

MERVE OKUMUŞ



**BRÜT BETON YAPILARDAKİ BOZULMA TİPLERİNİN
TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ İLE TESPİTİ VE
ONARIM YÖNTEMLERİ: ANKARA ÖRNEĞİ**

MERVE OKUMUŞ

ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ

EYLÜL 2021

**ÇANKAYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BRÜT BETON YAPILARDAKİ BOZULMA TİPLERİNİN TAHRİBATSIZ
MUAYENE YÖNTEMLERİ İLE TESPİTİ VE ONARIM YÖNTEMLERİ:
ANKARA ÖRNEĞİ**

MERVE OKUMUŞ

EYLÜL 2021

ÖZ

BRÜT BETON YAPILARDAKİ BOZULMA TİPLERİNİN TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ İLE TESPİTİ VE ONARIM YÖNTEMLERİ: ANKARA ÖRNEĞİ

OKUMUŞ, Merve

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Aslı ER AKAN

Eylül 2021, 207 sayfa

Günümüzde de en temel ve yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biri olan beton 20. yüzyılın başında mimarlıkta kullanılmaya başlanmıştır. Betonarmenin kullanımı yığma sisteme dayalı mimarlığı dönüştürerek modern mimarlık olarak bilinen dönemin başlamasına katkıda bulunmuştur. Bulunduğu çevrenin çeşitli hava koşullarına karşı dayanıklılık gösteren ve önemli niteliklere sahip olan betonarme 1950’li yılların sonlarından itibaren brüt beton görünümüyle karşımıza çıkmaktadır. Brütalizm akımının da etkisiyle yaygın hale gelen brüt beton ile de modern mimarlık tarihinde önem taşıyan pek çok yapı inşa edilmiştir.

Günümüzde varlığını sürdüren ve artık tarihi yapı statüsüne giren bu erken-modern yapılar yakın dönem mimarlık tarihimizi ve inşa edildiği dönemin özelliklerini yansıtması bakımından değerli olup bu yapıların geleceğe sağlıklı aktarılması önem taşımaktadır. Ancak, bu yapılarda uygulama aşamasında ya da kullanım aşamasında çeşitli etkenlerden kaynaklı birtakım bozulmalar meydana gelmektedir. Özellikle brüt beton yapıların korunarak geleceğe iletilebilmesi için ortaya çıkan bu süreksizliklerin tespitinin sağlanıp ihtiyaç durumunda uygun onarımlarla müdahaleler gerçekleştirilmelidir. Bozulmaların tespitleri ve yapılar hakkında bilgi alınabilmesi günümüzde de geliştirilmekte olan ve pek çok avantajı bulunan tahribatsız muayene

yöntemleriyle sağlanmaktadır.

Çalışma kapsamında yapılan araştırmalar, Ankara'dan örnek seçilen brüt beton yapılar üzerinden incelenmiştir. Bu kapsamda örnek yapılara dair ön araştırma bilgileri ve yerinde tespitlere göre uygulanacak tahribatsız muayene yöntemleri ve gerekli durumlarda uygulanacak onarım yöntemleri literatür araştırmaları üzerinden değerlendirme yapılarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beton, Brüt Beton, Brütalizm, Tahribatsız Muayene Yöntemleri, Onarım Yöntemleri



ABSTRACT

DETECTION OF DETERMINATION TYPES IN EXPOSED CONCRETE BUILDINGS BY NON-DESTRUCTIVE EXAMINATION METHODS AND REPAIR METHODS: ANKARA CASE

OKUMUŞ, Merve

M.Sc., Department of Architecture

Supervisor: Doç. Dr. Aslı ER AKAN

September 2021, 207 pages

Concrete, which is one of the most basic and widely used building materials today, started to be used in architecture at the beginning of the 20th century. The use of reinforced concrete transformed masonry-based architecture and contributed to the beginning of the period known as modern architecture. Reinforced concrete, which is resistant to various weather conditions of its environment and has important qualities, has emerged with its exposed concrete appearance since the late 1950s. Many buildings, which are important in the history of modern architecture, have been built with exposed concrete, which has become widespread with the influence of the Brutalism movement.

These early-modern structures, which continue to exist today and are now in the status of historical structures, are valuable in terms of reflecting our recent architectural history and the characteristics of the period in which they were built, and it is important to conserve these structures and pass on to the future. However, some deteriorations occur in these structures due to various factors during the application or usage phase. In order to protect the exposed concrete structures and transmit them to the future, these discontinuities should be determined and interventions should be carried out with appropriate repairs in case of need. Detection of deterioration and obtaining information about structures are provided by non-destructive testing

methods, which are still being developed and have many advantages.

The researches carried out within the scope of the study were examined on the exposed concrete structures selected as examples from Ankara. In this context, preliminary research information on the sample structures and non-destructive testing methods according to on-site determinations and repair methods are presented by evaluating the literature.

Keywords: Concrete, Exposed Concrete, Brutalism, Non-Destructive Testing Methods, Repair Methods



TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının her aşamasında; değerli vaktini ayıran, yardımlarını esirgmeden tđm sorularımı içtenlikle ve gđler yđzđyle cevaplandırın aynı zamanda bu sđreteki çalıőmalarımda beni yđnlendirerek önemli katkılarını sunan değerli tez danıőmanım Doç. Dr. Aslı ER AKAN' a sonsuz teőekkđrlerimi sunarım.

Hayatımın her anında yanımda olup bana destek veren aileme, bu sđrete karőılaőtıęım zorluklarla mđcadele etmemi sağlayan ve bana her zaman inanarak yanımda olan canım annem Melike OKUMUŞ, canım babam Metin OKUMUŞ'a ve neőesiyle her daim yđzđmđ gđldđren canım yeğenim Karan Kartal OKUMUŞ'a teőekkđr ederim.

Bu sđreteki çalıőmalarımda beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, yansıttığı gđzel dđőđnceleriyle her zaman yanımda olan canım arkadaőım Gđlistan PİŐKİN'e teőekkđr ederim.

Bu sđrete bana her daim inanan ve desteği ile her zaman yanımda olan Bora ÖZDER'e teőekkđr ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. PROBLEMİN TANIMI	1
1.2. ARAŞTIRMA SORUSU VE HİPOTEZ.....	4
1.3. ARAŞTIRMA AMACI, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI	5
1.4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	6
BÖLÜM II	9
BETONUN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ.....	9
2.1. ÇİMENTO.....	9
2.1.1. Çimentonun Tarihçesi.....	9
2.2. BETON.....	10
2.3. BETONARME	11
2.3.1. Tarihi Betonarme	12
2.3.2. Brüt Beton.....	13
BÖLÜM III.....	16
BRÜTALİZM	16
3.1. BRÜTALİZM AKIMI.....	16
3.1.1. Dünya’da Brütalizm Akımı	17
3.1.2. Türkiye’de Brütalizm Akımı	28
3.2. BRÜTALİST MİMARLAR VE YAPILARI	31
BÖLÜM IV	36
BRÜT BETONUN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	36

4.1. BRÜT BETON YAPILARIN KULLANIM ÖMRÜ	36
4.2. BRÜT BETONUN İNŞASI ESNASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN UNSURLAR	37
4.3. TARİHİ BETONARME YAPILARDA GÖZLEMLenen BOZULMALAR VE NEDENLERİ	39
4.4. BRÜT BETON YAPILARDA GÖZLEMLenen BOZULMALAR VE NEDENLERİ.....	40
4.4.1. Uygulama Aşamasında Oluşan Bozulmalar	40
4.4.1.1. Petek Dokusu Görünümü.....	40
4.4.1.2. Beton Yüzeyinde Boşluklar	41
4.4.1.3. Renk Düzensizliği.....	43
4.4.1.4. Soğuk Derz.....	44
4.4.2. Kullanım Aşamasında Oluşan Bozulmalar.....	45
4.4.2.1. Çiçeklenme	45
4.4.2.2. Korozyon.....	46
4.4.2.3. Oksidasyon.....	47
4.4.2.4. Alkali-agrega Reaksiyonları	48
4.4.2.5. Yüzeyden Parça Kopması	49
4.5. BOZULMAYA UĞRAYAN BRÜT YAPI ÖRNEKLERİ.....	49
4.5.1. Notre Dame de Royan	49
4.5.2. Polcevera Viyadüğü (Morandi Köprüsü).....	57
4.5.3. Church of Saint Francis of Assisi	61
4.5.4. Salk Enstitute	62
BÖLÜM V.....	65
TARİHİ BETONARME YAPILARIN KORUNMASI VE ONARIM YÖNTEMLERİ.....	65
5.1. TARİHİ BETONARME YAPILARIN KORUMA VE ONARIM YAKLAŞIMLARI.....	65
5.2. TARİHİ BETONARME YAPILARI KORUMA İLKELERİ.....	67
5.3. BETON KORUMA SÜRECİ: PROJE PLANLAMA AŞAMASI.....	71
5.4. BETON KORUMA SÜRECİ: YAPININ VE KORUMA GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI	72
5.4.1. Tahribatsız Muayene Yöntemleri ile Belgeleme	74
5.4.1.1. Gözle muayene.....	78

5.4.1.2. Beton Test Çekici (Schmidt Çekici)	81
5.4.1.3. Ultrasonik Titreşim Hızı	83
5.4.1.4. Darbe-eko.....	88
5.4.1.5. Sıvı Emdirme (Penetrant Sıvısı) ile Muayene	91
5.4.1.6. Covermeter (Pas payı ölçer) Testi.....	96
5.4.1.7. Batma Direnci (Windsor Sondası)	98
5.4.1.8. Radyografik (Röntgen) Işınları ile Muayene (X Ray, Gama Ray) 100	
5.4.2. Sahadan Numune Alma ve Laboratuvar Testleri.....	102
5.5. BETON KORUMA SÜRECİ: KORUMA STRATEJİLERİNİN	
BELİRLENMESİ AŞAMASI	103
5.6. BETON KORUMA SÜRECİ: UYGULAMA AŞAMASI	105
5.7. BETON KORUMA SÜRECİ: BAKIM VE İZLEME SÜRECİ	106
5.8. BRÜT BETON YAPILARDA BOZULMALARA KARŞI ALINAN	
ÖNLEMLER VE ONARIM YÖNTEMLERİ.....	107
BÖLÜM VI.....	113
ALAN ÇALIŞMASI: ANKARA'DAKİ BRÜT BETON YAPI ÖRNEKLERİ	
ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRME	113
6.1. ODTÜ Kampüs Yapıları	113
6.2. Türk Dil Kurumu.....	115
6.3. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi	118
6.4. Nervi (Opera) Köprüsü.....	120
6.5. Alan Çalışmasında Gözlemlenen Bozulmalar ve Değerlendirmeleri.....	123
BÖLÜM VII.....	169
SONUÇ.....	169
KAYNAKÇA	174
ÖZGEÇMİŞ.....	190

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. 1: Tez Akış Şeması	8
Tablo 5. 1: Beton Yapıları Koruma İlkeleri	69
Tablo 5. 2: Beton Kalitesinin Ultrasonik Muayene Yöntemiyle Sınıflandırılması....	88
Tablo 6. 1: ODTÜ Kampüs Yapıları, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Petek Dokusu” Görünümü	125
Tablo 6. 2: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Beton Yüzeyinde Boşluklar” Görünümü.....	129
Tablo 6. 3: ODTÜ Kampüs Yapılarında Gözlemlenen “Renk Düzensizliği” Görünümü	133
Tablo 6. 4: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi(Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Çiçeklenme” Görünümü	137
Tablo 6. 5: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Korozyon” Görünümü	145
Tablo 6. 6: ODTÜ Kampüs Yapılarında ve Nervi (Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Oksidasyon” Görünümü	154
Tablo 6. 7: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası ve Nervi(Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Alkali-Agrega Reaksiyonları” Görünümü	159
Tablo 6. 8: ODTÜ Kampüs Yapıları ve Nervi (Opera) Köprüsü’nde Gözlemlenen “Yüzeyden Parça Kopması” Görünümü	166
Tablo 6. 9: Bozulma Türlerine Göre Uygulanacak Metotlar	171

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: Konvansiyonel beton üretimi.....	12
Şekil 2. 2: Brüt betonun kullanıldığı yerler.....	13
Şekil 2. 3: Brüt beton yüzey doku örnekleri	14
Şekil 2. 4: Jahrhunderthalle Binası	15
Şekil 3. 1: Paris'teki brüt beton konut.....	17
Şekil 3. 2: Unite d'Habitation	18
Şekil 3. 3: Unite d'Habitation cephe görünümleri	19
Şekil 3. 4: Unite d'Habitation brüt yüzey görünümü.....	19
Şekil 3. 5: Unite d'Habitation cephe görünümleri	20
Şekil 3. 6: Jaoul Evleri	21
Şekil 3. 7: Sainte Marie de La Tourette Manastırı	21
Şekil 3. 8: Hunstanton Okulu, 1949-1954.....	23
Şekil 3. 9: “Sanat ve Yaşamın Paralelligi” sergisinden bir görünüm	24
Şekil 3. 10: “Patio and Pavillion” sergisi	24
Şekil 3. 11: Robin Hood Gardens	25
Şekil 3. 12: Salk Enstitüsü, 1959-1965	26
Şekil 3. 13: Salk Enstitüsü, 1959-1965	27
Şekil 3. 14: Salk Enstitüsü cephe detay görünümü	27
Şekil 3. 15: Safranbolu Evi strüktürün yansıtılması.....	28
Şekil 3. 16: ODTÜ Mimarlık Fakültesi genel görünümü	29
Şekil 3. 17: ODTÜ Mimarlık Fakültesi cephe ve iç mekan görünümü	29
Şekil 3. 18: Türk Tarih Kurumu planı.....	30
Şekil 3. 19: Türk Tarih Kurumu Binası cephe ve iç mekân görünümü	31
Şekil 3. 20: Unite d'Habitation	32
Şekil 3. 21: Orange County Government Center	33
Şekil 3. 22: Museu de Arte de São Paulo.....	34
Şekil 3. 23: Buffalo City Court Building	35
Şekil 3. 24: Boston City Hall	35

Şekil 4. 1: Karbonatlaşmanın etkisi	40
Şekil 4. 2: Petek dokusu görünümü	41
Şekil 4. 3: Petek dokusu görünümü	41
Şekil 4. 4: Beton yüzeyinde oluşan boşluklar	42
Şekil 4. 5: Beton yüzeyinde oluşan boşluklar	42
Şekil 4. 6: Yüzeyde renk düzensizliği görünümü	43
Şekil 4. 7: Soğuk derz görünümü	44
Şekil 4. 8: Soğuk derz görünümü	44
Şekil 4. 9: Soğuk derz görünümü	45
Şekil 4. 10: Betonda çiçeklenme	45
Şekil 4. 11: Betonda yüzey kopması görünümleri	46
Şekil 4. 12: Yüzeyden parça kopması	47
Şekil 4. 13: Oksidasyon ile yüzeylerdeki lekelenmeler	48
Şekil 4. 14: Beton yüzeylerinde ağ biçiminde kılcal çatlaklar	48
Şekil 4. 15: Yüzeyde görülen parça kopmaları	49
Şekil 4. 16: Notre Dame de Royan	50
Şekil 4. 17: Notre Dame de Royan	50
Şekil 4. 18: Vaziyet planı	51
Şekil 4. 19: Zemin kat planı	51
Şekil 4. 20: “V” formundaki sütunlar	52
Şekil 4. 21: İç mekân görselleri	52
Şekil 4. 22: Donatının paslanması	53
Şekil 4. 23: Yüzeyde görülen parça kopmaları	53
Şekil 4. 24: Çan Kulesi	54
Şekil 4. 25: Karbonatlaşma, parça kopmaları görülen beton yüzey ve onarımı	55
Şekil 4. 26: Strüktürde meydana gelen bozulma	56
Şekil 4. 27: Strüktürde meydana gelen bozulma	56
Şekil 4. 28: Merdivende ortaya çıkan bozulmalar	57
Şekil 4. 29: “A” formundaki köprü ayağı	58
Şekil 4. 30: Polcevera (Morandi) Köprüsü	58
Şekil 4. 31: Öngermeli betonarme askı	59
Şekil 4. 32: Yıkılan Morandi Köprüsü	60
Şekil 4. 33: Yıkılan Morandi Köprüsü	61
Şekil 4. 34: Yıkılan Morandi Köprüsü	61

Şekil 4. 35: Church of Saint Francis of Assisi	62
Şekil 4. 36: Salk Enstitü	62
Şekil 4. 37: Salk Enstitü	63
Şekil 4. 38: Petek dokusu görünümü	63
Şekil 4. 39: Yüzeylerdeki boşluklu yapılar	64
Şekil 5. 1: Olumsuz bir onarım örneği	66
Şekil 5. 2: Olumlu bir onarım örneği	67
Şekil 5. 3: Beton Koruma Süreci	70
Şekil 5. 4: Boroskop-Endoskop	79
Şekil 5. 5: Çatlak Mikroskobu	79
Şekil 5. 6: Donatının Paslanması	80
Şekil 5. 7: Yüzey Çatlakları	80
Şekil 5. 8: Takviye Çubuklarının Korozyonu	81
Şekil 5. 9: Beton Test Çekici	81
Şekil 5. 10: Schmidt çekicinin şematik olarak kesiti	82
Şekil 5. 11: Titreşim hızı cihazı	85
Şekil 5. 12: Darbe hızı ölçüm konfigürasyonları	85
Şekil 5. 13: Ultrases hızı yönteminin beton bir yapı üzerine uygulanması.....	86
Şekil 5. 14: Ultrases hızı yönteminin beton bir yapı üzerine uygulanması.....	87
Şekil 5. 15: Veri toplama cihazı, alıcı dönüştürücü (ivmeölçer) ve darbe kaynağı (çelik bilye)	89
Şekil 5. 16: Darbe-eko muayene cihaz örneği	90
Şekil 5. 17: Darbe-eko analiz yöntemine ait diagram	90
Şekil 5. 18: Taşınabilir ve Taşınamaz Muayene Ekipmanları	91
Şekil 5. 19: Ön temizleme işlemi	93
Şekil 5. 20: Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması	93
Şekil 5. 21: Penetrant sıvısının nüfuzu.....	94
Şekil 5. 22: Yüzeydeki fazla penetrant sıvısının temizlenmesi.....	94
Şekil 5. 23: Test yüzeyine geliştirici uygulanması.....	95
Şekil 5. 24: Uygun ışık kaynağı altında beliren süreksizlikler	95
Şekil 5. 25: Son temizlik aşaması	96
Şekil 5. 26: Donatı tespit aleti	97
Şekil 5. 27: Windsor sonda muayene ekipmanları.....	98
Şekil 5. 28: Ölçüm aşaması.....	99

Şekil 5. 29: Radyografik muayene gama ışını testi.....	100
Şekil 5. 30: Radyografik görüntü oluşumu	101
Şekil 5. 31: Takviye çelik eleman ve korozyon önleyici kaplama malzemesi.....	108
Şekil 5. 32: Donatı demirinin korozyonu ve yapıdaki takviye çelik.....	109
Şekil 5. 33: Betondaki klorür içeriğinin belirlenmesi	109
Şekil 5. 34: Pas payı derinliği	111
Şekil 5. 35: Kimyasal tuzların etkileri.....	112
Şekil 6. 1: Mimarlık fakültesi genel görünüm	113
Şekil 6. 2: Mimarlık fakültesi	113
Şekil 6. 3: Rektörlük binası.....	114
Şekil 6. 4: Spor salonu	114
Şekil 6. 5: Kafeterya.....	114
Şekil 6. 6: Mühendislik Merkez Binası.....	115
Şekil 6. 7: Türk Dil Kurumu Binası inşa aşaması.....	116
Şekil 6. 8: Türk Dil Kurumu Binası.....	116
Şekil 6. 9: Türk Dil Kurumu Binası.....	116
Şekil 6. 10: Kat planları ve kesit	117
Şekil 6. 11: Dış cephe ve iç mekân görünümü.....	118
Şekil 6. 12: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi konumu.....	119
Şekil 6. 13: Ergoterapi Bölümü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü.....	120
Şekil 6. 14: Nervi (Opera) Köprüsü	121
Şekil 6. 15: Yüzeydeki parça kopmaları	122
Şekil 6. 16: Sızıntılardan kaynaklı yüzeydeki lekeler.....	122
Şekil 6. 17: Yapı elemanlarında paslanma.....	123

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1. PROBLEMİN TANIMI

Barınma ihtiyacıyla birlikte ortaya çıkan yapılar, süreç içerisinde çeşitli malzemeler kullanılarak inşa edilmişlerdir. 20. yüzyılda tekil yapı inşa etme becerisinin bir endüstri haline gelmesiyle birlikte en temel ve yaygın yapı malzemesi olarak beton kullanılmaya başlanmıştır. Ancak beton neredeyse uygarlık tarihi kadar eski bir malzemedir. Betonun icadına giden yolda en önemli keşif hidrolik bağlayıcıların bulunması olmuştur. Su ile karıştırıldığında temas ettiği maddelerle kaynaşıp sertleşen yani hidrolik olarak nitelendirilen bağlayıcı maddelerin kullanılmaya başlaması, günümüzden 2000 yıl kadar eskilere dayanır (Vitruvius, 1998).

İlk olarak Romalılar tarafından yapılan ilkel çimento, daha sonra 1824 yılında İngiltere'nin Leeds Kenti'nde tuğla yapımıyla uğraşan Joseph Asbdin isimli duvar ustası tarafından geliştirilmiştir. Asbdin ince taneli kalker ve kil karışımını pişirerek ve öğütürerek elde ettiği ürüne su ve kum katılarak zamanla sertleştiği gözlemlendiğinde ve ortaya çıkan son ürünün İngiltere'de Portland adasından getirilen yapı taşlarına çeşitli özellikleriyle benzediği görülünce "Portland Cement" (Portland çimentosu) adıyla patent almıştır. Asbdin 1825'te kurduğu küçük fabrikada üretime başlamıştır. Ancak bu çimento, üretim esnasında karışıma giren malzemeler gerekli yüksek sıcaklıkta pişirilemediği için bugün kullanılan Portland Çimentosuyla tamamen aynı özelliklere sahip olamamıştır (Erdoğan, 2021). Daha sonra 1845 yılında Isaac Johnson isimli bir İngiliz hammaddelerin uygun oranlarını ve pişirme sıcaklığını yeniden tespit ederek günümüzde kullanılan Portland Çimentosuna ilişkin normları belirlemiştir (Erdoğan, 2021).

Bu keşfinden 20-25 yıl sonra taşıyıcı olmayan ilk betonarme denemeleri gerçekleştirilmiştir. 1824 yılında J. Aspdin tarafından portland çimentosunun keşfi,

1845'te Johnson'ın uygulanabilir çimento normlarını ortaya koyması, 1877'de J. Monier tarafından demirin beton hamuruna eklenmesi suretiyle çekmeye dayanıklı betonarme sistemin temellerinin atılması betonarme yapı üretimini etkileyen çok önemli gelişmeler olarak sıralanabilir. 1848 yılında gerçekleştirilen ilk betonarme uygulamalarla birlikte betonarme yapılar inşa edilerek betonun kullanımı yaygın hale gelmiştir. Monier'in 1873 yılında köprü, 1875 yılında merdiven ve 1880 yılında demiryolu için betonarme travers yapımına ilişkin patentler alması o dönemlerde betonarmenin kullanım olanaklarının görülmesi açısından önemli çalışmalardır. Sonrasında çimentonun üretimi ve kullanımı 19. yy'ın ikinci yarısında İngiltere'nin tekeline çıkarak birçok ülkeye yayıldığı görülmektedir (Keskinel vd., 2001).

Şekil verilebilme kolaylığı, dış etkilere dayanıklılığı, ekonomik oluşu ve üretimindeki ve uygulama pratikliği nedeni ile beton dünyada olduğu gibi ve Türkiye'de de yüzyılı aşkın süreden beri en önemli yapı malzemesi olma özelliğini korumaktadır. Betonarmenin Türkiye'deki kullanımının başlaması ve yaygınlaşması, mimarlık tarihçilerine göre modern mimarlığın da ülke mimarlık gündemine girişi olarak kabul edilmektedir. Sanayi Devrimi'nin etkilerinin Türkiye'de de görülmeye başlamasıyla birlikte sanayideki modern üretim yaklaşımlarının yanı sıra, inşaat sektöründeki üretim biçimlerinde de modern yaklaşımlar ve betonarme kullanımı benimsenmeye başlanmıştır.

1900'lü yıllarla beraber "Kübizm, Fütürizm", "De Stijl", "Pürizm", "Ekspresyonizm", "Konstrüktivizm" ve "Brütalizm" gibi akımlar oluşmuştur (Özbakan, 2007). Modern mimariyle birlikte birçok akımın oluşması betonun kullanımını da yaygın hale getirmiştir (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012). Betonun yapılarda taşıyıcı malzeme olarak kullanımına, ilerleyen dönemde yüzeylerde bitiş malzemesi olarak kullanımı da eklenmiştir. Betonun yüzeylerde kullanımı brüt beton şeklinde olup çeşitli kalıplarla istenen doku ve şekil verilerek herhangi bir kaplama malzemesi olmadan kullanılmasıdır. Brüt beton aynı zamanda "mimari beton" veya "çıplak beton" olarak da adlandırılmaktadır (Dikmen, 2018). Betonun bu şekilde kullanımıyla yalın hali ve estetik unsurlarının öne çıkmasının yanında yapıya anıtsal bir özellik de kazandırmaktadır (Alp, 2019).

19. yüzyıl sonu 20. yüzyılın ilk yıllarında inşa edilen bu betonarme yapılar "proto-modern betonarme yapılar", "erken dönem betonarme yapılar" ya da literatürde de sıkça rastlanan şekliyle "tarihi betonarme yapılar" olarak tanımlanabilir. Geleneksel yığma yapım tekniğinden betonarme yapım tekniğine geçiş döneminde yapılan bu

öncü yapılar yapım tekniği ve teknolojisi bakımından mimarlık ve inşaat tarihi açısından bir geçiş ve keşif döneminin ürünleridir. Ülkemizdeki Harikzedegân Apartmanları, Defter-i Hakani Binası, Ankara Palas Otel ve birçok Erken Cumhuriyet Dönemi yapısı da bu kapsamda değerlendirilebilir. Tüm bu yapılarda beton, donatıyla güçlendirilerek yeni bir strüktürel sistem ve ona bağlı yeni bir mimarlık arayışının en önemli aracı olarak ortaya çıkmaktadır.

Betonarmenin, brüt olarak karşımıza çıkması ise 1930'lu yılların sonrasında gerçekleşmiştir (Uzun, 2008). Brüt beton kullanımının öncülerinden olan Le Corbusier ile birlikte Dünya'da da kullanımının yaygın hale geldiğini söylemek mümkündür (Erdemir, 2016). Brüt beton kullanımı, 1954 yılında brütalizm akımının ortaya çıkışıyla daha da artmıştır (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012). 1950 yılından 1980 yılına kadar ise kullanımı, olabilen en yüksek düzeye gelmiştir (Dikmen, 2018).

Brüt betonun kullanımı 1950 ve 1960'lı yıllarda Türkiye'de de önemli bir yere sahip olmuştur ve yaygınlık göstermiştir. Bu akım doğrultusunda zaman içerisinde birçok yapı ortaya konulmuştur (Salgın, 2007). Bunlara Behruz Çinici'nin ODTÜ kampüsündeki yapıları ve Ankara Fen Lisesi Yerleşkesi, Cengiz Bektaş'ın Türk Dil Kurumu Binası, Turgut Cansever-Ertur Yener'in Türk Tarih Kurumu Binası ve Pier Luigi Nervi'nin tasarladığı Nervi(Opera) Köprüsü örnek olarak verilebilir. Ayrıca 1960 ve 1970 yılları arasında özellikle Ankara ve İstanbul'da bu yaklaşımda pek çok konut inşa edilmiştir. Bu yapılar içerisinden günümüzde halen işlevini sürdürenler olduğu ve olası kullanım ömürlerine göz önüne alındığında bu yapıların korunması ve gerekli durumlarda onarımlarının yapılması gerektiği açıkça görülmektedir.

1980 sonrasında ortaya çıkan postmodernist dönemde sade, kendine özgü biçimleri ile halen yer yer inşa edilmeye devam etmişse de brüt betonun yaygın kullanımına ara verilmiştir. Fakat günümüze yaklaştıkça brüt betonun mimaride kullanımı tekrardan gündeme gelmiş, teknolojinin de etkisiyle ortaya çıkan çeşitli beton yüzey uygulama teknikleri sayesinde yeni örnekler ortaya konulmaya başlanmıştır (Dikmen, 2018; Salgın, 2007).

Bu süreç içerisinde artık tarihi yapı kapsamına giren pek çok betonarme yapı ise varlığını sürdürmekte olup geçmiş mimari teknik ve yapım teknolojisi hakkında bilgi vermesi bakımından bu yapıların korunarak geleceğe aktarılması gerekmektedir. Ancak elbette ki yapıların işlevlerini sürdürebileceği belirli bir kullanım ömürleri vardır ve bu kullanım ömrü belirlenirken betonun dayanımı önemli bir unsur olmaktadır. Bu yapıların kullanımları sürecinde doğal olarak yapı malzemelerinde

birtakım bozulmalar meydana gelmektedir. Betonun kaplama malzemesi olmadan brüt beton halinde kullanılması ise çevresel faktörler kaynaklı zamana dayalı bozulmaların oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Bu bozulmalar yüzeyde veya strüktürel olarak taşıyıcı sistemde görülebilir. Yapıların geleceğe güvenle aktarılabilmesi için bu bozulmalara neden olan etkenlerin bulunup, bunlara uygun onarım yöntemleriyle müdahale edilmesi gereklidir.

Dünya’da betonarme onarımları konusunda bazı öncü çalışmalar yapılmıştır. Örneğin; Le Corbusier’in Chandigar’daki bulunan yapıları ve Oscar Niemeyer’in yapılarının da içinde bulunduğu bazı yapıların kullanım ömürlerinin belirli bir seviyeye gelmesi sebebiyle bu yapılara yönelik hasar tespit ve restoratif onarım çalışmalarına başlandığı bilinmektedir. Türkiye’deki brüt beton yapıların da kullanım ömürlerinin belirli bir noktaya gelmesi nedeniyle bu yapılara yönelik iyileştirme çalışmalarına acilen başlanması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında brüt beton yapılarda görülen yüzey bozulmaları ve diğer bozulmalar incelenerek bu bozulmaların yapı üzerindeki gözle görülür etkileri örnek yapılar üzerinden gözlemlenmiştir. Bu kapsamda seçilen örnek yapılardaki bozulmaların tespitinin sağlanması ve yapının durumuna ilişkin sağlıklı bilgi alınması için uygulanması gereken uygun tahribatsız muayene yöntemlerine yönelik araştırma yapılmış olup, tespit edilen bozulmalara karşı uygulanması gereken onarım yöntemleri de detaylı olarak incelenmiştir.

1.2. ARAŞTIRMA SORUSU VE HİPOTEZ

Yapılan çalışmadaki araştırma “brüt beton yapılarda hem yüzeyde, betonun iç yapısında ve taşıyıcı sistemde oluşan bozulmaların tespitinin sağlanmasında hem de yapıya ilişkin bilgi alabilmek için tahribatsız muayene yöntemleri kullanılabilir mi?” sorusu etrafında şekillendirilmiş ve “Türkiye’deki brüt beton yapıların artık tarihi yapı statüsüne girmesi dolayısıyla bu yapıların geleceğe sağlıklı bir şekilde aktarılabilmesi için bakım ve onarımlarının yapılması gerekmektedir” hipotezine yönelik bir araştırma yapılmıştır. Bu kapsamda sadece brüt beton değil aynı zamanda çalışma kapsamında tarihi betonarme olarak da adlandırılan erken betonarme yapılar ve onlardaki bozulma tespit yöntemleri de tezde incelenmiştir.

Hipotez kapsamında belirlenen araştırma soruları ise şu şekilde belirlenmiştir;

- Dünya’daki brüt beton ve brütalist yapı örnekleri nelerdir?
- Türkiye’deki brüt beton ve brütalist yapı örnekleri nelerdir?

- Brüt beton yapılarda görülen bozulmalar nelerdir?
- Ortaya çıkan bozulmaların sebepleri nelerdir?
- Brüt beton yapılarda ortaya çıkan bozulmalara yönelik kullanılan onarım yöntemleri nelerdir?
- Brüt beton yapılarda yüzey bozulmaların, betonun iç yapısında ve taşıyıcı sistemde oluşan bozulmaların tespiti için tahribatsız muayene yöntemleri kullanılabilir mi?
- Yüzeylerde görülen bozulmalar taşıyıcı sistemde görülen bozulmaların bir yansıması mıdır?

Araştırma sorusuna yanıt bulabilmek adına Cumhuriyet'in en önemli brüt beton yapılarına ev sahipliği yapan Ankara'da saha çalışması yapılmış ve saha çalışmasında belirlenen sorunların tespiti ve tamiri konusunda literatürdeki benzer çalışmalar incelenmiştir.

1.3. ARAŞTIRMA AMACI, ÖNEMİ VE SINIRLILIKLARI

Çalışmanın amacı, brüt beton yapılarda ortaya çıkan bozulmaların tahribatsız muayene yöntemleriyle belirlenebilmesi; bu bozulmalara neden olan etkenlerin tespiti ve hasarlara uygun olan onarım yöntemlerinin incelenmesidir. Yapılara belirli zaman aralıklarıyla gerçekleştirilen uygun muayeneler neticesinde gerekli önlemlerin alınıp onarımların uygulanmasıyla sağlıklı ve korunarak geleceğe devredilebilmesinde çözüm yollarının sağlanabilmesi için bu çalışmanın bir adım niteliğinde olması hedeflenmektedir. Aynı zamanda brüt betonun ortaya çıkış sürecini ve brütalizm akımının etkisiyle de yaygın kullanımını Dünya ve Türkiye üzerindeki etkilerinin de gözlemlenmesidir. Böylelikle konu ile ilgili ileride yapılacak çalışmalara da bir altlık oluşturması beklenmektedir.

Bilindiği gibi ilk betonarme yapılar 100 yaşını aşmaya başladığı için tarihi yapı kapsamına girmiş, birçok betonarme yapı da mimari olarak önemli modern dönem yapısı olması nedeniyle koruma altına alınmıştır. Bunların arasında yüzey özelliklerinin özgünlüğü nedeniyle mimarlık tarihinde önemli yere sahip çok sayıda brüt beton yapı da bulunmaktadır. Bu çerçevede Türkiye'de bulunan brüt beton yapıların da artık tarihi yapı kapsamında değerlendirilmesi ve korunması gerekmektedir. Bu yapılar Cumhuriyet Dönemi mimarlık tarihinin önemli ürünleri olması sebebiyle değerlidir ve gelecek kuşaklara iletilmesi önemli ve gereklidir. Bu

koşullar altında söz konusu yapılarda ortaya çıkan bozulmaları nedenleriyle birlikte tespit edilip bunlara uygun onarım yöntemleri araştıran bu çalışmanın önemi daha net ortaya çıkmaktadır.

Ortaya çıkan bozulmaların yapı üzerindeki gözle görülür etkilerinin gözlemlenmesi aynı zamanda tahribatsız muayene yöntemleriyle bozulmaların tespitinin sağlanması ve yapıya ilişkin bilgi alınması; Ankara'dan seçilen ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü üzerinden incelenerek sınırlandırılmıştır.

1.4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada öncelikle literatür araştırması yapılarak brütalizm akımının ne olduğu ve bu mimari akımla birlikte brüt beton kullanımının nasıl etkilendiği daha önce yapılan çalışmalar ve arşivler üzerinden bir inceleme yapılarak açıklanmıştır. Bu kavramın Dünya'da ve Türkiye'de ortaya çıkış süreci aktarıldıktan sonra önemli brütalist mimarlar ve yapıları incelenmiştir. Daha sonra literatürde bu yapıların kullanım ömürlerine ilişkin bilgiler incelenerek, zamanla ortaya çıkabilecek bozulmaların neler olduğu ve bunlara neden olan etkenler ortaya konulmuştur.

Meydana gelen bozulmaların tespiti ve yapıya ilişkin bilgi alınması için uygulanabilecek tahribatsız muayene yöntemleri incelendikten sonra; tahribatsız muayene yöntemlerinden olan “beton test çekici”, “ultrasonik muayene”, “darbe-eko”, “sıvı emdirme ile muayene”, “covermeter testi”, “batma direnci” ve “radyografik ışınlar ile muayene” yöntemleri detaylı araştırılmıştır (Özçep vd., 2012). Tahribatsız muayene yöntemleri, günümüzde geliştirilmekte olup uygulanan yöntemlerle betonun direncinin yanı sıra betondaki geçirimsizlik, yoğunluk, hava ve nem gibi diğer unsurların da belirlenebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu konu hakkında yapılan çalışmalar; yüzeylerde görünür olmayan bozulmaların belirlenmesi, meydana gelen çatlakların boyutları ve derinliklerinin saptanması ya da donatılara dair detaylı bir görüntüleme sağlanması üzerine yoğunlaşmaktadır (Holla ve Schabowicz, 2010).

Yapılarda inşa aşamasında petek dokusu, beton yüzeyinde boşluklar, renk düzensizliğinin oluşması; ya da kullanım süresince çiçeklenme, korozyon, oksidasyon, alkali-agrega reaksiyonları ve yüzeyden parça kopmalarının meydana gelmesine neden olan etkenler tespit edilip bunlara uygun onarım yöntemleri incelenmiştir. Yapılardaki bozulmaların tespitinin sağlanması ve yapıya ilişkin bilgi alınması için uygulanacak tahribatsız muayene yöntemleri belirlenmiştir. Ayrıca açığa çıkan

bozulmalara karşı ve yapının ihtiyaç duyması durumunda uygulanması gereken onarım yöntemleri de açıklanmıştır.

Yapılan bu çalışmalar, Ankara'daki brüt beton yapılar arasından literatürdeki önemi nedeniyle seçilen ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü örnekleri üzerinden arşiv araştırmaları, yerinde gözlem ve incelemeler sonucunda bir değerlendirmeye varılarak ortaya konulmuştur.

Bu tez çalışması 6 bölümden meydana gelmektedir (Tablo 1.1).

- İlk bölümde; problemin tanımı, araştırma sorusu ve hipotezi, yapılan araştırmanın amacı, önemi, sınırlılıkları ve araştırmanın yöntemi belirlenmiş,
- İkinci bölümde; beton ve betonarmenin mimarlıktaki tarihsel gelişimi ve erken dönem betonarme yapılar (tarihi betonarme yapılar) incelenmiş,
- Üçüncü bölümde; Dünya ve Türkiye üzerinden brütalizm akımının ortaya çıkışı açıklanmış,
- Dördüncü bölümde; brüt betonun sahip olduğu genel özelliklerinden kullanım ömrü, ortaya çıkan bozulmalar ve onarım yöntemleri açıklanarak bu bozulmalar Dünya'dan seçilen yapılarla örneklendirilmiş,
- Beşinci bölümde; tarihi betonarme yapıların korunması ve onarımı için beton koruma süreçleri araştırılmış,
- Altıncı bölümde; brüt beton yapılarda ortaya çıkan bozulmaların tespitinin sağlanması ve yapıya ilişkin bilgi alınması için uygulanacak tahribatsız muayene yöntemleri aynı zamanda da bozulmalara karşı ve yapının ihtiyaç duyması durumunda uygulanması gereken onarım yöntemleri Ankara'daki brüt beton yapılardan seçilen örnekler üzerinden değerlendirilmiş,
- Son bölümde ise; araştırmalar ve değerlendirmeler neticesinde belirlenen araştırma sorusuna cevap bulunarak yapılacak olan diğer çalışmalara sağlayacağı katkılar belirtilmiş ve böylelikle çalışma tamamlanmıştır.

Tablo 1. 1: Tez Akış Şeması

BÖLÜM	KAPSAM / ARAŞTIRMA SORUSU	METOT
1.Giriş	Problemin tanımı, araştırma sorusu ve hipotezi, yapılan araştırmanın amacı, önemi, sınırlılıkları ve araştırmanın yöntemi	Literatür Araştırması
2.Kavramsal Çerçeve	Çalışmadaki temel kavramların incelenmesi	Literatür Araştırması
3.Kavramsal Çerçeve	-Dünya'daki brüt beton ve brütalist yapı örnekleri nelerdir? -Türkiye'deki brüt beton ve brütalist yapı örnekleri nelerdir? Brütalizm kavramının ortaya çıkış süreci incelenmiştir.	Literatür Araştırması
4.Kavramsal Çerçeve	-Brüt beton yapılarda görülen bozulmalar nelerdir? -Ortaya çıkan bozulmaların sebepleri nelerdir? -Brüt beton yapılarda ortaya çıkan bozulmalara yönelik uygulanan onarım yöntemleri nelerdir? Brüt betona dair detaylı araştırma yapılarak değerlendirme verilerinin oluşturulabilmesi için kavram, genel çerçevesiyle açıklanmaktadır.	Alan çalışması kapsamının belirlenmesi
5.Kavramsal Çerçeve	Tarihi betonarme yapıların korunması ve onarımı için beton koruma süreçleri araştırılarak elde edilen verilerle alan çalışmasında yapılacak değerlendirmelere veriler sunulmaktadır.	Değerlendirme verilerinin oluşturulması
6.Alan Çalışması	-Brüt beton yapılarda yüzey bozulmaların, betonun iç yapısında ve taşıyıcı sistemde oluşan bozulmaların tespiti için tahribatsız muayene yöntemleri kullanılabilir mi? -Yüzeylerde görülen bozulmalar taşıyıcı sistemde görülen bozulmaların bir yansıması mıdır? Elde edilen verilerle seçilen örnek yapılar üzerinden incelemeler ve değerlendirmeler yapılmaktadır.	Verilerin toplanması ve değerlendirilmesi
7.Sonuç ve Katkıları	Ortaya konulan değerlendirmeler çerçevesinde araştırma sorusuna cevap bulunmuş ve yapılacak olan çalışmalar için sağlayacağı katkıları belirtilmiştir.	Araştırma sorusunun cevaplandırılması ve katkıları

BÖLÜM II

BETONUN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

2.1. ÇİMENTO

Çimento, silisyum, alüminyum, kalsiyum ve demir oksitleri içeren hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılıp, teknolojik yöntemlerle sinterleşme sıcaklığına kadar pişirilerek elde edilen klinkerin öğütülmesiyle meydana gelen hidrolik bir bağlayıcıdır (Özdöl, 2004; Kapkaç, 2013).

Latince yontulmuş taş kırıntısı anlamına gelen “caementum” sözcüğünden türeyen “çimento”, zaman içerisinde birleştirici, bağlayıcı anlamında kullanılmıştır (Baradan vd., 2012).

2.1.1. Çimentonun Tarihçesi

1800’lü yılların başlarında kil içeren kireçtaşları yakılarak yapılan deneyler, çimentonun keşfedilmesine sebep olmuştur. Yine 19. yy’ın ilk zamanlarında Fransız Louis Vicat, hidrolik kireci kullanarak önemli çalışma ve araştırmalar gerçekleştirmiştir (Baradan vd., 2012).

1824 yılında İngiltere’nin Leeds kentinde Joseph Asbdin adında bir duvarcı ustası tarafından ince taneli kil ve kalkerin karıştırılarak pişirilmesi ve sonrasında da öğütülmesiyle elde edilen ürüne su ve kum katarak “portland çimentosu” elde edilmiştir. Elde edilen bu ürüne Portland Çimentosu denilmesi, İngiltere’de Leeds yakınlarındaki Portland adasından getirilen doğal yapı taşına birtakım özellikleriyle benzemesinden kaynaklanmaktadır. Fakat bu çimento üretimi sırasında yeteri kadar yüksek sıcaklıkta pişirilmediği için günümüzde kullanılan Portland çimentosunun niteliklerine büsbütün sahip olamamıştır (Erdoğan, 2021). 1845 yılında İngiliz Isaac Johnson, kil ve kalker karışımını yeterince yüksek sıcaklıklarda pişirme sonrasında öğütülerek bugün dünyanın her yerinde kullanıma uygun çimento elde edilmiştir (Erdoğan, 2021; Ersoy, 2015; Alkan ve Obut Bilim, 2021).

1845 yılından itibaren üretilen çimento, günümüzde de kullanılan en önemli yapı malzemesi olma niteliğini devam ettirmektedir. Zaman içerisinde çimento üretim teknolojisinde önemli ölçüde gelişim sağlanmıştır (Kapkaç, 2013). Çimentonun Avrupa’da bulunışundan sonra yakın bir süreçte Türkiye’de de kullanılmaya başlandığı bilinmektedir (Günergün, 2005). Çimento kullanımının ve dolayısıyla ihtiyacında artmasıyla birlikte 20. yy’ın ilk yıllarından itibaren çimento üretmek için şirketler ve fabrikalar kurulmuştur (Dölen ve Koraltürk, 2004). İlk olarak 1911’de Darıca’da kurulan yılda 20.000 ton kapasiteye sahip fabrika ile üretilmeye başlanmıştır (Alkan ve Obut Bilim, 2021).

Günümüzde Türk standardı kapsamında 16 çeşit çimento yer almaktadır. Tüketilen büyük orandaki kısım, portland ve katkıli portland çimentolarından oluşmaktadır (Kapkaç, 2013). Türkiye standardı çimentolar 5 ana tip altında sınıflandırılmaktadır. Bunlar;

1. Portland çimentolar
2. Portland-kompoze çimento
3. Yüksek fırın cürüflü çimento
4. Puzolanik çimento
5. Kompoze çimentodur (Baradan vd., 2012; Kapkaç, 2013).

2.2. BETON

Beton; su, çimento, agrega ve ihtiyaç duyulduğunda birtakım katkı maddelerinin homojen bir şekilde karıştırılmasıyla elde edilen bir yapı malzemesidir.

Başlangıçta plastik bir özelliğe sahip olan beton, belirli bir süre sonra katılaşıp sert bir özellik kazanarak taş benzeri bir malzeme açığa çıkmaktadır. Betonun katılaşmaya başladığı zamana kadar sahip olduğu plastik özelliğini devam ettirdiğı hali “taze beton” olarak adlandırılmaktadır. Betonun katılaştıktan sonraki haline ise “sertleşmiş beton” denilmektedir. Hem taze betonun hem de sertleşmiş betonun sahip olduğu nitelikler beton karışımındaki su, çimento, agrega ve katkı maddelerinin kullanıldıkları oranlardan etkilenmektedir.

Beton, günümüzde yaygın olarak kullanılan en önemli yapı malzemesidir. Betonun sahip olduğu nitelikler ve kullanılan diğer yapı malzemelerinden üstün olması bakımından pek çok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar şöyle sıralanabilir:

- Sahip olduğu plastik özelliğı, betonun istenilen boyut ve formlarda üretilmesini sağlamaktadır.

- Sertleşmiş betonun basınç dayanımı yüksektir.
- Çevresel koşulların olumsuz etkenlerine karşı ahşap, çelik gibi malzemelerden daha dayanıklıdır.

- Çeşitli diğer yapı malzemelerinden daha ekonomiktir.

Pek çok avantaja sahip ve popüler bir yapı malzemesi olan betonun diğer yapı malzemelerinden birtakım eksik tarafları da bulunmaktadır. Bu eksiklikler betonun dezavantajları olarak ifade edilmektedir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sertleşmiş beton, düşük çekme dayanımına sahiptir.
- Çevrenin hava koşullarına göre beton hacminde değişim görülebilmektedir.

- Sabit yükler altındaki betonda zaman içerisinde kalıcı hasarlar meydana gelebilmektedir.

- Betonun geçirimli bir özelliğe sahip olmasından dolayı içeriye sızan su ve zararlı sıvılar betonda bozulma meydana getirerek dayanıklılığını da olumsuz etkilemektedir.

Belirtilen bu özellikler dezavantaj olarak ifade edilse de betonun kullanımı için bir engel oluşturmamaktadır. Fakat bu unsurların bilinmesi gerekli durumlarda uygun önlemlerin alınması için önemli olmaktadır (Erdoğan, 2021).

2.3. BETONARME

Beton tek başına kullanıldığında basınca dayanımı yüksek yapay bir taş oluşturur. Ancak basınca dayalı yapı sistemlerinin tümündeki gibi çekmeye karşı dayanıksızdır. Betonun çekme dayanımı olmadığı için bu malzemenin yapı malzemesi sektöründeki ilk endüstriyel patentleri yapay taş üretimi için alınmıştır. Ancak bu beton yapay taşlar yığma yapı sistemini geliştirecek bir yenilik değildir.

Betonla ilgili en önemli gelişim onun çekme dayanımını arttırmak için yapılan eklemelerle betonarmenin keşfedilmesidir. İlk betonarme uygulamalarının betonun içine tellerin eklenerek çeşitli objelerin yapılmasıyla denenmeye başlandığı bilinmektedir. İlk betonarme uygulama, 1848'de Paris fuarı için Jean-Louis Lambert tarafından tasarlanan "metal donatılı sandal" olmuştur. Joseph Monier ise beton saksılara demir teller eklediği ilk betonarme çalışmalarını 1867 yılında patentlemiştir. Betonarmenin yapı sektöründe kullanımı ise çoğunlukla açıklık geçmenin zor olduğu döşemelerde ilk denenmeye başlanmıştır. 1854 yılında William Boutland

Wilkinson'ın İngiltere'nin Newcastle Upon Tyne şehrinde, yanında çalışan personel için inşa ettiği betonarme döşemeli, iki katlı ev ilk betonarme yapı uygulaması olarak gösterilmektedir. 1890'lara yaklaşırken Hennebique sadece döşemede değil yapının düşey taşıyıcılarında da betonarmenin kullanılabilceğini fark etmiş ve basit formüller kullanarak betonarme iskelet yapılar inşa etmeye başlamıştır (Keskinel vd., 2001).

Beton ve demirin birlikte kullanımı konusunda alternatif denemelerde yapılmıştır. Bunlar arasında en dikkat çekicilerinden biri dökme demir ve betonun birlikte kullanılmasının denendiği Edison'un başarısız olan bir patentidir. 1908 yılında Edison'un tek defada dökülen beton ile inşa edilebilecek bir evin tavanları, merdivenleri ve iç dekorasyonu için tek bir dökme demir kalıp tasarlanmıştır. Tasarlanan bu kalıpla seri üretimde ev inşa edilmek amaçlanmıştır fakat kalıplarla ilgili hesaplanamayan durumlar ve maliyet bu planın başarısız olmasına sebep olmuştur (Onion, 2013).

2.3.1. Tarihi Betonarme

1853'te Coginet'in betonarmeyi yapım sektöründe kullanmaya başlamasından sonra malzeme hızla yapım sektöründe kullanılmaya ve özellikle 20. yüzyıl ile birlikte yeni bir mimarinin oluşumuna katkıda bulunmaya başlamıştır. Ancak bu ilk betonarme yapılar malzemenin sınıflarının, üretim ve uygulama metotlarının konvansiyonelliği nedeniyle bugünkü betonarme yapıların dayanımında değildir. İlk dönem betonarme yapıların inşaatı sırasında çimento ve agrega karışımı elle yapılmış, demirler ise nervürsüz kullanılmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1: Konvansiyonel beton üretimi (Giatec Scientific, 2017)

2.3.2. Brüt Beton

Betonarme kavramı yaygın olarak iskelet sistemle birlikte kullanıldığından bir taşıyıcı sistemi anlatırken, brüt beton kavramı da aslında belli bir estetik görünümü yaratan çıplak beton yüzeyleri tanımlar. Eriç (2002) brüt betonu, yüzeylerin üzerinde herhangi bir kaplama malzemesi olmadan doğal görünümünde bırakılan ya da istenilen birtakım dokusal özellikte yüzeylerin arandığı ve kalıp sistemine büyük önem verilen beton yüzeyler olarak tanımlanmaktadır.

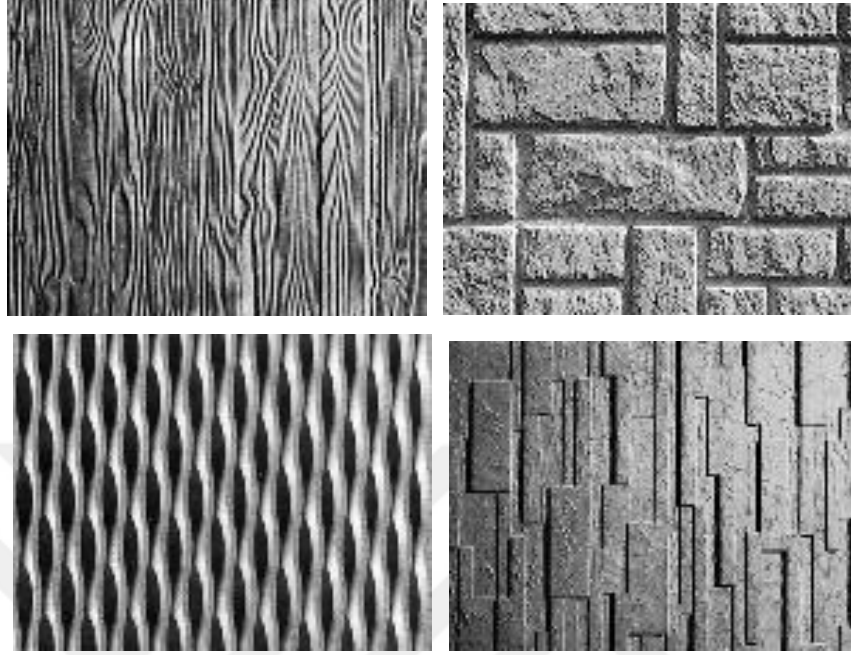
Brüt betonda kullanılan malzemeler normal betonun üretimi için kullanılan malzemelere benzemekte olup bunlar; su, çimento, agrega, çeşitli kimyasal katkı ve renklendiriciler gibi ana bileşenlerden oluşmaktadır. Kaliteli bir brüt beton üretilebilmesinde uygun yöntemler kullanılması, özel kalıp yöntemlerinin kullanılması ve yüzeylere özel işlemlerin uygulanması gibi unsurlar önemli olmaktadır (Karagüler, 2014). Brüt beton; yapıların iç ve dış yüzeyleri, istinat duvarları vb. birçok yerde uygulanabilir (Şekil 2.2). Doğal renginin gri olmasının yanında farklı yöntemler uygulanarak istenilen renklerde de üretilebilmektedir (Engin ve Vural, 2005).



Şekil 2. 2: Brüt betonun kullanıldığı yerler (Engin ve Vural, 2005)

İstenilen dokuya sahip yüzey görünümleri elde etmek istenildiğinde ise akışkan haldeki beton hamuru ahşap, plastik, kontrplak-alçı, metal gibi çeşitli malzemelerden

oluşan, form ve yüzey dokusu için önceden hazırlanan kalıplara dökülmektedir (Eriş, 2002; Engin ve Vural, 2005) (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3: Brüt beton yüzey doku örnekleri (Engin ve Vural, 2005)

İlk olarak 1910'lu yıllarda Almanya'da kullanılmaya başlanan brüt beton ile inşa edilmiş en bilinen erken dönem örnek M. Berg'in 1913 yılında Breslau'da inşa edilen Jahrhunderthalle yapısıdır (Sözen ve Tanyeli, 1992) (Şekil 2.4).





Şekil 2. 4: Jahrhunderthalle Binası (url-1)

Çevrenin çeşitli hava şartlarına dayanıklılık gösteren ve aynı zamanda döküldüğü kalıba göre şeklini alması gibi nitelikler gösteren beton, 1950’li yılların sonlarından itibaren brüt beton olarak kullanımı yaygın hale gelmiştir (Engin ve Vural, 2005). Betonarmenin brüt beton olarak yaygın kullanımı, 1954’te brütalizm akımının ortaya çıkmasıyla da etkileşim göstererek artış göstermiştir (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012).

BÖLÜM III

BRÜTALİZM

3.1. BRÜTALİZM AKIMI

1800'lü yıllar, birbirleri arasındaki geçişlerin görüldüğü mimari akımların yer aldığı zaman dilimi olarak ifade edilebilir (url-2). 1800'lerin son yıllarında teknolojinin de etkisiyle yeni bir mimari akımın oluşturulması düşüncesi günden güne yaygınlaşmaya başlamıştır. Ayrıca yaşanan dönemin şartlarına ilişkin bir çözüm yoluna gidilirken bazı akımlar ortaya çıkmıştır ve bu akımlardan birisi de Brütalizm akımıdır (Hazır Beton Birliği, 2016).

Bazı kaynaklara göre brütalizm akımının geçmişine bakıldığında çıkış noktası II. Dünya Savaşı sonrası olarak görülmektedir. II. Dünya Savaşı ile kentlerin tahribatı sonucu yapıların olumsuz etkilenmesi bazı şehirlerin neredeyse ortadan kalkmasına etken olmuştur. Böylelikle yapıların tekrar inşa edilip bu kentlerin kurulmasında malzemelerin olduğu gibi, kaplamasız kullanıldığı brütalizm fikri etkili olmuştur (url-2).

Brütalist eğilimlerin mimaride 1950'li yıllarda ortaya çıktığı bilinse de aslında ilk çıkış noktası 1900'lü yılların başı olarak düşünülebilir. Auguste Perret'in 1903'te Rue Franklin'de betonarme iskelet kullandığı bir konutunda betonu olduğu gibi bırakması buna örnek olarak verilebilir (Şekil 3.1). Brütalizm kavramının mimaride bir akım olarak yer alması ise 1950'li yılları bulmuş ve yüzyılın üçüncü çeyreğinde ise kullanımı hızla yaygınlaşmaya başlamıştır (Alp, 2019; Kortan, 1986). Brütalist bir yaklaşımla inşa edilen yapılarda betonun malzeme olarak tercihinde ekonomik değeri ve rahat ulaşılabilmesinin büyük etkisi vardır. Avrupa'nın savaş sonrasında yeniden, hızlıca ve ekonomik bir şekilde inşası için betonarmenin ana yapı malzemesi olarak seçilmesinde bu malzemenin kolay temin edilebilmesi, kolay işlenebilirliği ve hızlı inşa edilebilmesi özelliklerinin etkisi büyüktür. Bu dönemde betonun yanı sıra yüzeyi açıkta bırakılarak kullanılan tuğlanın da olduğu yapılar inşa edilmiştir (url-2).

Ekonomik bir ihtiyaçla başlayan yapılarda malzemenin bitiş işlemleri olmadan kaplamasız kullanılmasını eğilimi, brütalizm kavramı ile yapılarda kullanılan malzemenin ön plana çıkarılması, yansıtılan sade görünüm ve kullanılan formlara dönüşerek süreç içerisinde brütalizm akımının nitelikleri haline gelmeye başlamıştır (Alp, 2019).



Şekil 3. 1: Paris'teki brüt beton konut (Kortan, 1986)

3.1.1. Dünya'da Brütalizm Akımı

Brütalizm, modern mimarlığın bir parçası olan ve aynı zamanda inşa edilen yapıda kullanılan malzemelerin ve taşıyıcı sistemin açık bir şekilde gösterilerek yansıtılmasıdır. Bu mimari akımda yapı malzemesi olarak brüt betonun kullanımının önemi oldukça büyüktür. Brütalist bir bakış açısında genel olarak malzemelerin özgün durumlarının ortaya konulması, yapıya ait bazı birimlerin cephede öne çıkarılması gibi nitelikler bulunmaktadır. Modern mimarlığın bir parçası olarak meydana gelmiş olan Brütalizm, modernizmin yapılar üzerindeki yeni biçim oluşturma yaklaşımlarını reddetmesini bu kavramın içine dahil etmiştir. Aynı zamanda bu yapılırken ortaya konulanın estetik açıdan etkili olması amaçlanmaktadır. Reyner Banham'ın tanımladığı brütalizm kavramı, hem Le Corbusier tarafından brüt beton ile bir yapının üslubunu ve estetik değerlerini hem de Alison Smithson ve Peter Smithson'un İngiltere'de ortaya çıkmış olan "Yeni Brütalizm" i de içerisine alan modern bir görüş ve biçimi niteleyen değerleri yansıtmaktadır (Erkol, 2016).

Le Corbusier, yapılarda kullanılan betonun üzerinin herhangi bir malzeme ile kaplamadan kullanarak ahşap, taş gibi diğer malzemeler nasıl kullanım biçimi gösteriyorsa betonun da aynı şekilde kullanılabilir olmasını ifade etmiştir (Kortan, 1974). Yapıların brütalizm ile bağ kurması malzemelerin kendi olduğu halleriyle kullanılmasıyla sağlanmaktadır (Erkol, 2016). Kullanılan kalıplardaki dokuların betona yansımalarını sağlayarak malzemenin estetik bir dışavurum ifadesinin yansıtılması sağlanmaktadır (Kortan, 1974).

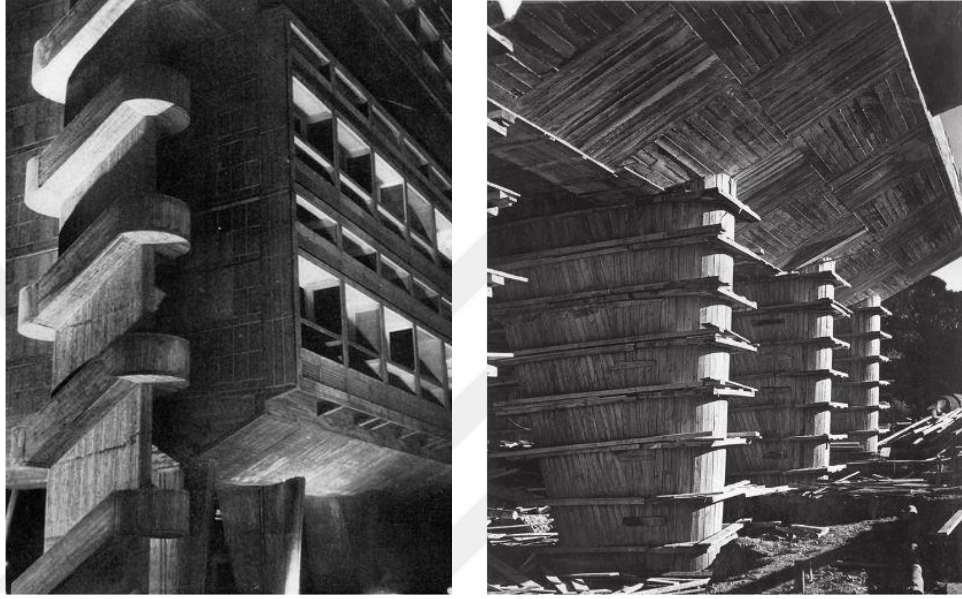
Le Corbusier brütalist tavrında, yapıda kullanılacak olan malzemenin kullanım biçiminin ve sahip olduğu özelliklerin yalın hallerinin estetik açıdan bir değer olarak yansıtılmasına önem vermiştir (Erkol, 2016). Bu yaklaşıma örnek olarak Fransa Marsilya'daki Unite d'Habitation yapısı gösterilebilir (Kortan, 1974) (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2: Unite d'Habitation (Erdemir, 2016)

Yapıda kullanılan brüt beton, yapının brütalist yaklaşımını yansıtmak için ana etken olup kullanılan ahşap, çelik gibi diğer elemanlar ise yapı için bütünleyici nitelikte olmuştur (Erkol, 2016). Le Corbusier, yapı inşa edilirken yapılan eksikliklerin strüktürde açık bir şekilde okunabilmesinin yapıya değer kattığı düşüncesini savunmuştur (Meral, 2016) (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). İnşası esnasında meydana gelen hatalardan kaynaklı yüzeylerdeki betonun görünümleri yapı için önemli bir öge olmuştur. Öyle ki ustalar, yapımı sırasındaki hatalardan kaynaklı görünümleri

sonradan üzerinde oynamalar yapıp onarılacağını düşünmüşlerdir (Erkol, 2016). Fakat Le Corbusier brüt betonun yapıda kullanımını, biçimin bir unsuru haline getirerek yapımı esnasında ortaya çıkan ve malzemeye yansıyan kusurların malzemenin doğallığını yansıttığını ifade etmiştir. Ayrıca yapının belirli yüzeylerinde kullanılan renklerin cephe yüzeylerinde görülmemesinin nedeni brüt betona karşı gösterilen saygıdan kaynaklanmaktadır (Kuban, 2009) (Şekil 3.5).



Şekil 3. 3: Unite d'Habitation cephe görünümüleri (Meral, 2016)



Şekil 3. 4: Unite d'Habitation brüt yüzey görünümü (Erkol, 2016)

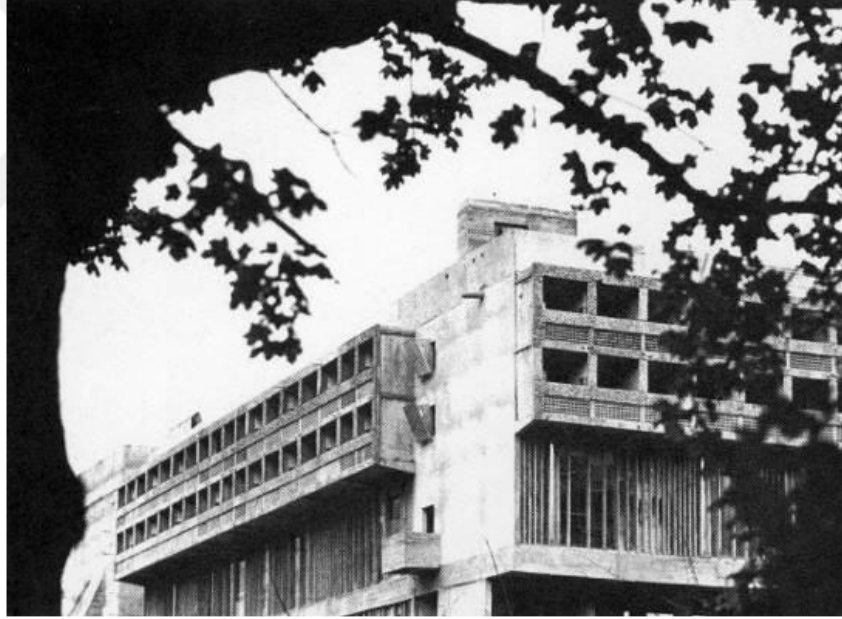


Şekil 3. 5: Unite d'Habitation cephe görünümleri (url-3) (url-4)

Unite d'Habitation yapısının yanı sıra 1954 ve 1956 yıllarında yapılan Jaoul Evleri de yine Le Corbusier'in brüt yapılarından (Şekil 3.6). Brütalizm akımının ilk örneklerinden olan Jaoul Evleri'nde de brüt beton gibi ahşap ve diğer yapı malzemelerinin de çıplak halleriyle kullanılması brütalist tavrın göstergesidir (Kortan, 1974). Yine aynı şekilde La Tourette Manastırı da malzemelerin yalın halleriyle kullanıldığı yapı örneği olarak karşımıza çıkmaktadır (Erkol, 2016) (Şekil 3.7).



Şekil 3. 6: Jaoul Evleri (Salgın, 2007)



Şekil 3. 7: Sainte Marie de La Tourette Manastırı (Erkol, 2016)

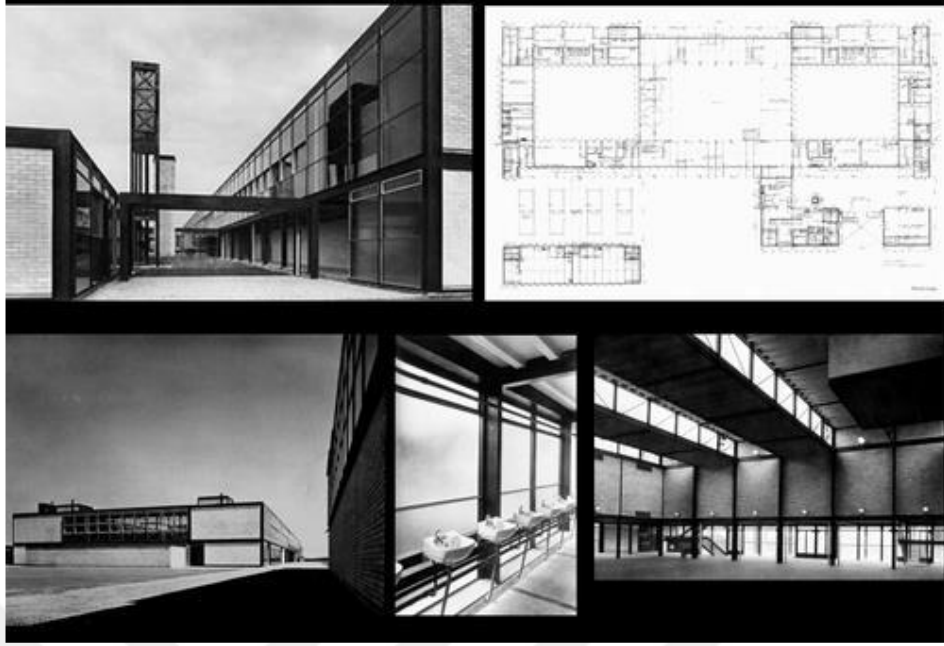
Bu yapılara ek olarak Le Corbusier'in İsviçre Pavyonu yapısında da betonun brüt halde kullanıldığı görülmektedir. Kolonlar için kullanılan ahşap kalıptaki çizgiler ve malzemenin dokusu beton üzerinde açıkça okunabilmektedir. Ayrıca Le Corbusier'in 1935 yılında Mathes ve Paris'te yaptığı Haftasonu Evi'nde de kullanılan taş ve tuğlanın üzeri başka bir malzeme ile kapatılmayarak malzemelerin olabildiğince sade ve pürüzlü yapısıyla estetik unsurlar ortaya çıkarılıp yansıtılmaktadır (Kortan, 1986). Söz konusu yapılar değerlendirildiğinde Le Corbusier'in "modern mimarlık"

kavramına dair farklı bakış açıları ortaya koymayı amaç edindiği görülmektedir (Erkol, 2016).

Modernizm akımına karşıt görüşlerin ve mimari olarak yeni üslup arayışlarının olduğu süreçte ortaya çıkan brütalizm akımının birçok yerde kullanımının yaygın hale gelmesi kullanılan malzemelerin çok çeşitli olması ve ortaya çıkan biçimlerden kaynaklanmaktadır. Çünkü modernizmde karşımıza çıkan malzeme kullanımına, sade ve birbirine benzeyen biçim unsurlarına karşılık brütalizmde bu çeşitliliğin arttığı görülmektedir. Modernizme karşılık brütalizmde görülen bu unsurlar brütalizmin kendine özgü niteliklerini yansıtmaktadır (Erkol, 2016).

Le Corbusier yapıda kullanılan malzemelerin estetik unsurlarına dikkat çekerken Alison ve Peter Smithson ise yapıların daha çok strüktürü üzerine odaklanmıştır. Reyner Banham, Alison ve Peter Smithson'un tanımladığı bu durumu II. Brütalizm kavramı olarak tanımlamıştır. Bu kavram II. Dünya Savaşı sonrasında etkili olmuştur. Le Corbusier'den farklı bir biçimde malzemenin estetik unsurlarını ön planda tutmayıp insan ve yapı arasındaki ilişkiyi ele alarak malzeme ve strüktür bakımından farklı bir boyut kazandırmıştır. Yapılarda kullanılan gerek biçim gerekse de malzemenin en saf halinin benimsenmesi aynı zamanda da sıradanlığın aranmasıyla ortaya çıkan yaklaşım "Yeni Brütalizm" kavramı olarak karşımıza çıkmaktadır. "Yeni Brütalizm" kavramı 1954'te ortaya çıkmış ve yapının estetik unsurlarını değil de Mies Van Der Rohe'nin strüktürü ön planda tutan tavırlarına ilişkin olarak yeni bir biçim yaklaşımını tarif etmektedir (Erkol, 2016). Modern Mimarlık'daki estetik unsurlar Yeni Brütalizm'de önemsenmeyerek biçimlerdeki estetik ve etkileyici yaklaşımlardan uzak durulmaktadır (Erkol, 2016). Reyner Banham, bu kavramı estetik bir yaklaşımdansa "etik" bir mimari yaklaşım olarak nitelendirmiştir (Erdemir, 2016).

1949 ve 1954 yılları arasında İngiltere Hunstanton'da inşa edilen okul, bu kavramı ilk örneği olarak gösterilebilir (Şekil 3.8). Bu yapıda çelik strüktür ve tuğlanın kullanım biçimi açık bir şekilde yansıtılmaktadır (Kortan, 1986). Yapının strüktürü ve kullanılan malzemeler olduğu gibi yansıtılırken bu durum yapının estetik unsurlarını öne çıkarmak için olduğundan fazla abartılmadan yapılması brütalist etik kavramı olarak tanımlanmaktadır. Böylelikle yapının gerek plan organizasyonu gerekse de yapının tesisatlarındaki detaylarda "brütalist etik" yaklaşımı açıkça görünür bir biçimde yansıtılmıştır. Strüktürde kullanılan malzemelerin estetik unsurlarını ortaya çıkaracak herhangi bir yaklaşımda bulunmadan kendi doğal halleriyle kullanımı sağlanmıştır (Erkol, 2016).



Şekil 3. 8: Hunstanton Okulu, 1949-1954 (Erdemir, 2016)

Louis Kahn'nın "Mimari bir mekân, nasıl yapıldığı aşikâr olandır" ifadesinde de yer aldığı üzere bir yapının hangi malzemeler kullanılarak nasıl yapıldığı açık bir şekilde gözlemlenmelidir. Bu yaklaşımda da var olan olduğu haliyle yansıtmak temel düşünce olmuştur. Yapıda strüktür ve malzemenin açık bir şekilde yansıtılmasıyla Mies Van Der Rohe'nin izlerinin de yansıdığı okunabilmektedir (Kortan, 1974).

Hunstanton Okulu ile aynı zaman diliminde Alison ve Peter Smithson, Nigel Henderson ve Eduardo Paolozzi ile beraber 1953'te Londra Çağdaş Sanatlar Müzesi'nde bir sergi açmıştır (Polatkan, 2006). "Sanat ve Yaşamın Paralelliği" ismiyle açtıkları bu sergide bulunan eserlerdeki estetik tavrın farklı olduğu görülmektedir (Erkol, 2016) (Şekil 3.9). Sergide "konvansiyonel estetik" tavrıyla ilişkili olmayan şiddet, yıkıntı ve kaba olarak ifade edilen fotoğraflar sergilenmektedir. R. Banham bu yaklaşımı "anti-estetik", "anti-sanat" ya da "başka bir sanat" gibi ifadelerle tanımlamıştır. Bu kavramları ise Alison ve Peter Smithson'un erken dönemlerindeki inşa edilmeyen tasarımları üzerinden yola çıkarak yapmıştır (Polatkan, 2006).



Şekil 3. 9: “Sanat ve Yaşamın Paralelliği” sergisinden bir görünüm (Highmore, 2006)

1956 yılında ise Whitechapel Sanat Galerisi’ndeki “This is tomorrow” sergisinde de benzeri bir etik ortaya konulmuştur. Sergide kullanılan tasarımlar ve birçok eser “anti estetik” olarak karşımıza çıkmaktadır. Alison ve Peter’in, “Patio ve Pavillon” adında açtığı sergisinde ise baraka gösterilmiştir (Şekil 3.10). Bu baraka gelişigüzel bir strüktürle oluşturulmuştur ve bu strüktür farklı malzemelerle rastgele kaplanmıştır. Buradaki “patio” kavramı toprağı ifade ederken “pavyon” ise barakayı nitelemektedir. Burada estetik tavrın yansıtılmamasının yanı sıra eksikliklerin olduğundan da ön planda tutularak göstermeyi sağlayan bir yaklaşım bulunmaktadır. Brütalizm’de var olan kusurların aynı şekilde yansıtılması yaklaşımı, burada var olanın daha da abartılarak yansıtılması ile brütalist etik kavramına aykırı olmuştur (Erkol, 2016).



Şekil 3. 10: “Patio and Pavillon” sergisi (Highmore, 2006)

Alison ve Peter Smithson'ın brütalist etik kavramı ile aykırı düşen bir diğer tasarımı ise "İdeal Ev" isimli sergideki "Geleceğin Evi"dir. Bu ev, strüktürü ve diğer detay unsurlarıyla birlikte ele alındığında bütüncül bir yaklaşım biçimine sahip olduğu söylenebilir. Strüktüründe ve diğer detaylarda kullanılan malzemeler sahip olduğu halinden daha farklı yansıtılmıştır. Bu yapılırken de estetik değerine önem verilerek malzemenin olduğu hali ile kalması durumu malzemenin mükemmeli yansıtması yaklaşımına dönüşmüştür. Böylelikle de brütalist etik kavramı ile aykırı düşmüştür. Bu örneklerden yola çıkılarak değerlendirme yapıldığında brütalist etik kavramı ile çelişki göstermeleri farklı durumlardan kaynaklansa da II. Dünya Savaşı'ndan sonra meydana gelmeleri ve savaştan kaynaklanan olumsuzlukların yansımalarının görülmesi bu iki durum için de ortaktır. Bu dönemde inşa edilen yapılar savaştan kaynaklı olumsuz düşünce yaklaşımlarının etkisinde kalarak meydana gelmişlerdir (Erkol, 2016).

Le Corbusier'in malzemenin estetik unsurlarına önem vermesine karşın Smithsonlar insan ve yapı arasındaki ilişkiyi ön planda tutarak malzeme ile yeni bir anlam yüklemesi değerlendirildiğinde yapı ölçeğinin büyük olması yapı ile insan arasında kurulmaya çalışılan bağ için soru işareti ortaya çıkarmaktadır (Erkol, 2016). Alison ve Peter Smithson'ın 1969 ve 1972 yılları arasında tasarlayıp inşa ettiği Robin Hood Gardens konut projesine bakıldığında betondaki heykelsi unsurun öne çıktığı görülmektedir (Salgın, 2007) (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11: Robin Hood Gardens (url-5)

Bu ifadeler neticesinde brütalizmin yaygın hale gelmesinin en önemli nedeni Le Corbusier'in, estetik unsurların etkili bir mimari dışavurumundan kaynaklı tasarımları olmuştur (Erkol, 2016).

Le Corbusier ve Smithsonlar tarafından farklı yaklaşımlarla meydana gelen tasarımlar, brütalizmin çıkış noktasını anlamlandırıp ifade etmek için esas alınmaktadır. Bu yaklaşımların ürünleri yer aldıkları bölgelere göre farklılık göstererek yaygınlaşmıştır. Bu yaygınlaşmanın nasıl olduğunu ifade etmek için ise "III. Brütalizm" kavramı ortaya çıkmıştır. Bu kavramın çıkış noktası olarak ifade edilen Amerika'da önemli tasarımlar ortaya konulmuştur. Louis Kahn'da bu brütalist yaklaşımın önemli ismi olmuştur. Bu yaklaşımda en değerli öge, biçim olmuştur ve Le Corbusier'in malzeme ve strüktürü gösterme tavrı esas alınmaktadır. Malzeme ve strüktür etkisiyle beraber yapının ölçeği, cephelerdeki doluluk boşluk ilişkisi gibi unsurlar ön plandadır. Bu brütalist yaklaşıma örnek olarak Salk Enstitüsü verilerek estetik unsurların ortaya çıkarılmasıyla birlikte yapıların kendi aralarındaki ilişkilerle birlikte çevreyle kurduğu ilişki de ön planda tutulmaktadır (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13). İnşa edilen bu yapı birimlerindeki brüt beton kullanımı Le Corbusier ile karşılaştırıldığında pürüzlü cephelerin daha temiz bir çalışma ile olabildiğince pürüzsüz yüzeyler olarak karşımıza çıktığı söylenebilir (Erkol, 2016). Ayrıca süreç içerisinde yüzeylerde malzemelerden kaynaklı bozulmalar görülmekte olup malzemenin estetik yönünün bir özelliğini yansıttığı için bunların görünür olması gerektiğini savunan bir yaklaşımdır (Şekil 3.14) (Lardinois, 2017).



Şekil 3. 12: Salk Enstitüsü, 1959-1965 (Lardinois, 2017)



Şekil 3. 13: Salk Enstitüsü, 1959-1965 (Lardinois, 2017)



Şekil 3. 14: Salk Enstitüsü cephe detay görünümü (Lardinois, 2017)

Louis Kahn, 1960 ve 1980 yılları arasında Amerika'da olduğu gibi Hindistan'da da bu yaklaşımda yapılar ortaya koyarak brütalist akımın önemli isimlerinden olmuştur. Süreç içerisinde brüt betonun yapılarda kullanım biçimine yönelik eleştiriler doğrultusunda bu yaklaşım zamanla değerini kaybetmeye başlamıştır. Böylece bu mimari yaklaşıma 1970'li yıllardan sonra eskisi gibi önem verilmemiş olsa da 1980'li yıllara kadar etkileri görülmektedir (Erkol, 2016).

3.1.2. Türkiye’de Brütalizm Akımı

1950’li yılların başında Le Corbusier ve Smithsonların farklı yaklaşımlarıyla ortaya çıkan brütalizm kavramı Türkiye’de mimari olarak 1960 sonrasında varlığını göstermiştir. Le Corbusier, Louis Kahn, Kenzo Tange, Paul Rudolph gibi önemli isimlerle bu yaklaşımın gelmesi ve yaygınlaşması sağlanmıştır. Brütalizm kavramının ortaya çıkışı ve Türkiye’de bu mimari yaklaşımın yapılarda varlığından bahsedilmesi yaklaşık olarak aynı süreçte gerçekleşmiştir (Şen vd., 2014).

Avrupa ile aynı zaman diliminde yaygınlık göstermesi sebebiyle önemli bir kavram olmuştur. Le Corbusier’in tasarımlarında kullandığı beton, taş ve ahşap gibi malzemelerin kullanımı Türkiye’de de oldukça yaygın görülmektedir. Yapıların sade olması ve malzemelerin kullanım biçimleri nedeniyle Türkiye’de de bu yaklaşım kabul görülüp ilk örnekler ortaya çıkmaya başlamıştır. Ayrıca Türkiye’deki geleneksel konut mimarisinde görülen tektonik ilke yani strüktürün açıkça yansıtılması tavrı (Geleneksel Safranbolu Evi) bu yaklaşımın kolaylıkla benimsenip kullanım alanının yaygın hale gelmesinde bir etken olmuştur (Şekil 3.15). Ayrıca bu mimari yaklaşımın yaygın hale gelmesinde ekonomik yönüyle birlikte üretimin hızlı olması da etkili olmuştur (Salgın, 2007).

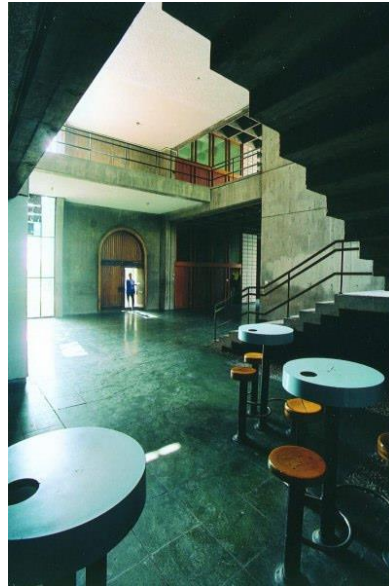
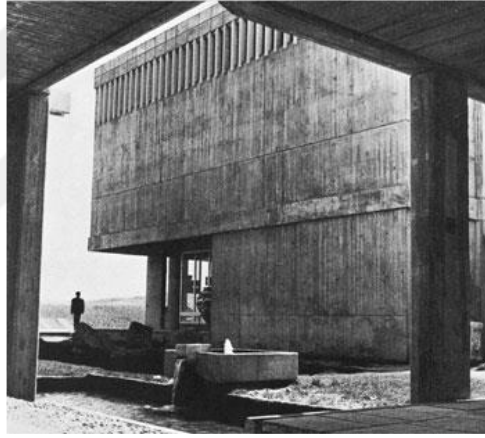


Şekil 3. 15: Safranbolu Evi strüktürün yansıtılması (Salgın,2007)

Brütalist akımı yansıtan Türkiye’deki ilk yapılardan ODTÜ Mimarlık Fakültesi aynı zamanda brüt beton uygulanmasının da karşılaştığı ilk yapılardan biridir (Şekil 3.16 ve Şekil 3.17). Daha sonrasında ise Ankara Stad Oteli, Ankara Anadolu Kulübü, İstanbul Reklam Binası, İstanbul Harbiye Orduevi ve İstanbul Tercüman Gazetesi Binası gibi yapılar örnek olarak verilebilir (Şen vd., 2014).

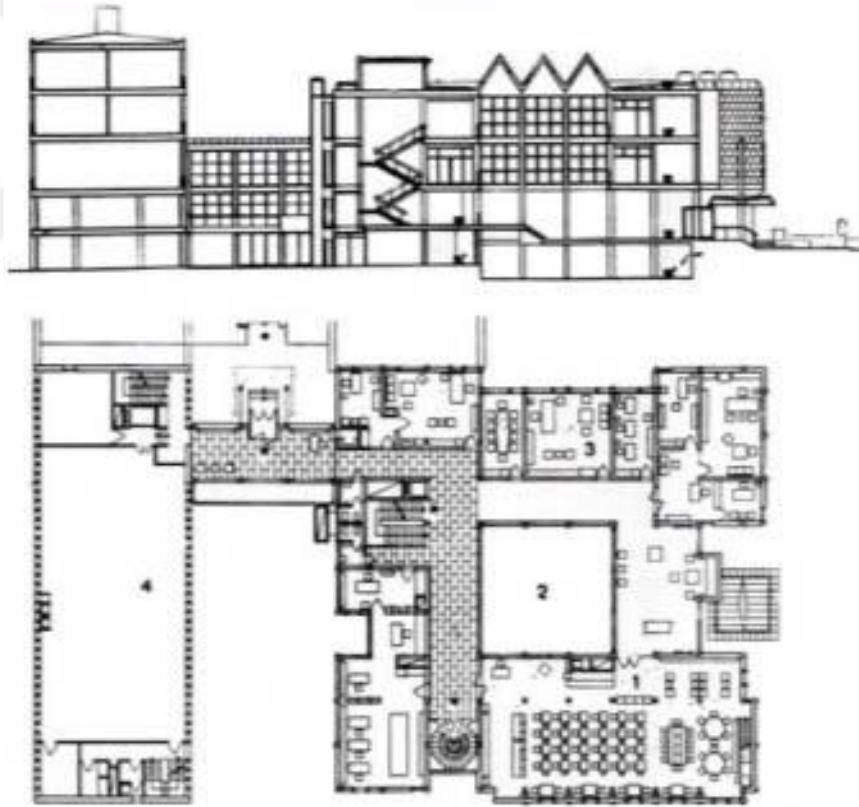


Şekil 3. 16: ODTÜ Mimarlık Fakültesi genel görünümü (Erkol, 2016)



Şekil 3. 17: ODTÜ Mimarlık Fakültesi cephe ve iç mekân görünümü (Salgın, 2007)

Türkiye’de bu dönemde Japon mimarlığının yansımalarına da rastlanmaktadır. Ulusal ve aynı zamanda bölgenin kendine ait olan üslubunu bir arada yansıtılabilir olduğunu Japon mimarisinin etkisiyle görerek bu yaklaşım kapsamında birçok yapı ortaya konulmuştur. Buna örnek olarak ise Turgut Cansever ve Ertur Yener’in 1951-67 yılları arasında tasarlanıp inşa edilen Türk Tarih Kurumu Binası verilebilir (Şekil 3.18 ve Şekil 3.19). Bu yapı 1980 yılında Ağa Han Mimarlık Ödülü almıştır (Salgın, 2007). Yapıda evrensel ve aynı zamanda geleneksel tavrı bir arada kullanıp yansıtmak hedeflenmiştir. Bu iki tavrı yansıtan malzemelerle yapıda bir merkez etrafında biçimlenen ve dışa dönük olmayan bir yaklaşım sergilenmektedir (Akgün, 1999). Yapıda betonarme strüktür ve o yıllara ait çeşitli modern malzemeleri geleneksel yaklaşımla birlikte biçimlendirilerek geleneksel ve ulusal bir yapı olarak yansıtılmaktadır (Salgın, 2007).



Şekil 3. 18: Türk Tarih Kurumu planı (Erkol, 2016)



Şekil 3. 19: Türk Tarih Kurumu Binası cephe ve iç mekân görünümü (Salgın, 2007)

Turgut Cansever ve Ertur Yener'in Türk Tarih Kurumu yapısı brütalist yaklaşımı yansıtan önemli bir örnektir. Ayrıca Cansever tarafından bu yapıda gerek tasarım evresi olarak gerekse de yapının biçimlendirilmesiyle yapıdaki kuvvetli ve net bir dışavurum tavrında Louis Kahn etkisinin görüldüğü belirtilmiştir (Erkol, 2016).

1960'lı yıllardan 1970'li yılların başına kadar brütalist yaklaşımın yansıtıldığı yapılar inşa edilmiş, zamanla bu yaklaşım farklı bir mimari üsluba dönüşmüştür. Böylelikle brütalizm akımı ortaya çıkmıştır. Akımın yaygın kullanımı ise bu on yılı kapsayan süreçte gerçekleşmiş, ancak yaygınlaştığı bu süreçte brütalizm akımı çeşitli eleştirilerin de hedefi olmaya başlamış ve zamanla ürettiği estetik etkileri de ortadan kalkmıştır (Erkol, 2016).

3.2. BRÜTALİST MİMARLAR VE YAPILARI

Brütalizmin öncüsü olan Le Corbusier ile yaygınlaşan bu üslubun örneklerine Avrupa'nın yanı sıra Amerika, Avusturalya, Brezilya ve Japonya'da da rastlanmaktadır. Dünya genelinde ikonik olarak gösterilen birçok brütalist yapı bulunmaktadır. Bu yapılara örnek olarak Unite d'Habitation, Orange County Government Center, Museu de Arte de São Paulo, Buffalo City Court Building ve Boston City Hall gösterilebilir (url-14).

- **Le Corbusier- Unite d'Habitation;**

Unite d'Habitation, 1952 yılında Fransa Marsilya'da inşa edilen Le Corbusier'in ilk büyük ölçekli bir konut yapısıdır (Meral, 2016). Brütalizm akımının ortaya çıkmasına neden olan yapılardan biri olan bu yapı aynı zamanda önemli bir modern mimari örneği olarak bilinmektedir (Erdemir, 2016; Kuban, 2009). Konut, II. Dünya Savaşı sonrasında evlerini kaybeden Fransız halkına toplu konut olması

amaçlanarak inşa edilmiştir. Le Corbusier, konutla beraber alışveriş, spor salonu, otel, revir, anaokulu ve bahçe gibi ortak kullanım alanlarını da içinde bulunduran 18 katlı bu projede işlevsellik bakımından farklı bir tasarım ortaya koyarak toplu yaşama algısına yeni bir yaklaşım getirmiştir. (Meral, 2016; url-6) (Şekil 3.20).



Şekil 3. 20: Unite d'Habitation (Erdemir, 2016) (url-7)

- **Paul Rudolph - Orange County Government Center;**

Orange County Government Center, 1971 yılında Paul Rudolph tarafından tasarlanmış olup ABD'nin New York eyaletinin Orange Country bölgesinde konumlanmaktadır. Paul Rudolph'un, daha önce tasarladığı yapılardaki deneyimlerinden yola çıkarak tasarladığı büyük ölçekteki bu yapı mimari olarak dikkat çekici özelliklere sahiptir. Yapıda brütalist mimarinin etkileri açık bir şekilde görülmekle birlikte Mies van der Rohe'nin etkileri de görülmektedir.

Hükümet binası, mimari olarak özgünlüğü ve işlevselliği bakımından şehir için önemli bir yapıdır. Paul Rudolph diğer yapılarının tasarımlarında kullandığı doğal ışığın etkisini bu yapısında da ön planda tutarak iç mekanların daha fazla aydınlatılması için kuzey ve güney cephelerde pencere kullanımına önem vermiştir (url-8) (Şekil 3.21).



Şekil 3. 21: Orange County Government Center (Bernstein, 2007) (url-8)

- **Lina Bo Bardi- Museu de Arte de São Paulo;**

Brezilya’da bulunan Sao Paulo Sanat Müzesi, İtalyan mimar Lina Bo Bardi tarafından tasarlanmış olup 1968 yılında inşası tamamlanmıştır. Modern mimarinin önemli örneklerinden olan bu müzenin tasarımında kompleks olmayan sade bir dil ve kent için kültürel anlamda olumlu etki yaratması amaçlanmıştır. Yapı tasarlanırken hem modernist hem de brütalist unsurlar birlikte kullanılmıştır. Sade dikdörtgen

geometriye sahip biçimler kullanılarak yalın mimariye açıkça vurgu yapılmıştır. (Strong vd, 2002; url-9) (Şekil.3.22).



Şekil 3. 22: Museu de Arte de São Paulo (url-10) (url-11)

- **Pfohl, Roberts, Biggie - Buffalo City Court Building;**

Buffalo Şehir Mahkemesi Binası, Pfohl, Roberts ve Biggie tasarım ofisi tarafından tasarlanıp 1974 yılında inşa edilmiştir. New York'ta bulunan bu mahkeme binası brütalist mimarinin önemli örneklerinden biridir. Cephe yüzeyinde dar ve dikey pencereler, geniş beton panelleri ön planda tutularak sade bir görünüm ortaya çıkmıştır (url-14; url-15) (Şekil 3.23).



Şekil 3. 23: Buffalo City Court Building (url-16)

- **Michael McKinnel, Gerhard Kallmann - Boston City Hall;**

Michael McKinnel ve Gerhard Kallmann tarafından tasarlanan belediye binasının inşası 1969 yılında tamamlanmıştır. İnşa edildiğinde oldukça katı eleştirilerle karşı karşıya kalan bu yapının cephe yüzeylerindeki görünümünden Le Corbusier'in etkileri okunabilmektedir. Brütalist mimarinin simgesel yapılarından olan bu binada yüzeylerde açılı, çıkıntılı parçalar kullanılarak toplu konut yaklaşımına modern anlamda bir farklılık getirildiği bilinmektedir (url-14) (Şekil 3.24).



Şekil 3. 24: Boston City Hall (url-14)

BÖLÜM IV

BRÜT BETONUN GENEL ÖZELLİKLERİ

4.1. BRÜT BETON YAPILARIN KULLANIM ÖMRÜ

Strüktürel olarak ve estetik değerin yansıtılması tavrıyla kullanım biçimi gösteren beton, tercih edilen önemli bir yapı malzemesi olmuştur (Karagüler, 2017). Betonun yapı malzemesi olarak kullanımıyla birlikte yeni yapı tipolojileri, geniş açıklıkların geçilmesi ve kısa sürede uygulama gereksinimlerine karşılık bulması 18. yy'ın ortalarında görülmüştür. Modern mimarinin ve beton yapı tarihi arasındaki ilişkinin incelenmesiyle modern mimarideki beton teknolojisinin yeri ve gelecekteki kullanımının gelişmesini anlayabilmek adına önemli olmaktadır (Burkhardt, 1997).

Betonun estetik ve strüktürel olarak kullanımıyla bu niteliklerin tam anlamıyla tanınmaya başlaması 1950'li yıllardan sonra olduğu söylenebilir. Betonarmenin plastik ve heykelsi özellikleri bugün de mimarlar tarafından farklı form ve niteliklerde tasarımlar ortaya çıkmasında etkili olmaktadır (Thole, 1997).

Betonun bitiş malzemesi olarak brüt beton halinde kullanılmasında betonun sahip olduğu dayanım, kolay işlenebilirliği ve dayanıklılık özelliklerine ek olarak estetik nitelikleri de dahil edilmektedir (Karagüler, 2017). Betonun dayanıklılık özelliği yapının kullanım ömrünü belirlemektedir. Dayanıklılık, kullanılan malzeme, yapının tasarımı ve yapımı sırasında gösterilen işçilik gibi etkenlere göre değişiklik göstermektedir (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012). Yapıların kullanım ömrü süresince hem sahip oldukları işlevlerinin hem de kullanılan malzemelerin bozulma göstermemesine dayanıklılık denir (Baradan ve Aydın, 2013). Kullanılan betonun dayanıklılığı yeterli olmadığında yapıda zaman içerisinde birtakım bozulmalar meydana gelmektedir (Karagüler, 2017). Yapılardaki bu bozulmalar fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik etkenler kaynaklı olmaktadır (Baradan ve Aydın, 2013).

Beton, dayanıklılığını kullanım ömrü süresince koruması beklenir (Bekem vd., 2009). Yapıların kullanım, hizmet ömrü; dayanıklılığını koruduğu ve işlevlerinin

sürdürülmesi için amaçlanmış olan süredir (Taşdemir vd., 2004). Yapılar hizmet ömürlerine göre dört farklı sınıflandırmaya ayrılmaktadır. Bunlar; “geçici yapılar”, “orta ömürlü yapılar”, “uzun ömürlü yapılar” ve “sürekli yapılar”dır (Bekem vd., 2009). Birinci sınıflandırma olan geçici yapıların hedeflenen hizmet ömrü 1 ile 5 yıl arasındadır. Orta ömürlü yapılarda, ayakta kalma süresi değiştirilebilir strüktürel öğelerle minimum 25 yıl olmaktadır. Uzun ömürlü yapılar, en az 50 yıl hizmet ömrü olup buna çeşitli fonksiyonlardaki birçok mimari bina örnek verilebilir. Dördüncü ve son sınıflandırma olan sürekli yapılara ise en az 100 yıl hizmet ömrü olan köprüler, anıt yapıları ve tarihi yapılar örnek olarak verilebilir (Taşdemir vd., 2004).

Betonarme, uzun hizmet ömrü olan bir malzemedir ve bu süre boyunca da beklenen dayanımını sağlaması gerekmektedir. Süreç içerisinde gösterdiği bu dayanımı gerekli olan onarımlarla tekrar yakalayarak hizmet verebilmelidir. Betonarmenin uzun kullanım süresinde karşılaştığı bazı durumlardaki etkenlerden dolayı erken bozulma gösterdiği durumlar da olabilmektedir (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012).

Yapılar standart “hizmet ömrü” olarak adlandırılan zaman diliminden sonra dayanıklılığını kaybetmeye başladıklarından zamanla kullanımı tehlikeli olmaya başlar. Farklı kullanımlardaki ve farklı konumlardaki yapılar için çeşitlilik gösteren kullanım ömrü sonrasında, her yapıda ortaya çıkan farklı bozulmaların onarımının sağlanması gerekir. Onarımı sağlanamayan bazı yapıların ise yıkımı gerçekleştirilebilir (Bekem vd., 2009).

4.2. BRÜT BETONUN İNŞASI ESNASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN UNSURLAR

Başarılı brüt beton uygulamaları için önemli kriterler bulunmaktadır. Bunlar;

- İnşa evresindeki uygulama ekibi
- Yüzeyin dokusu için doğru kalıp sistemi seçilmesi
- Örnek kalıp planları
- Yüzey kalitesi için uygun beton seçimi
- Betonun uygun koşullarda hazırlanıp dökülme evrelerindeki iş akışının planlanması
- Yüzeylerdeki gözeneklilik oranı için öncelikle test yüzeylerinde uygulama yapılması

- Uygun hava koşulları ve ortam sıcaklığı seçilmeli
- Dökülen betonun takibi sağlanmalı gibi unsurlardır.

Brüt beton yapıların ortaya çıkış sürecinde birtakım aşamalar bulunmaktadır. Bunlar planlama aşaması, inşaat aşaması ve tamamlanma aşaması olarak üç evreden meydana gelmektedir. Bu aşamaların başarılı bir şekilde tamamlanmasıyla ortaya istenilen ve başarılı ürünler çıkmaktadır. Planlama aşamasında; kullanılacak kalıplar, birtakım statik hesaplamalar, uygulama için planlama ve inşaat aşamasının planlaması yapılmaktadır. İnşaat aşamasında; kalıpların inşaat alanında montajı sağlanır. Betonun tamamlanma aşamasında ise temizlik ve bakım yapılmaktadır. Bu aşamalarda kalıp uzmanlarının projede yer almaları; zaman, maliyet ve kaliteli ürünün ortaya çıkmasında, ortaya çıkabilecek olan problem ve bozulma risklerinin azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca inşa sürecindeki işin akışı için de önemli rol oynamaktadırlar (url-18).

Brüt beton yapıları etkileyen başka etmenler de bulunmaktadır. İnşaat süresi ve maliyeti, yapının formu, brüt beton yüzeyler için tasarım ve dayanıklılığı bakımından gereklilikler olarak belirtilebilir. Ayrıca brüt betonun kalitesi için de bazı örnek yüzeyler üzerinde malzemenin bileşenleri arasında fiziksel ve kimyasal etkileşimler, öncesinde belirlenerek bu etkileşimlerle betonda oluşacak olumsuz etkilerin önüne geçilebilir. İnşa süreci için uygun malzeme ve ekipman seçimi, bu ekipmanların uygun bir şekilde birleştirilmesi, bunların yapıldığı şantiyenin nasıl işlediği ve çevrenin koşulları gibi faktörler örnek olarak sıralanabilir. Bunlara ek olarak da kullanılan beton, kalıp ve kalıp teknolojisi de inşa edilen brüt beton yapıları etkileyen önemli faktörlerdendir (url-18).

Kalıpların yapımında ahşap, plastik ve metal gibi malzemeler kullanılmakta olup istenilen çeşitli dokulara sahip brüt yüzeyler meydana getirilmek için kalıp sistemleri içinde ahşap, plastik, metal, alçı, kanaviçe kalıp astarları da kullanılmaktadır. Klasik ve yatay-düşey hareketli çeşitleri olan kalıp sistemlerinden klasik sistemde özellikle geçmelere, ek birleşim noktalarına özen gösterilmelidir (Eriç, 2002).

Kalıp sistemi ve teknolojisi ile istenilen görünümde brüt beton yüzeylerin elde edilmesi için doğru kalıplar seçilmelidir (url-18). Uygun kalıplar seçilirken brüt betonun inşasında kalıplardaki sızıntıların önlenmesi ya da kontrol edilebilmesi göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanılacak kalıpların boyutlarının ve bu kalıpların

birleşim noktalarının doğru bir şekilde planlanarak ortaya çıkabilecek olan kusurların önüne geçilmelidir. Kalıpların birleşim ve ek noktaları iyi planlanarak;

- birbirine eklenen kalıpların aynı düzlemde olması ve ortaya çıkacak olan işçilik hatalarının olabildiğince az olması
- ortaya çıkacak ürünün istenilen geometrik formda elde edilmesi
- kalıpların kenarlarının oldukça kusursuz olması sağlanıp beton dökümü esnasındaki vibrasyon uygulamasının iyi yapılması ve böylelikle ortaya beton sızıntısı, petek görünümü, yüzeylerde renk farklılıkları gibi kusurların önlenmesi sağlanır (Arslan, 2001).

Kullanılan kalıp ekipmanları, farklı üretici firmalarda bulunan kalıplarla birleştirilip kullanılması inşa esnasında bazı durumlarda tehlike yaratabilmektedir. Farklı sistemlerin bir arada kullanılması istendiğinde ekipmanların ait olduğu firma ile iletişime geçilerek ortaya çıkabilecek bu durum önlenmelidir. Sonrasında ise uzmanlar tarafından seçilen uygun kalıplarla bölümlere ayrılan alanlara belirli bir organizasyonla beton dökme işlemi gerçekleştirilmelidir (url-18).

4.3. TARİHİ BETONARME YAPILARDA GÖZLEMLenen BOZULMALAR VE NEDENLERİ

Yapılar, zaman içerisinde birtakım etkenlerden kaynaklı bozulmalar yaşamaktadır. Bu bozulmaların onarımının yapılabilmesi için öncelikle bozulmaya neden olan etkenler saptanmalıdır.

Betonarme yapılarda iç ve dış faktörler bozulmaya neden olmaktadır. Bu faktörler fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik unsur kaynaklı karşımıza çıkmaktadır (Baradan ve Aydın, 2013). Yapılarda oluşan bu bozulmalar betonda ya da donatıda görülebilmektedir. Betondaki bu bozulmalar; boy-hacim değişimi, yüksek sıcaklık, kimyasal reaksiyonlar ve aşırı yükleme gibi etkenlerden kaynaklı olabilir. Fiziksel ve kimyasal kaynaklı bozulmalarda yapılar öncelikle yüzeylerden tepki gösterdiği için burada betonun dayanıklılığı önemli bir değer olmaktadır. Brüt beton yapılarda yüzeyde oluşan bu bozulmalara betonun bitiş malzemesi olarak kullanılması sebebiyle daha çok rastlanmaktadır. Betonarme yapıların donatılarındaki metaller, temas ettiği malzemelerle kimyasal tepkimeler gerçekleştirmesi ise donatıda bozulmaya yol açar. Karbonatlaşma, deniz suyu gibi etmenler korozyona neden olur ve donatıda bozulma meydana gelir (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012). Karbonatlaşma, birtakım kimyasal tepkimelerle betonun pH dengesi değişerek donatıdaki

materyallerin paslanmasının daha kolay bir şekilde gerçekleşmesidir (Akakın ve Engin, 2010) (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1: Karbonatlaşmanın etkisi (Engin, 2014)

Betonarme yapılar bozulma süreci boyunca gözlemlendiğinde öncelikle karbonatlaşma meydana gelmesi, sonrasında korozyon (paslanma) oluşması ve böylelikle çatlakların oluşarak parça kopmaları meydana geldiği görülmektedir (Er Akan ve Örmecioğlu, 2012).

4.4. BRÜT BETON YAPILARDA GÖZLEMLENEN BOZULMALAR VE NEDENLERİ

Betonarmede oluşan bu bozulmaların yanı sıra beton yüzeyinde de bazı bozulmalar gözlenmektedir. Özellikle brüt beton yapılarda bu yüzey bozulmaları daha kritik sorunlara neden olmaktadır. Brüt betonda “çiçeklenme”, “oksidasyon”, “korozyon” ve “alkali-agrega reaksiyonları” gibi sorunlar yüzeylerde lekelenmeler oluştururken ve koruyucu sıva katmanından muaf olan beton yüzeylerde kullanım hatalarına bağlı olarak parça kopmaları da meydana gelebilmektedir (Salgın, 2007). Brüt betonda oluşan bozulmaları uygulama aşamasında ve kullanım sırasında oluşan bozulmalar olarak iki grupta ele almak mümkündür.

4.4.1. Uygulama Aşamasında Oluşan Bozulmalar

4.4.1.1. Petek Dokusu Görünümü

Genellikle perde, kolon ve kirişin kesiştiği kısımlarda ayrışmaların gerçekleşmesiyle ortaya çıkan bozulmanın görüntüsüdür (Engin, 2014) (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). Bu duruma neden olan pek çok etken vardır. Bunlar; betonun dökümü

sırasındaki kötü vibrasyon, yüksek mesafeden beton dökümü ve yapıya uygun olarak seçilmeyen agrega boyutu olarak ifade edilebilir (Dikmen, 2018).



Şekil 4. 2: Petek dokusu görünümü (Akakın ve Engin, 2010)



Şekil 4. 3: Petek dokusu görünümü (Dikmen, 2018)

4.4.1.2. Beton Yüzeyinde Boşluklar

Betonun dökümü sırasında kötü vibrasyon uygulaması ve hava geçirgenliğinin düşük olduğu kalıpların kullanılması nedeniyle beton yüzeyinde sıkışıp çıkamayan hava yüzeylerde boşluk yaratmaktadır (Akakın ve Engin, 2010) (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Ayrıca kullanılan betonun sıkıştırma, vibrasyon için uygun olmaması ve kalıbın betondan erken sökülmesi de hava boşluklarının oluşmasında etkili olmaktadır (Engin, 2014).



Şekil 4. 4: Beton yüzeyinde oluşan boşluklar (Akakın ve Engin, 2010)



Şekil 4. 5: Beton yüzeyinde oluşan boşluklar (url-19)

Beton yüzeyinin kalitesi belirlenirken yüzeydeki bozulmaların belirlenmesi gerekmektedir. Alman, Macar ve Avusturya standartlarına ilişkin gözeneklilik, doku, renk gibi kriterler mevcuttur. Bu yüzeyler dijital görüntüleme yöntemi kullanılarak yüzeylerdeki boşluk oranlarının belirlenmesi için metot oluşturmaktadır. Böylelikle olabildiğince küçük boşlukların da belirlenmesi sağlanarak bunların gözden kaçması engellenmektedir. Bu yöntemle brüt betondaki yüzeylerin daha doğru ve güvenilir değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Dijital görüntüleme, yapı yüzeyi fotoğraflanarak betondaki gözenekler ve boşlukların belirlenmesini sağlayan ve bunun daha doğru sonuçlar ortaya çıkarması için de geliştirilmeye çalışılan bir programdır (Karolyfi ve Papp, 2018).

4.4.1.3. Renk Dzensizliği

Betonda renk eşitsizliğine; su-çimento oranı, mineral katkı malzemeleri, agrega seçimi, kullanılan kalıplar, kürlenme ve betonun sıkıştırılması gibi unsurlar etki etmektedir (Dikmen, 2018) (şekil 4.6).



şekil 4. 6: Yüzeyde renk dzensizliği görünümü (Akakın ve Engin, 2010)

Su-çimento oranının yüksek olması betonu açık renkli yaparken, bu oranın düşük olması ise betonun koyu renkli olmasını sağlar. Betonun dökümü esnasında su-çimento oranının değişiklik göstermesi betonda renk değişikliğine sebep olur ve bu da yüzeylerde renk dzensizliği olarak karşımıza çıkar. Betondaki mineral katkılar ise betonun renklendirilmesini sağlar. Yüzeydeki renk eşitsizliğine neden olan diğer etken ise agrega seçimidir. Beyaz renk kum kullanılması betonu beyaz renkli olmasını sağlarken içerisinde demir oksit bulunan agrega kullanılması ise yüzeylerde pas lekelerinin oluşmasına neden olur. Kullanılan kalıpların farklı olmasıyla su emme düzeylerinde farklılıklar görülür ve bu da yüzeylerde birtakım renk farklılıklarına yol açar. Diğer bir etken olan kürlenme aşaması esnasında betonda görülen su buharlaşması ve yoğuşması betonun her yerinde dengeli olarak gerçekteşmezse su-çimento oranının değişmesine sebep olur, bu durum da yüzeylerde renk farklılığı oluşturur. Ayrıca betonda sıkıştırma esnasında fazla vibrasyon uygulanması ve bu uygulama esnasında vibratörün kalıba temas etmesi yüzeylerde renk farklılıklarının oluşmasına etki eder (Dikmen, 2018).

4.4.1.4. Soğuk Derz

Beton dökümündeki plansızlıktan kaynaklanan, uygulama esnasında gecikme yaşanmasıyla iki tabaka arasında görülen farklılıktır. Dökülen alt tabakadaki betonun priz alması ve üzerine yeni beton dökülmesiyle bu iki tabaka arasında yeterli düzeyde aderans sağlanamaz ve beton yüzeyinde problem ortaya çıkar (Engin, 2014) (Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9).



Şekil 4. 7: Soğuk derz görünümü (Dikmen, 2018)



Şekil 4. 8: Soğuk derz görünümü (Engin, 2014)



Şekil 4. 9: Soğuk derz görünümü (Engin, 2014)

4.4.2. Kullanım Aşamasında Oluşan Bozulmalar

4.4.2.1. Çiçeklenme

Betona temas eden kar ve yağmur suları betonun içerisine girer ve burada bazı tepkimeler gerçekleşir. Bu tepkimelerle çimentodaki tuzlarda birtakım çözümler meydana gelmektedir (Dikmen, 2018). Çimentoda bulunan kalsiyum ya da alkali tuzların zamanla betonun yüzeyine çıkıp kristallenmesiyle yüzeyde beyaz lekeler meydana gelir ve bu lekelenmelere çiçeklenme denmektedir (Şekil 4.10). Beton yüzeyinde görülen bu lekeler zamanla betonda boşluklara yol açarak betonun dayanıklılığını etkilemeye başlar (Özgen, 2006).



Şekil 4. 10: Betonda çiçeklenme (Dikmen, 2018)

Betonun görsel ve dayanıklılık açısından olumsuz etkilenmemesi için bu bozulmanın birtakım önlemlerle önüne geçilmesi gerekir.

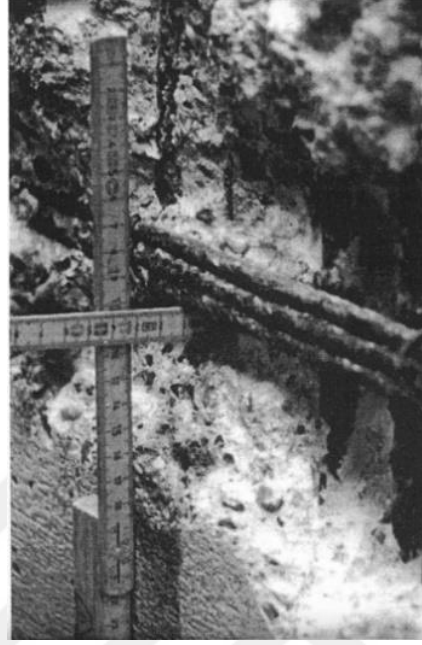
4.4.2.2. Korozyon

Brüt beton yapıların yüzeyleri herhangi bir malzeme ile kaplanmadığı için doğrudan hava ile temas halindedir. Bu yüzeylerdeki kılcal boşluklardan içeriye giren hava ile donatıdaki metaller arasında bir reaksiyon gerçekleşir (Salgın, 2007). Bu kimyasal reaksiyonla birlikte donatıdaki metaller zamanla metalik özelliklerini yitirmeye başlar. Paslanan metallerin hacimleri genişler ve çekme gerilmeleri sayesinde betonda deformasyonlar oluşturmaya başlar. Bu durumdan betonun dayanıklılığı da olumsuz etkilenir (Özgen, 2006). Betondaki bu deformasyon kılcal çatlaklar olarak brüt beton yüzeylerde açığa çıkar (Salgın, 2007). Zaman içerisinde de çatlamlar görülerek pas payı tabakasında yüzey kopmaları meydana gelir (Şekil 4.11). Korozyon oluşumu, havadaki klor iyonlarının fazlalığı sebebiyle sahil bölgelerindeki yapılarda yaygın olarak görülmektedir (Özgen, 2006).



Şekil 4. 11: Betonda yüzey kopması görünümüleri (url-20)

Ayrıca betondaki gözenekliliğin yüksek oranda olması karbonasyona neden olur. Bu durum da yüzeylerin parçalanmasına ve yüzeyden parça kopmalarına neden olmaktadır (Ristic, 1997) (Şekil 4.12).



Şekil 4. 12: Yüzeyden parça kopması (Ristic, 1997)

Korozyonun oluşumuyla birlikte beton-donatı aderansında (betonun donatı yüzeyine yapışması) ve betonun dayanıklılığında azalma görülmesiyle yapının depreme dayanımı da azalır. Böyle bir sorun yaşanan yapı zamanla kullanım ömrünü tamamlayarak işlevini sürdürmez duruma gelir (Baradan ve Aydın, 2013).

4.4.2.3. Oksidasyon

Brüt betonda görülen bir başka bozulma çeşidi oksidasyondur. Oksidasyon denilen kavram, öncelikle donatıya giren rutubet, nem ve suyun donatı ile etkileşim göstermesi, sonrasında da donatıya giren oksijenle tepkime gerçekleştirerek paslanma meydana gelmesidir (Salgın, 2007). Oksidasyonun görülmesi ve paslanma gerçekleşmesi esnasında korozyon da meydana gelmektedir (url-21). Oksidasyon, beton yüzeylerde lekelenmelere sebep olarak pas renginde yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır (Salgın, 2007). Bazı endüstri bölgelerinde bulunan birtakım zehirli gazlar ve sahil bölgelerindeki klorür yoğunluğu, metal ile reaksiyona giren suyun iletkenliğinde artışa sebep olur ve böylelikle korozyonun oluşması hızlı gerçekleşir (url-21) (Şekil 4.13).



Şekil 4. 13: Oksidasyon ile yüzeylerdeki lekelenmeler (url-22)

4.4.2.4. Alkali-agrega Reaksiyonları

Alkali-agrega Reaksiyonları agregadaki silika (kumun ana maddesi) ve çimentodaki alkali oksitler arasında gerçekleşen bir kimyasal tepkime türüdür (Aköz ve Çakır, 2004). Bu alkali oksitler yüksek hava sıcaklığının olduğu yerlerde havada bulunan nemdeki tuzun bileşenlerinde bulunur. Bu reaksiyon betona zarar vererek yüzeylerde “bal peteği dokusu” ya da “ağ biçiminde kılcal çatlaklar” gibi birtakım bozulmalar ortaya çıkarır (Şekil 4.14) ve zamanla yüzeylerden parça kopmaları meydana gelir (Salgın, 2007). Böylelikle beton dayanıklılığı olumsuz etkilenir. dış yüzeylerden de okunabilen bu kimyasal tepkime uzun yıllar sonunda meydana gelmektedir (Akakın ve Engin, 2010).



Şekil 4. 14: Beton yüzeylerinde ağ biçiminde kılcal çatlaklar (Akakın ve Engin, 2010)

Bu reaksiyonun oluşumunda önemli bir etken olan nem, betondaki bozulma ve hacim değişikliği üzerine etki etmektedir. Betonun bileşenlerindeki oranlar, agreganın büyüklüğü, betonun geçirimsizliği, hava sıcaklığı, ortamdaki bağıl nem, mineral ve kimyasal içerikli katkı malzemelerinin de etkisiyle yüzeylerde bozulmalar meydana gelmektedir (Baradan vd., 2012).

4.4.2.5. Yüzeyden Parça Kopması

Su emiciliği fazla olan agrega kullanıldığında betonun içindeki bazı maddeler su alarak şişer ve ortaya çıkan basınç ile betonu çatlatır. Ayrıca donma-çözülme etkisi, alkali-silika reaksiyonları da bu duruma neden olan diğer etkenlerdir. Bu etkenler sonucunda yüzeylerden parçalar kırılarak 5mm ile 5 cm arasında farklı büyüklüklerde çukurlar görülmeye başlar (Şekil 4.15). Yüzeyden parça kopması yapının hizmet ömrünü etkileyecek bir durum ortaya çıkarmaz (Engin, 2014).



Şekil 4. 15: Yüzeyde görülen parça kopmaları (Akakın ve Engin, 2010)

4.5. BOZULMAYA UĞRAYAN BRÜT YAPI ÖRNEKLERİ

4.5.1. Notre Dame de Royan

1874 yılından kalan Neogotik kilise, 1945 yılında şehre yapılan bombalamalarla tahrip olmuş ve yıkılmıştır. Bu yıkımlarla birlikte kent için Claude Ferret tarafından yeni bir kentsel plan tasarlanmıştır. Bu plan tasarlanırken yeni bir kentsel imgenin yaratılmasına yönelik özgürlük kavramı ele alınarak yapılmıştır (Oudin, 1997). Yıkılanın yerine yeni ve daha büyük bir yapı inşa edilmeye karar verilip tamamen brüt betondan Notre Dame de Royan kilisesi yapılmıştır (Şekil 4.16).



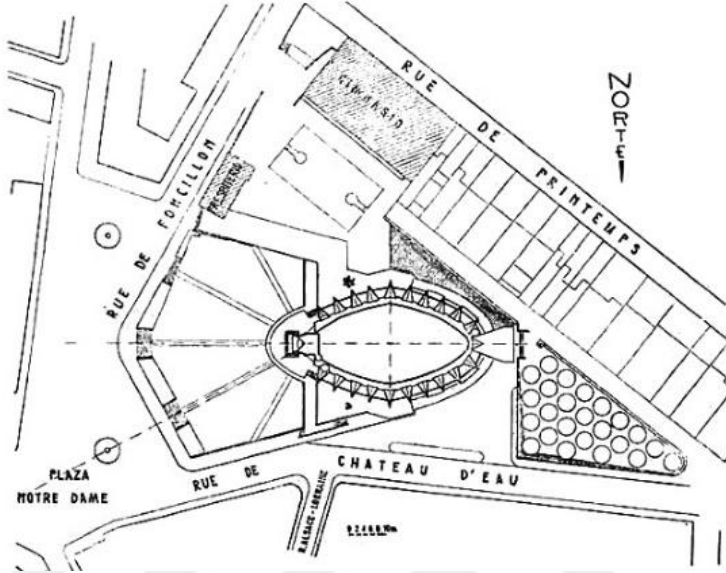
Şekil 4. 16: Notre Dame de Royan (Oudin, 1997)

Mimar Guillaunne Gillet tarafından tasarlanan ve mühendisliklerini Bernard Lafaille ve Rene Sarger'in yürüttüğü yapı 1955 yılında inşasına başlanmış olup 1958 yılında kullanıma açılmıştır. 46 metre uzunluğa, 22,5 metre genişliğe, 36 metre yüksekliğe sahip olup yapının kulesi ise 60 metre yüksekliğindedir (Pilot, 2006). Eliptik bir plan olarak tasarlanan yapının heykelsi bir ifadesi de bulunmaktadır (Oudin, 1997) (Şekil 4.17).

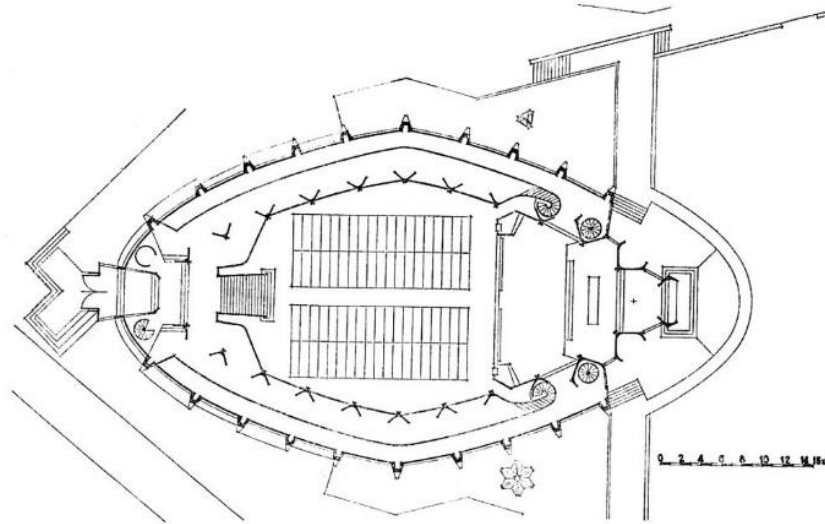


Şekil 4. 17: Notre Dame de Royan (Dalorme, 2017)

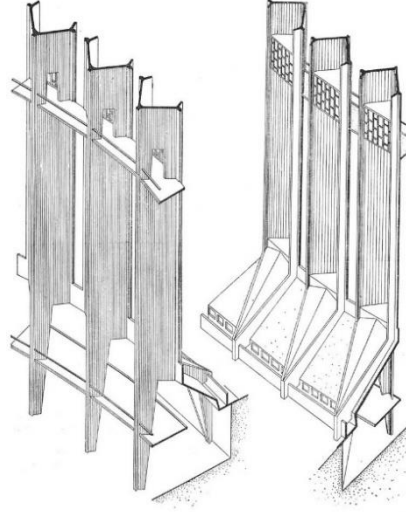
Elips plan üzerinde “V” şeklindeki sütunlardan oluşmuştur (Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20). Beton, cephe yüzeylerinde ve iç mekân yüzeylerinde kaplama malzemesi olmadan brüt olarak kullanılmıştır (Oudin, 1997) (Şekil 4.21).



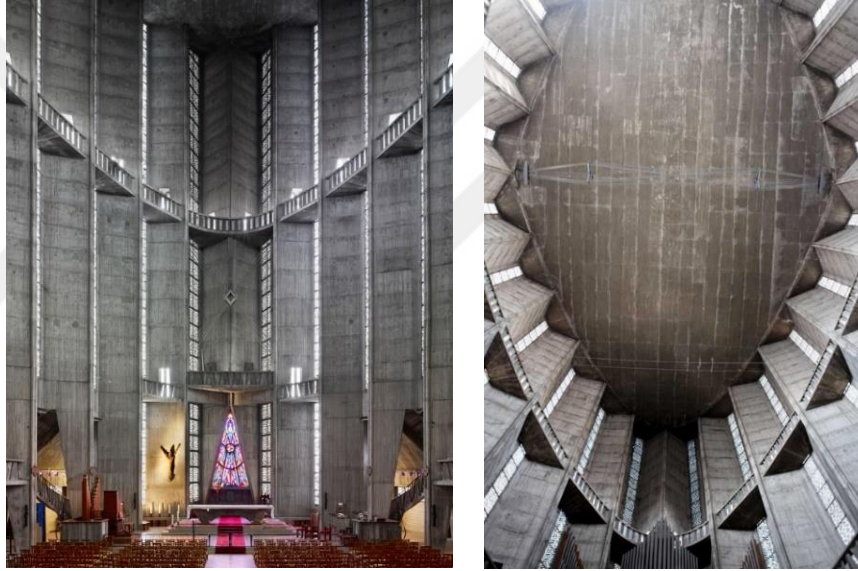
Şekil 4. 18: Vaziyet planı (url-23)



Şekil 4. 19: Zemin kat planı (url-23)



Şekil 4. 20: “V” formundaki sütunlar (url-23)



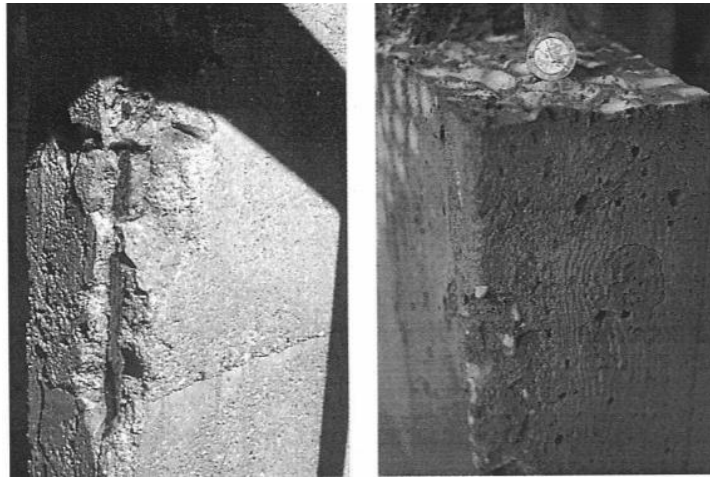
Şekil 4. 21: İç mekân görselleri (url-23)

Kilisenin inşası düşük bütçeyle ve oldukça kısa sürede gerçekleşmiştir (Oudin, 1997). 1958’de kullanıma açıldığında aslında henüz tamamlanmamış olup bazı eksikleri bulunmaktadır. Örneğin; yağmur sularına karşı su yalıtımının henüz sağlanamamış olması ya da çerçevenin bazı yerlerinde hava ile teması engellemeyi sağlayan kısımların yapılmamış olması gibi eksiklikler bulunmaktadır (Barbot, 2019). Dolayısıyla kısa süre içerisinde yağmur sularından kaynaklı sızıntılar meydana gelmiş ve ayrıca denize yakın olması sebebiyle de 1960 yılından itibaren birtakım bozulmalar ortaya çıkmaya başlamıştır (Oudin, 1997) (Şekil 4.22).



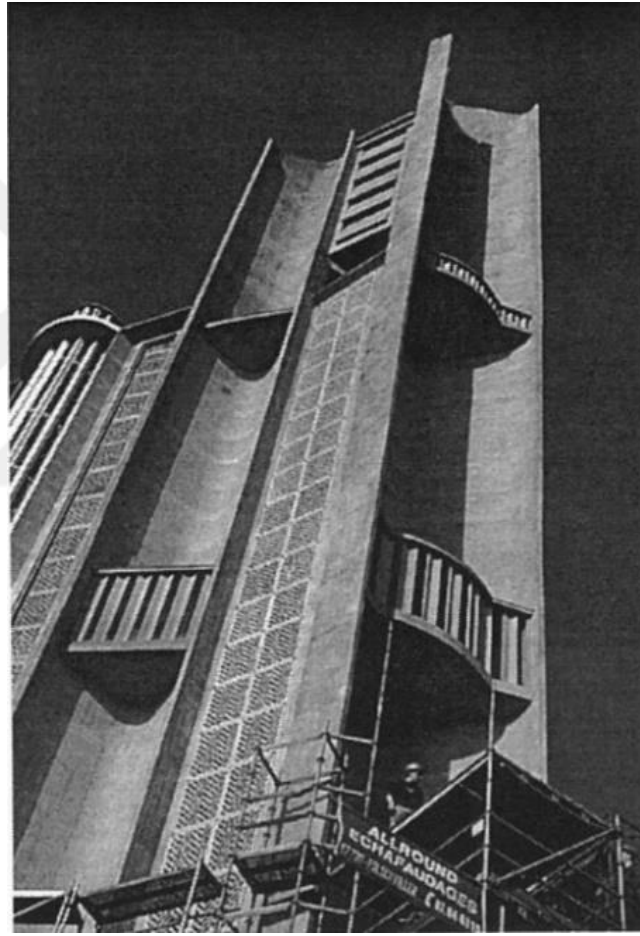
Şekil 4. 22: Donatının paslanması (Barbot, 2019)

Bu sorunların önüne geçilebilmesi için 1972 ve 1973 yıllarında çalışmalar yapılmış fakat bunlar sorunları engellemek için yeterli olmamıştır. Zamanla betonarmedeki donatı paslanmaya başlayarak beton yüzeylerde çatlamalara ve birtakım parçalanmalara yol açmıştır (Şekil 4.23). Yüzeyde oluşan bu bozulmalar taşıyıcı sistemi etkileyerek donatının daha da hızlı bozulmasına sebep olmuştur. Bu gibi bozulmalara uygulanan reçine esaslı malzeme ile onarım yönteminde estetik ve strüktür bakımından tam olarak istenilen sonuçlar elde edilememektedir. V formundaki sütunlar, yapının en çok bozulmaya uğrayan kısımlarıdır. Bu kolonlarda önemli ölçüde çatlamlar meydana gelmiş ve büyük genişliklerde parça kopmalarına olmuştur (Oudin, 1997).



Şekil 4. 23: Yüzeyde görülen parça kopmaları (Oudin, 1997)

Bu bozulmalar zaman içerisinde daha da artmış, öyle ki 1986 yılında yapının çan kulesi kısmı kullanılamaz hale gelmiştir. Bunun üzerine Lucient Boudet ve Veritas onarım çalışmaları için bozulmalar üzerine detaylı bir inceleme yapıp bunların neler olduğunu kayıt altına almışlardır. Çan kulesindeki bozulma tedirginlik yarattığı için öncelikle onarıma bu kısımdan başlanmasına karar verilmiştir. Çan kulesinin çevresine kurulan iskelelerle ulaşılabilen belirli noktalardan alınan örneklerle donatıda geçirgenlik ve karbonatlaşma üzerinde analizler yapılmıştır (Oudin, 1997) (Şekil 4.24).



Şekil 4. 24: Çan Kulesi (Oudin, 1997)

Karbonatlaşma ve çatlama görülen yerlerde öncelikle o yüzey temizlenerek paslanan betonlar yerine orijinal halinin korunmaya çalışarak bağlayıcı katkı malzemeleriyle değiştirilmiş ve takviye yapılmıştır (Barbot, 2019) (Şekil 4.25).



Şekil 4. 25: Karbonatlaşma, parça kopmaları görülen beton yüzey ve onarımı (Barbot, 2019)

Çan Kulesi'nin onarımı yapılırken takviyelerin yetersiz kalması strüktür sisteminde deformasyona sebep olmuştur. Büyük çatlakların oluşması, betonun parçalanması ve donatıdaki deformasyonlarla yapının dengesi bozulmaya başlamıştır (Barbot, 2019) (Şekil 4.26 ve Şekil 4.27). Yapılan analizlerde kulenin batıya doğru eğildiği tespit edilmiş ve burada taşıyıcı sistemi güçlendirmek adına takviyeler yapıp bozulmanın yavaşlaması sağlanmaya çalışılmıştır (Oudin, 1997). Yapıdaki stresin azaltılması için ahşaptan yapılan yeni bir çerçeve sistemi çan kulesinin alt kısmına yerleştirilmiştir (Barbot, 2019).



Şekil 4. 26: Strüktürde meydana gelen bozulma (Oudin, 1997)



Şekil 4. 27: Strüktürde meydana gelen bozulma (Barbot, 2019)

Merdiven kulelerinde ise bozulan basamaklardaki donatılarda oluşan bozulmalar fırçalanarak temizlenmiş ve beton takviyesi yapılmıştır (Barbot, 2019)

(Şekil 4.28). Yapılan bu onarım yöntemleriyle donatıdaki bozulmaların önüne geçilmeye ve yapının kullanım ömrü arttırılmaya çalışılmıştır.



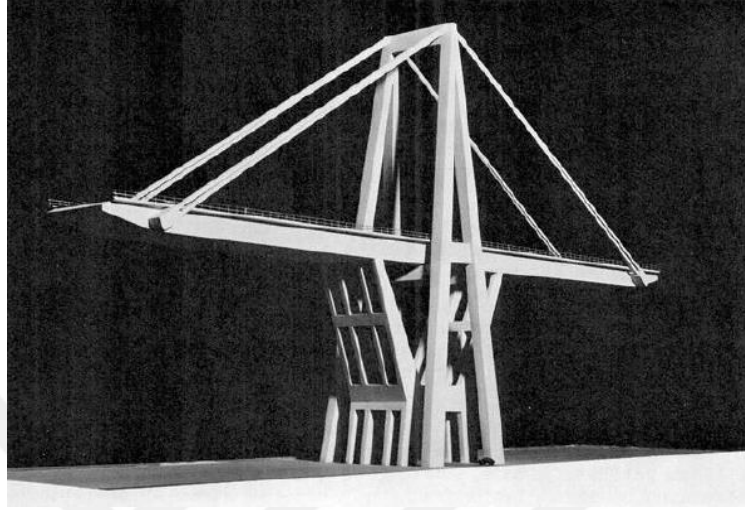
Şekil 4. 28: Merdivende ortaya çıkan bozulmalar (Barbot, 2019)

Yurtdışında yapılan onarımlar esnasındaki kimyasal süreçler geliştirilmeye de çalışılmıştır. “Novbeton” olarak adlandırılan sistem, elektro-kimyasal süreçlerle donatıdaki bozulmanın önüne geçilmesini sağlamaktadır. Bu sistem Notre Dame de Royan’da yapılacak olan onarım çalışmaları için de çözüm sağlamaktadır (Oudin, 1997). Günümüze kadar da çeşitli zaman aralıklarında onarım çalışmaları yapılmaya devam edilmektedir.

4.5.2. Polcevera Viyadüğü (Morandi Köprüsü)

Polcevera Viyadüğü, demiryolu hatları, endüstriyel ve sivil yapıların yoğun olarak yapılaşma gösterdiği vadi üzerinde inşa edilecek olması sebebiyle önemli mühendislik gerektirmiştir. Buradaki yapılardan yüksek olması ve kentsel dokunun bozulmaması için yer ile teması olabilen en az sayıda tutulmuştur. Ayrıca alandaki konutların yoğunluğu sebebiyle inşasının yere iskele kurulmadan yapılabilmesi için buna uygun bir tasarıma sahip olması gerekmiştir (Örmecioğlu, 2018).

Riccardo Morandi, kentin dokusuna olabildiğince en az zarar verebilmek adına “A” formunda üç ayak ve iki açıklığı bulunan, yüksekliğinin ise 90 metre olduğu bir köprü önerisinde bulunmuştur (Örmecioğlu, 2018) (Şekil 4.29 ve Şekil 4.30).



Şekil 4. 29: “A” formundaki köprü ayağı (Morandi, 1979)



Şekil 4. 30: Polcevera (Morandi) Köprüsü (Morandi, 1979)

Köprü, dört yıl süren çalışmalar sonucunda 1966’da tamamlanmış ve 1967’de kullanıma açılmıştır (Morandi, 1979). Tasarımındaki teknik çözümler ve estetik yaklaşımdan kaynaklı İtalya’nın önemli bir yapısı olarak bilinmektedir. İnşa edildiği dönemde elle hesaplama olduğu için taşıyıcılığının hesaplanabilmesi farklı

boyutlardaki maketler üzerinde çeşitli yük yükleyerek test ediliyordu. Ayrıca o dönemde betonun kalitesi iyi bir düzeyde olmayıp betonun üretim metotlarının geliştirilmesi de henüz tam anlamıyla sağlanamamıştır. Köprünün tasarlanmasının yanında inşası içinde gerekli olan çeşitli metotlar ortaya koymuştur. Öngörme sistemi kullanarak 207.884 metre uzunluğundaki açıklık dört öngermeli beton askıyla geçilmiştir (Şekil 4.31). Ayrıca bu sistemle iskele kullanılmadan yeni bir yöntem kullanılarak inşa edilebilen oldukça büyük açıklığı dengeli bir şekilde geçmesi İtalyan mimar ve mühendisler için önemli bir yapıt olarak değerlendirilmiştir (Örmeciöğlü, 2018).



Şekil 4. 31: Öngermeli betonarme askı (Örmeciöğlü, 2018)

Riccardo Morandi, köprünün kullanıma açılmasından on yıl gibi bir süre sonrasında köprü üzerinde incelemeler yaparak strüktürel olarak ortaya çıkabilecek sorunları ifade etmiştir. Bulunduğu yer bakımından değerlendirildiğinde; denize yakın olması sebebiyle nem ve bölgedeki endüstriyel yapılardan kaynaklı zehirli gazların olması yapıyı olumsuz etkilemiştir. Ayrıca kullanıma açıldığı ve sonrasındaki trafik yükü karşılaştırıldığında önemli ölçüde artış görülmüştür. Köprü üzerindeki incelemeleri sonucunda yüzeylerde birtakım çatlakların olduğunu görmüştür. O

dönem için olmasa da sonrasında bu bozulmaların köprü üzerinde zaman içerisinde aşırı yüklenmeye sebep olan trafik yükü ve kötü çevresel koşullar kaynaklı önemli sonuçlar ortaya çıkarabileceğini belirtmiştir. Yüzeyle meydana gelen bu çatlaklardan nem ve bazı endüstriyel gazlar, donatıda bozulmaya sebep olması dolayısıyla bu çatlakların onarımı ve belirli zaman aralıklarında bakımı yapılması gerektiğinden bahsetmiştir (Örmecioğlu, 2018).

1980’li yıllardan itibaren köprü üzerinde gözlemler yapılmış fakat Morandi’nin köprü üzerindeki hasarların onarımı ve belirli zaman aralıklarıyla bakımlarının yapılması gerekliliğini ifade ettiği önerileri uygulanmamıştır. Yalnızca konutların üzerinde bulunan diğer köprü ayağında birtakım güçlendirme yöntemleri uygulanmıştır (Örmecioğlu, 2018). Morandi (Polcevera) Köprüsü, 14 Ağustos 2018’de 240 metre uzunluğundaki kısmı aniden çökmüş ve 43 kişi hayatını kaybetmiştir (Milillio vd., 2019) (Şekil 4.32, Şekil 4.33 ve Şekil 4.34).

Sonuç olarak köprüde aşırı yüklenmeden ve hava koşullarından kaynaklı ortaya çıkan bu bozulmalara karşı önlemlerin alınmaması ve onarımlarının yapılmaması köprü’nün yıkılmasıyla sonuçlanmıştır. Bu durum İtalyan mühendis ve mimarlar için beklenmeyen ve şaşırtan bir durum olmuştur.



Şekil 4. 32: Yıkılan Morandi Köprüsü (url-24)



Şekil 4. 33: Yıkılan Morandi Köprüsü (url-25)



Şekil 4. 34: Yıkılan Morandi Köprüsü (Bazzucchi, 2018)

4.5.3. Church of Saint Francis of Assisi

Brezilya'da bulunan Church of Saint Francis of Assisi, Oscar Niemeyer tarafından tasarlanmıştır ve 1943 yılında inşa edilmiştir (Şekil 4.35). Yapıda kullanım ömrü süresince birtakım bozulmalar meydana gelmiş ve onarımlar görülmüştür.



Şekil 4. 35: Church of Saint Francis of Assisi (Philippou, 2013)

Yapının dış yüzeyi mozaikli ve dalgalı beton parabollerden oluşmaktadır. Brezilya’da ilk modern mimari anıt olarak bilinmektedir (url-26). 1943 yılında inşa edilen kilisede sızıntı ve nemden kaynaklanan belirtiler ilk kez 1944 yılında görülmüştür. Kısa sürede bozulmaya başlamış olup 1956 yılında restorasyon çalışmaları yapılmıştır. Onarımlarla temel sorunlar çözülmeye çalışılsa da birtakım sorunlar hâlâ devam etmektedir. 1990 yılında ise onarımı esnasında dış yüzeyde birçok yöne yayılan çatlaklar tespit edilmiştir. Belirli aralıklarla devam eden onarım çalışmaları 2004-2005 yılları arasında da yapılmıştır. Ayrıca 2008 yılında sızıntıdan kaynaklı yeni sorunlar belirlenmiştir (Croft vd., 2019).

4.5.4. Salk Enstitute

Kaliforniya, San Diego’da bulunan Salk Enstitü binası 1965 yılında Louis Kahn tarafından tasarlanmıştır (Şekil 4.36 ve Şekil 4.37). Bilimsel araştırma merkezi olarak işlev göstermektedir (url-27).



Şekil 4. 36: Salk Enstitü (url-28)



Şekil 4. 37: Salk Enstitü (url-29)

Uygulama aşamasında uygun bileşime sahip olmayan betonun kullanılması ya da yeteri kadar sıkıştırma yapılamadan yerleştirilen beton yüzeylerde petek dokusunu görünümünü ortaya çıkarmıştır (Şekil 4.38). Beton yüzeyince hava kabarcıklarının sıkışmasıyla ise beton yüzeylerinde boşluklu yapıların oluşmasına neden olmuştur (Şekil 4.39) (Loughran, 2007).



Şekil 4. 38: Petek dokusu görünümü (Loughran, 2007)



Şekil 4. 39: Yüzeylerdeki boşluklu yapılar (Loughran, 2007)

BÖLÜM V

TARİHİ BETONARME YAPILARIN KORUNMASI VE ONARIM YÖNTEMLERİ

5.1. TARİHİ BETONARME YAPILARIN KORUMA VE ONARIM YAKLAŞIMLARI

Modern çağın en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi olan betonarmenin, gerek üretimi gerekse de inşası ilk dönemlerde genel olarak el işçiliğine dayanıyordu. Zamanla çimento, beton üretimi ve yapıların inşa edilme tekniklerinin ve ekipmanlarının gelişmesi günümüzde daha büyük ölçekli olarak ve sanayileşmiş inşaa süreçlerinin kullanımına imkân vermiştir. Betonarme hakkında gelişen hızlı teknolojiyle birlikte mühendisler ve mimarlar, modern yaşamın getirdiği ihtiyaçları karşılamak adına betonun sahip olduğu yapısal özellikleri ve sunduğu imkanları keşfetmeye başlamışlardır (Macdonald ve Goncalves, 2020).

II. Dünya Savaşı sonrasında inşa edilen büyük ölçekli yapılar için beton, özellikle ekonomik anlamda sağladığı imkanla önemli bir yapı malzemesi olarak tercih edilmiştir. Böylece yaygın olarak kullanılan malzeme oluşunu, özelliğini ve yerini önemli ölçüde tekrar belli ederek çeşitli yapılar inşa edilmiştir. Bu süreçte beton sınıflarının artması, beton döküm tekniklerinin endüstrileşmesi, prefabrikasyon imkanlarının kullanılmaya başlamasıyla betonarme teknolojisi büyük ilerleme göstermiştir. Betonarme yapıların nitelikleri, uzun süreçteki malzeme dayanıklılığı ve davranışlarına ilişkin araştırmalar da günden güne gelişim göstermektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

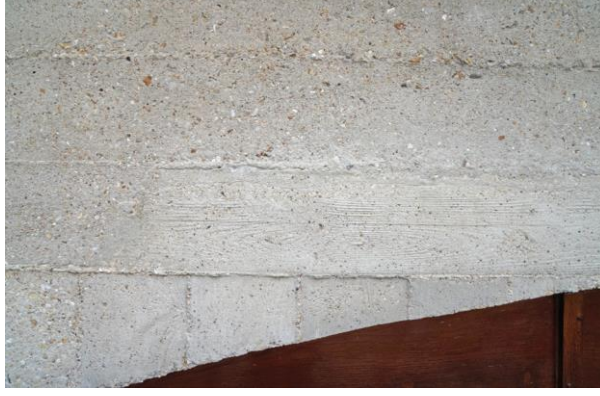
Betonarmenin 1900'lü yılların ilk yıllarında kalıcı bir malzeme olduğu savunulurken, süreç içerisinde diğer yapı malzemeleri gibi betonun da bozulmaya maruz kaldığı anlaşılmıştır (Gaudette ve Slaton, 2007). Kültürel anlamda önemli bir değere sahip olan betonarme yapılarda, zaman içerisinde ortaya çıkan ya da çıkabilecek olan bozulmalara karşı bir koruma ihtiyacı duyulmaktadır.

20. yüzyılın 3. çeyreğinden sonra yapı malzemesi endüstrisinde ortaya çıkan beton sınıflarının artması, beton döküm tekniklerinin endüstrileşmesi vb. gelişmelerden önce betonarme inşaat konvansiyonel tekniklerle gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle inşa edilen betonarme yapılar, işçilik hataları ve buna bağlı bozulma etkilerine daha açıktır. Bu dönemden önce gerçekleşen betonarme yapı üretimleri bu nedenle erken dönem ya da tarihi betonarme yapılar olarak nitelendirilebilir. Tarihi betonarme yapıların korunması, erken dönem betonarmenin tam anlamıyla tanınmaması ve değerinin bilinmemesi gibi unsurlardan dolayı birtakım zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Tarihi betonarmenin korunması aslında tipik beton onarımı ile aynı yaklaşımda bir metodolojiye sahiptir. Fakat ek olarak bu yapıların kültürel değerlerinin korunabilmesi önemli ölçüde bir özen gerektirmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020). Günümüzde de artık tarihi yapı statüsüne giren ya da girebilecek yapıların geleceğe sağlıklı bir şekilde aktarılabilmesi için bu yapılara uygun koruma ve onarım uygulamaları gerçekleştirilmelidir.

Koruma işlemi sırasında, yapının orijinal malzemelerinin korunmasına ve yansıttığı etkilerinin kaybolmamasına önem verilmektedir. Aksi takdirde yapının orijinal görünümü ve etkisi kaybolarak olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Buna örnek olarak ise yapı yüzeylerinin herhangi bir malzeme ile kaplanmayıp açık olduğu brüt yapılar gösterilebilir. Bu yapıların yüzeyleri açık olduğu için korunurken orijinal görünümüne uyum sağlamayıp yapının yansıttığı etkiden uzaklaşmasına sebep olan bir yaklaşım sergilendiğinde, onarımlar olumsuz bir durum ortaya çıkarabilmektedir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2) (Macdonald ve Goncalves, 2020).



Şekil 5. 1: Olumsuz bir onarım örneği (Macdonald ve Goncalves, 2020)



Şekil 5. 2: Olumlu bir onarım örneği (Macdonald ve Goncalves, 2020)

Beton onarımını; araştırmalar, uygulamalar, günden güne ortaya çıkan bilgiler, ürünler ve yeni tekniklerle gerçekleştirilen bir uygulama olarak ifade etmek mümkündür. Tarihi betonarme için koruma faaliyeti, yeni olmasının yanı sıra hızlı bir şekilde gelişim gösteren bir alandır (Macdonald ve Goncalves, 2020). Tarihi betonarme ve brüt betona uygun koruma ve onarım yaklaşımlarının belirlenip uygulanabilmesi için öncelikle betonun bozulmasına sebep olan etkenlerin belirlenmesi gerekmektedir (Gaudette ve Slaton, 2007). Bozulmaya sebebiyet veren bu etkenlerin belirlenmesiyle birlikte tarihi yapılara uygun bir onarım ve koruma metodu uygulanmalıdır.

Onarım yöntemleri hakkında beton yapılar için çok fazla kaynak bulunmaktadır. Ancak brüt beton yapılar için kaynak sayısı oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle bu tezde, brüt beton yapılara yönelik uygulanabilir tahribatsız muayene yöntemleri ve brüt betonu koruma ilkeleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu yüzden bu çalışmanın brüt beton yapıların korunmasına yönelik literatüre katkı sağlaması açısından önemli bir kaynakça olması hedeflenmektedir.

5.2. TARİHİ BETONARME YAPILARI KORUMA İLKELERİ

Hem beton hem de brüt beton olarak yorumlanabilen tarihi betonarme yapıların gelecek nesillere var oldukları halleriyle aktarılabilmesi için özenli ve birtakım belirli bilgiler çerçevesinde bir yaklaşımla korunması gerekmektedir. Tarihi betonarme yapıları koruma ilkeleri, uluslararası beton koruma ilkeleri ve beton onarım standartlarından faydalanarak kültürel anlamda önemli temel bir altlık oluşturmaktadır. Bu ilkeler, 19. yy'dan kalma donatılı ve donatısız beton ile ilişkili

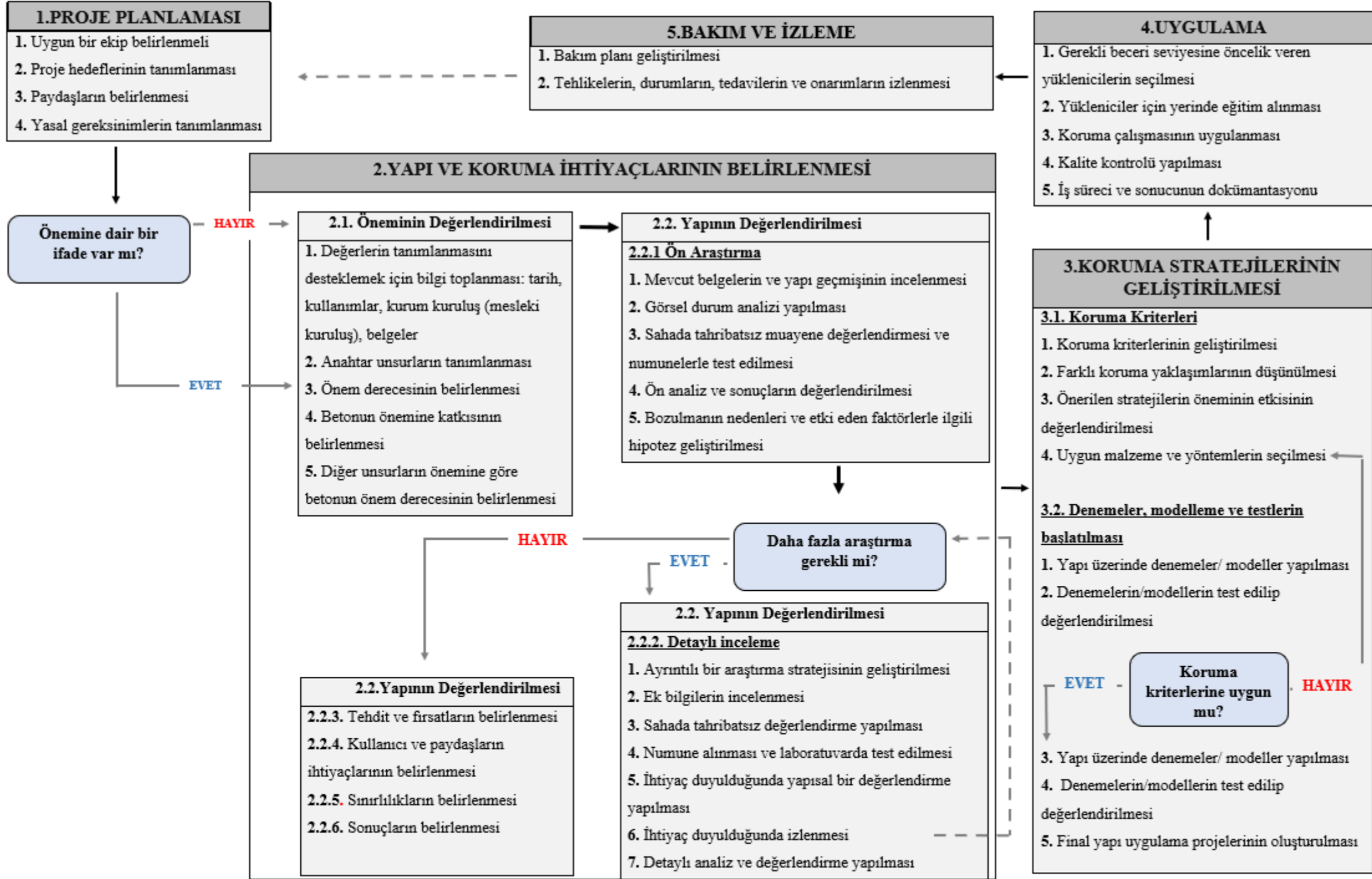
olup yapılar, köprüler, birçok sanat eserinde uygulanan beton ve brüt beton için geçerli olmaktadır (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Taşıyıcı sistem bakımından benzer ilkelere sahip olan beton ve brüt beton yapılar, koruma ve onarım ilkeleri bakımından karşılaştırıldığında; brüt beton yapıların sıva ve herhangi bir yüzey kaplamasına sahip olmaması onun farkını oluşturduğu için bu yapılara karşı koruma ve iyileştirmeler de ona göre farklılaşmaktadır. Brüt beton yapılara karşı koruma ve tamir yöntemleri açısından daha detaylı, hassas ve özenli davranılması gerekmektedir.

Tarihi betonarme yapılar belirli ilkelere göre koruma süreci geçirmektedir. Bu ilkeler sırasıyla “projenin planlanma aşaması”, “yapının tanınması ve koruma ihtiyaçlarının belirlenmesi”, “koruma stratejilerinin geliştirilmesi”, “uygulama aşaması” ve “onarım ve izleme” olarak belirli basamaklar halinde gerçekleştirilmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020). Beton ve brüt beton için tanımlanan bu ilkeler, betonun korunması için mantıklı yaklaşımın ele alınarak uygulanmasını sağlamaktadır (Macdonald ve Goncalves, 2020). Bu yüzden aşağıda verilen tablodaki ilkeler kapsamında geçirilen bir koruma evresi, beton yapıların geleceğe sağlıklı bir şekilde aktarılmasını sağlamaktadır (Tablo 5.1).

Tablo 5. 1: Beton Yapıları Koruma İlkeleri

İLKELER	İZLENECEK SÜREÇLER
1.Projenin Planlanması	<ul style="list-style-type: none">• Belirli ve uygun niteliklere sahip proje ekibi belirlenmesi• Proje amaçlarının belirlenmesi• Proje paydaşlarının belirlenmesi• Yasal ihtiyaçların belirlenmesi
2.Yapı ve Koruma İhtiyaçlarının Belirlenmesi	Yapının kültürel öneminin ve betonun öneminin değerlendirilmesi
	<ul style="list-style-type: none">• Arşivlerden gerekli bilgilerin edinilmesi• Birtakım yöntemlerle (anket, fotoğraf inceleme) somut bilgiler edinilmesi• Yapının karakterini yansıtan unsurlarının belirlenmesi• Önem derecesinin belirlenmesi• Betonun yapının karakterine ve kültürel önemine olan katkısının belirlenmesi
	Yapının; koşullara, risklere, fırsatlara, ihtiyaçlara ve birtakım kısıtlamalara göre değerlendirilmesi
	<ul style="list-style-type: none">• Ön araştırma evresi• Detaylı inceleme evresi• Yapı için tehdit ve fırsatların belirlenmesi• Kullanıcı ve paydaş gereksinimlerinin belirlenmesi• Sınırlılıkların belirlenmesi• Bulguların değerlendirilme evresi
3.Koruma Statejilerinin Geliştirilmesi	<ul style="list-style-type: none">• Koruma kriterleri• Birtakım farklı koruma yaklaşımlarının ortaya konulması ve bunların avantaj-dezavantajlarının düşünülmesi
4.Uygulama	<ul style="list-style-type: none">• Onarımın uygulanması
5.Bakım ve İzleme	<ul style="list-style-type: none">• Betonu etkileyen koşulların ve risk faktörlerinin periyodik bakımı ve izlenmesi



Şekil 5. 3: Beton Koruma Süreci (Macdonald ve Goncalves, 2020, kaynağından uyarlanmıştır)

Betonun korunması, beton onarımı ve koruma alanlarındaki bilgiler temelinde gerçekleştirildiğinden dolayı bu alanlardaki uygulanan en iyi uygulamaların seçilip onlardaki temel prensiplerin belirlenmesi gerekmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Brüt betonun gerek yapım sistemi gerekse de inşa edilmeleri bakımından beton ile çok benzer yönleri bulunmaktadır. Beton koruma sürecini ifade eden bu tabloyu brüt beton için de yorumlayıp değerlendirme yapmamız mümkün olmaktadır.

Beton koruma süreci, tabloda belirtilen beş ilke kapsamında sırasıyla gerçekleşmektedir. Koruma işleminin başarılı sonuçlanabilmesi için bu ilkeler sırasıyla takip edilerek uygulanmalıdır. Belirli aşamalarda yapıya dair sorulan sorularla da desteklenerek koruma süreci tamamlanmalıdır.

5.3. BETON KORUMA SÜRECİ: PROJE PLANLAMA AŞAMASI

Tarihi betonarme yapılar için önemli olan unsur, betonun iyi analiz edilmesi ve betonun uygun şekilde onarılması için yeterli bir sürenin bulunmasıdır. Bu yüzden sürecin ilk ve önemli aşaması olan planlama aşaması iyi bir şekilde planlanarak sürece başlanmalıdır (Gaudette ve Slaton, 2007).

Beton koruma sürecinin başarılı sonuçlanabilmesinin temelinde proje planlama aşaması yer almaktadır. Proje planlama aşamasında öncelikle belirli niteliklere uygun, yetenekli ve deneyimli bir proje ekibi belirlenmelidir. Bu proje ekibi, beton koruma sürecinin adım adım gerçekleşen bütün aşamalarında bulunarak süreci takip etmelidir (Macdonald ve Goncalves, 2020). Bu proje ekibi, betonun korunmasında yeterli deneyime sahip olan mimar, inşaat mühendisi, restoratör, konservatör, sanat tarihçisi ve beton kalıp ustalarından oluşmaktadır.

Yapının koruma süresince proje ekibi, iş birliği içerisinde çalışarak süreci tamamlamalıdır. Belirlenen beş aşama için önceden planlanmış belirli bir bütçe ve zaman ayrılarak bu süreç tamamlanmalıdır. Bu sürecin ilk aşamasından son aşamasına kadar belirlenen aynı ekibin süreklilik göstermesi önemlidir fakat bunun gerçekleşmediği durumlarda ise yine aynı şekilde belirli niteliklere sahip deneyimli ve yetenekli bir proje ekibinin oluşturulması gerekmektedir. Proje ekibinin yanı sıra proje paydaşlarının da belirlenmesi gerekmektedir. Proje ekibinin oluşturulması ve paydaşların belirlenmesiyle birlikte uygulanacak olan projenin amaçları çeşitli fikirler eşliğinde geliştirilip belirlenerek bu sürecin uygun bir şekilde aşamalı olarak yürütülmesi sağlanmalıdır. Uygulanacak olan projeye birlikte yaşayan kullanıcıların

ihtiyaçları ve yapının kullanım ömründen beklentileri gibi kavramlar amaç edinilmelidir. Ayrıca bu aşamada korunacak olan yapılar için gerekli olan yasal ihtiyaçların da belirlenmesi gerekmektedir. Projenin herhangi bir evresinde gerek duyulabilecek durumlar için bunlar önceden belirlenmelidir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

5.4. BETON KORUMA SÜRECİ: YAPININ VE KORUMA GEREKSİNİMLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Planlama aşamasında belirlenenler kapsamında betonun önemine dair bir ifadenin yer alıp almamasına göre ikinci aşama olan yapının ve koruma ihtiyaçlarının belirlendiği bu aşamada belirli adımlar izlenmelidir. Öncelikle betonun önemine dair bir ifade yer alıyorsa bunun önem derecesinin ve önemine olan katkısının belirlenmesi gerekmektedir. Fakat önemine dair herhangi bir ifade bulunmuyorsa yapı ve önemine dair bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmeler yapılırken görsel analiz, tahribatsız muayene, sahadan örnek alma ve bunların laboratuvar ortamında test edilmesi gibi birtakım yöntemlerden yararlanılmaktadır.

Yapıların tarihsel olarak ilişkilendirilip değerlendirilmesi öneminin belirlenmesinde etkili olmakla beraber yapı malzemesi olarak kullanılan betonun sahip olduğu özelliklerinde de anlaşılmasını sağlamaktadır. Yapının kültürel açıdan öneminin belirlenmesi, önemi belirlenirken ele alınan yapı özelindeki nitelikler, beton ve brüt beton koruma projeleri için ortak olan bir unsurdur. Yapılar için önem ve önem derecesinin belirlenmesi, yapıların koruma ihtiyaçları için uygun koruma yaklaşımlarının ortaya çıkabilmesi açısından da önemli olmaktadır (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Koruma sürecindeki yapılar için önem değerlendirilmesi yapılırken sırasıyla birtakım aşamalar izlenmelidir. Bunlar;

- Yapı hakkında detaylı arşiv araştırması ve analizi yapılması
- Arşiv ve analizlerden elde edilen verilerin belgelenmesi
- Yapılar özelinde yapılan anketlerle ve görsel analiz yoluyla verilerin elde edilmesi
- Yapıların sahip oldukları nitelikler ve yansıttıkları unsurların belirlenmesi
- Kullanılan betonun yapıya yüklediği kültürel önemin değerlendirilmesi

- Kullanılan betonun; yapılara yönelik tarihi, estetik ya da bilimsel açıdan karakterlerini belirleyen bir unsura sahip olup olmadığının belirlenmesi (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Yapıya dair koruma stratejilerinin ortaya konulabilmesi için öncelikle yapının detaylı araştırmalar neticesinde bir değerlendirilme yapılması gerekmektedir. Ön araştırma evresi ile başlayan bu süreçte arşivlerden elde edilen dokümanlar, geçmişe dair kullanımlar, yapılan tadilatlar ve bakımlara ilişkin yapının geçmişten günümüze olan durumu izlenmeye başlanır. Sonrasında yapının bulunduğu çevredeki iklimin yapılara karşı donma-çözülme etkileri, karbondioksit, güneş, rüzgâr gibi kavramlarla mevcut koşulların tanımlanması gerekmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020). Yine bu aşamada yapıya dair herhangi bir yaklaşımda bulunmadan betonun var olduğu durumu, görülen bozulmaların nedenleri ortaya konulmalıdır (Urquhart, 2013). Yapıya ilişkin var olan mevcut durumlar, yapıdaki bozulmalar ve bozulmaların durumları görsel durum incelemesi yapılarak tanımlanmaktadır. Görsel durum analizine ek olarak yapının bulunduğu alanda tahribatsız muayenelerle ve yapıdan alınan numunelerle de testler yapılır. Yapılan bu uygulamalardan elde edilen sonuçlar kapsamında bir değerlendirilmeye varılması beklenmektedir. Ayrıca bozulmaların nedenleri ve bunlara etki eden faktörlere yönelik hipotezlerin ortaya konulup geliştirilmesi de gerekmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Bu bilgiler kapsamında yapıya dair tam anlamıyla bir değerlendirme yapılabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulup duyulmaması belirlenmelidir. Daha fazla araştırma yapılmaya ihtiyaç duyulduğunda; yapı özelinde detaylı bir incelemeye gidilerek elde edilen ek bilgilerin incelenmesine başlanır. Bunlar sahadaki tahribatsız değerlendirmelerle ve yapıdan alınan numunelerle laboratuvarında testler gerçekleştirilerek yapılmaktadır. Yapıya dair bozulmalar ve bozulmalara karşı yapılacak olan onarımların belirlenebilmesi için yapı izlenerek durumu gözlemlenir. Ayrıca yine bu süreçte ortaya çıkan ihtiyaç durumuna göre yapısal bir inceleme yapılır. Yapısal bir değerlendirme ile binanın kullanım için uygunluğunu, hizmet ömrünü, yapılacak onarımların boyutu belirlenmelidir. Tüm bunlar kapsamında elde edilen sonuçlar analiz edilerek bir değerlendirme yapılır. (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Daha fazla araştırma yapılmaya ihtiyaç duyulmadığında ise yapının sahip olduğu ya da ileride karşılaşılabileceği tehditlerin ve fırsatların belirlenmesi, yapı kullanıcı ve paydaşlarının gereksinimlerinin belirlenmesi ve proje sınırlılıklarının

belirlenmesi gibi kavramlar ele alınarak bir sonuca varılması beklenmektedir. Yapıya dair tehditler, binanın bozulmasını daha hızlı ya da daha yavaş gerçekleşmesini sağlayan faktörleri kapsamaktadır. Yapıya dair fırsatlar ise korumanın gerçekleşmesini sağlayabilmek için yapıya ilişkin ortaya çıkarılacak nitelikleri içermektedir. Paydaşların ihtiyaçlarının belirlenmesi ve uygulanması, yapıların sahip olduğu kültürel değerlerine olan etkilerinin incelenmesi açısından önemlidir. Proje sınırlılıklarının belirlenmesi ise yapılara ilişkin kullanılan kimyasal içerikli ürünlerin kullanımındaki çevrenin kısıtlamaları ya da bu süreçteki uyulması gereken belirli standartların gerektirdikleri olarak ifade edilebilir. Tüm bu belirlenen kavramların betonun ve yapının önemini olumlu ya da olumsuz olarak nasıl etki ettiğine ilişkin değerlendirme yapılmalıdır. Yapılara karşı hem kullanıcıların kriterlerine karşılık bulan hem de sürdürülebilir koruma yaklaşımları ve stratejilerinin geliştirilebilmesi için belirlenmesi gereken bu kavramların tespit edilmesi gerekmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

5.4.1. Tahribatsız Muayene Yöntemleri ile Belgeleme

Süreç içerisinde birtakım etkenlerden dolayı bozulmaya uğrayan yapılara yönelik onarımların uygulanabilmesi için öncelikle ortaya çıkan hasarların ve sebep olan etkenlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bozulmaya uğrayan beton yapılara yönelik onarım çalışmalarına başlamadan önce hasarların boyutları ve nedenlerine ilişkin birtakım tespitler yapılarak yapıların gerek dayanımı ile ilgili gerekse de hizmet ömrüne dair birtakım değerlendirme yapılması sağlanmaktadır (Cilason ve Aksoy, 2000).

Yapılarda çevresel faktörlerden kaynaklı uygulama aşamasında ya da kullanım aşamasında paslanma, aşınma gibi etkenlerle ortaya çıkabilecek yüzey çatlakları, kesitte azalma gibi hasarların tespiti, yerinde veya laboratuvarında yapılan tahribatlı, yarı tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleriyle belirlenmektedir (Özçep vd., 2012).

Ayrıca yine inşa aşamasında, inşasının yeni tamamlandığı ya da uzun yıllar boyunca kullanılan yapılar bazı zaman dilimlerinde muayene edilmeleri gerekmektedir. Bu muayeneler ise yapıların olması gereken güvenlikte olup olmadığının belirlenmesi için yapılmaktadır (Kabay ve Aköz, 2004). Uygulanan bu muayenelerle elde edilmek istenen amaç, yapılara dair bir değerlendirme yapılarak bozulmalara sebep olan etkenler, bozulmaların durumu, yapıdaki yayılışı ve yapının hizmet ömrüne ilişkin yaklaşımlarda bulunmaktır. Böylelikle yapılara yönelik

uygulanacak bakım ve onarım uygulamaları için bir altlık oluşturmaktadır (Cilason ve Aksoy, 2000).

Tahribatsız muayene, genel anlamıyla tanımlandığında; test yapılacak bir nesne üzerinde, o nesneyi herhangi bir değişikliğe uğratmadan işlevinin elverişliliği ya da kullanılabilirliği üzerindeki etken olabilen koşulların var olup olmadığının belirlenebilmesi için uygulanan test, değerlendirme ya da analizdir (Hellier, 2003). Daha özel olarak tanımlandığında ise; tahribatsız muayene, herhangi bir yapının ya da malzemenin incelenmek istenen özelliğine yönelik malzemeye ya da yapıya herhangi bir hasar vermeden inceleme yapmaktır (Yaman).

Tahribatsız muayene yöntemleri, metallerin analiz edilmesine ilişkin yapılan uygulamalar olarak bilinmektedir (Peker, 2019). Buna ek olarak tahribatsız yöntemler, beton ve betonarme yapıların incelenmesinde de kullanılmaktadır (Yaman). Beton yüzeyinde ve taşıyıcı sistemde ortaya çıkabilecek bozulmaların tespiti, tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak sağlanabilir (Aköz, 2005). Metallere göre beton ve betonarme yapılarda kullanılan bu yöntemlerin daha yeni yeni kullanılmaya başladığı ve kullanımının yaygın olmadığını söylemek mümkündür (Yaman). Beton, metaller gibi homojen olmayıp heterojen yapıda bir malzeme olmasından dolayı bu yapılarda tahribatsız yöntemler daha yavaş gelişim göstermektedir (Peker, 2019).

Yapılarda incelenen malzemelerin hasara uğratılmadan uygulanan tahribatsız test yöntemlerinin uygulanabilirliği hem tarihi hem de yeni yapılar için geçerlidir. Yeni yapılara uygulanan yöntemler; yapının kalite kontrolünü, inşaat ya da kullanılan malzeme kalitesini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalardır. Tarihi yapılar için uygulanan yöntemler ise yapısal bütünlüğün ya da yeterliliklerinin değerlendirilmesi üzerine yapılmaktadır (IAEA, 2002).

Günümüzde brüt beton yapılar, tarihi yapı statüsünde olmaları sebebiyle bu yapılara herhangi bir tahribat vermeden muayene yapılarak değerlendirme yapılma yaklaşımı ön plandadır. Bu yüzden brüt beton yapıların yeniden hayata kazandırılması, işlevlendirilmesi ve korunmasına yönelik ihtiyaçlar belirlenirken yapılan ön araştırmalar neticesinde bu yapılara yönelik tahribatlı, yarı tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemleri olarak üç kategoriye ayrılan yöntemlerden tahribatsız muayene yöntemlerinin kullanılması uygun bulunmaktadır.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin uygulanabileceği tipik durumlar bulunmaktadır. Bu yöntemler;

- Herhangi bir beton yapıdaki boşluk, oluşan çatlaklar ya da bal peteği görünümü gibi hataların yer tespitinin ve boyutlarının belirlenmesinde
- Betondaki donatıların yerleri, nitelikleri ya da buldukları koşulların belirlenmesinde
- Betonun sahip olduğu potansiyel dayanıklılığın belirlenip değerlendirilmesinde
- Betonun özelliklerinde uzun süreçte meydana gelen değişikliklerin izlenmesinde
- İnşaatların ya da prekast yapı ürünlerinin yerinde kalite kontrollerinin yapılmasında
- Beton kalıplarının çıkarılması, kürlenmenin bitmesi, betona etkiyen yükler ya da bu gibi benzer koşullardaki beton direnç artışının takip edilmesinde
- Betonun karıştırılma, sıkıştırılma, yerleştirilme ve kütleme evrelerinde çalışan işçilerin uyguladıkları işlerdeki belirsizliklerin ortadan kaldırılmasında
- Pahalı ve tahribatlı muayenelerin öncesinde yapıların beton homojenliğinin kontrol edilmesinde (IAEA, 2002)
- Çevresel etkenlerden kaynaklı yapılarda aşırı yüklenme, yüzey çatlakları, kimyasal reaksiyonların etkisi gibi bozulmaların test edilerek yerlerinin belirlenmesinde (Özçep vd., 2012)
- Yapının sigorta veya sahibinin değişikliği halinde yapıdaki işlev değişikliğine ilişkin bilgi sağlanmasında kullanılmaktadır (Özçep vd., 2012).

Betonun kalınlık, kusur ve nitelikleri bakımından şartnamelere uygun olup olmadığının belirlenebilmesi için tahribatsız muayene yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat, yapının gerek mekanik gerekse de fiziki özelliklerinin belirlenebilmesinde tahribatsız muayene yöntemleri yetersiz kalıp bu özelliklere dair net bilgiler ortaya çıkmamaktadır. Bu yüzden tahribatsız muayene yöntemlerine ek olarak tahribatlı muayene yöntemlerinin de kullanılması gerekmektedir (Peker, 2019).

Tahribatsız muayene yöntemleri; aynı yapılara ya da malzemelere, farklı farklı zamanlarda ve birden fazla uygulanması mümkündür. Buna ek olarak yapıların inşa süreçlerinde ya da işlevlerini gerçekleştirdikleri kullanım ömürleri süresince ortaya çıkan bozulmaların tespiti için de uygulanmaktadır (Peker, 2019).

Başarılı tahribatsız muayene, her türde beton için uygulanabilir, az maliyetli ve taşınabilir olmalıdır. Leshchinsky, tahribatsız muayene yöntemlerinin diğer muayene yöntemlerine göre sahip olduğu avantajları şöyle ifade etmektedir: (Qasrawi, 2000)

- Yapılar daha az miktarda hasar görmektedir.
- Daha az maliyetlidir.
- Daha ucuz muayene ekipmanı kullanılmaktadır.
- Test esnasında yapı yüzeylerine hasar verilmediğinden yapılacak olan onarım ve güçlendirme ihtiyacı azalmaktadır.
- Yapılarda delinmesi uygun olmayan ince duvarları (çekirdek) için zararsız bir şekilde beton dayanımı test edilebilir olmaktadır (Qasrawi, 2000).
- Muayene esnasında eleman ihtiyacı azalmaktadır (Türkel, 2002).
- Muayene yapılacak olan elemanlar için ön hazırlık ihtiyaçları azalmaktadır (Ersoy, 2004).

Tahribatsız muayene yöntemleri, günümüzde geliştirilmekte olup uygulanan yöntemlerle betonun direncinin yanı sıra betondaki geçirimsizlik, yoğunluk, hava ve nem gibi diğer unsurların da belirlenebilmesi amaçlanmaktadır. Bu konu hakkında yapılan çalışmalar; yüzeylerde görünür olmayan bozulmaların belirlenmesi, meydana gelen çatlakların boyutları ve derinliklerinin saptanması ya da donatılara dair detaylı bir görüntüleme sağlanması üzerine yoğunlaşmaktadır (Holla ve Schabowicz, 2010).

Betonarme yapılarda tahribatsız yöntemler kullanılarak test yapılırken;

- Yapının görsel olarak gözlemlenmesi
- “Beton Çekici Testi” ile yüzey sertliğinin belirlenmesi
- “Ultrasonik Muayene” ile betondaki basınç dayanımının belirlenmesi
- “Darbe-eko” yöntemi kullanılması
- “Radyografik Işınları ile Muayene” kullanılması
- “Sıvı Emdirme (Penetran Sıvısı) ile Muayene” kullanılması
- “Covermeter Testi” ile donatıdaki demir yerlerinin belirlenmesi gibi yöntemler uygulanmaktadır (Özçep vd., 2012).

Bu yöntemler yapının bileşenlerine, formuna ve bulunmak istenen hasarlara uygun olarak seçilip uygulanmalıdır. Bu yöntemlerin birbirlerine göre birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yapı hakkında doğru verilere ulaşılabilmesi için herhangi bir yöntemin tek başına kullanılması değil de genellikle birden fazla yöntemin bir arada kullanılması gerektiği savunulmaktadır (url-30). Türkiye’de en

yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayeneler ise “Beton Test Çekici” ve “Ultrasonik Muayene” yöntemleridir (Bingöl, 2013).

5.4.1.1. Gözle muayene

Görsel muayene, tahribatsız muayene yöntemlerinin önemli bir evresidir (IAEA, 2002). Yapılara uygulanan herhangi bir tahribatsız muayene yönteminin öncesinde yapılar gözle muayene edilerek elde edilen sonuçların kayıt altına alınması gerekmektedir (Erdoğan, 2020). Yapı yüzeylerinde meydana gelen pas lekeleri, parça kopmaları ve çatlaklar gibi kusurların tespiti kolay bir şekilde sağlanırken, yüzeylerdeki renk değişimleri ve bal peteği görünümü gibi kusurların tespiti daha zor sağlanmaktadır. Gözlem yapılarak yapılan bu muayenenin uzman bir kişi tarafından gerçekleştirilmesi önemli bir unsurdur (Cilason ve Aksoy, 2000).

Bu muayene yöntemi ile yapı, yalnız bir şekilde değil çevresindeki var olan yapılarla birlikte incelenmelidir. Aynı zamanda çevrenin iklim ve bulunduğu ortam koşulları dikkate alınmalıdır. Gözle muayene, kişiler tarafından yapı hakkında farklı yorumlamalar yapılabileceğinden tespit aşaması zor olmaktadır. Ayrıca yapı hakkında önemsiz olarak görülebilecek detayların ihmal edilmesi, tespitte yanlış değerlendirmeler yapılmasına yol açabilir (IAEA, 2002).

Görsel muayeneye kolaylık sağlaması açısından kullanılacak gerekli ekipmanlar şunlardır:

- Ölçüm bantları, işaret kalemi, cetvel, termometre
- Yapıda erişimin zor olduğu kısımlar için dürbün, boroskop, teleskop ve endoskop (Şekil 5.4)
- Yüzeylerin yakından incelenmesi için büyüteç, taşınabilir mikroskop
- Yüzey çatlakları için çatlak genişliği mikroskobu (Şekil 5.5)
- Yüzeylerde meydana gelen renk değişimleri ve diğer bozulmaların görsel belgelenmesi için fotoğraf makinesi (IAEA, 2002)





Şekil 5. 4: Boroskop-Endoskop (url-31)



Şekil 5. 5: Çatlak Mikroskobu (url-32)

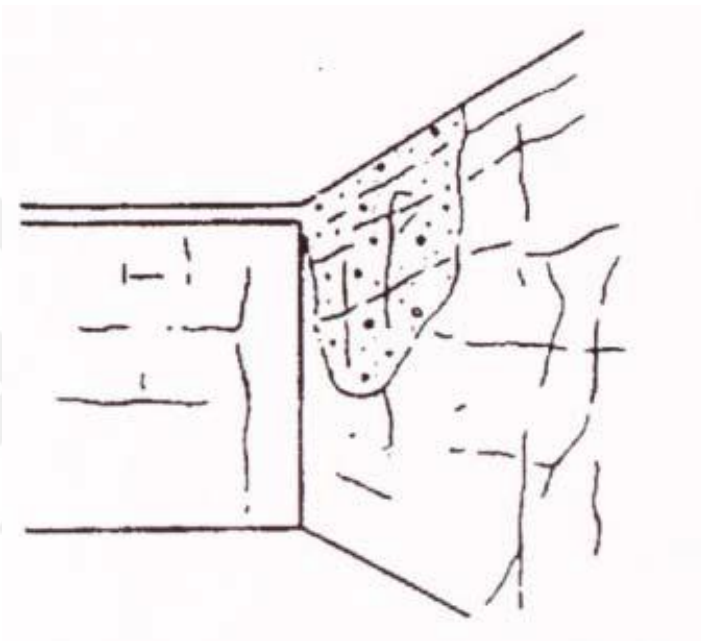
Görsel muayene öncesinde yapıya ait çizimler ve var olan dokümanlar uzman kişiler tarafından incelenmesi gerekmektedir. Arşivlerden ulaşılan dokümanlarda; yapıya dair daha önce yapılan muayeneler, inşa esnasında kullanılan malzemeler ya da yapım teknikleri gibi veriler yer almaktadır (IAEA, 2002).

Yapılarda ortaya çıkan bozulmaların sebeplerine ilişkin bir değerlendirme yapılırken; yapılar çevresel koşulların etkisinde kalarak bozulmaya uğrayabileceği için ortamın ısı değişimi kayıt altına alınmalıdır. Ayrıca sıcaklık değişimlerinin yanı sıra diğer çevresel etkenler de göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapılmalıdır (IAEA, 2002).

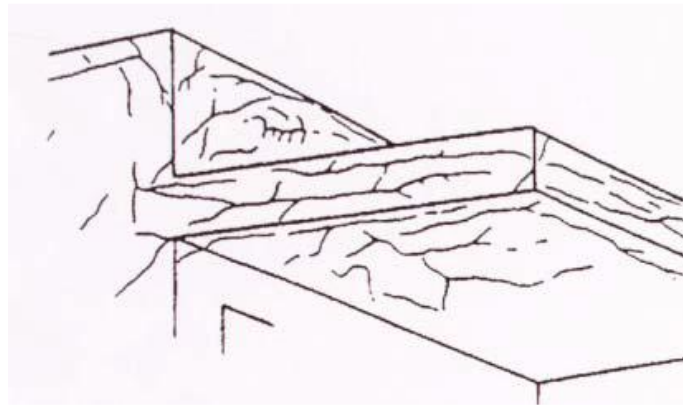
Yapılara dair görsel incelemeler detaylı ve özenli bir şekilde kayıt altına alınmalıdır. Görsel analizlerde yapılarda belirlenen bozulmalar şunlardır;

- Yüzeylerde açığa çıkan çatlaklar
- Yüzeylerdeki parça kopmaları
- Çiçeklenme ve renk değişimleri
- Yüzeylerdeki boşluklu yapılar
- Bal peteği görüntüsü (IAEA, 2002)

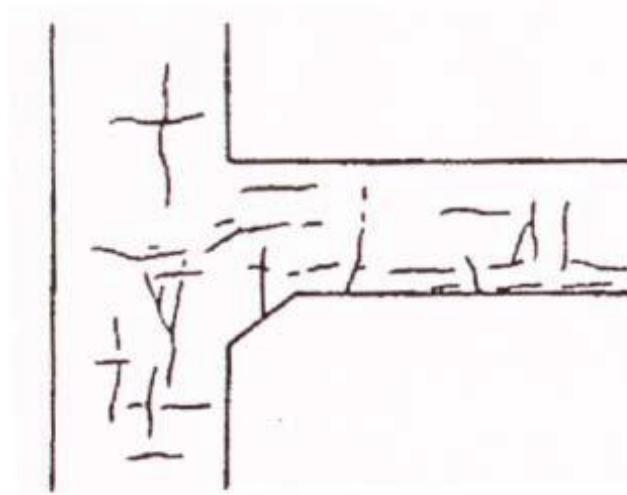
Kayıt altına alınan bu bozulmalar uzmanlar tarafından birtakım eskiz çalışmalarıyla desteklenebilir (Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8).



Şekil 5. 6: Donatının Paslanması (IAEA, 2002)



Şekil 5. 7: Yüzey Çatlakları (IAEA, 2002)

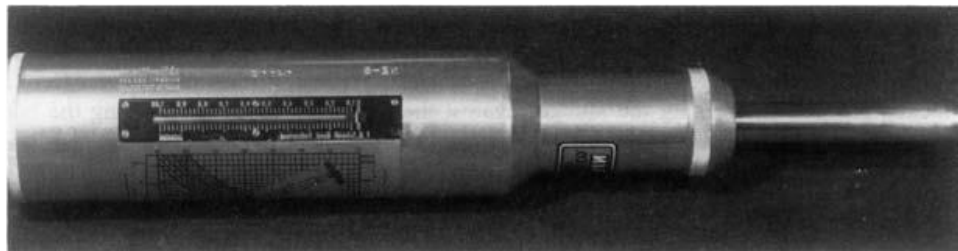


Şekil 5. 8: Takviye Çubuklarının Korozyonu (IAEA, 2002)

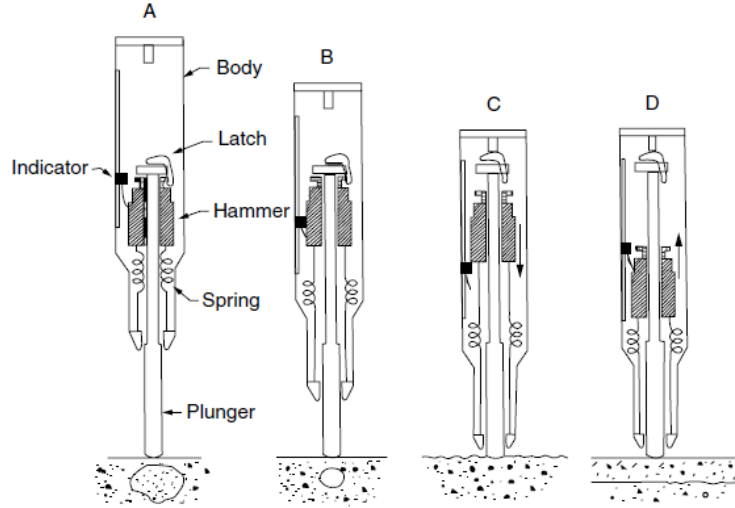
Görsel muayene, herhangi bir tahribatsız muayene yönteminin gerçekleştirilebilmesi için betonun durumuna dair bilgi alabilmek adına yapıldığı söylenebilir. Böylelikle betonun özellikleri ve zamanla ortaya çıkan bozulmaların belgelenmesi sağlanmaktadır. Bunlara ek olarak ise uzman kişiler tarafından gerçekleştirilen bu muayene ile yapının bulunduğu çevrenin hava koşulları, yapıya etki eden kimyasal etkenler ya da yapıda açığa çıkan bozulmalar gibi unsurlar da belirlenmektedir (IAEA, 2002).

5.4.1.2. Beton Test Çekici (Schmidt Çekici)

Schmidt Çekici, 1948'de İsviçreli mühendis Ernst Schmidt tarafından geri tepme prensibiyle geliştirilen ve betonun yüzey sertliğinin ölçülmesini sağlayan bir muayene aletidir (Şekil 5.9). Yaklaşık olarak 1,8 kg ağırlığında olan bu çekiç hem laboratuvarında hem de sahada yapılan muayenelerde kullanılmaktadır. Geri tepme çekici; dış gövde, piston, çekiç kütlesi ve ana yaydan oluşmaktadır (Şekil 5.10) (Malhotra ve Carino, 2004).



Şekil 5. 9: Beton Test Çekici (Malhotra ve Carino, 2004)



Şekil 5. 10: Schmidt çekicinin şematik olarak kesiti (Malhotra ve Carino, 2004)

Betona yönelik yapılan tahribatsız muayenelerde kullanılan Schmidt Çekici, ekonomik ve kolay bir yöntem sağlamasından dolayı yapılarda kullanımını oldukça yaygındır (C.Willetts, 1958). En eski tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olarak bilinen bu yöntem kullanılarak yay ile gerilen çekicinin beton yüzeyine çarpmasıyla geri tepme miktarının ne kadar olduğu ölçülmektedir (Nas, 2019).

Beton çekicinin kullanım amaçları;

- Yapılarda birbirinden farklı elemanlardaki betonların kıyaslanması
- Betonun homojen olarak dağılıp dağılmadığına dair bilgi alınması
- Yapıların yüzey sertliklerine göre basınç dayanımları hakkında bilgi alınması şeklinde sıralanabilir (İlhan, 2000).

Betonun basınç dayanımına ilişkin yaklaşımda bulunurken bir elemanın sertlik seviyesi ne kadar yüksekse dayanımının da o oranda yüksek olduğu söylenebilir. Fakat yalnızca beton çekici kullanılarak betonun dayanımını belirlemek mümkün değildir (İlhan, 2000). Bu yöneme ek olarak başka yöntemlerin de kullanılması daha sağlıklı sonuçlar ortaya çıkmasında etkilidir.

Beton çekici ile muayene, gözeneksiz yapıya sahip betonlarda yapılmaktadır. Muayene yapılmadan önce beton yüzeylerdeki boya, toz ve yağ gibi maddeler temizlenerek yüzeylerin düz ve kuru bir yapıda olması sağlanmalıdır. Yüzeylerin temizlenmesi çekiç ve zımpara taşı kullanılarak yapılmaktadır. Ölçüme uygun hale getirilen yüzeylerin kenarlarına 40-50 mm'den fazla yaklaşılmadan en az 10 tane okuma yapılmalı ve bu okuma noktaları arasında da en az 20 mm mesafe olmalıdır (İlhan, 2000).

Test yüzeylerine uygulanan bu işlemlerdeki okumalar sırasıyla aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

- Schmidt Çekici yüzeye dik olarak konumlandırılır.
- Çekice basınç uygulanarak beton yüzeye bastırılır ve buna darbe geri tepme gösterene kadar devam edilir.
- Çekicin yüzeyinde bulunan pistonun geri tepme gösterdiği ve bunun maksimuma ulaşıldığı an çekicinin alt kısmındaki düğme ile darbe çubuğu kilitlenir.
- Cihazdaki geri tepme sayısı (R) okunur.
- 10 tane okuma tamamlanıncaya kadar bu işlem tüm test yüzeyleri için tekrarlanarak uygulanır.
- 10 tane okuma sonrasında en düşük ve en yüksek değerler hesaplanmaya alınmayarak kalan 8 tane değer aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu hesaplama ile uygulama yapılan test yüzeyine ait ortalama R değeri belirlenmiş olur.
- Elde edilen R değeri, test yüzeyine ait dönüşüm eğrisine yerleştirilerek o değer karşılığındaki betonun basınç dayanımı belirlenir (İlhan, 2000).

Beton test çekici; ekonomik, hızlı ve basit bir yöntem olmasının yanı sıra belirli sınırlamaları da bulunmaktadır. Bu yöntemle ölçüm yapılırken;

- Betonun yüzeyindeki ve donatıdaki nem oranı
- Betondan alınan numunelerin şekil, sertlik ve boyutları
- Çimentonun çeşidi
- Kalıpların türü
- Beton yüzeylerinde meydana gelen karbonatlaşma
- Betondaki büyük boyuttaki agrega türü
- Deney yapılacak olan beton yüzeylerinin durumu gibi muayenenin sonucuna etki eden birçok faktör ve önemli ölçütlerden etkilenmektedir (Malhotra ve Carino, 2004).

5.4.1.3. Ultrasonik Titreşim Hızı

Bozulmaların tespitine yönelik uygulanan yöntemler, tek başlarına değil de genellikle birden fazla yöntemin bir arada kullanılmasıyla daha doğru sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Bütün yöntemlerin kendilerine ait belirli avantaj ve sınırlılıkları bulunmaktadır. Ayrıca bozulmaların tespitine yönelik uygun yöntemlerin seçilip

uygulanması da önemli bir unsurdur. Ultrasonik yöntemlerin uygun bir muayene yönteminin olup olmadığının belirlenebilmesi için belirli nitelikler ön planda tutulmalıdır (Hellier, 2003). Bu nitelikler;

- Yüzey koşulları
- Bozulmaların yüzeydeki konumu
- Malzemelere yönelik muayenelerde, malzeme çeşitleri ve kalınlıkları
- Tespit edilecek olan süreksizlik türleri şeklinde ifade edilebilir.

(Hellier, 2003).

Ultrasonik muayeneler; katı, sıvı ve gaz halde olan maddelerin analizlerine yönelik uygulanan yöntemlerdir (Özçep vd., 2012).

Uygulanan bu muayene yöntemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- Kolay taşınabilir ve hafif ekipmanlarla uygulanmaktadır.
- Muayeneler tek bir yüzeyden uygulanabilir.
- Küçük boyuttaki süreksizliklerin tespiti sağlanabilir.
- Yüzeylerde ve yüzeylerin iç kısımlarında bulunan bozulmaların tespiti sağlanabilir.
- Süreksizliklerin bulunduğu derinlik bilgisine ulaşılabilir. (Hellier, 2003).
- Uygulanması ekonomiktir (Özçep vd., 2012).

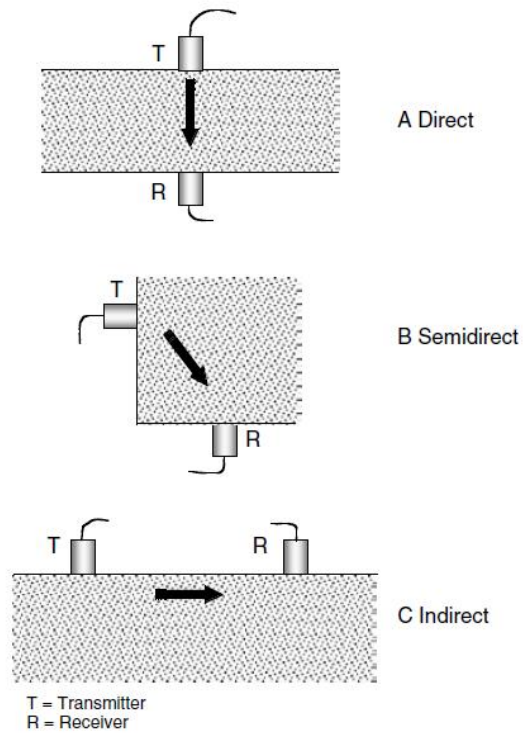
Ultrasonik bir muayene yöntemi olan ultrasonik titreşim hızı testi, herhangi bir betonun iç yapısına ilişkin bilgi alınırken kullanılmaktadır. Bu yöntem kullanılarak betondaki yüzey çatlaklarının, boşluklu yapıların, donma-çözülme etkisi ve çevresel faktörlerden kaynaklı ortaya çıkan bozulmaların tespiti sağlanmaktadır. Ayrıca benzer elemanlardaki beton homojenliğinin belirlenmesinde de uygulanan bir yöntemdir. (Neville, 1995).

Altmış yılı aşkın süredir kullanılan ultrasonik titreşim hızı yöntemi, mekanik dalgalarla yapılan ve test yapılan betona zarar vermeyen tahribatsız bir uygulamadır. Bu uygulama ultrasonik titreşim hız cihazı kullanılarak yapılmaktadır (Şekil 5.11). Bu yöntemle betonun iç yapısında birtakım çevresel koşullardan kaynaklı meydana gelen değişimler uzun bir süreçte hem laboratuvar ortamında hem de sahada uygulanabilen çalışmalarla takip edilebilmektedir (Özçep vd., 2012).



Şekil 5. 11: Titreşim hızı cihazı (Malhotra ve Carino, 2004)

Ultrasonik titreşim hızı cihazında iki adet başlık yer almakta olup bunlar dalga gönderici ve dalga alıcı olarak adlandırılmaktadır. Bu başlıklar ölçüm yapılacak olan betonda karşılıklı bir şekilde ya da farklı yüzeylere yerleştirilip bastırılarak gerekli ölçümler sağlanmaktadır (Bingöl, 2013) (Şekil 5.12).



(A) Doğrudan yöntem.

(B) Yarı yönlü yöntem.

(C) Dolaylı yüzey yöntemi.

(T) Gönderici

(R) Alıcı

Şekil 5. 12: Darbe hızı ölçüm konfigürasyonları (Malhotra ve Carino, 2004)

Beton yüzeyinde üç farklı biçimde konumlandırılan cihaz; doğrudan, yarı doğrudan ve dolaylı iletim olmak üzere farklı şekillerde uygulanmaktadır (Şekil 5.13 ve Şekil 5.14). Doğrudan iletim yöntemi, en çok tercih edilen ve uygulanan yöntemdir. Çünkü gönderici ve alıcı başlıklar karşılıklı biçimde konumlandırıldığında titreşimin maksimum iletimi bu şekilde sağlandığı görülmektedir. Doğrudan iletim yöntemi gibi yaygın olmayan fakat yine tercih edilen bir diğer yöntem ise yarı doğrudan iletim yöntemidir. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken unsur, gönderici ve alıcı başlıklarının birbirinden uzak tutulmaması gerektiğidir. Çünkü betonda iletilen darbenin zayıflaması söz konusu olup herhangi bir darbe sinyali okunmayabilir. Diğer bir yöntem olan dolaylı ya da yüzeyden iletim ise en az tercih edilen yöntem olmakla birlikte okunan darbe sinyalin genliğinin düşüklüğünden dolayı hata oranı en yüksek olan uygulamadır (Malhotra ve Carino, 2004).



Şekil 5. 13: Ultrases hızı yönteminin beton bir yapı üzerine uygulanması (Malhotra ve Carino, 2004)



Şekil 5. 14: Ultrases hızı yönteminin beton bir yapı üzerine uygulanması (Türkel)

Ultrasonik titreşim hız yönteminin çalışma prensibi, ultrasonik bir dalganın malzemeden geçiş hızının bulunmasına dayanmaktadır (Nas, 2019).

Bu yöntemin uygulanması, öncelikle ultrasonik bir titreşim darbesinin betonda bir yüzeyden diğer yüzeye ne kadar sürede yol aldığı belirlenerek başlanır. Bu sürenin belirlenmesiyle birlikte dalganın yayılma hızı bulunmaktadır.

$$V = \frac{L}{t}$$

V: Dalganın yayılma hızı (m/s)

L: Dalganın yol aldığı mesafe (m)

t: Dalganın mesafeyi katettiği süre

Formülü ile hesaplanmaktadır. Yayılma hızının belirlenmesiyle birlikte betonun durumu, kalitesi ve basınç dayanımına ilişkin yorum yapılabilmektedir (Qasrawi, 2000).

Ayrıca Whitehurst tarafından gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında yaklaşık olarak 2400 kg/m³ yoğunlukta olan beton için dalga hızının bilinmesiyle birlikte beton kalitesine dair sınıflandırmalar yapılabilmektedir (Tablo 5.2) (IAEA, 2000).

Tablo 5. 2: Beton Kalitesinin Ultrasonik Muayene Yöntemiyle Sınıflandırılması (IAEA, 2000)

Ultrases Hızı		Beton Kalitesi
km/s.10 ³	ft/s	
>4.5	>15	mükemmel
3.5-4.5	12-15	iyi
3.0-3.5	10-12	şüpheli
2.0-3.0	7-10	zayıf
<2.0	<7	Çok zayıf

Betonun basınç dayanımı ve sertliğinin belirlenmesini sağlayan nitelikler, ultrasonik titreşim hızını etkilemektedir (IAEA, 2000). Titreşim hızını etkileyen faktörler betonun sahip olduğu niteliklerden kaynaklı ve diğer faktörler olmak üzere sınıflandırılabilir. Betonun özelliklerinden kaynaklı olan faktörler; agrega boyutu, kullanılan çimento türü, betondaki su-çimento oranı, betonun yaşı ve betonda kullanılan katkı maddeleri gibi unsurlardır. Diğer faktörler ise; cihaz başlıklarının yüzeylere olan temasının tam olup olmaması, betonun nem ve sıcaklığı, mesafe, test edilecek betonun boyutu, donatılar ve gerilme seviyesi gibi unsurlardır (Özçep vd., 2012).

Betonda çeşitli yerlerden darbe hızı ölçümlerinin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar, betonda meydana gelen değişim ve bozulmaları aktarmaktadır. Betonda zamanla meydana gelen bozulmalar, kılcal boşluklar ve betonun iç yapısındaki değişimler, ölçülen titreşim hızında artış ya da azalış olarak sonuçlara yansımaktadır. Muayene edilen betonda herhangi bir hasarlı alan, boşluklu yapı gibi bölgelerin bulunması ölçülen darbe hızında bir azalmaya sebep olur. Böylece kusurlar ve bu kusurların yaklaşık olarak hangi boyutlarda olduğu belirlenmektedir. Belirli aralıklarla yapılan bu muayene yöntemiyle meydana gelen değişimlerin takibi sağlanmaktadır (IAEA, 2000).

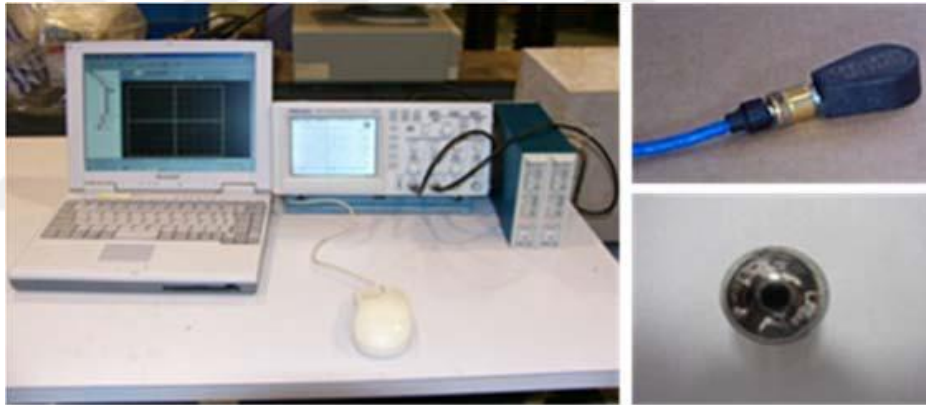
5.4.1.4. Darbe-eko

Akustik yöntemlerden biri olan darbe-eko yöntemi, betonun yüzey ve iç kısımlarında meydana gelen bozulmaların tespitinin sağlanmasında uygulanan tahribatsız bir uygulamadır (Sansalone ve Streett, 1998). Bu yöntemin çalışma prensibi, mekanik veya elastik darbe ile ses dalgaları üretilerek bu dalgaların betonda

yayılması ve yansıması esasına dayanmaktadır (Grabovski, Padaratz ve Pinto, 2011). Bu yöntemle betonun kalınlığı, betondaki boşluklu yapılar, yüzey çatlakları, yüzey aşınmaları ve bal peteği oluşumu gibi bozulmalar ve bunların boyutlarının tespiti sağlanmaktadır (Sansalone ve Streett, 1998).

Darbe-eko yöntemi, brüt beton yüzeylerde kullanılan bir yöntemdir (Nas, 2019). Fakat yalnızca brüt yüzeylerle sınırlı kalmayıp bunlara ek olarak yığma yapılar, köprü, bina, baraj, iskele ve tünel gibi çeşitli yapılardaki kusurlara yönelik de uygulanmaktadır. Ayrıca bu yöntemin köprü, istinat duvarları ve çeşitli yapılardaki onarım ya da güçlendirme çalışmalarında kullanılması ekonomik anlamda büyük tasarruf sağlattığı bilinmektedir (Sansalone ve Streett, 1998).

Darbe-eko muayene yöntemi; darbe kaynağı, alıcı dönüştürücü ve uygun yazılımda bir veri toplama sistemi olmak üzere üç ana bileşenden meydana gelmektedir (Malhotra ve Carino, 2004) (Şekil 5.15).



Şekil 5. 15: Veri toplama cihazı, alıcı dönüştürücü (ivmeölçer) ve darbe kaynağı (çelik bilye) (Tayfur ve Alver, 2018)

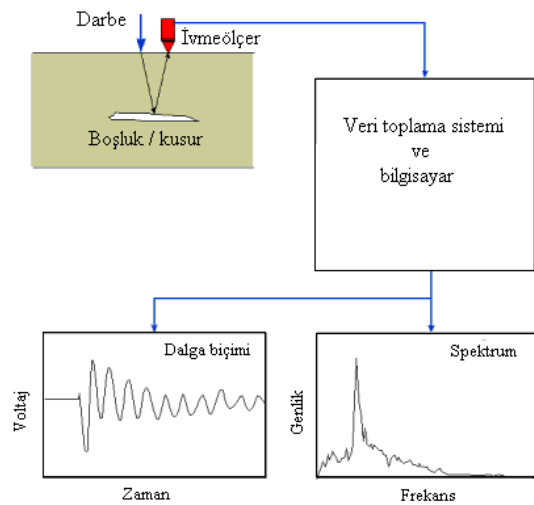
Darbe-eko yöntemi, 1997 yılında Sansalone, Carino ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olup bu yöntemin uygulanması üç aşama olarak gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada test edilecek olan yüzeye çelik küre ile gerilim darbesi verilir. Bu gerilim darbeleri P, S ve R dalgaları olarak yüzey içerisine yayılım gösterir. Yayılan dalgalar test edilen yapı ya da malzeme içerisindeki bozulmalar ve sınır yüzeylerden geri yansıtılır. Geri yansıyan bu dalgalar, darbe verilen yüzeye geri dönerek yüzeyde titreşimler oluşturur. Meydana gelen bu titreşimler, yüzeye yerleştirilen alıcılarla ölçülerek betonun kalınlığı, beton içerisindeki kusurlar ve yerleri tespit edilmektedir. Test süresince yüzeydeki alıcı tarafından geri yansıyan dalgaların yüzeyde meydana

getirdiği titreşimler izlenerek ölçüme devam edilmektedir (Şekil 5.16) (Tayfur ve Alver, 2018).



Şekil 5. 16: Darbe-eko muayene cihaz örneği (Malhotra ve Carino, 2004)

Elde edilen veriler, veri toplama sisteminden geçirilerek voltaj-zaman ve şiddet-frekans olarak iki grafikte incelenmektedir (Şekil 5.17). Muayene esnasında dalga biçiminde herhangi bir yanlışlık tespit edildiği durumda yapılan test tekrarlanmazdır. Yine aynı şekilde spektrumda bir hata bulunduğunda da uygulanan test tekrarlanmalıdır. Çünkü bu gibi durumlarda test edilen kesitin kalınlığı ve iç yapısı hakkında bilgi alınamamaktadır. Uygun dalga grafikleri elde edilene kadar bu işlemlere devam edilmelidir (Yaman).



Şekil 5. 17: Darbe-eko analiz yöntemine ait diagram (Ercan, 2010)

Bu tahribatsız muayene yönteminin en önemli unsurlarından biri tekrarlanabilir olmasıdır. Bu test yöntemi, herhangi bir belirli yapı ve yüzey sınırlaması olmadan çeşitli birçok yapı ve yüzeyde uygulanmaktadır. Ayrıca yine bu yöntemin uygulanması hızlı ve kolay gerçekleşmektedir. Bu yüzden de test edilecek olan yapıyı daha sık mesafelerle ölçüm yaparak inceleme yapmak mümkündür (Yaman).

5.4.1.5. Sıvı Emdirme (Penetrant Sıvısı) ile Muayene

Tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan penetrant sıvısı ile muayene, gözenekli olmayan katı malzemelerde meydana gelen yüzey kusurlarının tespiti için uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem manyetik ya da manyetik olmayan malzemelere yönelik uygulanabilmektedir. Bu yüzden de yüzeydeki süreksizliklerin tespitinde yaygın olarak kullanılan bir muayene yöntemidir (Hellier, 2003).

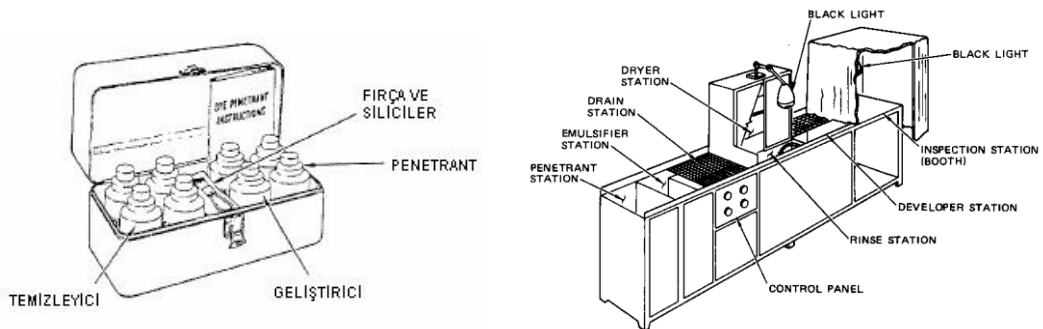
Bu muayene yöntemi uygulanırken uygun tekniğin belirlenmesi önemli bir unsurdur. Muayeneye başlamadan önce yapılacak işlemler belirlenmeli ve uygun müdahale gerçekleştirilmelidir (Hellier, 2003).

Yapılacak işlemler belirlenirken;

- Muayene edilecek malzemeler
- Test yapılacak olan malzeme yüzeyinin durumu
- Yüzey süreksizliğinin çeşidi ve boyutu
- Var olan test ekipmanları gibi unsurlar göz önünde bulundurularak

planlama yapılmalıdır (Hellier, 2003).

Penetrant sıvısı ile muayene, taşınabilir ve taşınmaz ekipman ve malzemelerle yapılmaktadır (Şekil 5.18) (Tepe, 2009).



Şekil 5.18: Taşınabilir ve Taşınmaz Muayene Ekipmanları (Tepe, 2009) (IAEA, 2000)

Penetrant sıvısı ile muayene çeşitli uygulama alanlarına sahiptir. Bunlar; denizcilik/gemi inşa, havacılık, petrokimya ve metal endüstrisi olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra duvar içi meydana gelen sızıntıların tespitinde de kullanılmaktadır (Hellier, 2003).

Bu muayene yönteminin birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Avantajları;

- Ekonomik olması
- Taşınabilir olması
- Katı ve gözeneksiz malzemelerinin genelini incelenebilir olması
- Üretimi yapılacak olan malzemelerin denetiminin sağlanabilmesi
- Tahribatsız bir yöntem olması şeklinde sıralanabilir (Hellier, 2003).

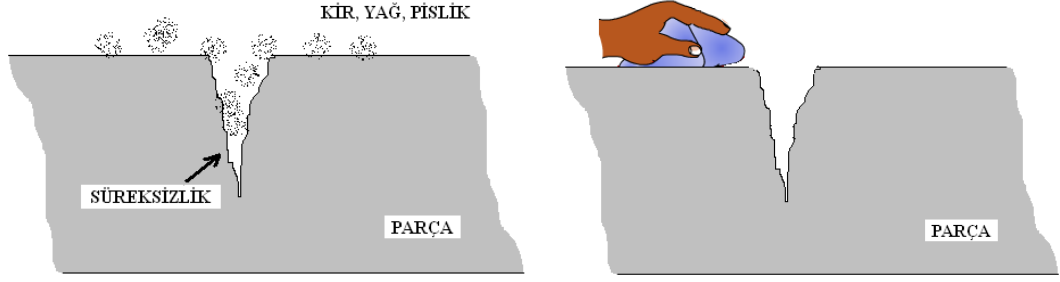
Dezavantajları;

- Muayene edilecek malzeme yüzeyinde herhangi boya, yağ, kir ve kaplama malzemesi olmamalı
- Test yapılacak yüzeyin pürüzlü yapıda olması
- Yanıltıcı belirtiler ortaya çıkma ihtimali şeklinde sıralanabilir (Silvan Sanayi AŞ., 2019).

Sıvı penetrant ile muayene yapılırken belirli işlem basamakları; muayene yüzeyinde hazırlık, penetrant sıvısının uygulanması, penetrant sıvısının nüfuzu için bekleme, ara-temizlik, geliştirici uygulanması, değerlendirme ve son temizlik olarak sırasıyla gerçekleştirilerek uygulanmaktadır (Tepe,2009; Haliloğlu, 2016).

- Muayene yüzeyinde hazırlık;

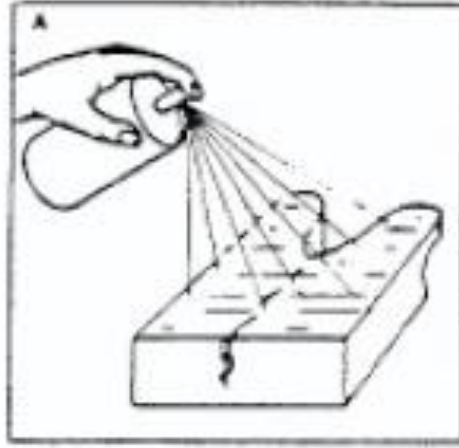
Muayeneye başlamadan önce gerçekleştirilen bu işlem, malzeme yüzeyinde hazırlık yapılarak yüzeyi muayeneye hazır hale getirmek için ilk aşamadır. Bu aşamada ön temizlik yapılarak yüzey ve yüzey kusurlarındaki yağ, kir, pas ve boya gibi lekeleri temizlenmektedir (Şekil 5.19). Su, çeşitli kimyasal çözücüler ya da buhar ile temizleme işlemi gerçekleştirildikten sonra yüzey kusurlarının içinde kalan temizleme sıvısı tamamen kurutulmalıdır. Temizleme sıvısı tamamen kurutulmazsa bir sonraki aşamada penetrant sıvısı uygulanırken kusurların içerisine girişi engellenmiş olur (Haliloğlu, 2016).



Şekil 5. 19: Ön temizleme işlemi (Silvan Sanayi AŞ., 2019)

- Penetrant sıvısının uygulanması;

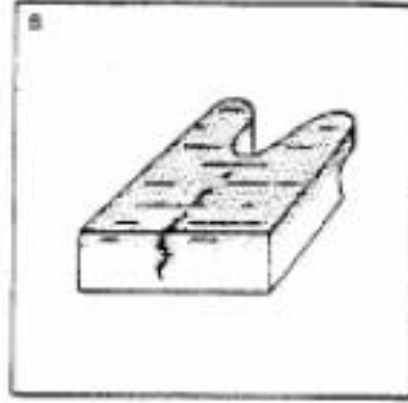
Temizleme işlemi gerçekleştirildikten sonra muayene yapılacak olan yüzeye penetrant sıvısı uygulanır (Şekil 5.20). Sonrasında ise bu sıvının yüzeydeki süreksizliklere tamamen girmesi için bir süre beklenmektedir (Tepe, 2009).



Şekil 5. 20: Penetrant sıvısının yüzeye uygulanması (Tepe, 2009)

- Penetrant sıvısının nüfuzu için bekleme;

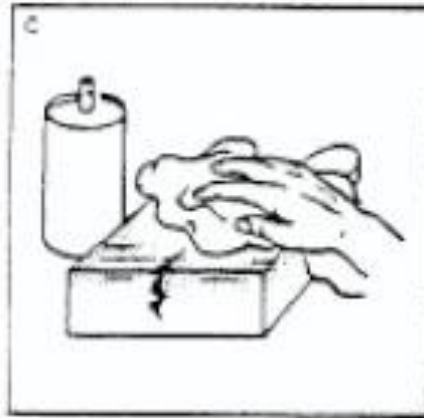
Penetrant sıvısının yüzeyde bir süre kalması sağlanarak yüzeydeki küçük ve kılcal çatlakların içerisine sıvının tam olarak nüfuz etmesi için beklenmektedir (Şekil 5.21) (Tepe, 2009).



Şekil 5. 21: Penetrant sıvısının nüfuzu (Tepe, 2009)

- Ara-temizlik;

Penetrant sıvısının nüfuzu için yeterli bir süre beklendikten sonra test yüzeyi temizlenmektedir (Şekil 5.22) (Tepe, 2009). Yüzeydeki fazla penetrant sıvısı temizlenirken oldukça dikkatli olunmalıdır. Çünkü bu işlemin olması gerekenden fazla yapılması durumunda kılcal çatlaklara girecek olan sıvının bir kısmı da yüzeyden gider. Ara-temizlik işlemi, olması gerekenden az yapılması durumunda ise kılcal çatlakların gözlemlenmesi daha zor olmaktadır. Bu durumlarda yapılan muayenede yanıltıcı belirtiler ortaya çıkabilmektedir (Yağcı vd., 2018).

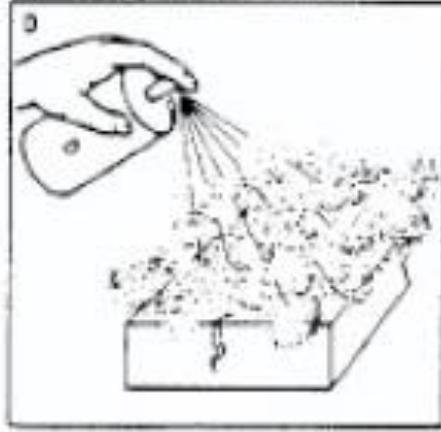


Şekil 5. 22: Yüzeydeki fazla penetrant sıvısının temizlenmesi (Tepe, 2009)

- Geliştirici uygulanması;

Ara-temizlik işleminden sonra geliştirici uygulanarak penetrant sıvısının yüzeye çıkması sağlanmaktadır (Şekil 5.23). Bu durum ters kılcallık ile gerçekleşerek sıvı, malzeme yüzeyinde görülmektedir (Tepe, 2009). Bu aşamanın amacı ise

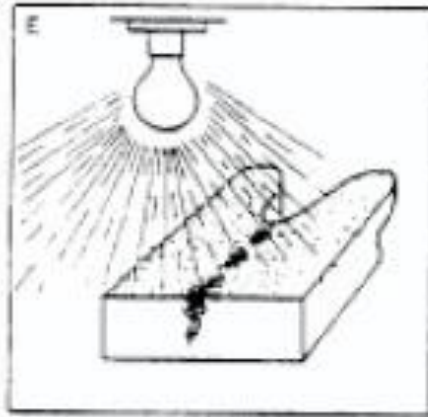
süreksizliklere nüfuz eden sıvı, az miktarda olsa bile bunların yüzeye çıkarılarak gözlemlenebilir ve incelenebilir duruma getirmektir (Haliloğlu, 2016).



Şekil 5. 23: Test yüzeyine geliştirici uygulanması (Tepe, 2009)

- Değerlendirme;

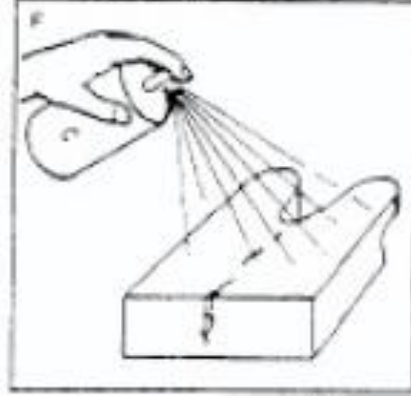
Test yapılan yüzey ya da malzemedeki gözle görülemeyen süreksizliklerin uygun ışık kaynağında belirlenmesini sağlayan penetran sıvısının izleri incelenerek değerlendirme yapılmaktadır (Doğru, 2014) (Şekil 5.24).



Şekil 5. 24: Uygun ışık kaynağı altında beliren süreksizlikler (Tepe, 2009)

- Son temizlik;

Muayene bitiminden sonra yapılan aşamada ise test yüzeyindeki kalıntılar temizlenmektedir (Şekil 5.25).



Şekil 5. 25: Son temizlik aşaması (Tepe, 2009)

Penetran sıvısı ile muayene yöntemi her ne kadar farklı mühendislik dalları ve endüstri alanlarındaki makine parçaları ya da malzemeler üzerinde yaygın olarak kullanılsa da duvar içi sızıntıların tespitinde de kullanıldığı bilinmektedir. Bu yöntem yaygın kullanılan tahribatsız uygulamalardan biri olmasının yanı sıra gözenekli ve pütürlü yüzeylerde kullanımı çok tercih edilmemektedir. Bu yüzden beton ve betonarmede uygulama alanlarına çok fazla rastlanmamıştır. Fakat yüzeydeki sızıntıların tespitinde kullanıldığı göz önünde bulundurularak brüt beton yapılarda görülen yüzeydeki kılcal çatlakların tespitinde de kullanımının uygun olduğu düşünülmektedir. Brüt yüzeylerdeki gözle görülmeyen kılcal çatlaklar bu yöntemle ortaya çıkarılarak uygun değerlendirilmeler yapılabileceğinden bu yöntemin kullanımı önerilmektedir.

5.4.1.6. Covermeter (Pas payı ölçer) Testi

Betonun içerisinde yer alan donatı, yapı için bir güçlendirme sağlarken; yangın, korozyon ve deprem gibi belirli sebeplerle zarar görek yapıyı zayıflatıp tehlikeli durum ortaya çıkarmaktadır. Donatının sağlıklı durumu, sürekliliğini devam ettirebilmesi için belirli zaman aralıklarıyla muayene yapılarak kontrol edilmelidir. Yapılan muayeneler neticesinde elde edilen verilerle yapının güvenilirliğine dair yorum yapılabilmektedir. Uygun tahribatsız muayene yöntemi kullanılarak yapılan muayenelerle yapı ve donatının durumuna ilişkin bilgilere ulaşıp donatıdaki bozulmaların tespiti sağlanmaktadır (Perin, 2015).

Tahribatsız bir muayene yöntemi olan covermeter(pas payı ölçer) testi ile beton içinde bulunan demirlerin konumu belirlenmektedir (Özçep vd., 2012). Elektromanyetik bir şekilde çalışan donatı tespit cihazıyla yapılan bu muayene ile

donatıların konumları dışında çapları, aralıkları ve pas payı kalınlıkları da belirlenmektedir (Şekil 5.26). Bu aletin çalışma prensibi betondaki donatıların sebep olduğu elektromanyetik alan değişimlerini belirlemektir. Bu yöntemle yapılan muayene;

- Herhangi bir yapı veya yapı elemanının dayanıklılığının belirlenmesi
- Yapı elemanlarına yönelik onarım ya da güçlendirme çalışmaları (Özhan, 2018)
- Pas payı kalınlığını belirleyerek klor girişi ve karbonatlaşma sebebiyle çelik donatılardaki paslanmaya olan etkilerine dair bilgi alabilmek için uygulanmaktadır (Cilason ve Aksoy, 2000).



Şekil 5. 26: Donatı tespit aleti (Özhan, 2018)

Bu cihazın çok fonksiyona sahip olanlarının kullanımı ve elde edilen verilerin yorumlanması, belirli bir eğitim sürecinden geçen uzman kişiler tarafından gerçekleştirilebilir. Beton içerisindeki donatının çok yoğun olması ve büyük ölçüde korozyona uğramış bölgelerin olması durumunda bu cihazla muayenenin güvenilirliği azalmaktadır. Bu gibi durumlarda çelik donatı yerleri belirlenirken betona tahribat vererek yapılmaktadır (Cilason ve Aksoy, 2000).

Bu muayene yöntemi; beton, betonarme ve brüt beton yapılarda kullanımı önerilebilir. Muayene yapılacak olan yapıda, yüzeye yansıyan bir korozyon gözlemleniyorsa o bölgenin yakınında donatı bulunuyordur ve bu bozulmanın oradan geldiği yorumu yapılabilir. Ayrıca tarihi betonarme statüsüne giren brüt beton

yapıların güçlendirilmesi ya da onarımları için bu muayene yöntemi tercih edilebilir. Bu muayenede donatı tespit cihazı kullanılarak beton içerisindeki donatıların konumları, çapları, donatı arası mesafeler ve pas payı ölçülür. Elde edilen veriler; yapıların onarım ve güçlendirme çalışmalarında bir altlık olması, betonun basınç dayanımına dair bir değerlendirme yapmak ve pas payı miktarının donatıdaki paslanmaya olan etkilerine yönelik bilgi almak için kullanılabilir.

5.4.1.7. Batma Direnci (Windsor Sondası)

Windsor sondası, yerinde ve laboratuvarında muayene için 1964-1966 yılları arasında Windsor Makina ve New York Liman İdaresi'nin birlikte geliştirdiği bir cihazdır (Malhotra ve Carette, 2004) (Şekil 5.27).



Şekil 5. 27: Windsor sonda muayene ekipmanları (url-33)

Bu cihazın amacı, betona atılan sondaların batma derinliği ölçülerek betonun mukavemeti ve kalitesine yönelik yorum yapılabilmesini sağlamaktır (Malhotra ve Carette, 2004). Ölçüm yapılırken üç sondanın batma miktarlarının ortalaması alınarak hesaplanmaktadır (Şekil 5.28) (Nas, 2019).



Şekil 5. 28: Ölçüm aşaması (Nas, 2019)

Bu muayenede, sondanın beton yüzeyine girme miktarı ile beton dayanıklılığı arasında ters orantıya dayanan bir ilişki vardır. Yani bu ölçümle birlikte probun yüzeye girme miktarı ne kadar az ise betonun dayanıklılığı ve kalitesinin o kadar iyi olduğu yorumu yapılabilmektedir (IAEA, 200).

Windsor prob testi, birtakım avantaj ve sınırlılıklara sahiptir.

Avantajları;

- Uygulanması kolay ve hızlıdır.
- Test ekipmanları, temizlik dışında çok fazla bakıma ihtiyaç duymamaktadır.

- Yalnızca tek bir yüzeye erişilmesi yeterli olmaktadır (IAEA, 2002).
- Düzgün ve eğri yüzeylerde uygulanabilmektedir (Erdal, 2002).

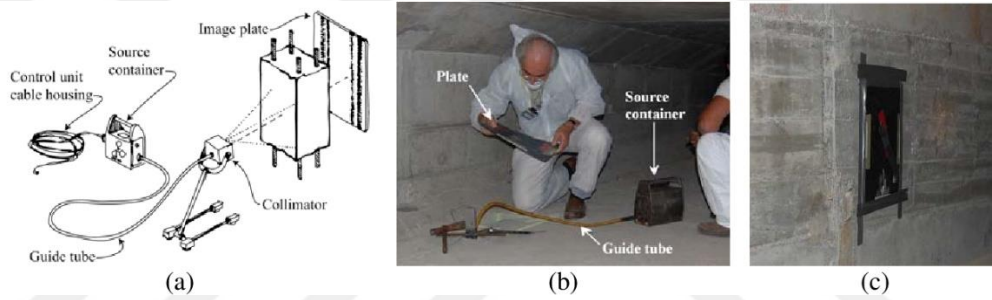
Sınırlılıkları;

- Muayenenin uygulandığı konumdan betonun herhangi bir kenarına olan mesafe ya da uygulanan iki nokta arasındaki en kısa mesafe 150-200 mm aralığında olmalıdır.
- Muayenede hasar gören problemler çıkarılarak onarılmalıdır (IAEA, 2002).

Windsor prob testi, tahribatsız bir test yöntemi olarak bilinse de yapılara kısmi olarak tahribat verebilmektedir. Bu muayene yöntemi, tarihi betonarme statüsüne giren brüt beton yapılara uygulanarak yapılardaki betonun basınç dayanımı ve kalitesi belirlenebilir. Böylelikle muayene ile elde edilen sonuçlar neticesinde ihtiyaç duyulması durumunda yapılara yönelik onarım ve güçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

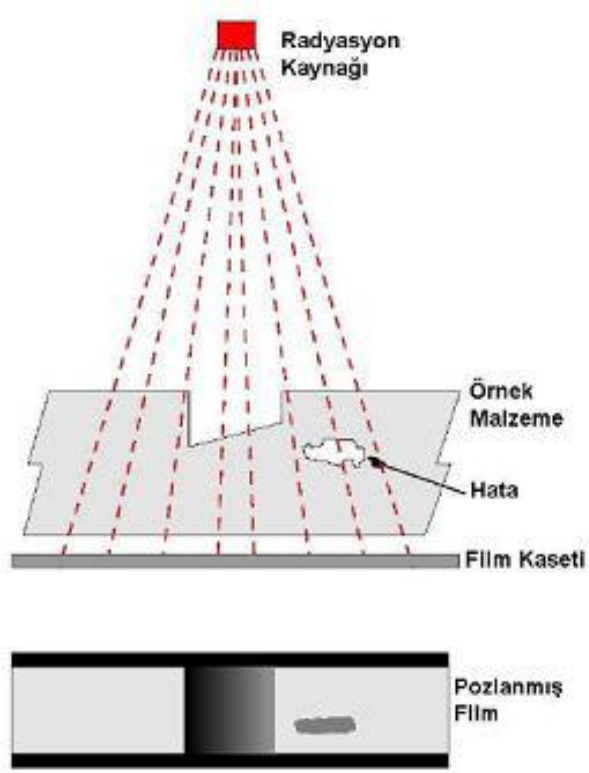
5.4.1.8. Radyografik (Röntgen) Işınları ile Muayene (X Ray, Gama Ray)

1940'lı yılların sonlarında radyografik x ve gama ışınları ile muayene yöntemi kullanılarak beton taşıyıcı sistemlerini meydana getiren malzemelere yönelik inceleme yapılmıştır. Önceleri X ışınları daha sonra da gama ışınları kullanılarak malzemelerin iç yapısının tespitine yönelik testler uygulanmıştır (Şekil.5.29). 1950'li yıllarda ise X ve gama ışınlarının kullanılmasıyla radyoaktif muayene yöntemi geliştirilmiştir. Bu muayene yönteminde radyasyonun üretilip yayılmasını sağlayan ve bu radyasyonun incelenecek olan malzemenin içinden geçtiği zamanı ölçen cihazlar kullanılmaktadır. Radyometri ve radyografi olmak üzere iki şekilde kullanılmakta olan radyoaktif metot ile yapılarıdaki çatlak, boşluk, korozyon, malzeme farklılıkları gibi süreksizliklerin tespiti sağlanmaktadır (Ercan, 2010).



Şekil 5. 29: Radyografik muayene gama ışını testi (url-34)

Radyografik muayene yönteminde, muayene yapılacak olan malzemeye X ve gama ışınları gönderilerek malzemenin arka yüzüne yerleştirilen film tabakasında görüntü oluşturulur. Malzemelerdeki hatalar, film tabakası üzerinde belirli kısımlarda belirli yoğunlukta görüntülerin meydana gelmesine sebep olmaktadır (Yağcı vd., 2018). Film tabakasında görüntü oluşumunun gözlemlenebilmesi için malzemeye gönderilen X ve gama ışınlarının malzemedan geçişi esnasında zayıfladığı gözlemlenmektedir. Malzemenin iç yapısında bozulmaların bulunmadığı kısımdan geçen ışınlar absorbe edildiğinden malzeme arkasındaki film tabakasında daha az görüntü oluşturur. Hatalı kısımlardan geçen ışınlar ise absorbe edilmediğinden film tabakasına fazla etki ederek radyografik görüntü meydana getirir (Metal Teknolojisi, 2011) (Şekil 5.30).



Şekil 5. 30: Radyografik görüntü oluşumu (Onursal, 2010)

Radyografik muayene yönteminin birtakım avantaj ve sınırlılıkları bulunmaktadır.

Avantajları;

- Filme kaydedilmesinden dolayı kalıcıdır.
- Çeşitli birçok boyut ve şekillerdeki malzemelere uygulanabilir (Hellier, 2003).
- Tüm malzemelerin iç yapısının tespitine yönelik uygulanabilir (Doğru, 2014).

Dezavantajları;

- Süreksizliklerin malzemedeki yönelimleri önemlidir.
- Uygulanması ve kullanılan ekipmanlar bakımından pahalı bir muayene yöntemidir.
- Fazla sürede uygulanabilen bir yöntemdir.
- Radyasyon cihazları kullanıldığı için tehlikelidir (Hellier, 2003).

Tahribatsız bir uygulama olan bu muayene yönteminde, malzemenin iç yapısı ve süreksizlikleri hakkında bilgi alınarak malzemelerde gözle görülmeyen yerlerde bulunan süreksizliklerin tespitinin sağlanabilmesi hedeflenmektedir. Metal ve metal

olmayan tüm malzemelere yönelik uygulanan bu yöntemin kullanılması beton, betonarme ve brüt beton yapılar için de önerilebilir. Brüt beton yapılardaki taşıyıcı sistemlerde meydana gelen korozyonun tespitinde bu yöntem kullanılabilir. Ayrıca yine beton yüzeye gönderilen ışınlarla beton içerisinde gözle görülmeyen çatlak, boşluk ve malzeme değişimleri gibi hataların belirlenmesinde de kullanımının uygun olabileceği düşünülmektedir.

5.4.2. Sahadan Numune Alma ve Laboratuvar Testleri

Yapılar, tahribatsız test yöntemleriyle muayene edilip elde edilen sonuçların doğru ve sağlıklı yorumlanabilmesi için bu yönteme ek olarak sahadan örnek alınarak laboratuvar ortamında test edilebilir. Ayrıca sahada gerçekleştirilen muayenelerin yanı sıra incelenecek olan yapıların belirli kısımlarındaki durum tespitlerine yönelik de numunelerin alınmasına zaman zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak olan testlerin maliyetlerinden dolayı bu durum planlama aşamasında düşünülerek uygulanacak yöntemlerin güvenilir ve geliştirilmiş olması ön planda tutulmalıdır. Böylelikle az sayıda ve yalnızca gerekli testlerin yapılmasıyla elde edilen verilere göre yapılacak onarım uygulamaları da ekonomik gerçekleştirilmiş olur (Cilason ve Aksoy, 2000).

Sahada veya laboratuvarda yapılabilecek olan testler tahribatlı ya da tahribatsız şekilde uygulanabilir (Liu ve Millstein, 1999). Sahadan numune elde etmek için karot alınması işlemi tahribatlı bir muayene olsa da çelik donatı ve yapının genel bütünlüğüne hasar vermeden gerçekleştirilmelidir. Uygulanacak test yöntemlerinin ve yapılardan numune alınacak yerlerinin belirlenmesi çeşitli etkenlere göre değişiklik göstermektedir. Betonun basınç dayanımı test edilirken; malzemenin sahip olduğu niteliğinde meydana gelen değişimler ve muayene yapılacak yerin ya da bölgenin boyutu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca mukavemet, karbonatlaşma derinliği testi gibi yapılacak muayeneler; yapının şüpheli yerlerinde ya da pas payı kalınlığının az olarak ölçüldüğü bölümlerinde uygulanmaktadır (Cilason ve Aksoy, 2000).

Çelik donatılardan alınan örnekler ise yapının dayanıklılığı, fiziksel ya da kimyasal özelliklerine ilişkin bilgi almak için kullanılmaktadır. Çelik donatılardan numune alınırken;

- Test edilecek malzemenin aynı kesitten yalnızca tek bir örnek alınmalı
- Örnekler, çelik donatıdaki gerilmelerin en düşük olduğu kısımlardan alınmalı

- Büyük açıklıklar ve geniş alanlardaki çelik donatıların aynı dayanıklılığa sahip olup olmadığının belirlenmesi için numune alınan bölgeden fazla sayıda örnek alınması gibi dikkat edilmesi gereken önemli noktalar bulunmaktadır (Liu ve Millstein, 1999).

Yerinde ya da laboratuvarında gerçekleştirilen testlerin neticesinde yapıya dair onarıma ihtiyaç duyulan yapı bileşenleri belirlenmelidir. Bazı yapı elemanlarının tamamen değiştirilmesine ihtiyaç duyulması durumunda öncelikle bu yapısal elemanlar tanımlanmalıdır. Sonrasında ise bunların yerine yapı bütünlüğüne, kullanım çeşidine, çevreye ve yapının mevcuttaki malzemelerine uygun yeni malzemeler seçilerek uygulanmalıdır. Yeni malzemeler; kullanıma uygun dayanıklılığı, kullanım ömrü, kalite ve performans gibi birtakım unsurlar çerçevesinde değerlendirme yapılarak belirlenmelidir (Liu ve Millstein, 1999).

İhtiyaç duyulan onarım çalışmalarından sonra yapıların çeşitli etkenler karşısında daha fazla bozulmaya uğramamaları için koruma uygulamalarının gerekliliği belirlenmektedir (Liu ve Millstein, 1999).

5.5. BETON KORUMA SÜRECİ: KORUMA STRATEJİLERİNİN BELİRLENMESİ AŞAMASI

Beton yapıların korunmasına ilişkin yaklaşım ya da stratejilerin doğru belirlenebilmesi için korumaya yönelik var olan ilkelere farklı açılardan bakılarak yorumlanması gerekmektedir (Urquhart, 2013). Betonun onarımı, tedavisi ve bakımı için yapılacak olan uygulamalarla birlikte koruma gereksinimleri de düşünülerek beton koruma yaklaşımları geliştirilmelidir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Tarihi yapıların onarımında, buldukları çevre ile ilişki kurulup düşünüldüğünde çevrenin tarihi açısından önemi değerlendirilerek tasarım ve inşaa yaklaşımları belirlenmelidir. Önemine dair değerlendirme yapılırken hem mimarideki yeri hem de kullanılan malzemelerin yenilikçi özellikte olması göz önünde bulundurulmalıdır (Urquhart, 2013).

Yapının işlevini korumak adına hızlı yapılmış ya da modern teknik ve malzemelerle gerçekleştirilmiş olan daha önceki onarım çalışmalarına yönelik değerlendirme yapılması koruma yaklaşımları için birtakım olumsuzluklar ortaya çıkarabilmektedir. Bunlara; yapı yüzeylerindeki malzemenin pürüzlü-pürüzsüz yapıdaki niteliğinin değişmesi ya da yapıya uygun seçilmeyen bir malzemenin kullanılmasıyla yapının hizmet ömrü ve performansının olumsuz etkilenmesi örnek

olarak verilebilir. Ayrıca iyi uygulanmayan onarıma maruz kalan yapıların ileride tekrar bir onarım çalışmasına ihtiyaç duyabilmesi de örnek olarak gösterilebilir (Urquhart, 2013).

Başarılı somut koruma stratejilerinin geliştirilmesi için yapının öneminin korunması ele alınan öncelikli unsurdur. Koruma stratejileri, her yapı özelinde ihtiyaçlara göre belirlenerek teknik olarak ve koruma gereksinimlerini içeren belirli ölçütlere uygun olmalıdır. Bunlar;

- Belirlenen bozulmaya dair acil bir durum olup olmadığı değerlendirilmeli
- Ortaya çıkan bozulmaların sebepleri belirlenmeli
- Kullanım ömrü ve dayanıklılığı için yapıdan beklenti belirlenmeli
- Uygulanan onarım ya da bakım çalışmaları için gerekli ihtiyaçlar belirlenmeli ve bunlar için de yeteri kadar kaynak bulunmalı
- Onarım için uygun görülen yöntem ve malzemelerin sürdürülebilirlik bağlamında değerlendirilmesi

Tarihi yapılara karşı koruma yaklaşımlarında birtakım unsurlar göz önünde bulundurularak betonun önemine dair olumsuz bir durum ortaya çıkma ihtimali azaltılmalıdır. Bu unsurlar şöyle sıralanabilir:

- Uygun metot ve malzemeler seçilerek onarımların kalıcılığının sağlanması
- Yapılan onarımlar, ileri de yapılabilecek olan herhangi bir araştırmaya ya da onarım çalışmalarına engel olmamalı
- Seçilen malzemeler yapının orijinaline uygun ya da olabildiğince orijinaline yakın olmalı
- Koruma ihtiyaçlarına karşı yeni teknik ve yöntemlerin yapılar üzerinde uzun bir süreçte nasıl etki edeceğinin belirlenebilmesi için yapılar belirli bir zaman süresince yerinde ve laboratuvarında testler yapılarak izlenmeli (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Koruma stratejileri geliştirilirken modeller oluşturulması, yapı üzerinde denemeler yapılması ve onarım için kullanılacak malzemelerin test edilmesi gibi unsurlar önemli olmaktadır. Uzman kişiler tarafından gerçekleştirilen denemeler ve modeller sayesinde uygun görülen onarım ile yapı için belirlenen tüm ihtiyaçlara karşılık bulunup bulunmayacağına dair bilgi alınmaktadır. Bu uygulamalar onarım

esnasında sahada karşılaşılabilecek ortam koşullarına olabildiğince yakın olan ortam koşullarında gerçekleştirilmelidir. Onarım için kullanılacak olan malzemelerin hem saha hem de laboratuvar ortamında teste tabi tutulması da bu aşamanın önemli bir sürecidir.

Ayrıca yapıda denemeler yapıp modeller uygulanırken birtakım yasal izinler alınması gerekebilir. Yine, var olan tekniklerin iyileştirilmesi ve projenin ihale sürecine geçmesinde uygulama aşamalarıyla ilgili bilgi alabilmek için birtakım protokoller ve yardımcı dokümanların hazırlanması gerekmektedir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Belirlenen yöntem ve malzemelerin koruma kriterlerine uygun olup olmadıkları değerlendirilerek sürece devam edilmelidir. Uygulamalar neticesinde koruma kriterlerine uygun bir durumla karşılaşıldığında; önerilen koruma projesi için belirlenen tüm ihtiyaçlara karşılık bulunana kadar bu işlemlere devam edilir ve süreç tamamlanır. Koruma kriterlerine uygun olmayan bir durumla karşılaşıldığında ise uygun malzeme ve yöntemlerin belirlendiği sürece dönülerek gerçekleştirilen süreçler tekrarlanmalıdır.

5.6. BETON KORUMA SÜRECİ: UYGULAMA AŞAMASI

1900'lü yıllardan itibaren betonun kullanılmasıyla birlikte betona yönelik onarım çalışmaları da uygulanmaya başlanmıştır. Uygun yöntem ve malzemelerin seçilerek uygulandığı onarım çalışmalarında süreç içerisinde pek çok hata ortaya çıkmıştır. Bu hataların olmaması ve başarılı onarım uygulamaları için bu çalışmalar uygun yaklaşımlar sergilenerek gerçekleştirilmelidir. Onarımın başarılı şekilde gerçekleştirilmesi için belirli adımlara uygun şekilde hareket edilmelidir. Bu adımlar sırasıyla şöyle sıralanabilir:

- Bozulmaların sebepleri ve bunlara neden olan etkenler belirlenmelidir.
- Meydana gelen bozulmanın boyutu belirlenmelidir.
- Onarımın ihtiyacı belirlenmelidir.
- Onarımda kullanılacak malzeme ve metotlar belirlenmelidir.
- Uygulanacak onarımdan önce beton hazır duruma getirilmelidir.
- Onarım uygulanmalı ve sonrasında ise bakımı sağlanmalıdır.

Bu adımlara uygun şekilde gerçekleştirilen onarımlar yalnızca bozulmaya uğramış tarihi yapılar için geçerli olmayıp betonun inşası esnasında meydana gelen hatalar için de kullanılmaktadır (Kurt F. von Fay, 2015).

Uygun bir onarım ekibiyle gerçekleştirilen bu süreçteki her aşamanın kalite kontrolü sağlanmalıdır. Ayrıca yapıda onarımın uygulandığı kısımlar, onarımda kullanılan malzemeler ve koruma yaklaşımlarının belgelenmesi ileride o yapıya yönelik yapılacak olan çalışmalar için önemli olmaktadır (Macdonald ve Goncalves, 2020).

Bunlara ek olarak brüt betona uygulanacak onarımdan önce birtakım bilgiler göz önünde bulundurulmalı ve onlara uygun olarak çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Bu nitelikler,

- Betonun yapısındaki bağlayıcı madde nitelikleri
- Betondaki agrega özellikleri
- Kullanılan kalıpların nitelikleri
- Eğer varsa daha önce uygulanan onarımlar şeklinde ifade edilebilir

(Urquhart, 2013).

5.7. BETON KORUMA SÜRECİ: BAKIM VE İZLEME SÜRECİ

Yapıya yönelik uygulanan onarımların etki süresini arttırmak ve yapı işlevinin sürdürülebilirliği için yapıda düzenli olarak bakım yapılmalı, izlenmeli ve risk etkenlerini oluşturan faktörler tespit edilmelidir. Bakım ve izleme, yapıya uygulanacak olan onarım ihtiyaçlarını minimuma düşürerek olabilen en az şekilde müdahale edilmesi için önemli koruma süreçlerindedir.

Bakım süreci için aşağıdaki unsurlara dikkat edilmelidir.

- Alanında uzman kişilerce uygulanmalıdır.
- Gerekli malzemeler ve yöntemler belirlenmelidir.
- Düzenli bir bakım uygulaması belirli standartlara uygun olmalıdır.
- Uygulanan onarım ve yapılan bakım kayıt altına alınmalıdır.

Yapının izleme sürecinde ise;

• Yapının kullanım ömrü için yapılan onarımların yeterli olup olmadığı belirlenmesi ve bozulmaların tekrardan ortaya çıkıp çıkmadığının belirlenmesi için belirli periyotlarla kontrolü sağlanmalıdır.

- Risk etmenleri ölçülmelidir (Macdonald ve Goncalves, 2020).

5.8. BRÜT BETON YAPILARDA BOZULMALARA KARŞI ALINAN ÖNLEMLER VE ONARIM YÖNTEMLERİ

Brüt beton bozulmalarına neden olan dış etkenlerin yanı sıra yapının inşası esnasında da buna neden olacak durumlar ortaya çıkabilmektedir. Örnek olarak çimento-su oranının yanlışlığı, betonun sıkıştırılmasındaki zayıflık, kalıpların sızıntı yapması gibi etkenlerle betonun gözenekliliği artar ve su, oksijen ve hava geçirgenliğine sebep olarak bozulmaların oluşması için olumsuz bir durum ortaya çıkar (url-35). Ayrıca yapının inşa süresi, kullanılan malzeme ve malzemeye uygun ekipman seçimi, betonun işlenmesi, formu gibi unsurlar da bozulmanın ortaya çıkmasına etki edebilir (url-36). Böylelikle üretimi esnasındaki hatalar, tasarımından kaynaklı eksiklikler ve çevresel faktörler gibi nedenlerle betonda zamanla bozulmalar ortaya çıkmaktadır (url-35). Ortaya çıkan bozulmaların önlenmesi için birtakım unsurlar belirlenerek uygun onarım müdahaleleri yapılmalıdır. Bozulmaya uğrayan betonda, en uygun onarım yönteminin seçilip uygulanabilmesinde öncelikli olarak problemlerin temel kaynakları belirlenip ortaya konulmalıdır (Hondel, 1997). Bozulmaya sebep olan etkenler üzerinde incelemeler yapıldıktan sonra uygun onarım teknikleri belirlenmeli ve onarımların yapılması gerekmektedir (url-35).

Böylelikle zamanında ve doğru onarım yöntemleriyle betondaki bozulmalar onarılarak yapının korunması sağlanabilir. Brüt beton yüzeylerde ortaya çıkan çiçeklenme, korozyon, oksidasyon, kimyasal reaksiyonlar, petek dokusu oluşumları, yüzeyden parça kopmaları ve yüzeylerde boşluk oluşumu gibi problemlere uygun çözüm önerileri ve onarım yöntemleri bulunmaktadır.

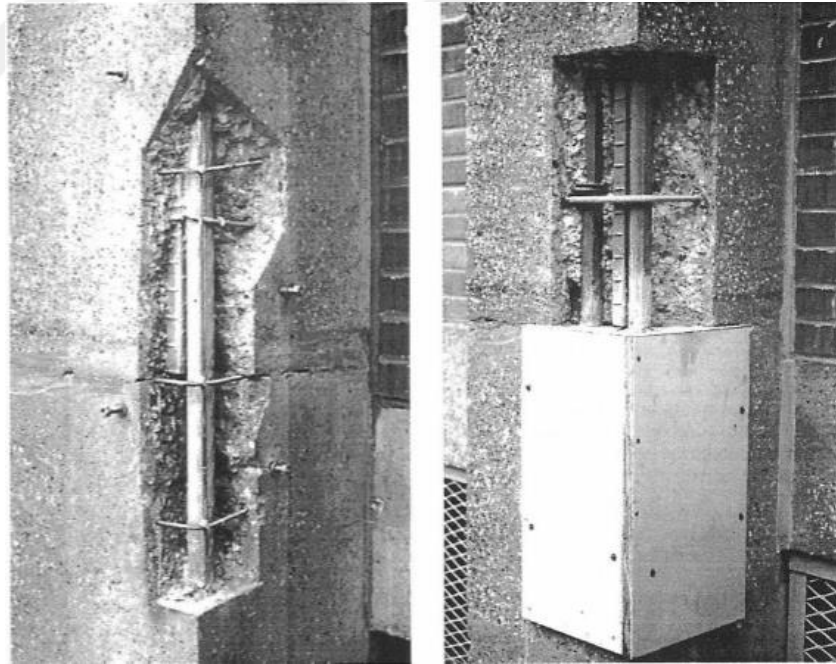
- Çiçeklenme

Beton yüzeyinde görülen çiçeklenmenin önüne geçilebilmesi için birtakım önlemler alınması gerekmektedir. Bu önlemler; betondaki su/çimento oranının azaltılması ya da sıkıştırılmayla sağlanan geçirimsizlik düzeyinin azaltılması şeklinde olabilir (Er Akan ve Örmecioglu, 2012). Ayrıca betonda bulunan tuzların çözülmemesi için beton bileşenindeki malzemeler ona uygun tercih edilmelidir. Beton oluşturulurken puzolonik gibi bazı katkı malzemelerinin de ilave edilmesiyle çiçeklenmenin önüne geçilebilir (Dikmen, 2018). Onarımı için betonun yüzeyi basınçlı su, %5'lik tuzruhu bulunan su ya da %20 oranında sirkeli su ile yıkanabilir (Akakın, 2010). Ayrıca yüzeyin sert bir fırça ile fırçalanmasıyla ya da bazı asit çözeltileri kullanılarak onarımı sağlanabilir (Engin, 2014). Ayrıca çiçeklenme sonucunda

zamanla yüzeylerde oluşan çatlaklar, tamir harcı ya da epoksi reçinesi çimento şerbeti ile onarımı yapılabilir. Bu uygulamalar sonucunda çatlakların büyümesi söz konusu olduğunda ise mekanik bağlayıcılar kullanılarak onarılmalıdır (Yıldırım, 2018).

- Korozyon

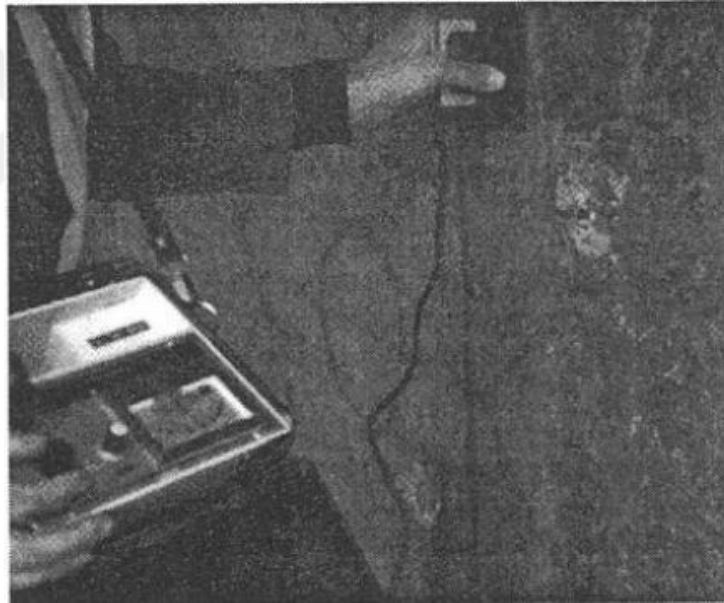
Korozyon oluşumunun önleyebilmek için pas payı kalınlığının yeterli seviyede olması, su/çimento oranının düşük olması, vibrasyon ile betonun gözenekli yapısının olmaması, betonun geçirimliliğini azaltan katkı maddeleri kullanılması gibi bazı önlemler alınabilir (Yazıcı, 2015). Korozyon ile ortaya çıkan betondaki bozulmanın onarımında yapıdaki yapısal bütünlüğün sağlanması için takviye çeliklerle müdahale edilebilir (Hondel, 1997) (Şekil 5.31). Ayrıca takviye çeliklere ilave olarak korozyonu önleyici kaplama malzemeleri kullanılarak da müdahaleler görülmektedir (Gaudette ve Hunderman, 1997). Böylelikle ortaya çıkan bozulmaların ilerlemelerinin durdurulması sağlanabilir (Şekil 5.32). Çevrede bulunan belirli bir düzeyin üzerindeki klorür ile bozulan beton yüzeyi veya donatı temizlenerek beton takviyesi yapılmalıdır (Hondel, 1997) (Şekil 5.33).



Şekil 5. 31: Takviye çelik eleman ve korozyon önleyici kaplama malzemesi (Gaudette ve Hunderman, 1997)



Şekil 5. 32: Donatı demirinin korozyonu ve yapıdaki takviye çelik (Hondel, 1997)



Şekil 5. 33: Betondaki klorür içeriğinin belirlenmesi (Hondel, 1997)

- Oksidasyon

Yapıdaki bu bozulmanın gerçekleşmesini önlemek adına donatının hava ile temasının olabildiğince engellenmesi gerekmektedir (Salgın, 2007).

- Alkali-agrega reaksiyonları

Betonda görülen bu kimyasal reaksiyonun önüne geçilebilmesi için uygun agrega türü seçilmeli ve çimentodaki alkali seviyesi az olmalıdır (Er Akan ve Örmecioglu, 2012).

- Petek dokusu görünümü

Yüzeylerde görülen bu oluşumunun önlenmesi için betonun dökümü sırasında uygun vibrasyon yapılması ve böylelikle betondaki bileşenlerin ayrışmasının engellenmesi gerekmektedir. Ayrıca kolonlarda ve perde duvarlarda dış vibratör kullanılarak da önenebilir. Bu görünümün giderilmesi için öncelikle onarımın yapılacağı alan tamamen temizlenerek tamir harcı ile hasarlı bölgenin onarımı sağlanır (Akakın ve Engin, 2010).

- Yüzeyden parça kopmaları

Yüzeylerde meydana gelen bu bozulmaların önlenmesi için dayanıklı agrega kullanımı, betona uygun kür yöntemlerinin uygulanması ya da su/çimento oranı düşük beton üretilmesi etkili olmaktadır. Yüzeylerde karşımıza çıkan bu bozulmaların onarımı sağlanması için büyüklüğüne göre yapılan işlem değişmekle beraber hasarın olduğu alan tamir harcı ile onarılabilir. Fakat parça kopması büyük bir yüzeyde görülmüşse bu bölgeye ince bir tabaka halinde beton kaplama yapılabilir (Engin, 2014).

- Yüzeyde boşlukların oluşması

Beton yüzeyinde boşlukların oluşmasının engellenmesi için uygun kalıplar seçilmeli ve uygun vibrasyon uygulamaları yapılmalıdır. Yüzeylerdeki bu boşlukların içi polimer ile geliştirilmiş olan ince harç kullanılarak doldurulabilir (Akakın ve Engin, 2010).

- Renk eşitsizliği

Yüzeylerde oluşan renk eşitsizliği görünümünün önlenmesi için beton dökümünün uzun zaman alması durumunda kullanılan malzeme aynı yerden sağlanmalıdır. Ayrıca kalıplarda kullanılan malzemenin niteliği aynı olmalıdır. Soğuk havalarda gerçekleştirilen beton dökümünde ise kalsiyum klorür içeren birtakım katkı maddeleri kullanılmalıdır. Yüzeylerdeki bu renk farklılıklarına onarım yöntemi olarak yüzeyler, sıcak su kullanılarak fırçalanmalıdır. Ayrıca %20-30 oranında dimonyum sitrat çözeltisi kullanılması da diğer bir onarım yöntemidir (Dikmen, 2018).

- Soğuk derz

Beton yüzeyinde görülen bu bozulmanın önlenmesi için beton dökümü için önceden bir zaman planlaması yapılmalıdır ve ona uygun beton dökümü gerçekleştirilmelidir (Dikmen, 2018). Bazı durumlarda bu planlamaya uyulamayacak durumlar ortaya çıktığında ise alttaki beton tabakasının priz almasının geciktirilmesi

için priz geciktirici, akışkanlaştırıcı gibi katkı malzemeleri kullanılmalıdır. Priz alan beton tabakasının yüzeyi pürüzlendirilmesi yoluyla aderansın artırılması sağlanabilir. Ayrıca beton katmanlarının ara yüzeylerinde “lateks” kullanılarak da ortaya çıkacak bu durum önlenir (Engin, 2014).

Brüt beton yüzeylerde karşılaşılan problemler ve ortaya çıkan bozulmaların önlenmesi ve onarımında bu yöntemlere ilave olarak yüzeylerde mineral beton koruyucu boyalar da kullanılabilir (url-35).

Bunlar için de öncelikle yüzeylerde yapılan incelemelerle karbonatlaşma derinliği, pas payı derinliği ve betona etki eden bazı tuzların etkileri ölçülmelidir (Şekil 5.34 ve 5.35). Bu ölçümler neticesinde donatının bozulmasını sağlayan sonuçların ortaya çıkmasıyla yüzeylere birtakım koruyucu işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Bu mineral beton koruyucu işlemleri, çevresel etkilere ve betonun dayanıklılığına göre belirlenmelidir. Bu işlem uygulanırken öncelikle pas temizliği yapılarak yüzeyler ıslatılarak sert bir şekilde fırçalanır ve koruyucu boya uygulanır. Yüzeylerde mineral beton koruyucular kullanılırken betonun olduğu gibi görünmesi, yapısı ve dokusu gibi unsurlar ön planda tutularak bu özellikler etkilenmeyecek şekilde yapılmalıdır (url-35).



Şekil 5. 34: Pas payı derinliği (url-35)



Şekil 5. 35: Kimyasal tuzların etkileri (url-35)

Betondaki bozulmalar için uygulanan elektro-kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilen onarımlar köprü, otoparklar gibi birçok yapı türünde uygulanarak alternatif oluşturmaktadır. Yüzeylerde çatlaklar ve parça kopmaları meydana gelen betonda onarım için yamaların yapılması belirli sınırlar ölçüsünde yapılmaktadır. Böylece yapısal olarak dayanıklı olan betonların birçoğu bu yöntemle korunabilir (Nustad, 1997). Bozulmalarda uygulanan onarım için kullanılan elektro-kimyasal sistemler 1980'lerde ortaya çıkmıştır ve geliştirilmiştir. Betondaki bozulmalara Kuzey Amerika ve Avrupa'da farklı sebepler ortaya konulmuştur. Avrupa'da bu bozulmaların karbondioksit girişinden kaynaklandığı ifade edilse de ABD'de betonda hasara neden olan etkenler ortamdaki klorür ve tuzlardan kaynaklı olduğu savunularak karbonasyon etkisi ikinci plana atılmıştır (Jonge, 1997).

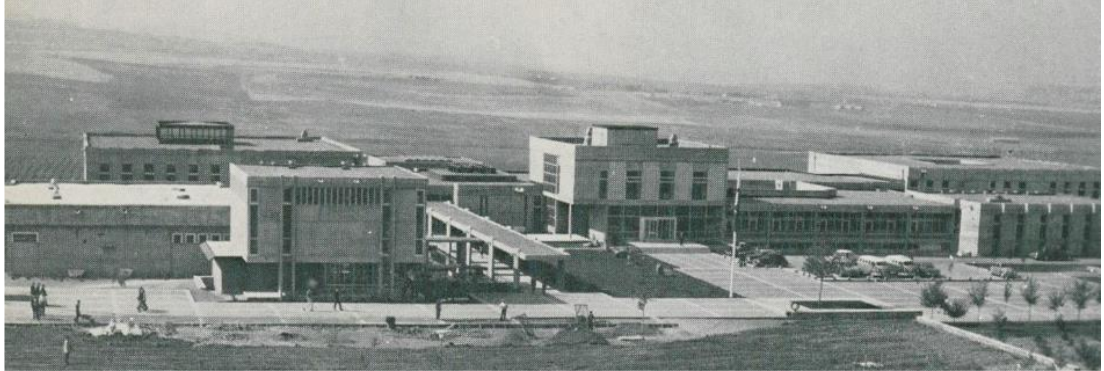
Bu yöntemlere ek olarak brüt beton yüzeylerde karşılaşılan problemlere ilişkin "tahribatsız muayene yöntemleri" de kullanılabilir.

BÖLÜM VI

ALAN ÇALIŞMASI: ANKARA'DAKİ BRÜT BETON YAPI ÖRNEKLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRME

6.1. ODTÜ Kampüs Yapıları

ODTÜ Kampüs yapıları Behruz Çinici tarafından tasarlanmış olup 1960 ve 1970 yılları arasında inşa edilmiştir. Birçok yapı birimini içerisinde barındıran ODTÜ Kampüsü, Ankara'daki ilk büyük ölçekli üniversite yerleşkesi olması bakımından önemlidir (Erkol, 2016). Kampüsün ilk yapısı 1961 ve 1963 yılları arasında inşa edilen Mimarlık Fakültesi'dir (url-37) (Şekil 6.1 ve Şekil 6.2).



Şekil 6. 1: Mimarlık fakültesi genel görünüm (Erkol, 2016)



Şekil 6. 2: Mimarlık fakültesi (url-38)

Kampüs akademik ve sosyal olmak üzere iki bölgeden oluşmaktadır. Akademik bölgede; fakülteler, idare binası gibi yapılar bulunmakta olup sosyal bölgede ise spor salonu, hizmet yapıları, lojmanlar, yurt binaları, sağlık merkezi yapısı, kafeterya gibi birimler bulunmaktadır (Akçal, 2002) (Şekil 6.3, Şekil 6.4 ve Şekil 6.5, Şekil 6.6).



Şekil 6. 3: Rektörlük binası (url-38)



Şekil 6. 4: Spor salonu (url-38)



Şekil 6. 5: Kafeterya (url-38)



Şekil 6. 6: Mühendislik Merkez Binası (Okumuş, 2021)

Yapılarda genellikle geometrik formlar kullanılmış bazı fonksiyonları vurgulanmış ve yapı malzemesi olarak ise çeşitlilik görülmekle birlikte malzemelerin yalın haliyle kullanımı ön plandadır. Bina cephelerinde brüt beton ve tuğla kullanılmış, merdivenler ise yapılarda genellikle binanın dışında konumlandırılarak ön plana çıkartılmıştır (Akçal, 2002). Fakültelerdeki parçalı bloklar yükseltilmeyip arazi içerisinde yatay olarak birbirleri arasında ekmeleme yoluyla oluşturulan mekân kurguları mevcuttur (Erkol, 2016). 1960'lı yıllarda mimarideki brütalist yaklaşımın yansımaları binalarda görülmektedir. Yapılarda malzeme çeşitliliğine, brüt beton, taş duvar kaplamaları, kaplama malzemesi olmadan tuğlanın kullanımı, ahşap gibi yapı malzemelerini beraber kullanılarak brütalizmdeki malzemelerin olduğu haliyle kullanımı yaklaşımı yansıtılmıştır (Akçal, 2002).

6.2. Türk Dil Kurumu

1972 yılında Cengiz Bektaş'ın tasarladığı yapı 1974 yılında inşa edilmiştir (Özorhon, 2008; url-39) (Şekil 6.7, Şekil 6.8 ve Şekil 6.9).



Şekil 6. 7: Türk Dil Kurumu Binası inşa aşaması (url-39)



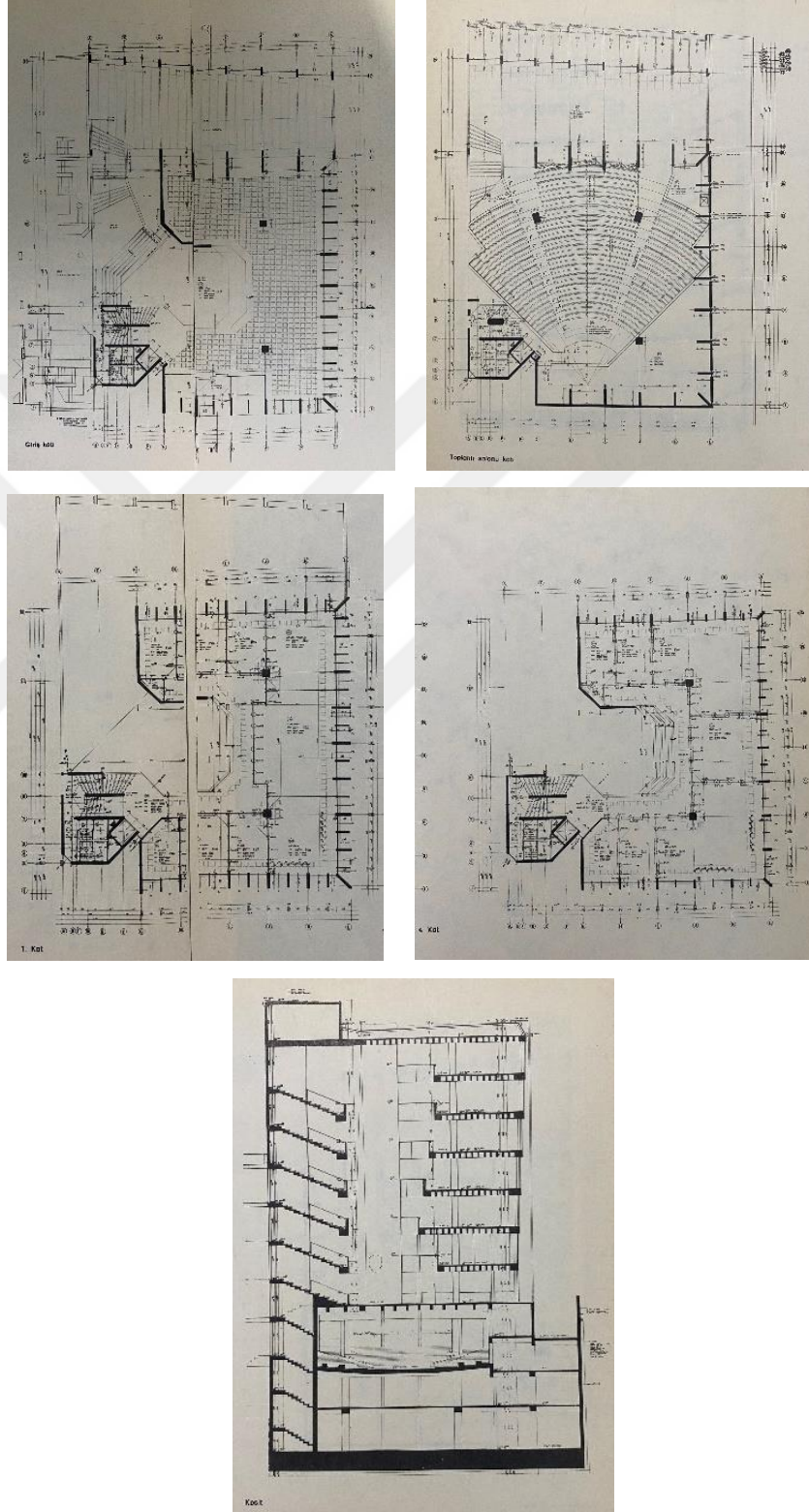
Şekil 6. 8: Türk Dil Kurumu Binası (url-39)



Şekil 6. 9: Türk Dil Kurumu Binası (Okumuş,2021)

Çalışma alanları U sofalı bir Antalya evine benzer şekilde büyükçe bir mekânı çevrelemektedir. Yapının kat döşemeleri, her bir üst döşemeye çıkarken 15 cm taşırılarak yerleştirilmiştir. Döşemelerdeki bu çıkıntılar geleneksel eski Ankara evlerindeki çıkmalarla ilişkilendirilmektedir. Böylelikle de eski Ankara evlerini

anımsatarak özgünlük ön plana çıktığı söylenebilir. Yapı döşemelerinde taşmaların uygulanması, yaz aylarında temiz havanın girişi için amaçlanmıştır (Bektaş, 1979; Özorhon, 2008) (Şekil 6.10).



Şekil 6. 10: Kat planları ve kesit (Bektaş, 1979)

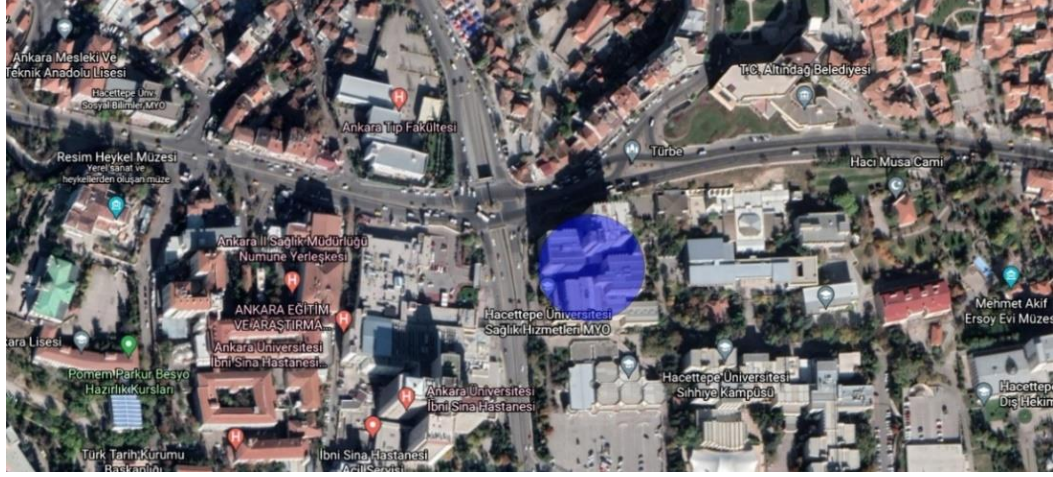
Atatürk Bulvarı üzerinde bulunan bu yapı, anıtsallığı vurgulamasıyla birlikte ekspresyonist bir yaklaşım da sergilemektedir (Bektaş, 1979; Aksu, 2007; Elmalı Şen vd., 2014). Ayrıca yapı cephesinde cam kullanılmasıyla içerideki avlunun dışarıyla ilişki kurması sağlanmakta olup aynı zamanda yapıya modern bir tavır da kazandırmaktadır (Aksu, 2007) (Şekil 6.11).



Şekil 6. 11: Dış cephe ve iç mekân görünümü (Kaplan, 2020)

6.3. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

Ankara Altındağ'da Talatpaşa Bulvarı üzerinde bulunan Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, 2007 yılında Çocuk Gelişimi, Beslenme ve Diyetetik, Hemşirelik ve Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümleri bir araya gelerek kurulmuştur (Şekil 6.12). Fakültede 2009 yılında Ergoterapi, 2011 yılında Odyoloji ve 2014'te de Dil ve Konuşma Terapisi Bölümleri açılmıştır. Sonrasında 2012'de Hemşirelik, 2019'da ise Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümleri ayrı bir fakültede tekrardan yapılandırılmıştır (url-40).



Şekil 6. 12: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi konumu (Google Earth)

Sağlık Bilimleri Fakültesi Ergoterapi Bölümü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü binaları incelendiğinde yüzeylerdeki brüt beton açıkça görülmektedir. Düşey vurguların belirgin olduğu cephelerde hem brüt yüzeyler hem de farklı malzemelerle kaplanmış kısımlar bulunmaktadır (Şekil 6.13).





Şekil 6. 13: Ergoterapi Bölümü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü (Okumuş, 2021)

6.4. Nervi(Opera) Köprüsü

Ankara Opera Kavşağı'nda bulunan Nervi (Opera) Köprü projesi, Pier Luigi Nervi tarafından 1969 yılında hazırlanmış olup 1970 ve 1972 yılları arasında inşası gerçekleştirilmiştir (Örmecioğlu ve Er Akan, 2012) (Şekil 6.14).

Atatürk Bulvarı üzerinde konumlanan köprü, dört açıklıktan meydana gelmektedir ve inşası esnasında kullanılan ahşap kalıpların izlenirinin okunabildiği brüt hâdedir (url-41).





Şekil 6. 14: Nervi (Opera) Köprüsü (Okumuş, 2021)

Zamanla köprü yüzeylerinde birtakım bozulmalar ortaya çıkmıştır. Yüzeylerde aşınmalar, çirçiklenme ve parça kopmaları meydana gelmiştir. Aynı zamanda iskeleler üzerindeki sızıntılardan kaynaklı lekeler ve yapı elemanlarında paslanmalar görülmüştür (url-41) (Şekil 6.15, Şekil 6.16 ve Şekil 6.17).



Şekil 6. 15: Yüzeydeki parça kopmaları (Okumuş, 2021)



Şekil 6. 16: Sızıntılardan kaynaklı yüzeydeki lekeler (Okumuş, 2021)



Şekil 6. 17: Yapı elemanlarında paslanma (Okumuş, 2021)

Günümüzde yoğun olarak trafiğin yaşandığı bölgede bulunan köprüde bozulmalara karşı herhangi bir onarım yapılmamaktadır. Bu durum da köprüyü olumsuz etkilemektedir (Örmecioğlu, 2018).

6.5. Alan Çalışmasında Gözlemlenen Bozulmalar ve Değerlendirmeleri

PETEK DOKUSU

ODTÜ Kampüs Yapılarının birçoğunda, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde gözlemlenen petek dokusu görünümü genellikle yapının kolonlarında, köşelerinde ve cephe yüzeylerinde bulunmaktadır.

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;







Uygulanacak yüzeysel ve hacimsel tahribatsız muayene yöntemleriyle bozulmaların tespiti sağlanarak gerekli önlem ve onarımlar gerçekleştirilmelidir.

- Uzman kişiler tarafından gerekli ekipmanlarla gözle muayene yapılarak yapıda bulunan bozulmanın tespiti sağlanmalıdır. Yüzeydeki konumları belirlenen süreksizlikler, gerekli durumlarda eskiz çalışmalarıyla da desteklenerek kayıt altına alınmalıdır.

- Yapıların yüzeylerindeki petek dokusu görünümüyle betonun homojen bir şekilde dağılıp dağılmadığının belirlenebilmesi için beton test çekici yöntemi kullanılabilir.
- Ultrasonik titreşim hızı yöntemi ile betonun yüzey ve iç kısımlarındaki hataların belirlenmesinin yanı sıra betonun dayanıklılık ve kalite durumuna yönelik de bilgi alınabilir.
- Batma direnci (Windsor sondası) yöntemi kullanılarak yine aynı şekilde betonun basınç dayanımı ve kalitesine yönelik bilgi alınabilir. Böylelikle yapının onarım ve güçlendirme çalışmalarına ihtiyaç duyması durumunda gerekli onarımlar uygulanmalıdır.



Tablo 6. 1: ODTÜ Kampüs Yapıları, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen "Petek Dokusu" Görünümü

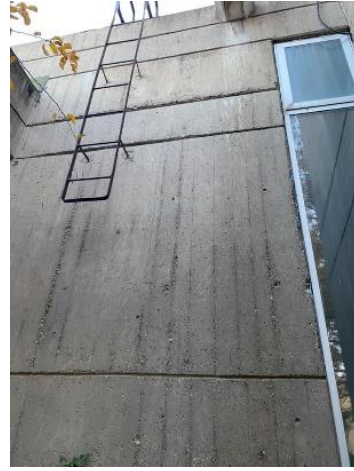
GÖZLEMLENEN BOZUMLAR		
PETEK DOKUSU	 <p>(1)</p>	 <p>(2)</p>
	 <p>(3)</p>	 <p>(4)</p>
	 <p>(5)</p>	 <p>(6)</p>
	<p>(1), (2): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası. (3): ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Binası. (4): ODTÜ Kimya Bölümü Binası. (5), (6): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası.</p>	

Tablo 6.1'in devamı

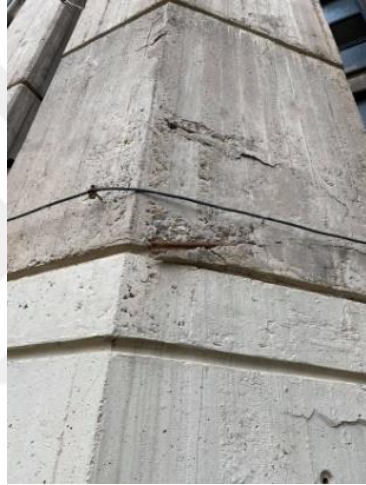
PETEK DOKUSU



(7)



(8)



(9)



(10)



(11)



(12)

(7), (8): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası. (9): ODTÜ Mühendislik Merkez Binası. (10): ODTÜ Makine Mühendisliği Binası. (11), (12): Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

Tablo 6.1'in devamı

PETEK DOKUSU	 <p style="text-align: right;">(13)</p>
	(13): Nervi Köprüsü

Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Betonun uygulama aşamasında meydana gelen bu bozulma türünün engellenebilmesi için uygun vibrasyon yapılarak betonun homojen bir şekilde yerleşmesi sağlanmalıdır. Ayrıca perde duvar ve kolonlarda da dış vibratör kullanılması gerekmektedir. Petek dokusu oluşumunun onarımı yapılırken öncelikle yüzeyde bulunduğu alan temizlenmelidir. Sonrasında ise tamir harcı kullanılarak müdahale edilen bölgenin onarımı sağlanmalıdır.

BETON YÜZEYİNDE BOSLUKLAR

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

- Betonun uygulama esnasında meydana gelen bu bozulma türünde gözle muayene yapılmadan önce gerek daha önceki muayene kayıtları gerekse de inşasında kullanılan malzemeler ve uygulama teknikleri gibi yapıya dair ulaşılabilen tüm verilerin incelenmesi gerekmektedir. Daha sonra büyüteç ve taşınabilir mikroskop gibi ekipmanlarla incelenip gözle muayene yapılarak beton yüzeyindeki küçük boşluklu yapılar kayıt altına alınmalıdır.

- Beton test çekici yöntemi ile hem yüzey sertlikleri ölçülerek basınç dayanımı hakkında bilgi alınmalı hem de uygulama aşamasında betonun her yere homojen bir şekilde yerleşip yerleşmediğine dair bilgi alabilmek için muayene yapılmalıdır.

- Beton yüzeylerinde ve iç yapısındaki bozulmaların tespitinde kullanılan ultrasonik titreşim hızı yöntemi küçük boyutlardaki bozulmaları tespit etmek için de kullanılabilir. Yapılarda kullanılan betondaki su oranı, agrega boyutu, çimento türü

gibi özellikleri ya da vibrasyona uygun olmayan betonun kullanılmasıyla oluşan boşluklu yapılar, uygulanan titreşimin yayılım hızına etki etmektedir. Bu yöntem ile ultrasonik bir titreşim darbesinin betondaki yayılma hızı hesaplanarak betonun mukavemet ve kalitesine yönelik bilgi alınmalıdır.

- Betondaki yüzey ve iç kısımlardaki süreksizliklerin belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem olan darbe-eko yöntemiyle betondaki boşluklu yapılar ve bunların boyutlarının tespiti sağlanmalıdır.

- Betonun basınç dayanımı ve kalitesine ilişkin yorum yapılabilmesi için batma direnci (Windsor sondası) yöntemi de uygulanabilir.

- Radyografik (Röntgen) ışınları ile muayene yapılarak yapı yüzeyine gönderilen ışınlarla malzemenin iç yapısındaki hatalar ve gözle görülmeyen yerlerdeki boşlukların tespiti sağlanabilir.

Tablo 6. 2: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen “Beton Yüzeyinde Boşluklar” Görünümü

GÖZLEMLENEN BOZULMALAR		
BETON YÜZEYİNDE BOŞLUKLAR	 <p>(1)</p>	 <p>(2)</p>
	 <p>(3)</p>	 <p>(4)</p>
	 <p>(5)</p>	 <p>(6)</p>
	<p>(1): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası. (2): ODTÜ Laboratuvar Binası. (3): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası. (4): ODTÜ Fizik Bölümü Binası. (5): ODTÜ İnşaat Mühendisliği Binası. (6): ODTÜ Mühendislik Merkez Binası</p>	

Tablo 6.2'in devamı

BETON YÜZEYİNDE BOŞLUKLAR



(7)



(8)



(9)



(10)






(11)



(12)

(7): ODTÜ Kimya Bölümü Binası. (8): ODTÜ Sosyal Bina. (9): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası. (10): ODTÜ Yüksek Lisans Konukevi. (11): Türk Dil Kurumu Binası. (12): Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

Tablo 6.2'in devamı

BETON YÜZEYİNDE BOŞLUKLAR	 <p>(13)</p>
	 <p>(14)</p>
	 <p>(15)</p>
<p>(13): ODTÜ Sosyal Bina. (14), (15): Nervi Köprüsü</p>	

Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Öncelikle yüzeysel bir bozulma olan beton yüzeyindeki boşlukların oluşumunun önlenmesi için uygun kalıplar kullanılarak beton dökümünü gerçekleştirilmelidir. Ayrıca beton dökümü esnasında vibrasyon işleminin de iyi uygulanması gerekmektedir.

Uygun tahribatsız muayene yöntemleri uygulanıp yapıdaki bozulmalar ve yapının onarıma olan ihtiyacı belirlendikten sonra birtakım uygulamalar yapılmalıdır. Beton yüzeyindeki bu boşluklar ince harç ile doldurularak yüzey bu görüntüden arındırılmalıdır. Onarımda kullanılacak malzeme seçilirken yapının orijinaline uygun olması göz önünde bulundurulmalıdır.

RENK DÜZENSİZLİĞİ

Genellikle ODTÜ Kampüs Yapılarında gözlemlenen bu bozulma türü saçak kenarlarında ve cephe yüzeylerinde ortaya çıkmıştır.

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

Yapının yüzeylerinde renk değişimlerinin meydana gelmesi ve böylelikle yapıya uygulanacak onarım çalışmalarının öncesinde yapı birtakım tahribatsız muayene yöntemleriyle test edilmelidir.




- Öncelikle gözle muayene yapılarak bozulmaların yüzeyde bulunduğu bölgeler ve boyutları belirlenmelidir. Bozulmaların tespit edildiği kısımlar fotoğraf makinesi ile kayıt altına alınmalıdır.

- Yüzeylerde renk eşitsizliğine sebep olan su-çimento oranı, kullanılan kalıplar ve agrega türü gibi unsurlar beton test çekici yöntemini etkileyen önemli faktörlerdir. Beton test çekici yöntemi kullanılarak betonun dayanımı hakkında bilgi alınarak onarım ihtiyacı belirlenmelidir.

- Yapının onarım ihtiyacının belirlenebilmesi için ultrasonik titreşim hızı yöntemi de kullanılabilir. Bu yöntemle betonun kalite ve dayanımına yönelik bilgi alınarak değerlendirme yapılabilir.

- Batma direnci (Windsor sondası) yöntemi kullanılarak batma derinlik miktarı ölçülmesiyle yine betonun basınç dayanımı ve niteliği hakkında yorum yapılabilmesi sağlanır. Böylelikle yapının onarım ihtiyaçları ve kullanılacak onarım yöntemleri belirlenir.

Tablo 6. 3: ODTÜ Kampüs Yapılarında Gözlemlenen “Renk Dzensizliği” Görünümü

RENK DÜZENSİZLİĞİ	GÖZLEMLENEN BOZULMALAR	
		(1)
		(2)
		(3)
	(1): ODTÜ Bilgi İşlem Dairesi (2), (3): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası	

Tablo 6.3'ün devamı

RENK DÜZENSİZLİĞİ



(4)



(5)



(6)

(4): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası.
(5): ODTÜ Sosyal Bina. (6): ODTÜ Yüksek Lisans Konukevi

Tablo 6.3'ün devamı

RENK DÜZENSİZLİĞİ		
		
	(7): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası. (8): ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Binası. (9): ODTÜ Makine Mühendisliği Binası.	

Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Yüzeysel bir bozulma türü olan renk eşitsizliği görünümünün engellenmesi için uygulama esnasında betonun aynı yerden temin edilerek uygulanması gerekmektedir. Ayrıca beton döküm işlemi gerçekleştirilirken çevresel koşullar da dikkate alınmalıdır. Betonun uygulanması soğuk hava şartlarına sahip ortamlarda gerçekleştiğinde birtakım katkı maddelerinin kullanılmasına özen gösterilmelidir. Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise yapının inşasında kullanılan kalıpların aynı niteliklere sahip olması gerektiğidir.

Gözlemlenen bu bozulma türüne yönelik onarım çalışmalarına başlanmadan önce onarım ihtiyaçları belirlenmeli ve yüzeyler, çalışmaların gerçekleştirilmesine uygun hale getirilmelidir. Uygun hale gelen yüzeyler sıcak su ile fırçalanarak bu görüntüden arındırılmalıdır. Bu yöntemin yanı sıra dimonyum sitrat içeren çözelti

kullanılarak da onarım sağlanabilir. Onarımı sağlanan yapılar belirli bir süre izlenmeli ve takibi sağlanmalıdır.

CİÇEKLENME

ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde gözlemlenen bu bozulma türü yaygın olarak görülmektedir. Gözlemlenen bu görünüm genellikle saçak altlarında, cephelerde ve köprünün ana gövde altında ortaya çıkmıştır.

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

Beton yüzeyinde meydana gelen bu lekelenmelerin tespitinin sağlanmasında ve zamanla yapıya verebileceği zarardan dolayı yapılar belirli zaman aralıklarıyla muayene edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmalıdır.

- Diğer muayene yöntemlerinin öncesinde yapılar ilk olarak gözle muayene yapılarak yüzeylerdeki bu bozulmaların konumları ve boyutları çeşitli ekipmanlarla belirlenmelidir. Büyüteç ve mikroskop gibi ekipmanlarla yüzeyler yakın mesafeden incelenmelidir. Yapının ulaşılamayacak noktaları için dürbün, boroskop, teleskop ve endoskop gibi cihazlar kullanılmalıdır. Bu bozulma türünün zamanla yüzeylerde çatlak oluşumuna sebep olması durumunda ise çatlak genişliği mikroskobu kullanılarak ölçüm yapılmalıdır. Ayrıca meydana gelen renk değişimleri ve lekelenmeler fotoğraf makinesi kullanılarak görsel olarak belgelenmelidir.

- Yüzeylerdeki bu lekeler, süreç içerisinde yüzeyde çatlak ve boşluklar meydana getirebilir. Bu durumda çatlaklar için sıvı emdirme ile muayene yöntemi, boşluklar için ise darbe-eko yöntemi kullanılarak bu kusurların tespiti sağlanmalıdır.

- Zamanla ortaya çıkabilen boşluklar betonun dayanıklılığını etkilediği bilinmektedir. Bu durumla karşılaşıldığında beton test çekici yöntemi, ultrasonik titreşim hızı yöntemi ve batma direnci (Windsor sondası) yöntemi kullanılarak betonun basınç dayanımı ve kalitesi hakkında bilgi alınarak uygun müdahalelerin gerçekleştirilmesi için onarım ihtiyaçları belirlenmelidir.

Tablo 6. 4: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen “Çiçeklenme” Görünümü

GÖZLEMLENEN BOZULMALAR	
ÇİÇEKLENME	 <p>(1)</p>
	 <p>(2)</p>  <p>(3)</p>
	<p>(1): ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Binası (2): ODTÜ Yüksek Lisans Konukevi. (3): ODTÜ Kafeterya Binası</p>

Tablo 6.4'ün devamı

ÇİÇEKLENME



(4)



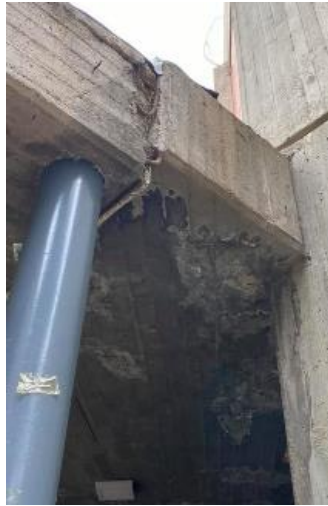
(5)



(6)



(7)



(8)



(9)

(4), (5), (6): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası
(7), (8), (9): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası

Tablo 6.4'ün devamı

ÇİÇEKLENME



(10)



(11)



(12)



(13)



(14)

(10), (11), (12): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası

(13), (14): ODTÜ Sosyal Bilimler Binası

Tablo 6.4'ün devamı

ÇİÇEKLENME



(15)



(16)



(17)



(18)



(19)

(15), (16): ODTÜ Fizik Bölümü Binası.
(17): ODTÜ İnşaat Mühendisliği Binası.
(18), (19): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası

Tablo 6.4'ün devamı

ÇİÇEKLENME



(20)



(21)



(22)



(23)





(24)



(25)

(20): ODTÜ Endüstri Mühendisliği Binası. (21): ODTÜ Bilgi İşlem Dairesi
(22): Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi.
(23), (24), (25): Nervi Köprüsü

Tablo 6.4'ün devamı

ÇİÇEKLENME	 <p>(26)</p>
	 <p>(27)</p>
<p>(26), (27): Nervi Köprüsü</p>	

Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Yüzeylerde beyaz lekeler halinde görülen çiçeklenme, yüzeysel bir bozulma türüdür ve betonun inşası esnasında meydana gelmektedir. Bu görünümün oluşmaması için çeşitli önlemler alınabilir. Bunlar; betonun geçirimsizlik seviyesinin azaltılması,

betonun içeriğindeki malzemelerin uygun seçilmesi ya da betona çeşitli katkı malzemelerinin eklenmesi şeklinde sıralanabilir.

Uygun önlemler alınmayıp yüzeylerde bu bozulma türünün oluşması durumunda ise onarım çalışmaları uygulanarak yüzeyler bu lekelerden arındırılmalıdır. Öncelikle uygulanan tahribatsız muayeneler ile tespitler yapılarak yapılar için gerekli onarım ihtiyaçları belirlenmelidir. Daha sonra bu ihtiyaçların belirlenmesiyle birlikte uygun onarımlar uygulanmalıdır. Yüzeylerdeki bu lekeler, basınçlı su veya çeşitli bileşenlere sahip su ile yıkanarak ya da yüzeylerin fırçalanması gibi uygulamalarla giderilebilir. Bu bozulma türünde zamanla yüzeylerde çatlak ve boşlukların meydana gelmesi durumunda ise bu bölgelere tamir harcı ile uygulama yapılmalıdır. Bu uygulama sonucunda çatlaklarda genişleme gözlemlenirse mekanik bağlayıcılar kullanılmalıdır. Yapıların ihtiyaçları doğrultusunda uygulanan onarımlar ve yapının karşılaşılabileceği tehlikeli durumlar için belirli bir süre izlenerek takip edilmelidir.

KOROZYON

ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde gözlemlenen korozyon oluşumu yaygın olarak ortaya çıkmakta olup birtakım yerlerde parça kopmaları meydana gelerek donatı açıkça görülebilmektedir.

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

Yapı yüzeylerindeki kılcal çatlaklardan içeriye giren hava ile donatının teması ile birlikte çevresel koşullarında sebep olduğu korozyon oluşumunun tespiti için ve zamanla yapının ihtiyaç duyabileceği onarımların öncesinde yapılar tahribatsız muayene yöntemleriyle muayene edilmelidir.

- Yapılara uygulanacak tahribatsız muayenelerin öncesinde gözle muayene yapılmalıdır. Bozulmaların yüzeyde bulunduğu kısımlar ve boyutları belirlenerek çeşitli ekipmanlarla ya da eskiz yöntemi kullanılarak kayıt altına alınmalıdır. Çevresel koşulların da sebep olmasıyla ortamın sıcaklık değişimleri de belgelenerek yapılaraya yönelik bir değerlendirme yapılmalıdır.

- Korozyon oluşumuyla birlikte betonun dayanıklılığı olumsuz etkilenmeye başlar ve zamanla yüzey kopmaları meydana gelmektedir. Betonun durumuna ilişkin bilgi alabilmek için beton test çekici yöntemi ile betonun yüzey sertliği ölçülerek basınç dayanımı belirlenmelidir. Ayrıca batma direnci (Windsor

sondası) yöntemiyle de betonun mukavemet ve kalitesi belirlenerek yapının onarım ihtiyacı belirlenmelidir.

- Ultrasonik titreşim hızı yöntemi kullanılarak hem yüzeyde hem de iç kısımlardaki bozulmaların tespiti sağlanabilir. Bu yöntemle yüzeyde gözlemlenen süreksizlerin beton içerisindeki derinlik miktarları da ölçülebilir. Ayrıca betonun iç yapısı hakkında bilgi alınabileceği için betonun basınç dayanımı ve kalitesine yönelik yorum yapılabilmektedir. Böylelikle yapının onarıma olan gereksinimleri belirlenerek uygun müdahalelerin belirlenmesi için uygulanabilen bir yöntemdir.

- Yine aynı şekilde yüzey ve iç kısımlardaki süreksizliklerin tespiti için darbe-eko yöntemi de kullanılabilir.

- Beton yüzeylerindeki kılcal çatlaklardan içeriye giren hava donatıda paslanmaya sebep olmasından dolayı sıvı emdirme ile muayene yöntemi kullanılarak yüzeydeki bu çatlaklar tespit edilmelidir. Böylelikle uygun onarımlarla bu bozulma türünün önüne geçilebilir.

- Betondaki donatıların çapları, konumları, donatı arası mesafeler covermeter (pas payı ölçer) testi kullanılarak ölçülmelidir. Böylelikle betonun ya da yapı elemanlarının dayanıklılığı ve pas payı miktarlarının korozyona olan etkileri hakkında bilgi almak için kullanılmalıdır. Elde edilen bilgilerle birlikte ihtiyaç duyulması halinde yapıya uygulanması gereken onarım ya da güçlendirme çalışmaları için değerlendirme yapılmalıdır.

- Radyografik (röntgen) ışınları ile muayene yöntemi kullanılarak yüzeye gönderilen ışınlarla betonun iç yapısının ve gözle görülmeyen yerlerdeki bozulmaların tespiti sağlanabilir. Ayrıca donatılarda meydana gelen korozyonun tespitinde de kullanılması uygun bir muayene yöntemidir.

Tablo 6. 5: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen "Korozyon" Görünümü

GÖZLEMLENEN BOZULMALAR		
KOROZYON	 <p style="text-align: right;">(1)</p>	 <p style="text-align: right;">(2)</p>
	 <p style="text-align: right;">(3)</p>	 <p style="text-align: right;">(4)</p>
	<p>(1): ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Binası. (2): ODTÜ Mühendislik Merkez Binası. (3), (4): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası</p>	

Tablo 6.5'in devamı

KOROZYON



(5)



(6)



(7)



(8)

(5): ODTÜ Kimya Bölümü Binası. (6): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası.
(7): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası. (8): ODTÜ Sosyal Bilimler Binası.

Tablo 6.5'in devamı

KOROZYON



(9)



(10)



(11)

(9): ODTÜ Fizik Bölümü Binası. (10): ODTÜ Laboratuvar Binası.
(11): Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi

KOROZYON



(12)



(13)



(14)

(12), (13): Türk Dil Kurumu Binası.
(14): Nervi Köprüsü

Tablo 6.5'in devamı

KOROZYON



(15)



(16)



(17)



(18)



(19)

(15), (16), (17), (18), (19): Nervi Köprüsü

Tablo 6.5'in devamı

KOROZYON



(20)



(21)



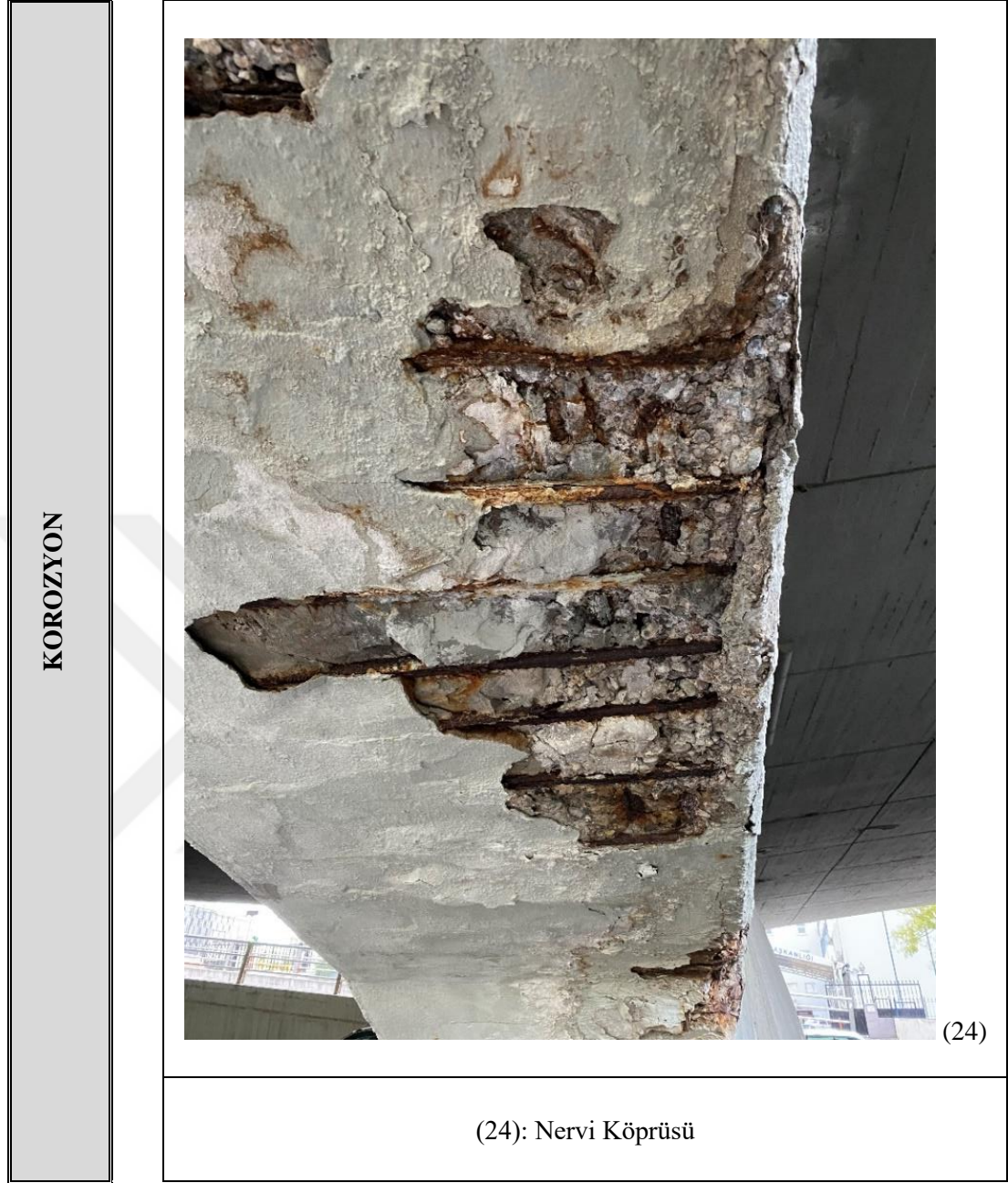
(22)



(23)

(20), (21), (22), (23): Nervi Köprüsü

Tablo 6.5'in devamı



Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Yapılarda hem yüzeysel hem de hacimsel bir bozulma türü olarak gözlemlenen korozyon, yapının hizmet ömrü süresince meydana gelmektedir. Bu bozulma türünün önlenmesi için betondaki su/çimento oranının az olması, pas payı kalınlığının uygun seviyede olması, havanın donatı ile temasının kesilmesi için beton geçirimsizliğinin az olması ve aynı zamanda da boşluklu yapısının olmaması gibi birtakım önlemler alınabilir.

Önlemlerin alınmaması ya da yeterli olmaması durumunda meydana gelen korozyon için birtakım onarım uygulamalarıyla yapıya müdahale edilmelidir. İlk olarak yapılan muayeneler ile belirlenen bozulma türü için gerekli olan onarım gereksinimleri belirlenmeli ve ihtiyaçlar doğrultusunda onarım çalışmaları uygulanmaya başlanmalıdır. Paslanmaların meydana geldiği donatı ve yüzeyler pas lekelerinden arındırılarak bu kısımlara tamir harcı ile beton takviyesi yapılabilir. Ayrıca yapının yapısal bütünlüğünün sağlanabilmesi için çelik donatı takviyesi yapılabilir. Yapılan takviye çeliklere ek olarak ise korozyonun daha fazla ilerlemesini önlemek adına çeşitli kaplama malzemeleri de kullanılabilir. Uygulanan onarım çalışmaları belirli bir zaman süresince izlenmeli ve onarımların takibi sağlanmalıdır. Yapının karşılaşılabileceği olumsuz durumlar söz konusu olduğunda tekrar müdahale yapılmalıdır.

OKSİDASYON

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

Beton yüzeyinde herhangi bir kaplama malzemesi olmadığı için yüzey, hava ile sürekli olarak etkileşim halindedir. Böylelikle ortamdaki nem, rutubet, su ve oksijen gibi etmenler yüzeyden donatıya ulaşarak tepkime gerçekleşmektedir. Tepkimeler sonucunda paslanmaların oluşumu ve yüzeye pas lekeleri olarak yansıyan bu bozulma türü için birtakım tahribatsız muayene yöntemleri uygulanarak değerlendirmeler yapılmalıdır. Oksidasyonun meydana gelmesi ve önlenememesi orada korozyonun da meydana gelebileceğinin ilk belirtileri olarak düşünülebilir. Bu yüzden yapılacak muayeneler sonucunda yapının onarım ihtiyaçları belirlenmeli ve oluşan bozulmanın ilerlememesi için uygun müdahaleler gerçekleştirilmelidir.

Yapılacak tahribatsız muayeneler şu şekilde sıralanabilir.

- Öncelikle gözle muayene yapılarak görülen pas lekelerinin yapı yüzeyinde bulunduğu bölge ve konumu belirlenmelidir.
- Beton test çekici ve batma direnci (Windsor sondası) yöntemi kullanılarak betonun dayanıklılığı ve kalitesi hakkında bilgi alınmalıdır. Böylelikle yapının ihtiyaç duyduğu onarımlar belirlenerek uygun müdahale için değerlendirme yapılmalıdır.
- Betonun durumuna ilişkin bilgi alınırken ultrasonik titreşim hızı yöntemi de kullanılabilir. Ayrıca bu yöntemle iç kısımlardaki bozulmaların yüzeye

yansıttığı pas lekelerinin beton içerisindeki donatıdan kaynaklandığı bilinmekte olup bu süreksizliklerin derinlik bilgisine ulaşabilmek için kullanılabilir.






- Yapı yüzey ve iç kısımlarındaki süreksizliklerin tespiti için darbe-eko yöntemi de kullanılabilir.

- Yüzeylerdeki kılcal boşluk ve çatlaklardan içeriye giren havanın donatı ile temasının engellenebilmesi için yüzeydeki bu kılcal boşlukların sıvı emdirme ile muayene yöntemiyle tespit edilmesi gerekmektedir. Sonrasında donatıdaki paslanmalar ve tespiti yapılan bu boşluklar onarılarak bozulma engellenmeli ya da ilerlemesi durdurulmalıdır.

- Covermeter (pas payı ölçer) testi ile donatıların yerleri, çapları, aralıkları ve pas payı kalınlıkları belirlenmelidir. Pas payı kalınlığının belirlenmesiyle karbonatlaşmanın çelik donatılara olan etkilerine bakılmalıdır. Ayrıca yine bu yöntemle yapı elemanlarının dayanıklılığı da belirlenmiş olur. Böylelikle onarım ve güçlendirme çalışmaları için ön hazırlık yapılmış olunur.

- Radyografik (röntgen) ışınları ile muayene ile beton taşıyıcı sistemindeki malzemelere ilişkin ya da betonun iç yapısı hakkında bilgi alabilmek için inceleme yapılabilir. Ayrıca beton yüzeylere gönderilen ışınlarla gözlemlenemeyen yerlerdeki bozulmaların tespiti de sağlanabilir.

Tablo 6. 6: ODTÜ Kampüs Yapılarında ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen “Oksidasyon” Görünümü

GÖZLEMLENEN BOZULMALAR		
OKSIDASYON	 <p>(1)</p>	 <p>(2)</p>
	 <p>(3)</p>	 <p>(4)</p>
	 <p>(5)</p>	
	<p>(1), (2): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası. (3): ODTÜ Kafeterya Binası. (4): ODTÜ Sosyal Bilimler Binası. (5): ODTÜ Makine Mühendisliği Binası.</p>	

Tablo 6.6'in devamı

OKSİDASYON



(6)



(7)



(8)



(9)



(10)

(6), (7), (8), (9), (10): Nervi Köprüsü

Tablo 6.6'in devamı

OKSİDASYON	 <p>(11)</p>
	 <p>(12)</p>
<p>(11), (12): Nervi Köprüsü</p>	

Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Yapı yüzeylerinde kullanım ömrü süresinde oluşan bu bozulma türünün önüne geçilebilmesi için donatının ortamdaki hava ile temasının oldukça engellenmesi gerekmektedir. Bu yüzden tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak yüzeylerdeki ve iç kısımlardaki bozulmaların tespiti yapılmalı ve belirlenen onarım ihtiyaçları kapsamında uygun yöntemlerle müdahale edilmelidir. Ayrıca donatının yapı için

güçlendirme sağlaması ve sağlıklı bir şekilde dayanımını devam ettirebilmesi için belirli zaman aralıklarıyla muayene yapılması önem taşımaktadır.

ALKALİ-AGREGA REAKSİYONLARI

Cephelerde çatlaklar ve çatlakların ilerlediği bölgelerde parça kopmaları şeklinde karşımıza çıkan bu bozulma türü genellikle ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde gözlemlenmiştir.

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

Alkali agrega reaksiyonları sonucunda yüzeylerde kılcal çatlaklar ya da bal peteği dokusu görünümü olarak gözlemlenen bozulma türü zamanla yapının dayanıklılığını olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden belirli zaman aralıklarıyla tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak gerekli tespitler yapılmalıdır. Tespitler sonucunda yapının ihtiyaç duyduğu onarımlar gerçekleştirilmelidir. Yapıya uygulanabilecek muayeneler şu şekilde sıralanabilir.

- Öncelikle gözle muayene ile yapı yüzeylerinde gözlemlenen çatlak ve çatlaklar sonucunda oluşmuş parça kopmalarının yüzeydeki konumları belirlenmelidir. Gözle görülemeyecek boyuttaki çatlaklar için büyüteç, mikroskop gibi ekipmanlar kullanılmalıdır. Daha sonra belirlenen bu süreksizlikler eskiz çalışmalarıyla ya da fotoğraf makinesi ile kayıt altına alınmalıdır.

- Gözlemlenen diğer bozulma türlerinde uygulanan beton test çekici ve batma direnci (Windsor sondası) yöntemleri bu bozulma türünde de kullanılabilir. Yüzeydeki çatlaklar ve zamanla bunların büyümesi yapının dayanıklılığını etkilediği için belirli süreçlerle muayene yapılmalıdır. Yüzey sertlikleri ölçülerek basınç dayanımları ve kalitesi belirlenen yapıların onarıma ihtiyaç duyup duymadığına dair değerlendirme yapılmalıdır.

- Ultrasonik titreşim hızı yöntemi kullanılarak hem betonun iç yapısına ilişkin bilgi alınırken hem de yüzeydeki çatlak ve boşlukların tespiti sağlanabilir. Bu yöntemle laboratuvar ya da yerinde yapılan çalışmalarla betonun iç yapısındaki değişimin takibi yapılabilir.

- Radyografik (röntgen) ışınları ile muayene yöntemi kullanılarak malzemelerin iç yapısının belirlenmesinde ve çatlakların tespitinde kullanılabilen bir diğer yöntemdir.

- Yüzey ve iç kısımlarda meydana gelen bozulmaların tespitinde kullanılan darbe-eko yöntemiyle yüzeydeki çatlaklar, bal peteği oluşumu gibi bozulmaların boyutlarının da belirlenmesi için kullanılmalıdır.
- Gözle görülemeyen çatlakların tespitinde sıvı emdirme ile muayene yöntemi kullanılarak bu bölgelere uygun müdahaleler yapılmalı ve bu reaksiyonların meydana gelmesi engellenmelidir.



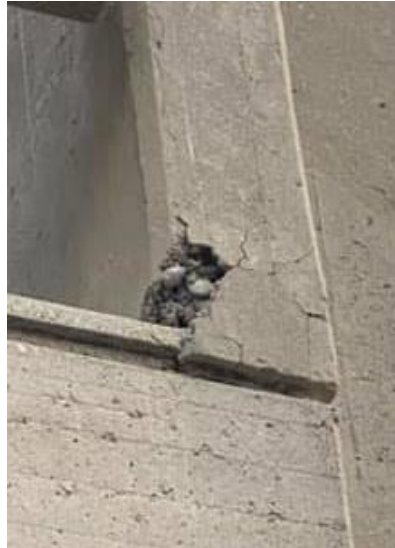
Tablo 6. 7: ODTÜ Kampüs Yapıları, Türk Dil Kurumu Binası ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen “Alkali-Agrega Reaksiyonları” Görünümü

ALKALİ-AGREGA REAKSIYONLARI

GÖZLEMLENEN BOZULMALAR



(1)



(2)



(3)

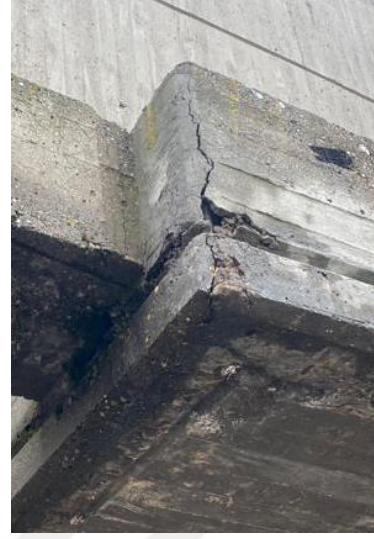
(1), (2): ODTÜ Kafeterya Binası.
(3): ODTÜ Kimya Bölümü Binası

Tablo 6.7'in devamı

ALKALİ-AGREGA REAKSİYONLARI



(4)



(5)



(6)



(7)



(8)



(9)

(4), (5): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası.
(6), (7): ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Binası.
(8), (9): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası

Tablo 6.7'in devamı

ALKALİ-AGREGA REAKSIYONLARI



(10)



(11)



(12)



(13)



(14)



(15)

(10): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası. (11): ODTÜ Makine Mühendisliği Binası. (12), (13): ODTÜ Mühendislik Merkez Binası.
(14): ODTÜ Endüstri Mühendisliği Binası.
(15): ODTÜ Yüksek Lisans Konukevi

Tablo 6.7'in devamı

ALKALI-AGREGA REAKSİYONLARI



(16)



(17)



(18)



(19)

(16): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası. (17): ODTÜ Fizik Bölümü Binası,
(18): ODTÜ Sosyal Bina, (19): Türk Dil Kurumu Binası

Tablo 6.7'in devamı

ALKALI-AGREGA REAKSIYONLARI



(20)



(21)



(22)

(20), (21), (22): Nervi Köprüsü

Alınacak Önlemler-Uygulanacak Onarımlar;

Yüzeylerde kılcal çatlaklar ya da parça kopmaları şeklinde gözlemlenen bu bozulma türünün engellenebilmesi için uygun agrega seçilerek beton dökümü gerçekleştirilmelidir. Yine ayrıca çimentodaki alkali seviyesinin az olması da ortaya çıkan bu durumu engellemektedir.

Alınan önlemlerin yetersiz kalmasıyla ortaya çıkan bu bozulma türü için tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak yapının dayanıklılığı, betonun iç yapısındaki değişimi, kalitesi gibi unsurlar belirlenmelidir. Belirlenen bu kavramlar doğrultusunda yapının onarım ihtiyaçları belirlenerek meydana gelen bozulmalara uygun müdahaleler gerçekleştirilmelidir. Yapılan onarım uygulamalarıyla yapının sağlıklı bir şekilde işlevini sürdürebilmesi için belirli bir süre takibi sağlanmalıdır.

YÜZEYDEN PARÇA KOPMASI

ODTÜ Kampüs Yapıları ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde gözlemlenen parça kopmaları, köprünün ana gövde altında ve kampüs yapılarının yüzeylerinde gözlemlenmiştir.

Uygulanacak Tahribatsız Muayene Yöntemleri;

Çeşitli etkenler sonucunda beton yüzeyinin çatlayıp küçük boyutlarda çukurluklar şeklinde gözlemlenen parça kopmaları, yapıların kullanım ömrünü etkileyecek durum oluşturmamaktadır. Fakat zamanla gözlemlenen bu bozulmaların boyutları artarsa yapının dayanıklılığı da etkilenmeye başlar. Bu yüzden bu bozulma türüne yönelik tahribatsız muayene yöntemleri kullanılarak yapı hakkında bilgiler alınmalı ve ihtiyaç durumunda uygun onarımlar gerçekleştirilmelidir.

- İlk olarak gözle muayene yöntemi kullanılarak yapı yüzeylerinde gözlemlenen parça kopmalarının boyutları ve yerleri belirlenerek eskiz ya da fotoğraflama gibi tekniklerle belgelenmelidir.

- Diğer bozulma türlerinde de kullanılan beton test çekici ve batma direnci (Windsor sondası) yöntemleri bu bozulma türünde de kullanılmalıdır. Meydana gelen bozulmaların boyutlarının zamanla artması durumunda yapı olumsuz etkileneceği için belirli zaman aralıklarıyla bu yöntemlerle yapının dayanıklılığı ve kalitesi gibi nitelikleri belirlenmelidir.




- Betonun iç yapısı hakkında bilgi alabilmek için ultrasonik titreşim hızı yöntemi kullanılabilir. Böylelikle de yine yapının basınç dayanımı ve kalitesi hakkında

bilgi alınması, ihtiyaç duyulması durumunda gerekli onarımlar gerçekleştirilmesi için önemlidir.

- Darbe-eko yöntemi, yapının yüzey ve iç kısımlarında meydana gelen bozulmaların tespit edilebilmesi için kullanılabilir.



Tablo 6. 8: ODTÜ Kampüs Yapıları ve Nervi (Opera) Köprüsü'nde Gözlemlenen
“Yüzeyden Parça Kopması” Görünümü

GÖZLEMLENEN BOZULMALAR		
YÜZEYDEN PARÇA KOPMASI	 <p>(1)</p>	 <p>(2)</p>
	 <p>(3)</p>	 <p>(4)</p>
	<p>(1): ODTÜ Kimya Bölümü Binası. (2): ODTÜ Elektrik Elektronik Mühendisliği Binası. (3): ODTÜ Çevre Mühendisliği Binası. (4): ODTÜ İnşaat Mühendisliği Binası.</p>	

Tablo 6.8'in devamı

YÜZEYDEN PARÇA KOPMASI



(5)

ODTÜ Makine Müh. Binası



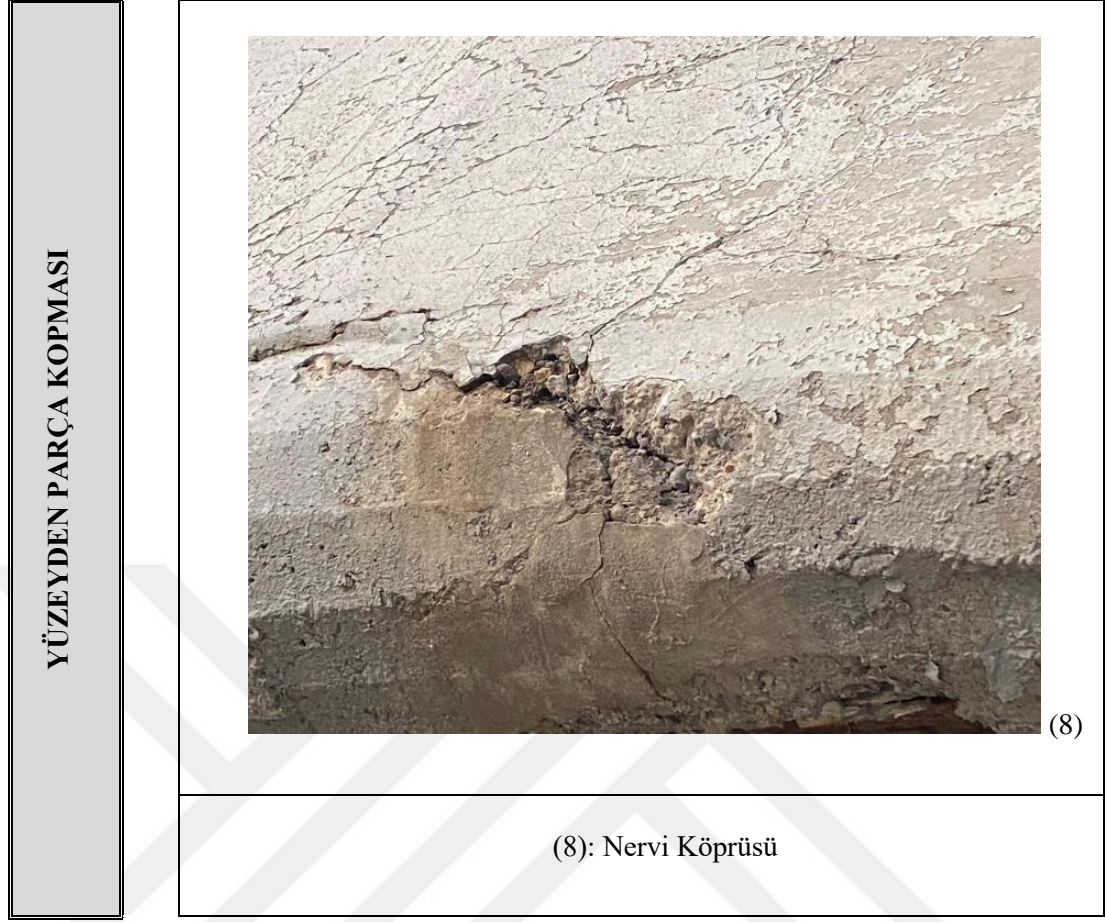
(6)



(7)

- (5): ODTÜ Makine Müh. Binası
(6): ODTÜ Fizik Bölümü Binası
(7): ODTÜ Mimarlık Fakültesi Binası

Tablo 6.8'in devamı



Alınacak Önlemler- Uygulanacak Onarımlar;

Meydana gelen bu bozulma türüne engel olabilmek için yapının inşası aşamasında su/çimento oranının düşük olduğu beton ve dayanıklı agrega kullanılarak uygun kür yöntemleri uygulanmalıdır.

Uygun malzeme ve yöntem kullanılmayarak inşa edilen yapılarda önüne geçilemeyen bu bozulma türü için uygun onarımlar gerçekleştirilmelidir. Uygulanacak bu müdahaleler, tahribatsız muayene yöntemleriyle belirlenen onarım ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yapılmalıdır. Meydana gelen parça kopmalarının boyutlarına göre değişiklik gösteren onarımlar; tamir harcı ile onarılabilecek boyuttaysa onarılır fakat daha büyük boyutta ise o bölgeye ince bir yüzey olarak beton kaplama yöntemi uygulanmalıdır. Daha sonra yapı, uygulanan onarımların yapının hizmet ömrü için beklentileri karşılayıp karşılamadığının belirlenebilmesi için izlenmelidir. Ayrıca bozulmaların tekrar meydana gelip gelmeyeceğinin kontrolü için de belirli bir süre boyunca yapının takibi sağlanmalıdır.

BÖLÜM VII

SONUÇ

Ülkemizdeki betonarme yapılara ilişkin literatür incelendiğinde çalışmaların çoğunluğu Türkiye'nin deprem ülkesi olması nedeniyle betonarme yapıların genellikle deprem altındaki davranışlarını incelenmek ve bu yapıların güçlendirilmesi hakkında olduğu görülmektedir. Oysaki yakın dönem mimarlık tarihimiz açısından önemli yapıların neredeyse tamamı tarihi betonarme olarak tanımlanan konvansiyonel betonarme yapım teknikleri ile yapılmıştır. Üstelik bu yapıların bugün bir kısmı 100 yaşını aşarak tarihi yapı kapsamına girmeye başlamıştır. 20. yüzyılın ikinci yarısında ülkemizde yaygınlaşan brüt beton yapılar ise tarihi betonarme olmalarına ek olarak brüt beton yüzeyleri ile özgün nitelikler taşımaktadırlar. Bu yapılar hem tasarımları ve tasarımcıları hem de yapım teknolojileri açısından kendine has özellikleri ile inşa edildiği dönemin tarihi ve mimari özelliklerini yansıtır. Bu nedenle bu yapıların gelecek nesillere sağlıklı aktarılması oldukça önemlidir. Tarihi yapı statüsüne giren bu yapılarda, uygulama aşamasında, kullanım süresince ya da kullanım ömürlerini doldurmalarına yakın “petek dokusu”, “beton yüzeyinde boşluklar”, “renk düzensizliği”, “soğuk derz”, “çiçeklenme”, “oksidasyon”, “korozyon”, “alkali-agrega reaksiyonları” ve “yüzeyden parça kopması” süreksizlikleri meydana gelmekte olup bu yapıların korunarak gelecek nesillere sağlıklı aktarılabilmesi için bozulma türlerinin tespit edilmesi gerekmektedir.









Bu tespitlerin sağlanmasında günümüzde de geliştirilmekte olan tahribatsız muayene yöntemlerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu yöntemlerin kullanılmasında; düşük maliyetli olması, tahribat vermemesi, kolay taşınabilir olması ve az sayıda ekipmanlarla uygulanabilmesi gibi avantajlarının olması etkili olmuştur. Ayrıca bu muayene yöntemleri belirli zaman aralıklarıyla yapıya uygulandığında yapının ihtiyaç duyduğu onarım ve güçlendirme çalışmaları için yapının duyduğu ihtiyacı azaltması da bu yöntemlerin tercih edilmesi için önemli bir etken olmuştur.

Yapılan araştırmalar kapsamında Ankara'dan seçilen “ODTÜ Kampüs Yapıları”, “Türk Dil Kurumu Binası”, “Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi” ve “Nervi (Opera) Köprüsü” brüt beton yapıları üzerinden incelemeler yapılmıştır. Yapılar için yapılan alan çalışmasında “petek dokusu”, “beton yüzeyinde boşluklar”, “renk düzensizliği”, “ieklenme”, “korozyon”, “oksidasyon”, “alkali-agrega reaksiyonları” ve “yüzeyden parça kopması” gibi bozulma eşitleri türleri gözlemlenerek görsel olarak kayıt altına alınmıştır.

Bozulma tiplerine yönelik uygulanması gereken “gözle muayene”, “beton test çekici (Schmidt çekici)”, “ultrasonik titreşim hızı”, “darbe-eko”, “sıvı emdirme (penetran sıvısı)”, “covermeter (paspayı ölçer) testi”, “batma direnci (Windsor sondası)”, “radyografik muayene (röntgen) ışınları ile muayene (X Ray, Gama Ray)” gibi tahribatsız muayene yöntemleri belirlenmiştir. Bu yöntemler detaylı bir şekilde açıklanarak kullanılması gereken ekipmanlar, ekipmanların nasıl kullanıldığı, hangi amaçla ve nasıl uygulandığı, sahip oldukları avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir. Böylelikle bu yöntemlerin kullanılmasıyla yapı yüzeylerinde gözle görülemeyen boşluklu yapıların belirlenebileceği, açığa çıkan çatlakların boyut ve derinlik bilgisine ulaşılabileceği, betonun detaylı görüntülenmesiyle iç yapısı hakkında bilgi alınarak betonun direncinin ve kalitesinin değerlendirebileceği bilgisine ulaşılmıştır.

Bu yapılarda oluşan bozulmalar hem yerinde gözlemlenerek hem de araştırmalardan elde edilen veriler kapsamında türlerine göre uygulanması gereken muayene yöntemleri açıklanmıştır. Aynı zamanda yüzey bozulmaları, taşıyıcı sistemde de bozulmaların görülmesinde birtakım etkenler oluşturduğundan yapının iç yapısı hakkında da bilgi alınması için yine uygun muayene yöntemleri ifade edilmiştir (Tablo 6.9).

Tablo 6. 9: Bozulma Türlerine Göre Uygulanacak Metotlar

BOZULMA TÜRÜ	PETEK DOKUSU	BETON YÜZEYİNDE BOŞLUKLAR	RENK DÜZENSİZLİĞİ	ÇİÇEKLENME	KOROZYON	OKSİDASYON	ALKALİ-AGREGA REAKSİYONLARI	YÜZEYDEN PARÇA KOPMASI
UYGULANACAK TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMİ	Gözle muayene Beton test çekici Ultrasonik titreşim hızı Batma direnci (Windsor sondası)	Gözle muayene Beton test çekici Ultrasonik titreşim hızı Darbe-eko Batma direnci (Windsor sondası) Radyografik (Röntgen) ışınları	Gözle muayene Beton test çekici Ultrasonik titreşim hızı Batma direnci (Windsor sondası)	Gözle muayene Sıvı emdirme Darbe-eko Beton test çekici Ultrasonik titreşim hızı Batma direnci (Windsor sondası)	Gözle muayene Beton test çekici Batma direnci (Windsor sondası) Ultrasonik titreşim hızı Darbe-eko Sıvı emdirme Covermeter (paspayı ölçer) testi Radyografik (Röntgen) ışınları	Gözle muayene Beton test çekici Batma direnci (Windsor sondası) Ultrasonik titreşim hızı Darbe-eko Sıvı emdirme Covermeter (paspayı ölçer) testi Radyografik (Röntgen) ışınları	Gözle muayene Beton test çekici Batma direnci (Windsor sondası) Ultrasonik titreşim hızı Darbe-eko Sıvı emdirme	Gözle muayene Beton test çekici Batma direnci (Windsor sondası) Ultrasonik titreşim hızı Darbe-eko
GÖZLEMLENEN BOZULMALAR								
ÖNERİLEN ONARIM YÖNTEMİ	Onarımın yapılacağı alan tamamen temizlenerek tamir harcı ile hasarlı bölgenin onarımı sağlanabilir.	Yüzeylerdeki bu boşlukların içi polimer ile geliştirilmiş olan ince harç kullanılarak doldurulabilir.	Yüzeylerdeki bu renk farklılıklarının gözlemlendiği yüzeyler, sıcak su kullanılarak fırçalanmalıdır. Ayrıca %20-30 oranında dimonyum sitrat çözeltisi kullanılması da diğer bir onarım yöntemidir.	Bozulmanın gözlemlendiği betonun yüzeyi basınçlı su, %5'lik tuzruhu bulunan su ya da %20 oranında sirkeli su ile yıkanabilir. Ayrıca yüzeyin sert bir fırça ile fırçalanmasıyla ya da bazı asit çözeltileri kullanılarak onarımı sağlanabilir. Çiçeklenme sonucunda zamanla yüzeylerde oluşan çatlaklar, tamir harcı ya da epoksi reçinesi çimento şerbeti ile onarımı yapılabilir. Bu uygulamalar sonucunda çatlakların büyümesi söz konusu olduğunda ise mekanik bağlayıcılar kullanılarak onarılmalıdır.	Korozyon ile ortaya çıkan betondaki bozulmanın onarımı için beton yüzeyi veya donatı temizlenerek beton takviyesi yapılmalıdır. Ayrıca yapıdaki yapısal bütünlüğün sağlanması için takviye çeliklerle müdahale edilebilir. Takviye çeliklere ilave olarak korozyonu önleyici kaplama malzemeleri kullanılarak da müdahaleler gerçekleştirilebilir.	Bu bozulma türünün önüne geçilmesi ya da ilerlememesi için donatının ortamdaki hava ile temasının oldukça engellenmesi gerekmektedir. Bu yüzden de yüzeylerde meydana gelen bu bozulmaların bulunduğu kısımlar tamamen temizlenerek beton takviyesi yapılmalıdır.	Yüzeylerde kılcal çatlaklar ya da parça kopmaları şeklinde gözlemlenen bu bozulma türü zamanla yapının dayanıklılığını olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden de açığa çıkan bu süreksizliğin gözlemlendiği kısımlar tamir harcı ile onarılarak ilerlemeleri durdurulmalıdır.	Yüzeylerde oluşan bu bozulmaların onarımı için büyüklüğüne göre yapılan işlem değişmekle beraber hasarın olduğu alan tamir harcı ile onarılabilir. Fakat parça kopması büyük bir yüzeyde görülmüşse bu bölgeye ince bir tabaka halinde beton kaplama uygulanmalıdır.

Brüt beton yapılara uygulanan tahribatsız muayeneler sonucunda yapıların onarıma ihtiyaç duyması durumunda elde edilen bulgulara göre rehabilite edilmesi gerekmektedir. Çalışmada hedeflenen amaç doğrultusunda ihtiyaç durumunda uygulanması gereken işlemler, literatür araştırması ve beton koruma süreci diyagramı üzerinden açıklanmıştır.

Beş temel aşamadan oluşan beton koruma sürecinde öncelikli olarak uzman kişiler tarafından oluşan bir ekiple proje planlama aşaması gerçekleştirilmelidir. Daha sonra uygulanan muayenelerle yapıların koruma ve onarım ihtiyaçları belirlenerek çeşitli koruma ve onarım yaklaşımları geliştirilmelidir. Belirlenen bu aşamalardan sonra yapının ihtiyacı durumunda bozulmalara uygun onarım yöntemleriyle müdahale edilerek belirli bir süre takibi sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Bütün çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda bozulmaların tespiti sağlanmasında, yapıların dayanımı ve kalitesinin belirlenmesinde “beton test çekici (Schmidt çekici)”, “ultrasonik titreşim hızı”, “darbe-eko”, sıvı emdirme (penetran sıvısı)” ve batma direnci (Windsor sondası)” yaygın olarak kullanılan metotlar olarak ifade edilebilir.

Alan çalışmasında yapılarda gözlemlenen bozulma türleri, “yıkılmaya neden olabilecek bozulmalar” ve “estetik bozulmalar” olarak ifade edilebilir. Yıkılmaya neden olabilecek bozulmalar, “korozyon, alkali-agrega reaksiyonları ve yüzeyden parça kopması”, estetik bozulmalar ise “çiçeklenme, petek dokusu, beton yüzeyinde boşluklar, renk düzensizliği ve oksidasyon” dur. Yıkılmaya neden olabilecek bozulmalar yapının dayanımını etkileyeceği için bu bozulmalara yönelik iyileştirmelere öncelik verilip gerekli ihtiyaçlar doğrultusunda onarımlar uygulanmalıdır.

Brüt beton yapılarda görülen bozulmaların çoğu “korozyon”, “çiçeklenme” ve “alkali-agrega reaksiyonları” üzerinedir. Ardından da “petek dokusu”, “beton yüzeyinde boşluklar”, “renk düzensizliği”, “oksidasyon” ve “yüzeyden parça kopması” bozulma tipleri gelmektedir. Yaygın görülen “korozyon”, “alkali-agrega reaksiyonları” bozulma türleri için gerekli onarımlar yapılmadığında donatılar olumsuz etkilenecek yapının kullanım ömrünü kısaltmaktadır. Bu yüzden de bu bozulmalara yönelik iyileştirmeler aciliyet kazanmakta olup beton ve çelik takviyeleriyle uygun onarımlar yapılarak ilerlemeleri durdurulmalıdır.

Onarım ve iyileştirme çalışmalarına ilişkin kaynak sıkıntısı yaşanmakta olup bu durum günümüzde tarihi yapı statüsüne yavaş yavaş geçmeye başlayan betonarme yapılardaki bozulmaların yeni yeni görülmeye başlamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak yapılara belirli zaman aralıklarıyla gerçekleştirilen uygun muayeneler neticesinde gerekli önlemler alınıp onarımlar uygulanmasıyla sağlıklı ve korunarak geleceğe devredilebilmesinde çözüm yollarının sağlanabilmesi için çalışmanın bir adım niteliğinde olması hedeflenerek gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma, gelecekte yapılacak olan tarihi betonarme yapılardaki bozulmaların tahribatsız muayene yöntemleriyle tespitleri sağlanarak korunması ve onarılmasına yönelik çalışmalar için bir altlık oluşturmaktadır. Yapılacak olan çalışmalarda, Türkiye'deki bütün brüt beton yapıların bir envanteri çıkarılabilir ve bu yapılardaki bozulma tipleri tahribatsız muayene yöntemleriyle tespit edilebilir. Yapıların ihtiyaçları durumunda gerekli onarım yöntemleri disiplinler arası çalışmalarla birlikte yürütülebilir.

KAYNAKÇA

- AKAKIN Tümer ve ENGİN Yasin (2010), “Beton Dökümünde ve Sonrasında Yaşanan Problemler ve Çözümler, *Türkiye Hazır Beton Birliği*.
- AKÇAL Ayşe Hilal (2002), *Y. Müh. Mimar Behruz Çinici Yapıtlarının Analizi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- AKGÜN Berrin (1999), “T.T.K. (Türk Tarih Kurumu) Binasında İçerik-Biçim İlişkileri Üzerine”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt:1, Sayı:1, ss.104-113, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/228424>.
- AKSU Özlem (2007), *Yerel Kültür ve Mimarlık İlişkisi: Cengiz Bektaş Örneği*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.
- AKÖZ Fevziye (2005), *Yığma Yapılarda Hasar Tespiti Deney ve Ölçüm Yöntemleri, Yığma Yapılarda Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştay*, ODTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı, Ankara,
<http://www.spim.metu.edu.tr/turkish/sunular/Sunu%20Fevziye%20Akoz.pdf>
- AKÖZ Fevziye, ÇAKIR Özgür (2004), “Alkali Agrega Reaksiyonunun Betonda Neden Olduğu Hasarların Deneysel Olarak Araştırılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı, *Türkiye İnşaat Mühendisliği XVII. Teknik Kongre ve Sergisi, Kongre Sempozyum Bildiriler Kitabı*, s:503-506, İstanbul,
<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/10158.pdf>
- ALKAN Adnan ve OBUT BİLİM Zehra (2021), “Lokasyon Katsayısı Yaklaşımı İle Türkiye Çimento Sanayiinde Bölgesel Yoğunlaşma”, *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), ss.101-113.
- ALP Seval (2019), Brütalist Mimari ve Heykel İlişkisi: David Umemoto'nun Heykelleri, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayı, ss.1-16.

- ARSLAN Metin (2001), *Beton (Dökümü, Kalıpları, Kusurları, Dayanıklılığı)*, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- BARADAN Bülent, YAZICI Halit ve AYDIN Serdar (2012), *Beton*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:334, İzmir.
- BARADAN Bülent ve AYDIN Serdar (2013), “Betonun Durabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık)”, *Hazır Beton Dergisi*, Kasım-Aralık, ss.54-68.
- BARBOT P. (2019), “Notre-Dame de Royan”, *Association de Defense de L’eglise de Royan*.
- BAZZUCCHI Fabio, RESTUCCIA Luciana, FERRO Giuseppe Andrea (2018), “Considerations over the Italian road bridge infrastructure safety the Polcevera viaduct collapse: past errors and future perspectives”, *Frattura ed Integrità Strutturale*, 46, p.400-421, https://www.researchgate.net/publication/328133266_Considerations_over_the_Italian_road_bridge_infrastructure_safety_after_the_polcevera_viaduct_collapse_Past_errors_and_future_perspectives.
- BEKEM İlknur, GÜLTEKİN Arzuhan Burcu ve DİKMEN Çiğdem Belgin (2009), “Yapı Ürünlerinin “Hizmet Ömrü” Açısından İrdelenmesi: Betonarme Örneği”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, 13-15 Mayıs, Karabük.
- BEKTAŞ Cengiz (1979), *Mimarlık Çalışmaları (Proje Uygulama)*, Yaprak Kitabevi, Ankara.
- BERNSTEIN Fred A. (2007), “Geçmiş Yolculuk”, *New York Times*, 5 Nisan 2007, <https://v3.arkitera.com/h15791-gecmise-yolculuk.html>.
- BİNGÖL Şinasi (2013), *Beton Basınç Dayanımının Birleştirilmiş Tahribatsız Yöntemlerle Belirlenmesi*, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gümüşhane.
- BURKHARDT B. (1997), “A Modern Movement in Engineering, Technology and Architecture”, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.24-30, the Netherland.

- CARINO Nicholas J. (2004), "Stress Wave Propagation Metots", *İçinde, Nondestructive Testing of Concrete*, Ed. V. M. Malhotra and N. J. Carino, Second Edition, Crc Press, ss.14-1, 14-28, https://www.researchgate.net/publication/243776217_CRC_Handbook_on_Nondestructive_Testing_of_Concrete.
- CİLASON Necat ve AKSOY Necdet (2000), *Beton Yapı Hasarları Onarım ve Korunması ve Sıcak İklimlerde Beton*, Lebib Yalkın Yayınları, https://www.academia.edu/1534146/Beton_Yap%C4%B1_Hasarlar%C4%B1_Onar%C4%B1m_ve_Korunmas%C4%B1_ve_S%C4%B1cak_%C4%B0klimlerde_Beton.
- CROFT Catherine, MACDONALD Susan, OSTERGREN Gail (2019), *Concrete: Case Studies in Conservation Practice (Conserving Modern Heritage)*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, <https://books.google.com.tr/books?id=xWN5DwAAQBAJ&pg=PA141&dq=The+Fair+Face+of+Concrete:+Conservation+and+Repair+of+Exposed+Concrete&hl=tr&sa=X&ved=0ahUKEwjO6aSEh4bpAhWimFwKHdi7APIQ6AEIMTAB#v=onepage&q=The%20Fair%20Face%20of%20Concrete%3A%20Conservation%20and%20Repair%20of%20Exposed%20Concrete&f=false>
- DELORME Franck (2017), "Guillaume Gillet, la liaison de l'art monumental et des arts plastiques, principe ouréalité ? Le cas des vitraux de l'église Notre-Dame à Royan", *In Situ*, 32 | 2017, mis en ligne le 18 juillet 2017, consulté le 28 juillet, <https://journals.openedition.org/insitu/14998>.
- DİKMEN Ayşegül (2018), *Mimari Beton Yüzeylerin Tasarımına ve Uygulamasına Yönelik Öneri Hazırlanması ve İstanbul'daki Mimari Beton Yüze Sahip Olan Yapıların İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- DOĞRU Alperen (2014), *Uçak Gövde Kanatlarında Oluşan Hasarların Tahribatsız Muayene Yöntemleriyle Tespiti*, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa.
- DÖLEN Emre ve KORALTÜRK Murat (2004), *İlk Çimento Fabrikamızın Öyküsü*, Lafarge Aslan Çimento&Tarih Vakfı, İstanbul.

- ELMALI ŞEN Derya, MİDİLLİ SARI Reyhan, SAĞSÖZ Ayşe ve AL Selda (2014), “1960-80 Cumhuriyet Dönemi Türk Mimarlığı”, *Turkish Studies-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic Volume 9/10 Fall 2014*, p. 541-556, Ankara.
- ENGİN Nihan ve VURAL Nilhan (2005). “Brüt Betonun Mimaride Kullanımı”, *Hazır Beton Dergisi*, Sayı: 68, s:62-67, <https://docplayer.biz.tr/6375630-Brut-betonun-mimaride-kullanimi.html> , ET. 14.03.2020.
- ENGİN Yasin (2014), *Betonda Görülebilecek Problemler: Yüzey Problemleri, Döküm ve Yerleştirme Problemleri, Betonun Olumsuz Etkileyen Çevresel Etkiler*, <https://www.betonvecimento.com/wp-content/uploads/2014/12/beton-ilgili-problemler.pdf>.
- ER AKAN Aslı ve ÖRMECİOĞLU Hilal Tuğba (2012), “Brüt Beton Yapıların Kullanım Ömrü ve Onarım Teknikleri”, *Mimarlık*, Sayı:366, <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=380&RecID=2980>, ET. 22.02.2020.
- ERCAN Emre (2010), *Tarihi Yığma Yapıların Güvenliklerinin Analitik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- ERDAL Mürsel (2002), *Beton Basınç Dayanımının Bazı Tahribatsız Test Yöntemleriyle Belirlenmesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ERDEMİR Zühal (2016), *Loft Kavramına Farklı Bir Bakış Açısı: “Brütalizm”*, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul.
- ERDOĞAN Kasap Mustafa (2020), *Malzemelerin NDT Kontrolü Tahribatsız Muayene*, Non-destructive Testing Inspection Metots, Rev.01, [http://www.gmim.yildiz.edu.tr/images/files/NDTSunum\(2\).pdf](http://www.gmim.yildiz.edu.tr/images/files/NDTSunum(2).pdf), ET.
- ERDOĞAN Turhan Y. (2021), *Beton*, Yedinci Baskı, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- ERİÇ Murat (2002), *Yapı Fiziği ve Malzemesi*, İkinci Basım, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- ERKOL İDİL (2016), *Türkiye Mimarlığı 'nda Modernizmin Revizyonları (1960-1980)*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

- ERSOY Ali (2004), *Değişik Maksimum Dane Boyutlu Agregalı Betonların Elastisite Modülleri*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ERSOY Sefa (2015), *Farklı Sınıflarda Beton Üretimi ve Bağ Yapılarını Etkileyen Faktörler*, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya.
- GAUDETTE P.E. ve HUNDERMAN H. J. (1997), “A multiphased approach, Promontory apartments, Chicago (Mies van der Rohe, 1949)”, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, the Netherland, p:127-134.
- GAUDETTE Paul and SLATON Deborah (2007), *Preservation of Historic Concrete*, Preservation Briefs (15).
- GIATEC SCIENTIFIC (2017), “The History of Concrete”, <https://www.giatecscientific.com/education/the-history-of-concrete/>, ET. 04.09.2021.
- GOOGLE EARTH, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi konumu, ET. 20.08.2021.
- HALİLOĞLU Hüseyin Can (2016), *Tahribatsız Muayenede İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi*, Gedik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- HAZIR BETON BİRLİĞİ (2016), THBB 2016 Mimarlık Ödülleri, *Hazır Beton Dergisi*, Sayı 138, syf:83-86.
- HELLIER Charles (2003), *Handbook of Nondestructive Evaluation*, McGRAW-HILL Companies.
- HİGHMORE Ben (2006), Rough Poetry: Patio and Pavilion Revisited, *Oxford Art Journal*. Volume 29 (2) – Jun 1, <https://www.deepdyve.com/lp/oxford-university-press/rough-poetry-patio-and-pavilion-revisited-UM7QOaXRUV>, ET. 04.03.2021
- HOLA Jerzy and SCHABOWICZ Krzysztof (2010). “State of the art non-destructive metots for diagnostic testing of building structures—anticipated development trends. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10 (3), 5-18, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1644966512601332>, ET. 04.03.2021.

- HONDEL A. (1997), “Concrete Diagnose, Failure and Repair of Reinforced Concrete, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.57-60, the Netherland.
- FAY Kurt F. (2015), *Reclamation Managing Water in the West: Guide to Concrete Repair*, Second Edition.
- IAEA (2000), *Liquid Penetrant and Magnetic Particle Testing at Level 2*, VIENNA
- IAEA (2002), *Guidebook on non-destructive testing of concrete structures*, Viyana: IAEA.
- İLHAN İbrahim (2000), Beton (Schmidt) Çekici Ne İşe Yarar?, TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 410-2000/6, ss. 27-29, <https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/2215.pdf> , ET. 06.04.2021.
- JONGE W. (1997), “Concrete repair and material authenticity, Evaluation of electro-chemical preservation techniques”, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.74-82, the Netherland.
- KABAY Nihat ve AKÖZ Fevziye (2004), “Yapıda Beton Kalitesinin Tahribatlı ve Tahribatsız Yöntemlerle Belirlenmesi”, *Türkiye İnşaat Mühendisliği 17. Teknik Kongre*, 15-17 Nisan, 482-486, İstanbul.
- KAPKAÇ Feyyaz (2013), Çimento Çeşitleri, Özellikleri, Hammaddeleri ve Üretim Aşamaları, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, *Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, Ankara, ss.223-232, https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_16/223.pdf.
- KAPLAN Tuğçe (2020), *Cengiz Bektaş ile Mimari Üretimleri Üzerine Söyleşi*, SALT/ Garanti Kültür A.Ş., İstanbul, https://saltonline.org/media/files/cengiz_bektas_010620_scrd.pdf.
- KARAGÜLER Mustafa Erkan (2014), “Mimari Beton Uygulamaları”, *Hazır Beton*, Eylül-Ekim, Sayı 125, ss.73-83, <https://www.thbb.org/media/2006/dergi125.pdf>, ET.22.04.2020.
- KARAGÜLER Mustafa Erkan (2017), “Mimari Beton Uygulamaları”, *2017(ŞB-1) Mesleki Eğitim Seminerleri*, İTÜ Mimarlık Fakültesi.

- KAROLYFI K. ve PAPP F. (2018), "Evaluation of Fair-Faced Concrete Surfaces Using Digital Image Processing", *Proc. of the 12th fib International PhD Symposium in Civil Engineering Aug 29 to 31*, Czech Technical University in Prague, Prague, Czech Republic, Department of Structural and Geotechnical Engineering, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Transport Sciences, Hungary.
- KESKİNEL Fikret, ÇILI Feridun, AKA İsmet ve ÇELİK Oğuz Cem (2001), *Betonarme*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- KORTAN Enis (1974), *Türkiye'de Mimarlık Hareketleri ve Eleştirisi 1960-1970*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, Ankara.
- KORTAN Enis (1986), *XX. Yüzyıl Mimarlığına Estetik Açından Bakış*, Yaprak Yayınları, Ankara.
- KUBAN Doğan (2009), Dün, Bugün, Yarın (Başlık): Betonarme ve Modern Mimari(Bölüm), *Çimsa*, ss.20-41, [https://www.cimsa.com.tr/ca/docs/4EE5A72FBE584AACAA71AD4762FA91/FF5CD8B2BCC44A70A275D3BAB684DEB1 .pdf](https://www.cimsa.com.tr/ca/docs/4EE5A72FBE584AACAA71AD4762FA91/FF5CD8B2BCC44A70A275D3BAB684DEB1.pdf).
- LARDINOIS Sara (2017), Phase 1: Research and Investigative Results and Preliminary Conservation Proposals, *Salk Institute for Biological Studies Conservation Project: Teak Window Wll Assemblies*, The Getty Conservation Institute Los Angeles, https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/salk_report.pdf , ET. 14.05.2020.
- LIU Tony C. and MILLSTEIN Leonard (1999), Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation, *Reported by ACI Committee 364*.
- MACDONALD Susan and ARATO GONCALVES Ana Paula (2020), *Conservation Principles for Concrete of Cultural Significance*. Principles. Los Angeles: Getty Conservation Institute. http://hdl.handle.net/10020/gci_pubs/conservation_principles_conc etc.
- MALHOTRA V. Mohan (2004), "Surface Hardness Metots", *İçinde, Nondestructive Testing of Concrete*, Ed. V. M. Malhotra and N. J. Carino, Second Edition, Crc Press, ss. 1-1, 1-13, https://www.researchgate.net/publication/243776217_CRC_Handbook_on_Nondestructive_Testing_of_Concrete.

- MALHOTRA V. Mohan and CARETTE Georges G. (2004), “Penetration Resistance Metots”, *İçinde, Nondestructive Testing of Concrete*, Ed. V. M. Malhotra and N. J. Carino, Second Edition, Crc Press, ss.2-1, 2-15, https://www.researchgate.net/publication/243776217_CRC_Handbook_on_Nondestructive_Testing_of_Concrete.
- MERAL Merve (2016), *Mimarlıkta Biçim ve Strüktür İlişkisinin Tasarıma Yansımaları: Güncel Betonarme Yaklaşımlar Üzerine Bir İnceleme*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- METAL TEKNOLOJİSİ (2011), *Tahribatsız Muayene*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- MILILLO Pietro, GIARDINA Giorgia, PERISSIN Daniele, MILILLO Giovanni, COLETTA Alessandro and TERRANOVA Carlo (2019), “Pre-Collapse Space Geodetic Observations of Critical Infrastructure: The Morandi Bridge, Genoa, Italy”, *Remote Sensing*, p.1-14.
- MORANDİ Riccardo (1979). “The Long-term Behaviour of Viaducts Subjected to Heavy Traffic and Situated in an Aggressive Environment: The Viaduct on the Polcevera in Genoa”, *IABSE reports of the working commissions*. p.169-180, <https://webapi.ingenio-web.it/immagini/file/byname?name=riccardo-morandi-durabilita-ponte-pp.pdf>.
- NAIK Tarun R., MALHOTRA V. Mohan and POPOVICS John S. (2004), “The Ultrasonic Pulse Velocity Metot”, *İçinde, Nondestructive Testing of Concrete*, Ed. V. M. Malhotra and N. J. Carino, Second Edition, Crc Press, ss.8-1, 8-14, https://www.researchgate.net/publication/243776217_CRC_Handbook_on_Nondestructive_Testing_of_Concrete.
- NAS Hüsamettin (2019), Yapılarda Hasar Tespiti, Ders Notu, Siirt Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İnşaat Teknolojisi Bölümü, [https://www.siirt.edu.tr/dosya/personel/yapilarda-hasar-tespiti-ders-notu-\(pdf\)-siirt-201951613414198.pdf](https://www.siirt.edu.tr/dosya/personel/yapilarda-hasar-tespiti-ders-notu-(pdf)-siirt-201951613414198.pdf), ET. 02.0.2020.
- NEVILLE ADAM M. (1995), *Properties of Concrete*, 5th Edition, Malaysia, <https://pdfcoffee.com/properties-of-concrete-fifth-edition-a-m-neville-pdf-pdf-free.html>, ET. 20.05.2021.

- NUSTAD G.E. (1997), “Preserving more... by doing less!, Principles of electro-chemical concrete repair”, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.61-63, the Netherland.
- OKUMUŞ Merve (2021), Mühendislik Merkez Binası [fotoğraf]. Odtü, Ankara.
- OKUMUŞ Merve (2021), Türk Dil Kurumu Binası [fotoğraf]. Ankara.
- OKUMUŞ Merve (2021), Ergoterapi Bölümü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü [fotoğraf]. Ankara.
- OKUMUŞ Merve (2021), Nervi(Opera) Köprüsü, Yüzeydeki parça kopmaları, Sızıntılardan kaynaklı yüzeydeki lekeler, Yapı elemanlarında paslanma [fotoğraf]. Ankara.
- ONION Rebecca (2013), “When Edison Tried to Make Single-Pour Concrete Houses Happen”, <https://slate.com/human-interest/2013/06/thomas-edison-the-inventor-s-patent-for-the-construction-of-all-concrete-houses.html>, ET. 04.09.2021.
- OUĞİN P. (1997), “A delay of decay, Notre Dame the Royan”, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.105-111, the Netherland,
- ÖRMECİOĞLU Hilal Tuğba (2018), “Tarihi betonarme Köprüler Tehlikeli Mi? Morandi Köprüsü”, *Mimarlık Dergisi*, Sayı:404, ss:15-21, <http://www.mo.org.tr/mimarlikDergisiDocs/pdf/MIMARLIK404.pdf#page=18>.
- ÖRMECİOĞLU Hilal Tuğba, ER AKAN Aslı, (2012). *Cantiere Nervi: La Costruzione di Un'Identità*, Chapter Name: An Unknown Work of Pier Luigi Nervi: The Opera Road Bridge in Ankara, Skira Addison-Wesley Italia Editoriale s.r.l., Editör:Gloria Bianchino e Dario Costi, Milano, Basım sayısı:1, Sy. 336.
- ÖZBAKAN Feyzal (2007), Korumada Güncel Bir Teknolojik Sorun: Betonarmenin Mirası, *Mimarlık dergisi*, Sayı:338, <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=288&RecID=1653>, ET. 20.03.2020.

- ÖZÇEP Ferhat, KARABULUT Savaş, ÖZGÜVEN Belgin, SANLI Onur (2012), Tahribatsız Test Yöntemleri ve Ultrasonik Hız Ölçümleri, *Jeofizik Bülteni*, Yıl 23, Sayı: 69-70-71, ss: 11-24, http://www.jeofizik.org.tr/resimler/ekler/76a0caaaa1b986b_ek.pdf?dergi=34
- ÖZDÖL Gülru (2004), *Çimentonun Fiziksel Özelliklerinin Üretilen Standart Harcin Mukavemetine Etkilerinin Araştırılması*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÖZHAN Naciye Aygen (2018), *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesinde Bulunan Tarımsal Yapılardaki Yapı Elemanlarının Dayanımlarının Tahribatsız Yöntemle Belirlenmesi*, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya.
- ÖZGEN Muhammet Mithat (2006), *Betonarme Yapılarda Bozulma Süreçleri ve Beton Sınıfının Durabilitesine ve Maliyetine Etkileri*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ÖZORHON İlker Fatih (2008), *Mimarlıkta Özgünlük Arayışları: 1950-60 Arası Türkiye Modernliği*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- PEKER Mustafa Altuğ (2019), *Betonun Ultrasonik Tomografi Yöntemi ile İncelenmesinde Frekansın Etkisi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- PERİN Deniz (2015), *Betonarme Yapılarda Kullanılan Demir Donatının Manyetik Etkiler Kullanılarak İncelenmesi*, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Balıkesir.
- PHILIPPOU Styliane (2013), “Oscar Niemeyer: 1907-2012”, *Obituary*, Vol:17, No:1, p. 9-14, https://www.academia.edu/5684064/Oscar_Niemeyer_1907-2012
- PILOT Georges (2006), “European Council of Civil Engineers Working Group 250 years of Civil Engineering Heritage in Europe”, *Conseil National Des Ingenieurs et Des Scientifiques De France (CNIFS)*.
- POLATKAN Aydın Hasan (2006), Bir Anksiyete Ortamı Olarak Modern Mimarlıkta Brütalizm ve Brütalist Çevre Üzerine Sorular, Brütalizm-II, *Betonart Dergisi*, Sayı:9, ss:57-73, https://www.academia.edu/6937199/Bir_anksiyete_ortam%C4%B1_olarak_Modern_Mimarl%C4%B1kta_Br%C3%BCtalizm_ve_br%C3%BCtalist_%C3%A7evre_%C3%BCzerine_sorular.

- QASRAWİ Hisham Y. (2000), "Concrete Strength by Combined Nondestructive Metots Simply and Reliably Predicted", *Cement and Concrete Research*, Vol.30 No.5, ss.739-746.
- RİSTİC V. (1997), "Spiritual architecture in concrete, St. Antonius Church (Moser, 1927) and Goetheanum (Steiner,1928)", *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.112-120, the Netherland.
- SALGIN Burcu (2007). *Brüt Beton, Brütalizm ve Türkiye Örnekleri*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Kayseri.
- SANSALONE Mary J. And STREET William B. (1998), "The Impact Metot", *NDTnet*, February, Vol:3, No:2, <https://www.ndt.net/article/0298/streett/streett.htm>
- SİLVAN SANAYİ AŞ. (2019), *Tahribatsız Muayene Yöntemleri*, (PowerPoint Sunumu), <https://dokumhane.net/wp-content/uploads/2019/04/Tahribats%C4%B1z-Muayene-Yo%CC%88ntemleri.pdf>.
- SÖZEN Metin ve TANYELİ Uğur (1992), *Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü*, Evrim Matbaacılık, İstanbul.
- STRONG Alan, GREENE Carrie, HALIBURTON James, KEREMIAN Leticia and ADAMS James (2002), *Art Museum in São Paulo*, (PowerPoint Sunumu), Brazil, http://faculty-legacy.arch.tamu.edu/anichols/index_files/courses/arch631/case/2002/ArtMuseum.pdf.
- TAŞDEMİR Mehmet Ali, BAYRAMOV Fikret, KOCATÜRK A. Necip ve YERLİKAYA Mehmet (2004), "Betonun Performansa Göre Tasarımı: Performans Sınıfları", http://www.as-beton.com/pdf/performansa_gore_tasarim.pdf.
- TAYFUR Sena ve ALVER Ninel (2018), "Betondaki boşlukların darbe-eko ve ultrasonik-eko yöntemleri ile görüntülenmesi", *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33:1, ss.167-176.

- TEPE Ekim (2009), “Yüzey Tahribatsız Muayene Metodları”, *Mühendis ve Makine*, Cilt:50, Sayı:597, ss. 24-29, https://kutuphane.fisek.org.tr/kitap.php?book_id=6578.
- THOLE P. (1997), “Concrete is Art, The Design Potential of Concrete”, *The Fair Face of Concrete Conservation and Repair of Exposed Concrete, Proceedings International DOCOMOMO Seminar*, at the Eindhoven University of Technology, p.12-17, the Netherland.
- TÜRKEL Enver Burak (2002), *Betonda Basınç Dayanımı ile Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- TÜRKEL Selçuk, *Betonda Kalite Kontrolü*, (PowerPoint Sunumu), Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendisli Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.
- url-1: [fotoğraf], <<http://www.ostarchitektur.com/buildings/poland/breslau/max-berg-jahrhunderthalle/index.html#previous-photo>>, E.T. 22.03.2020.
- url-2: BRÜTALİST MİMARİ (2014), <https://www.homify.com.tr/yeni_fikirler/7497/bruetalist-mimari> E.T. 22.03.2020.
- url-3: [fotoğraf], <<https://www.archdaily.com/85971/ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier/5037e7ed28ba0d599b0003b6-ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier-photo>>, E.T. 22.03.2020.
- url-4: [fotoğraf], < https://www.archdaily.com/85971/ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier/553f8c32e58ece50290000af-ad-classics-unite-d-habitation-le-corbusier-photo?next_project=no > E.T. 22.03.2020.
- url-5: [fotoğraf], < https://www.archdaily.com/883394/v-and-a-museum-to-save-large-section-of-robin-hood-gardens-from-demolition/5a04963cb22e38cbcd0001b3-v-and-a-museum-to-save-large-section-of-robin-hood-gardens-from-demolition-photo?next_project=no > E.T. 22.03.2020.
- url-6: ARKITEKTUEL (2017), “Unite D’habitation”, 13 Şubat 2017, <<https://www.arkitektuel.com/unite-dhabitation/>> E.T. 24.03.2020.
- url-7: [fotoğraf], < <https://www.arkitektuel.com/unite-dhabitation/#jp-carousel-635> > E.T. 24.03.2020.

- url-8: ARKITEKTUEL (2018), “Orange County Hükümet Binası”, 4 Mart 2018, <<https://www.arkitektuel.com/orange-county-hukumet-binasi/>> E.T. 24.03.2020.
- url-9: ARKITEKTUEL (2018), “Sao Paulo Sanat Müzesi”, 10 Ekim 2018, <https://www.arkitektuel.com/sao-paulo-sanat-muzesi/>, E.T. 24.03.2020.
- url-10: [fotoğraf], <<https://www.arkitektuel.com/sao-paulo-sanat-muzesi/#jp-carousel-12027>> E.T. 24.03.2020.
- url-11: [fotoğraf], <<https://www.arkitektuel.com/sao-paulo-sanat-muzesi/#jp-carousel-12019>> E.T. 24.03.2020.
- url-12: ARKITEKTUEL (2017), “Centre Pompidou”, 2 Mart 2017, <https://www.arkitektuel.com/centre-pompidou/>, ET.18.08.2021.
- url-13: ARCHEECT (2020), “Brütalizm Nedir? En İyi Brütalist Mimari Örnekleri”, 31 Ocak 2020, <<https://archeect.com/tr/mimarlikta-brutalizm-akimi/>>, ET. 18.08.2021.
- url-14: ÖZCAN Rabia Elif (2020), “Brütalist Mimari Denince Akla Gelen 10 Örnek”, 19 Ekim 2020, <<https://kayiprihtim.com/liste/brutalist-mimari-ornek/>> ET. 18.08.2021.
- url-15: BUFFALO CITY COURT BUILDING, <https://en.wikipedia.org/wiki/Buffalo_City_Court_Building>, ET. 18.08.2021.
- url-16: [fotoğraf], <<https://tr.pinterest.com/pin/655766395718498326/>> ET. 10.08.2021.
- url-17: MET BREUER, <https://en.wikipedia.org/wiki/Met_Breuer>, ET. 18.08.2021.
- url-18: DOKA, “Understanding The Concreting Results”, <[https://www.doka.com/web/media/files/solutions/Brochure_Fair Faced_Concrete_36p_03_2019_en_low-res.pdf](https://www.doka.com/web/media/files/solutions/Brochure_Fair_Faced_Concrete_36p_03_2019_en_low-res.pdf)>, E.T. 10.05.2020.
- url-19: [fotoğraf], <<https://insapedia.com/sertlesmis-betonda-yer-alan-bosluklar/>> E.T. 12.05.2020.
- url-20: KAYA Yüksel (2018), “Günümüzde birçok yapıda çelik kullanılmaktadır. Kullanılan çeliğin en büyük düşmanı ise korozyon (paslanma) olmaktadır. Peki, çelik malzemede neden korozyon oluşur?”, 28 Haziran 2018, <<https://www.insaport.com/makale/yuksel-kaya/korozyon-nedir-nasil-engellenir/>>, E.T. 13.05.2020.

- url-21: BETON TEKNOLOJİSİ, “Beton: Bileşenleri ve Özellikleri Durabilite Özel Betonlar”, <<https://docplayer.biz.tr/92031891-Beton-teknolojisi-beton-bilesenleri-ve-ozellikleri-durabilite-ozel-betonlar.html>>, E.T. 15.05.2020.
- url-22: KOROZYON (2021), [fotoğraf], 9 Haziran 2021, <<https://www.aykutozdemir.com.tr/insaat/korozyon.html>>, E.T. 15.05.2020.
- url-23: HIDDEN ARCHITECTURE, “Notre Dame a Royan”, [fotoğraf], <<https://hiddenarchitecture.net/notre-dame-a-royan/>>, E.T. 27.04.2020.
- url-24: [fotoğraf], <<https://www.bigstockphoto.com/tr/image-253802074/stock-photo-the-collapse-of-the-morandi-bridge-in-genoa-14-august-2018-genoa-italy-the-structural-failure>> E.T. 27.04.2020.
- url-25: MORGAN Riley (2018), “Genoa Bridge Collapse Caught on Camera”, 15 August 2018, <<https://www.sbs.com.au/news/genoa-bridge-collapse-caught-on-camera>>, E.T. 27.04.2020.
- url-26: Church of Saint Francis of Assisi, <https://en.wikipedia.org/wiki/Church_of_Saint_Francis_of_Assisi>, E.T. 27.04.2020.
- url-27: ARKİTEKTUEL (2017), “Salk Enstitüsü”, 16 Kasım 2017, <<https://www.arkitektuel.com/salk-enstitusu/>>, E.T. 03.05.2020.
- url-28: Salk Institute/Louis Kahn, [fotoğraf], <<https://www.archdaily.com/61288/ad-classics-salk-institute-louis-kahn>>, E.T. 03.05.2020.
- url-29: Salk Institute/Louis Kahn, [fotoğraf], <<https://www.archdaily.com/61288/ad-classics-salk-institute-louis-kahn/5037df8e28ba0d599b000126-ad-classics-salk-institute-louis-kahn-photo>>, E.T. 03.05.2020.
- url-30: NDT TEKNİK, “Tahribatsız Muayenede En Çok Kullanılan Yöntemler Nelerdir?”, <<http://www.ndtteknik.com/ndt-kutuphane/tahribatsiz-muayene-de-en-cok-kullanilan-yontemler-nelerdir-53.html>>, E.T. 15.05.2020.
- url-31: [fotoğraf], <<https://dokumhane.net/wp-content/uploads/2019/04/Tahribats%CC%81z-Muayene-Yo%CC%88ntemleri.pdf>>, ET. 19.05.2020.
- url-32: Çatlak Mikroskobu, [fotoğraf], <<https://www.utest.com.tr/tr/20676/Catlak-Mikroskobu>>, ET. 19.05.2020.
- url-33: NDT James Instruments (2021), <https://www.ndtjames.com/Windsor_Probe_Test_System_s/20.htm>, ET. 21.05.21.

- url-34: PİMENTEL M., FIGUEIRAS J. and FRIGERIO Teresita (2010), [fotoğraf], <<https://www.semanticscholar.org/paper/GAMMA-RAY-INSPECTION-OF-POST-TENSIONING-CABLES-IN-A-Pimentel-Figueiras/fbc46216222b383f642f31200f0a85373614c8cc>>, E.T.22.05.21.
- url-35: KEİM Concretal, <<https://docplayer.biz.tr/35423442-Keim-concretal-betonun-brut-betonun-korunmasi-ve-guzel-bir-gorunume-sahip-olmasi-icin-mineral-cozumler.html>>, E.T. 15.05.2020.
- url-36: DOKA, “Understanding The Concreting Results”, <https://www.doka.com/web/media/files/solutions/Brochure_Fair-Faced_Concrete_36p_03_2019_en_low-res.pdf>, E.T. 10.05.2020.
- url-37: ARKİTEKTUEL (2019), “Odtü Mimarlık Fakültesi”, 21 Şubat 2019, <<https://www.arkitektuel.com/odtu-mimarlik-fakultesi/>>, E.T. 17.05.2020.
- url-38: MİMAR PORTRELERİ (2014), “Behruz Çinici”, 30 Haziran 2014, <<http://mimdap.org/2014/06/behruz-cinici/>>, E.T. 17.05.2020
- url-39: ARKİV, “Türk Dil Kurumu”, <<http://www.arkiv.com.tr/proje/turk-dil-kurumu/3233>>, E.T. 10.06.21.
- url-40: Hacettepe Üniversitesi, “Tarihçe”, <<http://www.sbf.hacettepe.edu.tr/tr/menu/tarihce-21>>, E.T. 05.08.2021.
- url-41: Opera Köprüsü, <<https://kantaratlas.blogspot.com/2018/12/opera-bridge.html>>, E.T. 17.05.2020.
- URQUHART Dennis (2013), *Historic Concrete in Scotland*. Parts 1–3. Short Guide 5. Edinburgh: Historic Scotland.
- UZUN Türkan (2008), *Geç Osmanlı – Erken Cumhuriyet Dönemi Mimarlık Pratiğinde Bilgi ve Yapım Teknolojileri Değişimi Erken Betonarme İstanbul Örnekleri: 1906-1930*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.
- VİTRUVİUS (1998), *Mimarlık Üzerine On Kitap*, Çev. GÜVEN Suna, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul.
- WEBER DE GRABOVSKİ Silvana L., PADARATZ Ivo J. and PINTO Roberto C. A. (2011), “Use of impact-echo in concrete plates with small thicknesses and different kind of cure”, *5th Pan American Conference for NDT*, 2-6 October 2011, Cancun, Mexico.

- WILLETTS C. (1958), *Investigation of Schmidt Concrete Test Hammer*, Miscellaneous Paper No. 6-267, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1958 June.
- YAĞCI Tuğçe, ÇİDEM Aytaç ve DURMUŞ Hülya (2018), “Geçmişten Günümüze Tahribatsız Muayene Yöntemleri”, *M C B Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, Cilt: III, Sayı: 27, ss. 49-61, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/somatbd/issue/40237/456048>.
- YAMAN İsmail Özgür, *Betonda Tahribatlı/Tahribatsız Muayene Metodları*, (PowerPoint Sunumu), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, <http://docplayer.biz.tr/2957975-Betonda-tahribatli-tahribats-tahribatsiz-muayene-metodlari.html>.
- YAZICI Halit (2015), *Donatı Korozyonu*, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- YILDIRIM Korkmaz (2018), “Yapı Fiziği Açısından Yapı Elemanlarında Dayanıma Etki Eden Çiçeklenme Olayı ve Korunma Yöntemleri”, *International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management*, 04-06 Mayıs, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksek Okulu, Aydın, <https://www.ishad.info/PastConferences/ISHAD2018/ISHAD2018/papers/A1.8-ISHAD2018ID94.pdf>.