

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK YÖNTEMLER İLE RİSKLİ YAPILARIN BELİRLENMESİ VE
İZMİR ÖRNEĞİ**

Sinancan ÖZİÇER

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Osman UYANIK**

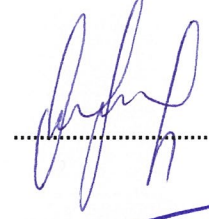
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2016**

TEZ ONAYI

Sinançan ÖZİÇER tarafından hazırlanan "**Jeofizik Yöntemler ile RiskliYapıların Belirlenmesi ve İzmir Örneği**"adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

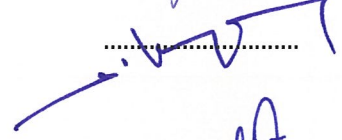
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Osman UYANIK
Süleyman Demirel Üniversitesi



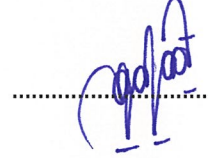
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mehmer Ali KAYA
Trakya Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Çağlayan BALKAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi



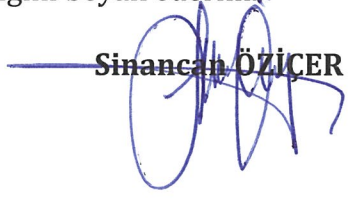
Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Yasin TUNCER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.


Sinan ÖZİCER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. BETON	7
3.1. Sertleşmiş Beton	8
3.2. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler	8
3.3. Beton Basınç Dayanımı.....	9
3.4. Betonun Basınç Dayanımını Etkileyen Faktörler	10
4. YAPI İNCELEMELERİNDE HASARLI YÖNTEMLER	11
4.1.Schmidt Test Çekici Yöntemi.....	11
4.1.1. Beton test çekici aygıtının özellikleri ve çalışma ilkeleri.....	11
4.1.2. Beton test çekicinin geri sıçrama değerlerini etkileyen etmenler	14
4.2. Karot Makinesi İle Numune Alımı	14
4.2.1. İdeal karot alınması gereken yerler.....	16
4.2.1.1. Kolondan karot numunesi alınması.....	17
4.2.1.2. Kirişten karot numunesi alınması	17
4.2.1.3. Perde betondan karot numunesi alınması	18
4.2.1.4. Döşemeden karot numunesi alınması	18
4.2.2. Karot alımının fayda ve zararları.....	19
4.3. Tek Eksenli Basınç Deneyi	21
4.4. Sıyırma Tekniği.....	22
5. YAPI İNCELEMELERİNDE HASARSIZ YÖNTEMLER.....	24
5.1. Hasarsız Yöntemlerin Sağladığı Avantajlar	25
5.2. Sismik Ultrason Yöntemi	25
5.2.1. Sismik ultrason cihazı	30
5.2.2. Ölçüm teknikleri.....	30
5.2.3. P Dalga hızı değerini etkileyen etmenler	32
5.3. Micro Covermeter Yöntemleri.....	32
5.4. Mikrotremor Yöntemi	35
5.4.1. Titreşimlerin tanımı ve özellikleri.....	36
5.4.2. Mikrotremor ölçümlerin değerlendirilmesi ve yöntemler	41
5.4.3. Mikrotremor yer-yapı çalışmasında kullanılan ekipmanlar	42
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	44
6.1. İzmir'deki Bazı Yapıların Risk İncelemeleri	44
6.1.1. Beton dayanımı açısından yapı riskinin incelenmesi.....	46
6.1.2. Donatı açısından yapı riskinin incelenmesi	52
6.1.3. Mikrotremor yöntemi ile bina temel tipi incelenmesi	54
6.1.3.1. İncelenen binalardaki çalışmalar ve ölçümler	54
6.1.4. Yapıların rezonans açısından yapı riskinin incelenmesi	62

6.1.4.1. İncelenen binaların rezonans durumları	62
6.2. Folkart İkiz Kulelerin İncelenmesi	66
6.2.1. Folkart ikiz kuleler genel bilgileri.....	67
6.2.2. Folkart ikiz kulelerde kullanılan yöntemler ve amaçları.....	70
6.3. Sonuçların Değerlendirilmesi	79
7. SONUÇ VE ÖNERİLER (TARTIŞMA VE SONUÇLAR)	84
KAYNAKLAR	86
ÖZGEÇMİŞ.....	92



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

JEOFİZİK YÖNTEMLER İLE RİSKLİ YAPILARIN BELİRLENMESİ VE İZMİR ÖRNEĞİ

Sinancan ÖZİÇER

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Osman UYANIK

Ülkemizde yaşanan deprem faaliyetleri göstermiştir ki bina tasarımı sırasında zemin faktörü en dikkat edilmesi gereken etkenlerden biridir. Zemin haricinde de deprem anında bir binanın yıkılmasına neden olan birçok neden bulunmaktadır. Bunlar yapı kalitesi, zemin - yapı etkileşimi ve zeminin statik ve deprem anındaki (dinamik) davranışı olarak sıralanabilir.

Çalışmamızda yapı incelemelerinde kullanılan hasarlı ve hasarsız teknikler vurgulanarak İzmir'in 10 ilçesinde yürütülen toplam 128 bina incelemesinden örnekler verilmiştir. Hasarsız tespit yöntemleri uygulanarak Jeofizik Mühendisliği'nin önemi ve yapı alanında çözüm yöntemleri irdelenmiştir. Bu çalışmalar ile bina temel tipinin tespiti, beton basınç dayanımı ve bina rezonans durumu gibi mevcut binaların deprem risk durumunu belirleyen parametreler tespit edilmiştir. Hasarlı ve hasarsız tespit yöntemlerinden elde edilen sonuçlar birbiri ile kıyaslanmıştır. Ayrıca İzmir'de inşaa edilmiş 44 katlı yüksek bir yapıda mikrotremor yöntemi uygulanarak yer-yapı etkileşim çalışması da yapılmıştır. Tüm bu çalışmalar sonucunda Jeofizik yöntemlerin yapı riski incelemelerindeki yeri, önemi ve çözüm önerileri irdelenmiş ve yerinde beton dayanımına yönelik deneysel ilişkiler sunulmuştur. Ek olarak, mevcut yapıların rezonans durumu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, basınç dayanımı, sismik ultrason, tahribatsız yöntemler, mikrotremor, beton kalitesi, Schmidt çekici.

2016, 93 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINİNG OF THE BUILDİNGS AT RİSK BY GEOPHYSİCAL METHODS AND İZMİR SAMPLE

Sinançan ÖZİÇER

**Süleyman Demirel University
Science Institute Department of Geophysical Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Osman UYANIK

The earthquakes experienced in our country showed that the ground factor is the most important one to be taken into consideration in building design. Except for the ground, there are a number of factors that cause the destruction of building during an earthquake, which can be listed as structure quality, ground-structure interaction, static properation and dynamic behavior of the ground during an earthquake.

In this study, samples out of 128 building invastigation which were carried out in 10 different district city of İzmir were presented by emphasizing damaged and undamaged detection techniniques used in structure investigation. The importance of geophysic engineering and solution methods in structure field have been investigated by applying undamaged detection methods. Some parameters that determine the risk condition of existing building such as the detection of building foundation type, concrete compressive strength, the resonance condition of the building have been depicted in these studies. The results that have been obtained from these damaged and undamaged detection methods were compared. Additionally, ground-structure interaction study was conducted by applying mikrotremor method at a high structure with 44 floors in İzmir. As a result of all these studies, the place, importance and solution suggestions of geophysical methods in structure risk investigation have been studied and some experimental interactions towards onsite concrete strength were presented. Furthermore, the renosans condition of existing buildings has been depicted.

Keywords: Concrete, compressive strength, seismic ultrasound, non-destructive methods, Microtremor, concrete quality, Schmidt rebound hammer.

2016, 93 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Osman UYANIK'a teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımda yardımcı olan değerli hocam Araş. Gör. Dr. Nevbahat SABBAG'a, mikrotremor arazi çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen hem dostum hem de DEÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Emre TİMUR'a; mikrotremor cihazını temin etmemizde yardımcı olan DEÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim görevlisi Prof. Dr. Coşkun SARI hocamıza, sismik, test çekici, karot alımı, donatı tespiti ve laboratuvar aşamalarında yardım eden Bornova Belediyesi Deprem Etüt Merkezi personellerine ve çalışmaktan gurur duyduğum kurumum Bornova Belediyesi'ne teşekkür ederim.

Ayrıca 4 yıl süren lisans eğitimimde meleğime beni mesleğime sevdiren, ufkumu açmamı sağlayan, mesleki etiği ve doğru yorumlayabilme adına olumlu yönlendiren sevgili hocam Prof.Dr. Mehmet Ali KAYA'ya teşekkür ederim.

Folkart İkiz Kulelerde çalışmamıza izin veren Ayetullah MUTLU ve bina çalışmasında bize yardımcı olan Atacan UTE ve Furkan DEDEOĞLU'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, desteklerini sürekli veren, güç aldığım eşim Pınar ÖZİÇER ve canım kızım Ada ÖZİÇER'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Sinancan ÖZİÇER
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Betonun dağılımı	7
Şekil 3.2. Betonun yüzdeli dağılımı.....	7
Şekil 4.1. Beton test çekici cihazı	12
Şekil 4.2. Beton yüzeti pürüzsüz hale getirme işlemi	13
Şekil 4.3. Sahada alınan test çekici çalışması.....	13
Şekil 4.4. Test çekici örsü ve kalibrasyon işlemi.....	14
Şekil 4.5. Karot makinesi ile numune alımı	16
Şekil 4.6. Kolondan uygun numune alım yeri	17
Şekil 4.7. Kirişten uygun numune alım yeri.....	17
Şekil 4.8. Perde betondan uygun numune alım yeri	18
Şekil 4.9. Döşemeden karot alımı	18
Şekil 4.10. Karot alımı ve yerinin doldurulması	20
Şekil 4.11. Taş kesme makinesi ile numune düzeltme	20
Şekil 4.12. Karot numunesinin başlıklanma işlemi	21
Şekil 4.13. (a) Basınç deneyi için hazırlanmış bir karot örneği. (b) Küp numune üzerinde tek eksenli basınç dayanımı uygulaması.....	22
Şekil 4.14. Sıyırma örnekleri	23
Şekil 4.15. Kolonda önerilen sıyırma tekniği	23
Şekil 5.1. P Dalgasının 3 boyutlu gösterimi	26
Şekil 5.2. S Dalgasının 3 boyutlu gösterimi.....	27
Şekil 5.3. Numune üzerinde sismik hız ölçümünün şematik gösterimi.....	28
Şekil 5.4. Sismik hızın cihaz üzerinde gösterimi.....	30
Şekil 5.5. Kolon üzerinde sismik ultrason yönteminin gösterimi	31
Şekil 5.6. Numuneler üzerinde sismik ultrason yönteminin gösterimi	31
Şekil 5.7. Yapay elektromanyetik alanın donatıyı indüklemesi.....	32
Şekil 5.8. Elektrik iletkenlik tekniğinde bobin dalga şekilleri	33
Şekil 5.9. Cihaz üzerinde sonuçların gösterimi	34
Şekil 5.10. Mikro covermeter yöntemi saha çalışma örnekleri	35
Şekil 5.11. Yer gürültüsünün frekansı (titreşim) içeriği	37
Şekil 5.12. Dalgaların frekans çeşitliliği	38
Şekil 5.13. Binanın deprem dalgasına karşı salınım hareketi	40
Şekil 5.14. Nakamura yönteminin uygulanması	42
Şekil 5.15. Mikrotremor veri toplama cihazı	42
Şekil 6.1. Çalışılan alanın lokasyon haritası.....	45
Şekil 6.2. TEBD- V_p Lab. karşılaştırılması	47
Şekil 6.3. TEBD ile V_p -Sch elde edilen dayanımların karşılaştırılması.....	47
Şekil 6.4. Çalışmaya ait sismik hızlara bağlı beton dayanım abağı.....	49
Şekil 6.5. Çalışmaya ait sismik hızlara ait Lab.da elde edilen beton dayanım abağı	49
Şekil 6.6. Yeni bağıntıya göre TEBD- V_p Lab. karşılaştırılması.....	50
Şekil 6.7. Yeni bağıntıya göre TEBD ile V_p -Sch karşılaştırılması	50
Şekil 6.8. Mikro covermeter ile donatı tespiti çalışması.....	53
Şekil 6.9. Temelde ölçülen mikrotremor düzeni	54
Şekil 6.10. İncelenen binalar	55
Şekil 6.11. M1 binasına ait spektral oran	56
Şekil 6.12. M2 binasına ait spektral oran	56

Şekil 6.13. M3 binasına ait spektral oran	57
Şekil 6.14. M4 binasına ait spektral oran	57
Şekil 6.15. M5 binasına ait spektral oran	58
Şekil 6.16. M6 binasına ait spektral oran	58
Şekil 6.17. M7 binasına ait spektral oran	59
Şekil 6.18. M8 binasına ait spektral oran	59
Şekil 6.19. M9 binasına ait spektral oran	60
Şekil 6.20. M10 binasına ait spektral oran.....	60
Şekil 6.21. Rezonans tespiti için ölçüm düzeneği.....	62
Şekil 6.22. M1 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	63
Şekil 6.23. M2 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	63
Şekil 6.24. M3 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	63
Şekil 6.25. M4 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	64
Şekil 6.26. M5 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	64
Şekil 6.27. M6 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	64
Şekil 6.28. M7 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	64
Şekil 6.29. M8 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	65
Şekil 6.30. M9 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran.....	65
Şekil 6.31. M10 binası rezonans tespiti amaçlı spektral oran	65
Şekil 6.32. Folkart ikiz kuleler	67
Şekil 6.33. Folkart ikiz kulelerin lokasyonu	69
Şekil 6.34. Deprem sönümlleme mekanizması.....	70
Şekil 6.35. Folkart ikiz kulelerin deplasman yaptığı yerler.....	70
Şekil 6.36. Folkart kulede alınan mikrotremor yöntemi	71
Şekil 6.37. Folkart kuleler bodrum kat mikrotremor ve sismik ölçümler	72
Şekil 6.38. Folkart kuleler bodrum kat spektral oranlar	72
Şekil 6.39. Folkart dış bölge mikrotremor spektral oranlar	73
Şekil 6.40. Folkart I kulesi 44 katın frekans ölçümleri.....	76
Şekil 6.41. Folkart II kulesi 44 katın frekans ölçümleri	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 5.1. Mikrotremor sınıflandırılmasındaki kriterler ve Değerlendirme aşamaları	38
Çizelge 6.1. İncelenen binalardaki çalışma yöntemleri.....	44
Çizelge 6.2. İncelenen binaların temel özellikleri	45
Çizelge 6.3. İncelenen binaların yaş ve kat aralıkları.....	45
Çizelge 6.4. İncelenen binaların zemin özellikleri	45
Çizelge 6.5. İncelenen binaların beton sınıfı dağılımı.....	45
Çizelge 6.6. Sismik hızlara bağlı olarak beton kalite sınıflamasının karşılaştırılması	51
Çizelge 6.7. İncelenen kolonların ebat dağılımı	52
Çizelge 6.8. Temel tipi çalışmasında 10 binaya ait mikrotremor değerleri.....	61
Çizelge 6.9. Rezonans çalışması yapılan 10 binaya ait mikrotremor değerler	66
Çizelge 6.10. Folkart kuleler bodrum kat mikrotremor değerleri.....	71
Çizelge 6.11. Folkart kuleler bodrum kat V_p hız değerleri.....	71
Çizelge 6.12. Folkart kulelere ait periyod dağılımı.....	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesiy alanı
C	Beton sınıfı
cm	Santimetre
e	Sıva kalınlığına bağlı düzeltme faktörü
F	Kırılma anında ulaşılan en büyük yük
f_c	Beton basınç dayanımı
H/V	Yatay/düşey
Hz	Frekans
h_0	Taşıyıcı sistemin sıvasız kalınlığı
kg	Kilogram
L	Uzaklık
MPa	Basınç değeri
m	Metre
mm	Milimetre
P	P Dalga hızı
Rx	Alıcı prob
S	S Dalga Hızı
S1, S2	Taşıyıcı sistemin iki tarafının sıva kalınlıkları
s	Saniye
T_a	Zemine ait periyodun alt sınırı
T_b	Zemine ait periyodun üst sınırı
Tx	Verici prob
TEBD:	Tek eksenli basınç dayanımı
V	Hız
V_P	Betonun P dalga hızı
V_S	Betonun S dalga hızı
V_{PO}	Sıvasız durumdaki betonun P dalga hızı
V_{PS}	Sıvanın P dalga hızı
V_{PL}	Laboratuvardaki P dalga hızı
W	Güç
μs	Mikrosaniye

1. GİRİŞ

Ülkemizde en çok can kaybı yaşanan doğal afetlerin başında deprem gelmektedir. İzmir’de ise geçmişte tarihsel dönemde 10.07.1688 yılında meydana gelen depremde 20 bin kişinin hayatını kaybettiğinden ve tsunami olduğundan bahsedilir. Aletsel dönemde de 31.03.1925 tarihinde 2000 ev yıkılmış, 22.09.1939 tarihinde 1000 ev yıkılıp 41 kişi ölmüştür. Türkiye de yakın geçmişte 17.08.1999 Kocaeli depremi ile 20000 den fazla insan, 23.10.2011 tarihindeki 7.2 lik Van depremi ile 3000 den fazla insan hayatını kaybetmiş ve onbinlerce insan evsiz kalmıştır. Bu kadar ciddi ve acı gerçeklerle sonuçlanan depremlere karşı hem yapısal hem de bilinçsel olarak önlemimizi almamız gerekmektedir.

Depreme dayanıklı betonarme yapı yapılması hiç hasar olmayacağı anlamına gelmemektedir. Tam tersi binaya giren deprem enerjisini atmak için küçük hasarlar olması istenir ki deprem enerjisi sönmülsün. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı, deprem büyüklüğüne ve zeminin dinamik özelliklerine bağlı hasar oranı artan ama can kaybı oluşturmeyen yapı anlamına gelir. Böylece deprem sırasında mal kaybı normal, ama can kaybı istenmeyen olaydır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarlanırken can kaybının önlenmesi ön planda tutulur. Sonuç olarak deprem sırasında bina can kaybı oluşturacak şekilde hasar alırsa ve içinde de insan varsa can kayıpları oluşur. Bu nedenle yapıların depreme dayanıklılığının araştırılması gerekmektedir. Bir yapının depreme dayanıklı olup olmadığının tespitinde göz önüne alınan kriterlerden birisi de betonun basınç dayanımıdır. Mevcut binaların deprem açısından güvenilirliğinin belirlenmesi, klasik yöntemler kullanıldığında maliyetinin pahalı olmasının yanında zaman alıcı bir süreçtir. Özellikle ülkemizdeki mevcut yapıların sayılarının çok fazla olması, klasik yöntem olarak adlandırılan karot alımı yoluyla beton basınç dayanımının bulunması işlemini cazip olmaktan çıkarmaktadır. Bunun yerine, yaklaşık da olsa beton basınç dayanımını kısa sürede ve daha az maliyetle bulacak yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Dayanım değeri jeofizik yöntemlerle, yapıya, yerinde (in-situ) ve hasar vermeksizin (tahribatsız) ve daha hızlı belirlenebilmektedir. Tahribatsız beton

basınç dayanımı testinde ülkemizde ve diğer ülkelerde en çok kullanılan yöntem sismik ultrason hızıdır. Bu hızlar yerinde ve laboratuvarında belirlenebilmektedir. Eğer yapıdan karot alınmışsa ister karot üzerinde ister karotun alındığı yerde sismik çalışmalar yapılabilir. Dolayısıyla az karotlu ya da karot almadan beton kalitesi belirlenir. Beton kalitesini belirlemek için ayrıca yerinde sismik tomografi çalışmaları da yapılabilir. Özellikle beton elemanlarda segregasyon ve süreksizlikleri bulma işleminde çok başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Son zamanlarda, beton basınç dayanımının yaklaşık olarak bulunmasında kullanılan en etkin ve güvenilir yöntemdir. Bu yöntem ile sadece beton basınç dayanımı hakkında bilgi verilmez, ek olarak, beton çatlaklığı, gözenekliliği, nemliliği, homojenliği, elastik parametreleri ve Poisson oranını belirleyerek betonun kalitesi ortaya konulmaktadır.

Deprem esnasında yayılan ve zemin içerisinde ilerleyen dalgaların periyodu ile mevcut yapının periyodunun aynı olması durumunda yapı maksimum hasarı almaktadır. Bu periyot çakışması durumuna rezonans denilmektedir. Yapıların rezonansa uğramaması ve hasar almaması için yapılaşmaya gidilmeden önce zemin hakim titreşim periyodu belirlenerek yapı periyodu buna göre dizayn edilmektedir. Mevcut binalarda yapılacak mikrotremor yöntemi ile binanın salınımlarını ölçerek rijitlik durumunu belirlemek ve zeminden alınan periyot değerleri ile kıyaslayarak bina dayanımı hakkında yorum yapılabilir.

Bu çalışmada İzmir bölgesinde 128 binada beton dayanımını belirlemek amacıyla yerinde ultrasonik P dalgası ölçüm, Schmitd çekici ve karot numunesi alımı yapılmıştır. Buna ek olarak kolonlardaki donatı sayısı ve etriye aralıklarını belirlemek amacıyla mikro covermeter (donatı tespit) ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca 128 binadan 10 adetinde mikrotremor ölçümleri alınarak bina ve zemin periyodlarını belirlenmiş ve temel tipine yaklaşımda bulunulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda çok zayıf betondan iyi beton dayanımına sahip yapılar, bu yapıların rezonans durumu ve temel tipleri belirlenmiştir. Bu çalışmalara ek olarak 44 katlı Folkart ikiz kulelerinde yapı periyodunun değişimi amacıyla her 3 katta bir mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Binada kullanılan deprem sönümlendiricilerin katları tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bir yapıdan karot makinesi ile silindir numune alınırken yatay ve düşey donatılara dikkat edilmesi gerektiğini (Petersons 1971) ve silindir numune alındığında içinde kalan donatı miktarı arttıkça dayanımın azaldığını ancak bu azalmanın ihmal edilebilecek boyutta olduğu Lewandowski (1971)'de belirtmiştir. Buna karşın Erdoğan ve Erdoğan (2006) binadan alınan silindir numunenin içinde donatı parçası kalmamasına özen gösterilmesi gerektiğini belirtmiştir. Bunlara ek olarak silindir numunelerde narinlik durumu arttıkça dayanımın azaldığı, tersi durumlarda ise dayanımın arttığı Chung (1979) tarafından ifade edilmiştir.

Bartlett ve MacGregor (1994), yaptıkları istatistiksel analizler sonucunda 50 mm çaplı silindir numunenin 100 mm çaplı silindir numune dayanımının %94'üne yaklaştığı ve 150 mm çaplı karotlarının ise %92'sine yaklaştığını ileri sürmüşlerdir. Ayrıca çalışmasında 100 mm veya 150 mm çaplı silindir numuneler kullanıldığında betonun gerçek dayanımının $\pm\%4\sim\%5.5$ aralığında, 50 mm çaplı silindir numunelerin ise $\pm\%12.5$ 'luk bir tolerans payıyla hesaplanabildiğini ifade etmiştir.

Beton basınç dayanımının yapı tasarımında ciddi bir öneme sahip olması ve tüm statik hesapların ona göre yapılması, basınç dayanımının yüksek olması ve betonun diğer özellikleri ile paralellik göstermesi, beton sınıflarının oluşturulmasında vb. nedenlerden dolayı betonun basınç dayanımı en çok kullanılan dayanım özelliğidir (Akman 1990; Arıoğlu ve Arıoğlu 1998; Ekmekyapar ve Örüng 2001; Arıoğlu ve Arıoğlu, 2005). Bu dayanım özelliğinin hasarsız tespit yöntemleri olan sismik ultrason ve beton test çekici yöntemleri ile de belirlenebileceği önerilmektedir (Akman ve Sevim 1981; Akman ve Güner 1984; Yüksel 1995; Arıoğlu ve Arıoğlu 1998; Erdoğan 2003).

Leslie ve Cheesman (1949), Sismik ultrason yöntemini kullanarak betondaki çatlakları bulmuşlardır. Özellikle betonun yüzeyinde oluşan çatlakları belirlemek için bir hidroelektrik barajında örnek bir çalışma yapmışlardır.

Ayrıca Parker (1953), bu yöntemi bina döşemelerinde ve baraj gövdelerinde uygulamıştır. Çatlak belirlemenin yanında belirlediği çatlakların derinliklerini de ölçebilmiştir. Whitehurst (1951), Sismik ultrason yöntemini köprü inşaatlarında kullanarak beton dayanımını tahribatsız belirlemek için P dalga hızına bağlı deneysel bir ilişki çıkarmış ve beton kalitesinde kriter olabilecek bir tablo düzenlemiştir. Laboratuvar ortamında ise Kaplan (1959)'da beton yaşlarının etkisinin P dalga hızı ile belirlemiştir.

Elvery ve Din (1969), eğilme testine tabi olan betonarme elemanlarını sismik P dalga hızı ile muayene etmişler ve inşaat alanında yeni dökülmüş kirişlerin dayanım değerlerini belirlemişlerdir. Yüksel (1995), ise sismik ultrason ve Schmidt test çekici yöntemlerini kıyaslamak amacı ile tek eksenli basınç dayanım değerleri ile karşılaştırmıştır.

Birçok araştırmacı tarafından beton dayanımı ve ultrasonik P dalga hızı arasında deneysel ilişkiler bulunmuştur (Qasrawi 2000; Güner vd. 2000; Khan Shibli 2001; IAEA 2002; Turgut 2004; Aydın 2005; Küçük ve Turgut 2006; Altundaş 2010; Uyanık vd. 2012a).

Erdoğan (2003)'e göre, sismik ultrason yöntem ile elde edilen P dalga hızı uygulanan betonun içindeki boşluk miktarı ve yoğunluğu hakkında yorum yapmamızı sağlamaktadır. Bu şekilde P dalga hızı ile betonun kalitesi hakkında bilgi sahibi olmamız mümkün olabilmektedir.

Demirboğa vd. (2004), sismik ultrason yöntemini içlerine kattıkları mineral karışımı betonlarda denemişlerdir. Bu betonları 3, 7, 28 ve 120 günlük kür tanklarında beklettikten sonra sismik ultrason ölçüsü almıştır. Yoğun hacimli mineral içeren betonların kürün ilk günlerinde hem basınç değerinin hem de V_p hızlarının çok düşük olduklarını kür günlerine yaklaştıkça değerlerin arttığını tespit etmiştir.

Şimşek ve Erdal (2006), yaptığı çalışmada herhangi bir eğilmeye ve ön gerilmeye maruz kalabilecek taşıyıcı sistemlerin yerinde dayanımlarının elde

edilmesinin öneminden bahsetmiştir. Bu nedenle dayanımı belirleme testlerinin ve özellikle hasarsız deneylerin önemini vurgulamıştır. Hasarsız çalışmaları hem yapıların yapım aşamasında hem de mevcut binalarda meydana gelen deprem, yangın gibi afetlerden sonra dayanımı yerinde kontrol etme olanağı sağladığını belirtmiştir.

Erdoğan ve Erdoğan (2006), yaptıkları çalışmada değişik şekil ve boyuttaki betonlar üzerinde hasarsız test yöntemlerini uygulamışlardır. Sonuç olarak bu yöntemlerin uygulanmasının karot çalışmasına göre daha basit ve daha çabuk olduğunu irdelemişlerdir.

Uyanık vd. (2012b), ultrasonik P ve S dalga hızlarını birlikte kullanarak beton dayanımı için deneysel ilişki belirlemişler ve bir sınıflama abağı oluşturmuşlardır. Uyanık ve Çatlıoğlu (2015), beton yoğunluğu ve ultrasonik P ve S dalga hızları arasında deneysel bir ilişki sunmuşlardır.

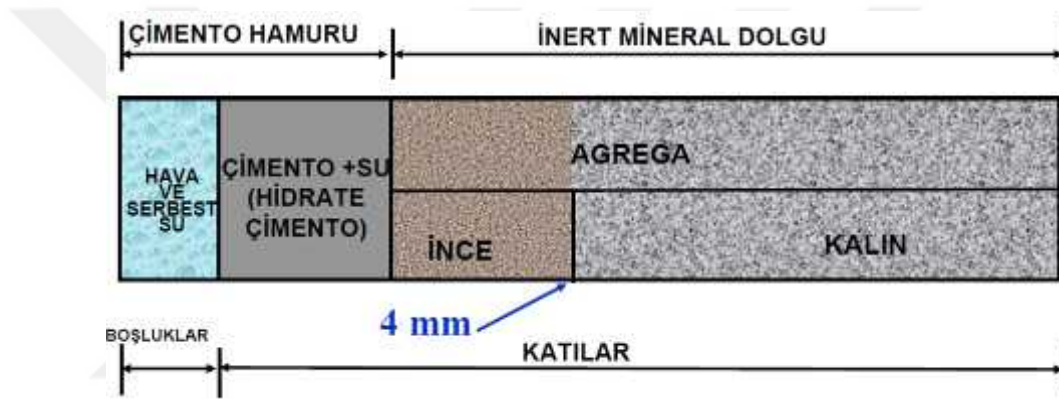
Omori, 1908'de ilk mikrotremor çalışmasını yapan araştırmacıdır. Katz ve Bellon (1978) ve Wilson (1953)'de mikrotremörlerin parçacık hareketinin Rayleigh dalgalarına benzediğini ve frekansı 9 Hz'den yüksek olan mikrotremörlerin cisim dalgalarından, 9 Hz'den küçük olanlarının ise yüzey dalgalarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Gençoğlu ve Ayhan (1975), mikrotremorlerin gücünün en az %80'inin Love dalgalarından, geri kalan %20'lik kısmının Rayleigh dalgalarından meydana geldiğini gözlemiştir. Kanai ve Tanaka (1961), mikrotremor ölçümleri ile yerel zemin etkilerini tahmin etmek amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Aki (1988), mikrotremor yöntemini kullanarak frekans bağlı zemin büyütmesini elde etmeye çalışmış, mikrotremor kayıtlarının yorumunda en büyük sorunun farklı yerde farklı kaynakların bulunması nedeniyle kaynak ile zemin etkisinin birbirinden ayıramaması olduğuna dikkat çekmiştir.

Bayülke (1989), betonarme yapılarda, sadece dolgu duvar, çerçeve ve sıvaları bitmiş yapılarda mikrotremor ölçümleri yaparak dolgu duvarsız ve duvarlı yapıların düşük genlikli titreşimler altında, yapının her iki durumdaki

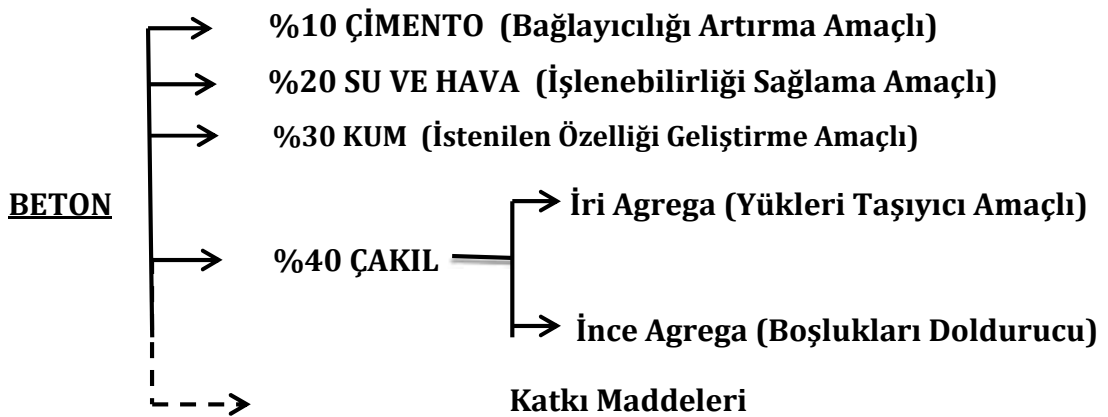
periyotlarını karşılaştırarak dolgu duvarların titreşim periyoduna etkisini araştırmıştır. oşgun vd. (2007), yaptığı çalışmada ağır iş makinelerinin bulunduğu bir binada makinelerin yarattığı titreşimleri inceleyerek binanın frekansını, büyütmesini ve farklı frekanslarda nasıl davranış gösterdiğini incelemiştir. Bu çalışma ile mevcut yapıların kendilerine özgü dinamik davranışları ile farklı etkenlerin gösterdiği dinamik davranışları ayırt etme imkanı bulmuştur. Karabulut vd. (2009), mikrotremor ölçümleri ile İstanbul Üniversitesi Avcılar Kampüsü Mühendislik Fakültesi binasının periyot değerlerini elde etmişlerdir. Özcan (2013), yaptığı çalışmada taşıyıcı sistem özellikleri ve kat adetleri farklı olan betonarme binalarda mikrotremor ölçümleri alarak binanın hakim titreşim periyodunu elde etmiştir.

3. BETON

Beton; agregâ (ince ve kaba agregâ), çimento ve suyun, kimyasal ve mineral katkı maddelerinin karışımından oluşan yapı malzemesidir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Betonü oluşturan malzemelerin (su, çimento, kum, çakıl) oranları değiştirilerek farklı dayanımda betonlar elde edilebilir. Beton, basınç dayanımı yüksek fakat çekme dayanımı düşük olan bir malzemedir. Çekme zayıflığını ortadan kaldırmak için, 19 yy. ikinci yarısında, çekme dayanımı yüksek olan çelikle beraber kullanılmaya başlanmasıyla demir takviyeli beton yani betonarme ortaya çıkmıştır (Kaplan 2006).



Şekil 3.1. Betonun dağılımı (Felekoğlu, 2011)



Şekil 3.2. Betonun yüzdeli dağılımı

3.1. Sertleşmiş Beton

Sertleşmiş beton, dayanım anlamında değer vermeye başlamış olan betona denilmektedir. Ancak genelde sertleşmiş beton denildiğinde 28 günlük veya daha yaşlı betonlar anlaşılmaktadır (Akman 1990; Ekmekyapar ve Örüng 2001). Ancak betonun sertleşmeye başladığı andan sonraki aşamalara sertleşmiş beton denilmektedir.

Sertleşmiş betonun beklenen özelliklerini şöyle sıralamak mümkündür;

Minimum 7, 28 ve 90 günlük dayanımları elde edilmiş beton olmalıdır. Permeabilitesi iyi olmalı ki sıvaların içerisinde su geçtiği takdirde betona olumsuz etki oluşturmamalıdır. Her türlü kimyasal reaksiyonlara karşı dayanıklı (durabilitesi yüksek) olmalıdır. Büyük çatlaklar meydana getirmemelidir.

Beton öyle üstün özelliklere sahiptir ki birçok değişik yapılarda ve değişik amaçlarda kullanılmaktadır. Beton basınç dayanımı yapı tasarımı sırasında kullanılan en önemli veridir. Bu veriye göre yapı elemanlarının kesit alanları, boyutları, konumları seçilmektedir. Betonun basınç dayanımı; yapı tasarımının temelini oluşturması, diğer dayanım deneylerine göre daha pratik olması, betonun dayanımları arasında en yüksek değeri alması gibi nedenlerden dolayı betonun dayanımları arasında en önemlidir (Erdoğan 2003).

Beton dayanımını oluşturan unsurları 3'e ayırabilir. Bunlar çimento hamurunun dayanımı, agreganın dayanımı ve çimento hamuru ile agregada daneleri arasındaki aderans olarak söylenebilir.

3.2. Beton Dayanımını Etkileyen Faktörler

Basınç dayanımına etki eden en önemli etkenler su/çimento oranı, çimento ile ilgili etkenler, yoğurma suyu ile ilgili etkenler, agregada ile ilgili etkenler (agregada özellikleri) betona uygulanan karılma, taşınma, yerleştirilme ve sıkıştırma işlemleri, betonun kompasitesi, kür koşulları ve betonun yaşı sayılabilir.

Standart deneyle (tek eksenli basınç dayanımı) elde edilen basınç dayanımına etki eden etkenlerin ise; boy/çap oranı, beton numunelerin küp veya silindir şeklinde olması, aynı boy/çap oranına sahip fakat farklı boyutlardaki numunelerin olması, yükleme hızının etkisi, en büyük agrega dane boyutunun (max. 5 cm) basınç dayanımına etkisi ve deney sırasında numunenin nem durumu olarak söylenebiliriz.

3.3. Betonun Basınç Dayanımı

Betonun basınç dayanımı, "eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti (eksenel basınç yükü etkisiyle, betonda oluşan maksimum gerilme)" olarak tanımlanmaktadır (Erdoğan 2003).

Dayanım (mukavemet) betonun özellikleri arasında en önemli yeri almaktadır. Bunu yapıların basınç, çekme ve kayma gerilmelerine maruz kalmaları olarak açıklayabiliriz. Beton, dayanımının tahmini için basınç deneyine tabi tutulmalıdır. Bunun nedeni dayanımın deneyler ile kolay bir şekilde elde edilmesi ve bir çok standartlarda basınç dayanımının aranmış olmasıdır. Ayrıca elde edilen basınç dayanımından betonun diğer özellikleri hakkında bilgi sağlanmaktadır. Basınç dayanımı yüksek olan betonda su geçirgenlik daha az, çevre şartlarına ve aşınmaya karşı dayanıklılık daha fazladır.

Basınç dayanımının bulunabilmesi için uygulanan deney yöntemleri arasında en çok kullanılanlar; belirtilen süre ve koşullarda kür edildikten sonra kırılmaya tabi tutulan "standart deney yöntemi", karot makinesinden elde edilen silindir numunenin tek eksenli basınç deneyine tabi tutulması ile uygulanan dayanım yöntemi, sismik ultrason cihazı ile P dalga hızından elde edilen basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi, beton test çekici aleti ile beton yüzey sertliğine hasar vermeden ölçerek elde edilen "beton test çekici uygulayarak basınç dayanımının bulunduğu deney yöntemi" olarak sıralanabilir.

Betonun basınç dayanımı ne kadar doğru bir şekilde elde edilirse beton ve betonarme yapı elemanlarının güvenliği de o kadar yüksek olur. Genellikle yapım sırasındaki dökülen betondan numune alarak basınç deneyi yapılmaktadır. Ancak mevcut bir yapıda betonun basınç dayanımının belirlenmesi yapı güvenliği açısından en önemli aşamadır (Bayülke 2001).

Aşağıdaki durumlarda betonun basınç dayanımının yerinde belirlenmesini önemli hale getirmiştir:

Bina yapım aşamasındaki taze betonun mekanik özellikleri bilinmiyorsa veya daha önce yapılan deney sonuçları yetersiz ise, mevcut yapıda daha önceden meydana gelen yangın, deprem ve don gibi dış etkilere maruz kalınması durumunda önceki değerleri ile kıyaslama durumlarında, yapının kullanım amacının değiştirilmesi ile projedeki öngörülen sınırları aşması durumunda, taze betondan alınan değerlerin istenilen özelliklerde olup olmadığının tespiti durumunda ve yine taze betondan alınan numunelerin projede öngörülen dayanımı sağlamaması durumunda diye açıklayabiliriz.

3.4. Betonun Basınç Dayanımını Etkileyen Faktörler

Beton basınç dayanımını etkileyen faktörler olarak, karot numunenin çapı, karot numunesinin boy/çap oranı, döküm yönüne göre doğrultu, numunede iri agrega tanelerinin bulunup bulunmaması, donatı parçasının basınca etkisi: başlık için kullanılan malzemenin kalın olup olmaması numunenin rutubet durumu, numune içindeki boşluk oranlarının varlığı, preste uygulanan yükün hızı ve numunenin deney esnasındaki sıcaklığı olarak sıralayabiliriz.

4. YAPI İNCELEMELERİNDE TAHRİBATLI YÖNTEMLER

Tahribatlı yöntemler adından da anlaşılacağı gibi yapı elemanlarında araştırılan bulgunun hasar vererek elde edilmesidir. Bu yöntemleri az hasarlı veya fazla hasarlı olarak da ayrılabilir. Genel olarak tahribatlı yöntemler uygulandığı yapı kısmında tamir edilmesi gereken tahribatlar oluşturan testlerdir. Bu yöntem ile beton basınç dayanımını doğrudan elde etmek ve çeşitli parametreler dikkate alınarak standart numune dayanımına çevirmek mümkündür. Tahribatlı deneyler doğru uygulanmadığında yapı taşıyıcısını ciddi anlamda tehlikeye sokabilirler.

Bu yöntemin en büyük dezavantajı, maliyetinin yüksek olması, uzun zaman harcatması, noktasal bilgi edinilmesi ve yapıda meydana getirdiği yıkıntıdır. Yapıdaki sürekliliği ve homojenliği bozmaktadır. Yapı incelemelerinde tahribatlı yöntemler şu şekilde sıralanabilir;

4.1. Schmidt Çekici Yöntemi

Beton test çekici yöntemi, betonun yüzey sertliği ölçme yöntemi olarak da bilinir. Bu yöntem, test çekici olarak adlandırılan bir aygıt yardımıyla sertleşmiş betonun yüzey sertliğinin ölçülmesi esasına dayanır (Şekil 4.1). E. Schmidt isimli İsviçreli bir mühendis tarafından geliştirilen bu aygıt Schmidt çekici, çarpma çekici veya beton tabancası olarak da bilinir (Neville ve Brooks 1987).

4.1.1. Beton test çekici aygıtının özellikleri ve çalışma ilkeleri

Bu testin çalışma ilkesi, elastik bir ağırlığın itilmesi ve yüzeyin sertliğine bağlı olarak bu kütlenin çarparak geri dönme prensibinden ibarettir (Şekil 4.3). Test esnasında çekiç beton yüzeye doğru bastırılır. Bu bastırmayla ağırlık yükü yaya bir miktar enerji verir. Bu enerji deneyi yapan kişinin itmesi sonucu yayın sıkışmasıyla oluşur. Deney aşamasında darbe pistonu beton yüzeyden kaldırılmaz, itme gücüyle yaylar tarafından depolanan enerji yayın gevşemesiyle açığa çıkar ve ağırlığı geriye doğru silindir gövde içerisine itekler, ağırlık geri

doğru giderken okuma kılavuzunu hareket ettirir ve cetvel üzerinde bir sayıya denk getirir. Bu sayıya geri sıçrama sayısı, aygıtın geri tepme sayısı denir. Geri sıçrama sayısı, ağırlık boyutuna ve yaya verilen enerjiye bağlıdır. Doğal olarak daha sert yüzeylere sahip betonlardan daha çok veya daha yüksek geri sıçrama sayısı elde edilir. Bu yöntemle sertleşmiş betonun yüzeyine beton test çekiciyle darbe uygulanarak geri sıçrama değerlerinin ortalaması kullanılarak betonun sahip olduğu basınç dayanımı yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir.

Beton test çekici ile ölçüm yapabilmek için belirli boyutlardaki numunelerin kullanılması koşul değildir. Beton test çekicinin uygulanmasıyla betonda çatlama veya kırılma oluşmadığından hafif hasarlı deney yöntemi de denebilir. Ucuz olması, fazla zaman almaması ve çok çaba gerektirmemesi bu yöntemin üstünlüğüdür. Ancak standart teste oranla daha çok hatalar olabilmektedir. TS 3260 ve ASTM C 805 nolu standartlar, beton test çekici ile geri sıçrama sayılarının nasıl elde edildiklerini açıklamaktadır.



Şekil 4.1. Beton test çekici cihazı (Schmidt Çekici).

Beton test çekici işlemi başlamadan önce uygulanacak yüzeyin pürüzsüz, düz ve nemsiz olması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikli olarak zımpara taşı gibi aletler ile uygulama yüzeyi pürüzsüz hale getirilmelidir (Şekil 4.2).



4.2. Yüzeyi pürüzsüz hale getirme işlemi



Şekil 4.3. Sahada test çekici çalışması

Beton test çekici sabit bir enerji ile darbe uygulamaktadır. Çekicin içerisindeki yaylı sistem buna göre düzenlenmiştir. Ancak, zamanla kullanıla kullanıla çekicin içerisindeki yayların özelliğinde değişimler veya yaylarda bir miktar gevşeme olabilmektedir. Sağlıklı bir test çekici ile beton üzerinde okunmuş olan geri sıçrama değeriyle, yaylarında değişiklikler meydana gelmiş olan test çekiciyle elde edilen geri sıçrama değeri farklı olabilmekte ve yanlış değerlendirmelere yol açabilmektedir. O nedenle, beton test çekicinin iyi çalışır bir durumda olup olmadığı sık sık kontrol edilmelidir. Beton test çekicinin doğru değerler ölçüp ölçmediğini kontrol edebilmek için Şekil 4.4' de gösterilen sertleştirilmiş çelikten (Brinell sertliği 500 kg/mm²) yapılmış ve yaklaşık 15 kg ağırlığında özel bir örs kullanılmaktadır (Hasırcı 2013).



Şekil 4.4. Test çekici örsü ve kalibrasyon işlemi

4.1.2. Beton test çekicinin ölçtüğü geri sıçrama değerlerini etkileyen etkenler

Beton test çekici ile doğru değer ölçmek için darbe çubuğu beton yüzeyine daima dik bir şekilde uygulanmalıdır. Yüzeye dik olmadığı sürece doğru değerler elde edilemez. Bunun yanında uygulanan alanın sabit olması gerekmektedir. Agregatanelerinin açıkta olması geri sıçrama esnasında yanlış değer vermesine neden olabilir. Düşey olarak veya yatay olarak değer aldığımız esnada deneysel etki çarpanları kullanılarak belirlenmelidir. Aldığımız alanın ıslak olmaması gerekmektedir. Islak olması durumunda değerler de ciddi bir azalma görülür.

4.2. Karot Makinesi İle Numune Alımı

Mevcut bir betonun karakteristik basınç dayanımının tespiti, en gerçekçi olarak, betondan karot numunesi alınıp bu numunenin serbest basınç deneyine tabi tutulmasıyla yapılabilmektedir. Ancak karot numunesi alımı mevcut yapıyı tahrip ettiğinden en son tercih edilmesi gereken ve mutlaka ehil kişiler tarafından yapılması gereken bir yöntemdir (İlhan 2003).

Hasarlı tespit yöntemleri karot makinesi ile yapılmaktadır. Sertleşmiş betondan kesilerek çıkartılan silindirik şekilli numunelere “karot” denilmektedir. Karot

numuneler, karot alma aleti denilen bir aletle kesilip çıkartılmaktadır (Şekil 4.5). Karot alma aletinde, kendi eksenini etrafında dönebilen içerisi boş silindirik şeklindeki (boru şeklindeki) elmas uçlu bir kesici bulunmaktadır. Karot alma aletinin çalıştırılmasıyla yüksek devirde dönmeye başlayan silindirik kesicinin ucu, numune çıkartılmak istenen beton blok yüzeyine dik olarak temas ettirilmektedir. Elmas uç döndükçe, betonu delerek kesilmesi sağlanmaktadır. İçi boş silindirik şeklindeki kesici, kesimin yapıldığı beton blok içerisinde ilerledikçe, kesilen beton parçası da silindirik bıçağın içerisinde kalmaktadır. Delme işlemi sonunda, kesilen numune beton bloktan kesici yardımıyla çıkarılır (Erdoğan 2003).

Karot alma aleti, sadece betonda değil, betonarme betonunun içerisinde yer alan demir donatıyı da kesebilecek güçtedir. O nedenle, bazen, kesilerek çıkartılan betonun içerisinde küçük bir demir parçası da bulunabilmektedir. Ancak, karot alırken, beton bloktaki demirin kesilmemesine ve karotun içerisinde demir parçasının bulunmamasına mümkün olabildiği kadar özen göstermek gerekmektedir. Jeofizik yöntemlerden olan yapı radarı veya mikro covermeter yöntemi, taşıyıcı sistemdeki donatıların yerini bulmada bundan dolayı önem arz etmektedir.

Karot numunesi, elemana ve yapıya önemli hasar vermeden ve yapıyı riske atmadan usulüne uygun bir şekilde alınmalıdır. Yapının ve yapı elemanlarının taşıma gücünü etkilemeyecek yerden seçilmelidir. Karot alım işleminde bazı hususlar önemlidir. Karot alınacak yer konusunda taşıyıcı elemanın taşıma gücü belirlemek amaçlanıyorsa en büyük kesit ortalaması ve en düşük dayanım beklenen yerler tercih edilmelidir. Karot alınırken elemanın en çok zorlanan bölgesinden karot alınmamalıdır (Akçay 2000). Karot alımına başlamadan önce donatı yerleri belirlenmeli ve donatı kesilmemelidir. Ayrıca dübel tutmayan betonlardan numune alınmamalıdır.



Şekil 4.5. Karot makinesi ile numune alımı

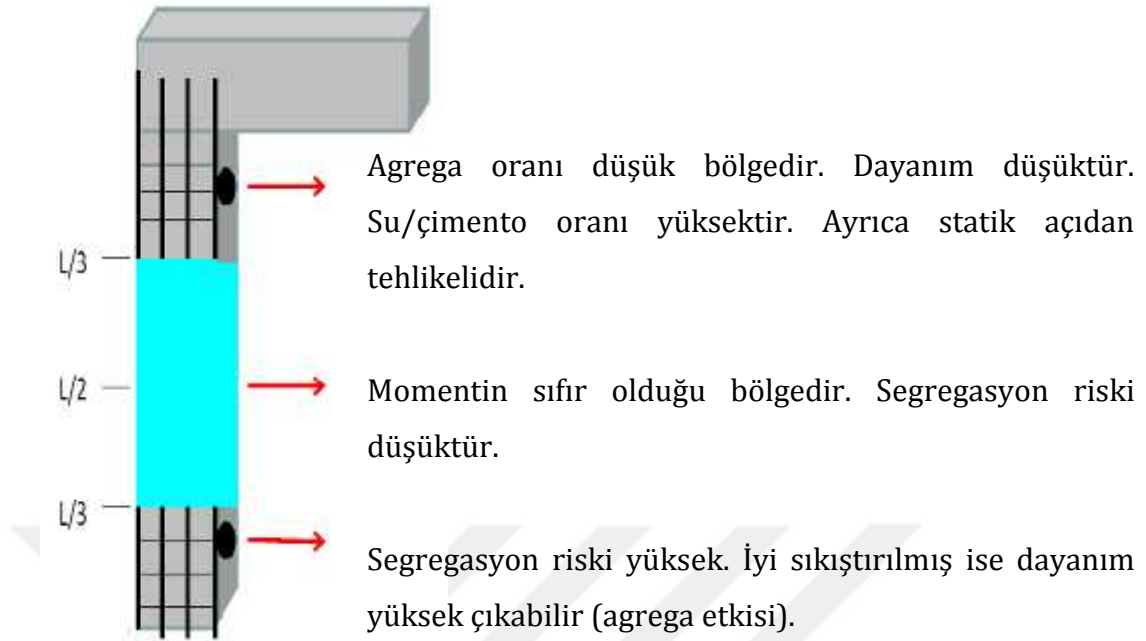
Karot alma işlemi özen gösterilmesi gereken bir uygulamadır. İdeal şekilde karot almak için;

1. Tahribatsız deney yöntemleri ile desteklenmelidir.
2. Karotlar en uygun yerlerden alınmalıdır.
3. İdeal ebatlarda karot alınmalıdır.
4. İstatistiksel analiz için yeterli sayıda (minimum) karot alınmalıdır.
5. 28 günden yaşlı betondan numune alınmalıdır.
6. Karot alınan bölge ve numune incelenip kayda alınmalıdır.
7. Karot alınırken tesisata dikkat edilmelidir.
8. Yapıya en az zarar verilmelidir.

4.2.1. İdeal karot alınması gereken yerler

Bir yapıda alınacak karot yerinin öncelik sıralaması perde, kolon, kiriş ve döşemeler şeklinde olmalıdır.

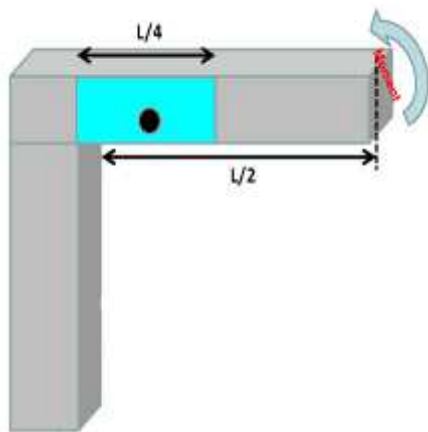
4.2.1.1. Kolondan karot numune alınması



Şekil 4.6. Kolondan numune alım yerleri (www.akcansa.com.tr)

Karot mümkün olduğunca kolonların düşey ekseninin orta noktasından alınmalıdır (moment 0 noktası). Köşelere yakın yerden numune alınmamalıdır. 60x30 cm'den daha küçük ebatlı kolonlardan numune almaya dikkat edilmelidir. Düşey elemanlar için kabaca; zemin katta L/3 mesafeden, normal katlarda L/2 mesafeden alınabilir (Şekil 4.6).

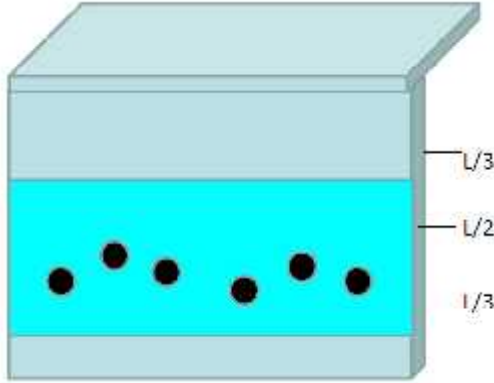
4.2.1.2. Kirişten karot numune alınması



Mümkünse kirişten karot alınmamalı ancak alınacaksa da açıklığın 1/4 kesiminden karot alınmalıdır. Kirişin alt tarafına yakın yerden beton çekmesi ihmal edildiğinden karot alınabilir. Mesnetlerde yoğun donatı olduğundan küçük çapta karot alınmalıdır (Şekil 4.7).

Şekil 4.7. Kirişten numune alım yerleri (www.akcansa.com.tr)

4.2.1.3. Perde betondan karot numune alınması



Perdenin orta kısmından karot alınmalıdır. Köşelere yakın yerlerden karot alınmamasına özen gösterilmelidir (Şekil 4.8).

Şekil 4.8. Perde betondan numune alım yerleri (www.akcansa.com.tr)

4.2.1.4. Döşemeden karot alınması

Döşemeler, geniş yüzeyli ve işçilik kusurları yönünden riskli elemanlardır. Döşeme betonları priz süresince yeteri kadar kür (bakım) yapılmadığından ve iyi sıkıştırılmadığından, döşemelerin basınç dayanımı kolon, perde ve kirişlerin basınç dayanımından düşük çıkmaktadır. Döşeme kalınlıkları karot için yetersiz olabilir. Döşemeden alınan karot tıraşlanmalıdır. Karotun üst kısmı zayıf bir tabakadan oluşmuş olabilir (su/çimento). Asmolen (kaset) döşemelerde karotun kirişlerden alınması daha uygundur (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Döşemeden karot alımı (www.karotmanavgat.com)

4.2.2. Karot alımının fayda ve zararları

Karot alınmasının ve karot numuneler üzerinde basınç dayanımı elde edilmesinin amaçları Erdoğan (2003)'a göre aşağıdaki gibi açıklanmıştır;

Karot numuneler üzerindeki deneyler, yapıda yer almakta olan betonun basınç dayanımını bulmak ve bu dayanım ile standart deney yöntemine göre elde edilmiş olan basınç dayanımını karşılaştırabilmek amacıyla yapılmaktadır. Karot numuneler üzerindeki deneyler, yapıda yer almakta olan betonun yerleştirilme, sıkıştırılma ve kür işlemlerinin yeterince uygulanıp uygulanmadığı hususunda şüphe duyulduğu durumlarda yapıdaki betonun ne kalitede olduğunu araştırmak amacıyla yapılmaktadır. Karot numuneler, basınç dayanımının elde edilmesinin yanı sıra, yapıdaki betonun birçok özelliği (agrega tane şekli, segregasyonun yer alıp almadığı, betondaki karbonatlaşmanın derinliği vb.) hakkında bilgi sağlamamıza yardımcı olmaktadır.

Karot ile silindir numune olarak beton basınç dayanımını ölçmek direk sonuca odaklı bir yöntem olmakla birlikte ciddi sıkıntıları da peşinden getirmektedir. Riskli yapı tespitinde standartlara uygun bir silindir numune almak için 100x100 lük bir karot almamız gerekir. Bunun için de yaklaşık betondan 130x100 lük bir beton alınır. Bu da mevcut yapıda ciddi bir düzensizliğe neden olur. Bu boşalan yeri daha sağlam tamir harcı ile doldurulsa bile betonun homojenliği bozulmaktadır. Taşıyıcı sistemde açılan yerler normal çimentolarla değil bu iş için üretilmiş özel tamir harçları ile kapatılmalıdır. Beton ve beton prefabrikasyon yapı elemanlarının yüzeyinde gerekli derin tamirlerde ve benzeri tamir tespit işlerinde etkinlikle kullanılabilen, aderans kabiliyeti yüksek tamir harçları kullanılmalıdır.



Şekil 4.10. Karot alımı ve yerinin doldurulması

Açılan delik en kısa sürede düşük çökme değerli ve yüksek dozlu tamir harçları ile kapatılmalıdır (Şekil 4.10). Karot alınan bölgeye yüksek kaliteli lifli harç doldurulmasına rağmen beton içerisindeki homojenliği bozduğu için burada bir süreksizlik oluşmaktadır.

Mevcut binadan karot makinesi ile alınan silindirik numuneler her zaman pürüzlü çıkacaktır. Beton pres makinesine tabi tutulabilmesi için bu pürüzlüğün giderilmesi gerekmektedir. Bunun için yapılan ilk adım ise taş kesme makinesi ile numuneyi istenilen boyutta kesmektir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Taş kesme makinesi ile numune düzeltme

Elde edilen karotun çapı, karot alma aletindeki kesicinin çapına göre Ø100 mm, Ø80 mm, Ø70 mm gibi değişik boyutlarda olabilmektedir. Karotun boyu ise,

kesilme işlemi yapılan yerdeki betonun derinliğine göre değişiklik göstermektedir. Bir başka deyişle, karotlar, değişik çaplara ve boylara sahip olabilmektedirler. Deney için hazırlanan bütün karot numunelerinin alt ve üst uçlarındaki yüzeylerin çok düzgün durumda olmalıdır. Kesim işleminden sonra yükün tüm alana ortak bir şekilde basması ve pürüzsüz bir yüzey olması için bütün karot numunelere, deney öncesinde başlık yapılmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Karot numunelerin başlıklanması işlemi

Başlıklama öncesinde, numunenin başlık yapılacak yüzeyleri kuru ve temiz olmalı, yüzeylerdeki bütün gevşek parçacıklar uzaklaştırılmalıdır. Başlık, mümkün olduğu kadar ince olmalı, kalınlığı 5 mm'yi geçmemelidir. Ancak küçük mertebede bölgesel kalınlık sapmalarına izin verilebilir. Karışım, tedarikçinin önerdiği veya gerekli kıvamın sağlandığı sıcaklığa kadar, sürekli karıştırılarak ısıtılır. Gerekli sıcaklığa ulaştıktan sonra da karışım, homojenliğinin sağlanması ve eritme potasının tabanında katı birikiminin önlenmesi için sürekli olarak karıştırılmalıdır.

4.3. Tek Eksenli Basınç Deneyi (Beton Pres Makinesi)

Betona gelen yükler sonucunda meydana gelen şekil değişikliklerine ve kırılmaya karşı gösterdiği direnç beton dayanımı denilmektedir (Bayülke 2001; Erdoğan 2003). Betonun kırılma anındaki okunan en büyük yük değerinin (P), numunenin kesit alanına (A) bölünmesi ile hesaplanır. Yöntem silindir veya küp şeklinde hazırlanan numunelerin üzerinden düşey eksen boyunca basınç uygulanması ile gerçekleşir (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14).



(a)

(b)

Şekil 4.13. (a) Basınç deneyi için hazırlanmış bir karot örneği. (b) Küp numune üzerinde tek eksenli basınç dayanımı uygulaması

Deney yapılırken öncelikle yükleme çerçevesine yüksekliği ayarlanabilir bir üst tabla ile oynar ve hareketli alt tabla arasına deney örneği yerleştirilir. Oynar başlık alt tablanın altındaki pistonun silindrine bir pompa yardımıyla yağ basılır. Yağın basıncı alt tablayı yukarı yönde iterek örneğin kırılmasına yol açar. Bu arada haznedeki basınç kuvveti bir dinamometre ile ölçülür. Örneğe uygulanan gerilmenin üniform dağılmasının sağlanması için, örnek yüzeylerinin pürüzlü olmaması gerekir.

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

Burada f_c , Basınç dayanımı, MPa, (N/mm²); F, Kırılma anında ulaşılan en büyük yük (N); A, Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı (mm²)

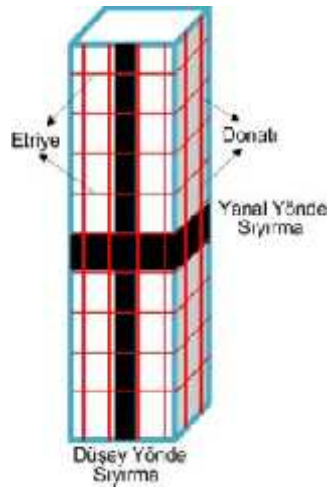
4.4. Sıyırma Tekniği

Sıyırma işlemi de yapıya zarar veren diğer uygulamalardan biridir. Amaç donatı sayısı ve çapını belirlemek ve kolonun tamamında yapılan etriyelerin aralıklarını ortaya koymaktır. Şekil 4.15’de gösterilen sıyırma işlemleri ile yapıya büyük hasar verilmesine ek olarak etriye aralıkları da doğru olarak belirlenemez. Eğer kolonda farklı teknikler ile belirlenen etriyelerin aralıkları, donatı sayıları ve çapları sıyırma tekniği ile kontrol etmek istenir ise Şekil

4.16’da siyah renk ile belirtilen yanal yönde yapılan sıyırma ile donatı sayısı ve çapı belirlenirken, düşey yönde yapılan sıyırma ile kolon boyunca etriye aralıkları ve sayısı belirlenir. Hasarsız deneyler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılır ve doğruluğu ortaya konur.



Şekil 4.14. Sıyırma örnekleri (bu çalışmadan ve Uyanık 2014’den düzenlenmiştir)



Şekil 4.15. Kolonda önerilen sıyırma tekniği (Uyanık 2014)

5. YAPI İNCELEMELERİNDE TAHRİBATSIZ YÖNTEMLER

Tahribatsız deney yöntemleri, yapıların gerek yapım esnasında yanlışlıklarını gerekse geometrik ve kompozisyon özelliklerini, yapı elemanlarına zarar vermeden araştırma işlemi olarak tanımlanabilir (Yüksel 1995). Tahribatsız yöntemler kullanılarak betonun yerinde mukavemetini belirlemek mümkündür. Bu yöntemler ile sertleşmiş betonun kalitesi ortaya konulabilir. Buna karşın yönetmeliklerde belirtilen tahribatlı beton denetim yöntemleri, yapıya zarar verir, zaman kaybı oluşturur ve ekonomik değildir. Numunelerin yerindeki betonu tam temsil edemeyerek sadece alındığı nokta hakkında bilgi vermesi ve betonun döküm esnasında farklılıklar gibi nedenlerden dolayı, araştırmacıları beton dayanımını belirlemek için hasarsız deney yöntemlerine yöneltmiştir. Beton dayanımı belirlemede hasarsız tespit yöntemleri dolaylı yöntemler iken tahribatlı deneyler direk yöntemlerdir. Hasarsız tespit yöntemleri yapının birçok noktasından bilgi elde etmesi, doğruya yakın, hızlı ve pratik olması açısından ve hasarlı tespit yöntemlerine destekçi olarak kullanılmasından dolayı bu yöntemlerin birlikte uygulanmasının daha doğru olduğu düşünülmektedir. Buna ek olarak hem laboratuvarda hem de betonun yerinde dayanımının belirlenmesi ancak tahribatsız yöntemler ile mümkündür. Bu yöntemler ile yapım aşamasında yapının takibi, afet öncesi ve sonrası yapıdaki dayanım değişimi gibi çeşitli sorunlara da çözüm üretilebilir. Ayrıca tahribatsız yöntemlerle yapılardaki beton üzerinde tekrarlı deneyler yapmak mümkündür. Böylece betonun gerek dayanımının zamanla değişimi gerekse sünme, korozyon, aşınma vb. zamandan etkilenen özellikleri kolayca çalışılabilir. Bu tür çalışmalar ile betonun yapısındaki bozukluk ve çatlaklar tespit edilebilmekte ve betonun homojen olup olmadığı bulunabilmektedir.

Beton kalitesini belirleme deneylerinde, tahribatsız deney yöntemleri diğer yöntemlere göre daha yenidir. Bu deney yöntemlerinin yavaş gelişmesinin sebebi, betonun yüksek miktarda heterojen ve kompozit bir malzeme olmasındandır. Yerinde dökülen beton, imalat yöntemleri ve doğası gereği yüksek oranda değişkendir. Son yıllarda hasarsız tespit yöntemlerinin

gelişiminde ciddi ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu yöntemlerin bir kısmı ASTM, ISO ve BSI tarafından standardize edilmiştir (Aydın 2005).

5.1. Hasarsız Yöntemlerin Sağladığı Avantajlar

Hasarsız deney yöntemlerini değişik şekillerde ve boyutlardaki betonlar üzerinde uygulayabilmek mümkündür. Bu tür yöntemler laboratuvardaki silindir veya küp numunelere uygulanabilmektedir. Yapıdaki betonun basınç dayanımını bulabilmek için betondan karot almaya ve kırmaya gerek bulunmamaktadır. Hasarsız tespit yöntemlerinde kullanılan cihazlar çok daha uygundur. Bu yöntem, betonun basınç dayanımını bulabilmek için uygulanan diğer yöntemlere göre çok daha basit ve çabuktur. Hasarsız yöntemlerin uygulanmasında betonun kırılması işlemi yer almadığı için aynı beton üzerinde değişik zamanlarda tekrar tekrar ölçüm yapabilmek mümkündür. Böylece yapıdaki yerine yerleştirilmiş olan betonun dayanım kazanma hızı kolayca takip edilebilmektedir. Hasarsız deney yöntemleriyle, yapıdaki betonun değişik bölümlerinin aynı nitelikte olup olmadığı veya çok sayıdaki aynı elemanın (ön yapımlı elemanlar gibi) aynı özelliklerde olup olmadıkları kolayca kontrol edilebilmektedir. Hasarsız deney yöntemleriyle, normal koşullar altındaki betonun kalitesi ile anormal koşullara maruz kalmış betonun kalitesinin karşılaştırılabilmesi mümkündür. Böylece yangın veya don gibi etkenler altında, beton kalitesinin ne ölçüde değişmiş olacağı kolayca kontrol edilebilmektedir (Erdoğan 2003).

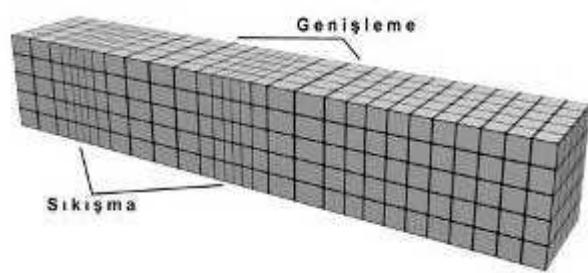
5.2. Sismik Ultrasonik Yöntem

Yapı incelemelerinde en önemli durum yapı iskeletini oluşturan elemanların (beton ve donatı) kalitesinin belirlenmesidir. Beton kalitesi klasik olarak yerinde karot alımı ve laboratuvar da basınç yöntemleri ile belirlenebildiği gibi jeofizik yöntemlerle, yerinde, yapıya hasar vermeksizin daha hızlı belirlenebilmektedir. Beton kalitesinin belirlenmesinde sismik hızlar kullanılmaktadır. Bu hızlar yerinde ve laboratuvar da belirlenebilir. Eğer yapıdan karot alınmışsa ister karot üzerinde ister karotun alındığı yerde sismik

alışmalar yapılabilir. Dolayısıyla az karotlu ya da karot almadan beton kalitesi belirlenir. Beton kalitesi belirlemek için yerinde sismik ultrasonik ve sismik tomografi çalışmaları yapılabilir (Uyanık 2012).

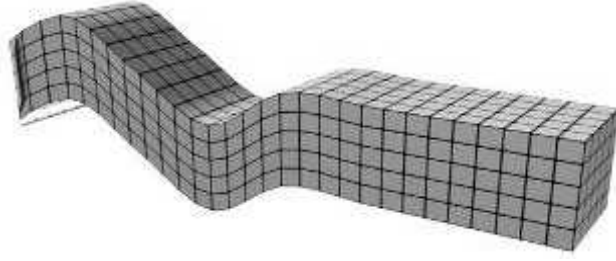
Sismik ultrasonik yöntemde sismik dalgalardan P ve S dalgaları kullanılmaktadır.

Boyuna (P) Dalgaları: Bu dalga tipleri en hızlı yayılan dalga olduğu için deprem dalgaları içerisinde yeryüzüne ilk ulaşan dalgalardır. Boyuna dalgalar partikülleri sıkıştırarak ve genleştirerek yayılma doğrultusuyla aynı doğrultuda ve her türlü ortamda yayılırlar (şekil 5.1). Deprem esnasında bu dalga binaların kolonlarına aşırı yük bindirerek binayı yorar. Fakat yapıyı yıkma özelliği yoktur. Binayı yukarı iterek binanın yukarı-aşağı hareket etmesine neden olur. Bu da yapı yükünün artmasını ve yapıyı ayakta tutan elemanlardan biri olan kolonlara aşırı yük binmesi demektir (Uyanık 2014).



şekil 5.1. P Dalgasının 3 boyutlu gösterimi

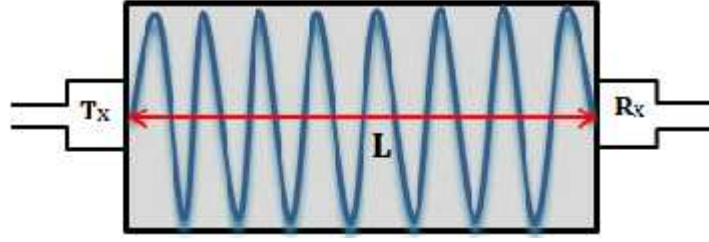
Enine (S) Dalgaları: Deprem dalgaları içerisinde yeryüzüne ikincil olarak ulaşan ve kayıt aletlerinde ikincil olarak görülen ve titreşim hareketi yayılma doğrultusuna göre dik olarak salınan dalgalardır (şekil 5.2). S dalgaları sadece katı ortamlarda yayılırlar. Bu dalga binalarda daha çok kirişleri zorlar. Yani kiriş-kolon bağlantılarını koparmaya yönelik darbeler yaparak yapının sağa-sola hareket etmesine neden olur. Yapının bu dalgalara karşı direnebilmesi için yapı içerisinde giren enerjiyi kolon-kiriş bağlantılarının olduğu yerlerden boşaltmaya çalışır. Eğer yapı içerisindeki enerjiyi kiriş ortasından boşaltır ise kirişler kırılır ve yapı çökebilir. Yani ağır hasar görebilir (Uyanık 2014).



Şekil 5.2. S Dalgasının 3 boyutlu gösterimi

Sismik ultrason yönteminde P ve S dalgalarının birlikte ölçülmesi sonucunda betonun elastik modülleri, mekanik, fiziksel ve yapısal özellikleri elde edilmektedir. Yapılardaki betonların mekanik özelliklerini yerinde ve laboratuvarında belirleyebilmek için Sismik Ultrasonik yöntemde puls hızı tekniği kullanılmaktadır. Bu teknik elastik dalga yayılma teorisine dayanmaktadır. Laboratuvarında boyuna ve enine dalga hızlarını belirlemek için bu sismik elastik dalgaların numunenin içinden geçtiği süreler ölçülerek bilinen numune boyundan sismik dalgaların hızları belirlenebilir. Yerinde ise sismik hızlar alıcı-verici arasındaki uzaklık ve elastik dalgaların geçtiği süreler ölçülerek belirlenmektedir.

Bu cihaz da bir verici (Tx) ve bir alıcı (Rx) probolar vardır (Şekil 5.3). Ultrasonik sismik ölçüm alınmadan önce cihazda hem P hem de S proboları için sıfır ayarı yapılmalı ve enerjinin iletimi açısından probolarla numune arasında hava boşluğu bırakılmamasına dikkat edilmelidir. Bu yüzden numune ile alıcı verici probolar arasında çok iyi bir iletimin sağlanması için P dalgalarında jel ya da gres yağı kullanılırken S dalgasında kullanılmamalıdır. Numune yüzeyinin pürüzsüz ve düzgün olması da ölçümü etkileyen önemli faktörlerden biridir (Uyanık 1991; Uyanık 1999; Uyanık ve Çathoğlu, 2010; Çathoğlu 2010; Çathoğlu 2011). Numunenin bir tarafından dalga gönderilirken diğer bir taraftan dalga geliş zamanı kaydedilir ve Tx ile Rx arasındaki uzaklığın (L) zamana (t) oranından hız (V) belirlenir.



Şekil 5.3. Numune üzerinde sismik hız ölçümünün şematik gösterimi

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

(5.1)

Burada V, sismik dalga hızı (m/s); L: uzaklık (mm); t: zaman (µs)

Bu yöntem ile numune üzerinde ve yerinde bina, köprü, yol malzemeleri gibi her türlü yapıda ölçümler yapılabilir. Ultrasonik dalgaların beton içerisindeki hızlarının ölçülmesi ile betonun homojen dağılıp dağılmadığı, beton içerisinde çatlak ya da boşluk olup olmadığı (ses boşlukta 340 m/sn hızla yayılır) ve mekanik özelliklerini belirlemenin yanı sıra beton içerisindeki kırık, boşluk ve bozuşma durumu da tespit edilebilir. Ultrasonik test cihazı mevcut yapılarda betonların dayanımlarının tayin edilmesinde kullanılabilir. Cihazın çalışma prensibinin numunede herhangi bir tahribata sebebiyet vermemesi nedeni ile bu cihaz, hasara duyarlı binalarda, tarihi yapılarda ve güncel yapılarda geniş ölçüde kullanılmaktadır (Uyanık 2014).

Bu metot yapıda betonun homojenliğini belirlemek ve basınç dayanımına yaklaşım yapmak için kullanılır. Kalite değerlendirmesine ek olarak sismik ultrasonik dalgalar yapıdaki çatlak ve boşlukların belirlenmesi için de kullanılır. Bu, sadece tek bir yönde bozuklukların yeri ve kalınlık ölçüsünü bulmak için ara yüzeylerden yansıyarak gelen dalgayı kullanan darbe-yansıma tekniği olarak bilinmektedir. Sismik ultrasonik yöntem ile dalgaların ölçümleri kullanılarak, beton içerisindeki süreksizliklerin yeri, kalite değerlendirme ve kalınlık ölçümleri belirlenir. Sismik ultrason cihazı, hem yapı içerisinde (yerinde) hem de yapıdan alınan karotlar üzerinde (laboratuvar) etkin olarak kullanılmaktadır.

Bu deneyi yaparken daha sağlıklı ve doğruya en yakın değer almak isteniyorsa betonun sıvasının kaldırılması tavsiye edilir. Sinyalin daha iyi gelebilmesi için beton yüzeyinin pürüzsüz ve düzgün olması gerekmektedir. Sıva üstünden alınan değerlerde düzeltici katsayıları kullanılmalıdır. Aynı yerden karot makinesi ile numune almadan ultrases değerlere bakıp basınç dayanımını vermek bizi yanıltabilir. Bu değerler destekleyici ve yorumlamaya yardımcı değerlerdir. Ancak her zaman yanımızda olması gereken bir cihazdır. Birçok beton değeri ile o betonların alındığı yerdeki P dalga hızı değerlerinin korelasyonlarından sonra beton basınç dayanımını belirlemek mümkündür. Bu da birçok saha çalışmasına ve istatistik veri toplamayla olacaktır. Her beton değerinden alınan sismik hız değerini kaydettikten sonra başka bir yerde karot almadan ultrases değerini alıp o değerini daha önce istatistik tuttuğumuz hangi beton değerinin hızı olduğuna bakarak yorum yapılabilir. Bu şekilde her zaman karot makinesini kullanmadan acil durumlarda ultrason cihazı ile değerler alıp yorumlama yapılabilir. Kullanımı açısından basit ve hafif olması en önemli avantajlarından biridir.

Yapıda sismik ultrason ölçüm alınırken problemler betona temas etmiyor veya sıva üzerinde sismik hız ölçümü yapılıyorsa ölçümlere bir düzeltme faktörü eklenmelidir. Çünkü sismik dalga direk olarak betona nüfuz etmemekte, inceden olsa sıvanın içerisinden geçmektedir. Bu durumda sıva, beton hızında bir azaltmaya sebep olmaktadır. Bu durumda alınan ölçümler için düzeltme faktörü hesaplanarak betonun gerçek hızı belirlenebilir. Bu düzeltme faktörü ve gerçek beton hızı aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanabilir (Uyanık vd. 2012a).

$$V_{po} = \frac{V_p}{(1 - e)} \quad (5.2)$$

$$e = \frac{(S1 + S2) \cdot \left[\left(\frac{V_p}{V_{ps}} \right) - 1 \right]}{h_0} \quad (5.3)$$

Burada V_P : sıva ile birlikte ölçülen betonun dalga hızı (m/s), V_{PO} : sıvasız durumdaki betonun dalga hızı (m/s), V_{PS} : sıvanın dalga hızı (1200 m/s önerilir), S_1 , S_2 : taşıyıcı sistemin iki tarafının sıva kalınlıkları, e : sıva kalınlığına bağlı düzeltme faktörü, h_0 : taşıyıcı sistemin sıvasız kalınlığıdır.

5.2.1. Sismik ultrason cihazı

Ultrasonik yöntemde beton elemana doğru gönderilen vibrasyonel enerjinin varış zamanı ölçülür (Şekil 5.4). Bu enerjinin frekansları 20–250 kHz arasında uygulanmaktadır. Ultrasonik ölçümlerde P ve S dalgaları kullanılmaktadır. Betonarme yapıların P ve S dalga hızları belirlendikten sonra elastik teoriden elastik modüller elde edilmekte ve bu değerlere göre betonun basınç dayanımının yanı sıra fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında da bilgiler vermektedir.



Şekil 5.4. Sismik hızın cihaz üzerinde gösterimi

5.2.2. Ölçüm teknikleri

Bu ölçüm uygulanırken alıcı ve vericinin konumlarına göre farklı ölçüm teknikleri bulunmaktadır. Cihaz, alıcı ve verici uçları karşılıklı yüzeylere yerleştirilerek ölçüm yapabildiği gibi, komşu yüzeylere ve aynı yüzeyde kaydırma şeklinde yerleştirilerek de yapabilmektedir (Şekil 5.5.). Burada en kolay sonuç, karşılıklı olarak okunan değerlerle elde edilir. Ancak yüzeylerin düzgün olmaması ya da köşe elemanlar gibi karşılıklı yüzeylerin görülememesi durumunda komşu yüzeylere uygulama veya aynı yüzeye uygulama gerçekleştirilir.



Şekil 5.5. Kolon üzerinden yerinde sismik ultrason yöntemin farklı uygulamaları.

Ölçüm yolu uzaklığı, beton ölçüm noktaları arasındaki uzaklık olarak alınır. Doğrudan ölçüm tekniğinde en kısa olan dik mesafedir ve % 1 hassasiyette ölçülerek kaydedilir. Dikey ölçüm tekniğinde ise pisagor bağlantısı ile mesafe elde edilir.

Bu teknikler ile kolon ve kirişler üzerinde ölçüm yapılabildiği gibi alınan numuneler üzerinde de ölçümler yapılabilir (Şekil 5.6). Fakat yöntemin direk kolon ve kirişler üzerinde uygulanması daha doğrudur. Karotlar üzerinde basınç deneyi yapılmadan önce ultrasonik yöntem ile P ve S dalga hızları belirlenir ve sonra tek eksenli basınç değeri elde edilirse hızlar ile basınç değerleri karşılaştırılmış olur (Uyanık 2014).



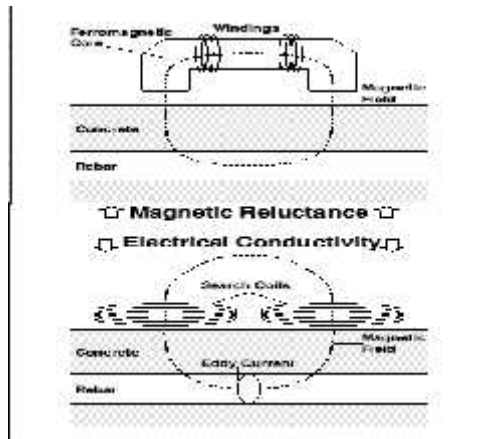
Şekil 5.6. Numuneler üzerinden sismik ultrason yöntemin uygulanması

5.2.3. P dalga hızı değerini etkileyen etkenler

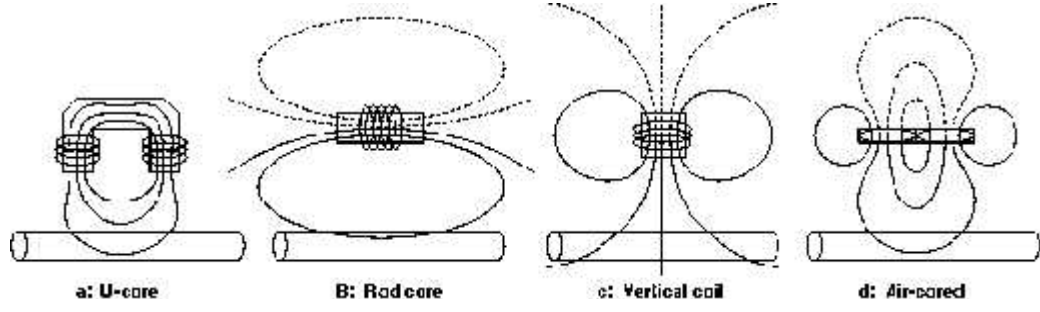
Mevcut yapıların taşıyıcı sisitemlerinden P dalga hızı alırken cihazın alıcı ve verici başlıkların beton yüzeyine temasları çok önemlidir. Başlıklar tamamen yüzeye temas edecek şekilde uygulanmalıdır. Başlıklar arası mesafenin uzaklığı da hızı etkileyen bir başka faktördür. Uzaklık arttıkça dalga enerjisinde azalmalar meydana gelmektedir. Ölçüm yerinin ortalama oda sıcaklığının dışında (5°C ile 30°C) olması hızlarda artma veya azalmaya neden olmaktadır. Taşıyıcı sistemde ölçüm alınan noktada demir donatıların bulunması ve betonun nem miktarının fazla olması dalga hızını artıran bir etkenlerdir. Bunun aksine betonun içinde çatlak, kırık, hava boşluğu olması ve yaşı büyük olan betonlarda ise P dalga hızını azaltan etken olarak söyleyebiliriz.

5.3. Mikro Covermeter Yöntemi (Donatı Tespit Yöntemi)

Mikro Covermeter yöntemi ilk olarak 1955 yılında geliştirilmiştir. Gelişen teknoloji ile bu günkü halini almıştır. Bugün gelişmiş cihazlar, tarama (scan) tekniği ile iki ve üç boyutlu olarak donatı görüntülemesini yapabilmektedir. En çok beton kalınlığı ölçme ve donatı lokasyonu belirleme esaslarına göre uygulanan yöntem magnetik relüktans ve elektrik iletkenlik tekniklerine göre çalışmaktadır (Şekil 5.7). Günümüzde çok pals tekniği ile çalışan türüdür.



Şekil 5.7. Yapay elektromanyetik alanın donatıyı indüklemesi
(www.orphesusweb.co.uk)



Şekil 5.8. Elektrik iletkenlik tekniğinde bobin dalga şekilleri
(www.orpheusweb.co.uk)

Mikro Covermeter elektromanyetik bir cihazdır. Elektromanyetik dalga indüksiyon tekniğine göre çalışır. Cihazın içerisinde bir alıcı birde verici bobin bulunmaktadır. Verici bobin ile elektromanyetik bir alan oluşturulur. Bu alan donatıyı indükleyerek ikinci bir indüksiyon manyetik alan oluşturur. Bu ikinci alan da alıcı bobin aracılığıyla kaydedilir (Şekil 5.8). İndüksiyon sinyalinin şiddeti donatının yoğunluğuna ve derinliğine bağlıdır. Betondaki donatı kontrol edilmektedir (Uyanık 2014).

Riskli yapı çalışmalarında yapılarda donatı yerinin tespit edilmesi oldukça önemlidir. Covermeter cihazı ile beton içerisindeki donatı çubuklarının yerleri, sayıları belirlenir ve donatı çubuklarını saran etriye sayıları, etriye aralıkları ya da etriyenin olup olmadığı ve donatı çubukları ile etriyenin projeye uygunluğu araştırılır (Şekil 5.10). Betonarmedeki beton kalınlığının belirlenen standartlar içinde olup olmadığı önemli olmaktadır. Özellikle riskli bina tespitlerinde malzemenin ve yapı elemanlarının projelerine uygun olması gerekmektedir. Donatıların ve etriyelerin (yatay donatı) betonarme projelerine göre yapılıp yapılmadığı bu yöntem ile kolaylıkla belirlenebilmektedir. Cihaz farklı amaçlar için kalibre edilerek kullanılır veya farklı problemler kullanılır. Büyük prob 36 cm derinlikteki metal çubuğu, küçük prob 12 cm derinliğe kadar olan donatıları daha hassasiyetle saptayabilmektedir. Okuma hassasiyeti + 2 mm veya + (5-75) % sınırları içindedir. Beton kabuğu kalınlığı korozyonun başlangıcını tahmin etme görüş noktasından dolayı önemlidir. Donatı çapının tahmini ve lokasyonu; donatı doğrultu ve pozisyonu projenin temini mümkün olmayan yapılarda yararlı olmaktadır. Ayrıca karot makinesi ile silindir numune alma yerini

işaretlememize yarayarak donatıları kesmememizi sağlamaktadır. Donatı çubuğunun çapı betonda küçük bir açıklık yaratılarak saptanabilir. Çubuk çeliğin türü ve sayısı bilindiğinden ve sabit olduğundan donatı ve cihaz bobini arasındaki mesafe indükleme etkisinin değişiminden saptanabilir.

Beton yüzeyi üzerinde alınan ölçü değerleri dijital ekranda görüldüğü gibi basit ve kolaydır. 41 ile gösterilen değer (Şekil 5.9) sıva ve demirin beton yüzeye olan mesafelerinin toplamıdır. Betonarme projesine bakıldığında genellikle beton yüzeyi ile donatılar arası mesafenin 2,5 cm olduğu düşünüldüğünde buradaki değerden sıva kalınlığının 1,5 cm olduğunu söyleyebiliriz. Küçük kutucuktaki donatı çapını gösteren değer ise $\pm$ %10 hata payını da göz önüne alındığında Ø16'lık donatı olduğu yorumu yapılabilir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Cihaz üzerinde sonuçların gösterimi



5.10. Mikro covermeter yöntemi saha çalışma örnekleri

5.4. Mikrotromor Yöntemi

Ülkemizde son 20 yılda yapılaşmaya çok önem verilmiştir. Hızla gelişen bu kentleşme süreci, plansız yerleşimi de beraberinde getirmektedir. İnşa edilen yapıların, özellikle depremler sırasında maruz kalacakları dinamik kuvvetlere karşı yıkılmadan kalabilmeleri için zemin-yapı ilişkisinin analizi gerekmektedir. Ülkemizde yapılacak öncelikli işlerden biri de hızla büyüyen bu kentsel alanların deprem tehlikesinin, deprem mühendisliğindeki yeni uygulamaları ve birikimleri kullanarak daha detaylı analizini yapmaktır. Çünkü meydana gelen depremlerdeki ağır hasar, can ve mal kayıplarının temelinde zayıf zeminler üzerinde bilinçsizce yapılan çarpık kentleşme veya zemin sağlam olsa dahi mühendislik kaidelerine göre inşa edilmeyen yapılar yatmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek, olabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirmek için özellikle deprem riski yüksek bölgelerde yer tepkisinin ve fiziksel parametrelerinin elde edilmesi gerekmektedir.

Deprem esnasında yapıya etkiyen yükler yapının oturduğu zeminde meydana gelen titreşimler sonucu ortaya çıkan kuvvetlerdir. Bu yükler ve kuvvetler, mevcut yapının ağırlığına, baskın titreşim periyoduna, mod şekline, zeminin dinamik özelliklerine, depremin süresi ve deprem sıklığına bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden her yapının kendine özgü olan dinamik özelliklerinin belirlenmesi son derece önemlidir. Böylelikle olası depremin etkileri ya da herhangi bir nedenden dolayı meydana gelen titreşimlerin etkileri altında mevcut yapıda oluşabilecek hasarların önlenmesi ve oluşacak hasarların minimuma indirilmesi istenmektedir (Çoşgun vd. 2007).

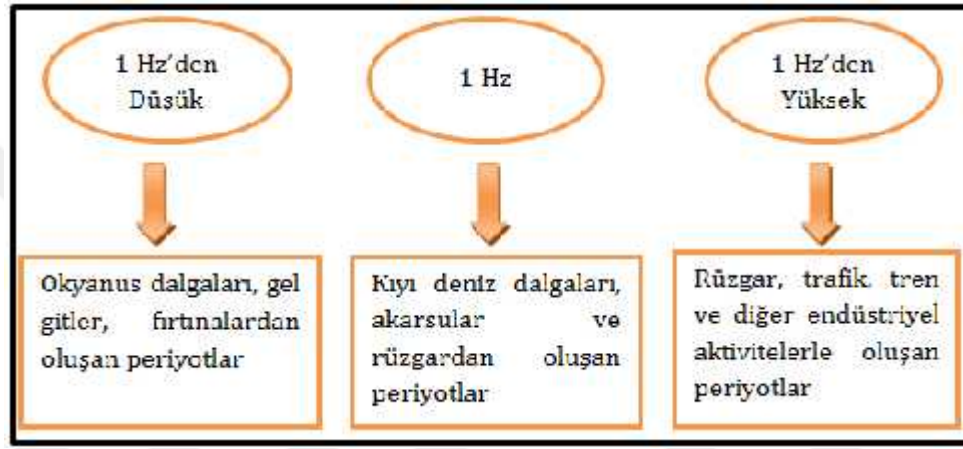
Bilindiği gibi depremlerde yapının oturduğu zeminin sallanması durumunda mühendislik yapısı da sallanmaktadır. Yapı ile oturduğu zeminin periyodunun birbirine yakın olması veya aynı olması durumunda rezonans oluşur. Bu rezonans sonucunda mühendislik yapısının salınım genliği sonsuza doğru büyür ve hasar görür (Nakamura, 1989). Bu durum yapıların gerçek dinamik özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesinin ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Deprem öncesi ve sonrası zemin davranışı ile deprem sırasında zemin-yapı etkileşimi hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla yapılan ve mühendislik sismolojisi çalışmalarında da kullanılan mikrotremor yöntemi, rezonansı oluşturan zemin ve yapı periyodunu bulmamıza yarayan bir yöntemdir. Bu yöntem doğruluk ve güvenilirlik açısından son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanmış, kolay uygulanabilirliği sayesinde jeofizik yöntemler içerisinde önemli bir konuma gelmiştir.

Baskın salınım periyodu ve zemin büyütmesi gibi parametrelerin, yer-yapı etkileşimi belirlenmesinde mikrotremor yönteminin kullanımı, hem arazi çalışmalarında kolaylık sağlaması hem de güvenilir sonuç vermesi yönünden son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Ülkemizde yapılacak öncelikli işlerden biri de hızla büyüyen bu kentsel alanların deprem tehlikesinin, jeofizik mühendisliğindeki yeni uygulamaları ve birikimleri kullanarak daha detaylı analiz etmektir. Bu tez çalışması kapsamında mevcut betonarme yapıların, titreşimcik (mikrotremor) ölçümlerinin alınması, zeminin periyodunun bulunması ve her ikisinden alınan değerlerin bilgisayar ortamındaki modellemelerini kıyaslanarak bina rezonans risk analizi ve temel tipi bulunması hedeflenmektedir.

5.4.1. Titreşimcilerin tanımı ve özellikleri

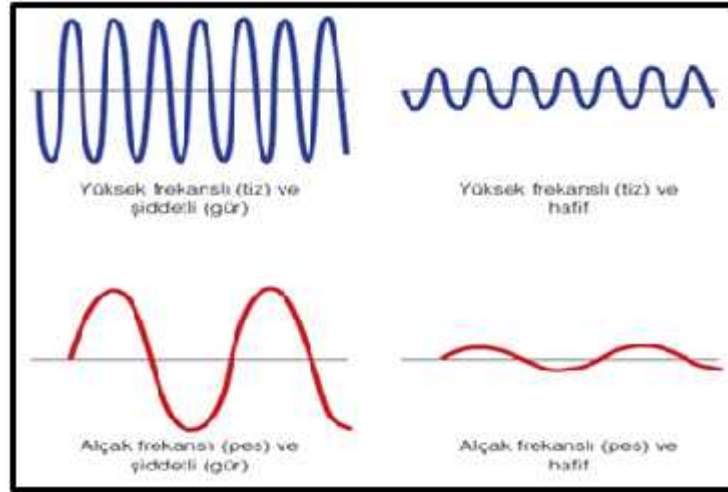
Yeryüzünde meydana gelen sismik patlamalar ve depremler dışında, doğal (fırtına, deniz dalgaları) veya doğal olmayan (bitkiler, otomobil, tren vs...) nedenlerden dolayı ortaya çıkan, periyotları birkaç dakikayı aşmayan, yeryüzünün oluşturduğu bu titreşim hareketlerine genel olarak mikrosismik (çok küçük yer sarsıntıları) denir. Mikrotremorlar, farklı kaynaklardan yayılan

yeryüzündeki sürekli titreşimlerdir. Bu titreşimlerin genlikleri 0,1–1 mikron arasında, periyotları ise 0.05–2 sn arasında değişir. Mikrotremorların kaynağı da çeşitlilik gösterir. Araştırmacılara göre mikrotremorlar doğal kaynaklı çevresel titreşimler veya insan aktivitesi sonucu oluşurlar (Beker 2013). Bu titreşimler jeotermal, sismik aktiviteler, atmosfer etkileri, gelgit durumu ve rüzgâr gibi gürültüler (trafik, endüstriyel aktiviteler vb. bazı insan kaynaklı etkiler) nedeniyle oluşmaktadır (Çizelge 5.1), (Şekil 5.11). Örneklerin tümünü yeryüzünde titreşim olarak söyleyebiliriz (www.demcayebilimleri.com).



Şekil 5.11. Yer gürültüsünün frekans (titreşim) içeriği

Salınım özelliklerine göre mikrotremor yöntemi kısa periyotlu ve uzun periyotlu olarak iki gruba ayrılırlar. Kısa periyotlu mikrotremorlar, $T=1$ saniyeden küçük periyotlu titreşimlerdir (Şekil 5.12). Genellikle ölçüm yapılan birkaç 10 metre kalınlığındaki sıg zemin tabakalarının dinamik özelliklerine bağlı olarak değişim gösterirler. $T=1$ saniyeden uzun periyotlu mikrotremorlar ise ana kaya seviyesine kadar uzanan ve birkaç kilometreye varan kalınlıklardaki jeolojik birimlerin mühendislik özelliklerini yansıtmaktadırlar (Mirzaoglu ve Dikmen, 2005).



Şekil 5.12. Dalgaların frekans çeşitliliği (www.sbs-fen.com)

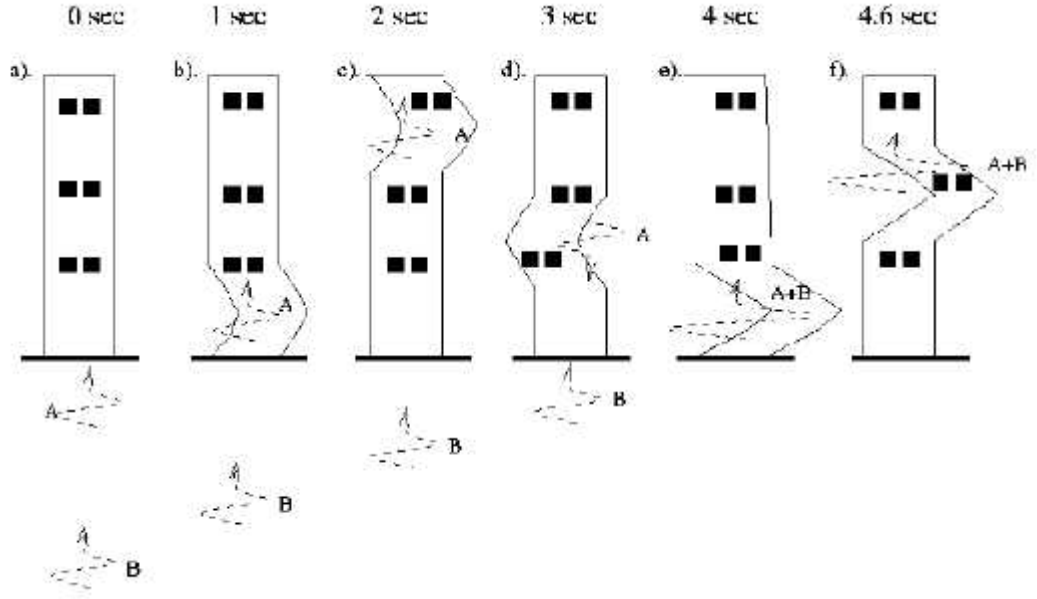
Çizelge 5.1. Mikrotremorların sınıflandırılmasındaki kriterler ve değerlendirme aşamaları (Seo vd., 1990)

Mikrotremorların Sınıflandırılmasındaki Ana Kriterler	
Mikrotremorların Kaynağına Bağlı Özellikler	
İnsan Hareketliliğine Bağlı Kültürel Gürültüler	Doğal Gürültüler
Trafik ve/veya makine gürültüsü	Hava koşullarına bağlı olarak meydana gelen okyanus dalgaları
Mikrotremorlar	Mikroseismler
S dalgaları, Rayleig dalgaları	Rayleig dalgaları, Love dalgaları
Kararlı Özellikler	Kararsız Özellikler
Sabit hakim periyot	Periyot ve genellikle hava koşullarına bağlı olarak meydana gelen değişimler
	Spektral genliklerde günlük değişimler

Mikrotremor ölçümleri geoteknik mühendisliği ve yer-yapı incelemelerinde en çok deprem etkisi altındaki zemin tabakalarının ve buna bağlı yapılarda meydana gelebilecek davranışları çözmemizde bize yardımcı olurlar. Bu amaca ulaşabilmek için mikrotremor yöntemi ile zemin davranışını tanımlamaya yönelik dinamik parametrelerin belirlenmesi gerekir. Bu parametrelerden bazıları zemin hakim periyodu, H/V (Yatay/Düşey) oranı, bölgedeki ana kaya derinliği ve jeolojik birimlerin kayma dalgası hızları olarak söyleyebiliriz. Ancak inceleme alanımız olan yapılara yönelik baskın periyot ve H/V oranı gibi parametreler elde edilmiştir. Bu parametrelerin saptanması ile yerin yapısına

göre doğru, sağlam ve daha dayanıklı yapıların yapılıp yapılmadığını tespit etmek mümkün olacaktır.

Zemin hakim titreşim periyodu belli olan yerin üzerine yapılacak olan yapının kendine ait bir baskın periyodu vardır. Yapılaşmada yerin ve yapının periyotlarının aynı olmamasına dikkat edilmelidir. Deprem esnasında yayılan ve zemin içerisinde ilerleyen dalgaların periyodu ile mevcut yapının periyodunun aynı olması durumunda yapı maksimum hasarı alacaktır. Bu periyot çakışması durumuna rezonans denilmektedir. İşte yapıların deprem sırasında yıkılması olayı bu noktadan sonra, deprem salınımları ile buna bağlı olarak salınan yapıların öz salınım frekanslarının eşitlenmesi durumuna (rezonans olayı) bağlıdır (Şekil 5.13). Yapıların rezonansa uğramaması ve hasar almaması için yapılaşmaya gidilmeden önce zemin hakim titreşim periyodu belirlenerek yapı periyodu buna göre dizayn edilmesi gerekmektedir. Binanın salınımını ölçerek rijitlik durumunu belirlemek ve zeminden alınan periyot değerleri ile kıyaslayarak bina dayanımı hakkında yorum yapılmaktadır. Bu çalışmada ise mevcut binalarda yapılacak mikrotremor yöntemi ile temel tipi tespit çalışmasının yanı sıra binaların baskın periyotları ile o binaya ait zemin hakim titreşim periyotları belirlenerek yapının rezonansa girip girmeyeceği de tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar ile binanın periyodunu, binanın rezonansa girip girmeyeceği ve yapılacak yüksek katlı bir binadaki periyot değerlerinin literatüre sağlayacağı katkılar anlamında değer katacaktır.



Şekil 5.13. Deprem dalgasına karşı binanın salınım hareketi (Tokgöz 2002)

Rezonans olayını açıklamak için yaşanmış bir öykü; yüzyıllar önce askeri bir alayın köprü'nün üzerinden geçerken uygun adım yürüyüşüne devam etmelerinden dolayı köprü'nün yıkılmış olmasıdır. Bu olay doğrudan doğruya rezonans etkisinden meydana gelmiştir. Çünkü askerlerin aynı anda köprüye vurdukları frekans değeri ile köprü'nün doğal frekans değerin birbiriye yakın veya aynı olmasından kaynaklıdır. Bu olaydan ders çıkararak Pariste uygun adımla yürüyen askerler, Sen nehri üzerindeki Concorde Köprü'sün'de uygun adımdan askeri tabirle adi adıma geçmişlerdir.

Kısaca mikrotremor ölçümleri aşağıdaki amaçlar için uygulandığını söylenebilir;

-)] Yer hareketinin yerel zemin koşulları etkisiyle oluşturabileceği büyütme özelliklerinin belirlenmesi,
-)] Zemin baskın periyodunun bulunması,
-)] Bina yapı periyod çalışmalarının hesaplanmasında,
-)] Özellikle mikrobölgeleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan mikrotremor sayesinde sismik bölgelendirme yapılabilmektedir,
-)] Bölgelerin potansiyel jeoteknik risklere karşı farklı risk derecelerinde tanımlanabilmesi.

5.4.2. Mikrotremor ölçümlerin değerlendirilmesi ve yöntemler

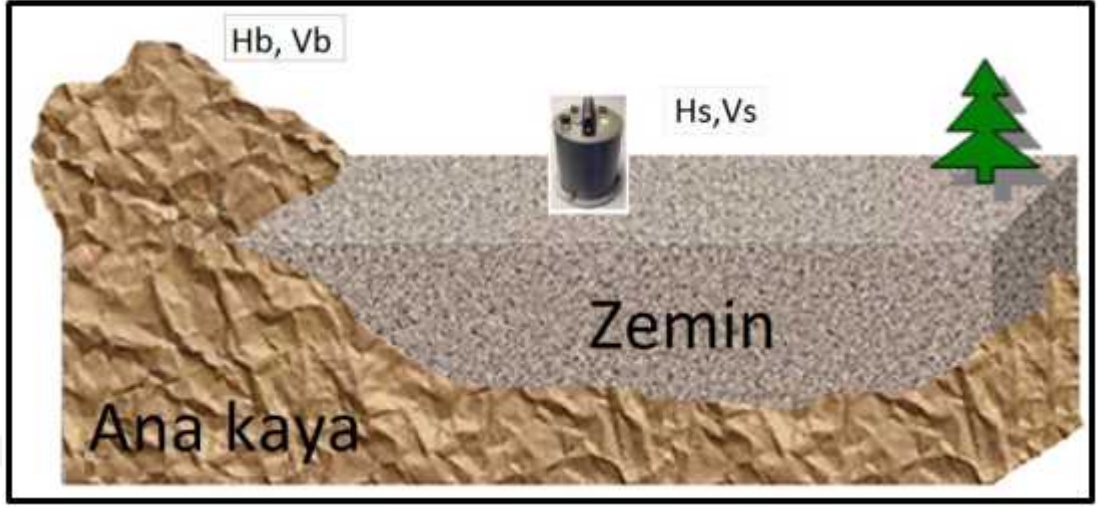
Mikrotremor ölçümlerin değerlendirilmesi, istenen parametrelere ve parametreleri elde etmek için kullanılan yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Mikrotremor ölçümlerini değerlendirmek için kullanılan her metot farklı kabul ve yaklaşımlara dayanmaktadır. Ancak, kullanılan her metotta hepsinde ortak olan ve ilk yapılması gereken spektral analiz uygulamasıdır.

Yapılan çalışmalar kapsamında değerlendirme aşamasında genellikle 4 yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, Fourier genliklerinin ya da güç spektrumlarının yorumlanması, referans noktasına göre spektral oran hesaplanması, yatay bileşenin düşey bileşene spektral oranı (Nakamura Yöntemi) ve sıfır kesme yöntemleridir. Kendi çalışmamızda kullandığımız H/V spektral oran yöntemi (Nakamura Yöntemi) hakkında aşağıdaki bilgileri verebiliriz.

Yer etkisinin kestirilmesi amacıyla Nakamura (1989) tarafından ortaya atılan bu yöntemde göre, yerküre üzerinde veya herhangi bir mühendislik yapısının hakim titreşim periyodu, incelenen noktada zamana göre üç bileşenli (Kuzey-güney, Doğu-batı, ve düşey) gürültü kaydı yapılarak, alınan mikrotremor kaydının spektral ortamda yatay bileşenlerinin düşey bileşenlerine oranından yararlanılarak belirlenebilmektedir. Bu yöntem binalarda uygulandığı zaman binanın ve zeminin toplam dinamik etkisi belirlenebilmektedir. Bu tür hesaplanmış spektral oran H/V (Yatay (Horizontal) ve düşey (Vertical)) spektrumu olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntem literatürde tek istasyon yöntemi olarak da bilinmektedir.

Yöntemin temeline bakıldığında Nakamura'ya göre mikrotremorları oluşturan Rayleigh türü dalgalardır ve bunlar yüzey kaynakları tarafından yaratılır (Şekil 5.14). Bu dalga türü tabakalı bir ortamda hem yatay hem de düşey hareketlerden eşit şekilde etkilenmektedir. Nakamura (1989) mikrotremorların derinden değil, yüzeyden ve yüzeye yakın yersel, sismometreye yakın

noktalardan gelen titreşimlerden (trafik, şehir gürültüleri vb.) oluştuğunu varsaymakta ve derinden kaynaklanan katkıları ihmal etmektedir (Beker 2013).



Şekil. 5.14. Nakamura yönteminin uygulanması (Pamuk, 2014)

5.4.3. Mikrotremör yer-yapı çalışmasında kullanılan ekipmanlar

Bina ve dış nokta çalışmalarında kayıt alınan cihaz, İtalya'da SARA firmasının ürettiği SR04 model üç bileşenli ve 24 bit sismik veri kaydedicidir (Şekil 5.15). Alınan kayıtları RS-232 bağlantı kablosuyla dizüstü bilgisayara aktarma olanağı sağlamaktadır. Cihaz kullanımı çok basit ve çok düşük güç (<1W) ile çalışır. Kalıcı ve taşınabilir kurulumlar için sağlam ve güvenilirdir.



Şekil 5.15. Mikrotremör veri toplama cihazı (Bostaner 2014)

Arazide alınan ölçüm noktalarının koordinatlarının tam olarak belirlenebilmesi için mikrotremör cihazına GPS bağlanabilmektedir. Kayıt alındıktan sonra ise, ara kablo yardımı ile mikrotremör cihazının aldığı verilerin aktarılması için bilgisayara ihtiyaç vardır. Cihaz, 12V, 7 Ah kapasitesine sahip şarj edilebilen batarya ile çalışmaktadır. Cihazın kurulduğu zeminin yataylığını kontrol etmek amacıyla su terazisi de bulundurulur. Mikrotremör cihazı, ölçü alırken bileşenlerde sapma olmaması için kuzey yönüne döndürülür. Bunun için de bir pusulaya ihtiyaç duyulur.



6. ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. İzmir'deki Bazı Yapıların Risk İncelemeleri

Bu çalışmada İzmir ilinin, Bornova, Bayraklı, Balçova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karşıyaka, Karabağlar, Konak ve Narlıdere ilçelerinde yapı inceleme araştırmaları yapılarak bina deprem risk analizleri için gerekli parametreler belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 6.1). Bu ilçelerde Bornova'da 71, Bayraklı'da 6, Balçova'da 7, Buca'da 4, Çiğli'de 3, Gaziemir'de 1, Karşıyaka'da 17, Karabağlar'da 6, Konak'da 11 ve Narlıdere'de 2 olmak üzere toplam 128 binada bina deprem risk analizleri yorumlanmıştır. İncelenen binaların 7'si resmi bina, 121'i özel bina olarak ayrılmıştır. Bu yapı incelemelerinde yerinde Sismik ultrason yöntemi ve Schmitd test çekici uygulanmış ve karot makinesi ile silindir numuneler alınmıştır. Laboratuvar da ise alınan numunelerin sismik ultrason ölçümleri yapıldıktan sonra tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır (Çizelge 6.1). Farklı temel özelliklerinde (Çizelge 6.2) farklı yaşlara, katlara (Çizelge 6.3) ve farklı zemin özelliklerinde (Çizelge 6.4) farklı beton sınıfına sahip (Çizelge 6.5) 128 binadan toplam 370 adet yerinde sismik ve Schmitd test çekici yöntemleri uygulanmıştır. Ayrıca incelenen tüm binalarda mikro covermeter yöntemi uygulanarak taşıyıcı sistemlerdeki (kolon, kiriş, perde beton) donatıların yerleri, yüzeye olan mesafeleri (pas payı) incelenmiştir. Bu binaların içinden 10 adet binada ise temel tipinin mikrotremor yöntemi ile araştırılması ve binaların periyod açısından rezonansa girip girmediğinin incelemeleri yapılmıştır.

Çizelge 6.1. İncelenen binalardaki çalışma yöntemleri

İncelenen Bina	TEBD	Sismik Ultrason	Schmitd	Mikro C.meter	Periyod Çalışması	Temel Tipi Araşt.
128	128	128	128	128	10	10

Çizelge 6.2. İncelenen binaların temel özellikleri

İncelenen Bina	Tekil Temel	Mütemadi Temel	Radye Temel
128 Bina	9	118	1

Çizelge 6.3. İncelenen binaların yaş ve kat aralıkları

İncelenen Bina	Kat Adedine Göre		Yaş Sınıfına Göre		
	0-4 Kat	5-10 Kat	0-20 Yaş	20-40 Yaş	40 Yaş Üzeri
128 Bina	35	93	30	60	38

Çizelge 6.4. İncelenen binaların zemin özellikleri

İncelenen Bina	Z2 Zemin	Z3 Zemin	Z4 Zemin
128 Bina	18	76	34

Çizelge 6.5. İncelenen binaların beton sınıfı dağılımı

İncelenen 128 Bina	C14 Beton	C18 Beton	C20 Beton
	103	17	4
	C25 Beton	C30 Beton	C40 Beton
	1	2	1



Şekil 6.1. Çalışılan alanın lokasyon haritası

Bilindiği üzere Jeofizik Mühendisleri tarafından belirlenebilen bina deprem risk analizi için gerekli parametreler; beton dayanımı, temel tipi, yapı periyodu, karot yeri tespiti, donatı tespiti, kırık ve çatlak tespiti, donatı korozyon durumu, yapı malzemesi radyoaktivitesidir. Bu çalışmada sadece beton dayanımı, temel tipi, yapı periyodu, donatı tespiti ve karot yeri seçimi araştırmaları yapılmıştır.

6.1.1. Beton dayanımı açısından yapı riskinin incelenmesi

Bir binanın riski olup olmadığı hakkında yorum yapabilmek için birçok parametre kullanılmaktadır. Zemin değerleri, statik değerler, mimari değerler, malzeme bilgisi gibi faktörler bir binanın riskli olup olmadığı hakkında bilgi vermektedir. Bilindiği üzere betonun özelliklerinin arasında en önemli yeri dayanım (mukavemet) özelliği almaktadır. Beton dayanımının tahmini için doğrudan yöntem tek eksenli basınç deneyidir. Bu deneyi gerçekleştirmek için binaların taşıyıcı sistemlerinden karot makinesi ile silindir numune alınması gerekmektedir. Karot alımı tahribatlı bir yöntemdir ve her koşulda yapıya zarar vermektedir. Ayrıca silindir numunenin bıraktığı boş yerleri özel tamir harçları ile doldurmak gerekmektedir. Bu şekilde kolonun homojenliği de bozulmuş olmaktadır. Ancak tüm bunların yanında son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle beraber beton dayanımını tahmini için tahribatsız yöntem olan sismik ultrasonik cihazdan hesaplanan hız değerlerine göre betonun kalitesi ve dayanımı hakkında bilgiler elde edilmektedir. Alınan bu değerler yüzde yüz basınç dayanımı değerini vermese de destekleyici ve yönlendirici veriler alınmasını sağlamaktadır.

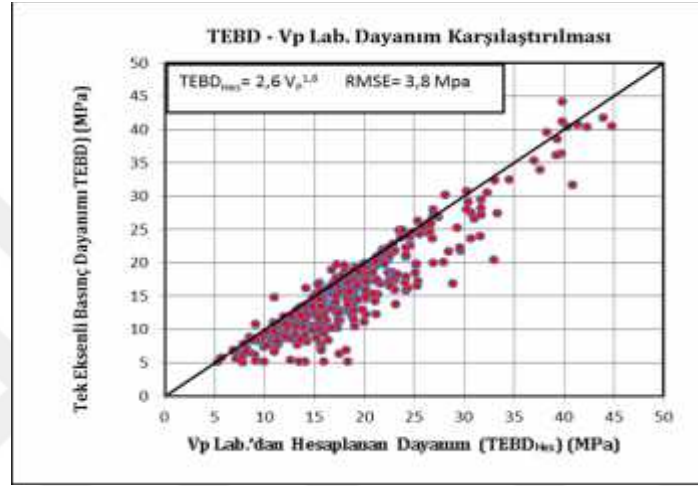
Araştırmalarımızda beton dayanımını belirlemek için yerinde sismik ultrasonik ve Schmitd deneyleri yapılmıştır. Aynı zamanda bu noktalardan karot alınmış ve laboratuvar ortamında sismik ultrasonik deneyden sonra tek eksenli basınç deneyi yapılarak beton dayanımı belirlenmiştir. Sismik ultrasondan hesaplanan P dalga hız değerleri ve Eşitlik 6.1 (Uyanık vd., 2011) kullanılarak yerinde beton basınç dayanımı belirlenmiştir.

$$f_c = 2.6V_p^{1.8}$$

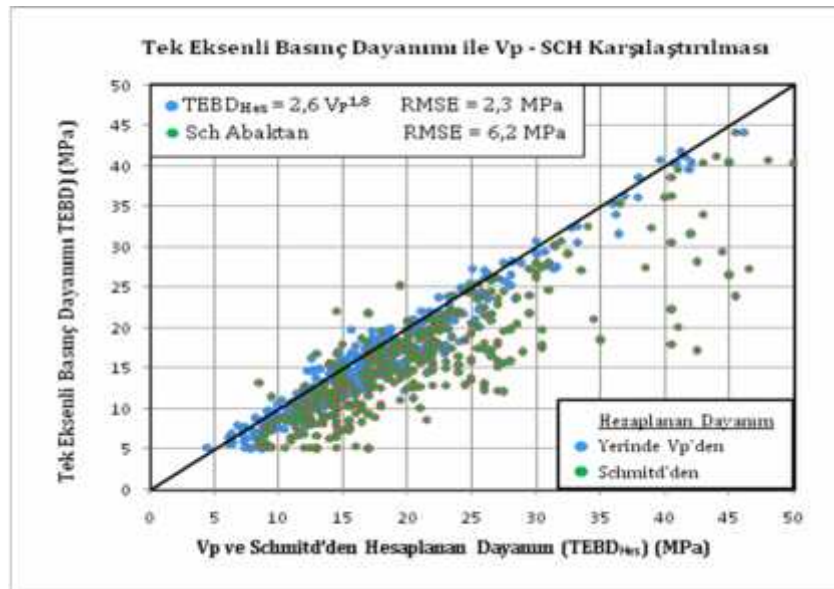
(6.1)

Burada f_c , P dalga hızından elde edilen beton basınç dayanımı (MPa); V_p , P dalga hızı (m/s)

Bu formül kullanılarak yerinde P dalga hızından elde edilen basınç dayanım değeri, yerinde Schmidt dayanım değeri, laboratuvar da P dalga hızından elde edilen basınç dayanım değerleri ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 6.2, 6.3'de sunulmuştur.



Şekil 6.2. TEBD-Vp Lab. karşılaştırılması



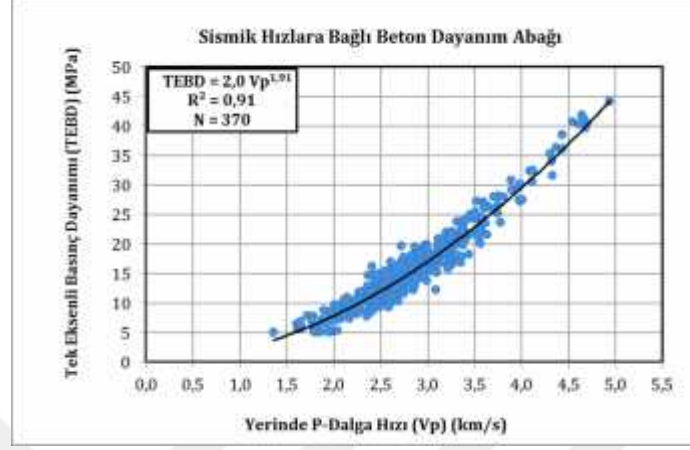
Şekil 6.3. TEBD ile Vp-Sch elde edilen dayanımların karşılaştırılması

Laboratuvarı, karotlar üzerinde ölçülen P dalga varış zamanları kullanılarak hız hesabı (V_{PL}) yapılmış ve Uyanık vd. (2011) ilişkisinden dayanım hesabı yapılmıştır. Bu dayanım ile tek eksenli basınç dayanım değerleri Şekil 6.2’de karşılaştırılmıştır. Şekil incelendiğinde V_{PL} değerinden hesaplanan dayanım değerleri tek eksenli basınç dayanım değerinden daha büyük çıktığı görülmektedir.

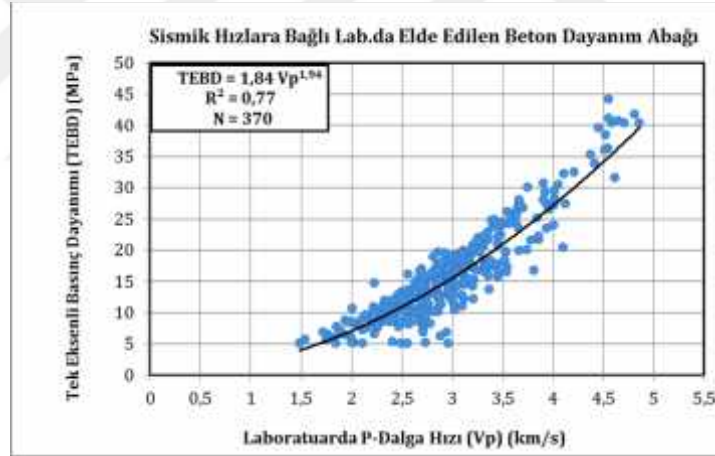
Şekil 6.3 ise tek eksenli basınç dayanımı ile yerinde elde edilen V_p ve Uyanık vd. (2011) ilişkisi kullanılarak hesaplanan dayanım ve Schmitd değerlerinden hesaplanan dayanımlar karşılaştırılmıştır. V_p ’den elde edilen dayanımların tek eksenliden elde edilene göre hata payı yaklaşık 2,3 MPa düzeylerindeyken, Schmitd cihazından elde edilen dayanımların tek eksenliden elde edilene göre hata payı yaklaşık 6,2 MPa olarak elde edilmiştir. Bu iki hata payına bakıldığında riskli yapı tespiti araştırmalarında en önemli parametrelerden biri olan beton basınç dayanım değerini bulurken V_p ’den elde edilen dayanım değerlerinin Schmitd cihazından elde edilen dayanım değerlerine göre çok daha doğruya yakın değerler elde edildiği görülmüştür. Bunu C14 beton sınıfına sahip bir bina örneği ile açıklamak gerekirse tek eksenli basınç değeri 8 MPa olan aynı binada Schmitd deneyi yapılmış olsaydı dayanım değeri 14 MPa civarında elde edilecekti. Bu da C14 beton sınıfına sahip bu bina için projesine uygun yorumları yapılmasını sağlayacaktı. Ancak aynı bina için V_p hız değerlerinden hesaplanan dayanım değeri yaklaşık 10 MPa civarında elde edilecekti. Böylece C14 beton sınıfına sahip bir binada hasarlı tespit yöntemi olan karot makinesi ile silindir numune almadan önce bakılacak olan sismik ultrason cihazından yine projesinden düşük değerler elde edip riskli bina yorumunu yapılmış olacaktı.

Şimdiye kadar ki sismik ultrason cihazından elde edilen V_p değerlerinin dayanıma dönüştürülen tüm bu sonuçlar, eşitlik 6.1 kullanılarak elde edilen sonuçlardı. Bu çalışmada elde edilen veriler kullanılarak yerinde Şekil 6.4 ve laboratuvarı Şekil 6.5 oluşturulmuştur. Şekil 6.4 incelendiğinde üssel bir ilişki olduğu ve ilişki katsayısının %95 civarında olduğu görülmektedir (Eşitlik 6.2). Şekil 6.4’de ise laboratuvarı elde edilen P dalga hızı ile tek eksenli basınç

dayanımı arasında üssel ilişki gözlenmiş ve ilişki katsayısı %88 civarındadır (Eşitlik 6.3). Bu iki şekil karşılaştırıldığında yerinde elde edilen sonuçların daha iyi ilişki katsayısı sunduğu görülmektedir.



Şekil 6.4. Çalışmaya ait sismik hızlara bağlı beton dayanım abağı



Şekil 6.5. Sismik hızlara bağlı lab.da elde edilen beton dayanım abağı

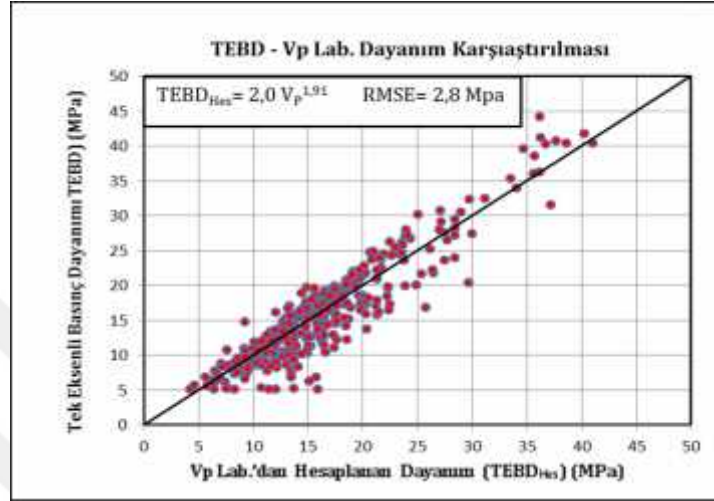
Yerinde çalışmalarda elde edilen dayanım ilişkisi;

$$f_c = 2V_p^{1,91} \quad (6.2)$$

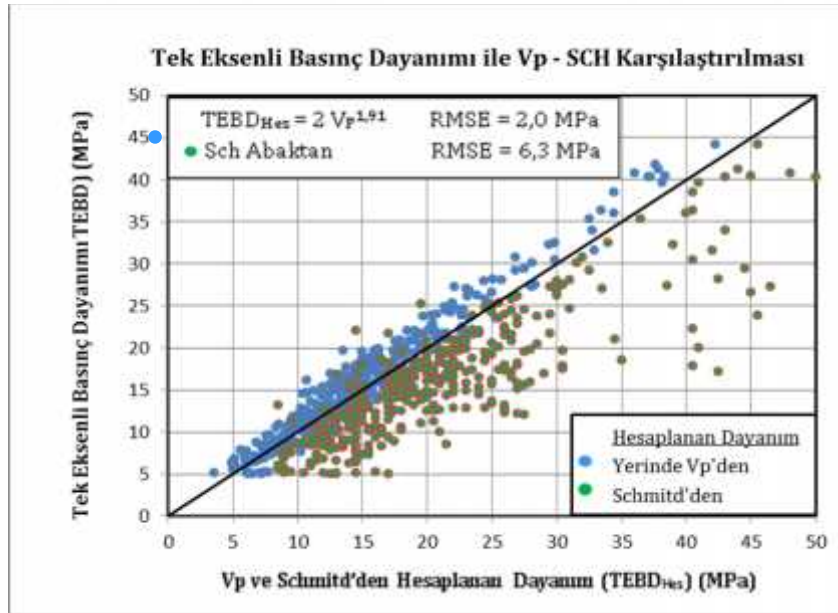
ve laboratuvar da elde edilen sismik hız değerlerinden dayanım ilişkisi;

$$f_c = 1,84V_p^{1,94} \quad (6.3)$$

eşitlikleriyle verilmiştir. Bu eşitlikler kullanılarak dayanım hesapları yapılmış ve tek eksenli basınç dayanım değerleri ile Şekil 6.6 ve 6.7 karşılaştırılmıştır. Şekil 6.6 incelendiğinde laboratuarda P dalga hızından elde edilen dayanım değerleri arasındaki hata miktarı 2,8 MPa civarında elde edilirken Şekil 6.7 yerinde P dalga hızlarından elde edilen dayanım hata miktarı 2 MPa civarındadır.



Şekil 6.6. Yeni bağıntıya göre TEBD-Vp lab. karşılaştırılması



Şekil 6.7. TEBD ile Vp-Sch. karşılaştırılması

Şekil 6.7'de Schmitd çekicinden elde edilen dayanım değerindeki hata payının 6,3 MPa civarında elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda Şekil 6.7 de Schmitd

çekicinden ve yerinde V_p hızlarından elde edilen dayanım değerleri ile tek eksenli basınç dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Şekilden de görüleceği üzere yerinde P dalga hızından elde edilen hata oranı Schmitd den elde edilene göre daha azdır. Bu da yerinde ultrasonik deneyin Schmitd ile kıyaslanması durumunda daha iyi sonuçlar vereceğini göstermektedir.

Tüm yapılarda kullanılan P dalga hızının dayanıma çevrildiği ilişki 6.1’de hata payı 2,3 MPa değeri bulunmuşken bu çalışmada bulunan ilişki 6.2’deki hata payının 2,0 MPa değeri elde edilmiştir. Bu da bu çalışmada bulunan bağıntı ile elde edilen dayanım değerlerinin daha etkin ve daha doğruya yakın olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen yerinde P dalga hızları ve Çizelge 6.6 kullanılarak beton kalitesi verilebilir. Buna göre çalışılan 128 binanın 51 adedi onaylı mimari ve betonarme projesinin altında geriye kalan 77 adedi ise yapıldığı döneme ait deprem yönetmeliğine göre onaylı projelerine uygun değerler sunmuştur diyebiliriz.

Çizelge 6.6. Sismik hızlara bağlı olarak beton kalite sınıflamasının karşılaştırılması (Uyanık vd. 2012).

	Whitehurst (1951)	Uyanık vd. (2011)	Uyanık vd. (2012)		Bu Çalışma
Beton Kalitesi	V_P (m/s)	V_P (m/s)	V_P (m/s)	V_S (m/s)	V_P (m/s)
Çok İyi	>4500	>4565	>4400	>2200	>4700
İyi	3650-4500	3515-4565	3450-4400	1750-2200	3650-4700
Orta	3050-3650	2930-3515	2900-3450	1500-1750	3180-3650
Zayıf	2000-3050	2110-2930	2150-2900	1150-1500	2250-3180
Çok Zayıf	<2000	<2110	<2150	<1150	<2250

6.1.2. Donatı açısından yapı riskinin incelenmesi

Betonarme yapı tasarımında beton ve dayanım ne kadar önemli ise donatılar da o kadar önemlidir. Yapının tasarlandığı gibi davranması için donatıların projesine uygun olması önemli bir unsurdur. Ülkemizde hasar nedenlerinin malzeme ile birlikte en başta gelenlerinden biridir. Bina incelemelerinde dayanımdan sonra bir başka önemli unsur tüm yapı iskeletinin onaylı betonarme projesine göre yapılıp yapılmadığının incelenmesidir. Çünkü riskli yapı incelemelerinde enine donatı miktarı, enine donatı aralığı, enine donatı çapı ve aynı şekilde boyuna donatı miktarı, aralığı ve çapının projeye uygunluğu, korozyona uğrayıp uğramaması en az beton dayanımı kadar önemli unsurlardır. Donatıların bu kadar önem arz etmesi boyuna donatıların normal kuvvet ve eğilme momentlerini karşılaması, enine donatıların (ettriye) ise kesme kuvvetini ve burulma momentini karşılamasıdır. Ayrıca şişmesini, boyuna donatının yanal yer değiştirmesini, burkulmasını ve kolonun taşıma gücünü artırması olarak ta sıralayabiliriz.

Bu çalışmada 128 binadan toplam 640 adet alınan karot numunelerinin alınacak yerlerinin belirlenmesi için mikro covermeter cihazı ile düşey ve yatay donatıların yerleri incelenmiştir. Bu şekilde hem karot yeri belirlenirken hem de boyuna ve enine donatıların sayısı, konum, paspayı (donatıların yüzeye olan mesafesi) mesafeleri belirlenip betonarme projelerine göre uygun olup olmadıkları tespit edilmiştir. Bu çalışma yapılmadan karot alımı işlemi başlamış olsaydı belki de yapıya ait enine veya boyuna donatılar kesilip binaya zarar verilecekti veya donatının aplikasyonlara göre yapılıp yapılmadığını belirlenemeyecekti. Jeofizik yöntemlerden biri olan mikro covermeter yöntemi tüm bu çalışmalarda uygulanmıştır.

Çizelge 6.7. İncelenen kolonların ebat dağılımı

İncelenen Kolon	40x25 Ebat	50x25 Ebat	60x25 Ebat	70x25 Ebat	80x25 Ebat	85x25 Ebat	90x25 Ebat
640	44	83	241	156	49	39	28

Çizelge 6.7.'de görüldüğü gibi incelenen 640 kolona bakıldığında 7 farklı kolon ebatlarından oluştuğu görülmektedir. İncelenen kolonların 514 adedinin etriye aralıkları 20 cm, 136 adedi de 15 cm olarak projesinde görülmüştür. Ancak mikro covermeter cihazı ile incelendiğinde etriye aralıkları 20 cm olan kolonların 47 adedinde (yaklaşık %9) etriye aralıkları 22~23 cm olarak tespit edilmiştir. Etriye aralıkları 15 cm olan kolonların 22 adedinde (yaklaşık %16) etriye aralıklarının 16~19 cm olarak tespit edilmiştir. Ayrıca incelenen 640 kolonun 76 adedinde (yaklaşık %12) projelerinde sıkılaştırma görüldüğü halde böyle bir etriye sıkılaştırma çalışmasının yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu etriye sıkılaştırma olmayan binaların beton basınç dayanımları da projesine göre düşük değerler geldiği göz önüne alındığında bu binaların deprem risk durumlarının diğerlerine göre daha fazla olduğu söylenebilir.

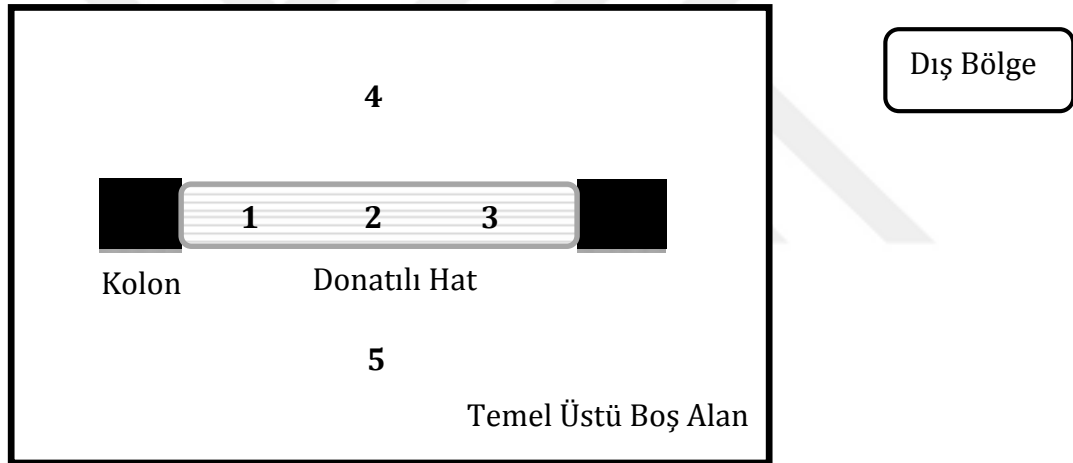


Şekil 6.8. Mikro covermeter ile donatı tespiti çalışması

Şekil 6.8.de görüldüğü gibi karot alınmadan önceki mikro covermeter cihazı ile işaretlenen donatı yerleri mevcuttur. Daha sonra donatı çapını ve korozyonu tespit etmek için açılan (sıyrılan) yerdeki donatı ile önceden işaretlenen çizginin aynı hizada olduğu görülmektedir. Bu da jeofizik yöntemlerden biri olan mikro covermeter cihazının doğruluk oranını göstermektedir. Riskli bina incelemelerinde bu yöntem ile elde edilen verilerin katkısı tartışılmaz boyuttadır.

6.1.3. Mikrotremor yöntemi ile bina temel tipi araştırılması

Bu çalışmada İzmir ilinin, Bornova, Bayraklı, Balçova, Karşıyaka, Karabağlar, ilçelerini kapsayan 10 adet farklı katlı yüksekliklerine sahip binalarda mikrotremor ölçümleri alınmıştır. Temelin üstünde (bodrum veya zemin kat) yapılan mikrotremor ölçümleri Şekil 6.9'da görüldüğü üzere farklı 5 noktada 30'ar dakikalık süreler ile alınmıştır. Şekilde belirtilen 1, 2, 3 noktaları donatılı beton üzerinde iken, 4 ve 5 noktaları direk beton üzerinde alınmıştır. Ayrıca dış bölge olarak belirlenen noktada yine 30 dakika süre ile doğal zeminin periyodunu elde etme amacı ile ölçüm alınmıştır. Temelde ve dış bölgede yapılan mikrotremor ölçümlerinin amacı bina temel tipinin mikrotremor ölçümleri ile belirlenip belirlenemeyeceğini ortaya koymaktır.



Şekil 6.9. Temelde ölçülen mikrotremor düzeni

6.1.3.1. İncelenen binalardaki çalışmalar ve ölçümler

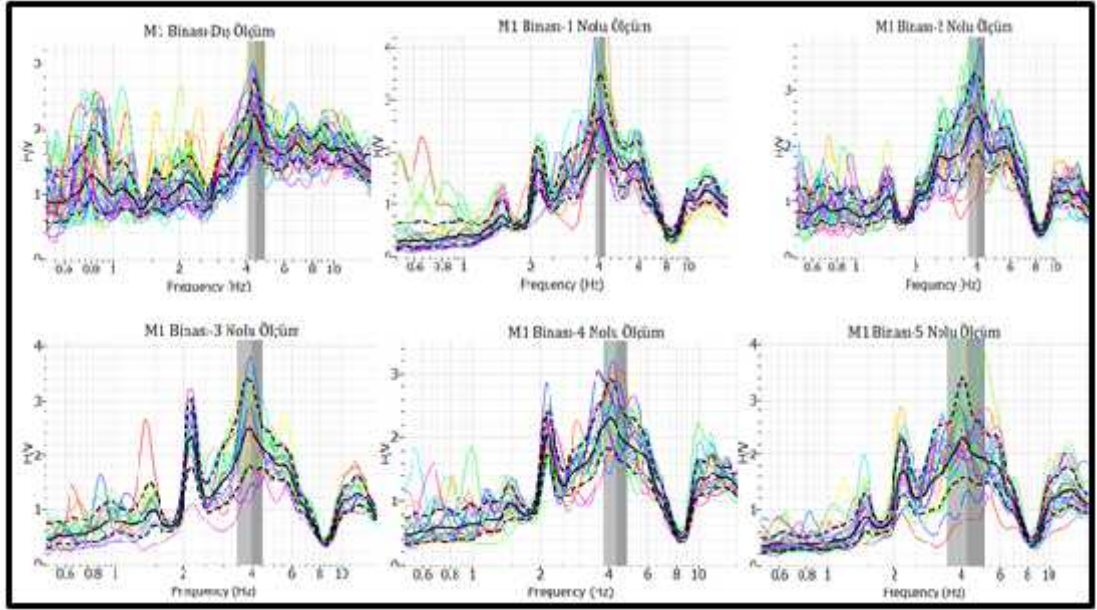
İzmir ilinde mikrotremor yöntemi ile temel tipi çalışması yapılan 10 binaya bakıldığında 5 binanın 25 yaş, 4 binanın 30 yaş, 1 binanın da 15 yaş civarında olduğu görülür (Şekil 6.10). Ayrıca oturdukları zemin özellikleri açısından 5 binanın yumuşak zemin, 3 binanın biraz daha sıkı zemin, 2 binanın da kayalık zemine oturduğu gözlenmiştir. Ölçümler gündüz saatlerinde her bir noktada 30 dakika olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Tüm binaların onaylı betonarme-statik projesi incelenerek hangi temele oturduğu tespit edilmiştir. Kaydedilen

mikrotremor verileri Geopsy yazılımı yardımıyla değerlendirilmiştir. Spektrum ortamındaki verilere Band geçişli filtre uygulanmış, 0.05–20 Hz frekans arasındaki sinyaller değerlendirmeye alınmıştır. Verilere Konno ve Ohmachi'ye ait olan yuvarlatma tekniği uygulanmış, yuvarlatma bant girişi 40 olarak seçilmiştir. Burada verilere Kosinüs penceresi uygulanarak verilerin köşeleri %5 oranında (törpülenmiş) yuvarlatılmıştır. Pencere boyu tüm veriler için 40 sn olarak seçilmiştir. Tüm bu işlemler sonucunda uygulanan Hızlı Fourier dönüşümü ile veriler frekans ortamına geçirilerek, H/V oranları çizdirilerek baskın frekans değerleri belirlenmiştir.

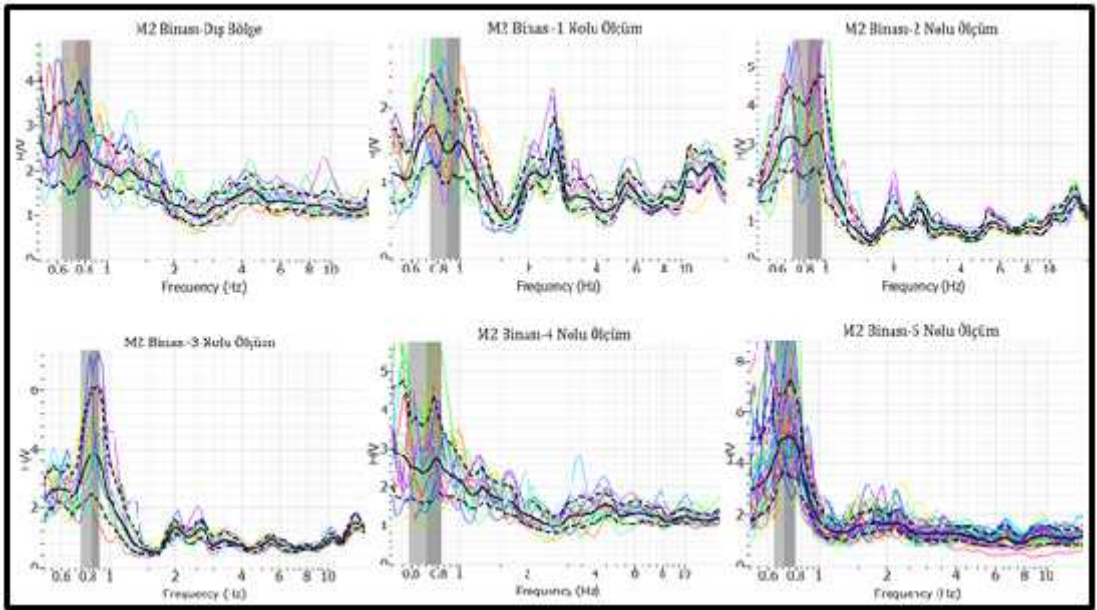


Şekil 6.10. İncelenen Binalar

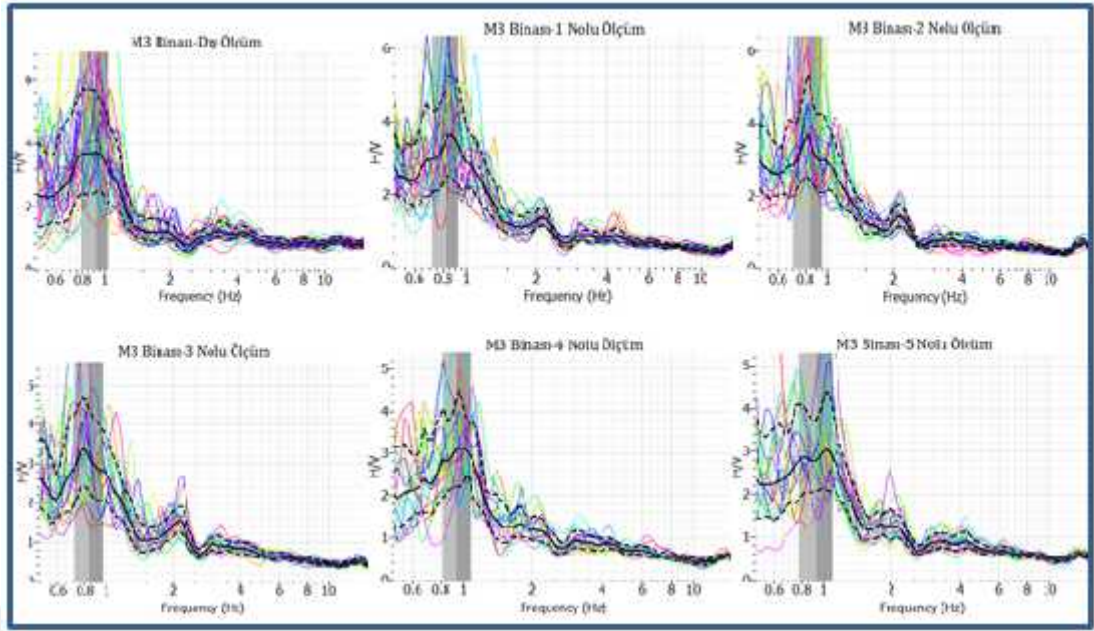
Binalarda alınan mikrotremör ölçümleri Şekil 6.9' da belirtilen numaralara göre alınmış ve değerlendirme sonuçlarında gösterilmiştir.



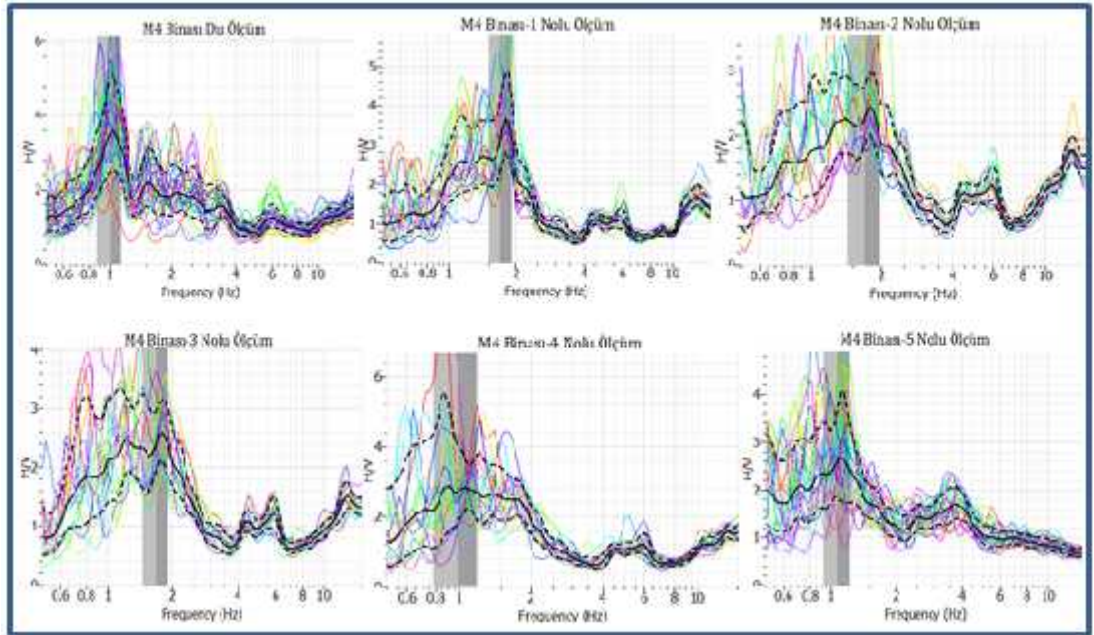
Şekil 6.11. M1 Binası H/V oranları



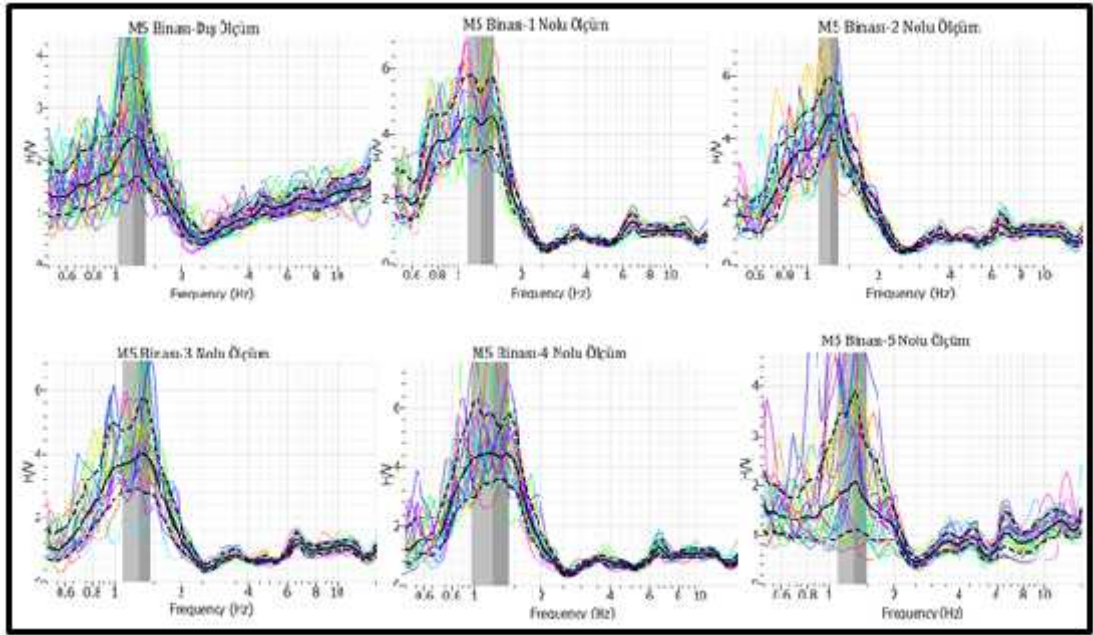
Şekil 6.12. M2 Binası H/V oranları



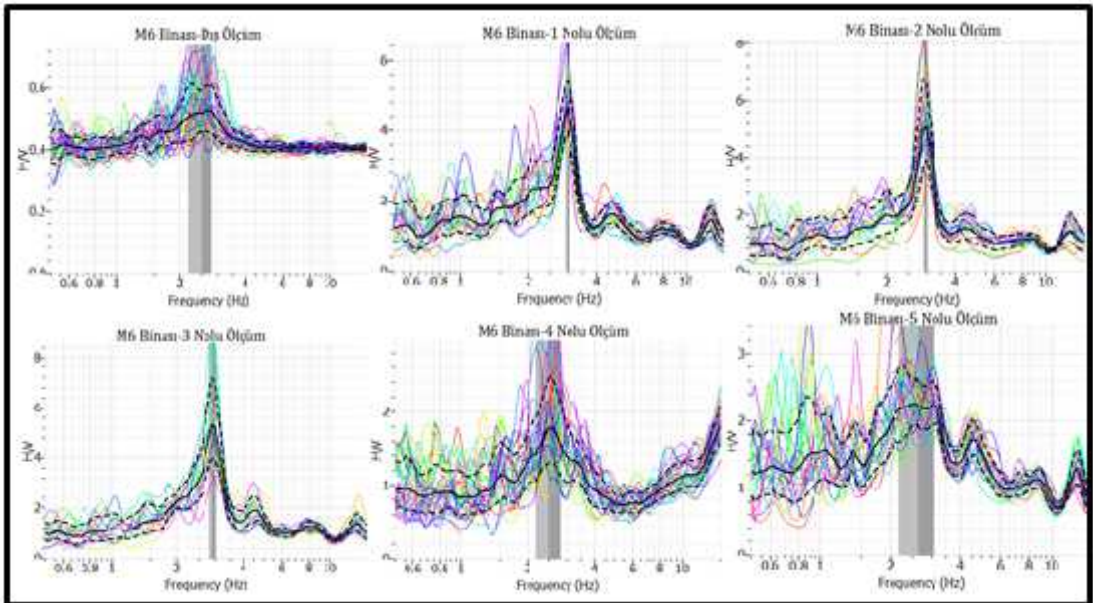
Şekil 6.13. M3 Binası H/V oranları



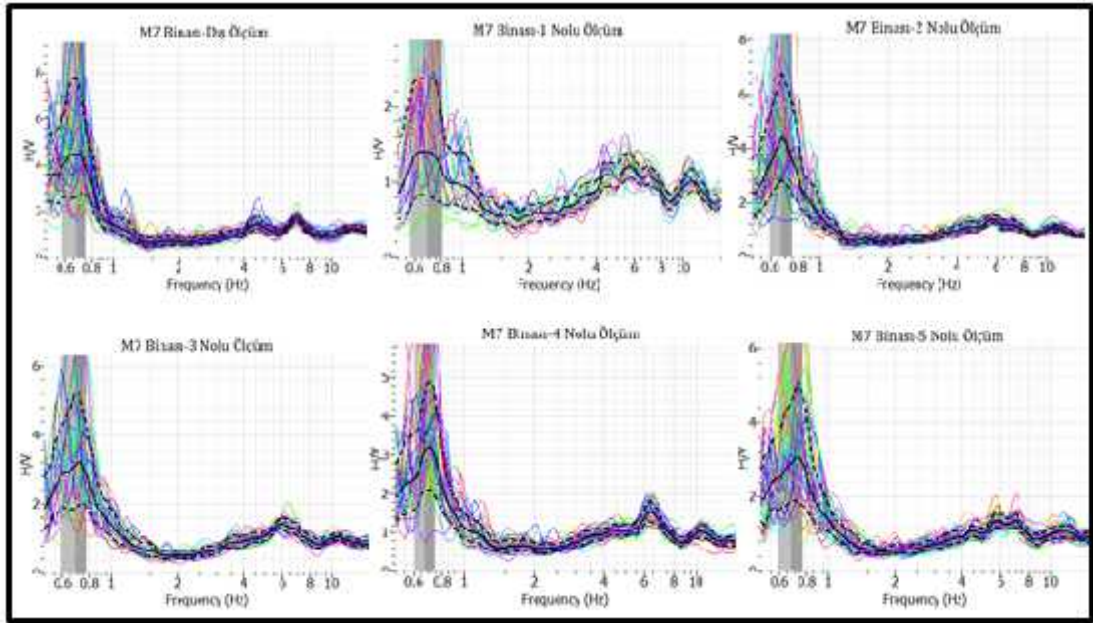
Şekil 6.14. M4 Binası H/V oranları



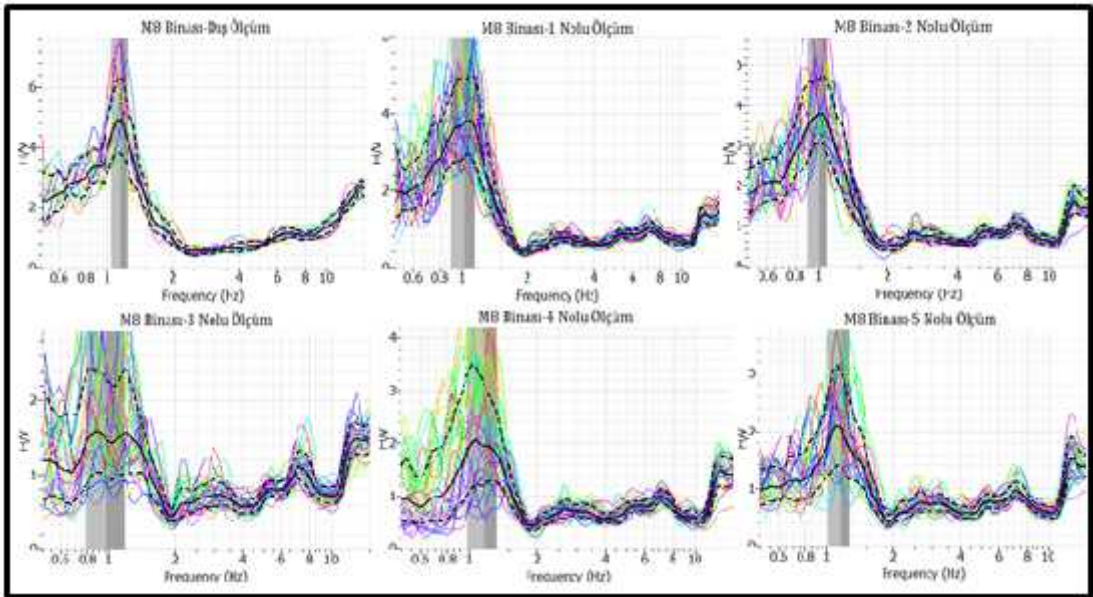
Şekil 6.15. M5 Binası H/V oranları



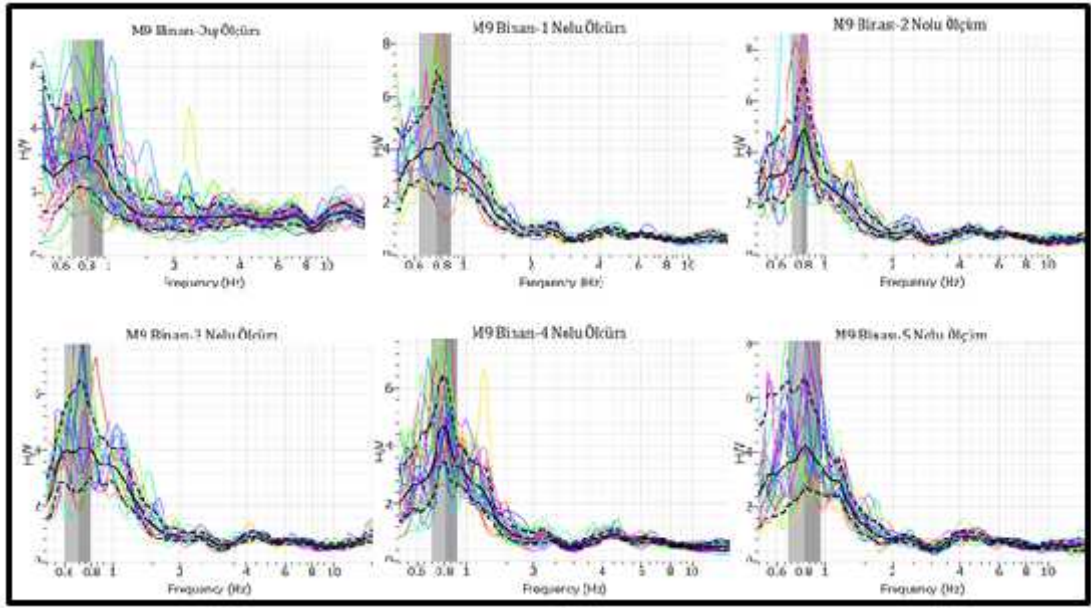
Şekil 6.16. M6 Binası H/V oranları



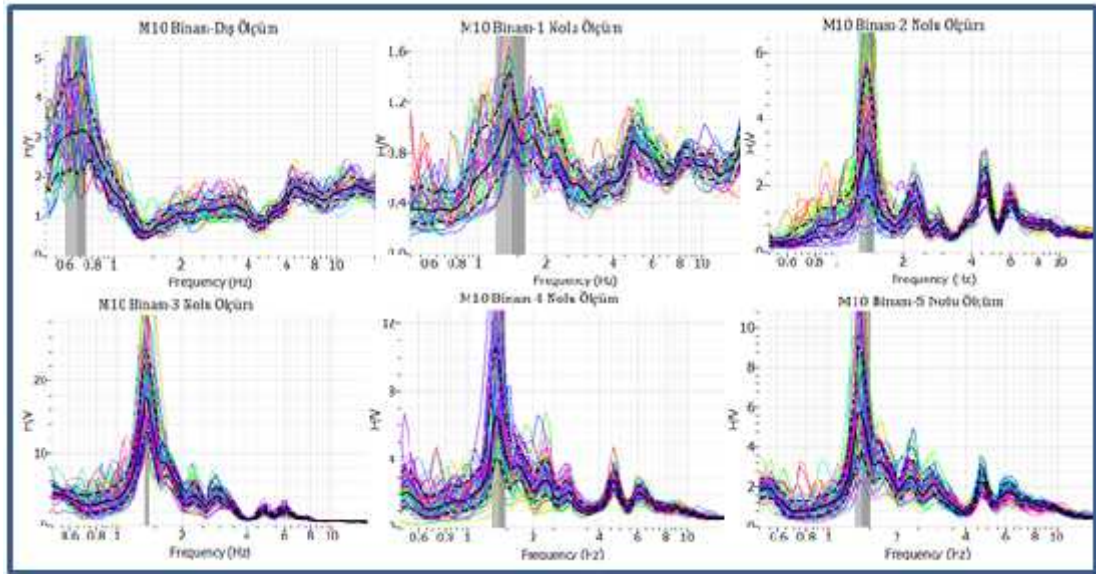
Şekil 6.17. M7 Binası H/V oranları



Şekil 6.18. M8 Binası H/V oranları



Şekil 6.19. M9 Binası H/V oranları



Şekil 6.20. M10 Binası H/V oranları

İncelenen 8 mütemadi, 1 tekil ve 1 radye temele sahip binada öncelikli olarak dış bölgede (dış parsel) zemin hakim titreşim periyodunu elde etmek için bir çalışma yapılmıştır (Şekil 6.11, Şekil 6.12, Şekil 6.13, Şekil 6.14, Şekil 6.15, Şekil 6.16, Şekil 6.17, Şekil 6.18, Şekil 6.19 ve Şekil 6.20). Daha sonra mütemadi temele sahip binalarda onaylı statik projesinde belirtilen iki taşıyıcı sistem arasından geçen hatıllar üzerindeki profil boyunca 3 ölçüm alınmış ve temelde bulunan donatıların geçmediği yerlerden 2 ölçüm daha alınmıştır. Mütemadi

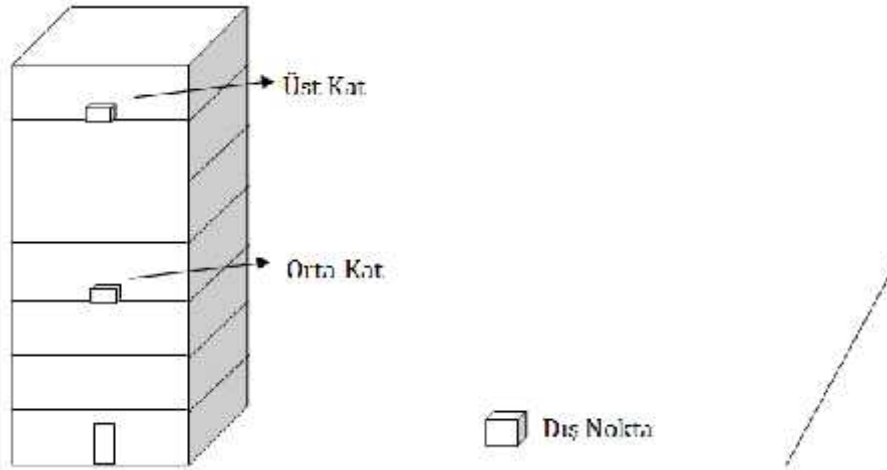
temel olabilmesi için donatıların geçmediği alandan alınan değerler ile dış bölgede alınan değerlerin birbirine yakın veya aynı olması gerekmektedir. Donatılı profil boyunca alınan değerlerin de bu değerlerden tamamen farklı olması gerekmektedir. Tekil temele sahip binalarda ise temel üstünde taşıyıcı sistemler arasında herhangi bir frekans değerini etkileyecek donatı profilleri (hatılları) yer almadığından dolayı dış bölgede alınan değer ile temel üstünde alınan 5 değerlerin birbirine yakın veya eşit olması gerekmektedir. Radye temele sahip binalarda ise temel üstü tamamen donatılar ile kaplı olduğundan alınan 5 değer aynı fakat dış bölgede alınan değer farklı olması gerektiği düşünülmektedir. Tüm bu sonuçlardan sonra incelenen 10 binada alınan değerlere bakıldığında onaylı statik ve betonarme projeleri incelendiğinde yukarıda tespit edilen prensipler göz önüne alındığında mikrotremor yönteminin temel tipi çalışmasında hasarsız tespit yöntemi olarak kullanılmasının doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Çizelge 6.8. Temel tipi çalışmasında 10 binaya ait değerler

Bina No	Dış Nokta (Hz)	1.Nokta (Hz)	2.Nokta (Hz)	3.Nokta (Hz)	4.Nokta (Hz)	5.Nokta (Hz)	Projedeki Temel Tipi
		Donatılı Profil			Donatısız Profil		
M1	4,25	4,06	4,02	4,03	4,28	4,26	Mütemadi
M2	0,71	0,86	0,84	0,84	0,70	0,70	Mütemadi
M3	0,92	0,82	0,82	0,83	0,95	0,94	Mütemadi
M4	1,00	1,70	1,70	1,70	1,01	1,04	Mütemadi
M5	1,20	1,29	1,29	1,28	1,20	1,20	Mütemadi
M6	2,50	2,98	2,96	2,94	2,51	2,55	Mütemadi
M7	0,67	0,69	0,67	0,69	0,67	0,68	Tekil
M8	1,14	1,02	1,00	0,98	1,15	1,14	Mütemadi
M9	0,81	0,74	0,74	0,71	0,81	0,81	Mütemadi
M10	0,66	1,40	1,38	1,35	1,39	1,40	Radye

6.1.4. Yapıların rezonans açısından yapı riskinin incelenmesi

Bir yapının doğal zemin ile olan ilişkisini belirleyen en temel özelliklerinden birisi zemin-yapı etkileşimidir. Zemin yapı etkileşiminde zeminin doğal titreşimi ile yapının titreşimi karşılaştırılır. Eğer yapı periyodu ile zemin periyodu yaklaşık aynı olur ise yapı aşırı kuvvetlere maruz kalarak (rezonans) yıkılma riski artacaktır. Bunun önüne geçebilmek için zeminin doğal periyodunu belirleyip yapının bu periyod dışında bir periyoda sahip olması için inşaat mühendisleri tarafından yapının tasarlanması istenir. Zemin-yapı etkileşimini irdelemek amacıyla İzmir bölgesinde 10 adet farklı yüksekliklere sahip binalarda ve bu binaların doğal zeminlerinde mikrotremor ölçümleri alınmıştır. Farklı katlarda (orta ve üst) alınan ölçümler ile dış bölgede alınan ölçümlerin sonuçları kullanılarak yapı rezonans değerlendirmeleri amaçlanmıştır.

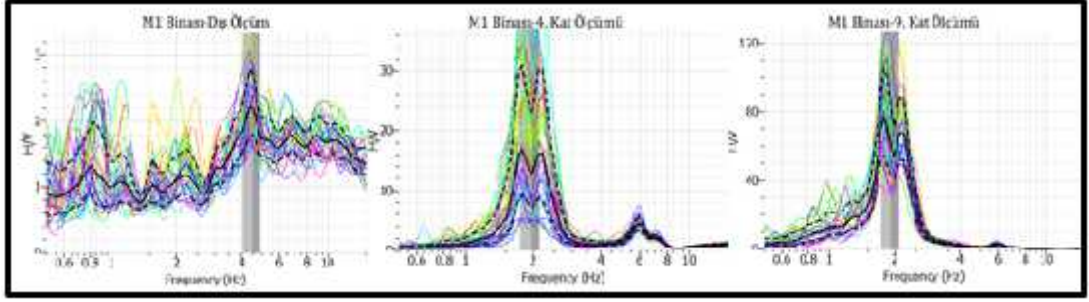


Şekil 6.21. Rezonans tespiti için ölçüm düzeneği

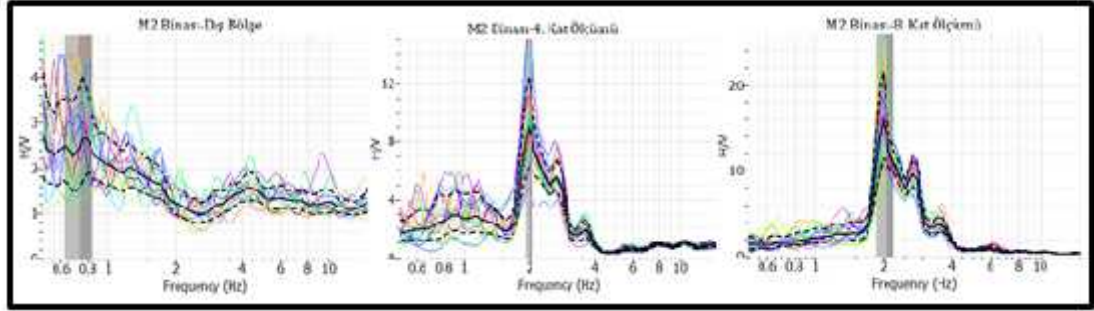
6.1.4.1. İncelenen binaların rezonans durumları

Bina temel tipi tespiti için incelenen 10 bina aynı zamanda bina rezonans durumu için de incelenmiştir. Bu çalışma için her binanın dış noktasından mikrotremor ölçümleri alınarak zemine ait hakim titreşim periyodu tespit edilmiştir. Daha sonra orta ve çatı katından da mikrotremor verileri alınarak binaya ait baskın periyodlar elde edilmiştir (Şekil 6.21). Elde edilen bu

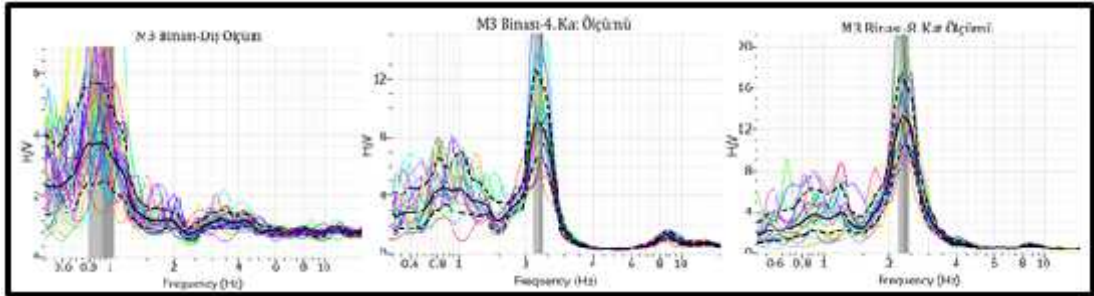
değerlerin zemin verisindeki periyod değerinin sınır aralığının (T_a - T_b) içinde olup olmadığı incelenmiştir.



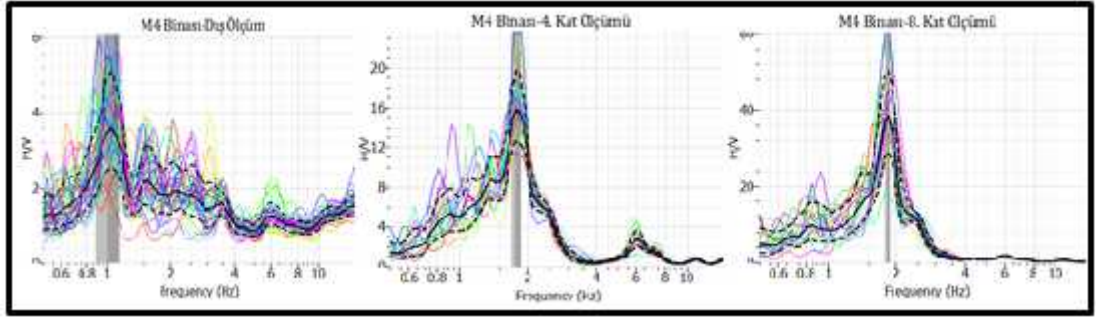
Şekil 6.22. M1 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



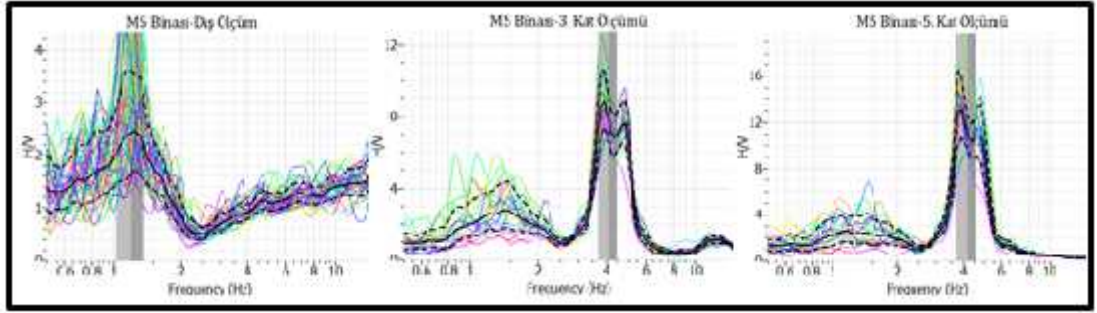
Şekil 6.23. M2 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



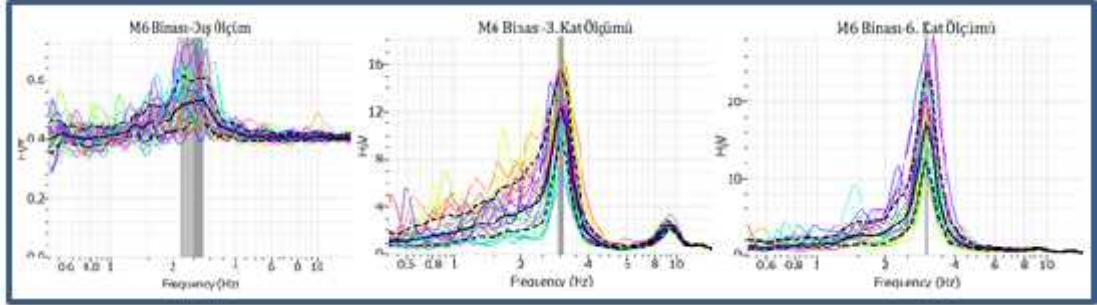
Şekil 6.24. M3 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



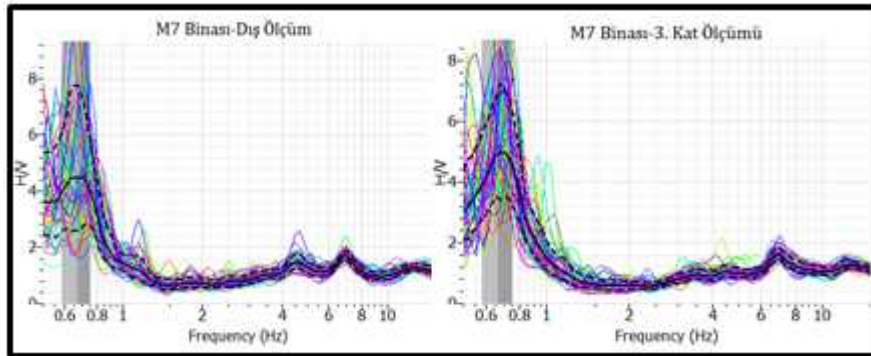
Şekil 6.25. M4 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



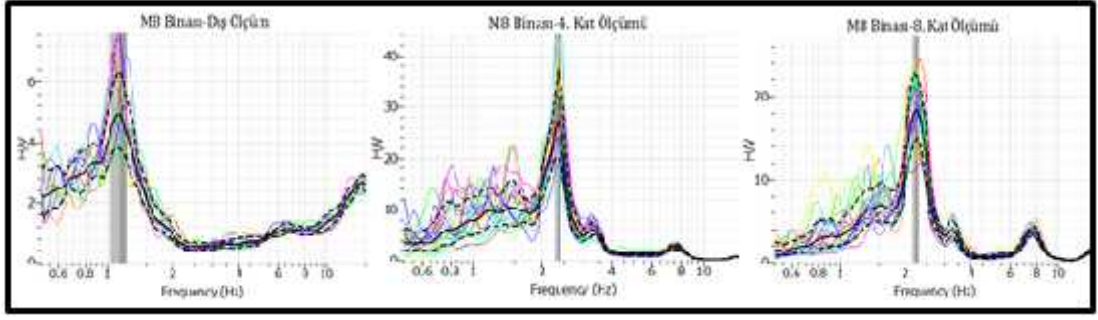
Şekil 6.26. M5 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



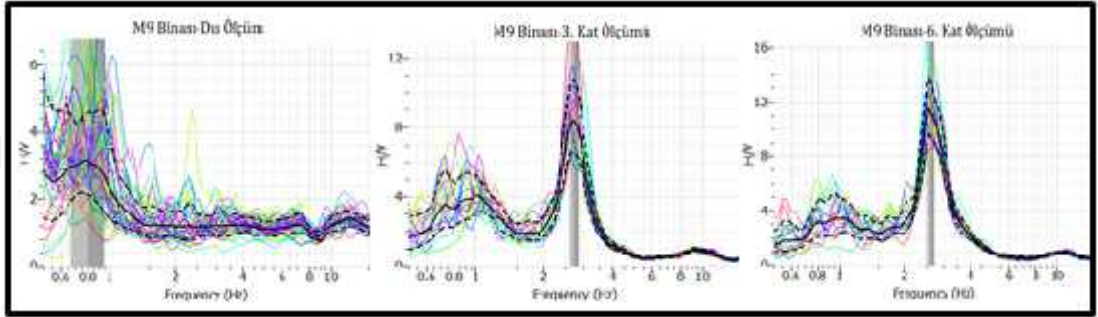
Şekil 6.27. M6 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



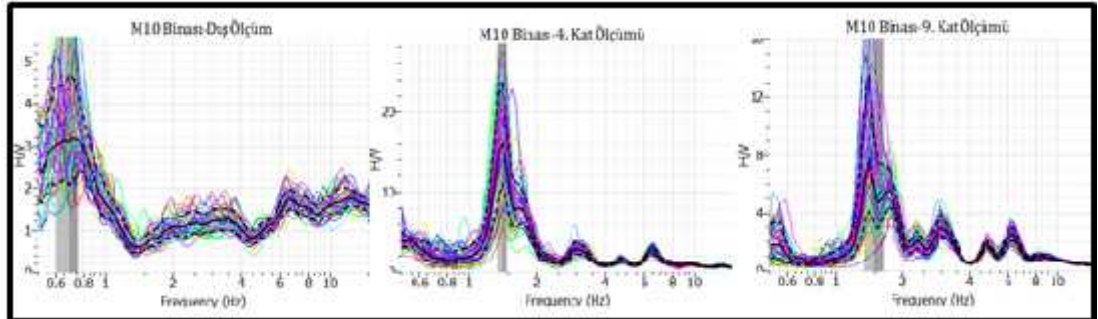
Şekil 6.28. M7 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



Şekil 6.29. M8 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



Şekil 6.30. M9 Binası rezonans tespiti için H/V oranları



Şekil 6.31. M10 Binası rezonans tespiti için H/V oranları

İncelenen 10 binadan 6 adet 9 kat, 3 adet 6 kat ve 1 adet de 3 kattır. Zemine ait periyodlar elde edildikten sonra o periyoda ait sınır değerleri de tespit edilmiştir (Şekil 6.22, Şekil 6.23, Şekil 6.24, Şekil 6.25, Şekil 6.26, Şekil 6.27, Şekil 6.28, Şekil 6.29, Şekil 6.30 ve Şekil 6.31). Ardından binaların orta ve çatı katlarından ölçümler alınarak binalara ait periyod değerleri elde edilmiştir (Çizelge 6.9). Sonuçlara bakıldığında M6 ve M7 binalarına ait periyod değerlerinin zemine ait periyod değerinin sınır aralığı içerisinde olduğu tespit edilmiş olup bu binalar için rezonansa riski bulunmaktadır.

Çizelge 6.9. Rezonans çalışması yapılan 10 binaya ait değerler

Bina No	Zemin Hakim Titreşim Per. (s)	T _a (s)	T _b (s)	Orta Kat (s)	Çatı Katı (s)	Rezonans Durumu
1	0,23	0,15	0,34	0,51	0,52	Risk Yok
2	1,41	0,94	2,11	0,50	0,49	Risk Yok
3	1,07	0,72	1,60	0,43	0,43	Risk Yok
4	1,00	0,67	1,50	0,56	0,55	Risk Yok
5	0,83	0,56	1,24	0,24	0,24	Risk Yok
6	0,40	0,27	0,60	0,33	0,33	Risk Var
7	1,49	0,99	2,23		1,47	Risk Var
8	0,88	0,59	1,32	0,43	0,45	Risk Yok
9	1,23	0,82	1,84	0,37	0,38	Risk Yok
10	1,51	1,01	2,26	0,71	0,68	Risk Yok

6.2. Folkart İkiz Kulelerin İncelenmesi

Kentsel Dönüşüm yasası resmi gazetede yayınlanmasıyla birlikte inşaat sektöründe ciddi bir hareketlilik başlamıştır. Özellikle riskli alanların veya riskli yapıların belirlenmesinden sonra inşa edilen binaların yüksekliğinde gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. Bu kapsamda İstanbul ve Ankara'nın ardından İzmir'de de son 2-3 yıl içerisinde yüksek yapılarda bir artış gözlenmektedir. İzmir'de özellikle yenikent merkezi olarak tanımlanan Bayraklı ilçesinin sahil kesimleri ve Bornova ilçesinin güney kesimindeki Altındağ, Çamdibi, Yeşilova olarak adlandırılan yerleşim alanlarında hızla yükselen inşaatlar görülmektedir.

Bu tez kapsamında zemin-yapı etkileşimi açısından incelenen Folkart İkiz Kuleleri Avrupa'nın en yüksek 5. ikiz kuleleri olarak yerini almaktadır. Bu çalışmanın en büyük özelliği şimdiye kadar bu kadar yüksek katlı yapılarda bu kadar sık böyle bir çalışmanın yapılmamış olmasıdır. Ülkemizde ilk defa yapılmış olması bu çalışmaya farklı bir değer katmıştır. Bu kapsamda literatüre girmiş ilk çalışma olduğu söylenebilir.

6.2.1. Folkart ikiz kuleler genel bilgileri

Bu bölüm, Folkart Yapı Sanayi Ticaret A.Ş.'ne ait İzmir İli, Bayraklı İlçesi, Salhane Mahallesi'nde (27RIV Pafta, 1134 Ada, 4 Parsel) yapılacak Bayraklı Konut Projesi ile ilgili bina temeli seviyesinde yer hareketinin belirlenmesini, taşıyıcı sistemin basınç dayanımını ve yapı-zemin etkileşimini belirlemeye yönelik yapılan çalışmaları içerir. Kule-I, 2010-2013 ve Kule-II, 2011-2014 yılları arasında bitmiştir. Kule-I, 3600m², Kule-II, 4000m²'lik alana inşa edilmiştir. Folkart kuleleri İzmir körfezi boyunca Ege denizine yaklaşık 700m mesafede ve yüksek oranda tuzlu ve nemli havaya sahip bir bölgede bulunmaktadır (Şekil 6.33). Bundan dolayı dış yüzeyler Eloksallı alüminyum yüzeyler ile kaplanarak deniz iklimine karşı yüksek direnç gösterecek özellik kazandırılmıştır. Kulelerin giriş ve podyum aksı üzerinde kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda konumlanmıştır. Bu konumlanma sayesinde kuleler maksimum oranda İzmir Körfezi ve şehir manzarasına sahiptir. Kule kütlesi daha uzun olan güneybatı cephesi boyunca konumlanmıştır (İnşaat Y. Müh. Atacan UTE, Folkart Yapı (kişisel görüşme)) . Bir kule, 24 adet ofis katı, farklı ölçülerde 10 adet konut katı, 2 adet tesisat katı, iç mekan ve dış mekan aktivitelerine sahip 1 adet spor kulübü, çok katlı kapalı otopark ve giriş katındaki alışveriş mekanlarından oluşmaktadır. 2 bodrum + zemin + 46 kat ve anten boyu ile beraber 199 metrenin üzerindedir (Şekil 6.32).



Şekil 6.32. Folkart ikiz kuleler

İnceleme alanında yapılan zemin araştırma raporundan aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir. Zemin özelliklerini, yüzeyden 3.00-4.20m arasında değişen derinliklerde kahve renkli kumlu, çakıllı zemin, kiremit parçası içerikli, heterojen özellikte zemin gözlenmiştir. Bu tabakanın ortalama kayma dalgası hızı $V_s=120\text{m/s}$ olarak tanımlanmıştır. Yeraltı su seviyesi yaklaşık 2.0-2.5m derinliğinde ölçülmüştür. Dolgu tabakasının ardından yaklaşık 12m derinliklere kadar düşük plastisiteli silt ve kil karışımları yer almıştır. ML-CL grubu zemin tabakasının ortalama kayma dalgası hızı $V_s= 140\text{m/s}$ olarak ölçülmüştür. Bu tabakanın kıvamı yumuşaktır. Sahada yapılan sondajlarda jeolojik ana kaya olarak tanımlanan kayaya rastlanmamakla birlikte, zemin davranış analizleri açısından 85m den itibaren ortalama kayma dalgası hızı 700-750m/s olan mühendislik ana kayası olarak nitelendirilebilen çok katı kil birimler yer almaktadır (Siyahi vd. 2011).

Proje sahasında derin temel sistemi baret temel olarak karar verilmiştir. Temel altı zeminin büyük bir kısmı yumuşak kohezyonlu zeminlerden oluşmaktadır. Taşıyıcı zemin tabakası olarak düşünülen tabaka 37m'lerde başlamaktadır. 2 katlı bodrum kazısı ve kazık başlığı (radye) göz önüne alındığında yaklaşık 8.50m derinliğinde kazıdan sonra teşkil edilecek kazıkların boyları 50m planlanmıştır. Bu nedenle yüzeyden 58,5m derinliğe kadar inşa edilebilecek planda 0.80x2.80m boyutlara sahip baret temel düşünülmüştür. Kule-1'de 86 adet, Kule-2'de 86 adet olmak üzere toplam 172 adet baret kazık yapılmıştır. Baret temellerin yanal destek kaybını önlemek (sürtünme kuvvetini artırmak) için yüzeyden 21m derinliğe kadar baret temel etrafında 80cm çapında 6 adet "jet grout" uygulaması planlanmıştır. Durabilite açısından yeraltı suyu ile temasta olacak kazık betonlarında uygun bir katkılı çimentonun kullanılması ve karışımın su/çimento oranının 0,5 ile sınırlandırılması uygun görülmüştür (İnşaat Y. Müh. Atacan UTE, Folkart Yapı (kişisel görüşme)).

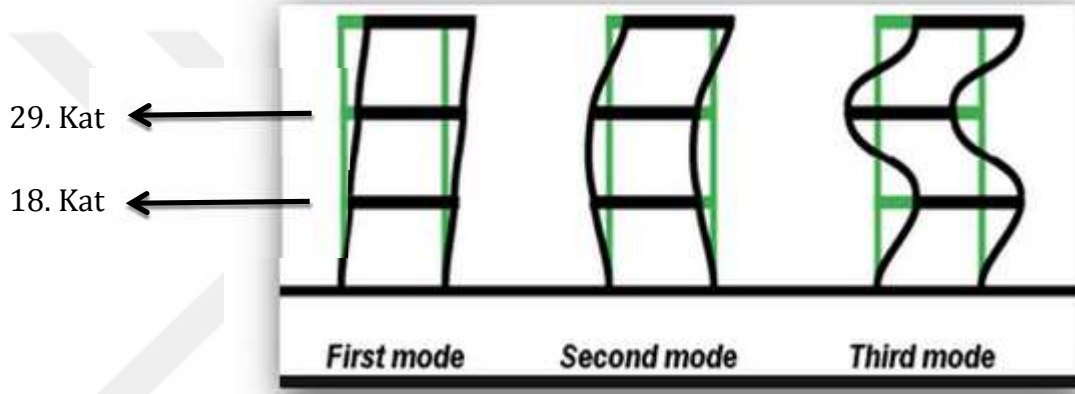


Şekil 6.33. Folkart kulelerin lokasyonu

Kulelerdeki radye temel 3m yüksekliğindedir. Temelde yaklaşık 9620m³ temel beton kullanılmıştır. Kazıklarda kullanılan beton C30/37 (C35) sınıfı betondur. Radye temelde C40/45, üst yapıda C45/50 sınıfı beton kullanılmıştır. Ayrıca Şekil 6.34'te görüleceği üzere yapının deformasyon yaptığı noktalara rüzgar ve deprem sönümleyiciler eklenmiştir. Bu düzenek serbestlik derecesinin kontrol edilebilmesi ve depreme dayanımı arttırmak için kurulmuştur. Statik hesap raporunda bina S şeklinde deplasman yaptığı için kırılım olan yerlere deprem sönümleyici konmuştur. Şekil 6.35'te görüldüğü gibi kırılım olan yerler 18 ve 29'ncu katlara denk gelmektedir (third part). Ayrıca Statik hesap raporundaki bilgiye göre binanın periyodu X yönünde 3,16s, Y yönünde 4,05s olarak hesaplanmıştır. Kulelerin ön yüzündeki konut bölümünü kaplayan bombeler bir hesaplama sonucu olarak değil tamamen mimari olarak yapılmıştır (Öğüt vd. 2011).



Şekil 6.34 Deprem sönümlleme mekanizması



Şekil 6.35. Binaların deplasman yaptığı yerler

6.2.2. Folkart ikiz kulelerde kullanılan yöntemler ve amaçları

İkiz kulelerde bodrum katlardaki taşıyıcı elemanlardan sismik ultrason yöntemi ile P dalga ölçümleri yapıldı. Ayrıca aynı taşıyıcı sistemlerden test çekici ile dayanım elde edilmeye çalışıldı. Bu şekilde hasarsız tespit yöntemi ile alınan beton basınç değerlerinin binaya ait statik projede gösterilen değerlere uygun olup olmadığı tespit edildi (Çizelge 6.11). Tahribatlı metot olan karot ile numune almak yüksek yapı taşıyıcı sisteminde risk oluşturmaması için kullanılmamıştır. Bodrum kattan ve kulelerin her 3 katta bir mikrotremor ölçümleri hem temel tipi hem de yapı periyod değişimi açısından incelenmiştir (Şekil 6.36, Şekil 6.37).



Şekil 6.36. Folkart kulede alınan mikrotremor ölçümü

Folkart I kulesinin -2 bodrum katında radye temel üzerinde 8 adet mikrotremor ölçümleri alındı. Daha sonra farklı 5 taşıyıcı sistemden sismik ultrason cihazı ile P dalga ölçümünden dayanım değerleri elde edildi. Folkart II kulesinin -2 bodrum katından ise 5 adet mikrotremor yöntemi ile frekans değerleri alınıp yine 5 farklı taşıyıcı sistemden sismik ultrason cihazı ile P dalga ölçümünden dayanım değerleri elde edildi (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10. Folkart kuleler bodrum kat mikrotremor değerleri

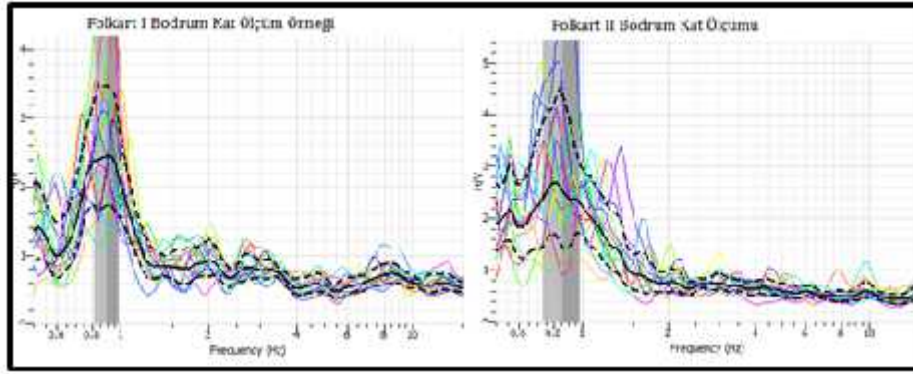
Folkart I	Nokta No	1	2	3	4	5	6	7	8
	f (Hz)	0,81	0,86	0,83	0,78	0,85	0,85	0,86	0,84
Folkart II	Nokta No	1	2	3	4	5			
	f (Hz)	0,86	0,84	0,82	0,84	0,88			

Çizelge 6.11. Folkart kuleler bodrum kat V_p hız değerleri ve Uyanık vd. 2011'den hesaplanan TEBD değerleri

Folkart I	Nokta No	1	2	3	4	5
	V_p (m/s)	4889	4912	4903	4981	4921
	V_p 'den TEBD (MPa)	45,24	45,63	45,48	46,79	45,78
Folkart II	Nokta No	1	2	3	4	5
	V_p (m/s)	4811	4998	5032	5128	4942
	V_p 'den TEBD (MPa)	43,95	47,08	47,65	49,30	46,13



Şekil 6.37. Folkart kuleler bodrum kat mikrotremor ve sismik ölçümleri

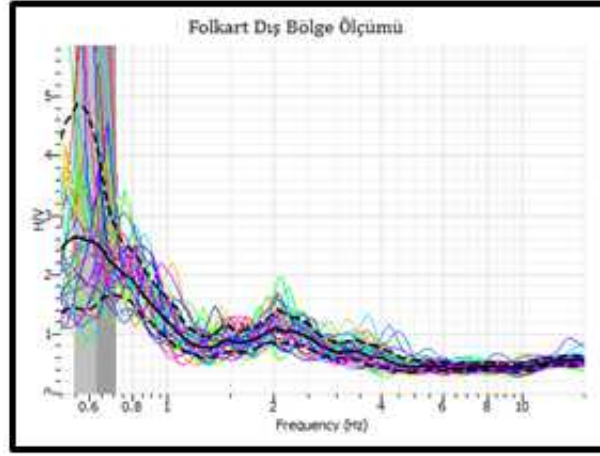


Şekil 6.38. Folkart kuleler bodrum kat H/V oranlar

Folkart ikiz kuleler, Kule I'de yapılan çalışmalarda 3m kalınlığında radye temele oturmuş bodrum kattaki mikrotremor ölçümlerine bakıldığında 8 farklı noktada alınan frekans değerlerinin ve Kule II'de alınan 5 ölçümünde yaklaşık 0,85 Hz civarındadır (Şekil 6.38). Dış bölgede alınan mikrotremor ölçümünün frekans değeri de 0,60 Hz civarındadır (Şekil 6.39). Buna karşın kulelerin bodrum katında farklı noktalarda alınan bir çok mikrotremor ölçüm sonuçları 0,85 Hz civarında yani birbirine çok yakın değerler olması nedeniyle radye temel olarak yorumlanabilir. Bu da bina statik projesinde verilen temel çeşidi ile bizim mikrotremor yönteminden tespit ettiğimiz temel çeşidinin birebir tuttuğu anlamına gelmektedir.

Folkart ikiz kuleleri bodrum katlarda yapılan bir diğer çalışma ise taşıyıcı sistemlerden alınan P dalga hız değeri ve bu değerlerden elde edilen beton basınç dayanımlarıdır. Kule I ve Kule II'de 5 taşıyıcı sistemden (E5, E6, D6, C9 ve B9) V_p hız değerlerinden elde edilen beton basınç dayanım aralığı yaklaşık 44

MPa–49 MPa aralığında gelmiştir. Statik projelerde üst yapıdaki taşıyıcı sistem C45/50 sınıfı beton kullanıldığı göz önüne alındığında elde edilen değerlerin proje ile aynı geldiğini söyleyebiliriz.



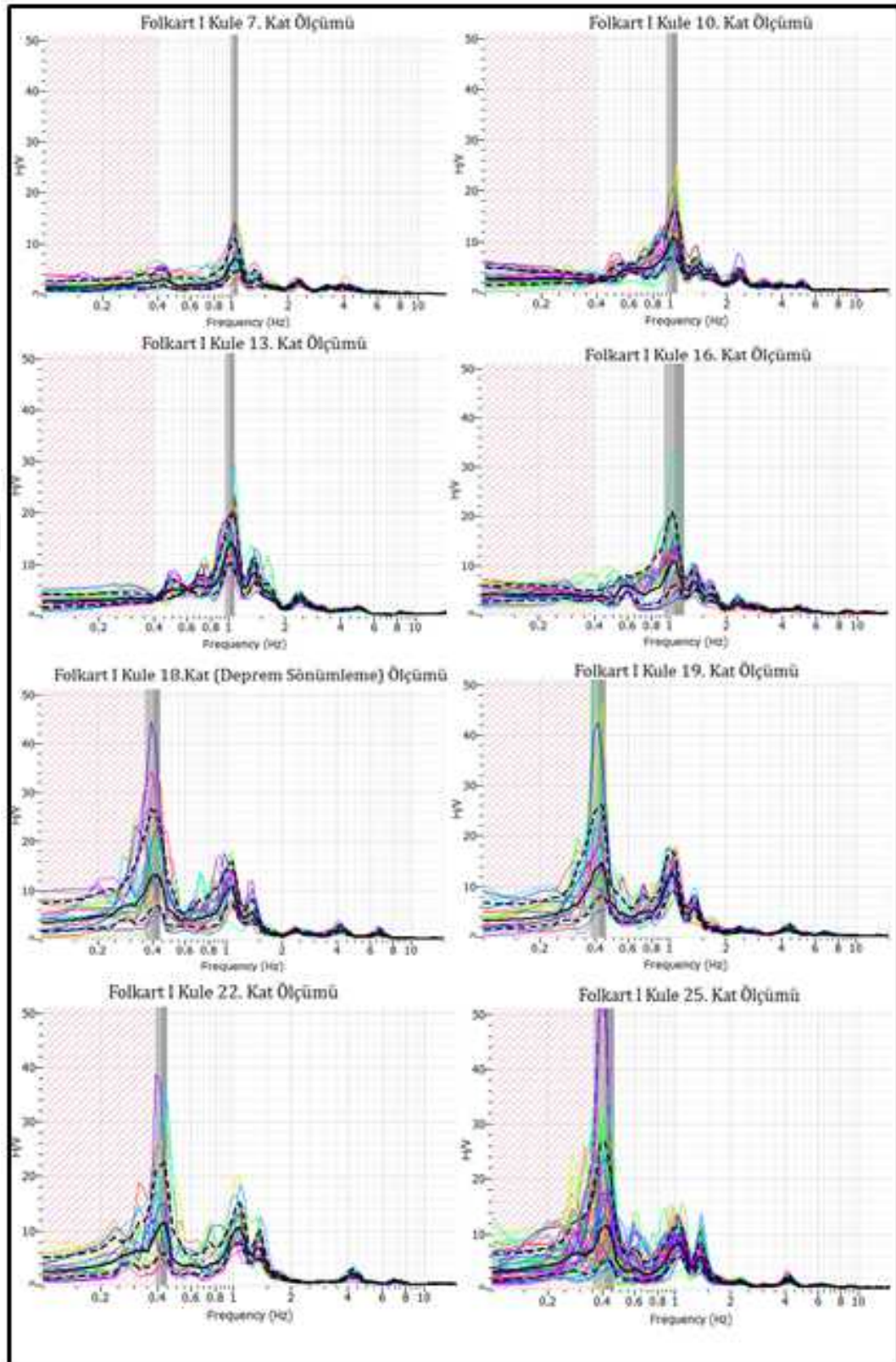
Şekil 6.39. Folkart dış bölge mikrotremor H/V oranı

Folkart Kule I'de yapılan mikrotremor ölçümleri sonucunda kuledeki baskın periyodun 18. kata kadar 1,0s ve 18. kattan son kat olan 44. Kata kadar direk 2,50s civarındadır (Çizelge 6.12). Yapıyı dizayn edenler tarafından yapı yüksek bir “h” mesafesine sahip olduğu için deplasman yerleri mod-3'e göre hesaplanmıştır. Bu hesaplamalardan sonra kulenin deplasman yapacak yerlerinin 18. ve 29. katlar olduğu yapı tasarımcıları tarafından tespit edilmiştir. Bundan dolayı o katlara deprem sönümleme sistemleri monte etmişlerdir. Yapı ciddi bir yüksekliğe (H:199 m) sahip olduğundan binanın tek bir baskın periyoda sahip olmadığı 2 baskın periyodu olduğu görülmektedir (Şekil 6.40-6.41). Sonuçlara göre deprem sönümleme sistemlerinin bulunduğu katlarda periyodlar değişmektedir. Aynı şekilde Folkart Kule II'de yapılan mikrotremor ölçümleri sonucuna bakıldığında kuledeki baskın periyodun 29. kata kadar 1,0s ve 29. kattan son kat olan 44. kata kadar direk 2,5s civarlarındadır (Çizelge 6.11). Burada da baskın periyodun değiştiği katın yine deprem sönümleme sisteminin konulduğu 29. katta olduğunu görmekteyiz. İnşaat öncesinde binanın periyodunun statik hesap raporundaki bilgiye göre x yönünde 3,16s, y yönünde 4,05s olarak hesaplanmıştır. Mevcut yapıda bizim aldığımız değerlere bakıldığında binanın statik anlamda rijit bir yapıda inşaa edildiği söylenebilir.

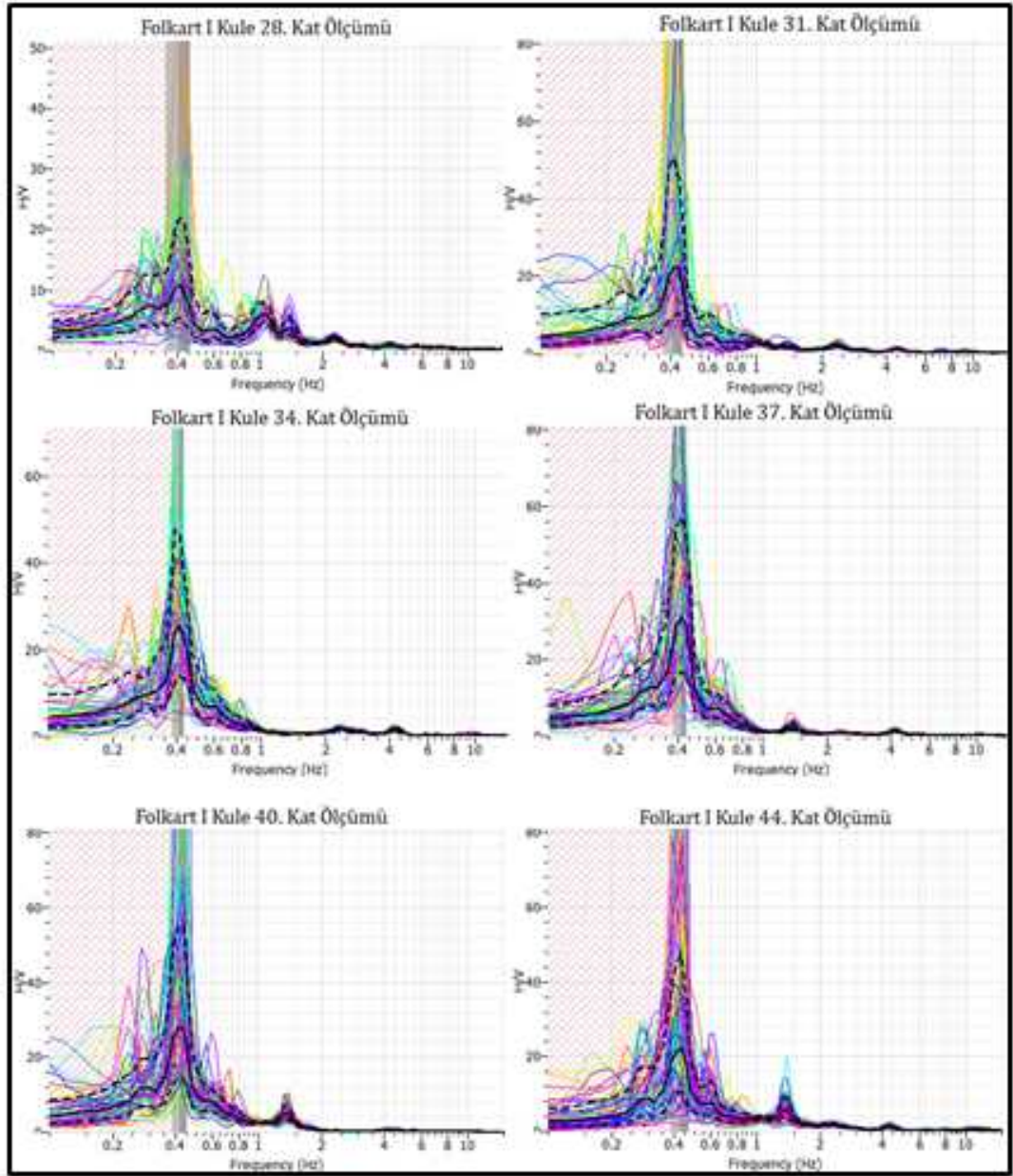
Ayrıca dış bölgede 1,50s alınan periyod değeri ile yapıda alınan periyod değerlerine bakıldığında binanın herhangi bir rezonans riski olmadığını da söylenebilir.

Çizelge 6.12. Folkart kulelere ait periyod dağılımı

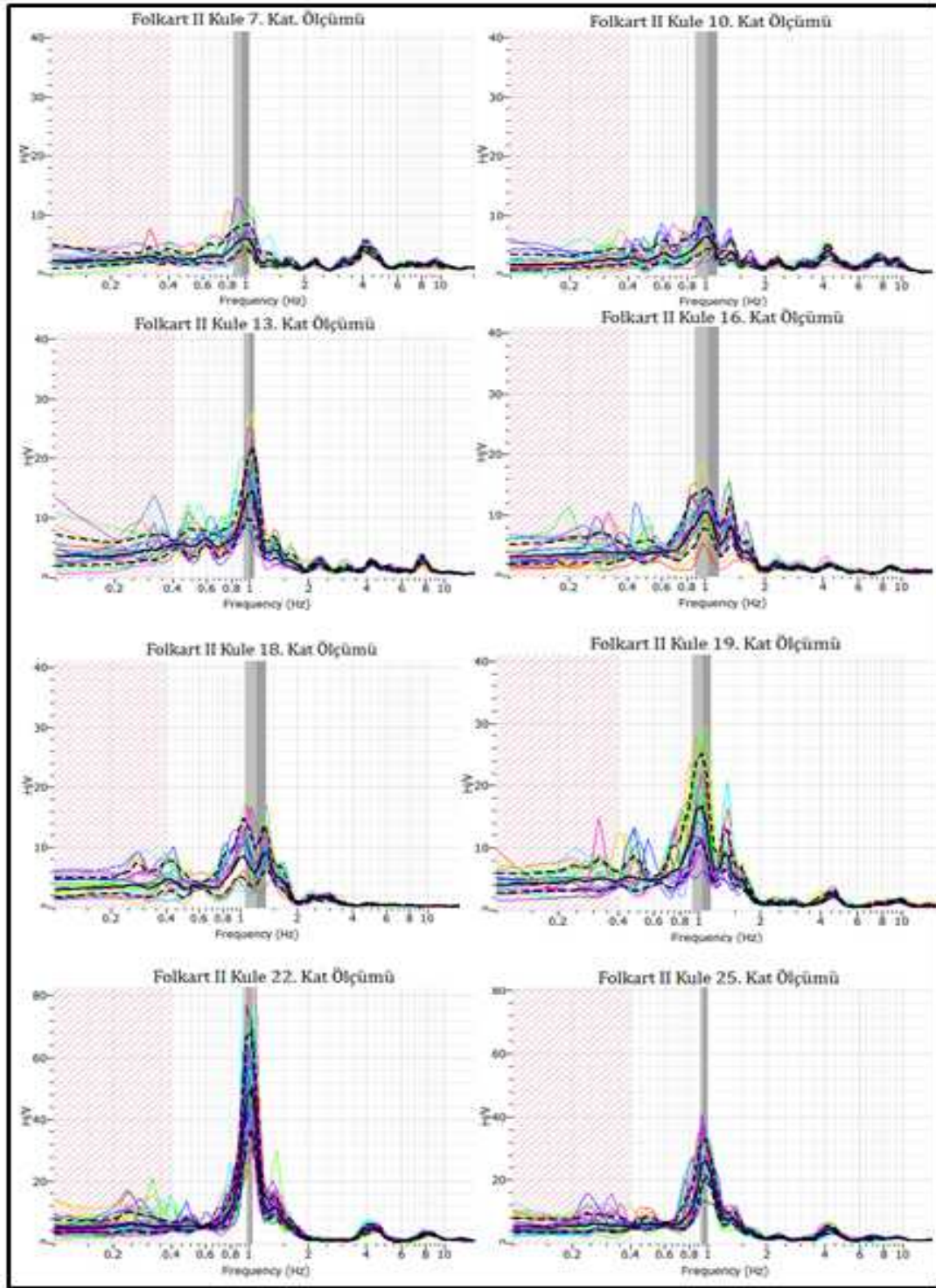
Folkart Kule I		Folkart Kule II	
Kat	Periyod (s)	Kat	Periyod (s)
7	0,98	7	1,01
10	0,99	10	0,99
13	0,98	13	1,00
16	0,96	16	0,97
18	2,50	18	0,91
19	2,38	19	0,96
22	2,27	22	1,00
25	2,44	25	1,02
28	2,50	28	0,97
31	2,32	29	2,50
34	2,38	31	2,50
37	2,38	34	2,44
40	2,32	37	2,38
44	2,32	40	2,44
		44	2,32



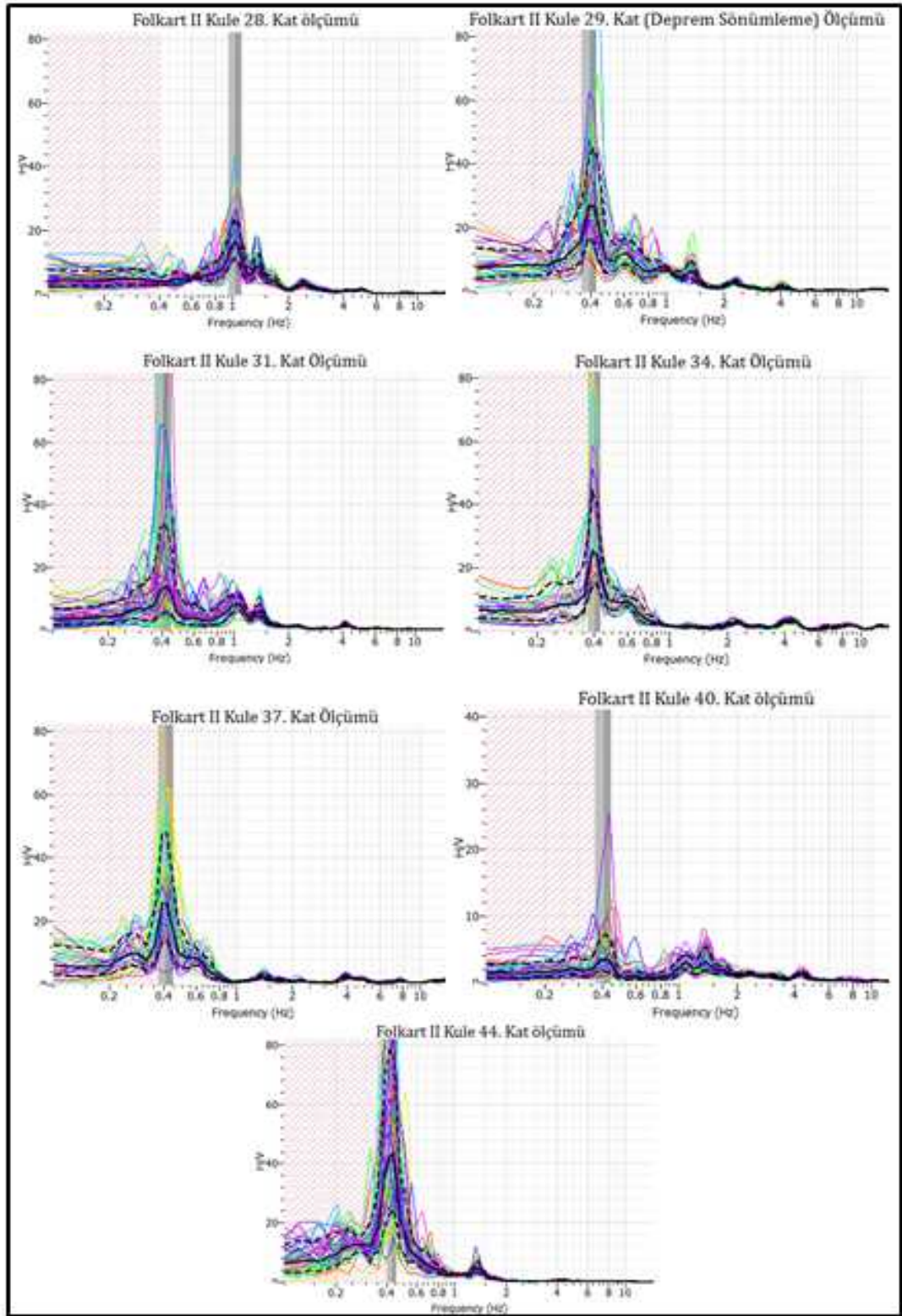
Şekil 6.40. Folkart I kulesi 44 katın frekans ölçümleri



Şekil 6.40. Folkart I kulesi 44 katın frekans ölçümleri (Devam)



Şekil 6.41. Folkart II kulesinin 44 katın frekans ölçümleri



Şekil 6.41. Folkart II kulesinin 44 katın frekans ölçümleri (Devam)

6.3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu çalışma İzmir ilinin 10 ayrı ilçesinde (Bornova, Bayraklı, Balçova, Buca, Çiğli, Gaziemir, Karşıyaka, Karabağlar, Konak, Narlıdere) yapı incelemeleri kapsamında hasarlı tespit yöntemi ve hasarsız tespit yöntemleri ile bina deprem risk analizi çalışmaları yapılmıştır. Hasarlı tespit olarak karot numune alma ve Schmidt test çekici yapılmışken hasarsız tespit yöntemleri olarak jeofizik yöntemler (sismik ultrason yöntem, mikrotremor yöntem, mikrocovermeter yöntemi) kullanılmıştır. Bu çalışmada toplam 128 bina incelenmiştir. Bunların tümünde sismik ultrason yöntemi ile beton basınç dayanımı tespiti, karot numune alma, tek eksenli basınç dayanımı deneyi, Schmidt test çekici çalışması yapılmış, 10 adedinde bina temel çeşidi tespiti ve rezonans araştırması yapılmıştır. Ayrıca bu 128 bina haricinde 44 katlı Folkart ikiz kulelerde zemin yapı etkileşimi incelenmiştir.

Tüm binaların karot numunesi ile tek eksenli basınç dayanımına tabi tutularak beton basınç dayanımları elde edilmiştir. Bu değerler basınç dayanımı anlamında baz alınacak en doğru değerler olarak görülebilir. Ancak bu yöntem binaya zarar verdiğinden ve homojenliğini bozduğundan dolayı hasarsız tespit yöntemlerinin önemi de artmıştır. Basınç dayanımını elde etmek için yaptığımız sismik ultrason yöntemi ve schmidt test çekici yönteminin dayanıma ne kadar destek verebildiği ne kadar tek eksenliden elde edilen dayanıma yakın geldiği araştırılmıştır. Yapılan sismik ultrason çalışmalarından elde edilen V_p ve Uyanık vd., (2011) ilişkisi kullanılarak betonun basınç dayanımı elde edilmiş ve bu değerlerin tek eksenli basınç dayanım değerlerine daha yakın olduğu ve hata miktarının en fazla 2,3 MPa olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6.1'e bakıldığında tek eksenli basınç dayanım doğrusuna yakın kümelenmenin olduğu ve sapmaların çok az olduğu görülmektedir. Laboratuvardaki silindir numuneler üzerinden alınan V_p değerlerin ilişkilendirilmesine bakıldığında kümelenmenin doğrunun alt kısmında yoğunlaştığı o bölgelerde dağılımın arttığı görülmektedir (Şekil 6.2). Bu da laboratuvarda elde edilen V_p değeri yerinde elde edilen V_p değerinden daha yüksek ve dolayısıyla basınç dayanımlarının daha yüksek geldiğini göstermektedir. Yerindeki V_p değerlerine göre laboratuvardaki

değerler fazla geliyor ise kolondaki donatılarda paslanma (korozyon), segregasyon (bölgesel yerde ayrışma) meydana geldiğini, laboratuvardaki numune içinde bazaltik içeren agreganın olabildiğini ve laboratuvardaki numunenin nemli olabileceğini söylenebilir.

Basınç dayanımını elde etmeye çalışılan bir diğer yöntem ise Schmitd test çekici cihazı ile elde edilen değerlerdir. Şekil 6.3'teki TEBD-Schmitd karşılaştırılmasına bakıldığında test çekiciden elde edilen değerlerin doğrunun ciddi anlamda altında olduğu, homojen dağılmadığı, saçılımın fazla olduğu bu da elde edilen basınç dayanım değerlerin tek eksenliden elde edilen değerlere göre ciddi oranda yüksek değerler olduğunu ve hata payının ise 6,2 MPa değerinde olduğunu göstermektedir.

Yapı incelemelerinde jeofizik yöntemlerden biri olan elektro manyetik yöntemin önemini ortaya çıkarmak için mikro covermeter cihazı ile 128 binada toplam 640 taşıyıcı sistem (kolon, kiriş, perde beton) incelendi. Riskli yapı tespitinde malzeme bilgisi olan basınç dayanımı tespiti ne kadar önemli ise binanın iskelet sisteminin projesine göre uygun olup olmadığının tespiti de bir o kadar önemlidir. Çünkü depremlerde ağır hasar almış, can ve mal kaybının en yüksek yaşandığı binalarda yapılan incelemelerde etriye sıkılaştırılmasının yapılmaması, statik projede hazırlanan donatıların doğru yerleştirilmemesi gibi iskelet sistemini ilgilendiren unsurlar vardır. Çalışmada incelenen 128 binadan toplam 640 taşıyıcı sistemin 69 adedinde (yaklaşık %11'inde) yatay donatı aralıklarının projede yazıldığı gibi olmadığı, aralıklarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca incelenen 640 taşıyıcı sistemin 76 adedinde (yaklaşık %12'sinde) projelerinde sıkılaştırma görüldüğü halde böyle bir etriye sıkılaştırma çalışmasının yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu etriye sıkılaştırma olmayan binaların beton basınç dayanımları da projesine göre düşük değerler geldiği tespit edilmiş olup bu binaların deprem risk durumlarının diğerlerine göre daha fazla olduğu söylenebilir.

Yapı incelemelerinde zemin–temel–yapı ilişkisi çok önemlidir. Yapı ne kadar rijit olursa olsun zemin çözümlemeleri yeterli olmadığı taktirde bina depremde

hasar alabilir. Bundan dolayı hem zemin hem o zemine uygun temel tipinin belirlenmesi hem de bu sistemin üstüne inşa edilecek yapının uyumlu olması gerekmektedir. Kirişlerdeki yükün kolonlara, kolonlardaki yükün ise zemine ileten tek yapı elemanı temel olduğu için bunun önemi ciddi orandadır. Yapı çözümü için gerekli birçok parametreden biri olan temel tipi tespiti çalışması şimdiye kadar sıyırma ve gözlem çukuru açma yöntemleri ile yapıldığından sürekli yapıya zarar vermekteydi. Ancak bu çalışmada jeofizik mühendisliği yöntemlerinden biri olan mikrotremor yöntemi çalışması ile hasarsız olarak temel tipi tespit çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmada 10 binanın (8 mütemadi, 1 radye, 1 tekil temel) temeller üstünde alınan ölçümler doğrultusunda temel tipi tespit çalışması yapılmıştır. Çalışma yöntemi olarak artı (+) (Şekil 6.12) şeklinde bir profil çalışması planlanmıştır. Kolonlar arasından geçen donatı profili boyunca 3 adet mikrotremor ölçümü alınmıştır. Donatıların olmadığı beton üzerinde 2 ölçüm daha alınıp artı (+) şekli tamamlanmıştır. Mütemadi temel tipi tespit çalışmasında dış bölgede alınan ölçüm ile donatıların olmadığı beton üstündeki ölçümler aynı gelmiştir. Donatıların üstünde alınan değerler ile üst katlardaki bina döşemesinin üzerinde alınan değerlerin de yaklaşık aynı gelmesi bu ölçümlerin mütemadi temel olduğunu göstermektedir. Radye temel tipi çalışmasında ise temel üzerindeki alanın tümünün donatılardan oluşmuş olmasından dolayı dış bölgede alınan ölçümden farklı ancak bina üst katlarda döşeme üzerinde alınan değerlere yakın ölçümlerin gelmesi o binanın radye temel olduğunu göstermiştir. Tekil temel tipi çalışmasında ise temel üstünde herhangi bir donatı olmadığından dolayı dış bölge ile aynı değer gelmiştir. Bu bina çalışmasında dış ölçüm ile temel üstündeki ölçümlerin aynı gelmesi de binanın tekil temel üstünde inşa edildiğini göstermektedir. İncelenen 10 binada da temel tiplerinin onaylı betonarme projesinde gösterildiği gibi dizayn edildiğini mikrotremor yöntemi ile tespit edilmiştir.

Deprem anında yapıların hasar olasılığını artıran en önemli durumlardan birinin rezonans olduğunu söyleyebiliriz. Yapı ile zemin tabakalarına ait hakim titreşim periyodunun aynı olup çakışması veya birbirine yakın gelmesi sonucu,

yapıların etkisi altında kaldığı yatay deprem yüklerinin büyüdüğü ve bundan dolayı hasarın arttığı bilinmektedir. Rezonans genellikle sert zeminlerdeki rijit yapılar ve yumuşak zeminlerdeki esnek yapılar yapıldığında görülmektedir. Rezonans durumu incelenen 10 binada ise hem dış zemin bölgedeki periyod değeri hem de binaların orta ve çatı katında alınan periyod değerleri karşılaştırılmıştır. Dış zemin bölgede alınan periyod ölçümünün ve bu ölçüme ait T_a - T_b değerleri hesaplanmış, binanın orta ve üst katlarda alınan değerlerin bu aralıkta çıkıp çıkmadığı araştırılmıştır. Bu inceleme sonucunda 10 binadan M7 binasına bakıldığında dış bölgeden alınan ölçümün periyod değeri 1,49s, çatı katında alınan mikrotremor ölçümünün değerlendirilmesi sonucunda yapının periyodunun da 1.47s elde edilmiştir. Bu koşullarda M7 binasının sınır değerlerinin içerisinde (T_a - T_b) olduğundan rezonansa girebileceğini söyleyebiliriz. Aynı şekilde M6 binasına baktığımızda doğal zeminde alınan ölçümün periyod değeri 0,40s, orta ve çatı katında alınan mikrotremor ölçümünün değerlendirilmesi sonucunda yapının periyodu 0,33s olarak belirlenmiştir. Yapının yapıldığı zeminin hakim titreşim periyot sınırları 0,27–0,60s arasında olduğundan M6 binasının da rezonansa girebileceğini söyleyebiliriz. Yapı periyodu doğal zeminin hakim titreşim periyot aralığı içerisinde olması durumunda yapının rezonansa girmesi söz konusu olduğundan yapıyı yapan İnşaat Mühendisleri yapı periyodunu zeminin periyot aralığının dışında bir periyot ile dizayn etmesi gerekmektedir. Diğer 8 binanın yapı periyodları elde edildikten sonra zemin periyoduna bağlı sınır değerleri ortaya konulduğunda bu sınır değerleri içerisinde olmadığı ve rezonansa girme tehlikesinin olmadığı söylenebilir.

Teknoloji geliştikçe jeofizik mühendisliği alanının yanı sıra inşaat sektörü de gelişmekte ve her türlü zemine yapı inşa edilmektedir. Tabi ki maliyet anlamında ciddi boyutlara çıkmaktadır ancak zemine ait sorunlar çözüldüğü sürece bu yapılaşmalar artacaktır. Bununla beraber bina yüksekliğinde de ciddi artışlar olup yüksek katlı binalar artmaya başlamıştır. Bu çalışmada da İzmir'in en yüksek, Avrupa'nın en yüksek 5. İkiz kuleleri olan Folkart İkiz kulelerinin yapı periyodu ve temel tipi çalışması incelenip yer-yapı etkileşimi açısından araştırılmıştır. Bizim çalışmamız sonucunda Kule I'de ilk 16 katta yaklaşık 1s,

18-44 katları arasında yaklaşık 2,5s'ye çok net bir geçiş olduğunu görmekteyiz. Kule II'de ise ilk 28 kata kadar yaklaşık 1s, 29-44 katları arasında yaklaşık 2,5s'ye geçiş olduğunu görmekteyiz. Zemin iyileştirmesi yapılmış olan bu binada statığı ile uğraşan mühendislerin hesapladığı periyod değerlerine göre bizim aldığımız periyod değerlerin daha düşük geldiğini ve bizim hesapladığımız periyodların genel anlamda güvenli bölgede kaldığını gösteriyor diyebiliriz. Ayrıca kulelerin 18. ve 29. katlarında monte edilen deprem sönümleme düzeneğini de mikrotremor yöntemi ile tespit edildiği görülmektedir.

Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında incelenen 128 yapı içerisinde tüm yöntemlerin ve çalışmaların uygulandığı (sismik ultrason, karot makinesi ile numune alma, tek eksenli basınç dayanımı, Schmitd test çekici, mikro covermeter ile donatı tespit incelenmesi, mikrotremor yöntemi ile temel tipi tespit çalışması ve mikrotremor yöntemi ile bina rezonans durumu) 9 bina vardır. Temel tipi ve rezonans durumu için incelenen binalardan biri radye temeldir ve bu binanın yeni bina olmasından dolayı burada karot numunesi alınamamıştır. Geriye kalan 118 binada sadece sismik ultrason, karot numunesi, tek eksenli basınç deneyi ve Schmitd test çekici çalışması yapılmıştır. Bu 118 binada yapılan çalışmada onaylı betonarme projesine uygun olmayan, malzeme bakımından düşük basınç dayanımında olan 51 bina tespit edilmiştir. Buda sismik ultrason yöntemi ile çalışılan 370 taşıyıcı sistemden 158 adedi projesine göre düşük değerler gelmiştir. Tüm yöntemlerin yapıldığı 9 bina analiz edildiğinde 4 binanın malzeme, donatı sistemi ve betonarme projesine göre uygun olduğu ancak M6 apartmanının projesine göre uygun gelse dahi rezonans sorunu olduğu tespit edilmiştir. Diğer 5 bina ise malzeme bakımından betonarme projelerine göre düşük olup deprem analizi açısından bir risk teşkil etmektedir. Bu riskli olduğu tespit edilen binalardan M7 apartmanında ayrıca rezonans tespit edilmiş olup deprem anında hasar almaya müsait en riskli bina olduğu belirtilebilir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İzmir İlinde bulunan bir kısım binaya tahribatlı ve tahribatsız yöntemler uygulanarak risk durumları ortaya konulmuştur. Hasarsız yöntemler olarak Jeofizik yöntemler kullanılmıştır. Riskli bina incelemelerinde en önemli parametre olan beton basınç dayanımını 128 binada alınan karotları tek eksenli basınç dayanımına tabi tutularak elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında sismik ultrason cihazı ile elde edilen değerlerin Schmitd test çekicine göre daha doğru ve tek eksenliye daha yakın değerler geldiği tespit edilmiştir. Böylece Schmitd yönteminde daha fazla hataya varıldığı, P dalga hızından elde edilen basınç değerlerinin daha kullanışlı olduğu söylenebilir. Bu şekilde bina deprem risk analizi yapıldığında binaya hasar veren, homojenliğini bozan ve zaman kaybına neden olan karot makinesi ile sürekli numune alınmaktansa bu sayıyı azaltacak, en doğru destekleyici basınç değerini veren sismik ultrason yöntemin önemi görülmekte ve mevcut yapılarda beton dayanımı tespiti için kullanılması önerilmektedir.

Taşıyıcı sistemlerin iskelet yapısını oluşturan etriye ve düşey donatıların yerleri tespit edilerek hem projelerine uyup uymadığı kontrol edilmiş hem de karot almadan önce donatılar tespit edilerek kesilmesi engellenmiştir.

Binaların temel tipinin belirlenmesi açısından mikrotremor yöntemi uygulanmıştır. İncelenen binada projelerindeki mevcut temel tiplerinin aynısının uygulandığı tespit edilmiştir. Toplam 10 binada yapılan temel tipi çalışmasında tekil, mütemadi ve radye temellerin mikrotremor yöntemi ile ayırt edilmiştir. Mikrotremor yöntemi ile mevcut binaların rezonansa girip girmediği de incelenmiştir. Bu şekilde temel tipinin, projesine göre yapılıp yapılmadığını mikrotremor yöntemi ile belirlenmektedir.

Yaşları, kat yükseklikleri ve zemin özellikleri farklı 10 binada yapılan çalışmada orta ve çatı katında alınan değerlerin doğal zeminden alınan değerlerin sınır aralıkları içerisinde olmamasına dikkat edildi. Ancak incelenen 8 binada

rezonans riski görülmezken 2 binada deprem anında ciddi bir rezonans riski tespit edilmiştir.

Folkart ikiz kulelerde hem temel tipi tespiti hem de rezonans durumu incelemesi mikrotremor yöntemi ile yapılmıştır. Mikrotremor çalışması ile temelin radye temel olduğu tespit edilmiştir. Binada 2 farklı baskın frekans belirlenip bunların deprem sönümleme sistemlerinin konulduğu katlarda değişim gösterdiği görülmüştür. Bu çalışma ile doğal zemin ve kulelerde de elde edilen hakim titreşim periyodları karşılaştırıldığında rezonans durumu söz konusu değildir.

Multi disiplinli bir ortamda bir sorunu çözmek adına artık birden fazla meslek disiplininin parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle binaların statik projelerinde yapı tasarımını belirleyen en önemli parametre olan beton basınç dayanımı tespitinde direk hasarlı çalışmalar haricinde jeofizik yöntem olan sismik ultrason yönteminin de önemi görülmüştür. Yapıya hasar vermeden elde edilen basınç dayanımı, beton tomografisi (sismik ultrason yöntemi), taşıyıcı sistemdeki kırık çatlak durumu (sismik ultrason sistem, yapı radarı), beton içerisindeki donatı elemanlarının yeri, konumu, korozyon durumu (yapı radarı, covermeter, elektrik özdirenç), rezonans ve temel tipi çeşidinin tespiti (mikrotremor yöntemi) gibi birçok parametrenin jeofizik yöntemleri ile belirlendiği düşünüldüğünde yeraltı sorunlarına çözüm üreten jeofizik mühendisliğinin yerüstü yapıların incelenmesinde de ne kadar faydalı olduğu aşıkardır. Yapı incelemelerinde ve riskli yapı tespitinde jeofizik mühendisliği olmazsa olmaz bir çözüm ortağı olmuştur.

KAYNAKLAR

- Akçay, B., 2000. İstanbul Binalarında Karot Yardımıyla Beton Nitelik Denetimi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84, Kocaeli.
- Akçansa A.Ş., 2015, Erişim Tarihi: 22.03.2015. <http://www.akcansa.com>
- Aki, K., 1988. Local Site Effects On Strong Ground Motion, Proc. Earthquake Eng. Soil Dyn. II, 103-155.
- Akman, M.S., Sevim İ., 1981. Birleşik Yıkıntısız Yöntem İle Beton Dayanımının Belirlenmesinde Etkenler. Tübitak VII Ulusal Bilim Kongresi, 1981, İzmir, 42-44
- Akman, M.S., Güner A., 1984. The Applicability of Sonreb Method on Damaged Concrete. Materials and Structures, 99, 195-200.
- Akman, M.S., 1990. Yapı Malzemeleri. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayını, 1408, 162 , İstanbul,
- Altundaş, S., 2010. Beton Dayanımının Tahmininde Kullanılan Jeofizik Yöntemler. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101, Trabzon.
- Arıoğlu, E., Arıoğlu N., 1998. Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi. Evrim Yayınevi, 512, İstanbul,
- Arıoğlu, E. ve Arıoğlu N., 2005. Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirmesi (2. baskı). Evrim Yayınevi, 625, İstanbul.
- Aydın, F., 2005. Beton Kalitesinin Tahribatlı-Tahribatsız Testlerle Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96, Sakarya.
- Bartlett, M.F., Mac Gregor J.G., 1994. Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strengths, ACI Materials Journal, 91,4 339-348.
- Bayülke, N., 1989. Deprem ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar, Teknik Yayınevi, 336, Ankara
- Bayülke, N., 2001. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İzmir, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No:27., İzmir
- Beker, Y., 2013. Mikrotremor Araştırma Yöntemleri Kurs Notları. 5, 2013, Gümüşhane
- Beril Karot-Beton Delme Ltd. Şti., 2014. Erişim Tarihi: 09.12.2014. <http://www.karotmanavgat.com>

- Bostaner, H., 2014. Buca (İzmir) İlçesinin Zemin Özelliklerinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 151, İzmir.
- Chung, H.W., 1979. Effect of Length/Diameter Ratio on Compressive Strength of Drilled Concrete Core-a Semi Rational Approach, Cement, Concrete Aggregates, 1, 268-70.
- Çatlıoğlu, B. 2010. Sismik Hızlardan Yoğunluğun Belirlenmesi. TÜBİTAK (2209) Üniversite Öğrencileri Yurt İçi/Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı.
- Çatlıoğlu, B., 2011. Sismik Hızlardan Yoğunluğun Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, 79, Lisans Tezi. Isparta.
- Çoşgun, T., Pınar A., Yüksel F. A. Çoşgun A., 2007. Mevcut Yapıların Deprem Riski Analizinde, Dinamik Özelliklerinin Belirlenmesi İçin Örnek Bir Mikrotremor Çalışması. Kocaeli 2007 International Earthquake Symposium, Kocaeli, 37-45
- Demçay Yerbilimleri Sondaj Müh. Tic. Ltd. Şti., 2014. Erişim Tarihi: 19.10.2014. <http://demcayerbilimleri.com>
- Demirboğa, R., Turkmenand İ., Karakoç M. B., 2004. Relation ship between ultrasonic velocity and compressive strength forhigh-volume mineral admixture concrete. Cementand Concrete Research. 34, 12, 2329–2336.
- Erdoğan, T.Y., 2003. Beton, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Yayınları, 741, Ankara.
- Erdoğan, S.T., Erdoğan T.Y., 2006. Sorular ve Yanıtlarıyla Beton, THBB Yayınları, 252, Ankara,
- Ekmekyapar, T. Ve İ. Örüng, 2001. İnşaat Malzeme Bilgisi. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, 234, Erzurum.
- Elvery, R. H., Din N. M., 1969. Ultrasonic Inspection of Reinforced Concrete Flexural Members, Proceedings, Symposium on Concrete, institution of Civil Engineers, 2007, London, 35-42,
- Felekoğlu K.T., 2011. Beton Teknolojisi. Dokuz Eylül Üniversitesi yayınları, 89, İzmir
- Gençoğlu, S., Ayhan, E., 1975. İzmit İli Mikro Bölgeleme Etüdünde Yapılan Mikrotremor Çalışması. Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 2, 5., 28-51.

- Güner M.S., Girgin C., Arıoğlu E., 2000. Normal Dayanımlı Betonlarda Dayanım-Kür Süresi-Ultrases Hızı-Yüzey Sertliği Bağlılıkları. Hazır Beton Dergisi, sayı 37, 53-59.
- Hasırcı, H., 2013. Depreme Dayanıklılık Tespiti Çalışmalarında Jeofizik Yöntemler, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Lisans Tezi, 67, İzmir
- İlhan, İ., 2003. Beton Karot Numunesi Alımı, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 423, 66-67.
- IAEA, 2002. Guidebook on Non-Destructive Testing of Concrete Structures, International Atomic Energy Agency 2002. Vienna.
- Kaplan, M.F., 1959, The Effects Of Age and Water To Cementation Upon The Relation Between Ultrasonic Pulse Velocity And Compressive Strength Of Concrete, Mag. Concr. Res., 11(32), 85.
- Kaplan, H., Çetinkaya, N., Nohutcu, H., Yılmaz, S. ve Sarışın, A. 2006a. Deprem ve Yapı Teknolojileri Laboratuvarının Geliştirilmesi. Teknik Rapor, Pamukkale Üniversitesi, Denizli. 77 .
- Karabulut, S., Özel O., Özçep F., 2009. Deprem Tehidi Altındaki Mühendislik Yapılarının Hakim Titreşim Periyotlarının Belirlenmesinde Yeni Bir Seçenek: Mikrotremor Yöntemi Ve Örnek Uygulaması. New World Science Academy, 4:3, 428-441
- Katz, L.J., Bellon, R.S., 1978. Microtremor Site Analysis Study at Beatty, Nevada, Bulletin of the Seismological Society of America, 68, 757-765.
- Kanai, K. Tanaka, T., 1961. On Microtremors VIII Bull. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, (39):97-114.
- Khan, S.R.M., 2001. Effectiveness of Nondestructive Test Technique to Assess the quality of Concrete. Universiti Putra Malaysia, Serdang, Selangor.
- Küçük, O. F., Turgut, 2006. Comparative Relationships Of Direct, indirect, And Semi-Direct Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in Concrete. Russian Journal Of Nondestructive testing, 42, 11, 745-751,
- Lewandowski R., 1971. Beurteilung von Bauwerksfestigkeiten an hand von Betongutewurfein und Betonbohrproben, Schriftenreihe der Institut für Konstruktiven Ingenieurbau der TU Braunschweig, Heft 3, Werner Verlag, Dusseldorf.
- Leslie, J.R., Cheesman, W.J., 1949, An Ultrasonic method Of Studying Deterioration And Cracking in Concrete Structures. ACI J. Proc., 46(1), 17

- Mirzaoglu, M., Dikmen, U., 2005. The seismic microzonation map of Yenisehir-Bursa, NW of Turkey by means of ambient noise measurements. Journal Of Balkan Geophysical Society, 8, 2: 53-62.
- Nakamura, Y., 1989. A Method For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface Using Microtremor On The Ground Surface. QR of RTRI, February, 30, 1, 25-33.
- Neville, A.M., Brooks, J.J., 1987. Concrete Technology, Longman Group UK Limited, 346.
- Omori, F., 1908. On Microtremors. Bull. of Earth. Inv. Com. 2, I-II.
- Orpheusweb., 2015. Erişim Tarihi: 15.05.2015.
<http://www.orpheusweb.co.uk/protovale/tech/act92.html>
- Öğüt M.A., Tok A., Cafer M., 2011. Folkart Bayraklı Ofis Konut Binası Statik Hesaplar Raporu. 11s
- Özcan, G., 2013. Yapıların Dinamik Özelliklerinin Mikrotremor Ölçümleri ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 112, Denizli
- Pamuk, E., 2014. İzmir (Buca) Bölgesinde Yüzey Dalgası Yöntemleriyle Elde Edilen Kayma Dalgası Hızlarının (Vs) Analizi ve Mikrotremor Uygulamaları. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 132, İzmir.
- Parker, W.E., 1953. Puls Velocity Testing of Concrete, Proceedings. American Society for Testing Materials, 53, 1033-1042
- Petersons, N., 1971. Recommendations for Estimation of Quality of Concrete in Finished Structures. Materials and Structures Research and Testing, 4, 24 379-397.
- SBS-Fen Akademi., 2014. Erişim Tarihi: 28.11.2014. <http://www.sbs-fen.com/2013/02/ses.html>
- Seo, K.T., Samano, H., Yamanaka, X., Hao., M. Takeuchi, 1990. Comparison Of Ground Vibration Characteristics Among Several Districts Mainly With Microtremors Measurement. Proc. 8th Japan Earthquake Engineering Symposium, 685 -690.
- Siyahi B., Fahjan Y., Akbaş B., 2011. Folkart Yapı Sanayi Tic. A.ř. Bayraklı Projesi. Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı Raporu. 92s.
- şimşek, O., Erdal, M., 2006. Bazı Tahribatsız Deney Metotlarının Vakum Uygulanmış Betonların Basınç Dayanımlarının Belirlenmesindeki Performanslarının İncelenmesi, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 21,1, 65-73.

- Tokgöz, O., 2002. Bolu ve Yakın Çevresinde Mikrotremor Verileri İle Yer Etkisinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103, Ankara
- Turgut, P., 2004. Research Into The Correlation Between Concrete Strength and UPV Values. NDT.net Article, 12.
- Uyanık, O., 1991. Kaya Mekaniği Ve Jeofizik Laboratuvar Parametrelerinin İlişkilendirme Açısından Önemi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Lisans Tezi, 88, İzmir.
- Uyanık, O., 1999. Kayaçlarda Sismik Hızlar ve Kayma Direncinin İncelenmesi, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara.
- Uyanık, O., Çatlıoğlu, B., 2010. Determination of density from seismic velocities. The 19th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey, 23-26 November Ankara, Turkey
- Uyanık, O., Kaptan, K., Gülay, F.G., Tezcan, S., 2011. Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini, Yapı Dünyası 184, 55-58.
- Uyanık O., 2012. Sismik Hızlardan Beton Dayanımının Belirlenmesi. Jeofizik Bülteni, 23(70), 25-30.
- Uyanık O., Gülay, F.G., Tezcan, S., 2012a. Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini. Hazır Beton, 82-85.
- Uyanık, O., Şenli, G., Çatlıoğlu, B., 2012b, Binaların Beton Kalitesinin Tahribatsız Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi, International Construction Congress, 2012.
- Uyanık O., 2014. Klasik ve Jeofizik Yöntemlerle Yapı İncelemeleri (Yapı Jeofiziği). TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, JFMO Eğitim Yayınları No:19, 80, Ankara.
- Uyanık O, Çatlıoğlu B., 2015. Sismik Hızlardan Yoğunluğun Belirlenmesi. Jeofizik Dergisi, 17, 1-2, 3-15.
- Yüksel İ., 1995. Bileşik Yıkıntısız Beton Deneyleri ile Beton Mukavemetinin Belirlenmesine Betonarme Bir Yapıda Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 92, İstanbul.
- Qasrawi Hisham Y., 2000. Concrete Strength by Combined Nondestructive Methods, Simply and Reliably Predicted. Cement and Concrete Research, 30, 739-746.
- Whitehurst, E. A., 1951. Soniscope Test Concrete Structures, ACI Journal Proceedings, 47, 443-444.

Wilson, R.C. ve D. K. Keefer, 1953. Predicting Aerial Limits of Earthquake Induced Landsliding, USGS Professional Paper, 1360,317-494.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sinancan ÖZİÇER
Doğum Yeri ve Yılı : Bornova, 1979
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : sinancanozicer@bornova.bel.tr



Eğitim Durumu

Lise : Hayrettin Dural Süper Lisesi, 1997
Lisans : SDÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Akdöküm Kum Laboratuvarı 2003-2009
Bornova Belediyesi (Deprem Etüt Merkezi) 2010-..... (halen)

Yayınları

Öziçer S., 2012. Yapılaşma Jeofiziği. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Bülteni, 70, 7-12.

Uyanık O., Öziçer S., Sabbağ N., 2014. Determination Strength of Concrete in-Situ by Seismic Ultrasonic Method in Detecting Risky Structure. 15-19 December 2014 AGU Fall Meeting San Francisco USA.

Uyanık O., Ozicer S., Timur E., Sabbağ N., 2015. Investigation Of Building Foundation Type By Microtremor Method, 1st International Conference on Engineering and Natural Sciences, 15-19 May 2015, Makedonca, 59.

Ozicer S., Timur E., 2015. Evaluation Of Buildings Strength From Microtremor Measurements: A Case Of Folkart Towers (Izmir/Turkey), 1st International Conference on Engineering and Natural Sciences, 15-19 May 2015, Makedonca, 265.

- Uyanık O., Sabbağ N., Ozicer S., 2015. Comparison of Laboratory and In-Situ Concrete Strength Results, 1st International Conference on Engineering and Natural Sciences, 15-19 May 2015, Makedonca, 60
- Timur E., Ozicer S., Sari C., Uyanık O., 2015. Determination of Buildings Period and Vulnerability Index Using Microtremor, Measurements 8th Congress of the Balkan Geophysical Society, 5-8 October 2015, Greece 108-113.
- Öziçer S., Uyanık O., 2015. Yerinde Beton Dayanımının Sismik P Dalga Hızından Belirlenmesi. Genç Yerbilimciler Kongresi (GYK), 5-7 Haziran, İzmir.
- Öziçer S., Uyanık O., 2015. Kolonun Farklı Noktalarındaki P Dalga Hız Değişiminin İncelenmesi. Genç Yerbilimciler Kongresi (GYK), 5-7 Haziran, İzmir.
- Öziçer S. ve Uyanık O., 2015. Mevcut Yapıların Beton Dayanımının Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi. Prof. Dr. Rahmi Pınar Kentleşme ve Yapı İncelemeleri Çalıştayı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tınaztepe Kampüsü 19-20 Kasım 2015. İzmir.