

170765



**MEVCUT BETONARME YAPILARIN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİNDEKİ
TEKNİKLER VE BETON DAYANIMININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökhan KÜRKLÜ

**Danışman
Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÜN**

**YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
2005**

TC
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BETONARME YAPILARIN
DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİNDEKİ TEKNİKLER VE BETON
DAYANIMININ BELİRLENMESİ

Gökhan KÜRKLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÜN

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ 2005

Gökhan KÜRKLÜ'nün yüksek lisans tezi olarak hazırladığı "MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN İNCELENMESİNDEKİ TEKNİKLER VE BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

01/07/2005

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hasan KAPLAN
(Başkan)



Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN
(Danışman)



Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL

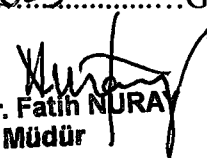


Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. İsmail DEMİR



Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...13.07.2005.....Gün ve 2005/08-12..sayılı kararıyla onaylanmıştır.	 Prof. Dr. Fatih NURAY Müdür Enstitü Müdürü
--	---

ÖZET

Günümüzde betonarme yapılar ekonomik olması ve çeşitli amaçlara uygulama alanının fazla oluşu sebebiyle yurdumuzda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, gerektiği şekilde donatılandırılmaz ise tek başına deprem etkisi altında kırılğan ve zayıf performans gösterir. Türkiye’de meydana gelen son depremler bu durumu dramatik bir şekilde sergiledi. Oluşan mal ve can kayıpları yapıların deprem yükü taşıma kapasitelerinin yeterli olmadığını ortaya koydu. Deprem tehlikesi gerçeğinden dolayı mevcut binaların deprem dayanımlarına göre yeniden değerlendirilmesine acil ihtiyaç vardır.

Çok sayıda mevcut bina stokunun deprem dayanımının detaylı olarak incelenmesi pratikte mümkün değildir. Sonucunda detaylı analize ihtiyaç olup olmadığına ve mevcut deprem güvenlik seviyesi altında kullanılabilmesine karar vermek için hızlı (ön) değerlendirme kaçınılmazdır.

Deprem etkisi altında yapısal analiz istenilen veya proje ve diğer belgelerin bulunmadığı binalarda detaylı analiz gereklidir. Bu durumda binaların rölöve, malzeme mukavemeti, donatı tespiti ve zemin bilgilerine gereksinim vardır.

Bu çalışmada mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için izlenecek aşamalar verilmiştir. Yapı veya bileşenlerindeki sertleşmiş betonunu basınç dayanımının tahmin edilmesinde kullanılan karotların basınç dayanımlarına etki eden faktörler deneysel olarak araştırılmış ve bu faktörlere bağlı olarak değişik şartlar için ampirik bağıntılar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapılar, Hızlı değerlendirme, Deprem dayanımını değerlendirmesi, Sertleşmiş beton, Tahribatlı yöntem, Tahribatsız yöntem.

SUMMARY

Nowadays reinforced concrete structures can be used widely because of their economic consideration and the different purposes in our country. However concrete is inherently brittle and performs poorly during earthquakes if not reinforced properly. The recent earthquakes in Turkey dramatically demonstrated this characteristic. The resulting losses and human lives have highlighted the structural inadequacy of buildings to carry seismic loads. Due to actual of earthquake risk, there is an urgent need for assessment of existing buildings in terms of seismic resistance.

Considering the huge stock of existing buildings, it is clear that seismic evaluation of these buildings by a detailed structural analysis is practically impossible. So it is inevitable to utilize a quick evaluation method for deciding which buildings need further detailed structural analysis or not and which buildings can be used with their existing seismic safety levels.

Buildings which be demanded structural analysis under seismic loads or which have lack of drawing and other documentation, it is necessary further detailed analysis. In these cases, there is a requirement of knowledge about architectural and design plan of building, strength of concrete and bars, location and quantity of bars and geotechnical character.

The stages of determination seismic resistance for existing reinforced concrete structures are given in this study. The factors affecting on the compressive strength of core specimens which are used to estimate the compressive strength of hardened concrete in the construction have been investigated with experimental study and empiric formulas has been obtained for various factors.

Keywords: Reinforced concrete structures, Rapid evaluation, Seismic performance assessment, Hardened concrete, Destructive method, Nondestructive method.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Deprem Dayanımı Belirlenmesinde Ön Değerlendirme Yöntemleri.....	3
2.1.1. Giriş.....	3
2.1.2. ATC-21.....	4
2.1.2.1. Formun Doldurulmasıyla İlgili Detaylar.....	6
2.1.3. Japon Sismik İndeks Yöntemi.....	9
2.1.3.1. Birinci İnceleme Seviyesi.....	11
2.1.3.2. İkinci İnceleme Seviyesi.....	16
2.1.3.3. Üçüncü İnceleme Seviyesi.....	22
2.1.3.4. Tüm İnceleme Seviyeleri İçin ISO Deprem Davranış Karşılaştırma İndeksinin Hesaplanması.....	23
2.1.4. Ülkemizdeki Yaklaşımlar.....	26
2.1.5. ODTÜ Yaklaşımı.....	31
2.1.5.1. Birinci Kademe Değerlendirme.....	31
2.1.5.2. İkinci Kademe Değerlendirme.....	34
2.1.6. BÜ – YTÜ Yaklaşımı.....	40
2.1.6.1. Birinci Kademe Değerlendirme.....	40
2.1.6.2. İkinci Kademe Değerlendirme.....	43
2.1.7. İTÜ Yaklaşımı.....	44
2.1.7.1. Birinci Kademe Değerlendirme.....	44
2.1.7.2. İkinci Kademe Değerlendirme.....	44
2.2. Mevcut Yapıların İncelemelerinde Rölövelerin Hazırlanması.....	46

2.2.1. Giriş	46
2.2.2. Mimari Rölöve	46
2.2.3. Taşıyıcı Sistem Rölövesi	48
2.2.4. Hasar Rölövesi	49
2.2.5. ABYYHY Taslak 2005 Metnine Göre Rölöve	50
2.3. Mevcut Yapıların İncelemesinde Zemin Etüdüleri	52
2.3.1. Giriş	52
2.3.2. Zemin Parametrelerinin Ortaya Konulmasındaki Aşamalar	54
2.3.2.1. Arazinin Jeolojisi	54
2.3.2.2. Temel Zeminin Muayene Çukuru İle İncelenmesi	54
2.3.2.3. Sondaj	55
2.3.2.4. Numune Alınması	55
2.3.2.5. Laboratuvar Deneyleri	56
2.3.2.6. Arazi Deneyleri	59
2.3.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	63
2.3.4. Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi	70
2.3.5. Sismik Mikrobölgeleme Haritaları	72
2.4. Mevcut Betonarme Yapılarda Donatı Durumunun Belirlenmesi	76
2.4.1. Giriş	76
2.4.2. Korozyonun Belirlenmesi	77
2.4.3. Donatı Konumunun Belirlenmesi	78
2.4.3.1. Beton Örtü Kalınlığının Belirlenmesinin Gerekliği	79
2.4.3.2. Beton Paspayı Ölçerler	80
2.4.4. ABYYHY Taslak 2005 Metnine Göre Yerinde Donatı Durumunun Belirlenmesi	86
2.5. Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi	88
2.5.1. Giriş	88
2.5.2. Kullanılan Yöntem	88
2.5.2.1. Tahribatsız Yöntem	89
2.5.2.2. Tahribatlı Yöntemler	93
2.5.3. Deneylerin Değerlendirilmesi	96
2.5.3.1. Karot Numunelerinin Değerlendirilmesi	96

2.5.3.2. Schmidt Beton Çekici Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	100
2.5.3.3. Ultrases Sonuçlarının Değerlendirilmesi	101
2.5.4. ABYYHY Taslak 2005 Metnine Göre Yerinde Beton Dayanımının Belirlenmesi	101
3. MATERYAL METOT	103
3.1. Kullanılan Malzemeler	103
3.1.1. Agregası.....	103
3.1.2. Çimento.....	103
3.1.3. Su	103
3.1.4. Katkı Maddesi.....	104
3.2. Numunelerin Hazırlanması	104
3.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri	107
3.3.1. Ultrases Deneyi.....	107
3.3.2. Schmidt Çekici Deneyi	108
3.3.3. Basınç Dayanımı.....	109
4. DENEY SONUÇLARI	112
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	128
6. KAYNAKLAR.....	131
TEŞEKKÜR.....	136
ÖZGEÇMİŞ	137

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Boyutsuz Yük – Yerdeğiştirme Diyagramı.....	45
2.2 Tesisat İçin Hasara Uğratılmış Taşıyıcı Elemanlar.....	49
2.3 Hasar Durum Sembolleri.....	50
2.4 Standart Numune Alma Kaşığı.....	61
2.5 300mm Plaka Deneyinde Gerilme - Oturma Eğrisi.....	64
2.6 Çeşitli Zeminler İçin Ortalama İvme Spektrumları.....	69
2.7 CRB - SDT N Grafiği.....	72
2.8 Donatıda Korozyon.....	77
2.9 Beton Örtüsünde 2 mm’lik Hesap Açığının Servis Ömründe Neden Olabileceği 10 Yıllık Azalma.....	79
2.10 Tek Çubuğun Konumunun Belirlenmesi.....	81
2.11 Donatıların Belirlemesinin Sistematiği.....	82
2.12 Izgara Olarak Döşenmiş Donatılarda Cihazların Verdiği Tepki.....	82
2.13 Paralel Komşu Çubukların Beton Örtü Kalınlığının Ölçülmesi.....	84
2.14 Enine Komşu Çubukların Örtü Kalınlığının Belirlenmesi.....	84
2.15 Schmidt (Beton) Çekici Kullanımı.....	91
2.16 Ultrases Cihazı.....	92
2.17 Karot Alma İşlemi.....	95
3.1 Bir Seri İçinde Bulunan Numuneler.....	105
3.2 Deneyde Kullanılan Numunelerin Görünüşü.....	105
3.3 Maksimum Dane 22 mm Sınır Eğrilerine Göre Agrega Karışımı.....	106
3.4 Ultrases Hızı Ölçümü Yapılışı.....	108
3.5 Karot Alma İşlemi.....	109
3.6 Karot Alma Cihazının Sabitleştirilmesi.....	109
3.7 Karot Numunelerin Baş Kesme İşlemi.....	110
3.8 Silindir Numunelerin Başlıklanması İşlemi.....	110
4.1 Tüm Seriler İçin Dozaj/Gün - Hava Miktarı İlişkisi.....	112
4.2 Tüm Seriler İçin Dozaj/Gün – B.H.A İlişkisi.....	113
4.3 Tüm Seriler İçin Dozaj/Gün – Çökme Arasındaki İlişki.....	113
4.4 Karot Numuneler İçin Basınç Dayanımı – Beton Yaşı/Dozaj İlişkisi.....	116

4.5	Silindir Numuneler İçin Basınç Dayanımı – Beton Yaşı Dozaj İlişkisi.....	116
4.6	Karot Numuneler İçin Basınç Dayanımı –Dozaj/Beton Yaşı İlişkisi..	117
4.7	Silindir Numuneler İçin Basınç Dayanımı –Dozaj/Beton Yaşı İlişkisi	117
4.8	Silindir/Karot Oranları İle Beton Yaşı Arasındaki İlişki.....	119
4.9	15x30Silindir/Karot Oranları İle Beton Yaşı Arasındaki İlişki.....	119
4.9	15x15Küp/Karot Oranları İle Beton Yaşı Arasındaki İlişki.....	120
4.10	Beton Yaşı - Schmidt Okumaları Arasındaki İlişki.....	124
4.11	Beton Dozajı - Schmidt Okumaları Arasındaki İlişki.....	125
4.12	Beton Yaşı – Ultrases Hızı Arasındaki İlişki.....	125
4.13	Dozaj – Ultrases Hızı Arasındaki İlişki.....	126
4.14	Schmidt Çekici Basınç Dayanımı İlişkisi.....	126
4.15	Ultrases Hızı – Basınç Dayanımı İlişkisi.....	127

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Yapı Türleri.....	4
2.2 Yapı Türlerine Ait Yapı Hasar Ana Puanları.....	4
2.3 Birinci Derece Deprem Bölgeleri İçin Hızlı Değerlendirme Formu...	5
2.4 Zemin Durumları ve Bunlara Ait Azaltma Puanları.....	8
2.5 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması.....	11
2.6 F Süneklik İndeksi Değerleri.....	13
2.7 Taşıyıcı Elemanların Hasar Dereceleri ve Tanımları.....	14
2.8 T Zamanla Bozulma İndeksi Değerleri.....	16
2.9 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması.....	16
2.10 (4.5) İfadesindeki a_2 Değerleri.....	17
2.11 (4.5) İfadesindeki a_3 Değerleri.....	18
2.12 F Süneklik İndeksi Değerleri.....	18
2.13 T Zamanla Bozulma İndeksi Hesabında Gözlenen Durumlara Ait Puanlar.....	21
2.14 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması.....	22
2.15 F Süneklik İndeksi Değerleri.....	23
2.16 Yapı Türüne Bağlı Olarak Değerlendirme Seviyeleri.....	27
2.17 Birinci Kademe Değerlendirme (sokak taraması) Bina Puanlama Formu.....	28
2.18 İkinci Kademe Değerlendirme Çalışmaları Bina İçinden Veri Toplama Formu.....	29
2.19 Betonarme Binaların Deprem Puanlaması.....	33
2.20 Zemin Türü ve Faya olan Mesafeye Bağlı CM Değerleri.....	39
2.21 C_d Katsayıları.....	41
2.22 Baz Öteleme Oran Kapasitesi (D_{CO}).....	43
2.23 V_p ile Sökülebilirlik Arasındaki İlişki.....	68
2.24 Jeolojik Birimlerin Zemin Büyütmesi.....	70
2.25 Siltli ve Killi Kumların Sıvılaşabilirliği.....	71
2.26 Deney Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	95
2.27 Beton Çekici Sonuçlarında Zaman Faktörü.....	101

2.28	Ultrasen – Beton Kalitesi İlişkisi.....	101
3.1	PKÇ 42,5 Çimentosunun Fiziki, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri...	103
3.2	Agregaların Gradasyonu.....	106
3.3	Tüm Seriler İçin 1m ³ Beton İçerisindeki Malzeme Miktarları.....	107
4.1	Taze Beton Deney Sonuçları.....	112
4.2	10x20 cm'lik Numunelerin Ultrasen Schmidt ve Basınç Dayanımı Değerleri.....	114
4.3	10x15 cm'lik Numunelerin Ultrasen Schmidt ve Basınç Dayanımı Değerleri.....	115
4.4	10x10 cm'lik Numunelerin Ultrasen Schmidt ve Basınç Dayanımı Değerleri.....	115
4.5	10x20 cm'lik Karotların Diğer Numuneler İle Oranı.....	118
4.6	10x15 cm'lik Karotların Diğer Numuneler İle Oranı.....	118
4.7	10x10 cm'lik Karotların Diğer Numuneler İle Oranı.....	119
4.8	Numune Dozajlarına İlişkin Veriler.....	121
4.9	Numune Dozajlarına İlişkin Varyans Çözümlemesi.....	121
4.10	Numune Beton Yaşlarına İlişkin Veriler.....	122
4.11	Numune Beton Yaşlarına İlişkin Varyans Çözümlemesi.....	122

1. GİRİŞ

Ülkemizin %92'sinin deprem etkisinde olması "deprem ile yaşamayı öğrenme" kavramının doğmasına neden olmuştur. Deprem ile yaşamak, ölümleri doğal karşılamak değil hayatta kalmaktır. Bu noktada "insanları öldüren depremler değil binalardır" kabulü bir çok meslek grubuna ilave sorumluluklar getirmiştir. Bu sorumluluklar yapı tasarımı ile başlar; yapının inşa edileceği arazinin seçimi, kullanılacak malzemelerin kalitesi ve doğru işçilik gibi aşamalarla devam eder. Mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi ise; bu sorumlulukların yerine getirilip getirilmediğini saptamak ve deprem gibi yıkıcı ve yıpratıcı etkilere maruz kalmış yapıların güvenilirliğini ortaya koymak için gereklidir.

Deprem, yerkabuğunun oluşturduğu bir titreşim hareketidir. Bu titreşim hareketi yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Bu etki, yapının hizmet ömrü boyunca maruz kaldığı diğer yüklere göre ya hiç görülmez yada çok seyrek görülür. Bu durumda her yapının muhtemel olarak beklenen deprem şiddetine göre hiç hasar almamasını amaçlamak çok pahalı ve ülke ekonomisine büyük yük getiren bir çözümdür. Deprem etkisi karşısında yapıdan beklenen, tamamen yıkılmaması ve içinde yaşayanların sağ olarak kurtulmasıdır. Yapının inşa aşamasında gözden kaçan ve dikkat edilmeyen her türlü hata deprem aşamasında ortaya çıkacaktır(Celep vd. 2000).

Mevcut betonarme yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde ilk olarak ön değerlendirme işlemi uygulanır ve yapıya ait gözlemsel bilgiler hazır formlar yardımıyla kayıt altına alınarak detaylı inceleme için binaları önceliklerine göre sınıflandırmamızı sağlar. Bu sınıflandırma işleminin ardından detaylı inceleme yapılacak binalarda bilgi toplama işlemine geçilir. İlk önce yapının mimari ve betonarme projelerine ulaşılmaya çalışılır ve elde edilen dokümanların doğruluğu yapı yerinde kontrol edilir. Bilgilerin yetersiz olması durumunda inceleme rölöve aşaması ile başlar. Ardından malzeme dayanımlarının belirlenmesi ve zemin

etüdlerinin yapılması gelir. Detaylı incelemedeki tüm bu çalışmalar yapının deprem performansını saptanmasında analizlerin yapılabilmesi içindir.

Mevcut yapıya ait bilgilerin toplanmasında karşılaşılan birçok sıkıntıdan biriside beton dayanımının gerçekçi olarak belirlenmesi noktasında yaşanır. Beton dayanımının ortaya konulmasında kullanılan tahribatsız yöntemler beton hakkında çeşitli fikirler vermekte fakat tatmin edici noktada olmamaktadır. Bunun yanında tahribatlı yöntemler beton dayanımını doğrudan vermektedir; fakat elde edilen dayanımda mevcut yapıyı yansıtan ve direk kullanılacak bir değer değildir. Yapılan deneysel çalışmayla değişik doz ve kür sürelerine ait betonlardan alınan değişik narinlikteki karotların kendi aralarında, standart silindir ve küp numuneler ile ve aynı narinliğe sahip silindir numuneler arasındaki ilişkiler basınç dayanımı noktasında incelenerek mevcut yapı yerinden alınacak karot sonuçlarının doğru olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Mevcut yapı, doğruluğu kanıtlanmış statik veya statik-betonarme hesap programları ile 3 boyutlu olarak modellenir. Bu modellemede geoteknik etüd sonucunda bulunan zemin parametreleri ve mevcut beton kalitesi, elastisite modülü, donatı kalitesi, donatı miktarı ve tertibi tanımlanır. Proje tarafından yürürlükteki Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) ve ilgili Türk Standartlarına göre yapılan statik hesaplar ile proje hesap raporları hazırlanır. Bu raporda düşey taşıyıcı elemanların mevcut beton kalitesi, donatı adet ve çaplarına göre eksenel yük ve eğilme momenti taşıma gücünün aşılma oranları tablolar halinde bulunur. Proje hesap raporlarında yapının mevcut durumdaki varsa hasar sebepleri inceleme safhasında yapılan çalışmalar ve analizler sonucunda ortaya konur.

Tüm bu çalışmalar, yapının mevcut hali ile kullanılması, onarım ve/veya güçlendirme yapılması veya binanın tamamen yıkılması kararlarının alınabilmesi içindir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Deprem Dayanımı Belirlenmesinde Ön Değerlendirme Yöntemleri

2.1.1. Giriş

Deprem bölgelerinde bulunan ve büyük bir bölümünün depreme karşı yeterli güvenliğe sahip olmadığı bilinen büyük yapı stokunun, hizmet ömrünü tamamlayarak doğal eskime sonucu tümüyle kendiliğinden yenilenmesi uzun bir süre alacaktır. Tüm bu güvensiz yapıların yıkılarak yenilenmesi hem ekonomik olarak imkânsız, hem de mühendislik açısından anlamsızdır. Dolayısıyla bu yapı stokunun öncelikle bir sistematik düzen içinde deprem güvenliği açısından incelenmesi, ardından çıkan sonuçlara göre gerekli olan yapılarda detaylı incelemelerin gerçekleştirilmesi ve sonuç olarak deprem güvenliği için gerekli olan kararların alınması ve uygulamaların yapılması gerekmektedir (UDK 2002).

Deprem güvenliğinin incelenmesi olarak da adlandırılan ön değerlendirme aşaması, bina içine girilerek veri toplanmasını gerektiren ve deprem etkisine karşı hassas olan yapıların belirlenmesini esas alan bir anlayışa sahiptir. Ön değerlendirme yöntemlerin uygulanması kolay ve ucuzdur. Bu çalışmaların ve tespitin rasgele değil, hazırlıklı ve belirli normlara göre yapılması, tekrar tekrar olay yerine gitmeye gerek kalmaması, elde edilen bilgilerin sınıflandırılmasının ve değerlendirilmesinin kolay olması, ayrıca bu değerlendirmenin sübjektiflikten çıkıp objektif duruma getirilmesi gerekir. Bu yöntemler, şehir veya ülke genelinde yapıların deprem güvenliğini ortaya koymak için imkân sağlamaktadır. Ön değerlendirme yöntemleri hızlı uygulandığı için sonuçların hassasiyeti olumsuz yönde etkilenecektir ve depreme hassas olan yapılar gözden kaçabilecektir. Bundan dolayı elde edilen sonuçlarda inceleme yapanın teknik önsezisine de ihtiyaç duyulmaktadır (Atmaca 1994, Demir 1999).

Ön değerlendirme yöntemlerinde incelemeler, yapı hasar puanı verilerek, rakamlar ile kotlanarak veya derecelendirilerek sonuca gider. Her yöntem

sınıflandırmanın rahat yapılabilmesi ve kullanımının kolaylaştırılabilmesi için bu tip yaklaşımlar geliştirmiştir. Deprem hasarlarının değerlendirilmesi ve yapıların deprem güvenliğine göre sınıflandırılabilmesi için çeşitli ülkeler ve kurumlar farklı yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımların bazıları Applied Technology Council tarafından geliştirilen ATC-21, Japonya'nın geliştirdiği indeksleme yöntemi ve ülkemizde İstanbul için Deprem Master Planı bünyesinde yer alan ODTÜ, İTÜ, BÜ, YTÜ yaklaşımlarıdır.

2.1.2. ATC-21

Applied Technology Council tarafından hazırlanan ATC-21 ülkemiz koşullarına göre düzenlenerek sunulmuştur. İncelenen binanın hangi yapı türüne girdiği Çizelge 2.1'den seçilir. Yapı Hasar Ana Puanı yapının taşıyıcı istemine ve bulunduğu deprem bölgesine göre değişir, puan aynı zamanda bölgede meydana gelebilecek önemli bir hasarın ihtimalini yansıtır. Bu puan Çizelge 2.2'ye göre belirlenir. Önemli hasar, gerekli onarım ve güçlendirme maliyetinin, yapı değerinin yaklaşık %60'ına vardığı hasar düzeyidir. Bu düzey can kaybının başlayacağı durum olarak da özetlenebilir. Bu yaklaşımda deprem dayanıklılığı, elde edilen sonuç yapı puanı "S" ile doğru orantılıdır yani; deprem dayanımı yüksek olan binalar için yüksek, hasar meydana gelebilecek yapılar için ise düşük değerler öngörülmüştür.

Çizelge 2.1 Yapı Türleri

Yapı Türü	Genel Tanım
BÇ	Betonarme çerçeveli binalar
BP	Betonarme perdeli binalar
PR	Prefabrike binalar
YB	Yığma binalar

Çizelge 2.2 Yapı Türlerine Ait Yapı Hasar Ana Puanları

Yapı Türü		Deprem Bölgesi		
		1	2 ve 3	4 ve 5
BÇ	Betonarme çerçeveli binalar	2.0	3.0	4.0
BP	Betonarme perdeli binalar	3.0	3.5	4.0
PR	Prefabrike binalar	1.5	2.0	2.5
YB	Yığma binalar	1.0	2.0	2.5

Çizelge 2.3 Birinci Derece Deprem Bölgeleri İçin Hızlı Değerlendirme Formu

BİRİNCİ DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME FORMU																					
Kroki	Adres:																				
	Binanın İsmi:																				
Kat Adedi:											İnşa Yılı:										
Toplam kat alanı:																					
Kullanımı:																					
Düzenleyen:																					
Tarih:																					
Fotoğraf																					
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
											Fotoğraf										
Ölçek																					
Kullanım	Yapı Türü																				
Konut	Olumsuzluklar				BÇ	BP	PR	YB													
	Ana puan				2.0	3.0	1.5	1.0													
Ticari	Yüksek yapı				-1.0	-1.0	-0.5	-0.5													
Büro	Kötü durum				-0.5	-0.5	-0.5	-0.5													
İmalat	Düşey düzensizlik				-1.0	-0.5	-1.0	-0.5													
Toplantı	Yumuşak kat				-2.0	-2.0	-2.0	-1.0													
Okul	Burulma				-1.0	-1.0	-1.0	-1.0													
Kamu	Planda düzensizlik				-0.5	-0.5	-1.0	-1.0													
Acil Servis	Çarpma etkisi				-0.5	-	-0.5	-													
Tarihi	Kısa kolon				-1.0	-1.0	-1.0	-													
İnsan Sayısı	Kalın kaplama				-1.0	-	-1.0	-													
	Zemin durumu 2				-0.3	-0.3	-0.3	-0.3													
0-10	Zemin durumu 3				-0.6	-0.6	-0.6	-0.6													
11-100	Zemin durumu 3 ve 8-20 kat				-0.8	-0.8	-0.8	-0.8													
101 +	Sonuç Yapı Puanı (S):																				
Ayrıntılı değerlendirme gerekli mi?					Evet		Hayır														
Yapısal olmayan hasar tehlikesi:																					
Özel notlar:																					

ATC-21 değerlendirme formu deprem tehlikesi yüksek, orta ve düşük bölgeler için ayrı ayrı hazırlanmıştır. Çizelge 2.3'de sunulan ATC-21 hızlı davranış değerlendirme formu birinci derece deprem bölgeleri içindir. Diğer deprem bölgelerinde bulunan yapılar için bu form kullanılmak istendiğinde, formda bulunan ana puan Çizelge 2.2'de verilen yapı türlerine ait yapı hasar ana puanlarından uygun olanlarıyla değiştirilmelidir (Atmaca 1994, ATC21 1989).

2.1.2.1. Formun Doldurulmasıyla İlgili Detaylar

Formda doldurulması gereken ilk kısım binanın tanımlanmasıyla ilgili olan maddelerdir. Geniş çaplı incelemelerde kayıt düzenin sağlanması ve incelenen yapının belirli olması için bina adı ve adresi gereklidir. Sağ üst köşede bulunan bu kısmın doldurulması daha sonraki büro çalışmaları aşamasında ve gerektiğinde bir sonraki aşama olan değerlendirme kısmında sistematigi sağlamak adına önemlidir.

Binada meydana gelecek hasarlar genellikle yapı yüksekliğiyle doğru orantılıdır. Formda geçen kat adedi bina yüksekliği için uygun bir ölçüdür. Formda bulunan ana puan bodur ve orta yükseklikteki binalara göredir, yani kat adedi 1-7 arasındadır. İstenen diğer bir bilgide toplam kat alanıdır. Bu değer bir katın alanının kat adedi ile çarpılmasıyla bulunur.

Bina inşa yılı en önemli bilgilerdendir. Binanın inşa yılı bilinirse, o zamana ait inşaat teknikleri, malzeme özellikleri ve yönetmelikler hakkında daha isabetli tahminler yapılabilir. İnşaatın uzun sürede yapılmış olabileceği ve aşama aşama tamamlanmış olabileceği de göz önünde tutulmalıdır.

Binanın kullanımı formda verilen listeden seçilir. Bina birden fazla amaç için kullanılıyorsa, mesela hem ticarethane hem de konut için ise bunların her ikisi de işaretlenmelidir. Yapıyı kullanan insan sayısını yaklaşık olarak tayin etmek için kullanım amacı ve toplam alan bilgilerinden faydalanılabilir. Konutlarda 1 kişi/30 m², otellerde 1 kişi/20 m², yurtlarda 1 kişi/10 m², büro binalarında 1 kişi/15 m²,

okullarda 1 kişi/7m²dir. Bina kullanımı ve bulunan insan sayısı daha sonraki karar ve uygulama aşamalarında öncelik sebeplerinden biridir.

Formu düzenleyen kişi ile ilgili bilgilerde yine bu kısımda yer almaktadır. Daha sonraki işlemlerde bu kişiye danışılabilmesi için önemlidir.

Bina fotoğrafının eklenmesi ve kroki çizilmesi binanın özelliklerini kolayca ortaya koyar. Kroki, binanın yaklaşık olarak boyutlarını, o mahaldeki yerini, komşu binalara olan mesafesini de içermelidir. Ayrıca; mevcut çatlaklar, biçim problemleri gibi özel durumlara ait bilgilerde bu krokiye işlenebilir.

Binanın tanımlanmasından sonraki aşamada yapının deprem güvenliğini etkileyecek olumsuzluklar gözlenir ve yapı hasar ana puanından düşülür. Formda yer alan olumsuzluk faktörleri şunlardır:

- Yüksek Yapı: 8 kat ve daha üstü durumda yapı yüksek olarak kabul edilir.
- Kötü Durum: Yapının inşasında projede esas alınandan daha düşük kalitede beton kullanılması, kötü yerleştirilmesi, segregasyonun oluşması, tuz veya sülfat gibi kimyasal maddelerin etkisiyle betonun zamanla zayıflaması betonla ilgili kötü durumlardır. Ayrıca donatının açığa çıkarak paslanması ve bunun dışarıdan görülmesi hallerinde de formda karşılık gelen eksiltme puanı göz önüne alınır.
- Düşey Düzensizlik: Binanın düşey kesitindeki süreksizlikler, perdelerin temele kadar devam etmeyip üst katlarda kesilmesi gibi olumsuz durumlarda da değerlerdirme formundaki azaltma puanı eklenir.
- Yumuşak Kat: Bir katın rijitlik ve dayanımının diğer katlara oranla belirgin şekilde az olması yumuşak kat meydana getirir. Genelde ticarethane olarak kullanılması amacıyla binaların zemin katlarında büyük pencere boşlukları ve normalden fazla kat yüksekliği uygulamaları yumuşak kat oluşmasına neden olur.
- Burulma: Taşıyıcı sistemin rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dış merkezliğin büyük olması sonucu yatay deprem yükleri binada burulma

etkisi oluşturur. Söz konusu olan duruma rastlanan binalarda azaltma puanı forma işlenir.

- Planda düzensizlik: Yapıda planın düzgün bir biçimde olması deprem anındaki davranışını olumlu yönde etkiler. Planda düzensizlik genelde yapının L, U, E ve T biçiminde tasarlanıp yapısı sonucu oluşur.
- Çarpma Etkisi: Bitişik nizam yapılan binaların farklı rijitlikte ve farklı seviyede katlara sahip olması sonucu ortaya çıkar. Kat seviyeleri birbirinden farklı olduğunda bir yapının döşemesi, diğer yapının düşey taşıyıcı elemanlarını zorlayacaktır. Bu durumun meydana gelmemesi için farklı kat seviyelerine sahip komşu binalar arasında her kat için 10 cm'lik bir mesafe bırakılmalıdır. Örneğin 5 katlı bir A binası ile 7 katlı bir B binası arasında A binasının beşinci katında B binasına olan uzaklık $10 \times 5 = 50$ cm olmalıdır. Bu şartı sağlamayan durumlarda eksiltme puanı göz önünde tutulur.
- Kalın Kaplama: Dış cephe kaplaması olarak mermer ve kesme taş tarzı malzemeler kullanıldığında taşıyıcı sistemle olan bağlantıları zamanla zayıflayarak deprem anında tehlike oluşturabilirler.
- Kısa Kolon: Genelde tüm kat yüksekliğince öngörülen kolonların daha sonra perde, bina altlarında bulunan ticarethanelerin aydınlatılması için yapılan bant pencerelerle vb uygulamalarla yükseklikleri kısılır. Bu kısılma ile eğilme rijitliği artan kolonlar projelendirme aşamasında öngörülen yatay yükten daha fazlasını taşımak zorunda kalır. Sonuç olarak genellikle sünek olmayan kayma kırılması meydana gelir.
- Zemin Durumu: Yapının bulunduğu yerde zemin durumunun deprem davranışına olan etkisi Çizelge 2.4'deki azaltma puanlarıyla dikkate alınır(Atmaca 1994).

Çizelge 2.4 Zemin Durumları ve Bunlara Ait Azaltma Puanları

Zemin Durumu	Azaltma Puanı	Açıklama
ZD 1	0	Kaya ve kaya üzerinde kalınlığı 70 m'den daha az sert kil tabakası
ZD 2	-0.3	Kohezyonsuz zemin ve kaya üzerinde kalınlığı 70 m'den fazla sert kil tabakası
ZD 3	-0.6	10 m'den fazla yumuşak veya orta sert kil (veya belirlenemeyen zemin)
ZD 3 ve 8-20 kat	-0.8	8-20 katlı binalar için ZD 3 durumu

2.1.3. Japon Sismik İndeks Yöntemi

Japon indeks yöntemi, çok katlı yapılar hariç mevcut betonarme binaların sismik performansının ön değerlendirmesi amacıyla uygulanmaktadır. Bu yöntem, mevcut yapılarda herhangi bir ön inceleme gerektiğinde en azından incelenen binalar arasında olumlu ile olumsuz biribirinden amacını taşımaktadır(Kasımzade vd. 2005).

Yöntem 6 kattan az, moment taşıyan perdeli ve perdesiz iskelet sistemli yapılara uygulanabilir. Farklı taşıyıcı sistemlere sahip binalarda, çok zayıf malzeme mukavemetine sahip yapılarda, yangın geçirmiş veya 30 yılın üzerindeki yaşı olan yapılarda bu yöntem uygulanamaz.

Yöntemde bir yapının deprem etkisindeki davranışının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere aşağıdaki iki indeks tanımlanmıştır. Birinci indeks yapıya ait sismik performansı yansıtan I_S "*Sismik Performans İndeksi*"dir. İkincisi ise yapı için göz önüne alınması uygun olan "*Yapı Sismi: Karşılaştırma İndeksi*" I_{SO} dır. Elde edilen bu iki indeks karşılaştırılır ve eğer $I_S > I_{SO}$ sonucuna ulaşırsa yapının depreme karşı güvenli olduğuna; tersi durum ($I_S < I_{SO}$) ortaya çıkarsa binanın deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna varılır. Burada deprem güvenliği sonucu binada yapısal hasarların olmayacağı anlamına gelmez. Bahsedilen güvenlik yapının toptan göçmeyeceğine dairdir (İlki vd. 2003, Kasımzade vd. 2005).

Yöntem, daha gerçekçi sonuç veren ve daha çok zaman alan kademeli üç farklı aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaların her birinde de (2.1) ve (2.2) bağıntılarında gösterilen I_S ve I_{SO} indeksleri bulunarak karşılaştırma yapılır.

$$I_S = E_o \times S_D \times T \quad (2.1)$$

$$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U \quad (2.2)$$

Burada;

I_S : Yapı sismik performans indeksi

I_{SO} : Yapı sismik karşılaştırma indeksi

E_0 : Ana yapısal performans indeksi

S_D : Yapı taşıyıcı sistem performans indeksi

T: Yapının zamana bağlı bozulma indeksi

E_S : Yapı için ana karar indeksi

Z: Sismik bölge faktör indeksi

G: Yapı – zemin etkileşim faktör indeksi

U: Yapı kullanımıyla ilgili faktör indeksidir.

Birinci seviye çerçevelerin taşıma gücü, kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanların kesit alanlarından faydalanarak basitçe hesaplanır. S_D ve T indeksleri de benzer şekilde basitçe hesap edilir. Bu seviyedeki inceleme perdelerin nispeten çok olduğu binalarda uygundur. Perde sünekliğinin çerçeve sünekliğini önemli ölçüde etkilediği kabul edilir. Perdesiz çerçevelerden oluşan bir yapının deprem davranışının gerçek davranışın oldukça altında tahmin edilebileceğine dikkat edilmelidir. Bu durumda gerçekte güvenli olan bir yapının güvensiz olarak tespiti söz konusudur. Böyle perdesiz sistemlerde bu durumla karşılaşılabileceği göz önüne alınarak bu seviyedeki bir incelemeyle yetinmeyip yapının daha ayrıntılı olan diğer seviyelerde de incelenmesi gerekebilir.

İkinci seviyede kolon ve perdelerin taşıma gücü ve süneklik kapasiteleri taşıma gücü esasları kullanılarak hesap edilir. E_0 ana indeksi, düşey taşıyıcı elemanların göçme türü göz önüne alınarak elde edilir. Bu safhada çerçeveyi oluşturan kirişlerin rijit olduğu kabul edilebilir. Diğer iki indeks, S_D ve T birinci seviyeye göre daha ayrıntılı hesaplarla bulunur. Bu inceleme seviyesi özellikle zayıf kolon–kuvvetli kirişli sistemlere uygun olup elde edilen sonuç birinci seviyeden elde edilene kıyasla daha güvenlidir.

Üçüncü seviyede E_0 ana indeksinin hesabında düşey taşıyıcı elemanların göçme türlerinin yanı sıra kirişlerin davranışı ve perde temelindeki dönme de dahil olmak

üzere yapının mümkün olan tüm göçme mekanizmaları göz önüne alınır. S_D ve T hesabı ikinci seviyede olduğu gibidir (Atmaca 1994).

2.1.3.1. Birinci İnceleme Seviyesi

E_0 Ana Yapısal Performans İndeksinin Hesaplanması

E_0 'ın hesaplanabilmesi için taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Çizelge 2.5'e göre sınıflandırılır. Taşıyıcı sistemde Çizelge 2.5'deki kısa kolon tanımına uyan herhangi bir eleman yoksa yapıya ait E_0 deprem davranış ana indeksi (2.3) ifadesiyle hesaplanır.

Çizelge 2.5 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması

ELEMAN	TANIM
Kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği > 2
Kısa kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≤ 2
Perde	Başlıklı veya başlıksız perde

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 \cdot C_c) F_w \quad (2.3)$$

Burada;

n : Bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı

i : Göz önüne alınan kat

C_w : Perdelerin taşıma gücü indeksi olup (2.5) ifadesi ile hesaplanır.

C_c : Kolonların taşıma gücü indeksi olup (2.6) ifadesi ile hesaplanır.

a_1 : Yer değiştirme uyum katsayısı (= 0,7 ; eğer $C_w = 0$ ise 1,0 alınır.)

F_w : Perde süneklik indeksidir (Çizelge 2.6).

Kısa kolonlarda genellikle eğilme kapasitesine ulaşılmadan kesme kuvveti dayanımlarının sona ermesiyle oluşan ani ve gevrek kırılma durumu gözlenir. Bu ise deprem davranışı açısından tehlikeli olan ve arzu edilmeyen bir durumdur. Bu sebeple yapıda çizelge 1'deki kısa kolon tanımına uyan elemanların mevcut olması durumunda E_0 indeksi aşağıdaki gibi hesaplanır.

Kısa kolonların dikkate alınmasıyla (2.4) ifadesi hesaplanır. Daha sonra kısa kolonlar ihmal edilerek (2.3) ifadesi hesaplanır. E_0 indeksi olarak elde edilen değerlerin büyüğü alınır.

Şayet bir kısa kolon aynı zamanda “riskli bir kolon” olarak tespit edilmişse, E_0 indeksi yalnızca (2.4) ifadesi ile hesaplanmalıdır. Bir kolonun taşıma gücünü kaybetmesiyle kolon civarındaki yapı kısımlarında örneğin döşemede herhangi bir göçme durumunun oluşması söz konusu ise bu kolon “riskli kolon” olarak dikkate alınmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{sc} + a_2 \cdot C_w + a_3 \cdot C_c) F_w \quad (2.4)$$

Burada;

C_{sc} : Kısa kolon taşıma gücü indeksi olup (2.7) ifadesiyle hesaplanır.

a_2 ve a_3 : Yer değiştirme uyum katsayıları olup sırasıyla 0.7 ve 0.8 olarak alınabilir.

F_{sc} : Kısa kolon süneklik indeksidir (çizelge 2.6).

C taşıma gücü indeksinin hesabı (2.5), (2.6) ve (2.7) ifadeleri kullanılarak her kat ve doğrultuda ayrı ayrı yapılır.

$$C_w = (30 A_{w1} + 20 A_{w2} + 10 A_{w3}) f_{cd} / (200 W) \quad (2.5)$$

$$C_c = (10 A_{c1} + 7 A_{c2}) f_{cd} / (200 W) \quad (2.6)$$

$$C_{sc} = 15 A_{sc} f_{cd} / (200 W) \quad (2.7)$$

Burada;

C_w : Perdelerin taşıma gücü indeksi

C_c : Kolonların taşıma gücü indeksi

C_{sc} : Kısa kolon taşıma gücü indeksi olup bunlara ait tanımlar çizelge 2.5’da verilmiştir.

A_{w1} : İki tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

A_{w2} : Bir tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm²)

A_{w3} : Başlıksız perdelerin toplam kesit alanı (cm²)

Burada başlıklı perde tabiriyle perde uçlarında kolon şeklinde bir eleman düzenlenmiş olması kastedilmektedir. Perde uçlarında oluşacak büyük eğilme momentlerini karşılamak amacıyla düzenlenen bu kolon elemanların deprem davranışına olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. (2.5) ifadesinden de görüldüğü gibi iki tarafı başlıklı perdelerin etkisi aynı alandaki başlıksız perdelerle göre üç kat artırılmıştır.

A_{c1} : Temiz yükseklik / kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm²)

A_{c2} : Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm²)

A_{sc} : Kısa kolonların (Temiz yük. / kesit yük. ≤ 2) toplam kesit alanı (cm²)

f_{cd} : Betonun proje basınç hesap gerilmesi (kgf / cm²) olup şayet dayanım birtakım malzeme deneylerinin sonucunda elde edilmişse hesaplarda proje dayanımı yerine bu deney dayanımı kullanılır.

W : Göz önüne alınan kat üzerindeki bira ağırlığı (kgf) olup genellikle birim kat alanı için 1200 kgf/m² alınarak hesaplanır.

Çizelge 2.6'da verilen değerler Çizelge 2.5'da tanımlanan her bir düşey elemana ait süneklik indeksleridir. Görüldüğü gibi kısa kolonlarda kayma göçmesi hakim olduğundan düşük bir süneklik indeksi verilmiştir.

Çizelge 2.6 F Süneklik İndeksi Değerleri

ELEMAN	F indeksi değeri
Kolon	1.0
Kısa kolon	0.8
Perde	1.0

S_D Yapı Taşıyıcı Sistem Performans İndeksinin Hesaplanması

S_D, plandaki düzensizlikleri, bodrum katın varlığı, plandaki boyutların oranı, kat yüksekliklerindeki düzensizlik, genişleme derzlerinin aralıkları, yumuşak katın varlığı, plandaki büyük boşluklar ve dış merkezlik gibi özelliklerin dikkate alındığı indeks sayısıdır (İlki vd. 2003).

S_D indeksi bu inceleme seviyesinde (2.8) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Bu ifadede yer alan, incelenen her bir duruma ait G_i değerleri ve bunları deprem davranışını etkileme dereceleri olan R_i değerleri Çizelge 2.7’de verilmiştir.

$$S_{D1} = q_{ib} \times \dots \times q_{ih}$$

$$q_{ii} = 1.0 - (1.0 - G_i) R_i; \quad i = a, b, c, d, e, f, h \quad (2.8)$$

$$q_{ii} = 1.2 - (2.0 - G_i) R_i; \quad i = g$$

Çizelge 2.7 Tüm Seviyeler İçin S_D İndeksi Hesabı İçin G_i ve R_i Değerleri

Seviye	İncelenen maddeler	G _i			R _i	
		1.0 ↑	0.9 ↑	0.8 ↑	R _{1i} ↓	R _{2i} ↓
1. ve 2.	a	a ₁	a ₂	a ₃	1.0	0.5
	b	b<5	5<b<8	8<b	0.5	0.25
	c	c>0.8	0.8>c>0.5	0.5>c	0.5	0.25
	d	d>1/100	1/100>d>1.20	1/200>d	0.5	0.25
	e	e<0.1	0.1<e<0.3	0.3<e	0.5	0.25
	f	f ₁ <0.4 f ₂ <0.1	f ₁ <0.4 0.1>f ₂ >0.3	0.4<f ₁ 0.3<f ₂	0.25	0.00
	g	g>1.0	1.0>g>0.5	0.5>g	1.0	1.0
	h	h>0.8	0.8>h>0.7	0.7>h	0.5	0.25
2.	i	i<0.1	0.1<i<0.15	0.15<i	-	1.0
	j	j<1.2	1.2<j<1.7	1.7<j	-	1.0

Çizelge 2.7’deki maddeler:

a : Binanın plandaki düzenliliği

a₁: Yaklaşık olarak simetrik düzen ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 10’undan daha küçük

a₂ : L, T veya U şeklinde plan ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 30’undan daha küçük

a₃ : Yukarıdaki tanımlara girmeyen karmaşık plan

b : Binanın plandaki uzun boyununun kısa boyuna oranı

c : Binanın plandaki genişliklerinden en küçük olanının, ana genişliğine oranı (2.8) ile hesaplanır.

d : Genleşme derzi aralığının, katın zeminden yüksekliğine oranı

e : Orta boş avlu alanının toplam kat alanına oranı

$f_1(f_2)$: Orta boş avlu alanının ağırlık merkezi ile kat alanının ağırlık merkezinin ara mesafesinin plandaki kısa (uzun) bina boyutuna oranı

g : bodrum kat alanının birinci kat alanına oranı

h : Üst kat yüksekliğinin göz önüne alınan kat yüksekliğine oranı

i : Dışmerkezlik oranı (2.10) ile hesaplanır.

e : Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe

B : Binanın plandaki kısa boyutu

L : Binanın plandaki uzun boyutu

j : Üst kat rijitlik / kütle oranının, göz önüne alınan katın rijitlik / kütle oranına oranıdır.

$$c = C_1 / C_0 \quad (2.9)$$

$$i = \frac{e}{\sqrt{B^2 + L^2}} \quad (2.10)$$

T Yapının Zamana Bağlı Bozulma İndeksinin Hesaplanması

Eleman dayanımı, rijitliği, sünekliliği gibi yapının deprem davranışını etkileyen özelliklerin hesabında herhangi bir çatlakın veya şekil değiştirmenin etkisi göz önüne alınmamaktadır. Zira, henüz bu tür etkileri göz önüne alabilen basit bir hesap tarzı geliştirilmemiştir. Bu yöntemde bu tür çatlak, şekil değiştirme ve yer değiştirmelerin deprem davranışına olan etkisi T zamanla bozulma indeksi ile göz önüne alınmaktadır.

Bu inceleme seviyesinde binada yapılacak araştırmada Çizelge 2.8 yardımıyla bulunacak en küçük değer T zamanla bozulma indeksi olarak belirlenir.

Çizelge 2.8 T Zamanla Bozulma İndeksi Değerleri

İnceleme Konusu	Gözlenen Durum	T
Şekil ve Yer değiştirme	Binada düşeyden sapma veya farklı oturma etkileri var	0.7
	Bina dolgu zemine oturuyor	0.9
	Kiriş veya kolonlarda gözle görülebilir şekil değiştirmeler var	0.9
	Şekil ve yer değiştirme yok	1.0
Perde veya kolonlarda çatlak	Yağmur sızıntısı var, donatılarda paslanma gözleniyor	0.8
	Kolonlarda gözle görülebilir eğik çatlaklar var	0.9
	Perdelerde çok miktarda gözle görülebilir çatlaklar var	0.9
	Yağmur sızıntısı var ama donatıda paslanma yok	0.9
	Perde veya kolonlarda çatlak yok	1.0
Yangın	Bina yangın geçirmiş fakat onarım görmemiş	0.7
	Bina yangın geçirmiş ve onarılmış	0.8
	Yangın durumu yok	1.0
Kullanım durumu	Kimyasal maddeler söz konusu	0.8
	Kimyasal maddeler söz konusu değil	1.0
Binanın yaşı	30 yıldan fazla	0.8
	20 yıldan fazla	0.9
	20 yıldan az	1.0
Sıva ve kaplama	Dış duvarlarda fazla bozulma var	0.9
	İç duvarlarda fazla bozulma var	0.9
	Bozulma söz konusu değil	1.0

2.1.3.2. İkinci İnceleme Seviyesi

E₀ Ana Yapısal Performans İndeksinin Hesaplanması

İkinci inceleme seviyesi birinci seviyeden daha ayrıntılı olduğundan taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlarda daha farklı bir şekilde sınıflandırılır. Bu sınıflandırma çizelge 2.9'a göre yapılır.

Çizelge 2.9 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması

ELEMAN	TANIM
Kolon m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Kolon s	Göçme tip : Kayma göçmesi
Kolon ss	Göçme tipi : Kayma göçmesi ve temiz yüks. / kesit yüks. ≤ 2 olan aşırı gevrek kolon.
Perde m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Perde s	Göçme tipi : Kayma göçmesi

Taşıyıcı sistemde, Çizelge 2.9'da "kolon ss" olarak isimlendirilen, göçme tipi kayma göçmesi olan kısa kolonların mevcut olmaması durumunda yapının E_0 indeksi olarak (2.3) ve (2.4) ifadeleriyle hesaplanan değerlerin büyük olanı alınır. Bazı durumlarda yapıda aşırı gevrek kolon olmadığı halde daha önce açıklanan özel riskli kolonlar mevcut olabilir. Bu durumda E_0 indeksi (2.4) ifadesiyle hesaplanmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad (2.11)$$

$$E_i = C_i F_i$$

Burada:

C_1 : Eleman F süneklik indeksi oldukça büyük olan birinci grup taşıma gücü indeksi.

C_2 : Eleman F süneklik indeksi orta büyüklükte olan ikinci grup taşıma gücü indeksi.

C_3 : Eleman F süneklik indeksi oldukça büyük olan üçüncü grup taşıma gücü indeksi.

F_1, F_2, F_3 : Sırasıyla her bir grubun süneklik indeksine karşılık gelir.

Şayet yapıda özel riskli kolonlar mevcutsa (2.12) bağıntısı kullanılır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot (C_1 + a_2 \cdot C_2 - a_3 \cdot C_3) F_1 \quad (2.12)$$

Burada;

a_2 ve a_3 : Yer değiştirme uyum katsayıları (Çizelge 2.10 ve çizelge 2.11)

Çizelge 2.10 (4.5) İfadesindeki a_i Değerleri

İkinci grup elemanları	Birinci grup elemanları	
	Kolon ss	Kolon s veya Perde s
Kolon m	0.5	0.7
Perde m	0.7	1.0
Kolon s veya Perde s	0.7	-

Çizelge 2.11 (4.5) İfadesindeki a_3 Değerleri

Üçüncü grup elemanları	Birinci grup elemanları	
	Kolon ss	Kolon s veya Perde s
Kolon m	0.5	0.7
Perde m	0.7	1.0
Kolon s veya Perde s	0.7	-

E_0 indeksinin tespitinde, aşırı gevrek kolonların davranışının taşıyıcı sistemin davranışına olan etkisini göz önüne alabilmek için üç ayrı hesaplama yapılır. Önce aşırı gevrek kolonları ihmal edilen yapıda (2.11) veya (2.12) ifadeleri daha sonra bu kolonlar dikkate alınarak (2.12) ifadesi hesaplanır. E_0 indeksi olarak hesaplanan bu indeks değerleri arasından büyük olanı alınır.

Aşırı gevrek kolonlar aynı zamanda özel riskli kolonlar durumundaysa E_0 indeksi bu kolonlar dikkate alınarak (2.12) ifadesiyle hesaplanmalıdır. Ancak aşırı gevrek kolonların haricindeki bir kolon özel riskli kolon durumundaysa ve göçme tipi kayma göçmesi ve E_0 indeksi olarak (2.12) ifadesinde gevrek kolonların dikkate alınmasıyla ve ihmal edilmesiyle hesaplanacak değerler arasından büyüğü alınır.

Taşıyıcı sitemdeki düşey elemanların eğilme ve kayma dayanımı hesaplanarak her eleman için beklenen göçme tipine karar verilir ve bu elemanlar Çizelge 2.9'da verilen şekilde sınıflandırılır. Daha sonra düşey taşıyıcı elemanların F süneklik indeksleri hesaplanır ve elemanlar indeksin değerine göre maksimum üç grupta toplanır. Her bir grubun C taşıma gücü indeksi grup elemanlarının toplam taşıma gücünün göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığına bölünmesiyle elde edilir.

Çizelge 2.12'de verilen değerler çizelge 2.9'daki düşey elemanlara karşılık gelen F süneklik indeksleridir.

Çizelge 2.12 F Süneklik İndeksi Değerleri

ELEMAN	F indeksi değeri
Kolon m	(2.13) ifadeyle hesaplanır
Kolon s	1.0
Kolon ss	0.8
Perde m	(2.15) ifadeyle hesaplanır
Perde s	1.0

Çizelge 2.12’de “kolon m” olarak tanımlanan ve eğilme göçmesinin hakim olduğu kolonlarda süneklik indeksi (2.13) ifadesiyle hesaplanır.

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} \quad (2.13)$$
$$\phi = 1/0.75(1+0.05\mu)$$

Burada;

μ : (2.14) ifadesiyle hesaplanan eleman sünekliğidir ve $1 \leq \mu \leq 5$ olmalıdır.

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2 \quad (2.14)$$
$$\mu_0 = 10 (cV_{su} / cV_{mu} - 1)$$

$k_1 = 2.0$ (Sargı donatısı aralığı basınç donatısı çapının 8 katından azsa $k_1 \cong 0$ alınabilir)

$$k_2 = 30 (cV_{mu} / b h f_{cd} - 0.2) \geq 0$$

Burada;

V_{mu} : Eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvveti

V_{su} : Kesme dayanımında taşınacak kesme kuvveti

Aşağıdaki durumlardan birine giren bir kolonun süneklik indeksi F en fazla 1.0 olmalıdır.

$$I) N_s / (b h f_{cd}) > 0.4$$

Burada N_s ; yatay kuvvetten gelen etki de dahil olmak üzere kolona gelen eksenel yüküdür. Normal kuvvet arttıkça sünekliğin azalacağı göz önüne alınarak eksenel yükün verilen sınırdan daha fazla olması durumunda süneklik indeksine de bir sınır getirilmiştir.

$$II) cV_{mu} / b h f_{cd} > 0.2$$

cV_{mu} ; eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetidir. Bu değerin artmasıyla birlikte elemanın kayma dayanımının aşılması mümkün olabilir ve bu sebeple ani ve gevrek bir kayma göçmesi ile karşı karşıya kalınabilir. Bu sebeple eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetinin fazla olması durumunda süneklik indeksine bu şekilde bir sınırlama getirilmiştir.

III) Kolon çekme donatısı oranı > 0.01

Fazla miktarda donatı kullanımı sebebiyle donatının akmaya ulaşmaması ve bu sebeple göçmenin ani ve gevrek bir göçme olması söz konusu olduğundan donatı miktarı için verilen bir sınıra karşılık süneklik indeksi de sınırlandırılmıştır.

Çizelge 2.12’de “perde m” olarak tanımlanan ve eğilme göçmesinin hakim olduğu perdelerin süneklik indeksi (2.15) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$\begin{aligned}
 F &= 1.0 \text{ [Eğer } wV_{su} / wV_{mu} < 1.2 \text{ ise]} \\
 F &= 10 (wV_{su} / wV_{mu}) - 11 \\
 F &= 2.0 \text{ [Eğer } wV_{su} / wV_{mu} > 1.3 \text{ ise]}
 \end{aligned}
 \tag{2.15}$$

S_D Yapı Taşıyıcı Sistem Performans İndeksinin Hesaplanması

Bu inceleme seviyesinde S_D indeksinin hesabında birinci seviyedekine ilaveten aşağıdaki durumlar da incelenmelidir.

Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezlikten dolayı burulma etkisi, bir katın kütle / rijitlik oranının üstündeki katın kütle / rijitlik oranından çok farklı olması halinde meydana gelebilecek yumuşak kat durumu. S_D indeksi bu inceleme seviyesinde (2.16) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Yapıda incelenen durumlara ait G_i ve R_i değerleri ise çizelge 2.11’den alınabilir.

$$\begin{aligned}
 S_{D2} &= q_{2a} \times q_{2b} \times \dots \times q_{2j} \\
 q_{2i} &= 1.0 - (1.0 - G_i) R_{2i} \quad i = a, b, c, d, e, f, h, i, j \\
 q_{2i} &= 1.2 - (1.0 - G_i) R_{2i} \quad i = g
 \end{aligned}
 \tag{2.16}$$

T Yapının Zamana Bağlı Bozulma İndeksinin Hesaplanması

T zamanla bozulma indeksi bu inceleme seviyesinde (2.17) ifadesi kullanılarak hesaplanır. T_i : İncelenen her bir katın T değerine tekabül eder ve (2.18) ifadesiyle hesaplanır.

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N \quad (2.17)$$

$$T_i = (1+p_1)(1+p_2) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2.18)$$

Burada;

p_1 : Çatlak ve şekil değiştirme

p_2 : Bozulma etkilerini içeren faktörleri

N : İncelenen toplam kat sayısıdır. p_1 ve p_2 ; Çizelge 2.13'de verilen binadaki mevcut olan durumlara ait puanların toplamı olarak hesaplanır. Şayet önemli etkiler mevcut değilse bunlar sıfır olarak alınabilir.

Çizelge 2.13 T Zamanla Bozulma İndeksi Hesabında Gözlenen Durumlara Ait Puanlar

Eleman	Elemandaki A ve B durumunun derecesi	A Durumu			B Durumu		
		Şekil, yer değiştirme ve çatlaklar (p_1 değeri)			Bozulma (p_2 değeri)		
		a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2
Döşeme	Toplam döşemenin 1/3'ünden fazla	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam döşemenin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	Toplam döşemenin 1/9'undan az	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
Kiriş	Toplam kirişin 1/3'ünden fazla	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.001
	Toplam kirişin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam kirişin 1/9'undan az	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
Kolon ve Perde	Toplam elemanların 1/3'ünden fazla	0.150	0.046	0.011	0.150	0.046	0.011
	Toplam elemanların 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	Toplam elemanların 1/9'undan az	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
p_1 ve p_2 değerleri	Alt toplam						
	Toplam		$P_1 =$			$P_2 =$	

2.1.3.3. Üçüncü İnceleme Seviyesi

E₀ Ana Yapısal Performans İndeksinin Hesaplanması

Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Çizelge 2.14'deki gibi gruplandırılır. C taşıma gücü indeksi ve F süneklik indeksi hesaplanır. Düşey elemanlar için önceden tahmin edilen göçme tipleri her bir grupta belirtilmiş olarak elde edilen sonuçlar F süneklik indeksine göre maksimum üç grupta toplanır.

E₀ deprem davranış ana indeksinin hesabında ikinci inceleme seviyesine ait aynı ifade kullanılabilir. Bununla birlikte eğer yapının göçme türü; kiriş ucu, perde alt noktası ve perde temeli üst noktasındaki eğilme göçmelerinden birine giriyorsa (2.11) veya (2.12) ifadelerinden biriyle hesaplanacak E₀ indeksi (2.19) ifadesiyle düzeltilmelidir.

$$E_0 = E_0' \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{2n+1}{n+1} \right) \quad (2.19)$$

(2.19) denkleminde sağ taraftaki E₀' değeri (2.11) veya (2.12) ifadesiyle hesaplanan değerdir.

Çizelge 2.14 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması

ELEMAN	TANIM
Kolon m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Kolon s	Göçme tipi : Kayma göçmesi
Kolon ss	Göçme tipi : Kayma göçmesi ve temiz yüks. / kesit yüks. ≤ 2 olan aşırı gevrek kolon
Perde m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Perde s	Göçme tipi : Kayma göçmesi
Kolon mb	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini kirişlerin eğilme dayanımı belirler.
Kolon sb	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini kirişlerin kayma dayanımı belirler.
Perde upl	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini temelın zeminden ayrılma etkisi belirler.

Esasen ikinci seviyede yapılan inceleme yeterlidir. Bununla birlikte kirişlerde ve perde temelinin zeminden ayrılma etkisiyle perdelerdeki mümkün olan tüm göçme mekanizmaları da hesaba katılmalıdır.

Çizelge 2.15’de verilen değerler Çizelge 2.14’de tanımlanan düşey elemanlara karşılık gelen F süneklik indeksleridir.

Çizelge 2.15 F Süneklik İndeksi Değerleri

ELEMAN	F indeksi değeri
Kolon m	(2.13) ifadeyle hesaplanır
Kolon s	1.0
Kolon ss	0.8
Perde m	(2.15) ifadeyle hesaplanır
Perde s	1.0
Kolon mb	3.0
Kolon sb	1.5
Perde upl	3.0

S_D Yapı Taşıyıcı Sistem Performans İndeksinin Hesaplanması

Üçüncü inceleme seviyesinde S_D yapı taşıyıcı sistem performans indeksi olarak ikinci seviyedeki hesap esaslarının aynı kullanılır.

T Yapının Zamana Bağlı Bozulma İndeksinin Hesaplanması

Üçüncü seviyede T indeksi ikinci seviyedeki gibi hesaplanır. Ancak, elemanın dayanım ve süneklik hesabında çatlak ve şekil değiştirme etkileri detaylı bir incelemeyle göz önüne alınıyorsa T indeksini hesaplamaya gerek yoktur.

2.1.3.4. Tüm İnceleme Seviyeleri İçin I_{SO} Deprem Davranış Karşılaştırma İndeksinin Hesaplanması

Yapının Karşılaştırma İndeksi (2.20) bağıntısı ile hesaplanır.

$$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U \quad (2.20)$$

(2.20) denkleminde E_s yapı için ana karar indeksi, inceleme seviyesine göre belirlenen bir indekstir ve birinci inceleme seviyesi için 0,8; ikinci ve üçüncü inceleme seviyeleri için ise 0,6 dır.

(2.20) denklemindeki Z sismik bölge faktör indeksi, binanın bulunduğu deprem bölgesine göre belirlenir. Bu değer genel olarak 1,0 alınmakla birlikte 0,7'den küçük olamaz. Zemin türüne göre Z_1 için 0,7; Z_2 için 0,8; Z_3 için 0,9; Z_4 için ise 1,0 alınabilir.

(2.20) denkleminde U yapı kullanımıyla ilgili faktör indeksidir. Yapının önemi ve kullanımıyla ilgilidir. Her yapı için yapının önem derecesi ve deprem sonucu oluşabilecek etkilerin boyutu da göz önüne alınarak özel olarak belirlenmelidir. Deprem sırasında insanların barınak olarak kullanacağı yerler, tehlikeli madde depoları gibi yapılarda 1,25; konut ve benzeri yapılarda 1,0 olarak alınabilir.

G yapı – zemin etkileşim faktör indeksi, Japonya İmar Bakanlığı'na göre genel olarak 1,0; fakat dik kaya, kısmen tepe ve engebeli yüzey tabakası için 1,1 alınır. Shiznoka tarafından hazırlanan Sismik Eleme Standardına göre 1,1 olan değer 1,25 alınması belirtilmiştir. Bunu yanında Yokohoma şehrinin sismik eleme üzerine standardı G değeri için (2.21) denkleminin kullanılması önermiştir.

$$G = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \quad (2.21)$$

Burada;

G_1 : Zeminin türüyle ilgili faktördür ve 1,0 alınabilir.

G_2 : Topoğrafik etkilere bağlı faktördür ve (2.22) bağıntısıyla hesaplanabilir.

G_3 : Zemin yapı etkileşimiyle ilgili faktördür ve 1,0 alınabilir.

$$G_2 = \left(\frac{1-L}{L_0} \right) A + \frac{L}{L_0} \quad (L < L_0 \text{ için}) \quad (2.22)$$

$$G_2 = 1,0 \quad (L > L_0 \text{ için})$$

Burada;

L: Uçurumun kenarından binanın merkezine olan yatay mesafe

L₀: 2H olarak alınabilen uçurumun etkilediği alanın mesafesi

H: Uçurumun düşey yüksekliği

A: (2.23) bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

$$A = 7 \left(\frac{\phi}{45 - 1} \right) \left(\frac{H}{V_s} \right) + 1 \quad (H > 3 \text{ metre ve } \Phi < 45^\circ \text{ için}) \quad (2.23)$$

$$A = 1,0 \quad (H < 3 \text{ metre ve } \Phi < 45^\circ \text{ için})$$

Burada;

Φ : Uçurumun eğim açısı

V_s: Kayma dalga hızıdır.

(2.20) ifadesinin ikinci ve üçüncü inceleme seviyelerinde kullanılabilmesi için $1.25 > C_T S_D > 0,3$ şartının sağlanması gerekir. Eğer $C_T S_D$ çarpımı 1.25'den fazla olursa (2.20) ifadesinin kullanımına gerek kalmadan yapının güvenli olduğu kabul edilebilir. S_D yapı taşıyıcı sistem performansı indeksidir ve (2.18) bağıntısıyla hesaplanır. C_T ise kümülatif dayanım indeksi olup (2.24) formülüyle hesaplanır (Atmaca 1994, İlki vd. 2003, Kasımzade vd. 2005).

$$C_T = \frac{n+1}{n+i} \cdot (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) \quad (2.24)$$

Yapıya ait sismik performansı yansıtan I_s “*Sismik Performans İndeksi*” ile yapı için göz önüne alınması uygun olan “*Yapı Sismik Karşılaştırma İndeksi*” I_{SO} karşılaştırılır ve eğer I_s > I_{SO} sonucuna ulaşırsa yapının depreme karşı güvenli olduğuna; tersi durum (I_s < I_{SO}) ortaya çıkarsa binanın deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna varılır. Fakat Boduroğlu vd.’nin (2004) yapmış olduğu çalışmada Japon sismik indeks yönteminin Türkiye koşullarında kullanılabilirliği araştırılmış ve I_s/I_{SO} ≤ 0,4 olması durumunda binanın deprem açısından

güvenliğinin yetersiz olduğu, $I_s/I_{SO} > 0,4$ olması durumunda ise binanın mevcut sismik kapasitesiyle kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır(Boduroğlu vd. 2004).

2.1.4. Ülkemizdeki Yaklaşımlar

Bundan önceki kısımlarda literatürde yer alan başlıca hızlı değerlendirme yöntemleri incelenmiştir; fakat bu yöntemler Ulusal Deprem Konseyi'nin Deprem Zararlarının Azaltma Ulusal Stratejisi'nde de belirtmiş olduğu gibi bazı ülkelerin kendileri için geliştirmiş olduğu yöntemlerdir; bundan dolayı bunların hiçbiri Türkiye koşullarına uygun değildir; hiçbirinin doğrudan kullanılması mümkün değildir. Bundan ötürü ülkemizdeki yerel koşullar, yaygın yapı gereçleri, yerel mimari düzenlemeler, yaygın olarak kullanılan taşıyıcı yapı sistemleri, yerel yapım yöntem ve alışkanlıkları ile uyumlu ve geçmiş depremlerde toplanmış olan verilerle kalibre ve test edilmiş tarama yöntemleri geliştirilmesi gerekmektedir(UDK 2002).

Bu gereksinimden dolayı ülkemizde de çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. TÜBİTAK'ın katkılarıyla ODTÜ, "*Deprem Güvenliğinin Sağlanması için Yöntemler Geliştirilmesi*" adında bir proje hazırlamıştır. Ayrıca İstanbul için Deprem Master Planı kapsamında İTÜ, BÜ, ODTÜ, YTÜ yaklaşımlarıyla bir hızlı değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir.

Kademeli değerlendirme anlayışını benimseyen bu kurumlarda hızlı değerlendirme iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki, sokak taraması olarak adlandırılan ve bina içine girilmeden dıştan yapılan gözlemlerle yapı deprem güvenliğini basit bir şekilde ortaya koyan birinci kademe değerlendirmedir. İkincisi ise ön değerlendirme aşaması olarak adlandırılır ve hasar derecesini ve deprem dayanımı ortaya koymak adına daha detaylı incelemeleri içerir.

Türkiye'de bulunan yapıları kullanım amacına, yapı tiplerine ve türlerine göre şu şekilde sınıflandırmak mümkündür:

- a) 1-7 katlı betonarme binalar

- b) 1-5 katlı yığma ve karma binalar
- c) 8 ve daha fazla katlı yüksek binalar
- d) Okullar, hastaneler ve itfaiye binaları
- e) Diğer kamu binaları
- f) Basit sanayi yapıları
- g) Sanayi tesisleri
- h) Stratejik yapılar
- i) Tehlikeli yapılar
- j) Köprüler
- k) Ahşap yapılar
- l) Altyapı şebekeleri

Bu sınıflandırmaya bakıldığında Türkiye'deki yapı stokunun büyük kısmını (a) türü yapılar oluşturmaktadır. İkinci sırada ise (b) türü yapılar gelir. Muhtemelen (e) türündeki diğer kamu binaları da (a) veya (b) sınıfının içindedir. Bundan dolayı (a) ve (b) türü yapılar için kademeli değerlendirmeler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemler ile listede yer alan (c), (d), (e) ve (f) türü yapıları da değerlendirmek mümkündür. Ancak yapı türüne göre değerlendirmenin hangi kademeleri kapsayacağı Çizelge 2.16'da önerilmiştir.

Çizelge 2.16 Yapı Türüne Bağlı Olarak Değerlendirme Seviyeleri

Yapı Türü	Sokak Taraması	Ön Değerlendirme	Kapsamlı Değerlendirme
(a)	X	X	X
(b)	X	X	
(c)			X
(d)			X
(e)		X	X
(f)		X	X

Sekiz katlı ve daha yüksek binalar (c) büyük olasılıkla mühendislik hizmeti görmüş yapılardır ve proje dokümanları elde edilebilir; bunun yanında (a) ve (b) türü yapılar için geliştirilen sokak taraması ve ön değerlendirme araçları bu yapılar için uygun olmayabilir. Bu sebeplerden dolayı (c) türü yapılarda sokak ve


ön değerlendirme aşamaları yapılmadan kapsamlı değerlendirmeye geçilebilir. Bunun yanında (d) türü yapılar normal binalara göre daha yüksek deprem performansı beklenen yapılardır. Olası bir depremde hizmet dışı kalmaması gereken bu yapılarda doğrudan kapsamlı değerlendirme uygulanmalıdır.

Ülkemizde geliştirilen hızlı davranış değerlendirme yöntemleri iki aşama şeklindedir. Bunlardan ilki sokak taraması olarak da adlandırılan birinci kademe değerlendirmeler, diğeri ise ikinci kademe değerlendirmelerdir. Çizelge 2.17’de sunulan form birinci kademede verilen tüm yöntemler içindir. Çizelge 2.18’deki formda, tüm yöntemler için ikinci kademede toplanması gereken bilgileri içerir(İDMP 2003).

Çizelge 2.17 Birinci Kademe Değerlendirme (sokak taraması) Bina Puanlama Formu

Form 1: Sokak Bilgileri			
Sokak Adı:			
Mahalle:			
İlçe:			
Coğrafi Koordinat 1:	Kuzey:	Doğu:	
Coğrafi Koordinat 2:	Kuzey	Doğu:	
Hız Bölgesi:	I []	II []	III []
Not: Coğrafi koordinatlar sokağın iki ucundan alınacaktır.			
Form 2: Genel Bina Bilgisi			
Kapı No:	Betonarme []	Yığma []	Karma []
Form 3: Betonarme Bina Bilgileri			
Kat Adedi (Bodrum Kat Dahil):	Yok []	Var []	
Yumuşak Kat:	Yok []	Var []	
Ağır Çıkma:	Yok []	Var []	
Görünen Kalite:	İyi []	Orta []	Kötü []
Kısa Kolonlar:	Yok []	Var []	
Çarpışma Etkisi:	Yok []	Var []	
Tepe/Yamaç Etkisi:	Yok []	Var []	

Çizelge 2.18 İkinci Kademe Değerlendirme Çalışmaları Bina İçinden Veri Toplama Formu

GENEL BİLGİLER				
Bina Referans No :		İnceleme Tarihi :		
Binanın Adresi :				
İnşaat Tarihi :		Proje Tarihi :		
Bina Koordinatları : (GPS ile Belirlenecek)				
İnceleme Ekibi :				
Görünüş 1		Görünüş 2		
Plan/Kroki				
				
BİNA BİLGİLERİ				
Katlar	Tekrar Adedi	Kat Yüksekliği (m)	Kat Alanı (m ²)	Açıklama
Bodrum				
Zemin				
Asma				
Normal Kat				
Çekme Kat				
İmar planlarındaki yoğunluk değişikliği nedeniyle kat artırımı yapılmış mı?				Evet [] Hayır []
Konum:	Bağımsız [] Bitişik, Kenar Bina [] Bitişik, Orta Bina []			
	Bina Eğimli Arazide Mi?:		Evet []	Hayır []
	Eğim Miktarı:		Dik $\geq 30^\circ$ []	Yumuşak $> 30^\circ$ []
Komşu Binalarla Derz:		Var []	Yok []	Belirlenemedi []
Komşu Binalarla Kat Seviyesi:		Aynı []		Farklı []

Düzensizlik Durumları		Var	Yok
Planda Düzensizlik		[]	[]
Kesitte Düzensizlik		[]	[]
Döşeme Süreksizliği		[]	[]
Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması		[]	[]
Yumuşak Kat Düzensizliği		[]	[]
Düşey Eleman Süreksizliği		[]	[]
TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ			
Taşıyıcı Sistem Türü	Betonarme Çerçeve	[]	
	Betonarme Çerçeve + Perde	[]	
	Karma (Betonarme + Yığma)	[]	
	Yığma	[]	
Dolgu Duvar Malzemesi	Boşluklu Fabrika Tuğlası	[]	
	Dolu Fabrika Tuğlası	[]	
	Beton Briket	[]	
	Harman Tuğlası	[]	
	Gazbeton Tuğla veya Panel	[]	
	Diğer (açıklayınız)	[]	
Bodrum Perde Malz.	Taş Kagir	[]	
	Betonarme Duvar	[]	
	Harman veya Dolu Fab. Tuğlası	[]	
	Beton Briket	[]	
	Diğer (açıklayınız)	[]	
Döşeme Sistemi	Kirişli Plak Döşeme	[]	
	Asmolen Dolgulu Dişli Döşeme	[]	
	Dolgunsuz Dişli Döşeme	[]	
	Kirişsiz Plak Döşeme	[]	
	Diğer (açıklayınız)	[]	
Donatı Bilgileri (eğer belirlemek mümkünse)			
Mevcut Yapıda Çelik Sınıfı:	S220(St I) []	S420(St III) []	S500(St IV) []
Donatı Türü:	Düz []	Nervürlü []	
Donatıda Paslanma Gözleniyor Mu?	Evet []	Hayır []	
Dış Cephe Betonarme Elemanlarında Boyuna Çatlaklar Var Mı?	Evet []	Hayır []	

TAŞIYICI SİSTEM BİLGİLERİ			
(1) Binanın Giriş Katı Ticari Amaçlı Kullanılıyor mu?	Evet []	Hayır []	
(2) Binanın Giriş Kat Yüksekliği Diğer Katlardan Farklı Mı?	Evet []	Hayır []	
(3) Binaya ön ve arka cephelerden bakıldığında görülen kat sayıları aynı mı?	Evet []	Hayır []	
(4) 3. soruya cevabınız HAYIR ise : Ön cepheden görünen kat adedi: Arka cepheden görünen kat adedi:			
(5) Binada kısa kolon oluşumu var mı?	Evet []	Hayır []	
(6) Binanın kirişlerinin yüksekliği kolonların genişliğinden fazla mı?	Evet []	Hayır []	
Belirtmek istediğiniz başka hususlar varsa yazınız.			
MALZEME, İŞÇİLİK VE GENEL KALİTE DEĞERLENDİRİLMESİ			
Değerlendirme Konusu		Evet	Hayır
Binanın görünen kalite genelmesi iyi		[]	[]
Malzeme Kalitesi	Beton kalitesi iyi	[]	[]
	Dolgu malzeme kalitesi iyi	[]	[]
	Taşıyıcı duvar kalitesi iyi	[]	[]
Kolon/kiriş bölgelerinde aksenal birleşme sorunu var mı?		[]	[]
Katların mimarileri çok farklı mı?		[]	[]
Betonarme elemanlarda hasar var mı?		[]	[]

2.1.5. ODTÜ Yaklaşımı

2.1.5.1. Birinci Kademe Değerlendirme

1-7 katlı betonarme binalar için ODTÜ'nün sunduğu birinci kademe değerlendirmede (sokak taraması), binanın dış görünüşüne bakılarak elde edilen

bilgilerle ve binanın bulunduğu maksimum yer hızı bölgesine göre yapılır. Bunun için yapılacak olan saha çalışmasında yapı deprem riskini etkileyecek parametreler ve her parametreye verilecek değerler aşağıda sunulmuştur:

- Kat Adedi: Temel üzerindeki toplam kat adedi sayılacaktır. Kademeli binalarda, en fazla kat adedinin olduğu kısım dikkate alınacaktır. Bunun yanında çatı katı, bodrum veya ara kat varsa tam kat olarak değerlendirilecektir.
- Yumuşak Kat: Yok (0); Var (1) Bir katın rijitlik ve dayanımı diğer katlara oranla belirgin şekilde az olması durumunda yumuşak kat meydana gelir. Buna en genel örnek giriş katı dükkan, üst katları konut olan apartman tipi binalardır.
- Ağır Çıkmalar: Yok (0); Var (1) Çok katlı betonarme binalarda, çerçeve sisteminin dışında düzenlenen geniş balkonlar veya çıkmalar düzensizlik yaratır. Ayrıca zemin katta çekme yapılan binalarda bu gruba girmektedir.
- Görünen Yapı Kalitesi: İyi (0); Orta (1); Kötü (2) Binanın mevcut kalitesini, yapıdaki işçilik ve malzeme kalitesiyle bakımına gösterilen özen yansıtır. Yapı kalitesiyle hasar riski arasından doğrudan bir ilişki vardır. Görünen kalitesi iyi olmayan bir binanın malzeme dayanımı da beklenenden düşük olacaktır. Bundan dolayı gözlemci binanın görünen kalitesini sınıflandırabilmelidir.
- Kısa Kolon: Yok (0); Var (1) Kısa kolonlar depremlerde genellikle ağır hasar görürler. Kısa kolon, çerçevelerin yarım yükseklikte bölme duvar ile doldurulması, bant pencere oluşturulması ve merdiven sahanlıklarında ara kiriş kullanılmasından dolayı oluşur.
- Çarpışma Etkisi: Yok (0); Var (1) Bitişik nizam yapılan yapılar için geçerlidir. Bitişik yapıların kat adedi farklıysa ve döşeme seviyeleri de farklıysa çarpışma etkisi ortaya çıkar.
- Tepe/Yamaç Etkisi: Yok (0); Var (1) Binanın 30 dereceden fazla bir yamaçta veya belirgin bir tepede yapılmış olması deprem riskini bir miktar arttıracaktır.

Yapının depremden etkilenmesindeki en önemli faktör, yerel zemin şartları ve yapının faya olan uzaklığıdır. Zeminden dolayı oluşacak deprem tehlikesi, maksimum yer ivmesi (PGA) ve maksimum yer hızı (PGV) olarak tanımlanmıştır. Bunlardan maksimum yer hızı yerel zemin özelliklerini genellikle çok iyi yansıtır.

Yapı hasar ana puanının belirlenmesindeki etken olan maksimum yer hızı incelenen bölgeye göre farklı kademelerde ifade edilebilir. Örneğin İstanbul üç farklı tehlike bölgesine ayrılmıştır:

Hız bölgesi I : $PGV > 60$ cm/s

Hız Bölgesi II : $40 < PGV < 60$ cm/s

Hız Bölgesi III: $PGV < 40$ cm/s

Coğrafi koordinatları, dolayısıyla hız bölgesi bilinen 1-7 katlı bir betonarme binanın deprem puanı Çizelge 2.19'a göre hesaplanır. Binanın kat adedi ve bulunduğu hız bölgesine göre bir artı puan alınır. Sokak taramasından sonra elde edilen parametrelerle ortaya çıkan her olumsuzluk azaltma puanı olarak bu artı puandan düşülür ve sonuç olarak bina deprem hasar puanı hesaplanır(Özcebe 2004).

Çizelge 2.19 Betonarme Binaların Deprem Puanlaması

Kat Adedi	12	3	4	5	7
Hız Bölgesi 1	100	90	75	65	60
Hız Bölgesi 2	130	120	100	85	80
Hız Bölgesi 3	150	140	120	100	90
Yumuşak Kat	0	-10	-15	-20	-20
Ağır Çıkma	0	-5	-10	-10	-10
Görünen Kalite	-10	-10	-10	-10	-10
Kısa Kolon	-5	-5	-5	-5	-5
Çarpışma Etkisi	0	-2	-3	-3	-3
Tepe/Yamaç Etkisi	0	0	-2	-2	-2

Olumsuzluk Parametreleri:

Yumuşak Kat	: Yok (0); Var (1)
Ağır Çıkma	: Yok (0); Var (1)
Görünen Kalite	: İyi (0); Orta (1); Kötü (2)
Kısa Kolon	: Yok (0); Var (1)
Çarpma Etkisi	: Yok (0); Var (1)
Tepe/Yamaç Etkisi	: Yok (0); Var (1)

2.1.5.2. İkinci Kademe Değerlendirme

ODTÜ, Sokak taramasından daha detaylı olan ve bina içerisinde de incelemeler gerektiren ikinci kademe değerlendirme (ön değerlendirme) içinde bir yaklaşım geliştirmiştir. İstatistiksel çalışma sonucu yapıların hasara yol açabilecek en belirgin özellikleri kullanılarak bu yöntem geliştirilmiştir. Gözlemler sonucu elde edilen parametreler kullanılarak binanın beklenen performansı bir hasar indeksi yardımıyla hesaplanır. Hasar indeksinin hesaplanmasında kullanılacak olan ilişki iki ayrı performans seviyesi düşünerek elde edildiğinden, her performans seviyesi karşılık gelen hasar indeksi baz alınarak değerlendirilmektedir. Bu iki performans seviyesi “*Can Güvenliği*” ve “*Hemen Kullanılabilirlik*” dir. Can güvenliği performansı ile, ağır hasar alabilecek veya çökecek binaları tespit etmek amaçlanmaktadır. Hemen kullanılabilirlik performans düzeyi ise hasarsız, hafif ve orta hasar görebilecek binaların belirlenmesi için uygulanacaktır.

ODTÜ'nün geliştirmiş olduğu bu yaklaşımda aşağıda listelenen altı parametrenin belirlenmesi gereklidir:

- kat sayısı (n)
- minimum normalize edilmiş yatay rijitlik indeksi (mnlstfi)
- minimum normalize edilmiş yatay dayanım indeksi (mnlisi)
- normalize edilmiş çerçeve süreklilik skoru (nrs)
- yumuşak kat indeksi (ssi)
- çıkma oranı (or)

a) Kat Sayısı (n): Binanın zemin seviyesinin üzerindeki toplam kat adedidir.

b) Minimum Normalize Edilmiş Yatay Rijitlik İndeksi (mnlstfi): Yapının zemin kat seviyesindeki yatay rijitliğinin dikkate alındığı bu indekste zemin katta bulunan betonarme düşey taşıyıcı elemanların boyutları kullanılarak hesaplanır. Kolonlar şartnameye uygun olarak, uzun kenarının kısa kenara oranı 7'den küçük olan elemanlar olarak tanımlanmakta; 7'den büyük olan olanlar ise perde olarak hesaba katılmaktadır. mnlstfi indeksi (2.25) formülü ile hesaplanmaktadır.

$$mnlstfi = (I_{nx}, I_{ny}) \quad (2.25)$$

(2.25) denklemindeki I_{nx} ve I_{ny} değerleri (2.26), (2.27) formülleri kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$I_{nx} = \frac{\sum(I_{col})_x + \sum(I_{sw})_x}{\sum A_f} \times 1000 \quad (2.26)$$

$$I_{ny} = \frac{\sum(I_{col})_y + \sum(I_{sw})_y}{\sum A_f} \times 1000 \quad (2.27)$$

Formül (2.26) ve (2.27) deki $\sum(I_{col})_x$ ve $\sum(I_{col})_y$: Tüm kolonların x ve y (simetri eksen) eksenlerine göre hesaplanan atalet momentlerinin toplamı,

$\sum(I_{sw})_x$ ve $\sum(I_{sw})_y$: Tüm perde duvarların x ve y eksenlerine göre hesaplanan atalet momentlerinin toplamı,

$\sum A_f$: Zemin katın toplam kat alanını göstermektedir.

c) Minimum Normalize Edilmiş Yatay Dayanım İndeksi (mnlisi): Bu indeks yapının taban kesme kuvveti kapasitesini temsil eder. Burada kolon ve perdelerin yanı sıra dolgu duvarların katkısı da dikkate alınır. Dolgu duvarların katkısı, aynı alana sahip perde duvara göre %10 olduğu varsayılır. Bu indeks (2.28) formülüne göre hesaplanır.

$$mnlisi = \min(A_{nx}, A_{ny}) \quad (2.28)$$

(2.28) denklemindeki A_{nx} ve A_{ny} değerleri ise (2.5.5) ve (2.5.6) bağıntılarıyla bulunur.

$$A_{nx} = \frac{\sum (A_{col})_x + \sum (A_{sw})_x + 0,1x \sum (A_{mw})_x}{\sum A_f} \times 1000 \quad (2.29)$$

$$A_{ny} = \frac{\sum (A_{col})_y + \sum (A_{sw})_y + 0,1y \sum (A_{mw})_y}{\sum A_f} \times 1000 \quad (2.30)$$

(2.29) ve (2.30) denklemlerindeki A_{col} her kolon için kesit alanını ifade etmektedir ve $(A_{col})_x$ ile $(A_{col})_y$ 'yi bulmak için (2.31) ile (2.32) formülleri kullanılır.

$$(A_{col})_x = k_x \times A_{col} \quad (2.31)$$

$$(A_{col})_y = k_y \times A_{col} \quad (2.32)$$

k_x değeri, kare olan kolonlarda ($b_x=b_y$) 1/2, x doğrultusundaki kesit boyutu y doğrultusundaki kesit boyutundan büyük olan kolonlar ($b_x>b_y$) için 2/3; küçük olan kolonlar ($b_x<b_y$) için 1/3 olarak alınmalıdır. k_y değeri ise $1-k_x$ dir.

A_{sw} ise her perde duvar için kesit alanını ifade etmektedir. $(A_{sw})_x$ ile $(A_{sw})_y$ 'yi bulmak için (2.33) ve (2.34) formülleri kullanılır.

$$(A_{sw})_x = k_x \times A_{sw} \quad (2.33)$$

$$(A_{sw})_y = k_y \times A_{sw} \quad (2.34)$$

(2.33) denklemindeki k_x değeri, x yönündeki perdeler için 1, y yönündeki perdeler için 0 değerini alır. (2.34) denklemindeki k_y değeri ise $1-k_x$ dir.

Kapı pencere boşluğu bulunmayan ve kesit alanı A_{mw} olan dolgu duvarlar için $(A_{mw})_x$ ve $(A_{mw})_y$ 'yi bulmak için (2.35) ile (2.36) formülleri kullanılır.

$$(A_{mw})_x = k_x \times A_{mw} \quad (2.35)$$

$$(A_{mw})_y = k_y \times A_{mw} \quad (2.36)$$

(2.35) denklemindeki k_x değeri, x yönündeki dolgu duvarlar için 1, y yönündeki dolgu duvarlar için 0 değerini alır. k_y ise $1-k_x$ dir.

d) Normalize Edilmiş Çerçeve Süreklilik Puanı (nrs): Yatay yükün çerçeveler arası dağılımındaki sürekliliğini dikkate alabilmek için bu parametre ihtiyaç vardır. Bundan dolayı yapıda yer alan sürekli çerçeve sayısı ile ilgili olarak dikkate alınan çerçeve süreklilik oranı (nrr) (2.37) deki gibi ifade edilmektedir.

$$nrr = \frac{A_{tr} (nf_x - 1) \times (nf_y - 1)}{A_{gf}} \quad (2.37)$$

(2.37) deki formülde A_{tr} , tipik bir kolonun etki alanını göstermektedir. $nf_x, nf_y \geq 3$ olduğu durumlarda A_{tr} değeri 25 m^2 , diğer durumda ise 12.5 m^2 alınmalıdır. Burada nf_x ve nf_y değerlendirme yaptığımız zemin kattaki x ve y doğrultusundaki sürekli çerçeve sayısını göstermektedir. $A_{gf} (\sum A_f)$ ise binanın zemin kat alanıdır.

(2.37)'de hesaplanan çerçeve süreklilik oranına (nrr) bağlı olarak hesaplanan nrs değeri aşağıdaki gibidir:

$$0 < nrr \leq 0,5 \text{ ise } nrs = 1$$

$$0,5 < nrr \leq 1,0 \text{ ise } nrs = 2$$

$$nrr > 1,0 \text{ ise } nrs = 3 \text{ olacaktır.}$$

e) Yumuşak Kat İndeksi (ssi): Yumuşak kat indeksi, zemin kat yüksekliğinin (H_1), bir üst katın yüksekliğine (H_2) oranı ile bulunur (2.38).

$$ssi = \frac{H_1}{H_2} \quad (2.38)$$

f) Çıkma Oranı (or): Çıkma alanı, tipik bir katta en dışta yer alan çerçevelerin dışındaki alandır. Çıkma oranı (or) ise (2.39) formülünde olduğu gibi her bir kattaki çıkma alanların toplamının ($A_{\text{çıkma}}$), zemin kat alanına (A_{gf}) bölünmesiyle elde edilir.

$$\text{or} = \frac{A_{\text{çıkma}}}{A_{\text{gf}}} \quad (2.39)$$

ODTÜ'nün geliştirmiş olduğu ön değerlendirme yönteminde iki performans düzeyi mevcuttur. Bunlar can güvenliği ve hemen kullanılabilirlik düzeyleridir. Bu performans düzeyleri için (2.40) formülü ile can güvenliği hasar indeksi (HI_{LS}) ve (2.41) formülü ile hemen kullanılabilirlik hasar indeksi (HI_{IO}) hesaplanır.

$$HI_{\text{LS}} = 0,620n - 0,24mnlstfi - 0,182mnlsi - 0,699nrs + 3,269ssi + 2,728or - 4,905 \quad (2.40)$$

$$HI_{\text{IO}} = 0,808n - 0,334mnlstfi - 0,107mnlsi - 0,687nrs + 0,508ssi + 3,884or - 2,868 \quad (2.41)$$

Bu denklemlerde ortaya konulduktan sonra değerlendirme yapılırken izlenmesi gereken yol aşağıda aşamalar halinde verilmektedir:

- 1- (2.25)'den (2.39)'e kadar olan formüller kullanılarak binada hasara neden olabilecek parametreler hesaplanır.
- 2- Hesaplanan bu parametreler (2.40) ve (2.41) denklemlerinde yerine konularak iki ayrı hasar indeksi (HI_{LS} , HI_{IO}) hesaplanır.
- 3- Yapının bulunduğu zemin türü ve faya olan mesafesi belirlenir (zemin haritaları ve GPS kayıtları yardımıyla). Belirlenen zemin türü ve mesafe girdileri ile Çizelge 2.22 ve (2.42) (2.43) denklemleri kullanılarak iki ayrı karşılaştırma sınır değeri belirlenir.

$$CV_{\text{LS}} = CM \times (-0,090n^3 + 1,498n^2 - 7,518n + 11,885) \quad (2.42)$$

$$CV_{\text{IO}} = CM \times (-0,085n^3 + 1,416n^2 - 6,951n + 9,979) \quad (2.43)$$

Bu denklemde “n” binanın kat adedini göstermektedir. CM değerleri ise Çizelge 2.22’den alınacaktır.

- 1- Performans gruplaması yapmak için denklem (2.42) ve (2.43)’dan hesaplanan CV_{LS} ve CV_{IO} değerlerine karşılık gelen HI_{LS} ve HI_{IO} değerleri ile karşılaştırılır:

$$HI_{LS} > CV_{LS} \text{ ise } PG_{LS} = 1$$

$$HI_{LS} < CV_{LS} \text{ ise } PG_{LS} = 0$$

$$HI_{IO} > CV_{IO} \text{ ise } PG_{IO} = 1$$

$$HI_{IO} < CV_{IO} \text{ ise } PG_{IO} = 0$$

- 2- Yapının performans durumu PG_{LS} ve PG_{IO} değerlerine bağlı olarak belirlenir:

$PG_{LS} = 0$ ve $PG_{IO} = 0$ ise GÜVENLİ / YETERLİ YAPI

$PG_{LS} = 1$ ve $PG_{IO} = 1$ ise GÜVENSİZ / YETERSİZ YAPI

Diğer durumlarda ise ARA BÖLGEDEKİ YAPI

Çizelge 2.20 Zemin Türü ve Faya Olan Mesafeye Bağlı CM Değerleri

JICA Zemin Türü	Kayma Dalgası Hızı (m/s)	Mesafe (km)				
		0-4	5-8	9-15	16-25	26<
B	>760	0,778	0,824	0,928	1.128	1,538
C	360-760	0,862	1,000	1,240	1.642	2,414
D	180-360	0,970	1,180	1,530	2.099	3,177
E	<180	1,082	1,360	1,810	2.534	3,900

Bu yöntem yapıları güvenli, güvensiz ve ara bölge olarak üç sınıfa ayırır. Burada güvenli ve güvensiz yapıların durumu hakkında karar ortaya konulmuştur. Fakat ara bölgede yer alan binalar genelde orta hasarlı olmalarına rağmen diğer hasar guruplarında da olmaları mümkündür. Bundan dolayı ara bölgede yer alan yapıları detaylı incelemek sağlıklı sonuçlar elde etmek açısından önemlidir(Özcebe 2004).

2.1.6. BÜ – YTÜ Yaklaşımı

2.1.6.1. Birinci Kademe Değerlendirme

Sokak taraması olarak da adlandırılan birinci kademe değerlendirmede, yapıların deprem güvenliğinin incelenmesinde esas alınacak “deprem etkileri”nin ön değerlendirme aşamasında tespit edilmesi ve daha sonraki aşamalarda da aynen kullanılması üzerinde önemle durulmaktadır. Esas alınacak “deprem tehlike düzeyleri”nin, güvenlik incelemesinde ve güçlendirmede esas alınacak “bina performans düzeyleri” ile uyumlu olarak tanımlanması gerekmektedir. Deprem etkilerinin yürürlükteki deprem yönetmeliğine ve bu yönetmeliğin esas aldığı deprem tehlike bölgeleri haritasına göre belirlenmesi uygun değildir.

Bundan dolayı ön değerlendirme çalışmasında, İstanbul için hazırlanmış olan “deterministik” deprem tehlikesi haritasının “can güvenliği” performans kriterinin sağlanması için, 50 yılda %10 aşılması olasılıklı “probabilistik” deprem tehlikesi haritasının ise “göçme kontrolü” performans kriterinin sağlanması için kullanılması öngörülmektedir. Dolayısıyla bu yöntemin İstanbul dışında bir deprem bölgesinde kullanılabilmesi için, o bölgeye ait “deterministik” ve “probabilistik” deprem haritalarının elde mevcut olması gereklidir.

Bu deprem tehlikesi haritalarında küçük hücreler bazında tanımlanan spektral ivmeler ve bunlardan elde edilecek olan spektral yer değiştirmelerden yararlanılarak, sınıflandırılan yapıların her bir tipi için deprem isteminin tepe yer değiştirmeleri cinsinden kestirilmeleri mümkündür. Bu haritalarda NEHRP sistemine göre kısa periyot ivmesi (S_s) ile 1 saniye periyot için spektral ivmesi (S_1) tanımlanmaktadır. Bu verilere göre %5 sönümlü standart elastik ivme spektrumu (S_{ae}) FEMA 302 ve FEMA 356'dan alınan (2.44) bağıntılarıyla belirlenebilir (IDMP 2003).

$$S_{ae} = (1 + 1,5T/T_0) S_s / 2,5 \quad (T < T_0) \quad (2.44a)$$

$$S_{ae} = S_s \quad (T_0 \leq T \leq T_5) \quad (2.44b)$$

$$S_{ac} = S_1/T \quad (T > T_S) \quad (2.44c)$$

Burada $T_S=S_1/S_S$ ve $T_0=0,2T_S$ olarak tanımlanmaktadır. (2.44) bağıntılarından faydalanarak bulunan elastik ivme spektrumuna (S_{ac}) bağlı olarak elastik yer değiştirme spektrumu (S_{de}), (2.45) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$S_{de} = (T/2\pi)2S_{ac} \quad (2.45)$$

Bağıntılarda yer alan bina etkin birinci doğal periyodu T , nonlinear deformasyonlarda dikkate alınarak, betonarme binalarda $T = 0,15n$ şeklinde tahmin edilebilir. Burada “n” zemin üstündeki kat adedini ifade etmektedir. Nonlinear yer değiştirme spektrumu ise (S_{di}), (2.46) bağıntısıyla hesaplanır.

$$S_{di} = C_d \times S_{de} \quad (2.46)$$

(2.46)'de C_d katsayısı, FEMA 356'da tanımlanan C_1, C_2, C_3 katsayılarının tümünü ifade etmektedir. Binanın zemin üstündeki kat adedine bağlı olarak Çizelge 2.21'den C_d katsayısı belirlenir.

Çizelge 2.21 C_d Katsayıları

n	1	2	3	≥ 4
C_d	1,5	1,3	1,1	1,0

Binanın deprem sırasındaki davranışını birinci doğal titreşim modunun kontrol ettiği kabulü ile tepe yer değiştirme istemi bağıntı (2.47) ile hesaplanır.

$$u_n = \Phi_n \times \Gamma \times S_{di} \quad (2.47)$$

Burada u_n : tepe yer değiştirmesini, Φ_n birinci mod şeklinin tepedeki genliğini, Γ : birinci modun katkı çarpanını göstermektedir. 5-6 katlı binalar için birinci doğal titreşim modunun doğrusal kabul edilmesi durumunda, kütleler her katta birbirine

eşit alınarak, tepe yer değiştirmesi istemi (2.48) denklemi ile kolaylıkla hesap edilebilir.

$$u_n = [3n/(2n + 1)]S_{di} \quad (2.48)$$

n ile gösterilen zemin üstündeki katların her birinin ortalama yüksekliği 3 metre olarak kabul edilirse, tepe yer değiştirmesinin (u_n) bina yüksekliğine (H_n) bölünmesiyle bina görelil öteleme oranı istemi (D_d) (2.49) bağıntısı ile elde edilmiş olur.

$$D_d = u_n/H_n = S_{di}/(2n + 1) \quad (2.49)$$

Daha sonra "can güvenliği" ve "göçme kontrolü" performans kriterleri için her bir bina tipinin özelliklerine göre, (2.50) denklemi ile tepe yer değiştirmesi kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır.

$$D_c = D_{c0} \times C_c \quad (2.50)$$

Burada D_c : bina görelil öteleme kapasitesi, D_{c0} : baz öteleme oranı kapasitesi, C_c : Kapasite azaltma katsayısını ifade etmektedir. D_{c0} değerleri Çizelge 2.22'den belirlenir. C_c kapasite azaltma katsayıları ise bina envanter bilgilerine göre aşağıda tanımlanan katsayıların çarpımından oluşmaktadır:

- a) Binanın görünen kalitesi İyi(1); Orta (0,9); Kötü (0,8)
- b) Bitişik nizam yapılar için Ortada (1); Kenarda (0,9)
- c) Bitişik nizam yapılar için kat seviyesi Aynı (1); Farklı (0,9)
- d) Zayıf kat Yok (1); Var (0,8)
- e) Kısa kolon Yok (1); Var (0,8)
- f) Cephe kolonların zemin katta konsollara oturması durumu Yok (1); Var (0,8)

Bu yöntemde, inceleme sonucunda binaların yeterli deprem güvenliğine sahip olup olmadıkları kararına varılması amaçlanmamaktadır. Çalışma sonucunda varılmak istenen hedef kapasite – istem karşılaştırmaları sonucunda incelenen tüm binalar için deprem performansları bakımından rasyonel bir ön sıralama yapılmasıdır. Böylelikle, bundan sonraki detaylı inceleme aşamalarında tekil bina bazında ve bölgesel bazda öncelikli olanların tespiti mümkün olacaktır.

Çizelge 2.22 Baz Öteleme Oran Kapasitesi (D_{CO})

Yapı Türü	Performans Kriterleri	
	Can Güvenliği	Göçme Kontrolü
Betonarme	0,008	0,014
Yığma	0,006	0,010

Sıralandırmada esas kıstas olarak kullanılacak olan kapasite – istem oranı, (2.51) denklemindeki gibi tepe yer değiştirme kapasitesinin (D_c) tepe yer değiştirme istemine (D_d) bölünmesiyle elde edilir (İDMP 2003).

$$\text{Kapasite / İstem Oranı} = D_c / D_d \quad (2.51)$$

2.1.6.2. İkinci Kademe Değerlendirme

Birinci kademe ön değerlendirmede yapılan öncelik sırasında en başta yer alan binalar veya bu tür binaların çoğunlukta olduğu bölgelerden başlamak üzere, birinci aşamaya oranla daha ayrıntılı olan inceleme değerlendirme ve değerlendirme çalışmaları yapılacaktır.

Bu yöntemde prensip olarak sadece zemin katla ilgili taşıyıcı sistem bilgilerinden yararlanılarak yapılan yaklaşık, ancak kendi içinde tutarlı bir nonlineer “itme analizi”ne dayanmaktadır.

2.1.7. İTÜ Yaklaşımı

2.1.7.1. Birinci Kademe Değerlendirme

İTÜ birinci kademe değerlendirme olarak dünyaca kabul görmüş hızlı değerlendirme yöntemlerinden biri olan Japon Sismik İndeks Yönteminin birinci seviyesinin kritik katlarda ve iki asal deprem doğrultusu için ayrı ayrı yapılmasını uygun görmüştür. Burada da yapı deprem performans indeksinin karşılaştırma indeksinden küçük olması durumunda yapının güvenliğinin belirsiz olduğuna karar verilir.

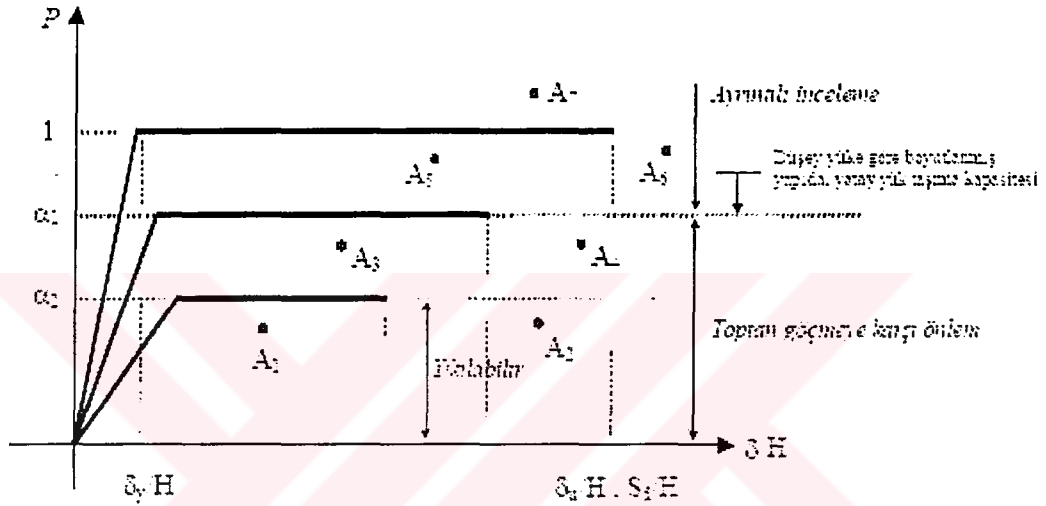
2.1.7.2. İkinci Kademe Değerlendirme

İTÜ'nün geliştirmiş olduğu ikinci kademe yaklaşım. 1-5 katlı betonarme binalarda seçilecek kritik katlar için, yatay yük taşıyıcı betonarme elemanların belirlenmesi, taşıyıcı sistem planının çıkarılması, kirişlerle ilgili gözlemler ve/veya gerekli ölçümlerle bilgi toplanması, döşeme cins ve özellikleri, kaplama ve duvar özellikleri ve benzeri bilginin derlenmesi. bina katları ve yapısal düzensizliklerinin ortaya konmasından sonra yaklaşık yollarla sayısal olarak işlenmesine bağlıdır.

Boyutlandırmaya esas alınan düşey yüklerin sabit tutularak, yatay yüklerin arasındaki oran sabit kalacak biçimde artırılmasıyla elde edilen, boyutsuz yük-yerdeğiştirme eğrilerinden karşılaştırma amacıyla yararlanılması tasarlanmıştır. O nedenle seçilen ve uygulamada karşılaşılan birçok yapının genel özelliklerinin bulunduran örnek çerçeveler, 1975 Deprem Yönetmeliği ve o zaman geçerli olduğu şekliyle TS500 göz önüne alınarak dikkatle boyutlandırılıp, donatılmıştır. Önce bu çerçevelere malzeme katsayıları 1 alınarak yük artırımı uygulanmış ve daha sonra çeşitli hataların teker teker veya bir arada olmaları durumunda, davranıştaki değişiklikler gözlenmeye çalışılmıştır.

$$S_d \cong S_a \times \frac{T^2}{4\pi^2} \cong d_{\text{elastik}} \cong d_{\text{inelastik}} \cong d_{\text{elastik}}^{\text{maks}} \cong \delta_{\text{yönetmelik}}^{\text{simi}} \times \mu \quad (2.52)$$

Öngörülen yaklaşık hesaplarla ulaşılan ve yatay yük taşıma kapasitesine karşılık gelen boyutsuz yük parametresi P ile, (2.52) denklemindeki önerilerden biriyle tanımlanan boyutsuz yer değiştirme, Şekil 2.1'deki diyagrama yerleştirilecek bir noktayı tanımlamaktadır. Bu noktanın bulunduğu yer bina için karar verme açısından önemlidir (İDMP 2003).



Şekil 2.1 Boyutsuz Yük – Yerdeğiştirme Diyagramı

Şekil 2.1'deki diyagramda A_1 , A_2 , A_3 ve A_4 benzeri noktalar toptan göçmeye karşı önem alınmasının gerekli olduğu; bunun için ayrıntılı incelemenin gerekmediği yapıları ifade etmektedir. A_5 , A_6 noktaları ayrıntılı incelemenin gerekli olduğu anlamına gelir. A_5 'in 1'e yakın olması ve yatay yer değiştirmenin δ_u/H 'dan küçük olması güçlendirme gereksinimini azaltmaktadır. A_6 'da ise 1'e yakın olmasının yanında δ_u/H yer değiştirme ölçütünün sağlanmaması nedeniyle güçlendirme gereksinimi ortaya konulmaktadır. Keza A_7 içinde benzer şeyler söylenebilir.

Şekil 2.1'deki α_1 , α_2 sayılarının gerçekçi değer aralıkları için doğrusal olmayan malzeme davranışını dikkate alan çok sayıda parametrenin dikkate alındığı örneklerin yapılması İTÜ tarafından sürdürülmektedir.

Ülkemizde geliştirilen yaklaşımların ikinci kademesinde ve detaylı deprem analizlerinde kullanılmak üzere mevcut yapılar üzerinde yapılacak incelemelerden ilki rölövelerin çıkartılmasıdır.

2.2. Mevcut Yapıların İncelemelerinde Rölövelerin Hazırlanması

2.2.1. Giriş

Yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde kullanılan ön değerlendirme ve detaylı inceleme aşamalarında, bina ile ilgili parametreler ortaya konurken mimari ve betonarme projelere ihtiyaç vardır. Eğer bu projeler elde edilmişse binanın projelere uygun yapılıp yapılmadığı yerinde kontrol edilip, aksaklıklar proje üzerinde işaretlendikten sonra bu projeler değerlendirme ve inceleme aşamalarında kullanılır. Bunun yanında özellikle eski binalara ait projelere ulaşmak zordur; çünkü bu yapılar ya projersiz imal edilmiştir yada projeleri zaman içinde tahrip olup kaybolmuştur. Bu durumda yapılması gereken işlem, incelenen binanın rölövelerinin hazırlanmasıdır.

Rölöve, bir yapının, kent dokusunun veya arkeolojik kalıntının yakından incelenmesi, belgelenmesi, mimarlık tarihi açısından değerlendirilmesi ve yenileme projeleri hazırlanabilmesi için binanın iç ve dış mimarisine, özgün dekorasyonuna ve taşıyıcı sistemi ile yapı malzemelerine ait mevcut durumunun ölçekli çizimlerle anlatımıdır(**Kültür Bakanlığı 1983**).

2.2.2. Mimari Rölöve

Hazırlanacak mimari rölövede binanın hacimlerinin kullanım şekilleri yer alır. Rölövenin yapılış amacı onun çizim tekniğini, çalışma ölçeğini etkiler. Bir sokak üzerinde yer alan binaların genel görünümünü, plan ve kütle özelliklerini anlatacak bir rölövenin 1/200 ölçekli olması yeterlidir. 1/100 ölçekteki bir rölöve çalışması yeniden kullanım projeleri için uygundur.

Yapının farklı her katı için plan çizilir. Binada ara katlar olduğunda ek çizimlerle bu mekânların da anlatımı sağlanır. Mimari rölövede plan yatay düzlemi, döşemenin 90–100 cm üstünden geçecek şekilde alınır. Eğer karmaşık bir yapılar grubunun planı birlikte çizilecekse, yaklaşık aynı seviyede olan mekânları ifade edecek şekilde yatay düzlem aşağı yukarı hareket ettirilerek geçilir.

Planın geçtiği düzlem üstünde yer alan öğelerde kesik çizgilerle veya noktalarla belirtilir. Kesik çizgiler, yok olan ve görülemeyen öğelerin planda ifade edilmesinde de kullanılır. Girilemeyen veya ölçülemeyen mekânlar için planda, “girilemedi; ölçülemedi” şeklinde açıklamalara yer verilmelidir (**Kültür Bakanlığı 1983**).

Detaylı çalışma gerektiren yapılarda kat üzerinde ölçümler yapılmaya başlanmadan önce bir köşe baz alınmalı ve bu noktaya göre yapı elemanları arasındaki mesafeler belirlenmelidir(**Anderson 1994**).

Plan çizilirken hacim ölçüleri dikkatli verilmelidir. Bu hacimlerde bulunan pencere - kapı boşlukları ve boyutlarının belirtilmesi gerekir. Binadaki cephe hareketleri plana aktarılırken ölçüler eksiksiz verilmelidir. Mimari plan çizimlerine uygun olarak yapılması gereken mimari rölövede her eleman temsil edildiği gösterime göre taranmalıdır. Her paftada mutlaka kuzey yönü belirtilmelidir(**Anderson 1994**).

Gerek görüldüğü durumlarda binaya ait cephe görünüşleri ve kesitlerde çizilmelidir. Görünüşler, cephelere paralel düzlem üzerinde dik bakılarak çizilmelidir. Kesit, yapının bütün özelliklerini anlatacak biçimde, değişik özelliklere sahip mekânlardan, iki yöne bakacak şekilde geçirilir. Kesitlerin geçtikleri yönler ve bakış doğrultuları plan üzerinde harf veya rakamlarla belirtilmelidir.

Banyo ve mutfak tesisatlarının bağı olduğu noktalar da mimari rölövede çizilen kat planlarında gösterilmelidir. Tesisatların belirtilmesi hasar rölövesi çıkartılması esnasında hem taşıyıcı, hem de taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarların belirlenmesinde gerekecektir.

Her paftanın sağ alt köşesine, yapının ve paftanın adının yazacağı bir antet kısmı oluşturulmalıdır. Bu antet kısmında bir anahtar şema yardımıyla çizimin binanın hangi seviyesine, cephesine vb. ait olduğu gösterilmeli, ölçek ve hazırlayan kişinin bilgileri belirtilmelidir.

2.2.3. Taşıyıcı Sistem Rölövesi

Burada ele alınan taşıyıcı sistem rölövesi, taşıyıcı elemanların boyutları, birbirine ve plana göre konumlarını belirlemek amacıyla hazırlanır. Diğer türlü, donatı ve malzeme içerikleriyle hazırlanacak taşıyıcı sistem rölövesi detaylı inceleme aşamasından sonra ortaya konacak olan bir plandır.

Betonarme projenin olmaması durumunda hazırlanan bu rölövede, kiriş, kolon ve perde yerlerinin ve boyutlarının belirtilmesi, kat yüksekliklerinin bulunması gerekir. Döşeme yükseklikleri ve türü tespit edilirken merdiven kısmı esas alınır. Taşıyıcı sistem elemanlarından olan temellerinde bu rölövede bulunması gerekir. Temel düzeni yer yer açılarak, temelin geometrik boyutları, derinliği ve bağ kirişlerinin durumu belirlenmelidir. Temellerin bodrum katta belli bölgelerde açılması veya bina dışından zeminin kazılması bu işlem için yeterli olabilir.

Rölöve hazırlanırken her kat tek tek ele alınmalıdır. Boyut ve dizayn açısından farklılıklar bulunan tüm katlar için ayrı plan çizilmelidir.

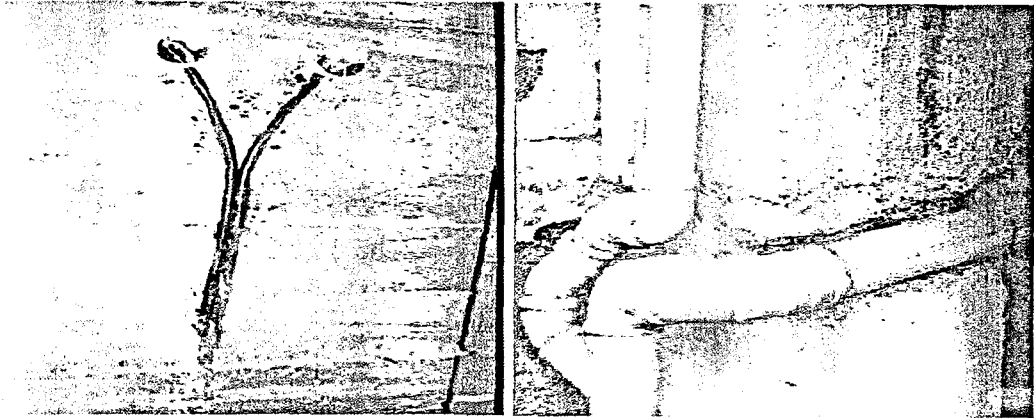
İncelenen binaya ait betonarme projelere ulaşılmışsa, bu projeler mevcut durum ile kıyaslanmalı ve projeye uymayan kısımlar, çizim ve notlarla düzeltilmelidir(Celep 2001).

2.2.4. Hasar Rölövesi

Bu rölöve daha önce depreme maruz kalmış yapılar için hazırlanır ve ayrı bir proje çizim işlemi içermez. Hasar rölövesi, önceden temin edilmiş mimari ve betonarme projeleri veya hazırlanmış olan mimari ve taşıyıcı sistem röleveleri üzerinde çalışmayı içerir.

Binada oluşan hasarlar eleman bazında ikiye ayrılır. Bunlar taşıyıcı elemanlardaki hasarlar ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarlardır. Taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarların belirlenmesinde mimari rölöve esas alınır. Bölme duvarlarda oluşan hasarlar, elektrik, doğalgaz vb. tesisatlarda oluşan hasarlar şekillerle veya notlarla plan üzerine işlenir. Ayrıca tesisatın binaya döşenme şeklide bu kısımda incelenerek uygunsuz durumlar plan üstünde gösterilir; çünkü Şekil 2.2’de görüldüğü gibi taşıyıcı özelliği olmayan tesisat elemanları, sistemin taşıyıcı elemanlarına zarar vererek binaya monte edilmiş olabiliyor.

Bunun yanında diğer taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarların incelenmesindeki sebep, binanın yeniden kullanıma açılması durumunda gerekli konforun ve can güvenliğinin göz ardı edilmemesi içindir.



Şekil 2.2 Tesisat İçin Hasara Uğratılmış Taşıyıcı Elemanlar (Koçak 2003)

Taşıyıcı olmayan elemanlardan olan duvarlarda oluşan hasarlar yanal yüklerin karşılanması açısından olumsuzluk içerdiğinde, yapının deprem güvenliğinin

belirlenmesinde önemlidir. Bundan ötürü hasar rölövesi çıkartılırken duvar hasarları taşıyıcı sistem rölövesi üzerine işlenir.

Binanın taşıyıcı sistemi üzerindeki hasarlar hazırlanan taşıyıcı sistem rölövesi dikkate alınarak, binanın her katında kolon, kiriş, kolon-kiriş birleşim bölgesi, perde, bölme duvar ve temel hasarları işlenir. Binada varsa, dönmeler veya temelin zemine batması durumları not edilmelidir. Taşıyıcı elemanlardaki hasarlar projedeki elemanlar üzerinde Şekil 2.3’de verilen hasar durum sembolleri ile gösterilir.

HASAR DURUM SEMBOLLERİ			
ELBMAN	AZ HASARLI	ORTA HASARLI	ÇOK HASARLI
KOLON			
KIRIŞ			
KOLON-KIRIŞ BİRLEŞİMİ			
ELBMAN			
KOLONDA SÖĞÜK DÖRZ			
DÖŞEME ÇATLAKLARI			

Şekil 2.3 Hasar Durum Sembolleri(Dabakoğlu 2004)

2.2.5. ABYYHY Taslak 2005 Metnine Göre Rölöve

19 Mayıs 2005 tarihinde çıkan ABYYHY Taslak 2005’e 13.bölüm olarak “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” kısmı eklenmiştir. Binadan bilgi toplanması Sınırlı Bilgi Düzeyi, Orta Bilgi Düzeyi ve Kapsamlı Bilgi Düzeyi olarak üç seviyede ele alınmıştır.

Sınırlı bilgi düzeyinde, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölövesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, rölöve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her

kattaki yerini, aks açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda kontrol çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

Orta bilgi düzeyinde, binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölövesi çıkarılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda kontrol çukuru ile belirlenecektir.

Kapsamlı bilgi düzeyinde ise binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok varsayılır. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda kontrol çukuru ile belirlenecektir.(ABYYHY-Taslak 2005).

Hem bina temel sisteminin öğrenilebilmesi hem de mevcut binanın oturmuş olduğu yerel zemin koşullarının belirlenebilmesi için zemin etüdleri yapılır.

2.3. Mevcut Yapıların İncelemede Zemin Etüdüleri

2.3.1. Giriş

Depremi ortaya çıkış, yer ve zamanını önceden belirlenmesi günümüze kadar başılamamış olduğundan deprem hasarlarını en aza indirmek için yapılması gereken, yerel zeminin ve yapıların sismik davranış özelliklerini belirleyerek, yerel zemin özellikleri ışığında depreme dayanıklı tasarım ve yapıml ilkelerini uygulamaktır. Zemin tabakaları, içinden geçen deprem dalgalarının özelliklerini etkilediği kadar, deprem dalgaları da zemin tabakalarının mukavemet ve şekil değiştirme özelliklerini etkiler. Böylece yapılar zemin özelliklerinin değişmesi sonucu büyük hasar görebilirler. Bu nedenle yapıların deprem yükleri sonucu hasar görebilirliğinin incelenmesinde yerel zemin koşullarının belirlenmesi ve incelenmesi gereklidir(Çinicioğlu vd. 2003a).

Genel olarak, belediyelerin bölgesel imar plan revizyonları amacıyla özel veya resmi sektörlere yaptırılan ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün onayından geçirilen zemin araştırması yerleşime uygunluk raporları, daha ziyade yeryüzü gözlemsel verilerini ve 10-15 metrelik sığ derinliklerin şu özelliklerini içermektedir: 1- Zemin sıklığı, 2- Zeminin türü, 3- Zeminin yeryüzü topoğrafik eğimi, 4- Zemin sıvılaşması, 5- Zemin hakim periyodu, 6- Zeminin taşıma kapasitesi. Yüzey jeolojisini tanımlayan bu haritalarda verilen zemin sınıfına göre tepki spektrumunun elde edilmesi oldukça yaklaşık sonuçlar vermektedir; fakat bazen de güvensiz tarafta tasarım veya analiz yapılmasına sebep olabilmektedir. Yürürlükte olan 1998 yılı "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" de; 1- Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toplam yüksekliği 60 metreden fazla olan tüm binalarda, 2- Bütün deprem bölgelerinde, bina yüksekliğinden bağımsız olarak, bina önem katsayısının 1,5 ve 1,4 olan binaların zemin etüdülerinin yapılması; bunun dışında kalan diğer binalar için ise zemin gruplarının ve yerel zemin sınıflarının tablo bilgileri, yada gözlem sonuçları veya bu konuda yayınlanmış kaynaklara referans verilmesi, 3- Yeraltı suyu seviyesinin 10 metre derinlik içinde olduğu D grubu zeminlerde sıvılaşma

potansiyelinin irdelenmesi zorunlu kılınmaktadır. Bunun yanında halkın oturacağı konutlar için zemin etüdü zorunluluğu istenmemektedir. Bu eksiklik 19.05.2005 yılında yayınlanan 2005 taslak metninde, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde toplam yüksekliği (mevcut yönetmelikte 60 metre) 15 metreden fazla olan tüm binalarda zemin etüdü zorunluluğu getirilerek düzeltilmeye çalışılmıştır(Cevher vd. 2003, Çinicioğlu vd. 2003b, ABYYHY 1998, ABYYHY-Taslak 2005).

Depremlerden etkilenmiş mevcut yapılar veya depremde etkilenecek yerlerde inşa edilecek yapılar için gerçekleştirilecek zemin incelemeleri taşıyıcı sistem projelendirmesini yapacak mimar ve inşaat mühendislerinin gereksinimlerini karşılayacak şekilde olmalıdır. Deprem sonucunda temel zemini birkaç biçimde işlevini yitirir veya yerine getiremez. Bunlar tekrarlı yükleme sonucu beliren aşırı ve farklı oturmalar; mevcut yapı temellerinde taşıma gücünün aşılması, sıvılaşma sonucu binanın zemine batması ve narin yapıların devrilmesi biçiminde belirebilir. Hazırlanacak geoteknik raporlar belirtilen bu durumların tespiti ve önlenmesi için öneriler getirmeğe ve üst yapı hesaplamalarına veri sağlamaya yönelik olmalıdır. Çeşitli kuruluşlarca hazırlanmış zemin raporları incelendiğinde bu raporların bazen hatalı, birçok kez de projecinin isteklerini karşılamayacak içeriklerle verildiği görülmektedir. Oysa elde edilen bir çok zemin parametresinden betonarmeci ve statikçinin ihtiyaç duyduğu en önemlileri:

- 1- Zemin hakim periyodu,
- 2- Zemin emniyet gerilmesi,
- 3- Maksimum taşıma kapasitesi,
- 4- Zemin büyütmesi,
- 5- Zemin yatak katsayısı,
- 6- Oturma miktarı ve
- 7- İçsel sürtünme açısıdır(Kaynak 2002, Önalp vd. 2003).

2.3.2. Zemin Parametrelerinin Ortaya Konulmasındaki Aşamalar

Parsel bazında saha etüdleri; araştırma çukuru ve hendeklerinin açılması, sondaj, örselenmiş ve örselenmemiş numune alma, saha deneylerinin icrası, jeofizik ölçümler ve uzaktan algılama tekniklerinden oluşur(Ergun vd. 2005).

2.3.2.1. Arazinin Jeolojisi

Geçmiş deneyimler deprem etkilerinin aluviyal oluşumlarda en belirgin ve etkin olduğunu göstermiştir. Bunda bu tür zeminlerde beliren zemin büyütmesi olayının etkisinin de olduğu açıktır. Bu nedenle parsel bazında hazırlanacak jeolojik raporu zeminin taşınmış (aluviyal, laküstür, moloz) yada yerinde oluşmuş (rezidüel) olduğunu yaşı ile birlikte tespit etmeli, yeraltı su seviyesi ve bunun kökeni, değişkenliğini göstermelidir. Parselde temel derinliğinden başlayarak belirli bir derinlikte yumuşak kaya veya kaya ortamına giriliyorsa hazırlanacak raporda bu bulguda belirtilmelidir. Çevre jeolojisi ve tektonik kısa yazılmalı ancak varsa faylar ve varsa geçmiş depremlerde gözlenmiş yüzey deformasyonları (çökme, yanal ve düşey atım izleri, kabarma vs) ilgili planda açıkça gösterilmelidir(Önalp vd. 2003).

2.3.2.2. Temel Zeminin Muayene Çukuru İle İncelenmesi

Bu yol hafif yapıların oturduğu alanlarda zemin türünün ön tanımı, fay/süreksizlik yüzeylerinin tespiti, yüzeye yakın yeraltı su seviyesinin gözlemlenmesi için, zeminin kepçeli inşaat makinesi kullanarak güvenli (kritik) bir derinliğe kadar kazılarak farklı seviyelerden örselenmiş el numuneleri alınması ve/veya zemin kalitesinin el penetrometresi ile kontrolü amacına yöneliktir. Muayene çukurundan örselenmiş ve örselenmemiş numune TS 1901/1975 göre alınır.

2.3.2.3. Sondaj

Sondaj, araziye meydana getiren formasyonlar ve sondaj süresinde rastlanacak değişik tabakaların cins, nitelik, derinlik, kalınlık ve sıkışıklık derecesi, taşıma gücü saptanması ve boşluk suyu basıncı, zeminin fiziksel özellikleri, zeminin elastikiyet modülü ve reaksiyon modülü, içsel sürtünme açısı, zeminin birim ağırlığı, kohezyonu ve kompresilitesi vb gibi projeye temel olacak değerlerin saptanması amacıyla yapılmaktadır.

Parselde yapının belli olduğunda durumda sondaj yerinin seçimi buna göre yapılmalıdır. Başlangıçta kuyular arası 10 – 25 metrelik mesafe yeterlidir. 1000 m²'den büyük arazilerde yapı planının dört köşesi ve ortasında yer seçmek doğru olur. Daha küçük parsellerde, çok değişken zemin koşullarının bulunduğu haller dışında, her 300 m² için en az bir adet sondaj yapılmalıdır. Ancak komşu parsellerde yapılmış sondajlı etüd varsa delgi sayısının tayininde bunlarda göz önüne alınabilir.

Bina temelleri için sondaj derinliği genel olarak temel tabanından başlayarak genişliğin en az bir buçuk katı kadar derinliğe veya ortama etkiyecek temel taban basıncının zeminde %10 seviyelerine düştüğü derinliğe kadar inmek gerekir. Geniş yapılarda ve temellerde derinlikler daha az olabilir. Daha özeld tekil ve sürekli temeller için; uzun kenarı (L) kısa kenarının (B) iki katından kısa olan temellerde kısa kenarın en az iki katı kadar, uzun kenarı kısa kenarın beş katı ve daha fazlası olan sürekli temellerde ise en az kısa kenarın dört katı kadar sondaj derinliği gerekir. Temellerin birbirine yakın olduğu durumlarda derinlik arttırılır.

2.3.2.4. Numune Alınması

Zemin cinsine göre araziden dört çeşit numune alınır. Bunlar; örselenmemiş, örselenmiş, karot ve temsili numunelerdir.

Sondaj çalışmasında temel amaç zeminden olabildiğince örselenmemiş durumda örnekleme yapmaktır. Bu amaçla zeminin türüne, numune alma derinliğine bağlı olarak farklı uygulamalar yapılmalıdır. Olağan koşullarda çakıllar, ve çimentolanmamış kumlardan örselenmemiş numune alınmaz. Bunun gerekli olduğu özel durumda ise numune alınacak bölge sıvı azotla dondurulduktan sonra karotiyerle kesilerek numune almaya teşebbüs edilmelidir. Her tür zeminden numune aldıktan sonra tüpün altı ve üstünü parafinle tıkmak ve tüpün ağızlarını plastik kapakla güvenceye almak gerekir.

Sondaj sırasında her 1,5 metrede ve zemin tabakasının değiştiği durumlarda standart penetrasyon deneyi yapmak gereklidir. Standart penetrasyon kaşığı sayesinde örselenmiş numuneler elde edilmiş olur.

Temsili numuneler yalnız darbeli sondaj yöntemi ile yapılan sondajlarda ve helisel burgularla yapılan sondajlarda değişen her tabakadan bir ve devam eden tabakalardan her metrede bir numune alınması işlemidir (Bayındırlık Bakanlığı 1982, Ergun vd. 2005).

2.3.2.5. Laboratuvar Deneyleri

Yapılacak olan laboratuvar deneyleri etüd alanındaki ortam özelliklerini en çok 2 metre aralıklar ile tanımlayacak şekilde programlanmalıdır. Buna göre bütün örselenmiş ve örselenmemiş numunelerde yapılacak deneyler; zeminde doğal su içeriği, kıvam limitleri ve elek analizi deneyleridir.

Bütün örselenmemiş numuneler üzerinde doğal su içeriği tayini (w_n) ve birim hacim ağırlığı (γ) deneyleri yapılmalıdır. Ortamı temsil ettiği düşünülen standart penetrasyon kaşığından çıkan örselenmiş numuneler üzerinde de doğal su içeriği deneyi yapılabilir. Etüd kohezyonlu bir zemin üzerindeki yapı için ise zeminin drenajsız kayma mukavemeti ve sıkışabilirlik özellikleri tayin edilir. Örselenmemiş tüp numuneler genellikle çok sayıda olmadığından her tüpte

drenajsız üç eksenli basınç (UU), kesme kutusu, serbest basınç deneylerinden en uygunu ve konsolidasyon deneyi yapılması planlanabilir.

Elek analizi zeminlerin seri elekten elenmesi suretiyle yapılır. Eleme işlemi esnasında eleklerin gözenekleri yukarıdan aşağıya doğru giderek azalır. Deneyde kullanılan elekler yukarıdan aşağıya doğru 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200 nolu elek olarak adlandırılır. Burada zemine ait malzeme eleklerden geçirilir ve tane boyutuna göre, elekten geçen ve elekğin üstünde kalan miktarlar belirlenir ve zeminin cinsi hakkında fikir edinilir.

Kıvam limitleri ile kohezyonlu zeminlerde, zeminin sertlik ve yumuşaklık durumu belirlenir. Zeminin su içeriğine bağlı olarak bu durumlar; yumuşak, orta sert, sert gibi isimlendirilir. Plastiklik veya plastisite, ince taneli zeminlerin bir özelliği olup, kırılmadan şekil verilebilmeyi ifade eder. Kuru bir zemine gittikçe artan miktarda su katılırsa zemin sırasıyla; katı, yarı katı plastik ve likit (sıvı) duruma geçer. Bunun tersi düşünürse, likit kıvamdaki zemin kurutulursa sırasıyla plastik, yarı katı ve katı hale geçer. Bu durumları birbirinden ayıran sınır su içeriklerine kıvam limitleri denir.

Kıvam limitleri; likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indisi (PI) ve rötre limiti (SL) olarak sınıflandırılır. Likit limit (LL), plastik ve likit durumlarını birbirinden ayıran su içeriğidir. Plastik limit (PL), zeminin plastik ve yarı katı durumlarını birbirinden ayıran su muhtevasına denir. Bunun yanında likit limit değeri ile plastik limit değerleri arasında zemin plastik bir malzeme gibi davranır. Bu aralığa plastisite indisi (PI) denir. Rötre limiti (SL) ise zeminin yarı katı durumdan, katı duruma geçtiği sıradaki su içeriğidir. Zeminin durumunun belirlenmesinde kıvam indisi (I_c) ve likitlik indisi (I_L) gibi parametrelerde vardır. Zemin plastik limitte olduğunda, $I_c=1$; likit limitte iken $I_c=0$; zemin katı veya yarı katı durumda iken $I_c>0$; zemin likit durumda iken $I_c<0$ değerini alır. Kohezyonlu zemin çok yumuşaksa $I_L=1$, plastik kıvamda ise $I_L=0$ değerini alır (Uzundurukan 2001, Önalp vd. 2003, Ergun vd. 2005, TS-1900 1987, TS-1500 2000).

Zeminlerin temel özellikleri göstermek amacıyla birçok bağıntı geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Su muhtevası (w), su ağırlığının (W_w) kuru ağırlığa (W_k) oranıdır (2.53).

$$w = \frac{W_w}{W_k} \quad (2.53)$$

Boşluk oranı (e), boşluk hacminin (V_b) dane hacmine (V_s) oranıdır (2.54).

$$e = \frac{V_b}{V_s} \quad (2.54)$$

Porozite (n), boşluk hacminin (V_b) toplam hacme (V) oranıdır (2.55).

$$n = \frac{V_b}{V} \quad (2.55)$$

Kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), kuru ağırlığın (W_k) toplam hacme (V) oranıdır (2.56).

$$\gamma_k = \frac{W_k}{V} \quad (2.56)$$

Dane birim hacim ağırlığı (γ_s), kuru ağırlığın (W_k) dane hacmine (V_s) oranıdır (2.57).

$$\gamma_s = \frac{W_k}{V_s} \quad (2.57)$$

Doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), toplam ağırlığın (W) toplam hacme (V) oranıdır (2.58).

$$\gamma_n = \frac{W}{V} \quad (2.58)$$

Doygunluk derecesi (S), su hacminin (V_w) boşluk hacmine oranıdır (2.59).

$$S = \frac{V_w}{V_b} \times 100 \quad (2.59)$$

Dane özgül ağırlığı (G_s) ise dane birim hacim ağırlığının (γ_s) suyun birim ağırlığına (γ_w) oranıdır (2.60).

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.60)$$

Zeminlerde göçme meydana gelmesi için, olası bir kayma düzlemi boyunca kayma direncinin aşılması gerekmektedir. Bu düzlem her zaman en büyük kayma gerilmesi düzlemi olmayabilmektedir. Genel olarak göçme belli bir kayma düzlemi üzerine etkiyen normal ve kayma gerilmelerinin ortaklaşa etkisi sonucu ortaya çıkmaktadır. Zeminin kayma mukavemeti ise, göçmeye meydan vermeden karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesi olarak tanımlanabilir. Zeminin kayma gerilmesini ortaya koymak için çeşitli laboratuvar deneyleri geliştirilmiştir. Bunlar kesme kutusu, serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyidir(Zorluer 2003,Web2).

2.3.2.6. Arazi Deneyleri

Zemin parametrelerinin arazi deneyleri ile belirlenmesi, özellikle örselenmemiş numune alımının zorluğu ve laboratuvar deneylerine göre daha kısa ve ucuz olması nedeniyle birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Yapılan arazi deneyleri iki grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi, arazinin genel karakterini belirlemek için kullanılan jeofizik metotlar. İkinci grup ise, zemin profillerinin belirlenmesinin

yanında, onların mukavemet ve elstisite karakterlerinin elde edilmesinde kullanılan deneylerdir(Uzundurukan 2001).

Dinamik Sonda Deneyi

Dinamik sonda deneyi zeminlerin yerinde (in-situ) özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan bir deney metodudur. Deneyde, ağırlığı M (kg) olan, H (m) yükseklikten serbest olarak düşürülen bir tokmak kullanılarak, D (cm²) çapına sahip bir konik uç, zemine çakılmaktadır. Penetrasyon direnci, konik ucu belirli bir derinlik boyunca çakmak için gerekli darbe sayısı olarak tanımlanmaktadır. Deney sırasında kullanılan aletin tipine bağlı olarak 10 cm yada 20 cm derinlik için darbe sayısı sayılarak N₁₀ yada N₂₀ olarak kaydedilmektedir.

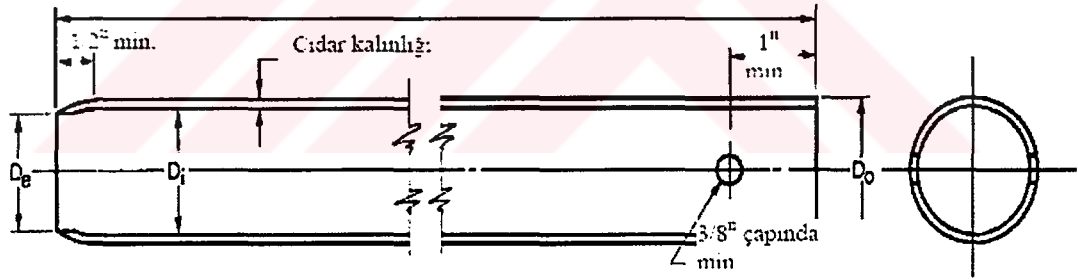
Statik Sondalama Deneyi

Penetrometreler arasında en başarılı yöntemdir. Bunun nedeni, okumaların her 2 cm. de bir alınması ve deneyi yapanın alınan okumalara müdahale olanağının alt düzeyde olmasıdır. Deneyde zemine 2 cm/s hızla itilen sondanın gördüğü uç direnci q_c ve yüzey sürtünme/yapışması q_t 'nin her saniye elektronik olarak kaydı ile yapılır (CPT). Bunun sonucunda zemin profilinin çok duyarlı biçimde çıkartılması mümkün olduğundan bu tür sondalama özellikle yumuşak/gevşek aluviyal zeminde uygulanmalıdır. Ayrıca kazık boyutlandırma ve sıvılaşma yeteneğinin belirlenmesi de bu deneyle gerçekçi biçimde yapılabilir. Ölçülen uç direnci ve sonda çevre sürtünmesi değerlerinden zemin tipi davranış indisi I_c ve sürtünme oranı R_f belirlenerek zeminin sınıflaması yapıldığı gibi kayma direnci parametreleri ve drenajlı deformasyon modülü E_m hesaplanır. Ayrıca bu ölçümleri kullanarak iri daneli zeminlerde temel oturma hesabı,her tür zeminde kazık boyutlandırılması başarı ile gerçekleştirilebilir. Tipik CPT kaydında uç direnci, cidar sürtünmesi, sürtünme oranı, boşluk suyu basıncı, eşdeğer örtü yükü, takımın eğimi bilgileri gerekli olduğundan mekanik sonda kullanılmamalı, kayıtlar elektronik ortamda saklanmalıdır(Ergun vd. 2005).

Standart Penetrasyon Deneyi

Standart penetrasyon deneyi (SPT), arazide en sık kullanılan penetrasyon deney metodlarından biridir. Yüzeysel ve derin temellerin taşıma güçlerinin tahmin edilmesinde dünyanın bir çok ülkesinde standart bir metod olarak kullanılmaktadır. Yöntem, hemen hemen tüm zemin tiplerinde ve zayıf kayalarda uygulanabilir ve zemin yada kayanın sınıflandırılabilceği numuneler elde edilebilir. Bunun yanında örselenmemiş numune alınmasına elverişlidir.

Standart penetrasyon deneyinde, boyutları Şekil 2.4'de görülen, ince cidarlı numune alma kaşığı sondaj kuyusunun tabanına, 760 mm yükseklikten serbest düşen 63.5 kg ağırlığında bir tokmak tarafından çakılır. Numune alıcının ilk 15cm'lik penetrasyonu, örselenmeden dolayı, dikkate alınmadan, sonraki 30 cm penetrasyonu için gerekli darbe sayısı (N_{30}) kaydedilir. Sondaj kuyusu stabil değilse, muhafaza borusunun kullanılması gereklidir. Sondaj kuyusunun çapı 63.5 mm ve 150 mm arasında olmalıdır.



Şekil 2.4 Standart Numune Alma Kaşığı

Standart penetrasyon deneyinden, sığ temellerin taşıma gücü ve oturmalarının belirlenmesi, kayma mukavemetinin belirlenmesi, silt ve kumların sıvılaşma potansiyelinin tahmin edilmesi, granüler zeminlerin sıkılıklarının ve içsel sürtünme açılarının değerlendirilmesinde yararlanılmaktadır (Ergun vd. 2005, TS-5744 1988, Bayındırlık Bakanlığı 1982).

Plaka Yükleme Deneyi

Temel gömme derinliğinde yüklenen standart çaplı plakanın ($D=305\text{mm}$) yük taşıma özellikleri ile normal yüklenmiş kilde ve kayada oturan temel taşıma gücü arasında doğrudan, aşırı konsolide kil ve kumlarda ise dolaylı bir bağıntı bulunduğundan bu deney, gereğince icra edildiğinde başarılı sonuçlar verir. Tabakalı ortamlarda sonuçları yorumlamak sorunlu olabilir. Uygulama derinliği plaka çapına bağlı olarak kısıtlı olduğundan her temel probleminin çözümü için yeterli olmayabilir. Ayrıca, plakanın kısıtlı çapına bağlı olarak taşı/çakıllı zeminde yanıltıcı sonuçlar verebilir. Deneyde 0.3m çaplı plakaya eşit aralıklarla (50kPa) uygulanan basıncın oluşturduğu oturmalar zamana bağlı olarak izlenir. Gerektiğinde ve olanak bulunduğu yüklem plakanın taşıma gücünün aşılmasına kadar sürdürülür. Buradan kilin drenajsız kayma direnci C_u , son taşıma gücü (q_d) ve deformasyon modülleri (E , M) elastik teori kullanılarak hesaplanır(Ergun vd. 2005, TS-5744 1988).

Sismik Kırılma Deneyi

Sismik kırılma, yeryüzünde veya çok sığ derinliklerde yapay olarak meydana getirilen sismik dalgaların yer içerisinde yayıldıktan sonra yeryüzündeki alıcılara gelmesi için geçen zamandan faydalanarak, yer altındaki tabakalı yapı ortaya çıkarma çalışmalarıdır. Dalgaların alıcılara (jeofon) ulaşması için geçen zaman, jeofonların kaynaktan olan uzaklıklarının bir fonksiyonu olarak çizilmiş ve zaman-uzaklık eğrileri elde edilir. Buradan sismik hızlar ve elastik parametrelere ulaşılır.

Sismik kırılma işleminde bir kaynaktan oluşturulan dalgalar alıcılarda kaydedilir. Arazide boyuna (P) ve enine (S) dalgaları ayrı jeofonlar kullanılarak kayıtları elde edilir. P dalgalarında sıkışma veya genleşmeyi temsil eden titreşim doğrultusu dalga yayılımı dolgusuyla aynıdır. Bu dalgaların yayılımı sırasında hacim değişikliği olur. P dalgaları, verilen bir ortamdaki en hızlı dalgalar olduğundan deprem kayıtlarında en önce gelir. Bundan dolayı periyot ve genlikleri diğer dalgalara oranla küçüktür.

Deprem kayıtlarında P dalgalarından sonra gözlenen enine dalgalara “S dalgaları” denir. S dalgaların yayınımlında parçacıkların titreşim doğrultusu, dalganın yayınımlı doğrultusuna diktir. S dalgalarının hızı, P dalgalarından daha küçüktür. Yayılımlı esnasında ortamdaki tanecikler bir makaslama geriliminin etkisi altındadırlar(Şimşek 2002).

Düşey Elektrik Sondaj (DES) Deneyi

Düşey elektrik sondajı, yeraltının yataya yakın birçok tabakadan oluştuğu durumlarda öz direncin düşey olarak değişiminin elde edilmesi amacıyla yapılır. DES, yeryüzü üzerindeki tek bir noktada, tabakaların jeolojisini de göz önüne alarak, derinlikle öz direnç değişimini ortaya çıkartır.

Arazide ölçülen görünür öz direnç değerlerinden (ρ_a), gerçek öz direnç ve katman kalınlıklarının belirlenebilmesi için görünür öz direnç değerleri, elektrot aralığının bir fonksiyonu olarak logaritmik kağıda çizilir. Daha sonra çeşitli abaklar yardımıyla değerlendirilir ve katman parametreleri olan öz direnç ve kalınlık değerleri elde edilir(Şimşek 2002).

2.3.3. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Arazide plaka yükleme deneyinden sonra Şekil 2.5’deki gibi basınç - çökme eğrisi çizilir. Eğrinin doğruya yakın tarafında herhangi iki gerilme değeri σ_{01} ve σ_{02} bunların karşılığı çökmeler S_1 ve S_2 eğrilerden okunur. Seçilen aralıktaki deformasyon modülü (E_s) formül (2.61)’da olduğu gibi hesaplanır.

$$E_s = 0,75 \times D \times \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \quad (2.61)$$

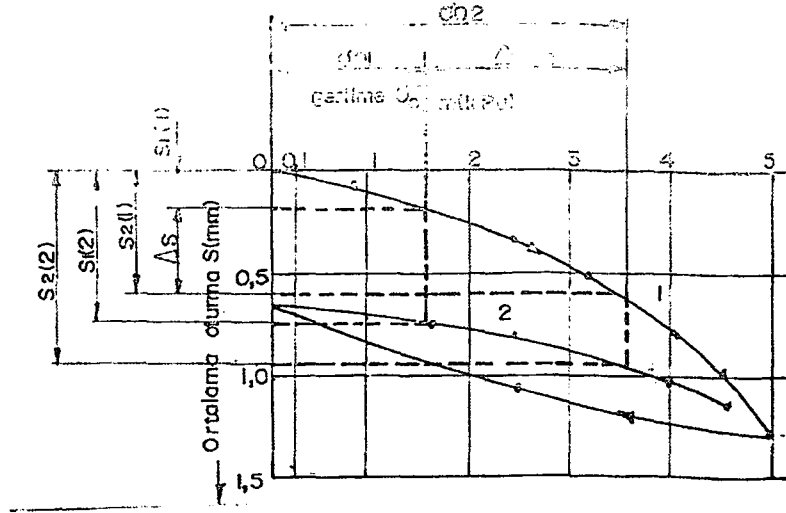
Burada;

E_s = deformasyon modülü (kgf / cm^2)

D = plaka çapı (cm)

$\Delta\sigma$ = $\sigma_{01} - \sigma_{02}$

Δs = $s_1 - s_2$ dir.



Şekil 2.5 300mm Plaka Deneyinde Gerilme - Oturma Eğrisi

Plaka deneyinde yatak katsayısı k_s , mümkün olan en büyük plaka çapları kullanılarak sadece birinci yükleme boşaltma ilmiğinde hesaplanır. Bu amaçla önce σ -s eğrisinin doğruya yakın bölümü uzatılarak ordinatı kestiği yer gerçek sıfır noktası olarak bulunur ve formül (2.62)'in kullanılmasıyla yatak katsayısı hesaplanır(TS-5744 1998).

$$k_s = \frac{\sigma_0}{s} \quad (2.62)$$

Burada;

k_s = yatak katsayısı (kgf / cm³)

s = seçilmiş veya önceden belirlenmiş ortalama plaka oturması (cm)

σ_0 = s'ye karşılık gelen gerilmedir. (kgf / cm²)

İyisan (1994) dinamik sonda deneyinde her 10 cm derinlik için karşılık gelen sismik okumalar yaparak dinamik sonda deneyi ile kayma dalgası hızı arasında formül (2.63)'teki bağıntıları elde etmiştir(Uzundurukan 2001).

$$\text{Doğrusal analiz} \quad V_s = 178 + 3,7 \times N_{10} \quad (\text{Korelasyon katsayısı \%67}) \quad (2.63.a)$$

$$\text{Üstel analiz} \quad V_s = 86,4 \times N_{10}^{0,367} \quad (\text{Korelasyon katsayısı \%71}) \quad (2.63.b)$$

Burada;

V_s = Kayma (S) dalga hızı (m/sn)

N_{10} = Dinamik sonda deneyi darbe sayısı (darbe / 10cm)

Meyerhof (1956), kumlar için müsaade edilebilir taşıma gücü ile standart penetrasyon deneyi N_{30} sayısı arasında maksimum 25 mm'lik oturma için formül (2.64)'deki bağıntıları vermiştir. Araştırmacı, 25 mm'lik maksimum oturma aşılmaksızın (2.64)'deki denklemlerle hesaplanan müsaade edilebilir taşıma gücünün %50 arttırılabileceğini belirtmiştir.

$$q_a = N_{30} \times K_d / 80 \quad B \leq 1,2m \quad (2.64.a)$$

$$q_a = N_{30} \times K_d (1 + 1/3B)^2 / 120 \quad B > 1,2m \quad (2.64.b)$$

Burada;

q_a = Müsaade edilebilir taşıma gücü (Mpa)

K_d = Derinlik faktörü

B = Yüklü alan genişliği (m)

Meyerhof (1965), 300 mm çapında daire şeklindeki plakaları kullanarak yaptığı çalışmada standart penetrasyon deneyi arasında (2.65)'deki bağıntıyı elde etmiştir.

$$k_s = \frac{q}{s} = 0,75 \times N_{30} \quad (2.65)$$

Burada;

k_s = Yatak katsayısı (MN / m^3)

q = Uygulanan Yük (MPa)

s = Oturma (m)

Simon ve Menzies (1977) granüler zeminler için, oturma ile SPT N_{30} arasında (2.66)'daki bağıntının kullanılabileceğini; ayrıca aynı araştırmacılar kumlar için deformasyon modülünün (E_s) SPT N_{30} değerine bağlı olarak (2.67)'deki formülle

bulunabileceğini belirtmişlerdir. Stroud ve Butler (1975) ise Deformasyon Modülü için (2.68)'deki bağıntıyı önermişlerdir.

$$s = \frac{3 \times q \times B}{N_{30}} \quad (2.66)$$

$$E_s = 7,1 + 0,49 \times N_{30} \quad (2.67)$$

$$E_s = f \times N_{30} \quad (2.68)$$

Burada;

s = oturma,

B = temel genişliği (m)

E_s = Deformasyon Modülü

f = kilin plastisitesine bağlı bir kat sayı (0,44 MPA önerilmiştir)

Standart penetrasyon deneyi sonuçlarından (N_{30}) kayma dalgası hızının (V_s) belirlenmesi için Ohta ve Toiuma alüvyon zeminler için (2.69)'deki eşitliği önermişlerdir. Imai ve Yoshimura zemin tipinden bağımsız olarak (2.70)'deki bağıntıyı vermişlerdir.

$$V_s = 85,3 \times N_{30}^{0,31} \quad (2.69)$$

$$V_s = 92 \times N_{30}^{0,329} \quad (2.70)$$

Muromachi ve Kobayashi (1982), volkanik kül, killer, kumlar ve çakıllar için, standart penetrasyon darbe sayısı (SDT- N_{30}) ve dinamik sonda darbe sayısı (DPT- N_{10}) arasında (2.71)'deki bağıntıyı geliştirmişlerdir.

$$SPT - N_{30} = 2 \times DPT - N_{10} \quad (2.71)$$

Bergdahl ve Ottoson (1998), çalışmaları sonucunda SPT- N_{30} ile DPT- N_{20} arasında kohezyonsuz zeminler için (2.72)'deki formülü elde etmişlerdir (Uzundurukan 2001).

$$\text{SPT} - N_{30} = \text{DPT} - N_{20} \quad (2.72)$$

Sismik kırılma yönteminin kullanılmasıyla zemine ait bir çok parametre elde edilebilir. Boyuna dalga hızı olan V_P bilirse (2.73)'deki bağıntılarla yoğunluk (d) elde edilebilir.

$$d = 1,6 + 0,2V_P \quad (\text{kaya için}) \quad (2.73.a)$$

$$d = 0,31V_P^{0,25} \quad (\text{alüvyon için}) \quad (2.73.b)$$

Kayma modülü (G) zeminlerin kaymaya karşı gösterdiği dirençtir. Kayma gerilmesi (σ) ise kayma açısı (α) ve kayma modülüne bağlı olup (2.74)'deki bağıntı ile ifade edilir. Kayma dalga hızı (V_S) ise, zeminlerin kayma modülü ve birim hacim ağırlığına (γ) bağlı olup (2.75) denklemi ile gösterilir.

$$\sigma = G \times \alpha \quad (2.74)$$

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\gamma}} \quad (2.75)$$

Yoğunluk (d) gr/cm^3 , kayma hızı (V_S) m/sn olarak alınırsa, dinamik kayma modülü (G_d) nin birimi kg/cm^3 olarak denklem (2.76)'daki gibi bulunur.

$$G_d = \frac{d \times V_S^2}{100} \quad (2.76)$$

Dinamik elastisite modülü (E_d). bindirilen yük baskısına karşı yerin direncidir. Buna göre elastisite modülünün büyük olduğu değerler zeminin yük kaldırmaya karşı dirençli olduğu yerleri gösterir. Zemin sağlamlığını ve katılığını gösteren bir parametre olan dinamik elastisite modülü " E_d " P ve S sismik dalga hızlarına bağlı olarak (2.77) bağıntısıyla hesaplanır.

$$E_d = G_d \left(\frac{3V_P^2 - 4V_S^2}{V_P^2 - V_S^2} \right) \quad (2.77)$$

Dinamik bulk modülü (k_d) ise zeminlerin sıkışmaya karşı direncini gösteren parametredir ve (2.78) formülüyle hesaplanır ve birimi kg/cm^2 dir.

$$k_d = \frac{d \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)}{100} \quad (2.78)$$

Poisson oranı (P) zeminlerin kırıklık derecesi, çimentolaşma derecesini ve gözenekliliğinin yanında bu gözeneklerin su veya kil ile dolu olmadığını yansıtan bir parametredir(2.79). 0 – 0,5 arasında değerler alır. Yumuşak ve suya doymun olan zeminlerde yüksek, sert zeminlerde düşük değerler alır. Poisson oranının sismik dalga hızlarının oranı (V_p / V_s) ile doğrusal bir ilişki vardır.

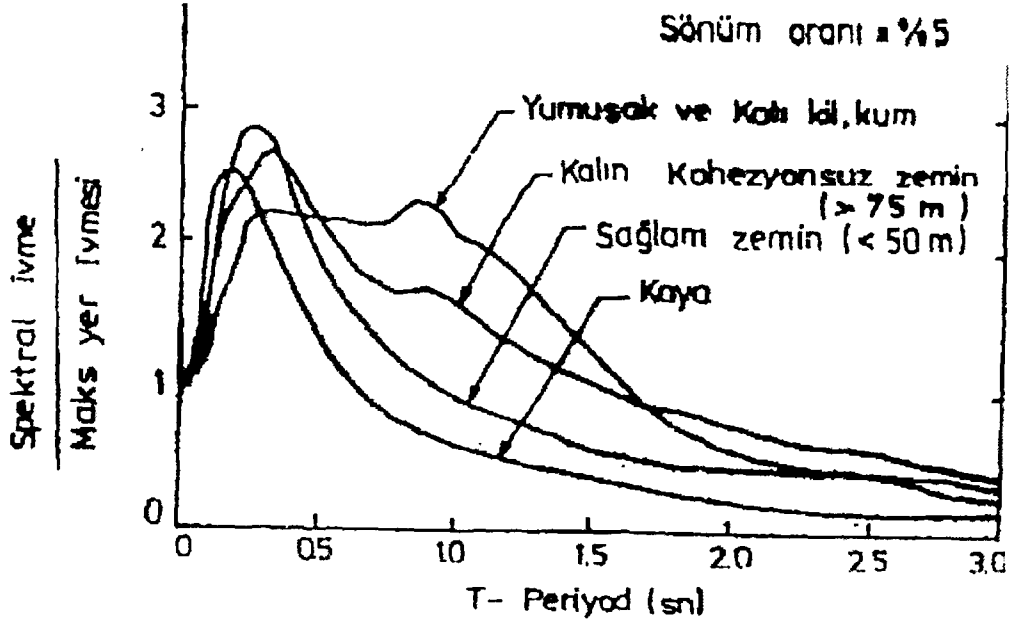
$$P = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (2.79)$$

Zemin özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir parametredir sökülebilirlik. Kayanın içindeki çatlaklık ve dokusundaki kırıklar sökülebilirlikle doğrudan ilişkilidir. Çizelge 2.23’de V_p ile sökülebilirlik arasındaki ilişki verilmiştir.

Çizelge 2.23 V_p ile Sökülebilirlik Arasındaki İlişki

V_p (m/sn)	350-670	670-1000	1000-1700	1700-2300	2300-2700	2700-3000
Sökülebilirlik Derecesi	Çok Kolay	Kolay	Orta	Zor	Çok Zor	Son Derece Zor

Deprem sonrası meydana gelen hasarların değişik zeminler üzerinde bulunan benzer yapılarda farklı olması bina periyodu ile zemin hakim periyotlarının etkileşiminin göz önüne alınması gerekliliği doğmuştur. Zemin ile bina periyotları arasındaki bu ilişkiye “Periyot Etkileşimi” adı verilir. Bu etkileşim sırasında periyotların çakışmaması (rezonans) durumunun oluşmaması için zemine ait hakim periyotların bilinmesi gerekir. Şekil 2.6’da çeşitli zeminler için ortalama ivme spektrumları verilmiştir(Keçeli 2000, Keçeli 1999, Şimşek 2002, Aksu 2003).



Şekil 2.6 Çeşitli Zeminler İçin Ortalama İvme Spektrumları

Taban kaya üzerinde tek bir tabaka olduğu durumlarda V_s kayma hızına bağlı olarak " T_0 " zemin hakim periyodu (2.80) ile, zeminin birden fazla tabakadan oluşması durumunda (2.81) bağıntısı kullanılır. Formüllerdeki "H" metre cinsinden tabaka kalınlığını göstermektedir. Bu durumda T_0 saniye cinsinden bulunacaktır (TDY 1975).

$$T_0 = \frac{4H}{V_s} \quad (2.80)$$

$$T_0 = \sum_{i=1}^n 4H_i / V_{si} \quad (2.81)$$

Zemin taşıma gücü (ρ_u), zeminin çökme olmadan kaldırabileceği yükür. Boyuna dalga hızı V_p ve yoğunluğa (d) bağlı olarak zemin taşıma gücü kg/cm^2 olarak (2.82)'deki bağıntıyla bulunur.

$$\rho_u = \frac{d \times V_p}{100} \quad (2.82)$$

Zemin emniyet gerilmesi (ρ_s) ise, zeminin rahatlıkla taşıdığı yük olup Kayma dalga hızı ve yoğunluğa bağlı olarak (2.83)'deki bağıntıyla bulunabilir.

$$\rho_s = \frac{d \times V_s}{100} \quad (2.83)$$

Dinamik zemin oturması (s_d) ise zemin emniyet gerilmesi (ρ_s), zemin taşıma gücü (ρ_u), dinamik elastisite modülü (E_d) ve tabaka kalınlığı (H) kullanılarak (2.84)'deki formülle bulunur.

$$s_d = \frac{(\rho_u + \rho_s)}{E_d} \times H \quad (2.84)$$

Medvedev, deprem bölgelerinde yaptığı araştırmalarda bazı zeminlerin deprem şiddetini arttırdığını görmüş ve zeminleri şiddet olarak verdikleri artışa göre sınıflandırmıştır. Graniti baz alarak ana kayadan gelen deprem dalgalarını arttırmayıp muhafaza ettiğini düşünerek diğer zeminlerin granite göre aldıkları pozitif değerleri Çizelge 2.24'deki gibi düzenlemiştir (Şimşek 2002).

Çizelge 2.24 Jeolojik Birimlerin Zemin Büyütmesi

JEOLJİK BİRİM	ZEMİN BÜYÜTMESİ
Kil	1,3
Kum	0,9
Körfez Çamuru	11,2
Alüvyon	3,9
Granit	1,0
Kuvaterner Volkanik Kayaçlar	1,6
Miyosen Volkanik Kayaçlar	1,5
Tersiyer Öncesi Volkanik Kayaçlar	1,0

2.3.4. Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi

Sıvılaşma, tekrarlı boşluksuyu basıncı yükselmesinden kaynaklanan kayma dayanımındaki ve kayma rijitliğindeki azalma olayıdır. Zemin sıvılaşma analizinin ilk adımı zemin profilinde potansiyel olarak sıvılaşacak zemin tabakalarının tespitidir. Temiz kumların potansiyel olarak sıvılaşabilirliği

bilinmektedir. Ancak siltli yada siltli-killi kumlar ile çakıllı zeminlerin sıvılaşabilirliği konusunda hala tam bir kesinlik yoktur. Andrew ve Martin'in (2000) Silt, kil, kum karışıklarının sıvılaşabilirliğinin belirlenmesine yönelik çalışmaları Çizelge 2.25'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.25 Siltli ve Killi Kumların Sıvılaşabilirliği

	Likit Limit < 32	Likit Limit ≥ 32
Kil İçeriği < %10	Sıvılaşabilir	İleri Çalışma Gerektirir
Kil İçeriği ≥ %10	İleri Çalışma Gerektirir	Sıvılaşmaz

Günümüz koşullarında yapılan tasarımlarda, olası deprem yükleri altında sıvılaşma olasılığı bulunan sahaların sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesinde en çok kullanılan yöntem standart penetrasyon deney verilerine dayanan ve ilk olarak 1972 yılında Seed ve Idriss tarafından geliştirilen yöntemdir. Bu yöntem sıvılaşan zemin tabakalarından alınan SPT N sayıları ile olası deprem koşullarında zemin malzemesinde oluşacak kayma gerilmesinin karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Pratikte bu yöntem kullanılırken SPT N – CSR (çevrimsel gerilme oranı) grafiğinden yararlanılmaktadır (Şekil 2.7). Çevrimsel gerilme oranı (CSR) (2.85) formülüyle hesaplanmaktadır.

$$CSR = 0,65 \times \frac{a_{max}}{g} \times \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \times r_d \quad (2.85)$$

Burada;

a_{max} = maksimum yer ivmesi

σ_v = incelenen derinlikteki toplam gerilme

σ'_v = incelenen derinlikteki efektif gerilme

g = yer çekim ivmesi

r_d = zemin deformasyonlarına bağlı gerilme azaltma faktörü

Maksimum yer ivmesi (a_{max}), incelenen sahada sıvılaşma olmadığı farz edilen durumda bulunan ivmedir. Başka bir deyişle taban kayasındaki ivmenin, zeminin etkisi göz önüne alınarak fakat boşluk suyu basıncında oluşan artış ihmal edilerek

bulunan düzeltilmiş değerdir. a_{\max} değeri zemin hakim periyoduna (T_0) bağlı olarak (2.86)'deki formülle bulunabilir.

$$a_{\max} = 42 \times T_0^{-1,3} \quad (2.86)$$

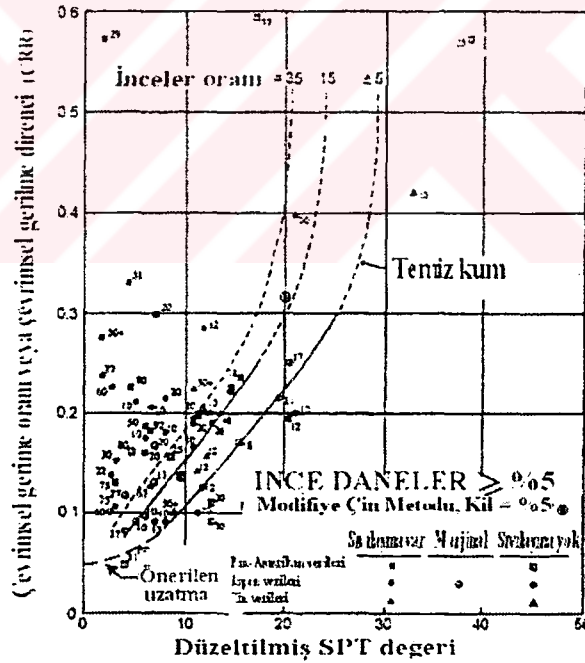
zemin deformasyonlarına bağlı gerilme azaltma faktörü (r_d) ise incelenen yerin derinliğine göre (z) (2.87)'deki formüllerle hesaplanır (Çetin vd. 2004, Ergun vd. 2005).

$$r_d = 1,0 - 0,00765 \cdot z \quad (z \leq 9,15\text{m}) \quad (2.87.a)$$

$$r_d = 1,174 - 0,0267 \cdot z \quad (9,15\text{m} < z \leq 23\text{m}) \quad (2.87.b)$$

$$r_d = 0,744 - 0,08 \cdot z \quad (23\text{m} < z \leq 30\text{m}) \quad (2.87.c)$$

$$r_d = 0,50 \quad (z > 30\text{m}) \quad (2.87.d)$$



Şekil 2.7 CRB - SDTN Grafiği

2.3.5. Sismik Mikrobölgeleme Haritaları

Yerleşim bölgelerinin deprem gibi doğal afetlerden nasıl etkileneceğinin tanımlanması için yapılan çalışmalarda klasik uygulama: jeoloji veya mühendislik

jeolojisi haritalarının hazırlanması ve bu haritaları esas alarak sağlam zemin, kötü zemin gibi basit yorumlarla arazinin güvenilirliğinin ifade edilmesidir. Oysa mühendislik jeolojisi haritaları sadece yüzeydeki tabaka özelliklerini tanımlamaktadır. Bu sorunu aşmak için deprem risk haritaları hazırlanır. Bu risk haritalarına göre tasarım depremleri planlanır. ABYYHY 1998'de tek seviyeli bir tasarım öngörülmektedir. Tek seviyeli tasarımdan kasıt, tek bir performans seviyesini tanımlayan tek bir tasarım depreminin kullanılmasıdır. Bu yönetmelikte tasarıma esas deprem hareketi, aşılma olasılığı 50 yıllık süre için %10 olan yer hareketi olarak kabul edilmektedir. Tasarıma esas olarak alınan spektral ivme, (Etkin Yer İvmesi Katsayısı, diğer bir deyişle deprem bölgesi katsayısı) %5 sönüm oranı için elastik tasarım ivme spektrumu ile ilişkili bulunmaktadır. Fakat bu risk haritaları yerel zemin koşullarını dikkate almaz(Çinicioğlu vd. 2003b, Cevher vd. 2003, ABYYHY 1998, Erdik vd. 2003).

Bu nedenle, bir yerleşim yerinin yeraltındaki çeşitli zeminlerin ada veya parsel bazında depremde nasıl davranacağı ve binaları nasıl etkileyeceğini gösteren haritalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür haritalar sismik mikrobölgeleme haritaları olarak adlandırılmaktadır. Mühendislik jeolojisi haritaları, mikrobölgeleme çalışmalarından önce yapılması gereken ve zemin büyütmesi analizleri, sıvılaşma analizleri gibi analizler için gerekli olan sayısal hesaplamalara ve mikrobölgeleme çalışmalarına zemin oluşturan çalışmalardır(Cevher vd. 2003, Çinicioğlu vd. 2003b).

Sismik mikrobölgeleme haritaları spektral ivme ve spektral periyot haritalarının üst üste konulmasıyla elde edilen haritalardır. Bu haritalar bölgede deprem kuvvetlerinin yapılara hangi kuvvet ve süre ile aktarılacağını tanımlaması ve deprem esaslı tasarım için gereklidir. Sismik mikrobölgeleme çalışmalarından elde edilen parametreler bir bina tasarımı için gereklidir.

Sismik mikrobölgeleme çalışmalarında öncelikle tasarım depremi belirlenmelidir. Daha sonra, yapıların tasarımı ve analizinde gerekli olan zemin tepki spektrumları elde edilmelidir. ABYYHY-1998, zaman tanım alanında doğrusal veya doğrusal

olmayan analiz için, mevcut yer hareketi kayıtlarının veya yapay olarak üretilmiş kayıtların kullanımına izin vermektedir. Bu durumda aşağıda verilen özelliklere sahip en az üç ivme kaydının seçilerek, bunlardan elde edilen en elverişsiz tepki spektrumu değerlerinin tasarıma esas teşkil etmesi öngörülmektedir. İvme kayıtlarında;

- Bir deprem kaydının genliğinin $\pm 0.05g$ 'i ilk ve son olarak aştığı iki nokta arasında kalan süre yapının birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- %5 sönüm oranı için hesaplanacak spektral ivme değerleri, bütün periyotlar için yönetmelikte tanımlanan $A(T)$ spektral ivme katsayısı değerlerinin yer çekimi ivmesi (g) ile çarpımının %90'ından az olmayacaktır (ABYYHY 1998, Erdik vd. 2003).

İnceleme alanına özel tasarım, incelenen bölgedeki temel altı zeminin yer sarsıntısı üzerinde etkilerini detaylı olarak tanımlar. Bunun için inceleme alanının etkilemesi beklenen tasarım depremi ve bu depreme ait parametreler tanımlanmalıdır. Tasarım depremine ait parametreler deterministik (belirleyici) ve probabilistik (olasılık) yaklaşımlar kullanılarak belirlenir.

Bunlardan birincisi olan probabilistik deprem tehlike analizi, incelenen sahayı etkileyebilecek tüm olası deprem senaryolarını dikkate alır. Probabilistik deprem tehlikesi analizi, bir bölgede etki yaratabilecek her bir kaynak bölgesinde oluşabilecek her büyüklük ve her uzaklıktaki depremin oluşturacağı her bir senaryo için yer hareketi seviye bilgilerini toplar ve her bir parametre için yer hareketi seviyesindeki yıllık aşılma olasılıklarını belirler. Diğer yöntem olan deterministik deprem tehlike analizi, genellikle probabilistik çalışmayı takiben yapılmaktadır. Bunun nedeni deterministik hesaplamada kullanılan deprem senaryolarının bileşik probabilistik tehlikenin ayrıştırılarak (deaggregation) belirli bir bölgedeki deprem tehlikesine en fazla katkı sağlayan deprem kaynaklarının belirlenmesi ile elde edilmesidir. Deterministik analiz sonucunda yer hareketi parametreleri veya yapay kuvvetli yer hareketi akselerografları elde edilmektedir.

Deprem oluşumları ile ilgili belirsizlikler dikkate alındığında, deprem yer hareketinin tanımlanmasında probabilistik yöntemin kullanılmasının daha tutarlı ve temkinli bir yaklaşım olduğu ortaya çıkmaktadır. Probabilistik yaklaşım yer hareketinin risk seviyesi ve tekrar periyoduna bağlı olarak tanımlanmasını gerektirmektedir. Bunun için genellikle 50 yıllık periyotta %10 aşılma olasılığına karşı gelen değerler seçilmektedir.

Tasarım depremi özelliklerine bağlı olarak zemin tepki analizinin yapılması gereklidir. Zemin tepki analizi, yüzeyden itibaren 30 metre derinliğe kadar yer alan zemin ve kaya tabakalarının olası yer sarsıntısı dalgasını yüzeye hangi büyütme etkisi ile taşıyacağına hesaplanması olarak tanımlanabilir. Yani zemin tepki analizi, incelenen alandaki zemin profilinin deprem dalgaları üzerindeki büyütme etkisini tanımlamak üzere yapılır.

Anakayadan yayılan deprem sarsıntısı içerisinde geçtiği zeminlerin özelliklerine bağlı olarak zemin yüzeyine çok farklılaşarak nakledilmektedir. Anakayada oluşan ivme değerinin yüzeyde ulaşacağı değeri geçtiği zeminlerin özellikleri belirlemektedir. Bu transfer işlemi zemin büyütmesi olarak adlandırılır. Borcherdt (1994) tarafından sunulan birleştirilmiş zemin büyütme analizi yöntemi de yerel zemin özelliklerini ve tabakalaşmayı dikkate alan bir yöntemdir. Borcherdt' de kısa ve orta periyot büyütme faktörleri üzerinde zemin tipine bağlı büyütme etkisini (2.88)'deki formülle tanımlamıştır(Erdik vd. 2003, Çinicioğlu vd. 2003b).

$$F_a = \left(\frac{V_0}{V_s} \right)^{m_a} ; F_v = \left(\frac{V_0}{V_s} \right)^{m_v} \quad (2.88)$$

Burada;

F_a = ivme bandı için büyütme katsayısı

F_v = hız bandı için büyütme katsayısı

$V_s = 30$ metre derinliğe kadar ölçülen veya iyi tanımlanan zemin özelliklerine bağlı olarak elde edilen sismik dalga hızı

V_0 = zemin sınıfına bağlı olarak referans zemin olarak tanımlanan zemin için atanan sismik dalga hızı

m_a, m_v = zemin tipine bağlı ampirik olarak elde edilen üstel değerlerdir.

Zemin ile ilgili parametrelerin ortaya konulmasından sonra mevcut betonarme yapının taşıyıcı sistemini oluşturan bileşenlerden donatıların durumu incelenir.

2.4. Mevcut Betonarme Yapılarda Donatı Durumunun Belirlenmesi

2.4.1. Giriş

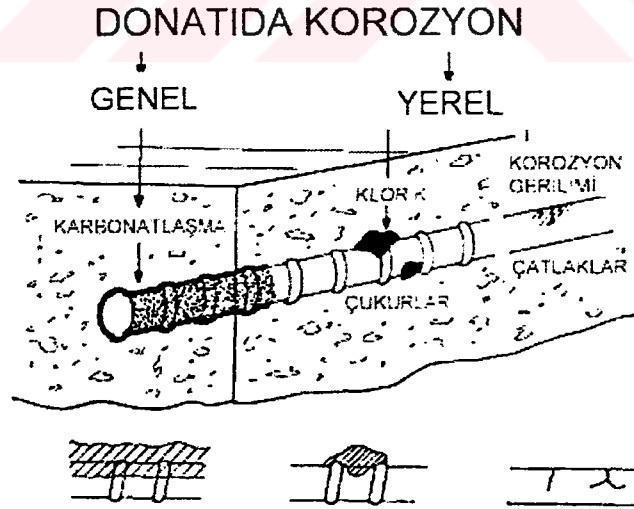
Betonarme, beton ve çeliğin birlikte kullanılmasından oluşur. Eğilme ve çekme ile zorlanan yapı elemanlarında donatının görevi çekme kuvvetlerini almaktır. Betonun çekme dayanımı çok düşük olup bu dayanımı göz önüne alınmadığı için betonarme kesit hesabında betonun çekme gerilmelerini alamadığı, çekme kuvvetlerinin donatı tarafından taşındığı kabul edilir. Donatı, sıcaklık değişimi, rötre gibi etkilerden oluşan çekme gerilmelerinin taşınması ve çatlak genişliklerinin sınırlı kalmasını sağlamada kullanılır. Kolonlarda donatı basınç kuvveti ile zorlanan betonun taşıma kapasitesini artırır. Büyük çatlakları önler ve ortaya çıkan eğilme momentlerini karşılar. Basınç donatısı olarak betonun sünme ve rötre şekil değiştirmelerini azaltır. Sadece basınç gerilmeleri ile zorlanan ve burkulma tehlikesi olmayan yapı elemanlarında betonun yüksek basınç dayanımı nedeniyle donatının önemi fazla değilse de yüksek basınç gerilmelerine maruz betonarme elemanlarda yarılmalara karşı enine donatı veya fret donatısı kullanılır. Enine donatı betonun göçme şekil değiştirmesinin büyümesini sağlar ve böylece sünekliği artırır(Kumbasar 2003).

Donatının betonarme bir elemandaki öneminden dolayı projelendirmeye uygun yapılıp yapılmadığı ve dayanım durumunun belirlenmesi gereklidir. Beton içerisindeki donatıların belirlenmesinde laboratuvar deneyleri ve yerinde uygulanan

yöntemler vardır. Laboratuarda yıkıntısız mikro sertlik yöntemlerinin uygulanması mümkündür. Ancak yapıda yerinde donatı üzerinde mesnetlenme koşullarının değişkenliği bu yöntemin doğruluğunu özellikle küçük çaplı donatı çubuklarında fazla etkileyeceğinden uygulaması bulunmadığı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yerinde belirleme yöntemleri daha uygun görünmektedir(Güner 2003).

2.4.2. Korozyonun Belirlenmesi

Genel olarak beton, içindeki donatı çeliklerini korozyona karşı mükemmel bir şekilde korur. Beton içindeki yüksek alkali ortamı, donatı çeliğine sıkıca yapışacak bir film oluşturur ve bu film, çeliği pasifize ederek korozyona uğramasını önler(Gel 2003). Korozyon, metallerin bulunduğu ortam içinde, kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması şeklinde tanımlanmaktadır (Şekil 2.8). Korozyon nedeni ile metal veya alaşımın fiziksel, kimyasal veya elektriksel özelliğinin istenmeyen değişikliklere uğraması önemli maddi kayıplara yol açar(Yüzer 2003, NEA/CSNI/R(2002)21).



Şekil 2.8 Donatıda Korozyon

Donatı çeliğinde korozyon; beton kalitesi düşükse, yapının tasarımı sırasında çevre koşulları göz ardı edilmişse (korozyona karşı yalıtım önlemleri

alınmamışsa) veya betonun hizmet ömrü boyunca değişiklikler varsa oluşur. Donatıda oluşan korozyon gözlemsel metotlar, ağırlık kaybı, elektrokimyasal metotlar ve beton öz direnci gibi yöntemler kullanılarak belirlenir.

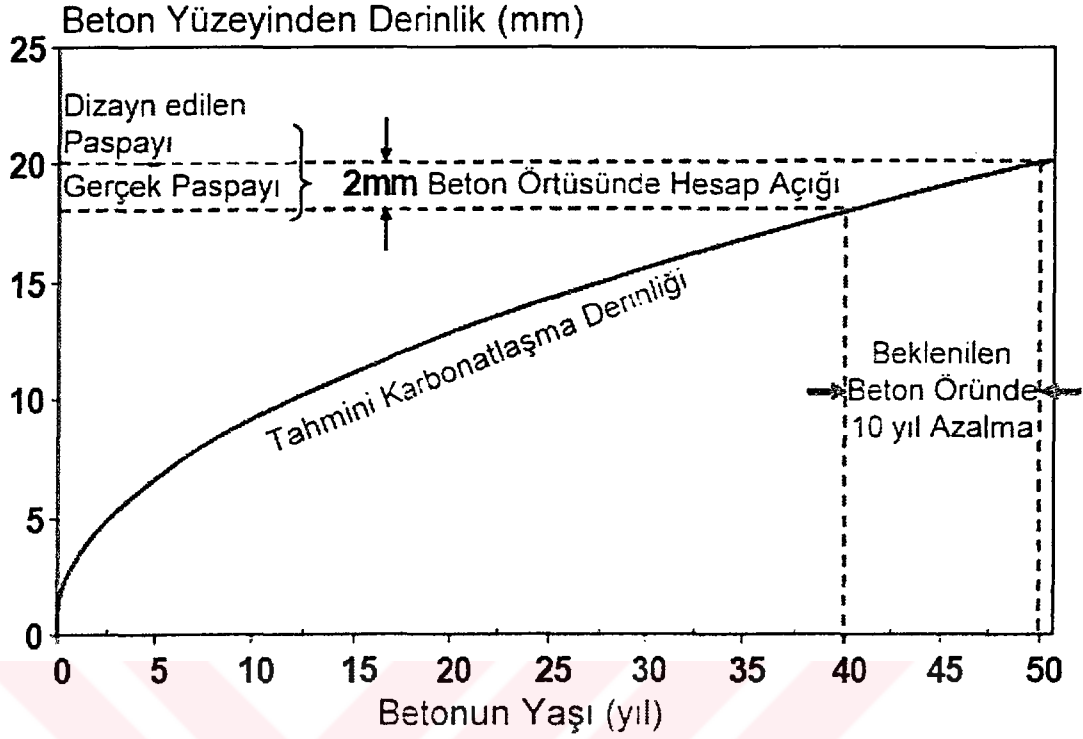
2.4.3. Donatı Konumunun Belirlenmesi

Betonarme yapı elemanlarının donatı konumunun belirlenmesinde inceleme iki ayrı noktada yoğunlaşır. Bunlardan birincisi donatının derinliği; yani paspayı olarak adlandırılan donatı üzerindeki beton örtüsü, diğeri ise donatıların projede ön görüldüğü çapa ve yerleşime sahip olmasıdır. Donatı konumunun belirlenmesinde kullanılan yöntemler bu iki belirsizliği birden ortaya koyar.

Beton yapılarda çeliğin aşınmasının genel nedenlerinden birincisi karbonatlaşmadır. Betonun pH değeri 9,5 civarına düşmesi durumunda atmosferik karbondioksit betona nüfus edip hidrasyon ürünlerle reaksiyon gösterir. Derinlikteki tepki tamdır, genellikle yüzey karbonatlaşması olarak da adlandırılan oluşum beton yüzeyini püskürtür ve taze çatlaklar meydana getirir.

Yüzey karbonatlaşmanın penetrasyon (içine işleme) derinliği, zamanın kareköküyle orantılıdır. Eğer 50 yıllık hizmet ömrü hesaplanmış bir binada 20 mm olması gereken beton örtüsü 2 mm düşürülürse beklenen ömrü 10 yıl azalır (Şekil 2.9). Olağan üstü bir durum olarak beton örtüsü 10 mm'ye düşürülürse 50 yıl beklenen hizmet ömrü 12 yıla düşecektir.

Korozyonun diğeri sebebi kloriktir. Kışın karlı yolları açmak için kullanılan tuz veya deniz kenarında bulunan betonarme yapılar için deniz suyu ana problemdir. Sodyum Klorik suda çözüldüğünde sodyum ve Klorik iyonları çözeltileri yüksek bir korozif etki oluşturur. Klorik iyonları beton gözeneklerinden içeri kolaylıkla taşınır ve buradan çelik donatıya ulaşarak pasif katman oluştururlar(Fischli 2005). Bunun yanında aşırı derecede örtü kalınlığı da bir problemdir. Çatlak genişliklerini artırır ve kuvvet kolu azaltır (Web1). Eğer binamızın hizmet ömrünü sorunsuz doldurmasını ve ekonomik olmasını istiyorsak beton örtüsünün yapılmasında özen gösterilmelidir.



Şekil 2.9 Beton Örtüsünde 2 mm'lik Hesap Açığının Servis Ömründe Neden Olabileceği 10 Yıllık Azalma

2.4.3.1. Beton Örtü Kalınlığının Belirlenmesinin Gerekliliği

Marrosszky Avustralya'da (1988) 227 örnek üzerinde beton örtüsünü belirlemeye çalışmıştır. 25 – 30 mm olarak tasarlanmasına karşın beton örtüsü sadece 5,5 mm ile maksimum 18 mm arasında bulmuştur. Beton örtüsünün olması gerekenden daha az olmasının önemli bir problem olduğu sonucuna varmıştır. Morgan (1982) 13 tane yapının betonarme döşemelerinde beton örtüsünü ölçülendirmiştir. Sirivivanon (1991) sonuçları analiz etmiş ve 13 yapıdan sadece dördünde %90 oranında uyulduğunu saptamıştır. Papworth ve Barnes seksenlerden bu yana devam eden geniş bir yapı test programının parçası olarak günümüzde dört katlı bir yapıyı üzerinde beton örtüsünü ölçmüşlerdir. Rasgele seçilen her üç alanda gerekli olan minimum beton örtüsünde 2-10 mm arasında hatalar belirlenmiştir.

Sirivivatanon (1991) donatı ve kalıp arasındaki boşlukların döküm öncesindeki ölçülerini not alması beton örtüsünün kontrolü için hızlı ve kullanışlı bir yoldur fakat döküm sonrası ölçülerde yanlışlıklar olabilir. 1991'den sonra elektriksel iletkenlik ekipmanlarının geliştirilmesiyle beton örtüsünün belirlenmesi için tahribatsız yöntemler daha hızlı ve daha doğru oldu(Fischli 2005).

2.4.3.2. Beton Paspayı Ölçerler

Betonun sağlayacağı örtü kalınlığının ölçülmesinde uygun bir paspayı ölçerin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Bir ızgara sistemden alınan ölçümler betonarmenin dizaynı ile uygun düşmelidir.

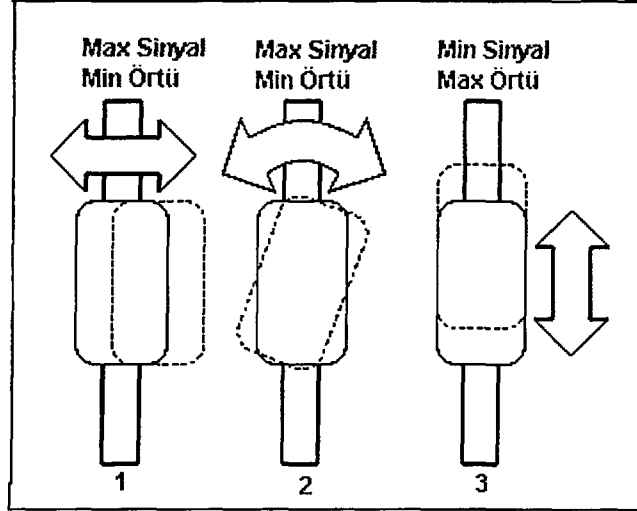
İlk olarak 1955'de İngiltere'de geliştirilen "beton paspayı ölçer" manyetik redüktans tipidir. Manyetik redüktans prensibine dayalı üretilen bu beton örtüsü ölçerler otuz yıl boyunca kullanıldı ve daha sonraları bugün kullandığımız elektriksel iletkenlik prensibine dayalı cihazlar üretildi. (Fischli 2005, Alldred 1998).

Elektriksel iletkenlik metodunda donatı üzerine elektriksel dalgalar yayılarak manyetik bir alan oluşturulur. Bu çeliğin iki fiziksel özelliğinin biri yada her ikisinden dolayı olacaktır. Bunlar, manyetik geçirgenlik ve elektriksel iletkenliktir(Fischli 2005, Alldred 1998, Web 3).

Tek Çubuğun Konumunun Belirlenmesi

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi beton örtüsü ölçerin başlığı:

1. Çubuğa yanlamasına hareket ettirildiğinde cihaz maksimum sinyali ve minimum beton örtüsünü gösterir,
2. Çubuk üzerinde döndürülerek hareket ettirildiğinde cihaz maksimum sinyali ve minimum beton örtüsünü gösterir,
3. Çubuk boyunca hareket ettirildiğinde cihaz minimum sinyali ve maksimum beton örtüsünü gösterir(Alldred 1998).

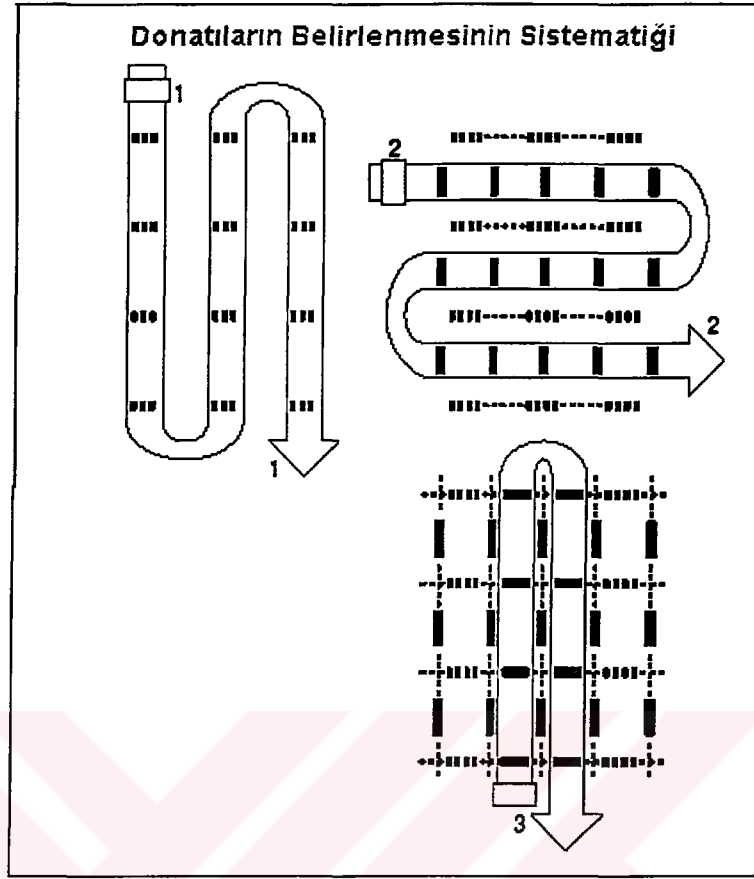


Şekil 2.10 Tek Çubuğun Konumunun Belirlenmesi

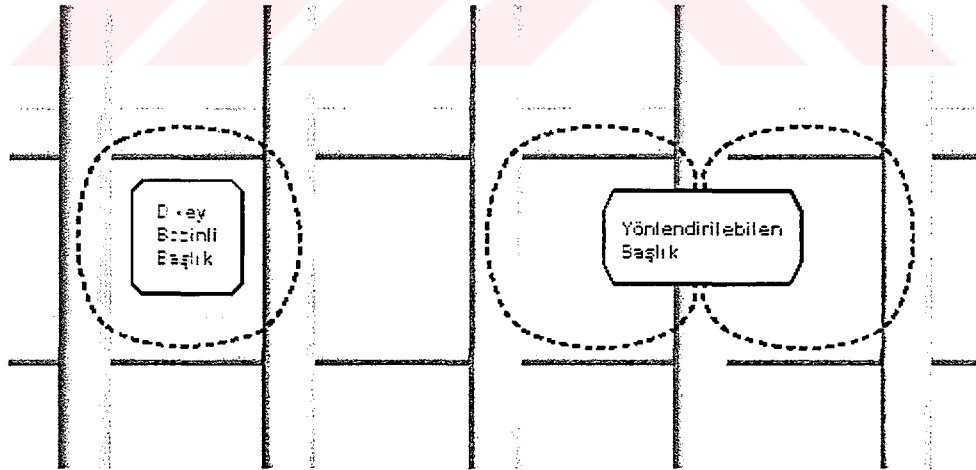
Birden Fazla Çubuğun Konumunun Belirlenmesi

Şekil 2.11’de görüldüğü gibi yönlendirilebilen arama başlığı yatay yöndeki donatıları belirlemek amacıyla ölçüm alanı içerisinde ilk önce aşağı doğru, ardından yukarı doğru hareket ettirilerek maksimum sinyalin alındığı noktalar işaretlenir.

İkinci işlem olarak dikey yöndeki donatıları belirlemek amacıyla arama başlığı ilk önce sağa ardından sola doğru hareket ettirilerek maksimum sinyalin alındığı noktalar işaretlenir ve ızgarayı oluşturan donatıların konumu belirlenmiş olur. Sonuçtan emin olabilmek için istenirse işaretlendirilen ölçüm alanında ilk işlem daha sık olarak tekrarlanır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta birinci ve ikinci işlemin birbirine dik olacak şekilde yapılmasıdır.



Şekil 2.11 Donatıların Belirlenmesinin Sistematiği



Şekil 2.12 Izgara Olarak Döşenmiş Donatılarda Cihazların Verdiği Tepki

Enine ve boyuna çubuklarla izgara haline getirilmiş donatıların birleşim noktalarında elektriksel bağlantılar kullanılmışsa beton örtüsü ölçer cihazlar çubuklar etrafındaki her yeri gösterebilir. Diğer bağlantı durumlarında ise Şekil

2.12'de olduğu gibi ızgaranın oluşturduğu çerçevesi gösterir. Manyetik redüktans tipli cihazlar hafif bir etki gösterir; fakat daha yeni teknolojiye sahip cihazlar ekstra sinyaller verir. Mesela dikey bobinli (yönlendirilemeyen) başlığa sahip cihazlar sinyali çerçevenin merkezinde verirler; fakat çubuk tipi başlığa sahip cihazlar çerçevenin her kenarında sinyal verir, çerçevenin merkezinde ise sinyal vermez (Şekil 2.12)(Aldred 1998).

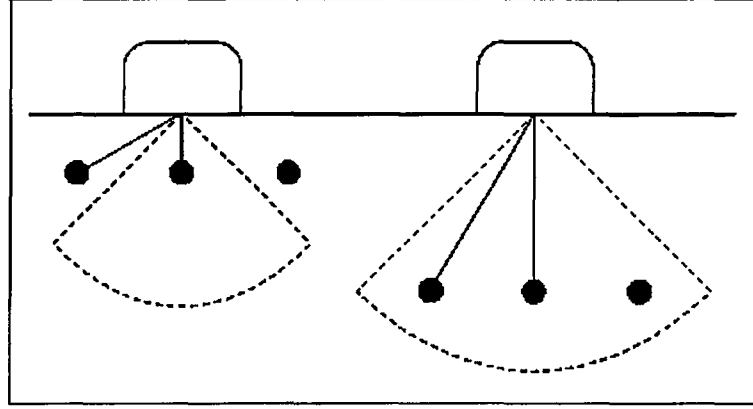
Beton Örtü Kalınlığının Ölçülmesi

Alınan sinyal, çubuk kalınlığı büyüdükçe artar ve çubuk mesafesi (beton örtüsü) büyüdükçe azalır. Çubuk ve özellikleri hakkında kabuller yapılır ve ana manyetik alan içerisinde sadece bir çubuk olmalıdır. Ölçülecek mesafeye göre aletin sinyal gücü ayarlanabilir ve bu sayede beton örtüsünün derinliği belirlenir(Fischli 2005).

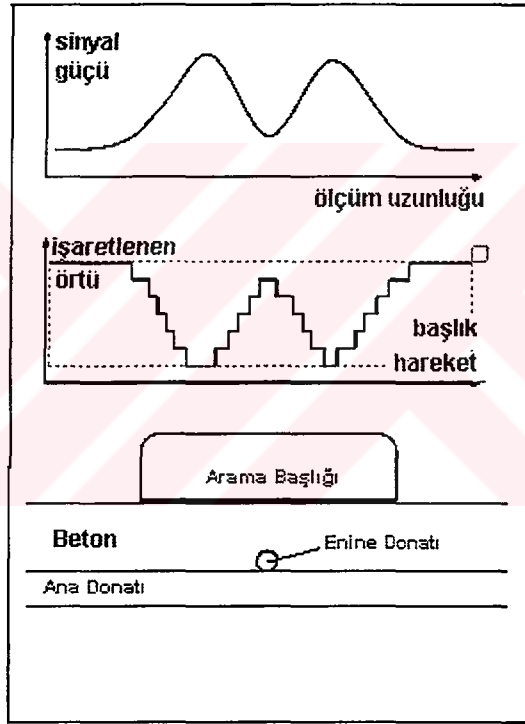
Çapı bilinen bir donatının üzerinde bulunan beton örtüsü kalınlığı, donatıya paralel olan beton kalınlığı, yakın olmayan paralel komşu çubukların ve üst üste olmayan enine çubukların beton örtüsü mevcut cihazlarla rahatlıkla belirlenebilir.

Paralel komşu çubukların örtü kalınlığının belirlenmesinde, sinyal azalmalarının sadece beton örtüsü ölçerin arama başlığının donatıya olan mesafesiyle değil; bunun yanında başlığın merkez hattının yer değiştirme açısı ile de alakalı olduğu bilinmelidir. Başlığın sahip olduğu tarama alanı göz önünde tutulmalıdır(Şekil 2.13). Pratik olarak kural şöyledir: çubukların merkez eğiminin uzunluğu, çubukların örtü kalınlığının 1,5 katından fazla olması durumunda, ölçüm doğru yapılabilir. Burada örtü kalınlığının ölçüm alanında kararlılık göstermesi önemlidir.

Bunun yanında, paralel komşu çubukların örtü kalınlığı ölçülürken cihazın menzili 100 mm'den fazla olursa ölçüm nadiren başarılı olur (çubuk aralıklarının az olmasından dolayı). Menzil 200 mm'den fazla olursa ölçüm sonuçları yanlış çıkacaktır(Aldred 1998).



Şekil 2.13 Paralel Komşu Çubukların Beton Örtü Kalınlığının Ölçülmesi



Şekil 2.14 Enine Komşu Çubukların Örtü Kalınlığının Belirlenmesi

Enine komşu olan çubukların örtü kalınlığının belirlenmesi esnasında, arama başlığı iki enine çubuğun arasında olmalıdır; fakat bu mümkün olmuyorsa arama başlığının direk birinin üzerinde olması ölçümün doğruluğu açısından iyi olur (Şekil 2.14).

Beton Paspayı Ölçerlerde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Donatı çubukları betonarme içinde bulunan küçük öğelerdir. İnşaat mühendisliğinde kullanılan çelikler genellikle 6 – 50 mm arasındadır ve donatıların yüzeyden derinlikleri maksimum 180 mm'dir. Basit cihazlar sadece donatıların yerini belirleyebilir. Bunun yanında gelişmiş makineler çubuğun yüzeyden olan derinliğini de hesaplayabilir. Yanız ön kalibrasyon işlemi için donatıların çapı ve karakteristik özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu işlem için herhangi bir alandan ölçümler yapılmadan önce yapının uygun bir yerinden donatılar açığa çıkartılarak çapları ölçülür. Kullanılan beton örtüsü ölçerler ölçülen mesafeyi kaydedebilirler ve beton kırılıp donatının açığa çıkartıldığı bölgelerde gerçek beton örtüsünün fiziksek ölçümü de teknik eleman tarafından kaydedildiğinde ölçümlerin doğruluğunu kıyaslama imkanı doğacaktır(BA 35/90, **Bruschini 1998**). Bazı imalatçılar, ürünlerinin donatı çubuklarının çapını bloklar arasını kullanarak ve işlemcinin bazı matematiksel hesaplamalar yapmasıyla belirlediklerini iddia ederler. Bu tür metotlarla çapın belirlenmesi, arama başlığının menziline sadece bir çubuk olduğunda tatmin edicidir(Web1).

Bir beton örtüsü ölçerinin işlevsel olabilmesinde en kritik özellik doğruluğudur. Beton örtüsü ölçerler için kalibrasyon ihtiyacı konuyla ilgili tek standart olan British Standard (BS) 1881'e göre düzenlenmiştir. BS 1881 Part 204'e göre laboratuvar koşulları altında tek bir çubuğun beton örtüsü ölçüldüğü zaman, beton örtüsünün belirlenmesinde hata = % 5'den veya 2 mm'den hangisi büyükse bundan daha fazla olamaz. Önceden tasarlanmış olanlar için yapı yerinde tek donatının ölçümünde ± 8 mm veya %8'den hangisi büyükse üst limit bundan fazla olamaz. Ölçüm alanın tamamı için ise, ortalama ± 5 mm veya % 15 olması gerektiğini önermektedir. İngiliz standartları ayrıca ikincil faktörlerin potansiyel hata kaynaklarının bir listesini de yapmıştır. Modern beton örtüsü ölçerler beton veya agregaların manyetik etkileri ile çubukların şekil değişikliklerinden etkilenmez; fakat birçok çubuğun bulunması ve ölçüm alanının yakınındaki çelik pencere çerçeveleri ve inşaat iskelelerinin etkilerine karşı her zaman özen gösterilmelidir. Bunun yanında yüksek kalitede çubuklarda, özel çimentolar, ağır veya hafif betonlar gibi özel durumlarda 10 – 32 mm arasında olan donatılar hariç

diğer çaplar için düzeltme uygulanmalıdır(Fischli 2005, Web 3, BS 1881, BA35/90, Alldred 1998).

2.4.4. ABYYHY Taslak 2005 Metnine Göre Yerinde Donatı Durumunun Belirlenmesi

19 Mayıs 2005 tarihinde çıkan ABYYHY Taslak 2005'e 13.bölüm olarak "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" kısmı eklenmiştir. Binadan bilgi toplanması Sınırlı Bilgi Düzeyi, Orta Bilgi Düzeyi ve Kapsamlı Bilgi Düzeyi olarak üç seviyede ele alınmıştır.

Sınırlı bilgi düzeyinde, betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının en fazla binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere kolonların ve kirişlerin her birinden yüzde 10 oranında elemanın pas payları sıyrılarak donatı tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolon ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca paspayı sıyrılmayan elemanların yüzde 20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi ile boyuna donatı bindirme boyları donatı tespit cihazları ile tahribatsız olarak ölçülecektir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı çeliğin kapasite dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

Orta bilgi düzeyinde, betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyindeki koşullar geçerlidir, ancak donatı kontrolü yapılacak kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az 2'şer adet olmak üzere o kattaki toplam eleman sayılarının yüzde 20'sinden az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen işlemler,

aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanır. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı birden büyük olamaz. Ayrıca paspayı sınırlmayan elemanlardaki enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi ile boyuna donatı bindirme boyları donatı tespit cihazları ile tahribatsız olarak ölçülecektir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sınırlanmış yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında *kapasite dayanımı* olarak alınacaktır. Donatılarında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır.

Kapsamlı bilgi düzeyinde ise binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için yukarıda orta bilgi düzeyinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanır. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı birden büyük olamaz. Ayrıca paspayı sınırlmayan elemanlardaki enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi ile boyuna donatı bindirme boyları donatı tespit cihazları ile tahribatsız olarak ölçülecektir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sınırlanmış yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet kupon (tercihen kirişlerin uygun bölgelerindeki donatılarından) alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı *kapasite dayanımı* olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet kupon daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değerler eleman kapasite hesaplarında *kapasite dayanımı* olarak alınacaktır. Donatılarında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır (ABYYHY-Taslak 2005).

Beton paspayı ölçerler özellikle beton dayanımının belirlenmesinde kullanılan tahribatlı bir yöntem olan karot alma işleminden önce betonarme eleman üzerindeki kesilecek yerin belirlenmesinde kullanılır(BA 35/90).

2.5. Mevcut Betonarme Yapılarda Beton Dayanımının Belirlenmesi

2.5.1. Giriş

Mevcut betonarme yapılarda beton dayanımının belirlenmesi ihtiyacı, beton dökümü sırasında kalite denetiminin yapılmamış olması, taze betondan alınan standart numune dayanımlarının proje dayanımlarından düşük olması, standart numune dayanımları ile bizzat yapıda bulunan beton dayanımlarının uygulama hataları ve/veya ortam koşulları nedeniyle farklı olacağı endişesi, yapı güvenliğini tehlikeye düşürebilecek bir takım hasarların meydana gelmiş olması, yapının kullanım amacının değiştirilmesi ve/veya ilave kat çıkılması, yapı beton dayanımının, yangın, deprem gibi nedenlerle azalmış olması kuşku olarak ortaya çıkar (Durmuş 1996).

Mevcut betonarme yapıların güvenliğinin hesaplanması sonucu, mevcut yapının olduğu gibi kullanılması, onarılması, güçlendirilmesi, yada yıkılarak kaldırılması ve yeniden yapılmasına karar verilebilir. Kararın mühendislik amaçları bakımından anlamlı ve yararlı olabilmesi için yapı üzerinde yerinde ve laboratuarda kurallarına uygun olarak yapılmış gözlem, inceleme, ölçme ve değerlendirme sonuçlarına dayandırılması gerekir. Bu deneylerin en önemlisi olarak nitelendirilen mevcut betonun basınç dayanımıdır.

2.5.2. Kullanılan Yöntem

Yerinde beton dayanımının belirlenmesi için yapılan deneyler, tahribatlı ve tahribatsız yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır.

2.5.2.1. Tahribatsız Yöntem

Tahribatsız deneyler, bir malzemenin gelecekte faydalılığını etkilemeyecek teknolojilerle inceleyerek, betonun yerinde değerlendirilmesi, zararın mertebesinin belirlenmesi, nitelik güvencesi, fiziksel özellikler olan yoğunluk, elastisite modülü, dayanım ve sıklığın belirlenmesinde kullanılır(Tikalsky 2004). Bu yöntem içerisinde yer alan başlıca deneyler; sertlik ve iz ölçümü deneyleri, çekip çıkarma deneyi, penetrasyon deneyi, rezonans frekans tekniği, mekanik ses dalga hızı tekniği ve ultra ses hızı deneyleridir.

Çekip Çıkarma Yöntemi Deneyi

Çekip çıkarma yönteminde yapıdan veya beton numunesinden genişlemiş başı ile yerine konmuş metali çekmek için gereken son yük ölçülür. Beton yüzeyine karşı oluşan, kriko ile uygulanan çekme yükü, reaksiyon halkasına doğru ve ortak merkezli yerleştirilir. Yerleştirilen parça çekildiğinde düzgün yüzeyli oluşur. Reaksiyon halkasının çapı d_2 konik kısmın en büyük çapını, d_1 ise yerleştirilen kafanın çapını verir. Gömme derinliği ve başlık çapı eşit olmak zorunda olması istenirken bu boyutların büyüklükleri ile ilgili bir zorunluluk yoktur. Reaksiyon halkasının iç çapı içerideki başlık çapının 2,0 – 2,4 katı arasında olabilir. Bu da reaksiyon halkalarının arasında kalan mesafe ile içerdeki başlığın çapı arasında beliren kesin koniğin iç açısı 54 ile 70 derece arasında olabileceği anlaşılır. Benzer geometri yerinde deney sonuçlarını kullanmak için geliştirilecek olan korelasyon bağıntısında da kullanılmalıdır.

Bu deneyde betona gerilme analizine izin veren statik yükleme uygulanır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, beton kırıldığında ve herhangi bir kırık gelişmeden önceki gerilmeler hesaplanabilir (Akçay 2000).

Penetrasyon Deneyi

Bu teknik, betonun içine giren sertleşmiş çelik bir rotu tetikleyen özel dizayn edilmiş bir tabancanın kullanılmasını içerir. Bu çelik çubuğun girme miktarı beton dayanımı için ayırıcı bir özellik olmaktadır. Çubuğun beton çekiç pistonuna göre

daha fazla enerji ile etki etmesinden başka beton çekiç deneyi ile aynı yöntem olduğu düşünülür. Penetrasyon deneyinin teorik analizleri beton çekiç deneyine göre daha karışıktır.

Rezorans Frekans Tekniği Deneyi

Bu teknik numunenin rezonans frekansının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Sürekli oluşan yapay titreşimler yardımıyla malzemenin rezonans frekansı belirlenmekte ve ölçülen rezonans frekansına bağlı olarak verilen bağıntılar yardımıyla betonun dinamik elastisite modülü ve poisson oranı hesaplanabilmekte daha sonra geliştirilmiş çeşitli dinamik elastisite modülü-dayanım ilişkisiyle beton dayanımı tahmin edilmektedir.

Mekanik Ses Dalga Hızı Tekniği Deneyi

Bu teknik; tek bir çekiç darbesi yada tekrarlı darbeler ile oluşturulan ses dalgalarının beton içinden geçiş süresinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Ölçülen geçiş süreleri yolun uzunluğuna diğer bir deyişle alıcı ile verici arasındaki mesafeye bağlı olarak geçiş hızına çevrilererek bu hızla dayanım arasında kurulan, korelasyonla elde edilen ampirik bağıntıdan beton dayanımının tahminine çalışılmaktadır(Durmuş 1996).

Sertlik Deneyleri (İz ölçme ve Beton Çekici)

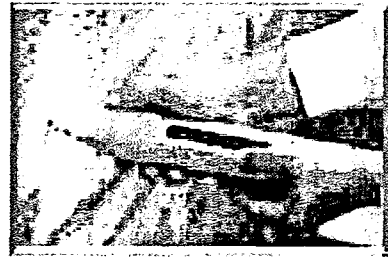
Bu deneyler esas itibariyle metal sertliklerinin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerin betona uyarlanması sonucu geliştirilmiş deneylerdir. Bunlar iz ölçme ve sıçrama teknikleridir. İz ölçme tekniğinde darbe yükü uygulanan çelik bir bilyenin beton yüzeyinde bıraktığı izin çapı ölçülmekte ve beton dayanımı, dayanım-iz çapı arasındaki ampirik bağıntı yardımıyla belirlemektir(Durmuş 1996).

Sıçrama tekniği, Shore sıçrama tekniğine dayanmaktadır. Buradaki mantık bir cisim ne kadar sertse dayanımı da o kadar yüksektir şeklinde açıklanabilir. Schmidt çekici adı da verilen beton çekici yalnız gözeneksiz betonlar için uygundur. Ölçüm yapılacak yüzey temiz, düz ve kuru bir satıh olmalıdır. Bunun

için beton yüzeyi boya, yağ, toz gibi maddelerden arındırılarak düzgün bir hale getirilmelidir. Temizleme işlemi çekiç ile birlikte verilen zımpara taşı ile yapılabilir. Hiçbir şekilde sıva üzerinden ölçüm alınmamalıdır (İlhan 2000). Her bir örnek yüzeyden en az 9 en fazla 25 okuma alınmalıdır. 300 mm x 300 mm'yi geçmeyen bir alan üzerinde 20 mm – 50 mm'lik karelajlar yapılmalı, bunların kesiştiği yerler okuma noktaları olarak alınmalıdır (TSE-3260 1978). Ayrıca kenarlara 40-50 mm'den fazla yaklaşılmamalıdır. Schmidt çekici uygulaması aşağıdaki şekilde yapılır:

- Zımpara taşı ile yüzey temizlenir,
- Hafifçe basınç uygulayarak darbe çubuğu serbest bırakılır,
- Beton çekici test yüzeyine dik bir şekilde yerleştirilir,
- Darbe tetikleninceye kadar çekiç ile test yüzeyine yavaşça bastırılır.
- Tetiklenmeden sonra alt tarafta bulunan düğmeye basarak darbe çubuğu kilitlenir,
- Göstergeden geri tepme sayısı R okunur,
- Her test yüzeyi için 10 ayrı okuma yapıncaya kadar yukarıdaki işlemler tekrarlanır (Şekil 2.15).

Okuma yaptıktan sonra en büyük ve en küçük değerler ihmal edilerek kalan okumaların aritmetik ortalaması alınır. Böylece o test yüzeyini temsil eden ortalama bir R değeri elde edilmiş olunur. Bulunan R değeri o test yüzeyini temsil eden dönüşüm eğrisinde yerine konularak R değerine karşılık gelen beton basınç dayanımı bulunur.



Şekil 2.15 Schmidt (Beton) Çekici Kullanımı

Burada unutulmaması gereken; bulduğunuz beton dayanımının, dönüşüm eğrinizin hazırlanmasında kullanılan örnek betonun, test edilecek betonu temsil ettiği doğru olacaktır. Aksi halde %60-%70'lere kadar varabilecek hatalar yapılabilir (İlhan 2000)

Ultras Hızı Tekniği Deneyi

Ultras hızı yöntemi beton elemana doğru gönderilen vibrasyonel enerjinin hızının ölçülmesinden ibarettir. Pulser kısa aralıklı yüksek voltajlı sinyalleri verici rezonans frekansı titreştirmesi için gönderir. Elektriksel itki başladığında elektronik saat çalışır. Verici vibrasyonları viskoz sıvı başlıklarıyla betonun içine iletir (Şekil 2.16). Vibrasyonel dalga eleman içerisinde ilerleyerek beton yüzeyinin diğer ucunda bulunan alıcıya ulaşır. Dalga alıcı kafa tarafından algılandığında elektronik saat kapanır ve ulaşma süresi tespit edilir. Verici ve alıcı arasındaki direk mesafe ulaşma süresine bölündüğünde beton içindeki ultras hızı elde edilmiş olur(Akçay 2000).



Şekil 2.16 Ultras Cihazı

Betonun içerisinde geçen sesüstü dalgasının hızı ile beton dayanımı arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Ancak, sesüstü dalganın hızı ile betonun yoğunluğu arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu az olan bir betonda, yani içerisinde daha çok boşluk bulunan bir betonda, sesüstü dalganın betonun bir yüzeyinden diğerine ulaşabilme süresi daha uzundur. Bir başka deyişle, betonun içerisindeki boşluk miktarı arttıkça, sesüstü dalganın hızı daha az olmaktadır. Bilindiği gibi, betonun yoğunluğu ile basınç dayanımı arasında belirli bir ilişki bulunmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan betonların basınç dayanımları da

genellikle yüksek olur. Su/çimento oranı yüksek olan betonlar daha çok kapiler boşluk içerdiğinden, bu betonların yoğunluğu ve basınçları da yüksek değildir(Erdoğan 2003).

Görüldüğü gibi hasarsız deney yöntemleriyle yapılan ölçümlerde, betonun sahip olduğu yüzey sertliği, elastiklik, yoğunluk gibi bazı özelliklerden yararlanılarak sayısal değerler elde edilmektedir. Bu sayısal değerler ile standart deney yöntemi uygulanarak elde edilecek olan beton basınç dayanımı arasındaki ilişki kullanılarak betonun basınç dayanımı yaklaşık olarak belirlenmektedir(Erdoğan 2003).

Tahribatsız yöntemlerden hangisi kullanılırsa kullanılsın elde edilen sonuçlar sadece fikir sahibi olmamızı sağlayacaktır. Referans almamız gereken değerler olmadıktan sonra tahribatsız yöntemlerle elde edilen değerler sonuç belirtmemiz ve karar vermemiz için yeterli olmayacaktır. Dolayısıyla sağlıklı sonuçlar elde etmek için tahribatlı yöntemlere de ihtiyaç duyulacaktır.

2.5.2.2. Tahribatlı Yöntemler

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 yöntemler içinde yer alan deneyler; gömülü numune kullanma deneyi ve karot alma deneyleridir.

Gömülü Numune Kullanma Deneyi

Döşeme betonlarının basınç dayanımlarını öğrenmek amacı ile uygulanan bir yöntemdir. Beton dökülmeden önce döşeme kalıbı içine silindirik numune kalıpları yerleştirilir ve betonun dökümü esnasında numunede dolar, bu test yöntemindeki amaç beton ile aynı termal geçmişe sahip numunelerle çalışmaktır. Bu yöntemin karot alma yöntemine göre farkı, delme yada kesmenin dayanıma etkime

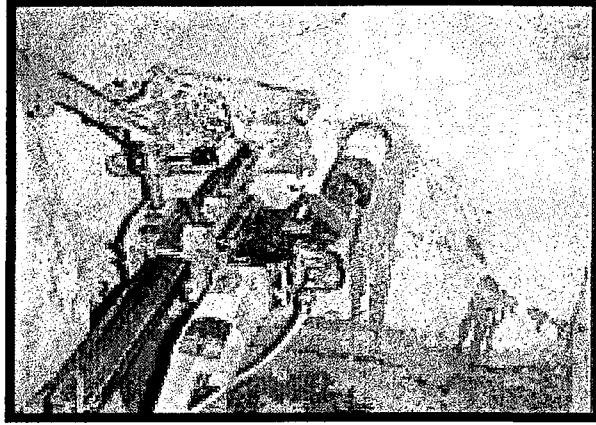
ihtimalinin ortadan kalkmış olmasıdır. Bu silindir numunelerin boy/çap oranı 2'den küçük olduğu zaman ölçülen basınç dayanımları düzeltme faktörleri ile düzenlenir(Durmuş 1996, Akçay 2000).

Karot Numune Alma Yöntemi Deneyi

Mevcut bir betonun karakteristik basınç dayanımının tespiti, en gerçekçi olarak, betondan Şekil 2.17'de görüldüğü gibi 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). Bunun yanında yapıdan alınan bu karot numunesi ile betona ait yoğunluk, su emme, alkali-agrega reaktivitesi, çekme dayanımı ve benzeri bilgilerde elde edilebilir (Akçay 2000).

Karot alım işleminde bazı hususlar önemlidir. Karot alınacak yer konusunda baktığımızda 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). Beton dayanımının eleman yüksekliği boyunca değiştiği ve alt yüze yakın beton dayanımının üste yakın olanından daha büyük olduğu ve aradaki farkın %20'ye vardığı belirtilmektedir. Ayrıca karot alınan yön ile beton dökümü aynı doğrultuda olmamalıdır; çünkü beton döküm doğrultusunda basınç dayanımı yaklaşık olarak %10 oranında daha yüksek olduğu iddia edilmektedir (Durmuş 1996).

Karot boyutlarını karakterize eden büyüklük λ narinlik oranıdır. Bu oran yükseklik/çap ile bulunur ve oran 1 ile 2 arasında değişir. Türk standartlarında kullanılan karotların çapı 150 mm ile 50 mm arasında değişmektedir. Bu çaplar arasındaki seçim, karot çapının beton içindeki en büyük agregata tane büyüklüğüne oranı ile yapılır, bu oran 3:1 civarındadır(Arioğlu 1998, TSE-10465 1992).



Şekil 2.17 Karot Alma İşlemi

İncelediğimiz tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerden ülkemizde en çok beton çekici, ultrases ve sertleşmiş betondan karot numune alma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında kullanım ve verilerin doğruluğu açısından farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıkları göz önünde tutarak değişik deneyler arasında bağlantılar kurup yapıda beton özelliklerini tam olarak öğrenmeye çalışılır. Beton basınç dayanımının tayininde yerinde yöntemlerin karşılaştırması Çizelge 2.26'da olduğu gibidir.

Çizelge 2.26 Deney Yöntemlerinin Karşılaştırılması (Akçay 2000, Özkul 2000)

Deney Tipi	Güvenilirlik	Uygulama Kolaylığı	Doğruluk	Ekonomiklik
Beton Çekici	Zayıf	Çok İyi-İyi	Zayıf-İyi	Çok İyi
Çekip Çıkarma	İyi	İyi	İyi	Zayıf-İyi
Penetrasyon	İyi	İyi	İyi	Zayıf-İyi
Ultrases	Zayıf-İyi	Zayıf	Zayıf-İyi	Zayıf-İyi
Gömülü Numune	İyi	Çok İyi	İyi	Zayıf-İyi
Karot Numune	İyi	Zayıf	İyi	Zayıf

Yapıdaki beton dayanımlarında farklılıklar beklenebilir. Dayanımdaki dağılım malzeme özelliklerinin değişmesinden kaynaklanabileceği gibi yerleştirme sıkıştırma ve kür koşullarının değişken olmasından da ileri gelebilir. Öte yandan aynı elemanda yüksekliğe bağlı olarak farklı dayanımlar elde edilebilir. Taze beton döküldüğünde iki olay gerçekleşebilir: birincisi beton içindeki su yükselir, ikincisi beton içindeki agregalar oturma yapar. Alt ve üst bölgeler arasındaki

dayanım farklılığı en düşük perde duvarlarda gözlenirken, onu kirişler izler. Kolon ve döşemelerde ise en üst 1/4'lük bölgede dayanım düşüştü elde edilir(Özkul 2000).

2.5.3. Deneylerin Değerlendirilmesi

2.5.3.1. Karot Numunelerinin Değerlendirilmesi

Karot basınç deneylerinin sonuçlarından yararlanılarak yerinde beton sınıfının standart küp dayanımı cinsinden belirlenmesi ve kalite denetiminin yapılabilmesi için karot deneyleri üzerinden narinlik (yükseklik/çap), kesme doğrultusu, örselenme, ayrışmadan kaynaklanan azaltma faktörü, donatı etkisi ve kür koşulları ile ilgili düzeltmelere gereksinim vardır. Bu düzeltmeler Concrete Society 1998'e göre aşağıda verilmiştir.

Narinlik Etkisi (K_λ): Karot yüksekliği / çap oranı (l/d) basınç dayanımı üzerinde etkilidir. Bu oranın artması basınç dayanımında azaltma gösterir. Standart 150 mm'lik küp numune ile silindirik karot numunesi arasında narinlik etkisi;

$$K_\lambda = \frac{2}{1,5 + \frac{1}{\lambda}} \quad (2.89)$$

(2.89)'daki düzeltme faktörü ile dikkate alınır. $\lambda = l/d$ yüksekliğin çapa oranıdır.

Örselenme Faktörü (K_o): Yapı elemanlarından karot alınması durumunda betonu meydana getiren malzemelerde ayrışma ihtimali söz konusu olacağından bu durum örselenme faktörü ile düzeltilmesi gerekir(2.90).

$$K_o = 1,06 \quad (2.90)$$

Ayrışma Nedeniyle Dayanım Azaltma Faktörü (K_s): standart silindirde ayrışma nedeniyle dayanım azaltma faktörü olarak (2.91) dikkate alınır.

$$K_s = \frac{1}{1,15} \quad (2.91)$$

Küp/Silindir Dönüşüm Katsayısı (K_f): Silindirik karot numuneden küp numuneye geçiş için boyut etkisini dikkate almak için (2.92)'deki katsayı kullanılır.

$$K_f = 1,25 \quad (2.92)$$

Karotun Kesme Doğrultusu Düzeltme Faktörü (K_{dog}): Beton döküm doğrultusu bakımından katmanlaşmaya bağlı olarak aynı numune üzerinde düşey doğrultuda alınmış numune ile yatay doğrultuda alınmış numune arasında farklılıklar vardır. Bu farklılık yaklaşık %8 mertebesinde dir.

$K_{dog} = 1,00$ Beton döküm doğrultusunda (düşey alınmış)

$K_{dog} = 1,08$ Beton döküm doğrultusuna dik (yatay alınmış)

Donatı Etkisi (K_{do}): Alınan karot numune içerisinde donatı bulunması durumunda basınç dayanımındaki azalma (2.93)'deki donatı düzeltme faktörü ile çarpılarak bulunur.

$$K_{do} = 1,0 + 1,5 \left(\frac{d_r}{d_c} \times \frac{h}{\ell} \right) \quad (2.93)$$

Burada;

d_r : Donatı çapı

d_c : Karot çapı

h : Donatının karotun en yakın yüzeyine uzaklığı

ℓ : Karot yüksekliğidir.

Kür Koşulları: şantiye koşullarında üretilen ve kür edilen betonların yerinde dayanımları ile laboratuvar koşullarında üretilen ve kür edilen beton numuneler arasında dayanım farkı %77 mertebesindedir. Olabilecek tüm olumsuzluklar dikkate alınarak karot numunesinin 150 mm küp dayanımı cinsinden betonun yerinde dayanımı (2.94) ifadesi ile hesaplanır.

$$f_{y,küp} = K_{\lambda} \cdot K_{\phi} \cdot K_S \cdot K_f \cdot K_{dog} \cdot K_{do} \cdot f_{\lambda} \quad (2.94)$$

Düşey alınmış karot numuneler için (2.95) denklemini kullanılır.

$$f_{y,küp} = \frac{2,3}{1,5 + \frac{1}{\lambda}} \times K_{do} \times f_{\lambda} \quad (2.95)$$

Yatay alınmış karot numuneler için ise (2.96) bağıntısı kullanılır.

$$f_{y,küp} = \frac{2,5}{1,5 + \frac{1}{\lambda}} \times K_{do} \times f_{\lambda} \quad (2.96)$$

Burada; f_{λ} : λ narinliğine sahip karotun basınç dayanımıdır.

Yerinde beton dayanımı bulunan bir numune ile standart laboratuvar koşullarında üretilen küp numunenin üretim ve kür koşullarına bağlı olarak potansiyel küp dayanımlarına geçiş için $f_{y,küp}$ değeri 0,77 katsayısına bölünerek potansiyel küp dayanımı $f_{p,küp}$ hesaplanır. Düşey alınmış karot numunenin potansiyel küp dayanımı (2.97) ile hesaplanır.

$$f_{p,küp} = \frac{3}{1,5 + \frac{1}{\lambda}} \times K_{do} \times f_{\lambda} \quad (2.97)$$

Yatay alınmış karot numunenin potansiyel küp dayanımı ise (2.98) bağıntısıyla hesaplanır.

$$f_{p,küp} = \frac{3,25}{1,5 + \frac{1}{\lambda}} \times K_{do} \times f_{\lambda} \quad (2.98)$$

Yerinde Dayanımın Değerlendirilmesi

Hesaplanan yerinde küp dayanım değerinde anomali gösteren değerler ayrılarak hesaplanan yerinde küp dayanım değerlerine ait sınırlar (2.99) ve (2.100) ile ifade edilir.

$$\bar{f}_{y,küp,üst} = \bar{f}_{y,küp} + \frac{0,12}{\sqrt{n}} \bar{f}_{y,küp} \quad (2.99)$$

$$\bar{f}_{y,küp,alt} = \bar{f}_{y,küp} - \frac{0,12}{\sqrt{n}} \bar{f}_{y,küp} \quad (2.100)$$

Burada $\bar{f}_{y,küp}$ yerinde küp dayanım değerlerinin aritmetik ortalamasıdır ve (2.101) ile ifade edilir.

$$\bar{f}_{y,küp} = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{y,küp})_i}{n} \quad (2.101)$$

Burada n: anomali gösteren karot değerlerinin dışında kalan karot sayısıdır. Yerinde karakteristik dayanım (2.102) ile belirlenir.

$$f_{y,kr} = \bar{f}_{y,küp,alt} - z \cdot \sigma \quad (2.102)$$

Burada z, %5 risk için 1,64; %10 risk için 1,28dir. σ ise yerinde dayanım değerlerinde hesaplanan standart sapmadır.

Yerinde dayanım büyüklüğü bakımından değerlendirme $f_{y,kr} \geq \frac{f_{proje}}{\gamma_m}$ ise yerinde

dayanım yönünde beton kabul edilir. $f_{y,kr} < \frac{f_{proje}}{\gamma_m}$ ise beton ret edilir.

Burada;

f_{proje} : proje beton dayanımı

γ_m : beton malzeme katsayısıdır. (1,5)

Potansiyel Dayanım Büyüklüğü Bakımından Değerlendirme

$\bar{f}_{p,küp,alt} > f_{\text{proje}}$ (Beton kabul edilir)

$0,74f_{\text{proje}} < \bar{f}_{p,küp,alt} < f_{\text{proje}}$ (Beton şüpheli)

$\bar{f}_{p,küp,alt} < 0,74f_{\text{proje}}$ (Beton ret edilir) (Arioğlu 1998).

TS 10465’de belirtilen iki yöntemden biri olan istatistiksel olmayan yöntemle göre karot sonuçlarının yıkıntısız deney sonuçlarının sayısı olarak yeterli olmaması durumunda kullanılması önerilmektedir. Her sınıf beton için bir seri dayanımı tanımlanmıştır:

Seri dayanımı = Eşdeğer küp dayanımı + 3 N/mm²

Ortalama dayanım > 0,85 seri dayanımı ve dayanımların en küçük değeri > 0,85 eşdeğer küp dayanımı koşullarını sağlamalıdır.

2.5.3.2. Schmidt Beton Çekici Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Her noktada gerekli vuruşlar yapılarak yatay $\alpha = 0^\circ$, düşey aşağı doğru $\alpha = -90^\circ$ ve yukarı doğru $\alpha = +90^\circ$ uygulama açısı ile okunan Schmidt sayıları, 0° uygulama açısına üretici tarafından verilen çizelgedeki değerlerden yararlanarak dönüştürülür. Bu dönüştürmeyle bütün okumaların, laboratuarda basma deneyi yapılırken de numune üzerine çekicinin yatay doğrultuda, $\alpha = 0^\circ$, uygulanması nedeniyle, karışıklığın önlenmesini sağlar. Eğriden bulunan dayanımlar betonun yaş etkisi faktörü kullanılarak düzeltilmelidir (Çizelge 2.27). Bu da bulunan dayanımın zaman faktörü ile çarpılmasıyla elde edilir(Ergün 2003).

Çizelge 2.27 Beton Çekici Sonuçlarında Zaman Faktörü

Beton yaşı (gün)	7	50	100	200	400	800
Zaman faktörü	1,1	1,0	0,94	0,87	0,79	0,7

2.5.3.3. Ultrases Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ultrasonik test yöntemiyle herhangi bir betonun basınç dayanımını yeterince hassas olarak bulabilmek zor olmakla birlikte, herhangi bir beton içerisinden geçen sesüstü dalga hızı, o betonun içerdiği boşluk miktarı (ve yoğunluğu) ile yakından ilgili olduğu için, elde edilen sesüstü hız ile betonun kalitesi hakkında genel bir ilişki kurabilmek mümkün olabilmektedir. Whitehurst tarafından yoğunluğu yaklaşık 2400 kg/m^3 olan betonlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonunda, sesüstü dalga hızı bilindiği takdirde beton kalitesinin ne olabileceğine dair önerilen sonuçlar Çizelge 2.28’de gösterilmiştir (Erdoğan 2003).

Çizelge 2.28 Ultrases – Beton Kalitesi İlişkisi

Dalga hızı (m/sn)	>4500	3500-4500	3000-3500	2000-3000	<2000
Beton kalitesi	Mükemmel	İyi	Şüpheli	Zayıf	Çok zayıf

2.5.4. ABYYHY Taslak 2005 Metnine Göre Yerinde Beton Dayanımının Belirlenmesi

19 Mayıs 2005 tarihinde çıkan ABYYHY Taslak 2005’e 13.bölüm olarak “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” kısmı eklenmiştir. Binadan bilgi toplanması Sınırlı Bilgi Düzeyi, Orta Bilgi Düzeyi ve Kapsamlı Bilgi Düzeyi olarak üç seviyede ele alınmıştır.

Sınırlı bilgi düzeyinde, her katta kolonlardan veya perdelerden en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı betonun *kapasite dayanımı* olarak alınacaktır.

Orta bilgi düzeyinde, her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 12 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri kapasite dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile kalibre edilmiş beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilecektir.

Kapsamlı bilgi düzeyinde ise her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 12 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri kapasite dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile kalibre edilmiş beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilir(**ABYYHY-Taslak 2005**).

3. MATERYAL METOT

Bu çalışmada mevcut yapıların yerinde beton basınç dayanımlarının belirlenmesinde kullanılan karot alma yönteminde sonucu etkileyen faktörler ve karot sonuçları ile tahribatsız yöntemler arasındaki ilişki araştırılmıştır. Kullanılan malzemeler ve deneysel çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

3.1. Kullanılan Malzemeler

3.1.1. Agrega

Çalışmada kullanılan agrega, Afyon ilinde faaliyet gösteren Kolsan Hazır Beton firmasından karşılanmıştır. Deneyde kullanılan agregaların türü ve boyutları; 0-3 mm doğal kum, 0-6 mm doğal kum ve kırma taş 6-12 mm ve 12-22 mm kırma taş şeklindedir.

3.1.2. Çimento

Beton üretiminde kullanılan çimento Afyon Set Çimento Fabrikası ürünü olan PKÇ 42,5 tipi çimentodur. Çimentoya ait fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler Çizelge 3.1’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.1 PKÇ 42,5 Çimentosunun Fiziki, Kimyasal ve Mekanik Özellikleri

Özgül Ağırlık (kg/m ³)	Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı (N/mm ²)					Priz Başlama Süresi (dak.)	Hacim Genleşmesi (mm)	
		Erken Dayanım		Standart Dayanım					
		2 günlük	7 günlük	28 günlük					
3,07	42,5		16	≥42,5	≤52,5	≥60	≤10		
% Bileşen	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	SO ₃	K ₂ O	A.K.
Çimento	19,3	5,57	3,46	0,86	63,56	0,13	2,91	0,80	2,78

3.1.3. Su

Beton üretiminde içmek için elverişli olan Afyon ili şebeke suyu kullanılmıştır.

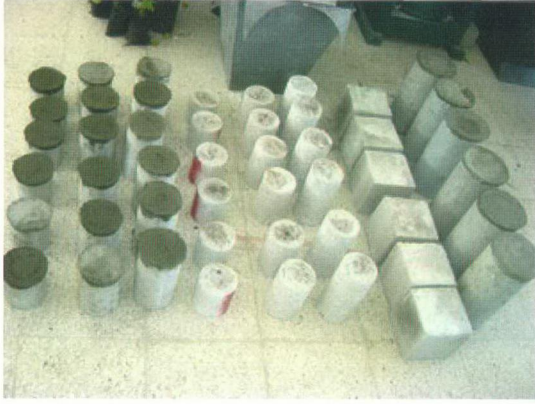
3.1.4. Katkı Maddesi

Betonun hazırlanmasında karışımın içerisine su azaltıcı bir akışkanlaştırıcı olan CHRYSOPLAST-250C katkı maddesinden çimentonun %1'i oranında katılmıştır.

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Beton dayanımının belirlenmesinde; kullanılan yöntemlerin sonuçlarını etkileyen unsurların araştırılması için yapılan bu çalışmada tüm seriler için su/çimento oranı 0,60 alınmıştır. 325, 280 ve 260 olmak üzere üç farklı dozda ve 28, 56 ve 90 günlük olmak üzere üç farklı yaşa sahip olmak üzere toplam 9 seri beton üretilmiştir.

Beton sınıfının belirlenebilmesi ve diğer sonuçlara şahitlik yapabilmesi için her seride altışar tane 15x30 cm'lik silindir numune ve 15x15 cm'lik küp numune kullanılmıştır. Numunelerden 100 mm çapında ve narinliği 1, 1,5 ve 2 olan karotlar alınacağından narinlik derecesi 1 ve 1,5 olacak olan karotlar için her seride altışar tane 15x15 cm'lik küp numune, narinliği 2 olan karotlar için 20x20 cm'lik altışar tane numune hazırlanmıştır. Boyut, bıçak ve karot alma yönünün etkilerinin belirlenebilmesi için alınan karotlarla aynı ölçülere sahip yani 10x10, 10x15, 10x20 cm'lik silindirlere her seri için altışar tane hazırlanmıştır. Yani bir seri için 6 adet 15x30, 6 adet 10x20, 6 adet 10x15, 6 adet 10x10 cm'lik silindir, 6 adet 20x20 ve 18 adet 15x15 cm'lik küp numune hazırlanmıştır(Şekil 3.1). Toplam 9 seri için 432 adet numune hazırlanmış ve 2700 cm karot yapılmıştır(Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Bir Seri İçinde Bulunan Numuneler



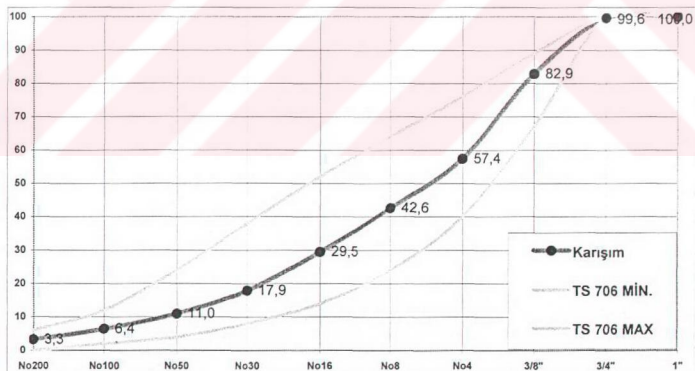
Şekil 3.2 Denejde Kullanılan Numunelerin Görünüşü

Betonda kullanılan agregaların gradasyonu Çizelge 3.2’de verilmiştir. Maksimum dane çapı 22 mm için TS 706’da belirtilen sınır eğrilerine göre agrega karışımı

Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Üç farklı dozajda hazırlanan seriler için 1m³ içindeki malzeme miktarları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Agregaların Gradasyonu

Elek		ince		kaba		Karışım Mix.
inch	mm	0-3	0-6	6-12	12-22	
3	75,0	100	100	100	100	100
2 1/2	63,0	100	100	100	100	100
2	50,0	100	100	100	100	100
1 1/4	45,0	100	100	100	100	100
1	25,0	100	100	100	100	100
3/4	20,0	100	100	100	97	100
3/8	10,0	100	100	81	3	83
*4	5,0	100	94	2	1	57
*8	2,4	91	61	1	-	43
*16	1,180	70	39	-	-	30
*30	0,600	40	25	-	-	18
*50	0,300	18	19	-	-	11
*100	0,150	7	13	-	-	6
*200	0,075	3	7	-	-	3
Karışım %		21	38	29	12	100
İncelik mod.		2,74	3,49	6,16	6,96	



Şekil 3.3 Maksimum Dane 22 mm Sınır Eğrilerine Göre Agrega Karışımı

Çizelge 3.3 Tüm Seriler İçin 1m³ Beton İçerisindeki Malzeme Miktarları

Malzeme	Kg		
ÇİMENTO	325	280	260
KATKI	3,25	2,80	2,60
SU	192	165	153
0-3 Doğal	376	399	410
0-6 Kırma	689	731	750
6-12 Kırma	538	570	585
12-22 Kırma	222	235	241
TOPLAM	2345	2384	2401

Deney sırasında laboratuvar koşulları nedeniyle bir seri beş defada dökülmüştür. Betoniyer içerisine ilk önce iri agrega daha sonra ince agrega ve çimento konulmuş kuru olarak harmanlama başlatıldıktan sonra katkının katılmış olduğu su, karışıma ilave edildikten sonra betoniyer toplam 3 dakika çalıştırılarak beton harcı hazırlanmıştır. Hazırlanan her karışım için TS EN 12350-2'ye uygun şekilde çökme deneyi, TS EN 12350-6'ya uygun olarak yoğunluk deneyi ve TS EN 12350-7'ye uygun olarak hava muhtevası tayini deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu taze beton deneyleri bir seri için beşer tane olduğundan bu beş sonucun aritmetik ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

Numune kalıpları, titreşim tablası üzerinde vibrasyona tabi tutularak doldurulmuştur. Kalıplar bir gün sonra sökülerek, numuneler 20±2 °C sıcaklıktaki kür havuzuna konulmuştur. 90 günlük seriler 28 gün kür havuzunda muhafaza edildikten sonra geriye kalan 62 gün laboratuvar ortamında bekletilmiştir. 56 günlük serilerde 28 gün kür havuzunda 28 günde laboratuvar ortamında muhafaza edilmiştir. 28 günlük seriler ise 28 gün boyunca kür havuzunda muhafaza edildikten sonra sertleşmiş beton deneylerine tabii tutulmuştur.

3.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri

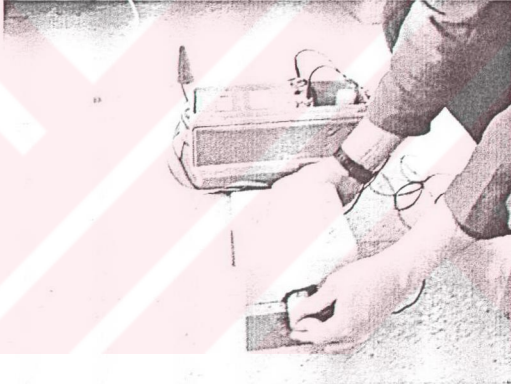
3.3.1. Ultrases Deneyi

Silindir numuneler ve 15x15 küp şahit numuneler hariç tüm numuneler üzerinde ultrases deneyi yapılmış ve ultrases geçiş süreleri elde edildikten sonra 3.1'deki

denklemler kullanılarak ultrases hızları elde edilmiştir. Ölçümlerin doğru ve standart şekilde yapılabilmesi için problemleri numunenin orta noktasında tutacak aparatlar kullanılmıştır. Her seride bulunan modüllerde altışar tane değer elde edilmiştir. Bu değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak değerlendirilmeye katılmıştır (Şekil 3.4).

$$V = (L/t) * 10^3 \quad (3.1)$$

Denklemden, ultrases hızı $V(\text{km/sn})$, $L(\text{m})$ ultrases hızı ölçümünün yapıldığı proplar arası mesafe, $t(\text{mikrosaniye})$ ise cihazdan okunan ultrases hızı geçiş süresidir.



Şekil 3.4 Ultrases Hızı Ölçümü Yapılışı

3.3.2. Schmidt Çekici Deneyi

Numunelerin basınç dayanım değerlerini yüzey sertliği yolu ile öğrenmek için yapılan schmidt çekici deneyi silindirik numuneler ve $15 \times 15 \text{ cm}^2$ lik küp şahit numuneler hariç tüm numunelere uygulanmıştır. Schmidt okumaları numuneler pres içerisinde 70 MP gerilim altındayken uygulanmıştır. Kartondan şablon hazırlanarak TS 3260'a uygun olacak şekilde okuma noktalarının ve kenar uzaklıklarının yerli numune üzerinde işaretlenerek yatayda 0° derece yapacak şekilde her numunede onar tane okuma yapılmıştır. Bu okumalardan en küçük ve

en büyük değer atılıp sekiz değerin aritmetik ortalaması alınarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.3.3. Basınç Dayanımı

Ultrases ve schmidt deneyleri yapılan 15x15 ve 20x20 cm'lik küp numunelerin ultrases okumalarının alındığı kenarlardan beton döküm yönüne dik olacak şekilde karot alınmıştır(Şekil 3.5). Laboratuarda sabit karot alma cihazı olmadığından Şekil 3.6'da görüldüğü gibi Milwaukee marka DYMODRILL model karot alma cihazı yapılan ankarajlı platform üzerine monte edilerek sabit karot alma cihazına dönüştürülmüştür.



Şekil 3.5 Karot Alma İşlemi



Şekil 3.6 Karot Alma Cihazının Sabitleştirilmesi

20x20 cm'lik küp numunelerden 10 cm çapında karotlar alınarak altı tane 10x20 cm ölçülerine sahip narinliği 2 olan karot numuneler elde edilmiştir. 15x15 cm'lik küp numunelerde 10 cm çapında karot alma işlemine tabi tutularak oniki adet

10x15 cm ölçülerinde narinliği 1,5 olan karot numuneler elde edilmiş bunlardan altı tanesi narinliği 1 olacak şekilde Şekil 3.7'de görüldüğü gibi 10 cm'den kesilerek 10x10 cm'lik karotlar haline getirilmiştir.



Şekil 3.7 Karot Numunelerin Baş Kesme İşlemi

Tüm silindir numuneler Şekil 3.8'de görüldüğü gibi çimento harcı ile başlıklararak basınç dayanımı deneyi için hazır konuma getirilmiştir.



Şekil 3.8 Silindir Numunelerin Başlıklanması İşlemi

Hazırlanan numuneler 28.. 56. ve 90. günlerde 2,5 kg/cm²/sn.'lik yükleme hızında, 200 tonluk Alfa marka basınç presinde basınca tabi tutulmuştur. Her seride bulunan altışarlı modüllerde sonuçların aritmetik ortalaması alınarak değerlendirilmiştir.

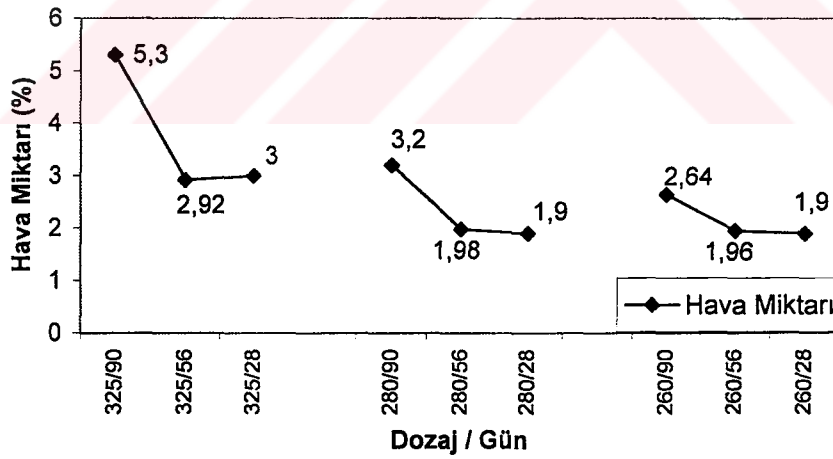


4. DENEY SONUÇLARI

Dozaj ve kür süresine göre dokuz seri olarak yapılan deneyde, her seri beş seferde üretilmiştir ve bu üretimlerin hepsinde hava muhtevası, birim hacim ağırlığı ve çökme deneyleri yapılmıştır. Her seri için elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması alınarak Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

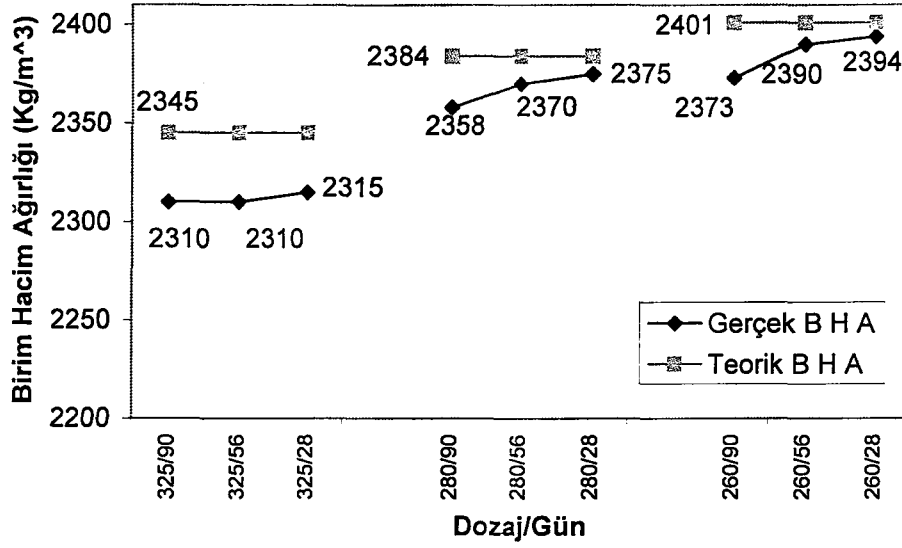
Çizelge 4.1 Taze Beton Deney Sonuçları

Dozaj / Gün	Hava Muhtevası (%)	Birim Hacim Ağ. (Kg/m ³)	Çökme (Slamp) (mm)
325/90	5,30	2300	190
325/56	2,92	2295	168
325/28	3,00	2293	168
280/90	3,20	2358	37
280/56	1,98	2359	23
280/28	1,90	2375	19
260/90	2,64	2373	10
260/56	1,96	2354	10
260/28	1,90	2394	10



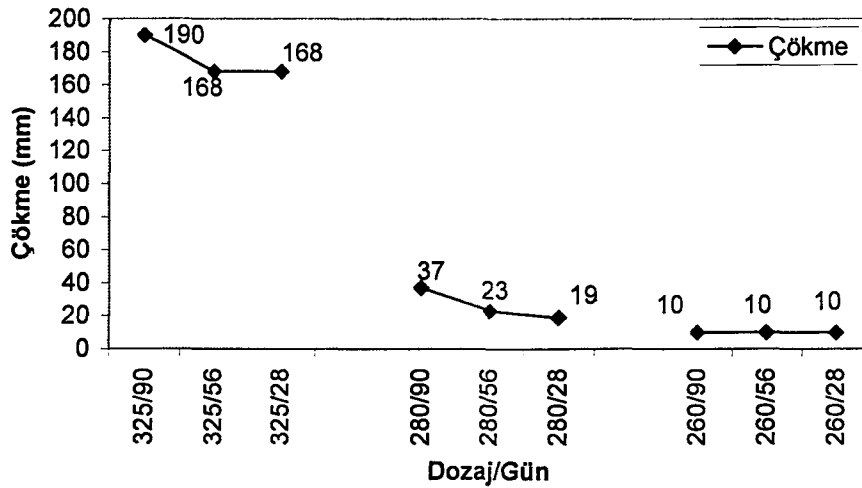
Şekil 4.1 Tüm Seriler İçin Dozaj/Gün - Hava Miktarı İlişkisi

Şekil 4.1’de dozaj ve günlere bağlı olarak numunelerin içerdikleri hava miktarları grafik halinde verilmiştir. Karışımlarda dozaj arttıkça hava miktarı da artış göstermiştir. Bunun yanında üretim sırasında ilk önce üretilen 90 günlük serilerde hava miktarı açısından bir artış söz konusudur.



Şekil 4.2 Tüm Seriler İçin Dosaj/Gün – B.H.A İlişkisi

Şekil 4.2’de dozaj ve günlere bağlı olarak numunelerin birim hacim ağırlıkları grafik halinde verilmiştir. Numunelerde su çimento oranına bağlı olarak, dozajlar arttıkça birim hacim ağırlıkları azalmıştır. Bunun yanında teorik birim hacim ağırlıkları ile gerçek birim hacim ağırlıkları kıyaslandığında aralarındaki fark ilk olarak üretilen 90 günlük numunelerde maksimum; en son üretilen 28 günlük numunelerde minimumdur.



Şekil 4.3 Tüm Seriler İçin Dosaj/Gün – Çökme Arasındaki İlişki

Şekil 4.3’de dozaj ve günlere bağlı olarak numunelerin çökme miktarları grafik halinde verilmiştir. 325 dozajlı numunelerde çökme miktarı 190 mm seviyesine kadar çıkmıştır. 280 dozlu numunelerde çökme miktarı ortalama 26 mm seviyelerinde seyretmiştir. 260 dozlu numuneler çok kuru kıvama sahip olduklarından çökme miktarları 10 mm seviyesindedir.

Taze beton deney sonuçlarına bakıldığında sabit su/çimento oranında çimento miktarının artırılıp azaltılması betonun performans kriterlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Elde edilen bu taze beton deney sonuçları sertleşmiş beton numuneler üzerinde yapılacak basınç dayanımı tespitinde oluşabilecek farklı durumların açıklanabilmesinde dayanak olabilecektir.

28, 56 ve 90 günlük numunelerden karot alınacakların tümünde schmidt çekici deneyleri ve ultrases hızı ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar, karot numunelerin basınç dayanımları, aynı boyuttaki silindir numunelerin dayanımı, kıyas ve kontrol için 15x30 silindir numunelerin ve 15x15 karot numunelerin basınç dayanımı değerleri ile ortalamalar ve standart sapmalar çizelge 4.2’de narinliği 2 olan karotlar için, Çizelge 4.3’de narinliği 1,5 olan karotlar için, Çizelge 4.4’de de narinliği 1 olan karotlar için verilmiştir.

Çizelge 4.2 10x20 cm’lik Numunelerin Ultrases Schmidt ve Basınç Dayanımı Değerleri

Gün/Dozaj	Schmidt R	Ultrases V (km/sn)	Basınç Dayanımları (MP)			
			10x20 Karot	10x20 Silindir	15x30 Silindir	15x15 Küp
90/325	36,07	4,5	25,27	29,71	30,68	32,69
90/280	35,55	4,7	26,61	32,16	32,53	38,42
90/260	35,37	4,8	32,56	31,38	37,49	39,81
56/325	34,22	4,6	25,34	30,56	31,05	32,28
56/280	34,28	4,7	24,71	30,23	30,27	35,03
56/260	33,85	4,6	25,01	28,14	33,88	35,08
28/325	30,42	4,5	20,74	24,65	24,15	31,60
28/280	32,70	4,6	24,56	26,56	27,24	34,56
28/260	30,25	4,6	21,27	22,59	26,37	32,43
Ortalama	33,63	4,6	25,12	28,44	30,41	34,65
Standart Sapma	2,12	0,10	3,39	3,24	4,07	2,85

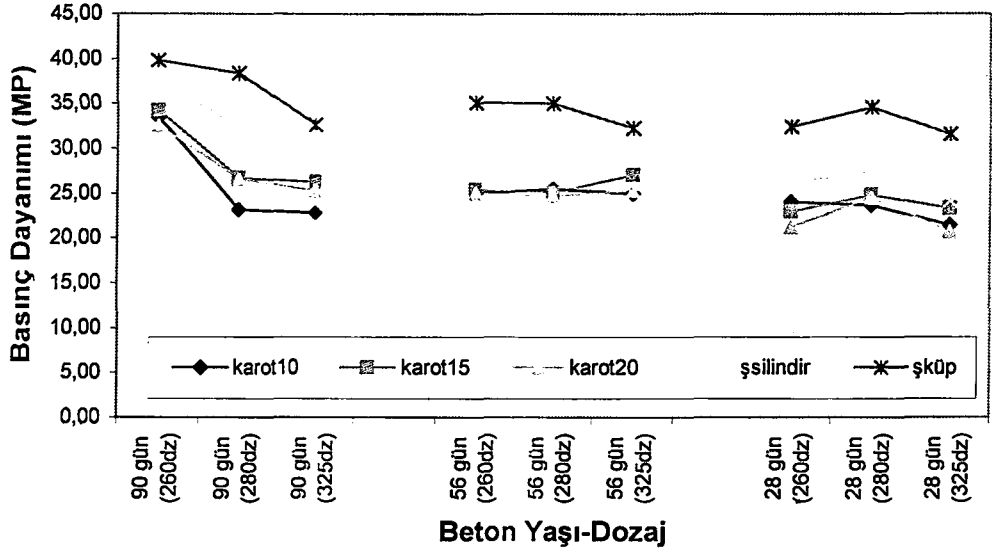
Çizelge 4.3 10x15 cm'lik Numunelerin Ultrases Schmidt ve Basınç Dayanımı Değerleri

Gün/Dozaj	Schmidt R	Ultrases V (km/sn)	Basınç Dayanımları (MP)			
			10x15 Karot	10x15 Silindir	15x30 Silindir	15x15 Küp
90/325	35,88	4,6	26,29	31,22	30,68	32,69
90/280	35,72	4,8	26,73	32,21	32,53	38,42
90/260	35,32	4,9	34,26	33,03	37,49	39,81
56/325	33,82	4,6	27,08	29,10	31,05	32,28
56/280	35,52	4,8	25,08	32,25	30,27	35,03
56/260	34,48	4,7	25,38	32,06	33,88	35,08
28/325	30,32	4,6	23,32	24,09	24,15	31,60
28/280	33,38	4,7	24,84	27,15	27,24	34,56
28/260	31,43	4,6	22,96	26,74	26,37	32,43
Ortalama	33,99	4,7	26,22	29,76	30,41	34,65
Standart Sapma	1,98	0,11	3,33	3,14	4,07	2,85

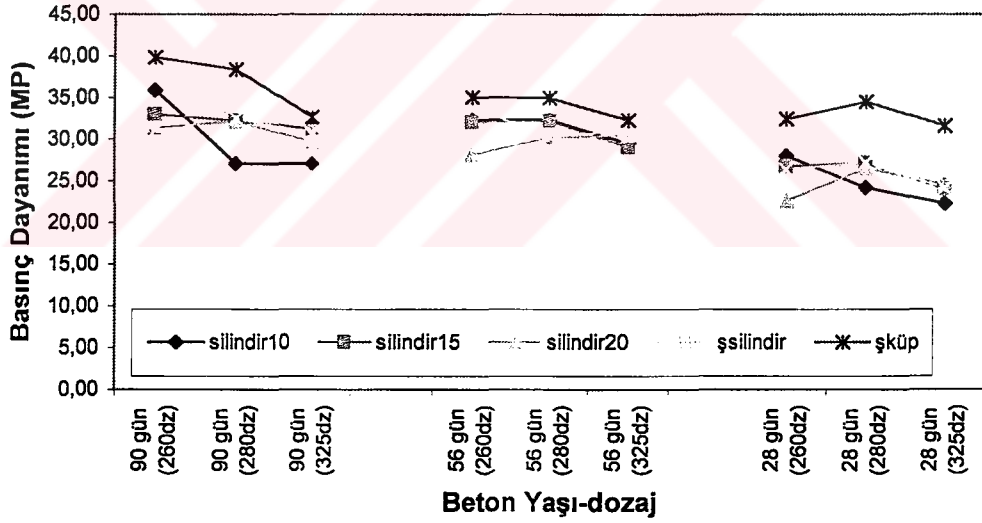
Çizelge 4.4 10x10 cm'lik Numunelerin Ultrases Schmidt ve Basınç Dayanımı Değerleri

Gün/Dozaj	Schmidt R	Ultrases V (km/sn)	Basınç Dayanımları (MP)			
			10x10 Karot	10x10 Silindir	15x30 Silindir	15x15 Küp
90/325	36,08	4,6	22,80	27,10	30,68	32,69
90/280	36,10	4,6	23,19	27,10	32,53	38,42
90/260	35,55	4,9	33,49	35,90	37,49	39,81
56/325	34,87	4,6	24,98	29,51	31,05	32,28
56/280	35,58	4,8	25,50	32,30	30,27	35,03
56/260	34,65	4,7	24,96	32,27	33,88	35,08
28/325	30,05	4,5	21,43	22,33	24,15	31,60
28/280	33,65	4,7	23,69	24,25	27,24	34,56
28/260	31,35	4,7	24,06	27,97	26,37	32,43
Ortalama	34,21	4,7	24,90	28,75	30,41	34,65
Standart Sapma	2,16	0,11	3,46	4,25	4,07	2,85

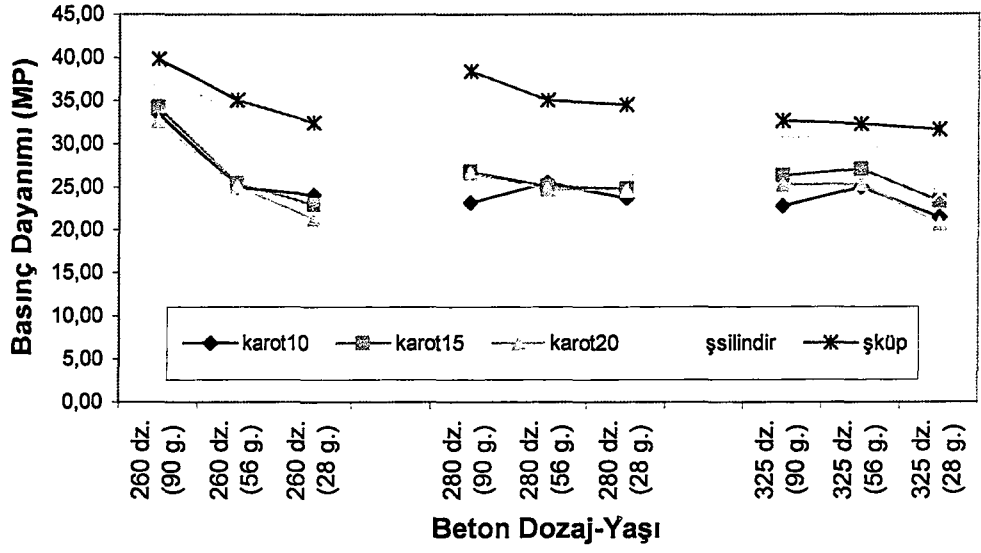
Şekil 4.4'de karot numuneler için basınç dayanımı ile beton yaşı arasındaki ilişki verilmiştir. Burada karot10 serisi 10x10 cm'lik karotları, karot15 serisi 10x15 cm'lik karotları, karot20 10x20 cm'lik karotları, şilindir 15x30 cm'lik silindir numuneleri, şküp ise 15x15 cm'lik küp numuneleri temsil etmektedir. Şekil 4.5'de silindir numuneler için basınç dayanımı ile beton yaşı arasındaki ilişki verilmiştir. Burada silindir10 serisi 10x10 cm'lik silindirleri, silindir15 serisi 10x15 cm'lik silindirleri, silindir20 ise 10x20 cm'lik silindirler numuneleri temsil etmektedir. Şekil 4.6'de karot numuneler için basınç dayanımı ile dozaj arasındaki ilişki verilmiştir. Şekil 4.7'de de silindir numuneler için basınç dayanımı ile dozaj arasındaki ilişki verilmiştir.



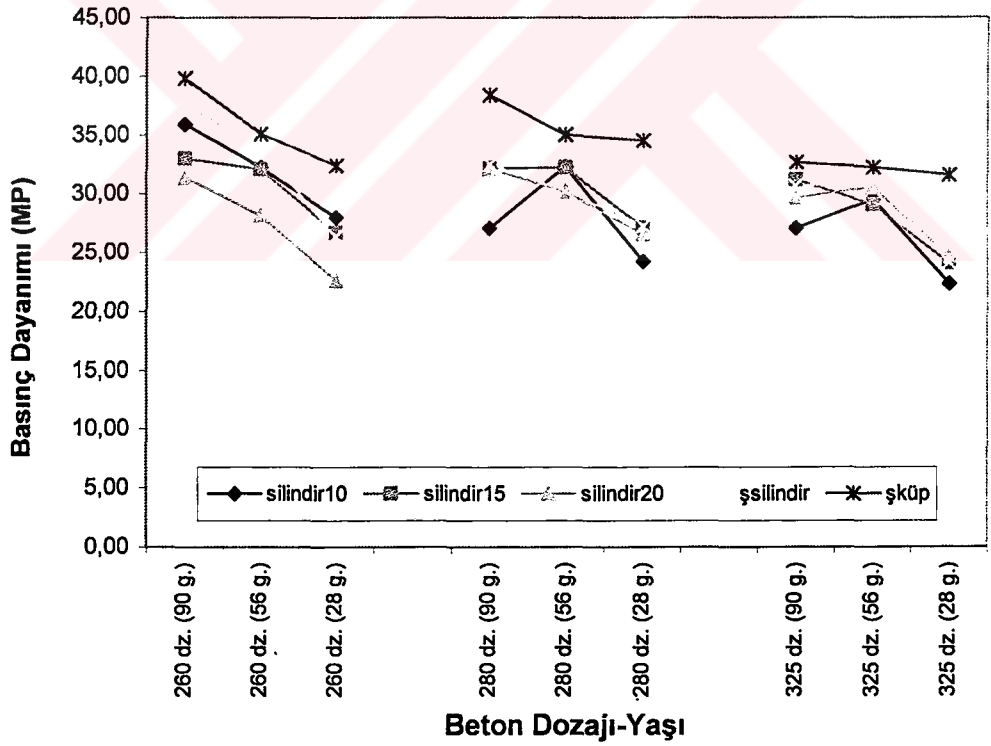
Şekil 4.4 Karot Numuneler İçin Basınç Dayanımı – Beton Yaşı/Dozaj İlişkisi



Şekil 4.5 Silindir Numuneler İçin Basınç Dayanımı – Beton Yaşı/Dozaj İlişkisi



Şekil 4.6 Karot Numuneler İçin Basınç Dayanımı –Dozaj/Beton Yaşı İlişkisi



Şekil 4.7 Silindir Numuneler İçin Basınç Dayanımı –Dozaj/Beton Yaşı İlişkisi

Deney sonuçlarıyla elde edilen basınç dayanım değerleri arasında oran kurularak, narinliği 2 olanlar için Çizelge 4.5, narinliği 1,5 olanlar için Çizelge 4.6 ve narinliği 1 olanlar için Çizelge 4.7 düzenlenmiştir. Ayrıca bu oranların ortalamaları yine ilgili olan çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelgelerden yararlanılarak Şekil 4.8’de silindir/karot oranı ile beton yaşı arasındaki ilişki grafik olarak sergilenmiştir. Şekil 4.9’da 15x30 cm’lik silindir/karotlar arasındaki oran ile beton yaşı arasındaki grafik verilmiştir. Şekil 4.10’da ise 15x15 cm’lik küp/karot arasındaki oran ile beton yaşı arasındaki ilişki verilmiştir.

Çizelge 4.5 10x20 cm’lik Karotların Diğer Numuneler İle Oranı

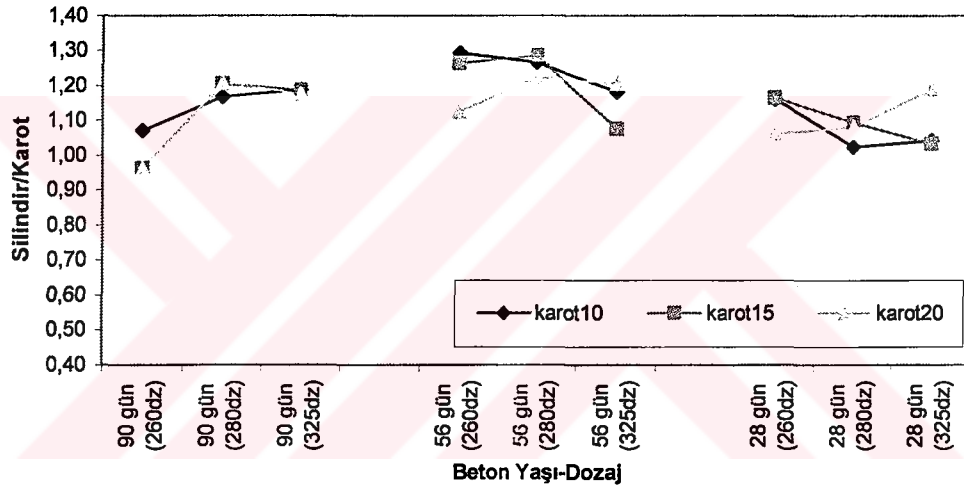
Gün/Dozaj	10x20/10x20 Silindir/Karot	15x30 /10x20 Silindir/Karot	15x15/10x20 Küp/Karot
90/325	1,18	1,21	1,29
90/280	1,21	1,22	1,44
90/260	0,96	1,15	1,22
56/325	1,21	1,23	1,27
56/280	1,22	1,22	1,42
56/260	1,13	1,35	1,40
28/325	1,19	1,16	1,52
28/280	1,08	1,11	1,41
28/260	1,06	1,24	1,52
Ortalama	1,14	1,21	1,39

Çizelge 4.6 10x15 cm’lik Karotları Diğer Numuneler İle Oranı

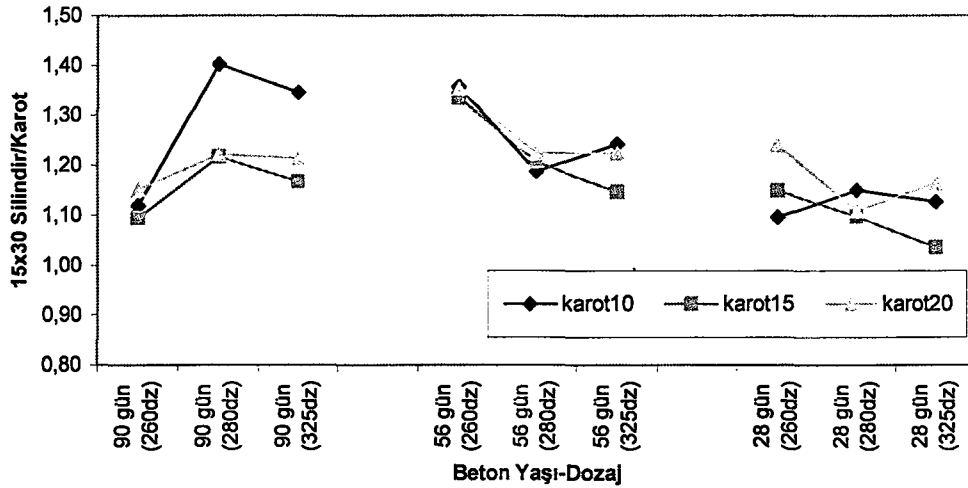
Gün/Dozaj	10x15/10x15 Silindir/Karot	15x30 /10x15 Silindir/Karot	15x15/10x15 Küp/Karot
90/325	1,19	1,17	1,24
90/280	1,21	1,22	1,44
90/260	0,96	1,09	1,16
56/325	1,07	1,15	1,19
56/280	1,29	1,21	1,40
56/260	1,26	1,33	1,38
28/325	1,03	1,04	1,35
28/280	1,09	1,10	1,39
28/260	1,16	1,15	1,41
Ortalama	1,14	1,16	1,33

Çizelge 4.7 10x10 cm'lik Karotları Diğer Numuneler İle Oranı

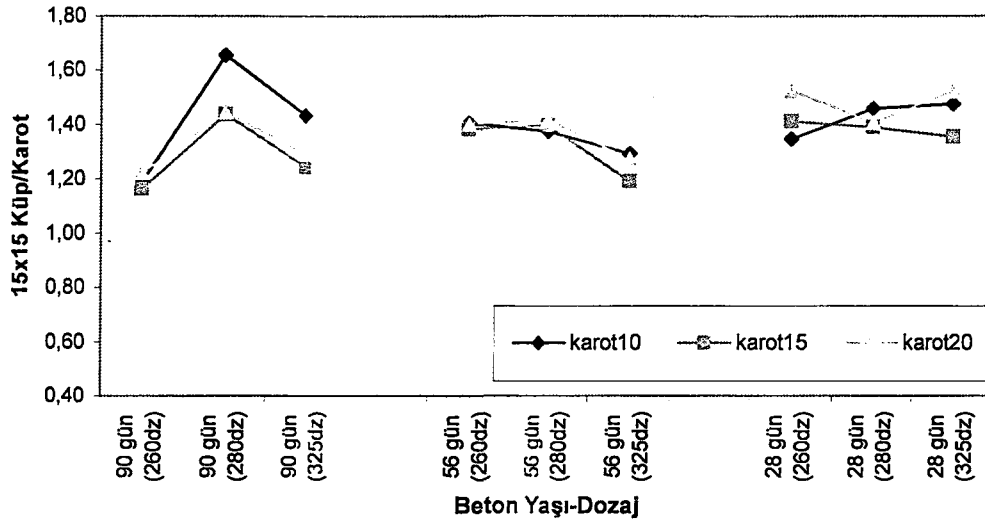
Gün/Dozaj	10x10/10x10 Silindir/Karot	15x30 /10x10 Silindir/Karot	15x15/10x10 Küp/Karot
90/325	1,19	1,35	1,43
90/280	1,17	1,40	1,66
90/260	1,07	1,12	1,19
56/325	1,18	1,24	1,29
56/280	1,27	1,19	1,37
56/260	1,29	1,36	1,41
28/325	1,04	1,13	1,47
28/280	1,02	1,15	1,46
28/260	1,16	1,10	1,35
Ortalama	1,16	1,23	1,40



Şekil 4.8 Silindir/Karot Oranları İle Beton Yaşı Arasındaki İlişki



Şekil 4.9 15x30 Silindir/Karot Oranları İle Beton Yaşı Arasındaki İlişki



Şekil 4.10 15x15Küp/Karot Oranları İle Beton Yaşı Arasındaki İlişki

Literatürde genel olarak karotların basınç dayanımına etki eden unsurlara bakıldığında bunlardan bir tanesi karotların beton döküm yönüne dik veya paralel olması durumudur. Karotlar, betonun döküm yönünden alındığında karot basınç dayanımları, düzeltme katsayısı $K_{dog}=1,00$; döküm yönüne dik alındığında $K_{dog}=1,08$ ile çarpılır. Diğer bir etki ise karot alımı işlemi sırasında bıçaktan dolayı oluşacak örselenmedir. Örselenmeden kaynaklanan basınç dayanımı düzeltmesi $K_O = 1,06$ 'dır. Bu iki olumsuzluğun çarpımı sonucu elde edilecek düzeltme katsayısı 1,14 olacaktır. Deneyler esnasında karotlarda oluşan örselenme ve karot yönü etkisini belirleyebilmek için karotlarla aynı boyutlara sahip silindir numuneler üretilmiştir. Bu numunelerin karot numunelerden farkı, basınç dayanım değerlerinin döküm yönünden ölçülmesi ve bıçak etkisine maruz kalmamış olmalarıdır. Çizelge 4.5'de 10x20 cm'lik silindirler ile 10x20 cm'lik karotlar arası oranların ortalamasına baktığımızda K_{dog} ile K_O katsayılarının çarpımı olan 1,14 değeri elde edilmiştir. Aynı sonuç Çizelge 4.6'da 10x15 cm'lik silindir numuneler ile 10x15 cm'lik karot numunelerinin oranlarının ortalamasından da elde edilmiştir. Fakat bu oran Çizelge 4.7'deki 10x10 cm'lik numuneler arasında 1,16 olarak elde edilmiştir. 10x10 cm'lik numunelerin diğer ölçüdeki numunelerden tek farkı narinliğin 1'e indirilebilmesi için kesilmesidir. Bu noktada

bir olumsuzluk parametresi olarak boy kesme işleminden oluşan örselenme katsayısı olacaktır. Bu örselenmenin değeri 1,02 civarındadır.

Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de oranların ortalamasından elde edilen araştırma sonuçlarında olduğu gibi örselenme ve karot yönünden kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlayabilmek için deney içeriğindeki diğer değişkenler olan dozaj ve beton yaşı etkilerinin araştırılması gerektiğinden Çizelge 4.8’de silindir/karot oranlarının dozajlara ilişkin verileri kullanılarak varyans çözümlemesi yapılmış, sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir. Dozajın etkisinin olabilmesi için tablodan okunan F-kritik değerinin F-gözlem değerinden büyük olması gerekir(Hicks 1994).

Çizelge 4.8 Numune Dozajlarına İlişkin Veriler

Dozajlar		
325dz.	280dz.	260dz.
1,18	1,21	0,96
1,19	1,21	0,96
1,19	1,17	1,07
1,21	1,22	1,13
1,07	1,29	1,26
1,18	1,27	1,29
1,19	1,08	1,06
1,03	1,09	1,16
1,04	1,02	1,16

Çizelge 4.9 Numune Dozajlarına İlişkin Varyans Çözümlemesi

Kaynak	sd	KT	KO
Dozajlar arası hata	2	0,014	0,007
Dozajlar içi yada hata	24	0,219	0,009
Genel	26	0,233	

$$F_{2,24} = \frac{0,007}{0,009} = 0,796$$

$F_{2,24}$ için tablodan okunan kritik değer %95 için 19,5 dir. Tabloda okunan değer hesapta bulunan değerden büyük olduğu için hipotez reddedilir. Yani Dozajın oranlar üzerinde etkisi yoktur. Aynı işlem Beton yaşının oranlar üzerinde etkisi olup olmadığının araştırılması için Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’den yararlanılarak yapılmıştır.

Çizelge 4.10 Numune Beton Yaşlarına İlişkin Veriler

Beton Yaşları		
90 Gün	56 Gün	28 Gün
1,18	1,21	1,19
1,19	1,07	1,03
1,19	1,18	1,04
1,21	1,22	1,08
1,21	1,29	1,09
1,17	1,27	1,02
0,96	1,13	1,06
0,96	1,26	1,16
1,07	1,29	1,16

Çizelge 4.11 Numune Beton Yaşlarına İlişkin Varyans Çözümlemesi

Kaynak	sd	KT	KO
Denemeler arası hata	2	0,071	0,035
Denemeler içi yada hata	24	0,163	0,007
Genel	26	0,233	

$$F_{2,24} = \frac{0,035}{0,007} = 5,16$$

$F_{2,24}$ için tablodan okunan değer %95 için 19,5 dir. Tabloda okunan değer hesapta bulunan değerden büyük olduğu için hipotez reddedilir. Yani beton yaşının orantılar üzerinde etkisi yoktur. Sonuç olarak Aynı boyuttaki silindirler ile karotların orantısında ortaya çıkan sonuçlar dozaj ve beton yaşından bağımsızdır.

Daha öncede belirtildiği gibi yapıda sertleşmiş betondan alınan karotlar üzerinde yapılan merkezi basınç deneylerinin amacı, yapıdaki betonun o andaki dayanımını aynı koşullarda saklanan aynı yaştaki standart numune dayanımı cinsinden belirlemektir. Teknik literatürde bu konuda yapılan çalışmalarda Bahadır (1984), yaptığı deneysel çalışmada f_{gs} standart silindir dayanımı cinsinden tanımlanan gerçek dayanımı, f_k karot dayanımını göstermek üzere; korelasyon katsayısı 0,998 olan (3.1) bağıntısını geliştirmiştir. Yalnız bu bağıntı 5 MP – 30 MP arasında standart silindir dayanımları için geçerlidir.

$$f_{gs} = 1,27 \times f_k - 1,536 \quad (3.1)$$

Lewis vd. (1969), çalışmaları sonucu karot dayanımlarının standart silindir dayanımlarından daha düşük olduğunu ve gerçek dayanım arttıkça karot dayanımlarının giderek azaldığı sonucuna varmış ve 14 MP düzeyi için (3.2) ve 42 MP düzeyi için (3.3) bağıntısını ortaya koymuşlardır.

$$f_{gs} = 1,11 \times f_k \quad (3.2)$$

$$f_{gs} = 1,52 \times f_k \quad (3.3)$$

Smitter (1974), şantiye koşullarında saklanan elemanlardan aldığı 75 x150 mm boyutlu karotların, aynı koşullarda saklanan 150x300 mm boyutlu standart silindirlere göre daha düşük dayanım verdiğini ve bu iki numune dayanım oranının 13,7 MP Standard silindir dayanımı için (3.4); 34,2 MP standart silindir dayanımı için ise (3.5) bağıntılarındaki gibi olduğunu iddia etmiştir(Durmuş 1996).

$$f_{gs} = 1,03 \times f_k \quad (3.4)$$

$$f_{gs} = 1,22 \times f_k \quad (3.5)$$

Bu noktada Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'deki standart silindir/karot orantılarının ortalamalarına ve Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de yer alan basınç dayanım değerlerine dayanarak 28 MP ile 33 MP arasındaki standart silindir dayanımları için (3.4) bağıntısı önerilmiştir.

$$f_{gs} = 1,2 \times f_k \quad (3.4)$$

Petersons (1968), çeşitli araştırmacıların sonuçlarını da dikkate alarak yapıdan alınan karot dayanımı, potansiyel küp dayanımına oranının standart küp dayanımı 25 MP olan beton için (3.5); 60 MP olan betonlar için ise (3.6) bağıntılarındaki gibi olduğunu ifade etmiştir(Durmuş 1996). Yapılan deneysel çalışmalar sonucu ise biz yerinde küp dayanımı $f_{y,küp}$ 'ü elde edebilmek için küp dayanımı 34 MP ile 37 MP arasında olan betonlarda karot narınlığı 2 olanlar için (3.7); narınlığı 1,5 olanlar için (3.8) ve narınlığı 1 olanlar için (3.9) bağıntıları önerebiliriz.

$$f_{pküp} = 1,05 \times f_k \quad (3.5)$$

$$f_{pküp} = 1,43 \times f_k \quad (3.6)$$

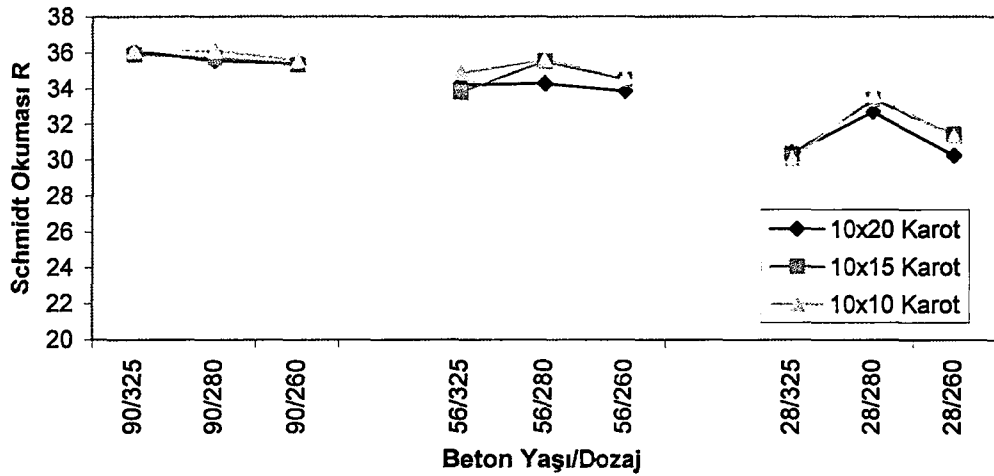
$$f_{y,küp} = 1,39 \times f_k \quad (3.7)$$

$$f_{y,küp} = 1,33 \times f_k \quad (3.8)$$

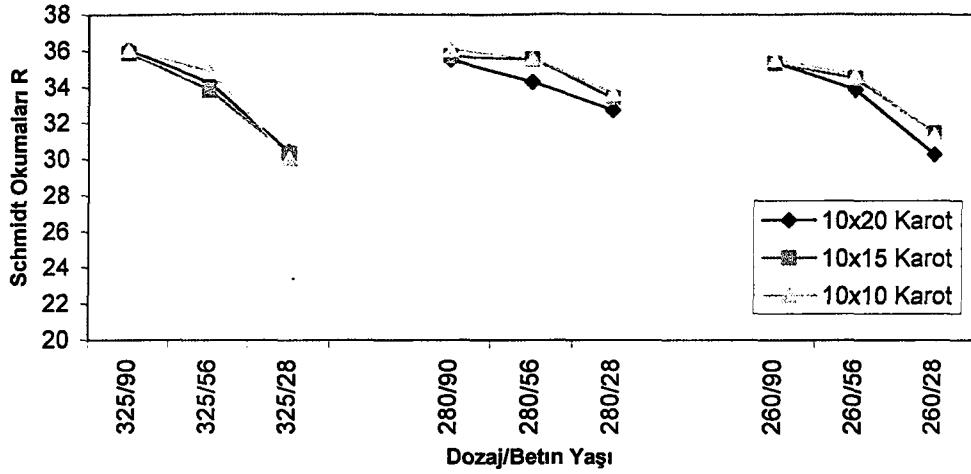
$$f_{y,küp} = 1,40 \times f_k \quad (3.9)$$

Tahribatlı yöntemler binaların sınırlı bölgesinde uygulanabilirler. Binanın genelinde beton dayanımı hakkında daha geniş bir bilgiye sahip olabilmek için uygulaması daha kolay ve yapı için zararsız olan schmidt çekici ve ultrases yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu yöntemler yapılarda karot işlemi yapılmadan uygulandığında güvenilir sonuçlar vermemektedir.

Schmidt okuma değerleri, alet üzerinde verilmiş grafiklerden yararlanılarak betonun basınç dayanımını vermektedir. Oysa elde edilen bu değer ölçüm yapılan alanın beton basınç dayanımı değil; sadece 1-2 cm'lik yüzeye ait dayanım değerleridir. Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de Schmidt çekici sonuçlarının beton yaşı ve dozajla olan ilişkisi verilmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi schmidt sonuçları erken yaşlardaki betonlarda, basınç dayanımındaki değişmelere duyarlıdır. Schmidt sonuçları, beton yaşı büyüdükçe doğal olarak artmaktadır; fakat dayanım değerleri arasındaki farklara hassasiyeti azalmaktadır.

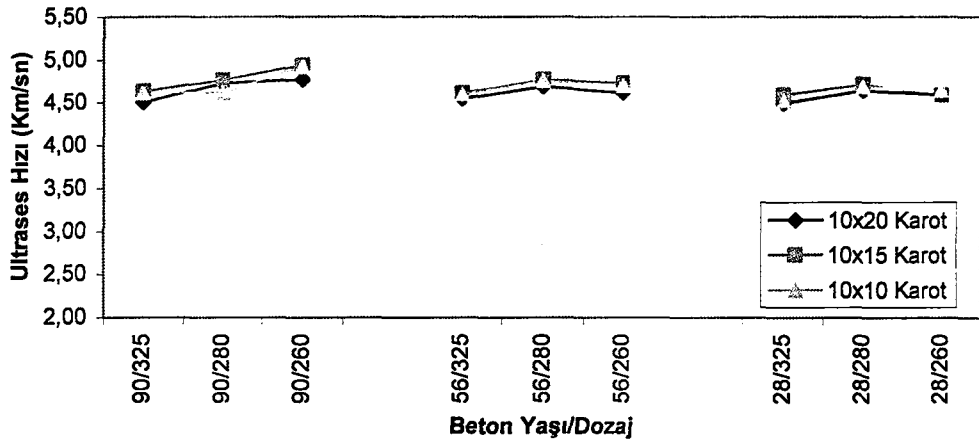


Şekil 4.11 Beton Yaşı - Schmidt Okumaları Arasındaki İlişki



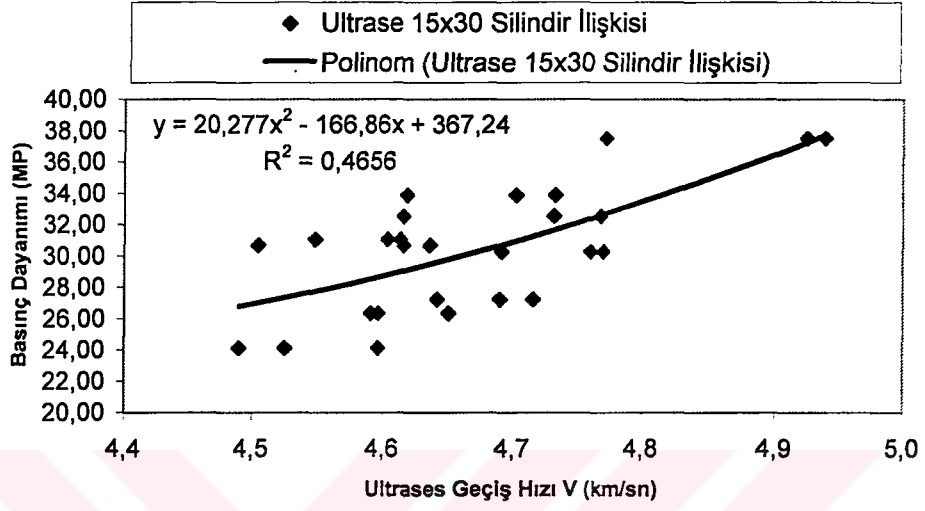
Şekil 4.12 Beton Dozajı - Schmidt Okumaları Arasındaki İlişki

Ultras ses hızı sonuçları bize betonun basınç dayanımı hakkında direk bir bilgi vermez. Ultras ses sonuçlarına bakarak beton kalitesi hakkında iyi - kötü gibi bir fikir elde ederiz. Direk basınç dayanımlarının elde edilebilmesi için çeşitli ampirik ifadeler ihtiyacı vardır. Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de ultras ses hızının beton yaşı ve dozajla olan ilişkisi verilmiştir. Sonuçlar beton kalitesinin iyi olduğunu teyit etmektedir; fakat dayanım değerleri arasındaki değişim karşı duyarlı değildir. Ultras ses sonuçları incelendiğinde beton yaşının sonuçlarda belirgin bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir. Fakat su/çimento oranının sabit olmasından dolayı dozajın sonuçları etkilediği görülmektedir. Dozaj arttıkça ultras ses hızı değerleri düşüş göstermektedir.



Şekil 4.13 Beton Yaşı - Ultras ses Hızı Arasındaki İlişki

Şekil 4.15’de karot alınan numuneler üzerinde yapılan ultrases hızı ölçüm değerleri ile standart silindir numuneler arasında korelasyon kurularak ikinci dereceden bir denklem elde edilmiştir.



Şekil 4.15 Ultrases Hızı – Basınç Dayanımı İlişkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde deprem riski yüksek olan bölgelerdeki mevcut yapı stokunun büyüklüğü ve ülkemizin ekonomik şartları göz önüne alındığında, tüm binaların deprem güvenliğini araştırmak üzere detaylı yapısal çözümler yapılmasının pratik olarak mümkün olmadığı açıktır. Bu nedenle binaların deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesini sağlayacak yöntemler kullanılmalıdır.

Mevcut yapıların deprem güvenliğini hızlı şekilde tahmin edebilmek için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin Türkiye koşullarında kullanılabilmesi için kalibrasyonlarının yapılması gerekir. Bu işlem için yapı stokunun niteliği, inşaat kültürü ve ülkenin ekonomik durumu göz önüne alınmalı; seçilen yöntem mevcut bir çok yapıya uygulanmalı ve gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken iki nokta büyük önem taşımaktadır. Bunlardan birincisi, kabul edilecek deprem güvenliği düzeyi. Diğeri ise hızlı değerlendirme yöntemlerinin verdiği sonuçlar ile yapısal çözümlerle elde edilen sonuçların ilişkisidir.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinin verdiği sonuçlar ile yapısal çözümlerle elde edilen sonuçların ilişkisi, hızlı değerlendirme yöntemlerinin verdiği sonuçların sağlıklı olarak yorumlanabilmesi için büyük önem taşımakla birlikte ülkemizdeki tipik yapılar için bu konuda yeterli veri birikimi olduğunu söylemek mümkün değildir.

Hızlı değerlendirmenin ardından çıkan sonuçlara göre öncelikli yapılar belirlenir ve bu yapılarda detaylı incelemeler yapılır. Detaylı incelemelerde yapıya ait projelere ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın giderilmesi için rölöve çalışmaları yapılır. Yapıyı yeniden modellemek için gerekli tüm detaylar mimari rölövede, taşıyıcı sistem rölövesinde ve hasar rölövesinde ortaya konulmalıdır. Bu işlerin hızlı yapılabilmesi için gelişmiş teknolojilere öncelik verilmelidir.

Donatı tespiti işleminde tahribatsız bir yöntem olan paspayı ölçer cihazlarının kullanılması tercih edilmelidir. Fakat donatı çapının belirlenmesinde yetersiz

kalan bu cihazların kalibrasyonuna özen gösterilmeli ve birkaç betonarme elemanda paspayı örtüsü ölçüldükten sonra beton örtüsü kaldırılmalı ve cihazın doğruluğu teyit edilmelidir.

Kiriş mesnet kesitlerindeki donatıların tespiti zor olduğundan bu noktalarda minimum donatı koşulları kabul edilmeli; hiç değilse en az düşey yükler altında bulunması gereken donatı miktarı hesaba alınmalıdır.

Mevcut yapılarda beton dayanımının belirlenmesinde yalnızca tahribatsız yöntemlerin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Ultrases hızı ve schmidt çekici gibi yöntemlerin sonuçlarının yapı bileşenlerinden alınacak karot numunelerinin basınç dayanımları ile korelasyon kurulup regrasyon analizi yapılarak değerlendirilmesiyle beton dayanımı hakkında daha gerçekçi bilgi sahibi olunabilir. Yapının bütünü için karot ve tahribatsız yöntem sonuçlarına göre belirlenen yerinde ve potansiyel küp dayanımlarından yararlanılarak, mevcut yapı bileşenlerinin betonarme kesit hesabı için betonun karakteristik basınç dayanımı f_{ck} , potansiyel küp dayanımı 1,25'e bölünerek bulunan değeri, beton malzeme katsayısı ise potansiyel küp dayanımı/yerinde küp dayanımı oranına bağlı olarak 1,3 alınması gerçekçi yaklaşım açısından daha uygun olacaktır.

Karotların dayanımı aynı boyuttaki silindir numunelerin dayanımından düşük olmaktadır. Bu durum karot almada kesme etkisine ve beton döküm yönüne atfedilebilir.

Karot alınan numunenin şekil ve boyutları karot dayanımını etkilemektedir.

Deprem dayanımının belirlenmesinde en önemli parametrelerden biride zemin özellikleridir. Yapı modellemesinin ve deprem analizlerinin yapılabilmesi için yerel zemin koşullarının bilinmesi gerekir. Bunun yanında bazı yaklaşımların rahatlıkla uygulanabilmesi için probabilistik ve deterministik haritalara ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaçlarda ada ve parsel bazında hazırlanacak sismik mikrobölgeleme

haritalarıyla giderilebilir. Bu haritaların hazırlanmasında ise görev yerel yönetimlere düşmektedir.

Bir statiker için gerekli olan zemin parametrelerinin belirlenmesinde yetki ve sorumluluklar noktasında yaşanan tartışmalara bir son verilmeli ve değişik disiplinlerin ortak çalışmaları sonucu verimli zemin etüt raporları hazırlanmasına çalışılmalıdır.

Detaylı incelemeler sonucu yapılacak olan analizde elde edilen mevcut beton dayanımı, donatı miktarı ve zemin özellikleri kullanılacağından bu bilgilerin doğruluğu büyük önem taşır.



6. KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1998, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- ABYYHY, 2005, "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Taslak, Ankara.
- Akçay, B., 2000, "İstanbul Binalarında Karot Yardımıyla Beton Nitelik Denetimi", Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Aksu, H., H., 2003, "Zemin Taşıma Gücü Katsayılarını Ve İçsel Sürtünme Açısının Kayma Dalgası Hızıyla Bulunması", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Allred, C. J., 1998, "NDT-Electronic Concrete Covermeters", Lecture Notes For Imperial College ACT Course, UK.
- Anderson, R. K., 1994, "Recording Historic Structures 8 Sites", Historic American Engineering Record, USA.
- Arioğlu, E., Arioğlu, N., 1998, "Üst Ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri Ve Değerlendirilmesi", Evrim Yayınevi, İstanbul.
- ATC-21, 1989, "Rapid Visual Screening Of Buildings For Potential Seismic Hazards", Appleid Tecnology Council, USA.
- Atmaca, İ., 1994, "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Etkisindeki Davranışlarının Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- BA 35/90, 1990, "Inspection And Repair Of Concrete Highway Structures", The Highways Agency, UK.
- Bayındırlık Bakanlığı, 1982, "Yapılar İçin Temel Sondajları Teknik Şartnamesi", Bayındırlık Bakanlığı Matbaası, Ankara.
- Boduroğlu, H. M., Özdemir, P., İlki, A., Sırın, S., Demir, C., Baysan, F., 2004, "Towards A Modified Rapid Screening Method For Existing Medium Rise RC Buildings In Turkey", 13. World Conference On Earthquake Engineering, Canada.
- Bruschini, C., 1998, "Metal Detectorsh Civil Engineering And Humanitarian Demining: Overview And Tests Of A Commercial Visualising System", LAMI-Detec, Lausanne, Switzerland.

- BS 1881 Part 204, 1988, "Recommendations On The Use Of Electromagnetic Covermeters", British Standart, UK.
- Celep, Z., 2001, "Mevcut Binaların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi Ve Güçlendirilmesi", Mevcut Yapıların Deprem Yüklerine Karşı Güçlendirilmesi Ve Çıkmalı Binalardaki Sorunlar Sempozyumu, İstanbul, 05 Temmuz 2001.
- Celep, Z., Kumbasar, N., "Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", İstanbul.
- Cevher, M., Avdan, F., Özkul, İpek, Keçeli, A., 2003, "17 Ağustos 1999 Depreminde İzmit Büyükşehir Belediyesi Sınırlarındaki Hasar Dağılımı Ve Bölgesel Zemin Etüdlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar", Deprem Sempozyumu 2003, Kocaeli.
- Çetin, Ö., K., Unutmaz, B., 2004, "Zemin Sıvılaşması Ve Sismik Zemin Davranışı", Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 430, Ankara.
- Çinicioğlu, S., F., Bozbey, İ., M., K., 2003 A, "Hasar Risk Değerlendirme Çalışmalarında Zemin Özelliklerinin Etki Seviyesi", Deprem Sempozyumu 2003, Kocaeli.
- Çinicioğlu, S., F., Öztoprak, S., Keleşoğlu, M., K., 2003 B, "Yerleşime Uygunluk Haritalarında Gerekliklik Ve Yeterlilik Ölçütlerinin Tartışılması – Farklı Bölgelerden Örnekler", Deprem Sempozyumu 2003, Kocaeli.
- Dabakoğlu, R., 2004, "Onarım Ve Güçlendirme Proje Kriterleri", Proteknik İnşaat, Kocaeli.
- Demir, H., 1999, "Depremlerden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi", Emlak Bankası Yayınevi, 2. Baskı, İstanbul.
- Durmuş, M., 1996, "Yük Geçmişi Ve Donatının Beton Karot Numune Dayanımı Üzerindeki Etkiler", KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Erdik, M., Durukal, E., Siyahi, B., Fahjan, Y., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M., Akman, H., 2003, "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yer Hareketinin Belirlenmesi", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26 – 30 Mayıs 2003, İstanbul.
- Erdoğan, Y., T., 2003, "Beton", Metu Pres, Ankara.
- Ergun, U., Özkan, Y., Önalp, A., Keçeli, A., 2005, "Parsel Bazında Zemin – Temel Etüdlere Ve Zemin İyileştirme İşleri Hakkında Yönetmelik Taslağı Ön Raporu", Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Ergün, A., 2003 “İnşaat Laboratuvar Deneyleri –Betonarme Yapılarda Sertleşmiş Betonun Basınç Dayanımının Ve Taşıyıcı Elemanlarında Donatı Miktarının Tespiti-“, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Fischli, M., 2005, ”Cheching Concrete Cover During Construction”, Procecco, Switzerland.
- Gel, K.M., 2003, “Betonarme Yapılarda Donatıların Korozyonu Ve Su Yalıtımı”, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 427, Ankara.
- Güner, A., 2003, “Yerinde Beton Ve Donatı Niteliğinin Belirlenmesi”, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim Seminerleri, İstanbul.
- Hicks, C., R., 1994, “Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler”, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- IDMP, 2003, “İstanbul İçin Deprem Master Planı”, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- İlhan, İ., 2000, “Beton (Schmidt) Çekici Ne İşe Yarar”, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 410, Ankara.
- İlhan, İ., 2003, “Beton Karot Numunesi Alımı”, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 423, Ankara.
- İlki, A., Boduroğlu, H., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C., Şirin, S., 2003, “Mevcut Ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi Ve Yapısal Çözümlene Sonuçlarının Karşılaştırılması”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- Kasımzade, A.,A., Karaca, Z., Sönmez, B., 2005, “Ön Sismik Değerlendirmede Japon Sismik İndeks Yönteminin Lise Binalarında Uygulanması Özellikleri”, Deprem Sempozyumu 2005, 23 – 25 Mart 2005, Kocaeli.
- Kaynak, U., 2002, “Bir Güçlendirme Yöntemi – Sismik Retrofit”, <http://www.binadoktoru.com>.
- Keçeli, A., 2000, “Sismik Yöntemlerle Kabul Edilebilir Veya Emniyetli Taşıma Kapasitesi Saptanması”, Jeofizik, Eğitim Yayınları, Ankara.
- Keçeli., A., 1999, “Deprem Hasarlarını En Aza İndirmek İçin Jeofizik Mühendisliği Zemin Etüdü İlkeleri”, Jeofizik Eğitim Yayınları, Ankara.
- Koçak, A.,2003, ”17 Ağustos 1999 Körfez Ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Sonrası Marmara Bölgesinde Betonarme Binaların Onarım Ve Güçlendirilmesinde Yapılan Hatalar”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 26-30 Mayıs 2003.

- Kumbasar, N., 2003, ‘‘Betonaarme Elemanlarda Donatı Dzenleme’’, Seminer Notları, İstanbul.
- Kültür Bakanlığı, 1983, ‘‘21.07.1983 Tarihli 2863 Sayılı Korunması Gerekli Kültür Varlıklarının Röleve-Restitasyon-Restorasyon Hizmetleri Şartnamesi’’, Kültür Ve Turizm Bakanlığı, Ankara.
- NEA / CSNI / R(2002)21, 2002, ‘‘Electrochemical Techniques To Detect Corrosion In Concrete Structures In Nuclear Installations Technical Note’’, Nuclear Energy Agency Committee On The Safety Of Nuclear Installations, UK.
- Önalp, A., Özturan, T., Özden, Ş., Beyen, K., 2003, ‘‘Deprem Bölgelerinde Parsel Bazında Geoteknik Rapor Hazırlanması Ve Yorumlanmasına Dair Esaslar: Öneri’’, Deprem Sempozyumu 2003, Kocaeli.
- Özcebe, G., 2004, ‘‘Deprem Güvenliğinin Saptanması İçin Yöntemler Geliştirilmesi’’, TÜPİTAK, İÇTAG YMAÜ İ574 Numaralı Araştırma Projesi, Ankara.
- Özku, M., H., 2000, ‘‘Yapılarda Beton Kalitesinin Belirlenmesi’’, İMO İstanbul Şubesi Meslek İçi Seminerleri, İstanbul.
- Şimşek, J., 2002, ‘‘Sismik Kırılma Verilerini Değerlendirme Yöntemleri Ve Bunların Antalya Merkez İlçe Hisarçandır Köyü Yapılaşma Alanına Uygulanması’’, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- TDY, 1975, ‘‘Türkiye Deprem Yönetmeliği’’ Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Tikalsky, P., J., 29.04.2004. ‘‘What Is NDT?’’, Penn State University, <http://www.engr.psu.edu>.
- TS 706 EN 12620, 2003, ‘‘Beton Agregaları’’, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 1500, 2000, ‘‘İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması’’, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 1900, 1987, ‘‘İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri’’, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 1901, 1975, ‘‘İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları İle Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri’’, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3260/Eylül 1978, ‘‘Beton Yüzey Sertliği Yolu İle Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı’’, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 5744, 1988, “İnşaat Mühendisliğinde Temel Zemini Özelliklerinin Yerinde Ölçümü”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 10465/Kasım 1992, “Beton Deney Metotları Yapı Ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması Ve Basınç Mukavemetinin Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-2, 2002, “Beton -Taze Beton Deneyleri- Bölüm:2 Çökme Deneyi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-6, 2002, “Beton -Taze Beton Deneyleri- Bölüm:6 Yoğunluk”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-7, 2002, “Beton -Taze Beton Deneyleri- Bölüm:7 Hava İçeriğinin Tayini –Basınç Metotları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

UDK, 2002, “Deprem Zararlarını Azaltma Stratejisi”, Ulusal Deprem Konseyi, Ankara.

Uzundurukan, S., 2001, “İnce Taneli Zeminlerin Bazı Geoteknik Özelliklerinin SPT Ve DPT Verilerine Bağlı Ampirik İfadeler İle Tespitine Yönelik Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Web1, [http:// www.mg-assoc.co.uk/cover.htm](http://www.mg-assoc.co.uk/cover.htm).

Web2, 2005, “Zeminlerin Tanımlanmasında Ve Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Deneyler”, <http://www.gençbilim.com>

Yüzer, N., 2003, “Betonarme Yapılarda Korozyon Ölçüm Yöntemleri Ve Hasar Tespiti”, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 426, Ankara.

Zorluer, İ., 2003, “İleri Zemin Mekaniği Ders Notları”, Yüksek Lisans Dersi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın yűrűtűlmesi esnasında bűyűk bir sabır gűstererek, yardımlarını ve ilgisini esirgemeyen, çok deęerli danıőman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÖN'e,

Çalıőmalarım boyunca maddi ve manevi olarak tűm gűcűyle desteęini gűsteren çok kıymetli eőime ve aileme,

Çok deęerli Yapı Eęitimi Bűlűmű Őđretim Őyeleri ve Elemanlarına teőekkűr ederim.

Gűkhan KÖRKLÖ

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Ankara'da doğdu. İlkokulu Ankara Göktürk İlköğretim okulunda, ortaokulu Marmaris Kenan Evren İlköğretim Okulu'nda, liseyi Ankara Yapı Meslek Lisesi'nde okudu. 2001 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Öğretmenliğini Bölümü'nden mezun oldu. Vatani görevini Kars'ın Sarıkamış İlçesinde 2002 yılı Temmuz ayında tamamladı. 2002 yılı Ağustos ayında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Öğretmenliği Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen aynı görevi sürdürmektedir. Yabancı dili İngilizce'dir. Evlidir.

