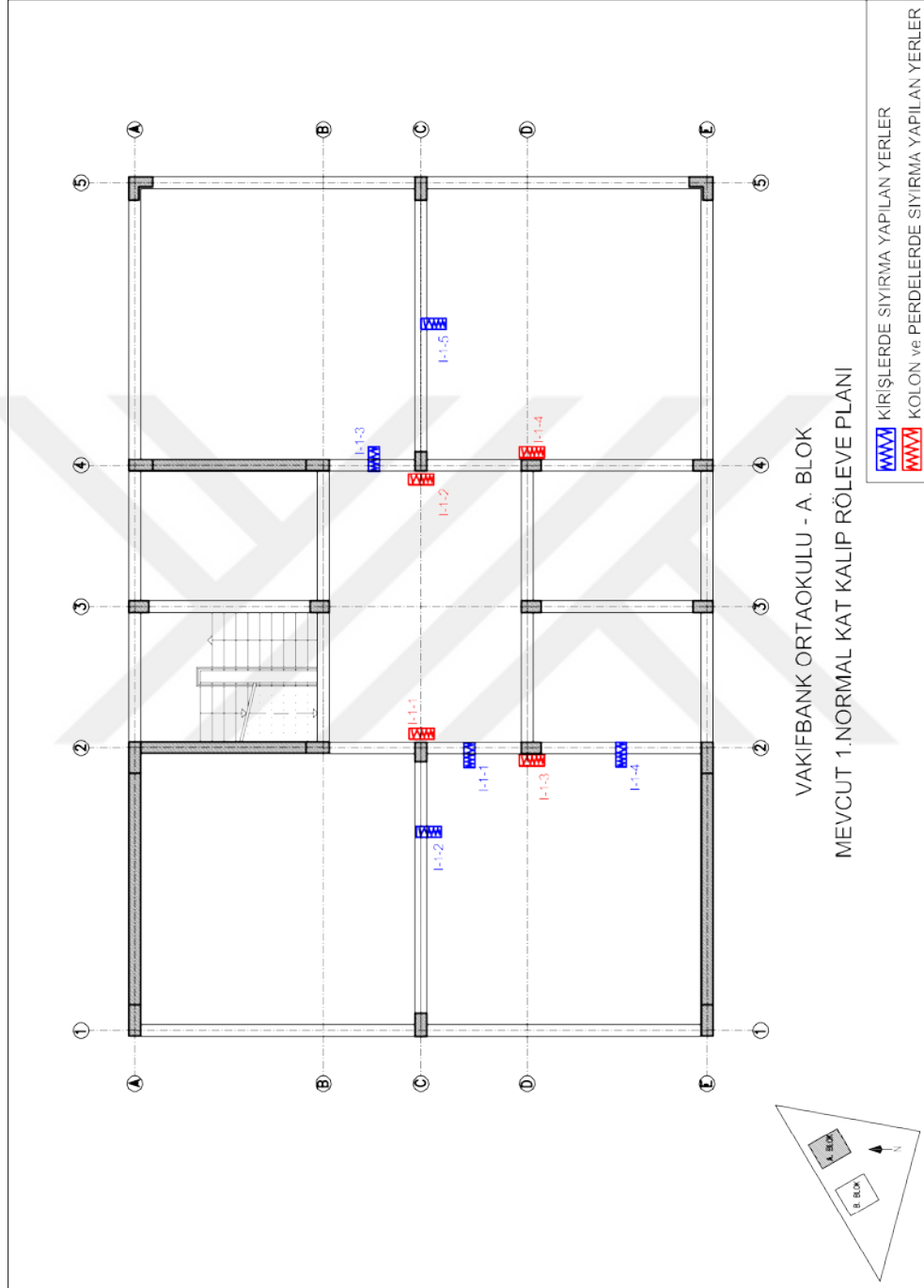


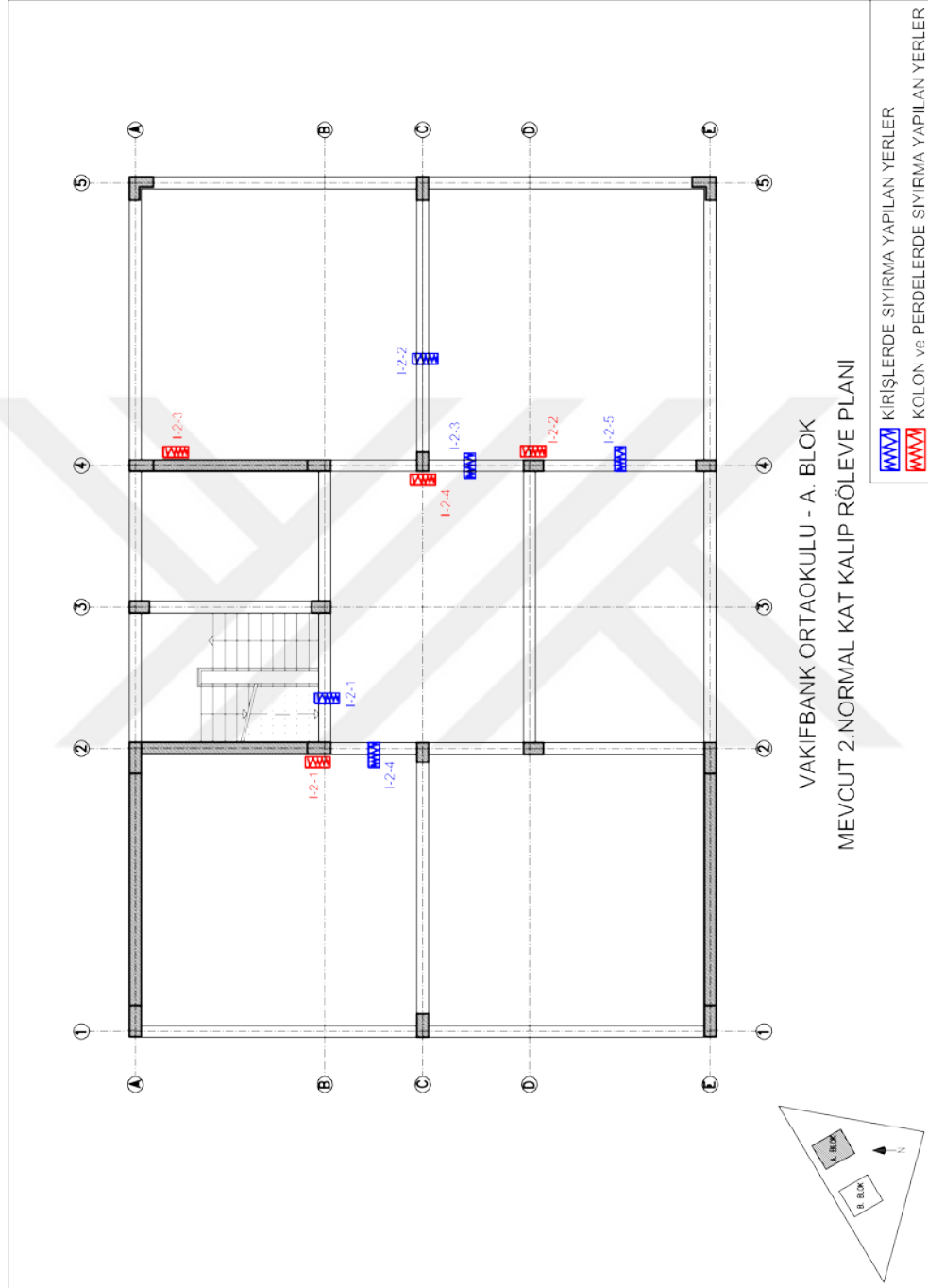
Ek 11. Beton Numunelerine Ait Deney Sonuçlar**Vakıfbank Ortaokulu Beton Numune Deney Sonuçları**

NO	KAT ADI	KAROT BOYUTLARI		KAROT ALANI (mm ²)	KAROT NARİNLİK ORANI	KIRILMA YÜKÜ (kN)	KIRILMA GERİLME S İ (MPa)
		ÇAP (mm)	BOY (mm)				
		<i>d</i>	<i>l</i>	<i>A</i>	<i>l/d</i>	<i>P</i>	<i>P/A</i>
1	ZEMİN K. (1)	95	99	7088,2	1,04	61,0	8,61
2	ZEMİN K. (2)	95	98	7088,2	1,03	103,2	14,5
3	ZEMİN K. (3)	95	97	7088,2	1,02	97,0	13,6
4	1. N. K. (1)	95	99	7088,2	1,04	100,1	14,1
5	1. N. K. (2)	95	97	7088,2	1,02	41,6	5,87
6	1. N. K. (3)	95	97	7088,2	1,02	93,5	13,2
7	2. N. K. (1)	95	99	7088,2	1,04	139,1	19,6
8	2. N. K. (2)	95	97	7088,2	1,02	66,2	9,34
9	2. N. K. (3)	95	97	7088,2	1,02	83,3	11,7
Beton Dayanımı: 8,29 MPa							

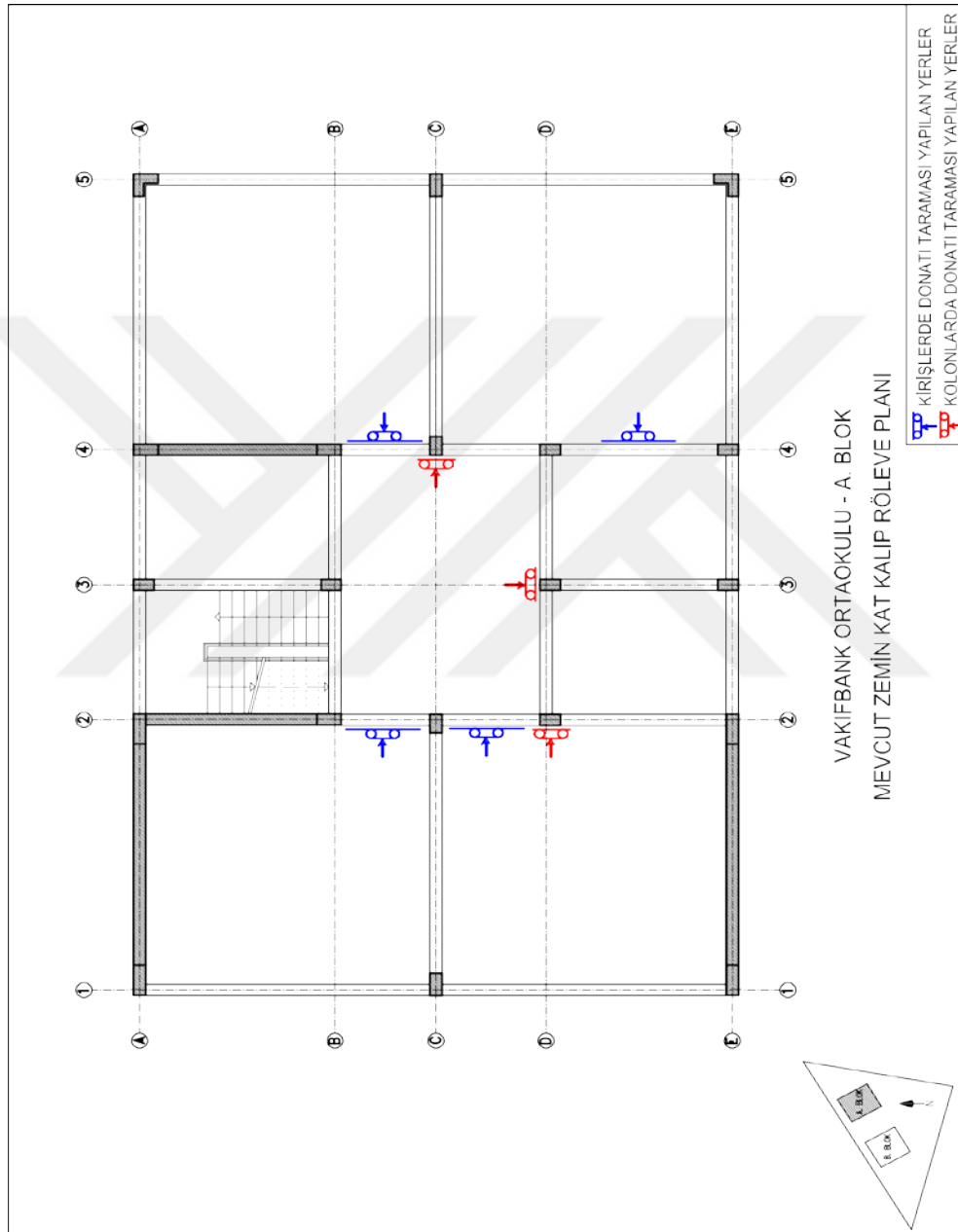
Ek 12. Kolon ve Kirişlerde Beton Örtüsü (Pas payı) Sıyrmalarının Yapıldığı Yerler

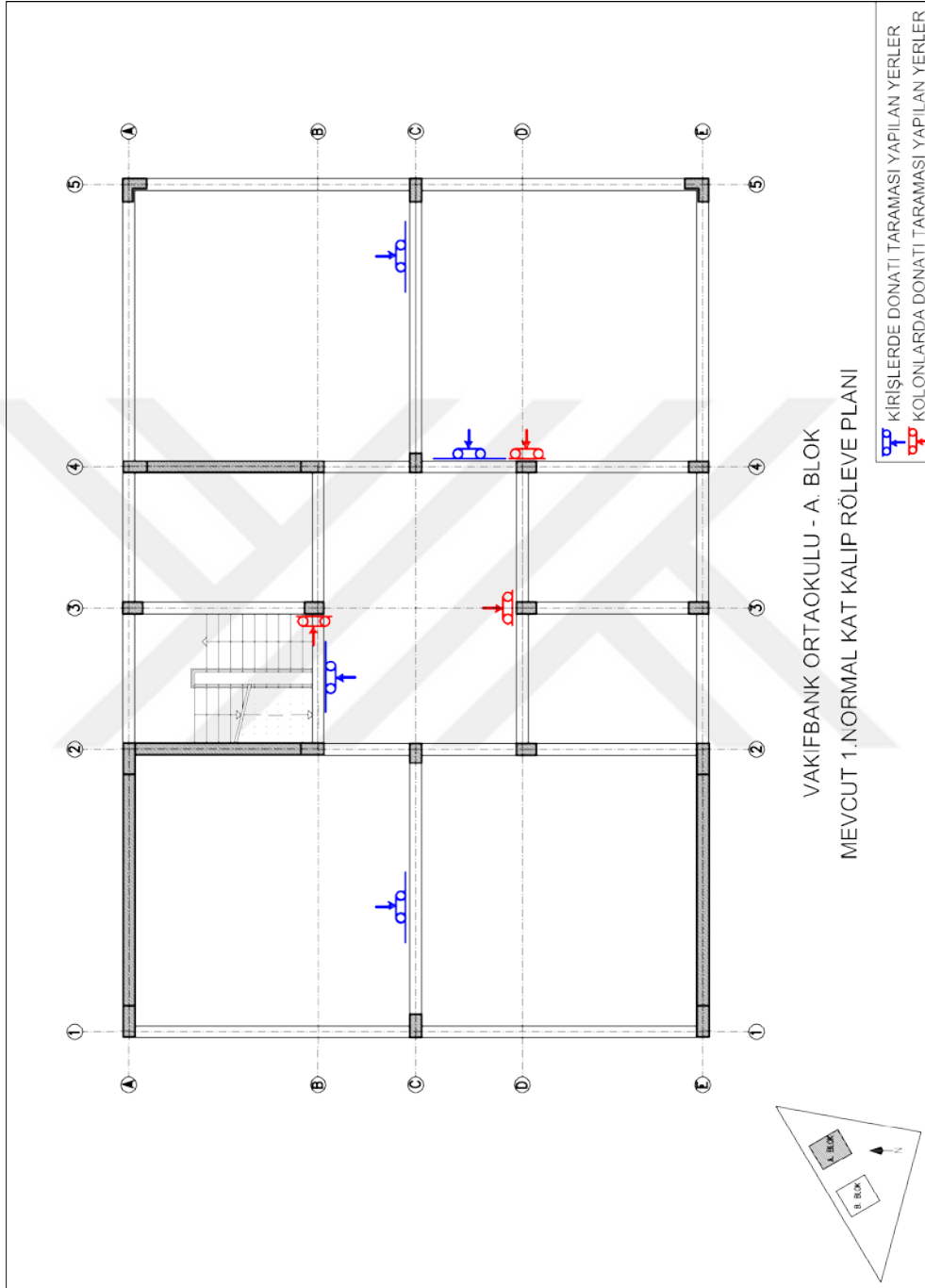


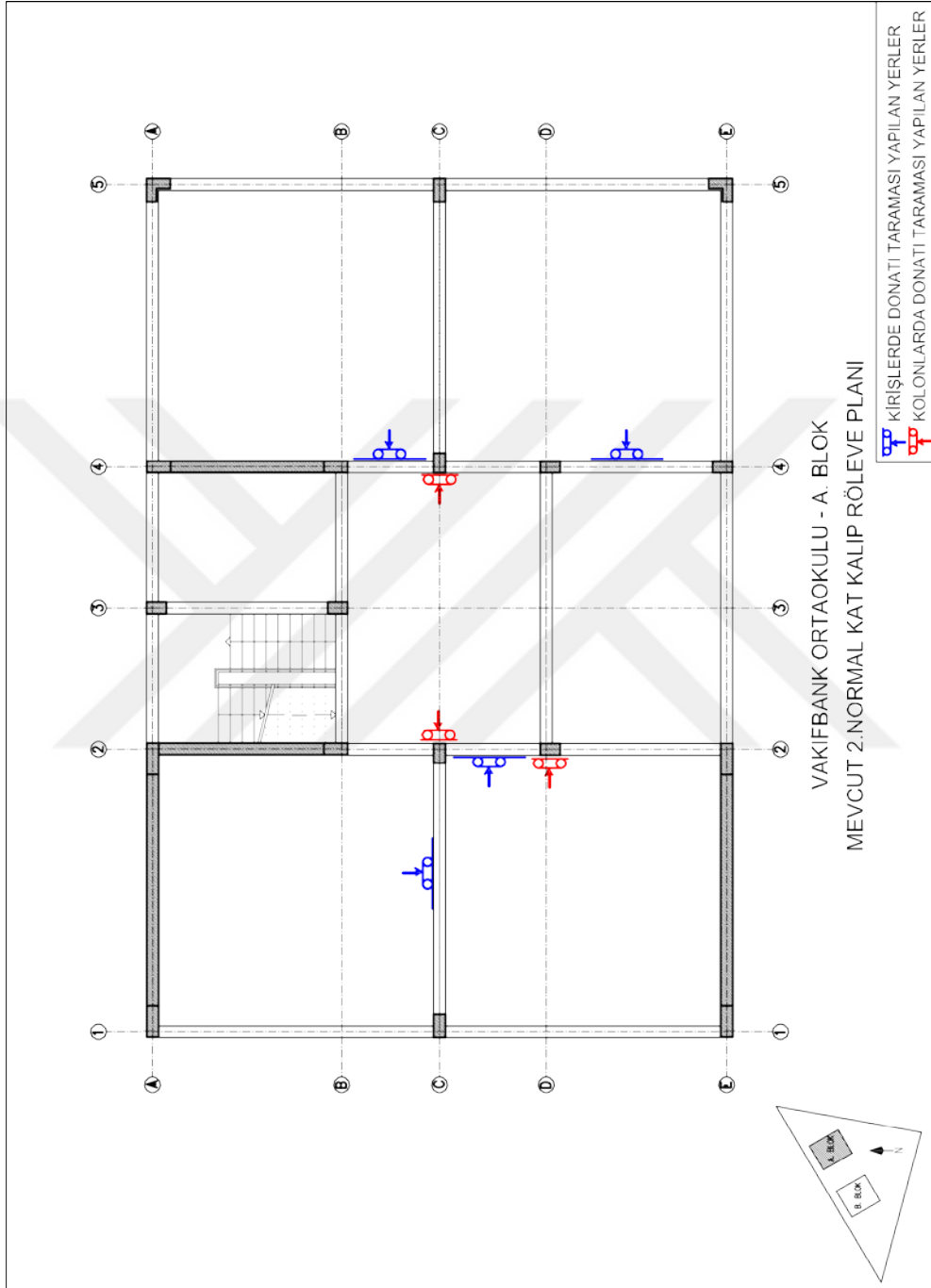




Ek 13. Cihaz Vasıtasıyla Donatı Taraması Yapılmış Olan Taşıyıcı Elemanlar







Ek 14. Yapıya İlave Edilecek Olan Güçlendirme Elemanları ve Konumları

