

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

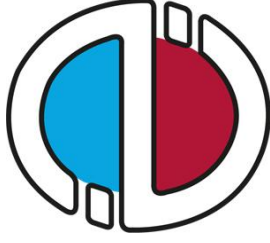
**BİLECİK İLİNDE BULUNAN ÖZEL VE KAMU
YAPILARINDAKİ BETON KALİTESİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

**Emre AKDAĞ
Yüksek Lisans Tezi**

**Tez Danışmanı
Yrd.Doç. Dr. Cenk KARAKURT**

BİLECİK, 2015

Ref.No:10063702



ANADOLU UNIVERSITY



**BILECIK ŞEYH EDEBALI
UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences
Civil Engineering**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CONCRETE
STRENGTH OF THE PERSONAL AND PUBLIC
STRUCTURES IN BILECIK PROVINCE**

**Emre AKDAĞ
Master's Degree**

**Advisor
Yrd.Doç.Dr.Cenk KARAKURT**

BILECIK, 2015



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI

YÜKSEK LİSANS

JÜRİ ONAY
FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nuntarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından tarihinde tez savunma sınavı yapılan Emre AKDAĞ'ın "Bilecik İlinde Bulunan Özel ve Kamu Yapılarındaki Beton Kalitesinin Deneysel Olarak İncelenmesi" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Cenk KARAKURT

ÜYE : Prof. Dr. Ahmet TUNCAN

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Mehmet CANBAZ

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

TEŐEKKÖRLER

Tez çalıőmam boyunca bilgisini ve desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Cenk KARAKURT'a, çalıőmalarımda büyük yardımları bulunan eőim Melike AKDAĞ' a, kuzenim Muhammet YEŐİLÖZ'e, Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi İnaaat Mühendisliği Bölüm hocalarıma ve maddi manevi her türlü desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme teőekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Ülkemizde bulunan yapı stoğunun büyük çoğunluğu betonarme sistemle üretilmiştir. Benzer durum Bilecik ili içinde söz konusudur. Hazır beton kullanımı, bilinçsiz ve denetimden yoksun yapıldığında betonun dayanımını olumsuz etkilemektedir. Bu araştırma ile Bilecik ilinde bulunan 2000 yılından önce inşa edilmiş eski yapıların ve 2000 yılından sonra inşa edilmiş yeni yapıların yerinde beton dayanımının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla taşıyıcı sistemleri betonarme karkas olan 36 farklı kamu ve şahsa ait özel yapılar üzerinde karot deneyleri yapılarak mevcut yapıların beton dayanımları belirlenmiştir. Yapılan çalışmada ki yapıların % 70'inin yaşları 20 ile 50 yıl arasında değişmektedir. Ayrıca bu çalışma sayesinde elle karıştırılarak hazırlanmış, beton kullanılmış yapılar ile hazır beton kullanılmış olan yapıların yerindeki beton dayanımları karşılaştırılmıştır.

Araştırmada ki yapılardan alınan karot numunelerinin % 60'ının basınç dayanımları 20 MPa'ın altında belirlenmiştir. Bunun yanında karot numuneleri üzerinde karbonatlaşma deneyi yapılarak, betonarmenin dayanım özelliğini olumsuz yönde etkileyen korozyon riskinin olası gelişimi de incelenmiştir. Araştırmada ki yapılarından alınan karot numunelerinin % 40'ının karbonatlaşma derinliğinin 40 mm'den fazla olduğu, %30'unda karbonatlaşmanın hiç olmadığı belirlenmiştir.

Deney sonuçlarından; elle şantiyede üretilen beton kullanılmış yapıların beton dayanımlarının, hazır betonlu yapılara kıyasla daha düzensiz olduğu belirlenmiştir. 2000 yılından önce inşa edilen eski yapıların su emme oranlarının en küçük ile en büyük oranının % 50 fark gösterdiği de sonuçlardan görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Karot numunesi, Fiziksel Özelik, Basınç dayanımı, Karbonatlaşma

ABSTRACT

In our country, the majority of the building stock is manufactured with reinforced concrete system. There is a similar situation in Bilecik. The use of ready-mixed concrete's strength values can be affected negatively when it used unconsciously, and without proper control. The aim of this study is to determine the in place concrete strength of structures constructed before and after 2000. For this reason 36 different public and private reinforced concrete structures were investigated with core drilling method in order to determine the physical and mechanical properties of placed concrete. In this research, 70 % of the buildings are between ages 20 and 50 years. In addition, the comparison of hand mixed and ready mixed concrete in place strength values were performed.

In this study, approximately 60 % of the core specimen's strength values were found that lower than 20 MPa. Furthermore carbonation test was performed on core specimens in order to obtain the carbonation depth and corrosion risk of the reinforced concrete structures. Carbonation test results showed that the 40 % of core samples taken from the premises of the carbonation depth is greater than 40 mm and 30 % of the specimens showed no carbonation depth.

According to test results; the hand mixed concrete used structures strength properties were more irregular than ready mix concrete used structures strength results. Also the water absorption test results showed that the concrete structures produced before 2000 50 % result difference was found.

Keywords: Concrete, Concrete core, Physical properties, Compressive strength, Carbonation

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------------|
| JÜRİ ONAY SAYFASI | |
| TEŞEKKÜRLER | |
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | iv |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Çalışmanın Amacı | 3 |
| 1.2. Çalışmanın Kapsamı..... | 4 |
| 1.3. Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar | 6 |
| 2. YAPILARIN KALICILIĞI | 9 |
| 2.1. Fiziksel Kalıcılık Sorunları | 10 |
| 2.1.1. Aşınma,erozyon ve kavitasyon | 10 |
| 2.1.2. Sertleşmiş betonda donma-çözülme olayı..... | 11 |
| 2.1.3. Yüksek sıcaklığın betona etkisi..... | 12 |
| 2.2. Kimyasal Kalıcılık Sorunları..... | 13 |
| 2.2.1. Sertleşmiş çimento bileşenlerinin hidrolizi ve yıkanması..... | 14 |
| 2.2.2. Betona asitlerin etkisi | 14 |
| 2.2.3. Magnezyum iyonu içeren çözeltilerin kimyasal saldırıları | 15 |
| 2.2.4. Sülfatların betona etkisi..... | 15 |
| 2.2.4.1. Sodyum sülfat (Na_2SO_4)etkisi | 16 |
| 2.2.4.2. Kalsiyum sülfat (CaSO_4)etkisi..... | 16 |
| 2.2.4.3. Magnezyum sülfat (MgSO_4)etkisi | 16 |
| 2.2.4.4. Amonyum sülfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)etkisi | 16 |
| 2.2.5. Alkali-silika (asr) ve alkali karbonat reaksiyonu (acr)..... | 16 |
| 2.2.6. Kalsiyum ve magnezyum oksidin (CaO , MgO) gecikmiş hidratasyonu... 17 | |
| 2.2.7. Betonda karbonatlaşma ve çelik donatının korozyonu | 17 |
| 2.2.8. Klorür korozyonu | 19 |
| 2.2.9. Korozyonun betonarme yapılarda oluşturduğu hasarlar | 19 |
| 2.2.10. Gecikmiş etrenjit oluşumu | 20 |
| 2.3. Biyolojik Kalıcılık Sorunları | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 3. DEPREM ETKİLERİ..... | 21 |
| 3.1. Deprem Tanımı | 21 |
| 3.2. Dünyada Depremler | 21 |
| 3.2.1. Pasifik deprem kuşağı | 21 |
| 3.2.2. Akdeniz deprem kuşağı | 22 |
| 3.2.3. Atlantik deprem kuşağı | 22 |
| 3.3. Türkiyede Depremler | 24 |
| 3.4. Bilecik'te Depremler | 29 |
| 3.4.1. Bölgenin genel jeolojisi..... | 31 |
| 3.4.1.1. Temel karmaşığı (Permian ve öncesi) | 32 |
| 3.4.1.2. Bayırköy formasyonu (A.Jura-Pliensbahiye) | 32 |
| 3.4.1.3. Bilecik kireçtaşları (Kalloviyen-Alt Portlandiye)..... | 32 |
| 3.4.1.4. Vezirhan formasyonu (Senomaniye-Kampaniye) | 33 |
| 3.4.1.5. Gölpaazarı grubu-Dereköy grubu (Senoniye-Maastrihye)..... | 33 |
| 3.4.1.6. Selvipınar kireçtaşı Üyesi (Paleosen) | 34 |
| 3.4.1.7. Gemiciköy formasyonu (O.Miyosen) | 34 |
| 3.4.1.8. Alüvyon (Neojen) | 34 |
| 4. YÖNTEM..... | 35 |
| 4.1. Beton Karot Numunesi Alımı..... | 36 |
| 4.1.1. Karot yöntemi ve tanımı..... | 36 |
| 4.1.2. Karot alınacak yapıların ve yapı elemanlarının seçimi | 37 |
| 4.1.3. Karot alınması | 38 |
| 4.1.4. Karot boşluğunun onarımı..... | 44 |
| 4.2. Karbonatlaşma Derinliği Tayini | 45 |
| 4.3. Ultrases Geçiş Hızı Tayini | 46 |
| 4.3. Beton Birim Ağırlık Tayini | 48 |
| 4.4. Su Emme Oranı Tayini..... | 48 |
| 4.5. Karot Numunelerinin Deneylere Hazırlanması | 49 |
| 4.6. Karot Basınç Dayanımı Deneyi..... | 51 |
| 5. BULGULAR..... | 52 |
| 5.1. Karbonatlaşma Derinliği Deneyi Sonuçları | 52 |
| 5.2. Karot Birim Ağırlık Deneyi Sonuçları | 55 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3. Karot Su Emme Deneyi Sonuçları | 58 |
| 5.4. Karot Ultrases Geçiş Hızı Deneyi Sonuçları | 62 |
| 5.5. Karot Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları | 64 |
| 6. SONUÇ VE TARTIŞMA | 71 |
| KAYNAKLAR | 72 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 82 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa No |
|---|-----------------|
| Çizelge 1.1: Yıllara göre kanunlar | 5 |
| Çizelge 3.1: Ülkemiz dışında son 50 yılda meydana gelen büyük depremler | 23 |
| Çizelge 3.2: Türkiye’de meydana gelen büyük depremler | 26 |
| Çizelge 3.3: Deprem tehlikesi bölgelerine göre il merkezlerinin dağılımı | 28 |
| Çizelge 3.4: Bilecik’ te meydana gelen depremler | 30 |
| Çizelge 4.1: ASTM C42 boy/çap düzeltme katsayısı | 35 |
| Çizelge 4.2: Numune alınan yapıların sınıflandırılması..... | 36 |
| Çizelge 4.3: Beton kalitesi ile ultrases dalga hızı arasındaki ilişki | 41 |
| Çizelge 4.4: En büyük agrega tane büyüklüğüne karşılık gelen karot çapları | 47 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa No |
|--|-----------------|
| Şekil 2.1: Kavitasyon oluşumu..... | 11 |
| Şekil 2.2: Kavitasyon hasarı | 11 |
| Şekil 2.3: Betonda donma-çözülme olayı..... | 12 |
| Şekil 2.4: Yüksek sıcaklık altında beton | 13 |
| Şekil 2.5 : Yüksek sıcaklığın betona etkisi..... | 13 |
| Şekil 2.6: Kimyasal reaksiyona maruz kalan betonun bozulması..... | 14 |
| Şekil 2.7: Asit etkisi altında betonun parçalanması..... | 15 |
| Şekil 2.8: Sülfat etkisi altında betonun parçalanması..... | 15 |
| Şekil 2.9: Betonun karbonatlaşması..... | 18 |
| Şekil 2.10: Donatının korozyonu | 18 |
| Şekil 2.11: Betonarme yapının korozyona uğraması..... | 19 |
| Şekil 2.12: Betonarme yapıda oluşan biyolojik kalıcılık sorunları..... | 20 |
| Şekil 3.1: Türkiye deprem bölgeleri haritası..... | 28 |
| Şekil 3.2: Bilecik deprem haritası..... | 29 |
| Şekil 4.1: Demir donatı tespit cihazı ile yapıdan numune yerinin belirlenmesi..... | 38 |
| Şekil 4.2: Karot alınacak elemana sabitleme dübel deliği açılması..... | 38 |
| Şekil 4.3: Cihaz sabitleme dübelinin montajı..... | 39 |
| Şekil 4.4: Karot makinesinin elemana sabitlenmesi..... | 39 |
| Şekil 4.5: Düşey elemandan karot alımı..... | 40 |
| Şekil 4.6: Yatay karot alımı..... | 40 |
| Şekil 4.7: Kolon elemanından karot alımı | 41 |
| Şekil 4.8: Karot kesimine başlanması | 42 |
| Şekil 4.9: Karot alınmış karot elemanları | 43 |
| Şekil 4.10: Yapı elemanlarından alınmış karot numuneleri | 43 |
| Şekil 4.11: Döşemeden alınan karot boşluğu | 44 |
| Şekil 4.12: Karot boşluğunun onarım harcıyla tamiri | 44 |
| Şekil 4.13: Onarılmış karot boşluğu..... | 45 |
| Şekil 4.14: Karot numunelerinde indikatör renk değişimi..... | 46 |
| Şekil 4.15: Ultrases geçiş hızı deneyi | 47 |
| Şekil 4.16: Karot kesme makinesinde numunelerin uygun boyda tıraşlanması..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.17: Karot numunelerinin başlıklanması..... | 49 |
| Şekil 4.18: Karot numunesinin kükürt başlıklaması..... | 50 |
| Şekil 4.19: Başlıklanmış karot numuneleri..... | 50 |
| Şekil 5.1: Kamu yapıları karbonatlaşma derinliği..... | 52 |
| Şekil 5.2: Bina yapıları karbonatlaşma derinliği..... | 53 |
| Şekil 5.3: Okul yapıları karbonatlaşma derinliği..... | 54 |
| Şekil 5.4: Cami yapıları karbonatlaşma derinliği..... | 55 |
| Şekil 5.5: Karot numunelerinin birim ağırlık deneyi..... | 55 |
| Şekil 5.6: Kamu yapılarının birim ağırlık deney sonuçları..... | 55 |
| Şekil 5.7: Bina yapılarının birim ağırlık deney sonuçları..... | 56 |
| Şekil 5.8: Okul yapılarının birim ağırlık deney sonuçları..... | 57 |
| Şekil 5.9: Cami yapılarının birim ağırlık deney sonuçları..... | 57 |
| Şekil 5.10: Fabrika yapılarının birim ağırlık deney sonuçları..... | 58 |
| Şekil 5.11: Karot numunelerinin su emme deneyi..... | 58 |
| Şekil 5.12: Kamu yapılarının su emme deney sonuçları | 59 |
| Şekil 5.13: Bina yapılarının su emme deney sonuçları | 59 |
| Şekil 5.14: Okul yapılarının su emme deney sonuçları | 60 |
| Şekil 5.15: Cami yapılarının su emme deney sonuçları | 60 |
| Şekil 5.16: Fabrika yapılarının su emme deney sonuçları | 61 |
| Şekil 5.17: Kamu yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları | 62 |
| Şekil 5.18: Bina yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları | 62 |
| Şekil 5.19: Okul yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları | 63 |
| Şekil 5.20: Cami yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları | 63 |
| Şekil 5.21: Fabrika yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları | 64 |
| Şekil 5.22: Karot numunelerinin basınç dayanımı deneyi..... | 65 |
| Şekil 5.23: Basınç deneyi sonrası hasar görmüş karot numunesi. | 66 |
| Şekil 5.24: Kamu yapıları beton basınç dayanımı sonuçları | 66 |
| Şekil 5.25: Bina yapıları beton basınç dayanımı sonuçları | 67 |
| Şekil 5.26: Okul yapıları beton basınç dayanımı sonuçları | 68 |
| Şekil 5.27: Cami yapıları beton basınç dayanımı sonuçları..... | 68 |
| Şekil 5.28: Fabrika yapıları karbonatlaşma derinliği | 69 |

SİMGELER DİZİNİ

| Simgeler | Açıklama |
|---------------------|--|
| A | : Karot Kesit Alanı |
| A | : Numunenin Kesit Alanı |
| b | : Kiriş Eni |
| CaCl ₂ | : Kalsiyumklorür |
| CaCO ₃ | : Kalsiyumkarbonat |
| CaH | : Kalsiyumhidrat |
| CaO | : Kalsiyumoksit |
| Ca(OH) ₂ | : Kalsiyumhidroksit |
| CSH | : Karbon silikat hidrat |
| cm | : Santimetre |
| cm ² | : Santimetrekaare |
| d | : Karot Çapı |
| fck | : Numunelerin Ortalama Karakteristik Dayanımı |
| fcm | : Numunelerin Ortalama Basınç Dayanımı |
| g | : Gram |
| Gal | : Yatay Yük Sayısı |
| h | : Yükseklik |
| kg | : Kilogram |
| km | : Kilometre |
| kN | : Kilonewton |
| K ₂ O | : Potasyumoksit |
| m | : Metre |
| M | : Moment Yüğü |
| m ³ | : Metreküp |
| MPa | : Megapascal |
| MgO | : Magnezyumoksit |
| N | : Numunenin Kırılmasına Yol Açan Maks.Yük Mik. |
| Na ₂ O | : Sodyumoksit |
| NH ₃ | : Azothidrat |
| NH ₄ | : Azottetrahidrat |

| | |
|-----------------|-----------------------------|
| OH | : Oksit |
| P | : Kırılma Kuvveti |
| sn | : Saniye |
| SO ₃ | : Kükürtanhidriti |
| t | : Ton |
| v | : Birim Düşey Yerdeğiştirme |
| V | : Kesme Kuvveti |
| θ | : Dönme Açısı |
| ⁰ C | : Celsius |
| λ | : Karot Narinliği |
| Ø | : Karot Çapı |
| σ | : Basınç Dayanımı |

KISALTMALAR DİZİNİ**Açıklama**

| | |
|------|--|
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| AFAD | Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı |
| ASTM | American Society for Testing and Materials |
| C | Concrete |
| ÇSB | Çevre ve Şehircilik Bakanlığı |
| D | Doğu |
| EN | European Norm |
| GPS | Global Positioning System |
| K | Kuzey |
| MÖ | Milattan Önce |
| Ms | Yüzey Dalgası Büyüklüğü |
| MSK | Mercalli Cancani Sieberg |
| pH | Power of Hydrojen |
| TOBB | Türkiye Odalar Borsalar Birliği |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |
| İDİM | Ulusal Deprem İzleme Merkezi |

1.GİRİŞ

İnsanoğlu ilk zamanlarda çevrenin koşullarına uyum sağlamak, varlığını sürdürebilmek için sığınmak ve barınmak içgüdüsüne sahip olduğundan; korunabilmek amacıyla, öncelikle güvenli olan sınırlı doğal alanlarda yaşam sürdükleri bilinmektedir. Ardından ılıman iklim kuşağı etkisinde buzulların çekilmesiyle Neolitik ağda (M..8000-M..5000) geniş alanlarda dikdörtgen ve kareye yakın planlarda, dairesel veya oval Őekillerde ki yapıları çukur içerisine taş temellerle inşa ederek, yerleşik hayata gemiştirler (zdoğan ve zdoğan, 1998).

Ateşin kontrol edilmesini izleyen çağlarda kil oranı yüksek toprağın, su ile Őekillendirildikten sonra pişirilmesi, tuğla malzemesini yapılarda kullanır hale getirmiştir (Tekinel, O.,vd.,1989). Tuğla üretiminin ucuz ve kolay olması kentlerde kemer, kpr, tek katlı veya prefabrik yapılarda, köylerde ise tarım ve hayvancılık alanlarında yığma kagir yapılarda kullanılmasını sağlamıştır (Akman, 1990). Demir (1996) yaptığı çalışmasında tuğlanın renginin; estetik görünüm, ticari değer ve standartlara uygun dayanım açısından önemli olduğunu açıklamıştır.

Kerpiç ve tuğla ile inşa edilen duvarlarda, kullanım amacıyla açılan kapı ve pencere boşluklarının zayıflattığı duvarı güçlendirmek için taşıyıcı özellik gösteren taş blok veya ahşap lentolar kullanılmıştır. Günümüzde ise en yaygın malzeme olan imento ve betonun piyasaya arzıyla betonarme binalarda, lentolar betonarme veya donatılı tuğla ile yapılmaktadır (Arun, 2005). Yapılarda kullanılan beton kolay üretimi ve düşük maliyeti avantajından dolayı en çok kullanılan yapı malzemelerindedir. Betonun servis ömrü boyunca sorunsuz olarak hizmet etmesinde kalite kontrolü ve kalıcılık özellikleri önemli rol oynamaktadır.

Yapı teknolojileri arasında betonarme sistemler en yaygın kullanılan inşaat yöntemidir. Dünyada 20.yüzyıl başlarından itibaren gelişen ve artan betonarme yapılarla birlikte beton teknolojisi de hızla kendisini geliştirmiştir (Karakurt, C., vd., 2011). Beton içeriğinde uygun oranlarda agrega, imento, su ve gerektiğinde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin temin edilerek karışımın homojen hale getirilmesi sağlanmalıdır (Berber,2010). Ancak hazır beton yerine ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun büyük çoğunluğunda kullanılmış olan denetimden yoksun elle üretilmiş betonlarda bu homojenliğin sağlanması okta mümkün olmamıştır.

Türkiye deprem aktifliği bakımından dünyanın en hareketli kırılma düzlemlerinden biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay hattı arasında bulunmaktadır. Bahsedilen bu jeolojik yapı ve tektonik oluşum nedeniyle meydana gelen depremler; fiziki çevre ve insan sağlığına zarar vermenin yanı sıra, insan can ve mal kaybına yol açmaktadır (Karagöz, 2007; Ergünay, 2007). Bu hat üzerinde bulunan yapıların, üretim ve denetimlerinin sağlıklı yapılması gerekmektedir.

Kentlerin planlı, sağlıklı ve yaşanabilir olmasını sağlamak üzere çok sayıda düzenlemeler bulunmaktadır. Ancak, mevzuatın var olması yeterli olmamakta, bu mevzuatın çağdaş, yaşanılır mekânlar oluşmasını sağlamak için uygulanıyor olması gerekmektedir. Ülkemizdeki sorunlar, mevzuatın düzenlenmesi, şartnamelerin yazılması veya geliştirilmesi değil bunların uygulanmasında yaşanmaktadır. Afet zararlarının azaltılması için ülkemizin karşısında duran en büyük sorunlardan bir tanesi, bina stokunun afet etkilerine, özellikle deprem etkilerine daha dayanıklı hale getirilmesidir (Gülkan, 2006).

Ülkemizde beton ve betonarme yapıların tasarımları genellikle, 2002 yılında yürürlüğe giren TS EN 206 standardında tarif edilen çevre koşulları dikkate alınmadan sadece dayanım özelliğine göre yapılmıştır. Dayanım özeliği elbette güvenli yapı tasarımı için dikkate alınması gereken bir unsurdur. Yüksek mukavemetli betonun genellikle boşluk oranı azdır, su geçirimsizliği düşüktür, aşınmaya karşı dirençlidir ve dış etkilere dayanıklıdır (TSE, 2014; Baradan, B., v.d., 2002; Şimşek, O., v.d., 2002). Fakat zamanla bu betonların etkisinde kaldıkları çevresel koşullar ve üretim aşamasında ki yetersiz kür uygulamaları sonucu sertleşmiş beton kalitesini zamanla yitirebilmektedir (Karakurt, C., vd., 2011; Aitcin, P.C., 2000). Beton kalitesinin mevcut yönetmelikler ve standartlar çerçevesinde belirlenmesinde kullanılan en temel yöntem, beton basınç dayanımı deneyidir (Erdoğan, 2003; Durmuş, A., vd., 1996). Beton basınç dayanımını etkileyen faktörler arasında; üretimde kalite kontrolü, işçilik, kür koşulları ve beton karışımında kullanılan malzeme kalitesi bulunmaktadır (Durmuş, A., vd., 1996; Erdoğan, 1990).

Hazır beton; tasarım, malzeme temini, otomasyon ve kalite kontrol süreçlerini içeren bir malzeme olduğu için performans açısından elle karıştırılan üretim tekniklerine göre daha performanslı bir yapı malzemesidir. Ülkemizde hazır betonun

yaygınlaşması 1980'li yıllardan sonra başlamıştır. Yapı stoğunun büyük bölümünün betonarme olduğu ülkemizde hazır beton kullanımı Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın 20.04.2004 tarih ve 248 sayılı genelgesi ile zorunlu hale getirilmiştir. Ülkemizde son on yılda artış gösteren yapılaşmaya paralel olarak 2011 yılında 90 milyon m³ beton hacmi ile Türkiye bu alanda Avrupa birinciliğine ulaşmıştır (Akdağ ve Mutlu, 2013; Cilason, 1980). Bununla birlikte, 2001 yılında kabul edilen ve 19 pilot ili kapsamına alan 4708 sayılı Yapı Denetim Kanununun 2011 yılında ülke geneline yayılmasıyla birlikte son yıllarda inşa edilen betonarme yapıların kalitesinde de dikkate değer bir artış gerçekleşmiştir.

Mevcut bir yapının malzeme kalitesinin belirlenmesi, yapı performans analizi açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla betonarme yapılarda beton ve çelik kalitesinin belirlenmesi için hasarlı ve hasarsız analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Hasarsız yöntemler mevcut yapının genel malzeme kalitesi hakkında genel bir fikir verebilmektedir. Ancak kesin sonuçlar, TS EN 13791 ve TS EN 12504-1 standartlarında ifade edilen şekilde yapıdan karot numunesi alınmasıyla elde edilebilmektedir (TS EN 13791, 2010; TS EN 12504-1, 2010). Bu yöntem; pahalı ve uygulamasının zor olmasına rağmen tahribatsız deney yöntemleriyle birlikte kullanılarak taşıyıcı sisteme verilecek zarar azaltılıp daha ekonomik bir analiz yapılması sağlanabilir (Yazıcı, Ş., vd., 2006).

1.1.Çalışmanın Amacı

Türkiye tarihinde yapımla ilgili bütün kuruluşları bünyesinde toplayan, imar ve iskan ile ilgili işleri yürütmekle görevli idari teşkilat sırasıyla; Nafia Nezareti (1948-1920), Nafia Vekaleti (1920-1928), Bayındırlık Bakanlığı (1928-1983), İmar ve İskan Bakanlığı (1958-1983), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (1983-2011), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2011-....) ismini almıştır. Geçmişte iyi denetim olmadığı düşüncesiyle bakanlık tarafından sırasıyla Tapu Kanunu (1934), Gecekondu Kanunu (1966), Kooperatifler Kanunu (1969), Toplu Konut Kanunu (1984), İmar Kanunu (1985) ve Yapı Denetimi Kanunu (2001) çıkarılarak uygulamaya konulmuştur.

Depremlerde yıkılan ya da hasar gören eski yapıların büyük bir kısmında projelendirme hataları ve uygulama hatalarının yanında yapıda kullanılan malzemelerinde standartlara uygun nitelikte olmaması büyük sorunlar oluşturmuştur. Depremlerde oluşan bina hasarları incelendiğinde, hasar nedenlerinin başında yetersiz beton dayanımının geldiği görülmüştür. Beton dayanımındaki dağılım malzeme

özelliklerinin değişmesinden kaynaklanabilmektedir. Yapının yapımı aşamasında üretilen betonun nitelik denetimi yapılarak projede öngörülen dayanım değerinin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Denetimler, kalite yönetimi için etkili bir yaklaşım olarak görülmüştür. Beton dökümü sırasında kalite denetiminin yapılmamış olması beton dayanımının belirlenmesini etkilemiştir. Betonun dökülmesi sürecinde ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından denetim ve kontrolün yapılmamış olduğu düşünülmektedir. Denetimsiz yapılaşmanın kentleşmeye ait sorunların yerleşim alanlarını afetlere karşı dayanıksız ve güvensiz hale getirdiği de görülmüştür.

Ülkemiz genelinde inşa edilmiş yaşlı yapıların büyük çoğunluğu günümüz yönetmeliklerindeki kriter ve tasarım ilkelerine uygun değildir. Bu nedenle son günlerde kentsel dönüşüm olgusu bir devlet politikası haline gelmiş durumdadır. Bu durum Bilecik ili açısından da önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada, Bilecik ilindeki genç ve yaşlı bazı özel ve kamu yapılarının beton kalitesinin deneysel olarak yerinde belirlenmesi amaçlanmıştır. İncelenen yapılar hem elle şantiyede üretilen hem de hazır beton kullanılan yapılar arasından seçilmiştir. Böylece iki üretim yöntemi arasındaki kalite karşılaştırmasının yapılması da olası kılınmıştır. Ayrıca deneysel olarak değişik yaşlardaki yapılarda karbonatlaşma reaksiyonunun gelişimi de incelenmiştir.

1.2.Çalışmanın Kapsamı

Yapı denetim sistemi, Türkiye’de ki yapı denetiminde yer alan tüm özel ve tüzel kişilerin kendi sorumluluklarındaki görevlerini daha kaliteli takip edebilmelerini ve verimli bir biçimde aksaklığa uğramadan yerine getirebilmelerini sağlamak amacıyla oluşturulmuş bir sistemdir. Yapıların denetlenme problemini gidermek, beton kalitesini, artırmak için yürürlüğe konulan ve yayınlanan kanunlar Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

Ülkemizde yetkili bakanlık denetim, işçilik, emniyet, estetik ve malzeme kalitesi gibi konularda yönetmelikler, tebliğler, genelgeler ve yönergeler ile güçlendirilmeye çalışılmıştır. 2010 yılında Şantiyede Yapı Malzemelerinin Denetimi konulu genelge yayınlanmış; yapı işlerinde kullanılacak malzemelerin ilgili standartlarına uygun, işaretleme ve beraberinde beyan edilen performans değerleri doğrultusunda kullanımına müsaade edilmiş, 2011 yılında yapı denetim komisyonu yönetim ve işleyişi yeniden düzenlenmiş; hizmetin yerinde ve en kısa sürede verilmesini, sorunların yerinde çözümlenmesini, uygulama süreçlerinin uzamamasını, ileride telafisi imkansız durumlarla karşı karşıya kalınmamasını amaçlamıştır.

Çizelge.1.1 Yıllara göre kanunlar (ÇSB Mevzuat Bilgi Sistemi, 2014).

| Başlık | Yayın tarihi | Yayın sayısı | Kanun numarası |
|---|--------------|--------------|----------------|
| On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnemelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun | 06.12.2012 | 28489 | 6360 |
| Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun | 31.05.2012 | 28309 | 6306 |
| Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun | 10.12.2010 | 27781 | 6083 |
| Enerji Verimliliği Kanunu | 02.05.2007 | 26510 | 5627 |
| İskan Kanunu | 26.09.2006 | 26301 | 5543 |
| Belediye Kanunu | 13.07.2005 | 25874 | 5393 |
| Lisanslı Harita Kadastro Mühendisleri ve Büroları Hakkında Kanun | 29.06.2005 | 25860 | 5368 |
| İl Özel İdaresi Kanunu | 04.03.2005 | 25745 | 5302 |
| Türk Ceza Kanunu | 12.10.2004 | 25611 | 5237 |
| Büyükşehir Belediyesi Kanunu | 23.07.2004 | 25531 | 5216 |
| Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Ürettikleri Mal ve Hizmet Tarifeleri ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun | 19.01.2002 | 24645 | 4736 |
| Yapı Denetimi Kanunu | 13.07.2001 | 24461 | 4708 |
| Tabii Afet Nedeniyle Meydana Gelen Hasar Ve Tahribata İlişkin Hizmetlerin Yürütülmesine Dair Kanun | 25.07.1995 | 22354 | 4123 |
| İmar Kanunu | 09.05.1985 | 18749 | 3194 |
| Toplu Konut Kanunu | 17.03.1984 | 18344 | 2985 |
| Kamulaştırma Kanunu | 08.11.1983 | 18215 | 2942 |
| Tapulama ve Kadastro Paftalarının Yenilenmesi Hakkında Kanun | 25.06.1983 | 18088 | 2859 |
| Kooperatifler Kanunu | 10.05.1969 | 13195 | 1163 |
| Gecekondu Kanunu | 30.07.1966 | 12362 | 775 |
| Kat Mülkiyeti Kanunu | 02.07.1965 | 12038 | 634 |
| Tapu Kanunu | 29.12.1934 | 2892 | 2644 |

Mevcut betonarme bir yapıda beton dayanımının belirlenmesinde en sıklıkla kullanılan metotlardan biri elemanlardan karot alınmasıdır. Ancak özellikle eski yapılarda kat ve/veya eleman bazında çok farklı özellikler gösterebilen beton dayanımının belirlenmesinde, yapı büyüklüğüne göre ne sayıda karot numune alındığı sağlıklı bir sonuç için önemlidir (İnel, M.,2013).

Özellikle yetersiz etriye aralığı(sargı donatısı) yüzünden kolon veya perdelerde düktül olmayan davranışlar ve kesme kırılmaları meydana gelmektedir. Kanca paylarının yetersiz olması veya birleşim yerlerinde eklerin yeterli boyda olmasından dolayı kolonlarda eğilme kapasitesine ulaşamamaktadır. Bingöl ve Marmara depreminde hasar gören yapılarda 95 cm ve 80 cm etriye aralığı ölçülmüştür. Ceyhan

depreminde 55 cm ertiye aralığı ve 7 katlı ağır hasar görmüş bir binanın 10x10 cm ahşap bir kolonla güçlendirme gayretleri tespit edilmiştir. Bingöl depreminde ağır hasar görmüş bir yapıdaki yetersiz sargı donatısı hemen her binada sık sık karşılaşılan sıradan bir durum olarak görülmektedir (Biniciksu, H.,vd., 2005).

1.3.Konuyla İlgili Yapılmış Çalışmalar

Şimşek (1993), Şanlıurfa ana sulama kanalı beton kaplamasından aldığı karot örnekleri ile ilgili yaptığı bir çalışmada, en yüksek basınç dayanımını 16.9 MPa bulurken, en düşük basınç dayanımını ise 7.77 MPa bulmuştur.

Odabaşı (1997), beton karışımlarında, dayanımın yüksek olması için, hacim olarak kum/çakıl oranlarının 3/4.5 ve çimento/ kum oranının ise 1/1.8 olmasını önermektedir.

Gökdemir (1997), betonun zamanla dayanımını kaybetmemesi için gerekli koşulları ve betonun basınç dayanımını etkileyen faktörleri şu şekilde sıralamıştır.

- Çimento dozajı 250-400 kg/m³ olmalı
- Karma suyu miktarı fazla olmamalı
- Betonun kompasitesi yüksek olmalıdır.

Güner ve Süme (2001), betonun dayanımını etkileyen faktörleri,

- Beton karışım malzemelerinin kalitesi,
- Bu malzemelerin karışım oranları,
- Betonun karıştırılması, taşınması ve yerleştirilmesi,
- Betonun olgunlaştırılması olarak sıralamışlardır.

Koçak (2005), Antalya ve çevresinde yer alan 142 adet binadan uygun şekilde 556 adet karot numune almış ve numuneler tek eksenli basınç kuvveti altında kırılarak dayanımları belirlenmiştir. Antalya ve çevresindeki konutların % 55 gibi bir oranda beton dayanımı yetersiz, % 45 gibi bir oranda da yeterli olduğu tespit edilmiştir. Yetersiz bina sayısı genelde 1976-1997 yılları arasında yapılan binalarda gözlenmiştir.

Mac Gregor (1994), tarafından yapılan bir araştırmada 7 gün boyunca kurutulan numuneler 40 saat boyunca su altında tutulan numunelerden % 14 daha fazla dayanım vermişlerdir. İç ve dış nem değişkenliği de bu farkı artırmaktadır. Zira uzun süre

kurutulmuş numuneler ile su içerisindeki numuneler arasındaki fark % 5 kadardır. Ayrıca daha dar karotlar da ıslak olma durumu dayanım farkını artırmaktadır.

Dayanım farkı tipik olarak % 0 -% 8 arasında olmaktadır. Neville (1995) yaptığı çalışmalarda dik alınan karotların yatay alınan karotlardan daha fazla dayanıma sahip oldukları görülmüştür. Bunun nedenleri arasında yatayda karot alırken tam düz bir doğrultu sağlanamaması ve agregaların altında biriken terleme sularının dikeyde karot alındığında basınç altında kalarak fazla etkilenmediği fakat yatayda alınan numunelerde bu terleme sularının yarıma çatlaklarının daha kolay oluşturulmasına neden olduğu için dayanımı düşürdüğü düşünülmektedir. Bu oran % 8 ekadar çıkmaktadır.

Gümüştü ve diğerleri (2004) tarafından incelenen Şanlıurfa ilinde 900 adet binada, 30 ile 40 yıl önce betonda kullanılan agrega malzemesinin kalitesizliği ve beton yapımındaki kalite düşüklüğü düşünüldüğünde yapıların tamamında betonarme elemanların hem yeni deprem yönetmeliğinde belirlenen minimum boyutlardan daha düşük kesitte olduğu ve hem de beton dayanımının düşük olduğu gözlenmiştir. Bu anlamda yaşı 10'nun üzerindeki yapılar günümüzde kabul edilen standartların altında yapılmış yapılar olduğu belirtilmiştir. Bu şekilde yapılmış binalar incelenen binaların geneline oluşturduğu, ayrıca yapılar 30 ile 40 yıl önce inşa edilmiş olduğundan ekonomik ömrünün yaklaşık yarısını tamamlamış durumda olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda olan 35 binanın güçlendirme çalışmalarının yapılması gerektiği konusundan bahseder.

Erdal ve Şimşek (2006)'in yaptığı çalışmada, betonun yaşı ve karbonatlaşma derinliği de dayanımı etkileyebilecek önemli parametreler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özgan ve diğerleri (2005)'nin Düzce ilinde yaptığı gözlemlerde, karot numunelerin içerisinde ahşap vb. yabancı maddeler bulunduğu, bazı numunelerin yüzeylerinde boşluk ve çatlaklıklar olduğu, betonun çoğu zaman kolaylıkla kırılabildiği görülmüştür. Bunun beton içinde bulunan boşluk oranından dolayı betonun bünyesine suyun nüfuz etmesine ve çok düşük oranda çimento dozajının kullanılmış olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Bhargava (1967), Kesler (1959) ve Lewandowski (1971) standart silindirde olduğu gibi, karotlarda da çap küçüldükçe dayanımın arttığını iddia etmektedirler. Bhargava aynı kaynakta Blanks'ın bu görüşü desteklediğini belirtmektedir. Goncalves (1992)'de 140 mm., 110 mm., 90 mm. ve 50 mm. çaplı karotlarla yaptığı deneyler

sonucunda 28 günlük dayanımlarının maksimum agrega boyutunun artması ve karot çapının azalmasıyla arttığını savunmuştur. Bunun yanında çapın gerçek karot dayanımını etkilemediği aynı makalede belirtilmiştir. Bowman (1980) yakın yerlerden alınan karotlardan 50 mm. çaplı numunelerin 150 mm. çaplı numunelere oranla daha yüksek dayanım ve daha fazla değişkenlik gösterdiğini ifade etmektedir.

Arıoğlu ve diğerleri (1998), karot basınç dayanımlarının 150 mm x 300 mm boyutlu standart silindir numune cinsinden ifade edilecekse karotların narinlik oranlarının ikiye oldukça yakın alınması gerektiğini, 150 mm x 150 mm boyutlu küp numuneler cinsinden istendiği takdirde ise karot narinliğinin 1 olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ryle (1972), karot numune başlıkların kalınlıklarının ve başlık için kullanılan malzemelerin basınç dayanımına etkileri hakkında araştırmalar yapılmıştır.

2. YAPILARIN KALICILIĞI

Yapı malzemelerinin ve yapıların işlevlerini servis ömürleri boyunca bozulmadan yerine getirmelerine durabilite, dayanıklılık veya kalıcılık adı verilir (Baradan, vd., 2010). Yapıların uzun ömürlü olması sadece doğru taşıyıcı sistemin seçimi, projelendirilmesi ve imal edilmesine bağlı değildir. Aynı zamanda, yapının mantıklı bir zaman süreci içerisinde "kalıcı" denecek kadar uzun ömürlü olmasını sağlayacak önlemler alınmalı ve en az bakımı gerektirecek şekilde yaşlanması yavaşlatılmalıdır. Bu da ancak betonun, betonarme veya ön gerilmeli yapıların bozulmasına neden olan etkenlerin bilinmesi ve bunlara karşı gereken önlemlerin alınmasıyla mümkündür (Değirmenci, 2012).

Betonarme yapıların çok dayanıklı ve uzun ömürlü bir yapı türü olduğuna 1970'li yılların ortalarına kadar inanılmaktaydı. Bu inanış betonun zamanla dayanımının artmasına ve çeliğin beton pas payı tabakası tarafından korozyona karşı korunması ile açıklanabilir. Gerçekten beton teknolojisine uygun projelendirilmiş, üretilmiş, geçirimsiz, yalıtımlı ve korunmuş yapılar için bu kavram doğrudur. Avrupa'da özellikle 2. Dünya savaşından sonra yapılan çok sayıda sanat yapısı, ABD'de çok sayıda köprü önemli kalıcılık sorunları yaşamış ve yaşamaktadır (Baradan ve Aydın, 2013).

Ülkemizde ise özellikle Marmara depreminden sonra göçen birçok binada donatıların korozyon nedeniyle neredeyse sadece izlerinin kaldığı gözlenmiştir. Betonarme yapıların kalıcılığını etkileyen kimyasal ve fiziksel işlemlerin hemen hepsinde ana faktör, su ve beton bünyesindeki boşluklar ile çatlaklar içindeki taşınımdır (Baradan ve Aydın, 2013).

Ülkemizde daha çok mekanik dayanım yada yük taşıma özelliği ön plana çıkar. Yapının içinde bulunduğu koşullara karşı zaman içinde dayanıklılığı ise hep ikinci planda kalır yada ihmal edilir. Oysa bu dayanıklılık, kalıcılık kavramı da en az dayanım kadar, yük taşıma özelliği kadar önemlidir. Çoğu uygulamada, çoğu çevre koşulunda aslında dayanıklılık kavramı daha ön plana çıkmaktadır (Değirmenci, 2012). Ancak tüm bu sorunlara rağmen, günümüzde kalıcılık konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Artık yeni beton standardı TS EN 206 (TSE, 2014) ve bu standardın uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart TS13515 (TSE, 2012)'de dayanımın yanı sıra çevresel etki sınıfları da beton tasarımında dikkate alınmaya başlanmıştır (Baradan ve Aydın, 2013).

Betonun çevre etkisi ile bozulma süreçlerini su ve nem belirler. Su beton içine zararlı maddeleri taşır, ayrıca kimyasal reaksiyonların oluşumuna katkıda bulunur. Suyun beton içine taşınımı beton içindeki boşluklara büyüklüklerine ve büyük ya da küçük çatlakların yardımıyla girer. Bu nedenle boşluksuz, geçirimsiz ve çatlaksız beton üretmek çok önemlidir. Dayanıklılık için projede, maksimum su/çimento oranı, minimum çimento dozajı, çimento cinsi ve sürüklenen hava miktarı gibi bilgiler verilir. Ülkemizde yapılan projelerde ise, kalıcılık ile ilgili çok az bilgiye rastlanır (Değirmenci, 2013).

Bu nedenle, söz konusu standartlara göre, ülkemizde inşa edilecek bir yapıda kullanılacak en düşük beton sınıfı dolaylı olarak C30/37 olmaktadır. Bu beton sınıfı, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre en düşük beton sınıfı olan C20/25 sınıfından daha yüksektir. Bir başka deyişle, ülkemizde yapılacak yapılarda kullanılacak en düşük beton sınıfının C30/37 olması gerektiği söylenebilir. Betonarme ve Beton standartlarındaki bu ve benzeri karışıklıkların düzeltilmesi ve özellikle proje yapan meslektaşlarımızın bu konuda aydınlatılması gerekir. Son yıllarda, beton üreticisi ve kullanıcılarının bilinçlenmesinin bir sonucu olarak C30/37 sınıfındaki betonların kullanımının arttığı görülmektedir (Baradan ve Aydın, 2013).

2.1.Fiziksel Kalıcılık Sorunları

Betonun bozulmasına neden olan fiziksel etkenler; aşınma, erozyon ve oyulma olayları, mekanik etkenler; ıslanma-kuruma, boy ve hacim değişimleri, donma-çözülme, aşırı yüklenme, yüksek sıcaklıkların ve sıcaklık değişimleri olarak sıralanabilir (CEB, 1992; ACI 318, 2000).

2.1.1 Aşınma, erozyon ve kavitasyon

Abrasif aşınma beton yüzeylerin (döşeme, zemin betonu, basamak, yol betonu, vb.) kuru sürtünme etkisi ile zamanla artan kütle kaybıdır. Aşındırıcı etki; yaya trafiğinden, araç tekerleklerinden, iş makinesi paletlerinden veya ağır cisimlerin sürüklenmesi gibi etkenlerden kaynaklanır. Bu olaya daha çok su yapılarında ve beton borularda rastlanır (Yeğınobalı,1999).

Kavitasyon, su yapılarında rastlanan oyulma olayıdır. Suyun hızla aktığı su yapılarında yüzey geometrisinde herhangi bir değişiklik akımın sürekliliğini bozup,

düşük basınç bölgeleri oluşmasına yol açar (Şekil 2.1). Akan suyun statik basıncı, sudaki buhar basıncından daha düşükse bu bölgede içi hava dolu kabarcıklar oluşur. Oluşan kabarcıklar suyun statik basıncının yüksek olduğu bölgelere taşındığında buhar su damlacıkları şeklinde yoğunlaşıp aniden dibe çöker. Böylece beton yüzeyinde patlama etkisine benzer şekilde, su darbeleri ve basınç dalgaları meydana gelir. Bu olayın sürekliliği beton yüzeyinde Şekil 2.2 'de ki gibi oyulmalara yol açar, özellikle dik açılı yüzeylerde bozulmalar görülür (Baradan ve Aydın, 2013).



Şekil 2.1 Kavitasyon oluşumu.



Şekil 2.2 Kavitasyon hasarı.

2.1.2 Sertleşmiş betonda donma-çözülme olayı

Suya doymuş haldeki sertleşmiş beton don etkisinde kalınca, beton içindeki kapiler boşluklardaki su donar ve genişir. Çözülmeyi takip eden yeniden donma olayı sonunda bu genişleme miktarı kümülatif olarak artar. Genleşme sonucu oluşan gerilmelerin mertebesi betonun çekme dayanımını aştığı takdirde betonda Şekil 2.3' de ki gibi kabuk atma, çatlama, ufalanma şeklinde bozulmalar görülür. Yollarda kullanılan buz çözücü tuzlar ise donatıyı paslandırmasının yanı sıra, oluşan hidrolik basınç nedeniyle özellikle sanat yapılarındaki betonarme elemanlarda hasarın şiddetini artırır (Rostam, 1983; Neville, 1997).

TS EN 206 standardı (TSE, 2014) donma-çözülme tehlikesinin bulunduğu ortamda buz çözücü tuzlara ve deniz dalgalarına maruz betonarme yapılarda kullanılması gerekli en küçük beton dayanım sınıfını C30/37, en büyük s/ç oranını 0.45

en düşük çimento dozajını 340 kg/m^3 ve en az hava içeriğini ise % 4 ile sınırlamaktadır. Ayrıca agreganın da donma-çözölmeye dayanıklı olması istenmektedir (Baradan ve Aydın, 2013).



Şekil 2.3 Betonda donma-çözölmeye olayı (Baradan ve Aydın, 2013).

2.1.3. Yüksek sıcaklığın betona etkisi

Konut, okul, fabrika, işyeri gibi binalar, tüneller, köprüler, petrol platformu gibi yapılar, işlevlerigereği veya yangın nedeni ile yüksek sıcaklık etkisinde kalabilirler. Yüksek sıcaklığın kaynaklarından biri olan yangının betona ve betonarme yapılara etkisi 1922'den günümüze kadar araştırılmaktadır. 10 yıl öncesine kadarki çalışmalarda yüksek sıcaklığın normal dayanımlı betona etkileri üzerinde odaklanılmıştı (Khoury,2003).

Beton birçok yapı malzemesine kıyasla yüksek sıcaklık ve yangın etkisine karşı daha dayanıklı bir malzemedir. Yüksek sıcaklık altındaki beton Şekil 2.4'de ki gibi belirli bir süre için önemli bir zarar görmez ve zehirleyici gaz veya duman çıkarmaz. Termik iletkenlik katsayısının nispeten düşük olması nedeniyle betonarme yapılarda beton, donatı çeliğini yüksek sıcaklığa karşı korur. Ancak bu dayanıklılık sınırlı süreler ve belirli sıcaklık dereceleri içindir (Akman, 2001, Yazıcı, H., vd., 2000).

Yüksek sıcaklıklar betonda Şekil 2.5 'de ki gibi dış yüzeylerde ayrışmaya, kabuk halinde dökölmeye neden olmaktadır. Betonarme elemanlarda çatlakların oluşumu daha çok ek yerlerinde, betonun iyi sıkıştırılmamış bölgelerinde ve donatıların bulunduğu bölgelerde görülür. Özellikle pas payının az tutulduğu, donatının açıkta olduğu durumlarda, çelik ısıyı çok iyi iletir, zararın mertebesini artırır (Baradan ve Aydın, 2013).

Yüksek sıcaklığın etkisinde kalan betonun mekanik özelliklerinde olduğu gibi renginde de değişiklikler meydana gelir, bu değişiklikler özellikle silisli agregalar ile üretilen betonlarda belirgindir (Anrade, 2003). Örneğin renk, pembe veya kırmızı ise sıcaklığın 300-600°C' ye, gri ise 600-900°C'ye, sarımsı-bej ise 900-1000°C' ye yükseldiği ifade edilmektedir (Neville, 2000; Georgali ve Tsakiridis, 2005). Diğer bir çalışmada pembe renkli betonun, dayanımının ve elastisite modülünün önemli derecede azaldığı, beyazımsı-gri veya sarımsı-bej renkli betonun ise zayıf ve gevrek olduğu belirtilmiştir. Renkteki bu değişimin nedeni metal içeren bileşenlere bağlanmıştır (Anrade, 2003).



Şekil 2.4 Yüksek sıcaklık altında beton.



Şekil 2.5 Sıcaklığın betona etkisi.

2.2.Kimyasal Kalıcılık Sorunları

Betonda ortaya çıkan zararlı kimyasal reaksiyonlar kendini, betonun gözenekliliğinin ve geçirimsizliğinin artması, çatlamlar, dökülmeler, kapak atmalar ve betonun yumuşaması, dayanımını ve rijitliğini kaybetmesi şeklinde gösterir (Şekil 2.6). Kimyasal reaksiyonların gelişimi, büyük ölçüde zararlı maddelerin beton bünyesine taşınım hızına dolayısıyla betonun geçirimsizliğine bağlıdır. Tüm kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi, sıcaklık reaksiyon hızını arttıran bir faktördür. Bunun nedeni sıcaklığın iyon veya moleküllerin hareketliliğini arttırmasıdır. Kimyasal reaksiyonlar değişik tiplerde oluşabilir ve çoğunlukla fiziksel ve biyolojik etkenlerle bir arada ve peş peşe gelişip betonun bozulmasına neden olurlar (Baradan, B.,vd., 2010; Mehta ve Monteiro, 1997; TSE, 1982).



Şekil 2.6 Kimyasal reaksiyona maruz kalan betonun bozulması.

2.2.1. Sertleşmiş çimento bileşenlerinin hidrolizi ve yıkanması

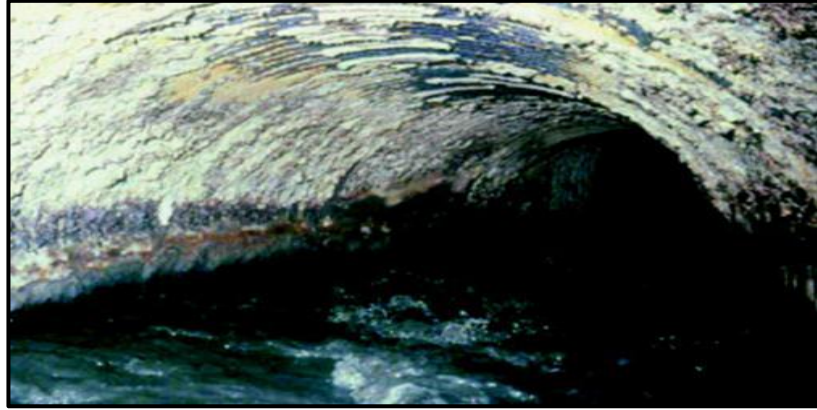
Hidrate çimentonun katı fazını göreceli olarak çözünmeyen kalsiyum hidratlar (C-S-H, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve CaH) oluşturmaktadır. Bu bileşenler pH' ı oldukça yüksek olan gözenek suyu içinde kararlı durumdadır. Beton asidik ortamla karşılaştığında kimyasal kararlılığını kaybeder. Teorik olarak pH'ı düşük sular çimento hidrate bileşenlerinin çözülmesine yol açar. Bu nedenle birçok endüstriyel atık ve doğal su beton açısından zararlıdır (Baradan, B., vd., 2010; Yeğınobalı, 1999).

Çimento hamuru ile temas halinde olan su kirece doyduğunda hidroliz sona erer. Kireç içeriğinin azalması sonucu betonda dayanım kaybı ve geçirimsilikte artış ortaya çıkar. Ayrıca betondan çıkan kalsiyum hidroksit havadaki CO_2 ile reaksiyona girip CaCO_3 oluşturarak beton yüzeyinde beyaz kabuk veya toz şeklinde -çiçeklenme adı verilen- olumsuz bir görünüş meydana getirir (Baradan ve Aydın, 2013).

2.2.2. Betona asitlerin etkisi

Sertleşmiş betonun içerisine sızan sularda bulunan asitler, betonun genişleşip hasar görmesine yol açan kimyasal olayların yer almasına neden olmaktadır. Asitlerin betonda yarattıkları bu etki, asit hücumu olarak adlandırılmaktadır (Sarıbaş, 2013).

Portland çimentosu yüksek dereceden alkali olduğu için, beton güçlü asitlerin ya da asit oluşturan maddelerin saldırısına dayanıksızdır. Kimyasal saldırı, çimento hidratasyon ürünlerinin ayrışması ve oluşan yeni ürünlerden eriyebilir olanların betondan ayrılması, erimez olanların betonu parçalaması Şekil 2.7'de görülür (CEB, 1992).



Şekil 2.7 Asit etkisi altında betonun parçalanması.

2.2.3. Magnezyum iyonu içeren çözeltilerin kimyasal saldırıları

Magnezyum klorür, magnezyum bikarbonat veya magnezyum sülfata yeraltı sularında, deniz suyunda veya endüstriyel atık sularda rastlanmaktadır. Betonun Mg tuzlarıyla uzun süreli teması halinde ise C-S-H içindeki kalsiyumun Mg iyonlarıyla yer değiştirdiği görülür ki oluşan magnezyum silikat hidratın (MSH) bağlayıcılık özelliği yoktur, kolayca parçalanabilir. Bu durum betonda rijitlik ve dayanım kaybına yol açar. Magnezyum sülfat aynı zamanda betonda sülfat etkisine yol açtığı için magnezyum tuzları içinde en zararlısı olarak kabul edilir (Baradan ve Aydın, 2013).

2.2.4. Sülfatların betona etkisi

Sülfat çimentonun bazı bileşenleri ile reaksiyona girerek betonun zamanla bozulmasına neden olur. Bu saldırı sülfat iyonlarının, sertleşmiş betondaki alüminli ve kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona girmesi etrenjit ve alçı taşı oluşturması ile gerçekleşir. Reaksiyon ürünleri Şekil 2.8’de ki gibi betonda genleşme yaratarak çatlaklara ve dağılmaya yol açar, agrega-çimento hamuru aderansının etkilenmesiyle betonun mukavemeti düşer (CEB, 1992).

Çalılık dışında bitki ağaç yetiştirmeyen yüzeylerde beyaz lekeler, tuz birikintileri görülen çorak topraklarda sülfat etkisinden şüphe edilmelidir (Değirmenci, 2013).



Şekil 2.8 Sülfat etkisi altında betonun parçalanması.

2.2.4.1.Sodyum sülfat (Na₂SO₄) etkisi

Sodyum sülfat etkisinde betonda sodyum miktarının yüksek olması durumunda $4CaO.0,9Al_2O_3.1,1SO_3.0,5Na_2O.16H_2O$ ile ifade edilen U-oluşumu diye adlandırılan bileşiklerde oluşabilir.

U-oluşumu monosülfatlara sodyum eklenmesiyle oluşur. U oluşumu betona yüksek miktarda Na₂SO₄bulunduran suyun sızması bir taraftan da suyun karşı yüzeyden buharlaşması sonucu sodyumun birikmesi veya beton üretimi sırasında karışıma yüksek oranda sodyum içeren suyun katılması durumunda oluşmaktadır (Sarıbaş, 2013).

2.2.4.2.Kalsiyum sülfat (CaSO₄) etkisi

Kalsiyum sülfat toprak içerisinde mevcut ya da kalsiyum hidroksit ve sodyum sülfat etkileşimi sonucu oluşur. Taze beton ya da çimento hamurunda bulunan hidrotasyon ürünleri ile tepkimeye girerek etrenjit oluşumuna neden olurlar (Sarıbaş, 2013).

2.2.4.3.Magnezyum sülfat (MgSO₄) etkisi

Magnezyum sülfat hücumunda ilk olarak betonun yüzeyinde beyazlama oluşmakta, sonra beyaz renk açık pembemsi bir renge dönüşmektedir. Magnezyum sülfat hücumunun devamında beton bağlayıcılık özelliğini kaybederek çamurumsu bir yapıya dönüşür. Saha betonlarının göz ile incelenmesinde magnezyum sülfat etkisindeki betonlar kolayca anlaşılabilir (Sarıbaş, 2013).

2.2.4.4.Amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) etkisi

Çözelti içerisinde bulunan amonyum sülfat ortamda ki jips içinde bulunan serbest kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) ile tepkimeye girer. Sonuçta oluşan NH₄⁺ ortamda bulunan OH⁻ ile tepkimeye girerek NH₃ ve su oluşturur.

Betonun ilk yıllarında tuzlama yapılmamalıdır. Amonyum sülfat ve amonyum nitrat içeren tuzlar asla kullanılmamalıdır (Sarıbaş, 2013).

2.2.5.Alkali-silika reaksiyonu (asr) ve alkali-karbonat reaksiyonu (acr)

Alkali-silika reaksiyonu (ASR) oldukça kompleks kimyasal bir reaksiyondur. Bazı çimentoların içinde fazla miktarda bulunan sodyum oksit (Na₂O) ve potasyum oksit (K₂O) gibi alkali oksitler, aktif silis içeren agregalarla reaksiyona girerek, jel oluşumuna sebep olurlar. Nemin varlığında bu jel zamanla şişerek betonda hasar oluşumuna yol açar (Baradan ve Aydın, 2013).

1920'li ve 1930'lu yıllarda ABD'de, Kaliforniya'daki beton yapılarda nedeni belirsiz çatlak oluşumlarına bağlı yıkımlar rapor edilmiştir. Bu raporlarda beton malzemelerin standartlara uygun olmasına rağmen, yapım yılını takiben birkaç yıl içinde çatlaklar olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, genellikle harita çatlağı şeklinde görülen çatlaklardan jel çıkışı, betonda patlamalar gibi belirtiler de işaret edilmiştir. Stanton, 1940 yılında bu tür çatlakların (daha sonra Alkali- Silika Reaksiyonu olarak adlandırılan) kimyasal bir reaksiyonun sonucu olduğunu açıklamıştır (Arslan, 2001, 2006).

Alkali-silika reaksiyonunun yer almaması için, betonun içerisinde bulunan alkali miktarının çok az olması veya agregaların böyle bir reaksiyonu başlatacak miktarda reaktif silika içermemesi gerekmektedir (Değirmenci, 2013).

Son yıllarda lityum bazlı lityum karbonat, lityum nitrat ve lityum florür gibi katkılarda ASR reaksiyonlarının azaltılmasında kullanılmaya başlanmıştır. Beton üretiminde düşük bir s-ç oranı ve betonun geçirimsiz olmasının da, ASR' yi azaltıcı etkisi bulunabilmektedir. Geçirimsiz betonlara daha az su girmesi sonucunda, alkali-silika jellerinin emebileceği su miktarı azaltılmış olmaktadır (Aköz ve Çakır, 2000; Çakır ve Aköz, 2003; Topçu, 2005).

Bu önlemlerin yanı sıra, beton üretiminde ince taneli puzolonik katkı kullanılması, sertleşmiş betondaki alkali-silika genleşmesinin az olmasına yol açmaktadır. Bunun nedeni, puzolonik katkı maddeleri içeren betonlarda çok fazla alkali bulunmuyor olmasıdır (Değirmenci, 2013).

2.2.6. Kalsiyum ve magnezyum oksidin (cao, mgo) gecikmiş hidratasyonu

Çimento içinde bulunabilen CaO ve MgO'un gecikmiş hidratasyonları da betonda genleşmelere ve çatlamalara yol açabilmektedir (Baradan ve Aydın,2013).

2.2.7. Betonda karbonatlaşma ve çelik donatının korozyonu

Doğru dizayn edilmiş, geçirimsiz, kaliteli bir beton, çeliği korozyondan koruyarak yapının dayanımını ve dayanıklılığını istenen düzeyde sağlar. Kimyasal koruma betonun alkalinitesi sayesinde, fiziksel koruma ise ortamda bulunan ve korozyona yol açan maddelerin yapı elemanı içine difüzyonunun önlenmesi ile gerçekleşir. Betonun bu olumlu özelliğine rağmen uygulamada yapılan hatalar nedeniyle korozyon günümüzde betonarme yapıların servis ömürlerini belirleyen en önemli faktör olarak kabul edilmektedir (CEB,1992).

Hidratasyon sonucu oluşan kalsiyum hidroksit ile havadaki CO₂ reaksiyona girerek kalsiyum karbonat oluşturur. Bunun sonucu pH değeri 12-13'den 8-9'a düşen betonun bazik özelliği Şekil 2.9 'de ki gibi zayıflar. Böylece beton içindeki donatıların paslanması Şekil 2.10 'de ki gibi kolaylaşır. Karbonatlaşmayı azaltmak için betonun geçirimsiz olması gerekir. Geçirimsizlik düşük su/çimento oranı, iyi gradasyon, uygun vibrasyon ve kür uygulaması ile sağlanabilir. Ayrıca pas payını olabildiğince arttırmak gerekmektedir (Değirmenci, 2013).



Şekil 2.9 Betonun karbonatlaşması.



Şekil 2.10 Donatının korozyonu.

Karbonatlaşma, betonun geçirgenlik ve gözeneklilik özelliği ile bağlantılıdır. Bu nedenle, betonun hem gözenekliliği hem de geçirgenliği karbonatlaşma mekanizmasında önemli rol oynamaktadır. Bunlardan başka, betonun karbonatlaşma oranı; betonun kür durumuna, su-bağlayıcı oranına, betonun karbonatlaşmaya maruz kaldığı ortam sıcaklığına ve bağıl nemine bağlıdır (Karahana, 2006).

Sıcaklığın artışı karbonatlaşma hızını artırır. Fakat sıcaklığın aşırı derecede artması kurumayı artırarak karbonatlaşma için gerekli olan nemi ortadan kaldırır. Bu yüzden sıcaklığın çok fazla miktarda artması da karbonatlaşmayı yavaşlatır (Akman, 1997).

Bağıl nem oranı arttıkça veya azaldıkça karbonatlaşma miktarı artmaz. En fazla karbonatlaşmanın olduğu nem miktarı %50-%70 arasında olduğu zamanlardır. Nem miktarı çok fazla artarsa ortama karbondioksit difüzyonu zorlaşacaktır. Tamamen suyun içinde kalan betonlar karbonatlaşma yapmazlar. Nemin azalması durumunda ise reaksiyonun ihtiyaç duyduğu su azalacağından karbonatlaşma hızı da azalacaktır (Tokyay, 1997).

2.2.8. Klorür korozyonu

Klorür iyonları beton içine çeşitli yollardan girebilir. Bunlar arasında, yüksek miktarda klorür içeren agregaların, CaCl_2 içeren priz hızlandırıcı veya deniz suyunun beton üretiminde kullanılması sayılabilir. Ancak en yaygın kaynak çevrede bulunan klorürlerin beton içine taşınımıdır. Özellikle betonla temas halindeki deniz suyu ya da tuzlu yeraltı suları, buz çözücü tuzlar, tuz üreten veya işleyen sanayi tesisleri önemli birer klorid kaynağıdır. Düşük S/Ç oranına sahip yoğun, geçirimsiz ve yeterli kalınlıkta imal edilecek pas payı tabakası ile karbonatlaşma reaksiyonuna ve klorür difüzyonuna büyük ölçüde engel olmak mümkündür. Buna karşılık boşluklu, geçirimli ve yeterli kalınlıkta imal edilmemiş pas payı tabakasına sahip betonarme elemanların servis ömürlerinin çok kısa olması beklenir. Yüzeyi kaplanmamış, brüt beton uygulamalarından mümkün olduğunca kaçınmak gerekir. Yüzeyin çimento-kireç esaslı sıva ile kaplanması, geçirimsiz izolasyon maddelerinin kullanılması, özel boyaların uygulanması yarar sağlamaktadır (Baradan ve Aydın, 2013).

2.2.9. Korozyonun betonarme yapılarda oluşturduğu hasarlar

Korozyon, çelikte en kesit kaybına, beton-çelik aderansının azalmasına, betonarme elemanın taşıma gücünün azalmasına, dolayısıyla yapının deprem güvenliğinin kaybolmasına, zamanla Şekil 2.11'de ki gibi yapının kullanılamaz hale gelerek servis ömrünü tamamlamasına neden olabilmektedir (Baradan ve Aydın, 2013).



Şekil 2.11 Betonarme yapının korozyona uğraması.

2.2.10.Gecikmiş Etrenjit Oluşumu

Sülfat etkisiyle genleşen tuzun sertleşmiş betonu çatlatıp parçalaması olayıdır. Oluşum nedenlerini iki başlıkta toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi, prefabrik sektöründe elemanların hızlı priz alması ve dayanım kazanması için uygulanan yüksek sıcaklık; ikinci husus ise, çimento bünyesinde aşırı miktarda SO_3 bulunmasıdır (Sarıbaş, 2013).

2.3.Biyolojik Kalıcılık Sorunları

Betonarme yapılar, üzerlerindeki veya yakınlarındaki biyolojik oluşumlardan etkilenebilirler. Bitki ve ağaç kökleri çatlaklı veya boşluklu bölgelerden betonun içine sızarak, Şekil 2.12 'de ki gibi büyüyüp genişlerler. Oluşan genleşme etkisi sonucu betonarme elemanların çatlayıp, hasar görmeleri mümkündür (Baradan ve Aydın,2013).



Şekil 2.12 Betonarme yapıda oluşan biyolojik kalıcılık sorunu.

3.DEPREM ETKİLERİ

3.1.Deprem'in Tanımı

Deprem, yerkürenin sarsılması, titremesi, göçmesi, yükselmesi ve oynamasından meydana gelen, yerkabuğunun ani hareketidir. Yerkabuğunu etkileyen hareketler; gerçekte, belli kurallar gereğince belli yerlerde basınç birikimine yol açar. Basınç çok büyük olursa kopma, ani boşalmaya ve aynı zamanda bir sallantıya sebep olur. Deprem, yerküre içerisinde biriken elastik deformasyon enerjisinin plakaların (kayaçların) kırılma direncini aşması sonucunda plakaların kırılması ve bu kırılmanın meydana getirdiği sismik dalgaların yeryüzünde oluşturduğu titreşim hareketidir (Karagöz, 2010).

Levha sınırlarındaki devingenlik ve değişim, yer kabuğunda deformasyonlar, gerilme birikimleri ve kırılmalar oluşturmaktadır. Bu deformasyonlara sebep olan iki önemli olgu vardır.

- 1)Enerji birikimi
- 2)Enerjinin aniden açığa çıkması

Sismoloji çalışmaları, bu enerji türlerinden yalnızca elastik yamulma enerjisinin büyük depremleri oluşturacak kadar güçlü olduğunu göstermiştir. Depremlerle elastik yamulma enerjisinin açığa çıkmasındaki ilişki; çeşitli kuvvetler(tektonik, volkanik) nedeniyle yer kabuğu içinde biriken gerilmeler belirli bir düzeye geldiğinde ortamın dayanma gücünü yenmekte ve böylece yer kabuğu kırılarak veya var olan bir kırık boyunca kayarak tektonik depremi oluşturmaktadır (Karabulut, 2006).

3.2.Dünya'da Depremler

Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri birbirlerini sıkıştırdıkları birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Depremler yeryüzünde olduğu üç ana kuşak vardır: Depremlerin yeryüzünde olduğu üç ana kuşak vardır: (Karagöz, 2010).

3.2.1. Pasifik Deprem Kuşağı

Şili'den kuzeye doğru Güney Amerika kıyıları, Orta Amerika, Meksika, ABD'nin batı kıyıları ve Alaska'nın güneyinde Aleut Adaları, Japonya, Filipinler, Yeni Gine, Güney Pasifik Adaları ve Yeni Zelanda'yı içine alan en büyük deprem kuşağıdır. Yeryüzündeki depremlerin % 68'i bu kuşak üzerinde gerçekleşir (Karagöz, 2010).

3.2.2. Akdeniz Deprem Kuşığı

Endonezya'dan (Java-Sumatra) başlayıp Himalayalar ve Akdeniz üzerinden Atlantik Okyanusu'na ulaşan kuşaklardır. Yeryüzündeki depremlerin % 21'i bu kuşakta oluşur (Karagöz, 2010).

3.2.3. Atlantik Deprem Kuşığı

Bu kuşak Atlantik Okyanusu ortasında yer alan levha sınırı (Atlantik Okyanus Sırtı) boyunca uzanır. Yeryüzündeki depremlerin % 11'i bu kuşakta oluşur (Karagöz, 2010). Ülkemiz dışında son 50 yılda meydana gelen büyük depremler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Birbirlerini iten ya da diğerinin altına giren iki levha arasında harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır. İtilmekte olan bir levha ile bir diğer levha arasında sürtünme kuvveti aşıldığı zaman bir hareket oluşur. Bu hareket çok kısa bir zaman biriminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Sonunda çok uzaklara kadar yayılabilen deprem dalgaları ortaya çıkar. Bu dalgalar geçtiği ortamları sarsarak ve depremin oluş yönünden uzaklaştıkça enerjisi azalarak yayılır (Karagöz, 2010).

Dünyada en çok adı geçen faylardan bir olan San Andreas Fayı, Kuzey Amerika'nın Pasifik Okyanusu kıyısına paralel olarak, KB-GD doğrultusunda uzanan ve Pasifik kıyı dağlarını boydan boya kesen büyük bir kırık sistemi, doğrultu atımlı sağ yönlü bir fay zonudur. Kuzeyde Pasifik kıyısındaki Point Arena'dan güneyde Meksika sınırına kadar olan Kaliforniya Eyaleti içindeki uzunluğu yaklaşık olarak 1100 km' dir. Fayın Kuzeye doğru uzantısı Pasifik'ten geçerek Gorda ve Juan de Fuca okyanus sırtına kadar, güneyde ise Kaliforniya Körfezi'ne, dolayısıyla Doğu Pasifik Sırtı'na kadar devam eder. Bu durumu ile San Andreas Fayı, iki okyanus sırtını birbirine bağlayan 1600 km uzunlukta tipik bir transform fay niteliğindedir (Wilson, 1965).

Çizelge 3.1 Ülkemiz dışında son 50 yılda meydana gelen büyük depremler (FEMA, 1999; Karagöz, 2010; Karabulut, 2006).

| YIL | YER | ŞİDDET | ÖLÜ SAYISI | MADDİ HASAR |
|------------|---------------------------|---------|------------|---|
| 1960 | Güney Şili | 8.5 | 3.000 | 550 Milyon \$ |
| 1964 | Alaska | 8.6 | - | 104 Milyon \$ |
| 20.06.1976 | Tangşan/Çin | 7.8 | 600.000 | 180.000 bina yıkıldı |
| 23.11.1980 | Napoli/İtalya | 7.2 | 2.735 | 52 Milyar \$ |
| 17.10.1989 | Kaliforniya/ABD | 7.1 | 62 | 10 Milyar \$ |
| 17.01.1994 | Northridge/ABD | 6.7 | 57 | 44 Milyar \$ |
| 17.01.1995 | Kobe/Japonya | 7.2 | 5.502 | 140 Milyar \$ |
| 21.09.1999 | Tayvan | 7.2 | 2.400 | 14 Milyar \$ |
| 26.12.2003 | Bem/İran | 6.6 | 25.000 | 100.000 insan evsiz kaldı |
| 23.01.2004 | Chüetsu/Japonya | 6.8 | 40 | 32 Milyar \$ |
| 26.12.2004 | Sumatra/Endonezya | 9.1-9.3 | 230.000 | 10 Milyar \$ |
| 08.10.2005 | Keşmir/Pakistan | 7.6 | 73.000 | 5 Milyar \$ |
| 27.05.2006 | Java/Endonezya | 6.2 | 5.782 | Sahil şeridindeki evler büyük hasar gördü |
| 17.06.2006 | Java/Endonezya | 7.7 | 659 | Sahil şeridindeki evler büyük hasar gördü |
| 15.07.2007 | Lima/Peru | 8.0 | 519 | 58.000 ev yıkıldı |
| 12.05.2008 | Şicuan/Çin | 7.8 | 68.170 | Bazı şehirlerde binaların %80'i yıkıldı |
| 06.04.2009 | Abruzzo/İtalya | 6.3 | 285 | 16 Milyar \$ |
| 12.10.2010 | Portau-Prince/Haiti | 7.0 | 200.000 | 7.8 Milyar \$ |
| 27.02.2010 | Maule/Şili | 8.8 | 723 | 30-40 Milyar \$ |
| 04.10.2010 | Canterbury/Yeni Zelanda | | | 6.5 Milyar \$ |
| 22.02.2011 | Christchurch/Yeni Zelanda | 6.3 | 166 | 20 Milyar \$ |
| 11.03.2011 | Tōhoku/Japonya | 9.0 | 15.828 | 84.4 Milyar \$ |
| 11.04.2012 | Aceh/Endonezya | 8.6 | 10 | 28 ülkeye birden tsunami uyarısı yapılmıştır. |

Bugün Japonya ve Türkiye dünyanın en önemli deprem kuşakları üzerinde yer alan birbirinden uzak olmasına rağmen deprem gibi önemli bir doğal afetle mücadele eden iki kardeş ülkedir (Demirarslan, 2005). Dört büyük tektonik plaka (Avrasya, Kuzey Amerika, Pasifik ve Filipin Denizi) Japonya'nın bulunduğu konumda birleşmektedir. Sürekli hareket halindeki tektonik plakalar birbirlerini sınırlarındaki fay hatları boyunca sıkıştırarak zaman içinde yer kabuğunda büyük gerilmeler oluştururlar. Bu gerilemelerin fay hatlarındaki ani kırılmalar ile boşalması depremleri meydana getirir. Hyogo-Ken Nanbu depremi sonuçları açısından bu yüzyılda Japonya'da meydana gelmiş olan ikinci büyük deprem olma özelliğinin göstermektedir. Bunun

nedenlerini açıklayabilmek için Kobe şehrindeki bina türlerinin sınıflandırılmasının yapılması faydalı olacaktır. Kobe şehrinin de içinde yer aldığı Kansai bölgesindeki binaların tamam yakın bir bölümü 2.Dünya Savaşındaki ağır bombardımanlar sonucu yıkıldığından, bölgedeki yapı stokunun büyük bir bölümünü savaş sonrası yapılan binalar oluşturmaktadır (Özcebe ve Sucuoğlu, 1995).

3.3.Türkiye’de Depremler

Alp-Himalaya deprem kuşağında yer alan ülkemizde olan depremler, AtlantikOkyanus ortası sırtının iki tarafa doğru yayılmasına bağlı olarak Afrika-Arabistan levhalarının kuzey-kuzeydoğuya doğru hareket etmeleriyle ilişkilidir. Ayrıca Kızıldeniz’in uzun eksenini boyunca bugün de devam eden deniz tabanı yayılması nedeni ile Arabistan levhası kuzeye doğru itilmekte ve Avrasya levhasının altına doğru dalmaya zorlanmaktadır (Atabey, 2000).

Bu zorlanma ile Arabistan levhası ile Avrasya kıtası arasında kalan Doğu Anadolu bölgesinde yoğun sıkışma etkisi oluşmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı gibi belli başlı büyük kırıkları harekete geçiren bu sıkışma milyonlarca yıldır devam etmekte günümüzde de yaşadığımız depremlerin ana nedeni oluşturmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı 1400-1500 km uzunluğunda bir faydır. Kuzey Anadolu Fayı ile Doğu Anadolu Fayı arasında kalan Anadolu levhası yılda 13-27 mm hızla, iki parmak arasındaki zeytinin pırtlaması gibi batıya doğru hareket etmekte ve en batıda ise sola doğru kıvrılarak Girit dalma-batma bölgesine doğru ilerlemektedir (Atabey, 2000).

Türkiye’de 1988-1998 yılları arasında sistematik olarak yapılan, Küresel Konum Belirleme (GPS) ölçümleri, plaka hareketleri ve plaka sınırlarını oluşturan büyük fay zonlarında ki yıllık yer değiştirme oranları hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu ölçümlerin sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- Rijit bir blok olan Anadolu plakası, Avrupa-Asya plakasına göre göreceli olarak yılda 25 mm 'lik bir hızla batıya doğru hareket etmektedir.
- Batı Anadolu yılda 30 mm' lik bir hızla güney-batıya doğru hareket etmektedir.
- Arap plakası, yılda 23 mm' lik bir hızla kuzey, kuzey-doğuya doğru hareket etmektedir. Bu hareketin sonucunda, Kafkas sıradağları yılda 10mm'lik bir hızla kısalmakta, Doğu Anadolu’da ise bu hareket, doğu-batı doğrultusunda uzanan

Bitlis bindirme zonunda yılda 15 mm' lik bir hareket ile Doğu Anadolu bölgesindeki sol-yanal atımlı faylarla karşılanmaktadır.

- Batı Anadolu çöküntü havzaları, kuzey-doğu, güney-batı doğrultusundaki açılma nedeniyle yılda 15mm'lik bir hızla hareket etmektedir.
- Afrika plakası, Avrupa-Asya plakasına göre göreceli olarak yılda 10mm'lik bir hızla kuzey-doğu doğrultusunda hareket etmektedir (Ergünay,1996).

Türkiye, 2009 – 2014 yılları arası dönemde inşaat sektöründe % 8.5 oranında (yeni, yenileme ve inşaat malzemeleri) büyüme beklentisi ile çok olumlu gözükken ülkelerarasında yer almaktadır. Konut talebi, artan kentsel dönüşüm projeleri, doğrudan yabancı yatırımlardaki artış beklentisi, yenilenebilir enerji alanında yapılması planlanan altyapı yatırımları ve büyük enerji nakil projelerinin Türkiye'den geçmesi, Türkiye'de başta konut inşaatları olmak üzere, konut dışı ve altyapı inşaatlarındaki büyümeyi de desteklemektedir (TOBB, 2011).

Ülkemizde olan depremlerden sonra görülmektedir ki; kalitesiz ve plânsız yapılaşma ile jeolojik ve jeoteknik faktörler göz ardı edilerek ve buna bağlı olarak hatalı yer seçimi ve yapı inşası deprem anında büyük can ve bina hasarlarına yol açmaktadır (Ulusay, 1999).

Dolayısıyla jeolojik, jeoteknik etütler, yer seçiminin, kent plânlamasının ve yapı tasarımının ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır. Ülkemiz de bu tür etütler daha çok baraj, köprü, tünel, yüksek binalar vb. yapılar için uygulana gelmiş olup, kentleşme sürecinde önemli ölçüde ihmal edilmiştir. Gelişmiş ülkelerde, yapının (projenin) boyutlarına bağlı olarak, bu etütler için yapı maliyetlerinin % 0.5'i ile % 5'ine kadar bir bütçenin ayrıldığı, ancak beklenmeyen olumsuz zemin koşullarıyla karşılaşması halinde bu payın % 10'a kadar çıkabildiği dikkate alınır, konunun ne kadar önemli olduğu görülmektedir (Atabey, 2000). Ülkemizde meydana gelmiş, can ve mal kaybına yol açmış önemli depremler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

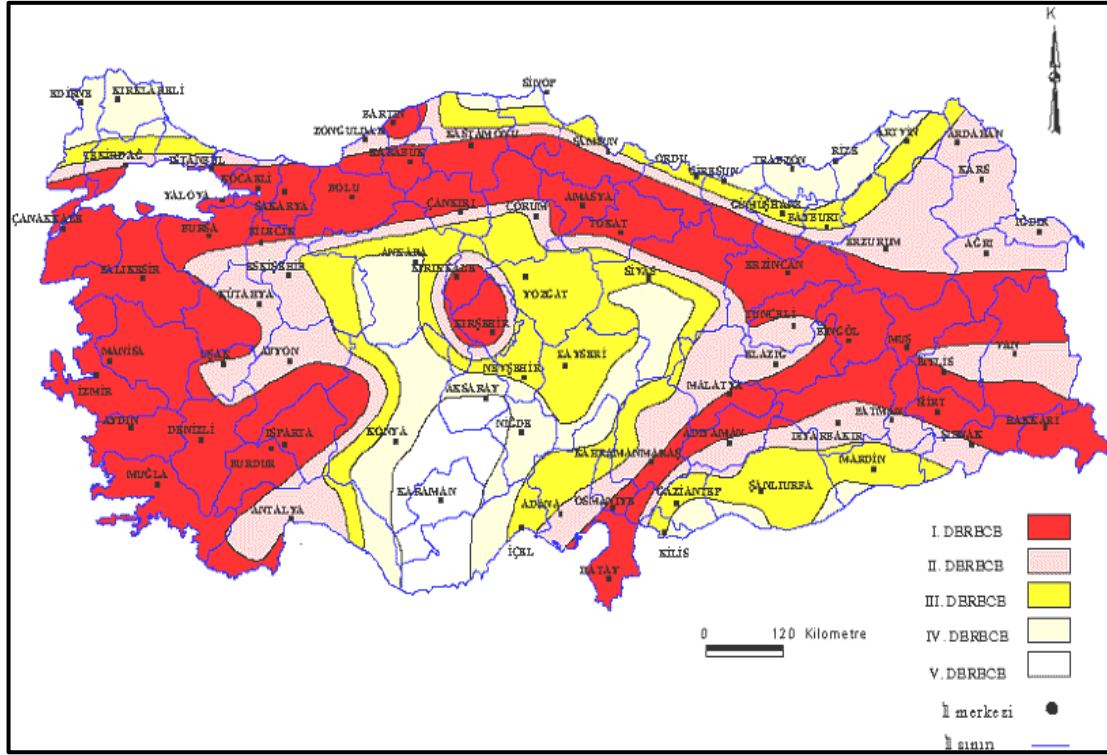
Çizelge 3.2 Türkiye’de meydana gelen büyük depremler (AFAD, 2014).

| YIL | YER | ŞİDDET | ÖLÜ SAYISI | MADDİ HASAR |
|------------|-------------------|--------|------------|---|
| 06.05.1930 | Hakkari sınırı | 7.2 | 2514 | Yaklaşık 3000 bina hasar gördü |
| 26.12.1939 | Erzincan | 7.9 | 32.962 | Yaklaşık 100.000 kişi de yaralanmıştır. Oluşan deprem neticesinde 116.720 bina yıkılmıştır. |
| 20.12.1942 | Niksar-Erbaa | 7.0 | 3000 | Bir çok ev kullanılamaz hale geldi, binlerce insan evsiz kaldı. |
| 26.11.1943 | Tosya-Ladik | 7.2 | 2824 | 5000 kişi yaralanmış ve binaların %80’ini oluşturan 40000 bina yıkılmıştır. Ayrıca Samsun’daki tarihi saat kulesi de yıkılmıştır. |
| 01.02.1944 | Bolu-Gerede | 7.2 | 3959 | 23000’den fazla bina yıkıldı veya kullanılamaz hale geldi. |
| 13.08.1951 | Kurşunlu | 6.9 | 52 | Depremde 3.354 bina yıkılmış ve 13.373 binada hasar görmüştür. |
| 18.03.1953 | Yenice-Gönen | 7.4 | 265 | 6750 bina hasar gördü veya yıkıldı. |
| 06.10.1964 | Manyas | 7.0 | 23 | 5.523’ü ağır olmak üzere toplam 10.048 yapı hasar gördü. |
| 19.08.1966 | Varto | 6.9 | 2394 | Felaketin boyutu 2.394 ölü ve 1.489 yaralıya ulaşmıştır. Deprem, Varto’daki tüm yapıları mahvetmiştir. |
| 22.07.1967 | Adapazarı-Mudurnu | 7.2 | 89 | 7116 bina hasar gördü. |
| 28.03.1970 | Gediz | 7.2 | 1086 | 7000 ev ağır surette ve 10.600 den fazla bina da fazla ölçüde hasara uğramıştır. 33.000 aile, yaklaşık olarak 80.000 kişi barınaksız kalmıştır. |
| 22.05.1971 | Bingöl | 6.7 | 878 | 9111 bina hasar gördü veya yıkıldı. |
| 06.09.1975 | Lice | 6.9 | 2385 | 8149 bina hasar gördü veya yıkıldı. |
| 24.11.1976 | Çaldıran-Muradiye | 7.2 | 3840 | 9232 bina hasar gördü. |
| 30.10.1983 | Erzurum | 6.8 | 1155 | 1.155 kişi ölmüş, 537 kişi yaralanmış, 3.241 konut ağır, 3 bin konut orta ve 4 bin konut hafif hasar görmüş, 30 bini aşkın hayvan telef olmuştur. |
| 13.03.1992 | Erzincan | 6.8 | 653 | 8057 bina hasar gördü veya yıkıldı. |
| 01.10.1995 | Dinar | 6.0 | 96 | Dinar ve yakın köylerinde 6500 konut ağır hasar gördü 4000 konutta az hasarlı olarak tespit edilmişti. |
| 27.06.1998 | Adana-Ceyhan | 6.3 | 145 | Toplam ekonomik kayıp tahminen 1 milyar \$ dır. |
| 17.08.1999 | Gölcük – Kocaeli | 7.8 | 17480 | Resmi raporlara göre, 17.480 ölüm, 23.781 yaralı oldu. 505 kişi sakat kaldı. 285.211 konut, 42.902 işyeri hasar gördü. |
| 12.11.1999 | Düzce | 7.5 | 763 | Deprem ve sonrası yıkık ya da ağır hasarlı ev sayısı 12939, iş yeri sayısı ise 2450’dir. |
| 23.10.2011 | Erciş – Van | 6.7 | 604 | 2262 bina yıkıldı |

Yenileme pazarının büyümesini depreme karşı riskli bulunan binalarda güçlendirme yapılması suretiyle destekleyecek bir diğer faktör, 2007 yılında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik” ve bu kapsamda 2008 yılında yayınlanan “Yapı Denetim Uygulama Yönetmeliği”dir (AFAD, 2007). Bu yönetmeliğe göre, ülke topraklarının % 66’sı 1. ve 2. derece deprem bölgesinde bulunmakta, ülke nüfusunun da % 71’i bu bölgede yaşamaktadır. Bir üst seviyede, 3. ve 4. derece deprem bölgelerinin kapsadığı coğrafya, ülke topraklarının % 92’sini oluşturmaktadır. Deprem riski yüksek bir ülke olan Türkiye’nin yakın tarihinde ciddi can ve mal kaybına yol açan afetlerin sayısı çoktur. Yeni inşaatlarda deprem yönetmeliklerine uygun projelendirme ve uygulama ve yönetmeliklere uygun inşaat malzemelerinin tercih edilmesi yapı güvenliği açısından önemli bir konudur (TOBB, 2011).

Her gün ülkenin bir yerinde deprem olmakta, ancak belirli büyüklükteki (3,5 - 4>) depremler hissedilebilmektedir (Özey, 2000). Ülkemizde 2000 yılı sonrası kayıtlara geçen ve hasar yapan 6 deprem olmuş ve bu depremlerde 900 kişi yaşamını yitirmiş, 7500 kişi yaralanmış ve 3915 bina yıkılmış ya da ağır hasar görmüştür (Taymaz, 2001). Türkiye jeolojisi ve tektoniği bilgilerinin gelişmesine, deprem mühendisliğinde meydana gelen ilerlemelere paralel olarak 1949, 1963, 1972 ve 1996 yıllarında harita, 1949, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998 ve son olarak 2007 yıllarında ise deprem şartnamesi yenilenmiştir (Gülkan, 1995).

Türkiye, depremlerin neden olduğu kayıplar bakımından diğer ülkelerle karşılaştırıldığında, can kaybına neden olan depremlerin yinelenmesinde 0.9 yıl ile başta gelmekte, can kaybı yönünden de beşinci sırada bulunmaktadır. 18 Nisan 1996 günlü Bakanlar Kurulunca kabul edilen yeni Deprem Bölgeleri Haritasına göre; Türkiye topraklarının % 42’si I. derece, % 24’ü II. derece, % 18’i III. derece, % 12’si IV. derece, % 4’ü V. Derece deprem bölgeleridir. Türkiye nüfusunun % 45’i I. derece, % 26’sı II. derece % 15’i III. derece, % 13’ü IV. derece, % 2’si V. derece deprem bölgelerinde yaşamaktadır. I., II., III., ve IV. derece deprem bölgeleri sismik açıdan riskli bölgeler olarak kabul edildiği zaman, Türkiye topraklarının % 96’sının riskli bölge olduğu ve Türkiye nüfusunun % 98’inin deprem tehlikesi ile karşı karşıya bulunduğu açıkça görülmektedir. (Özmen, B.,vd., 1997). Türkiye’nin deprem haritası Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Türkiye deprem bölgeleri haritası (AİGM,1996).

Çizelge 3.3 Deprem tehlikesi bölgelerine göre il merkezlerinin dağılımı (AFAD,2014).

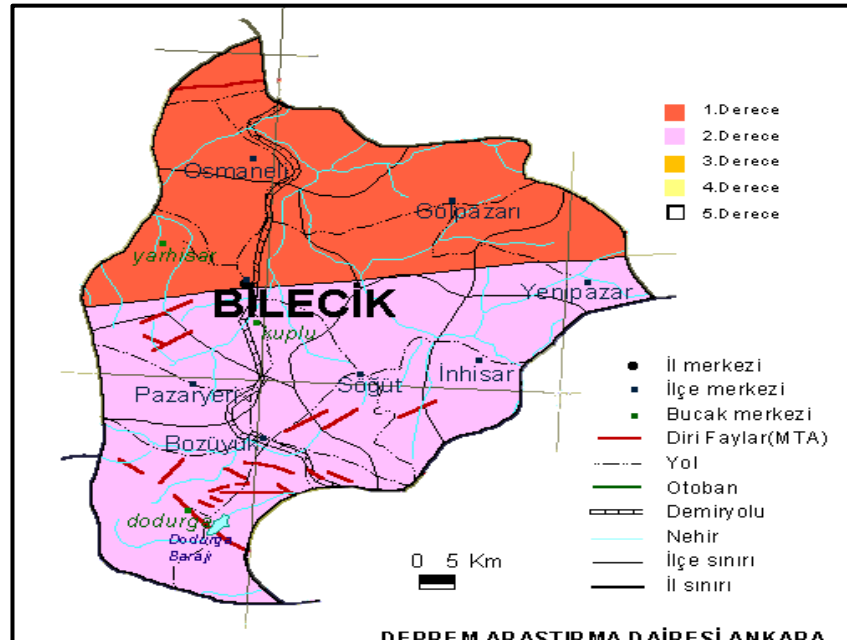
| 1. Derece deprem bölgesi | | 2. Derece deprem bölgesi | | 3. Derece deprem bölgesi | |
|--------------------------|---------------|--------------------------|----------------|---------------------------------|---------------|
| 1. Çanakkale | 19. Çankırı | 1. Tekirdağ | 12. Elazığ | 1. Yozgat | 8. Ordu |
| 2. İzmir | 20. Kastamonu | 2. Uşak | 13. Tunceli | 2. Nevşehir | 9. Urfa |
| 3. Manisa | 21. Kırıkkale | 3. Kütahya | 14. Diyarbakır | 3. Mersin | 10. Gümüşhane |
| 4. Aydın | 22. Kırşehir | 4. Eskişehir | 15. Erzurum | 4. Kayseri | 11. Bayburt |
| 5. Balıkesir | 23. Amasya | 5. Afyon | 16. Batman | 5. Sivas | 12. Mardin |
| 6. Muğla | 24. Tokat | 6. Antalya | 17. Ardahan | 6. Kilis | 13. Artvin |
| 7. Bursa | 25. Hatay | 7. Zonguldak | 18. Şırnak | 7. Antep | |
| 8. İstanbul | 26. Maraş | 8. Çorum | 19. Kars | 4. Derece deprem bölgesi | |
| 9. Denizli | 27. Malatya | 9. Adana | 20. Ağrı | 1. Edirne | 6. Sinop |
| 10. Kocaeli | 28. Erzincan | 10. Samsun | 21. Van | 2. Kırklareli | 7. Giresun |
| 11. Yalova | 29. Bingöl | 11. Adıyaman | 22. Iğdır | 3. Konya | 8. Trabzon |
| 12. Bilecik | 30. Muş | | | 4. Ankara | 9. Rize |
| 13. Sakarya | 31. Siirt | | | 5. Niğde | |
| 14. Burdur | 32. Bitlis | | | 5. Derece deprem bölgesi | |
| 15. Isparta | 33. Hakkari | | | 1. Karaman | |
| 16. Bolu | 34. Düzce | | | 2. Aksaray | |
| 17. Bartın | 35. Osmaniye | | | | |
| 18. Karabük | | | | | |

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı(Çevre ve Şehircilik) tarafından yayımlanan bu harita, Türkiye’de gelecekteki 50 yıl içerisinde %90 ihtimalle aşılmayacak yer ivmelerini göstermektedir. Bakanlar Kurulu’nun18/04/1996 gün ve 96/8109 sayılı kararıyla Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası adı altında1/1.800.000 ölçekli olarak yürürlüğe giren bu haritaya göre Türkiye beş deprem bölgesine ayrılmıştır. Deprem tehlikesi bölgelerine göre il merkezlerinin dağılımı Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Haritada yer ivmesinin 0.40 g ve daha büyük olacağı bölgeler birinci derece deprem bölgesini, yer ivmesinin 0.30 – 0.40 g arasında olması beklenen bölgeler ikinci derece deprem bölgesini, yer ivmesinin 0.20 – 0.30 g arasında olması beklenen bölgeler üçüncü derece deprem bölgesini, yer ivmesinin 0.10 – 0.20 g arasında olması beklenen bölgeler dördüncü derece deprem bölgesini ve yer ivmesinin 0.10 g den küçük olması beklenen bölgeler beşinci derece deprem bölgesini göstermektedir (Özmen, B.,vd., 1997).

3.4.Bilecik’te Depremler

Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve Bakanlar Kurulunun 18/04/1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe girmiş olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre Bilecik 1. ve 2. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Bilecik deprem haritası (AFAD, 2014).

20 Şubat 1956 günü yerel saat 22:32'de Söğüt yakınlarında Ms=6.1 büyüklüğünde hasar yapıcı bir deprem olmuştur. Deprem dış-merkezi, Satılmış ile Çukurhisar arasında bir yere düşmektedir. Makrosismik dış- merkezin koordinatları, 39.49 K – 30.21 D olarak saptanmıştır. Dış-merkezin aletsel koordinatları, 39.51 K– 30.49 D olarak hesaplanmıştır. Deprem odak derinliği 23 km olarak bulunmuştur. Deprem, Bilecik ve Eskişehir arasındaki bölgede önemli hasara neden olmuştur. Söğüt civarında köylerde oldukça büyük hasar meydana gelmiştir. Depremde 1260 konut yıkık- ağır hasar, 2360 konut orta ve 10010 konut hafif hasar görmüştür. Bozüyük ile Çukurhisar arasındaki çok sayıda köprünün farklı oturmasından dolayı raylarda hasar ağır olmuştur. Ana şoktan sonraki bir haftalık dönemde yaklaşık 118 artçı deprem kaydedilmiştir. Deprem dış-merkezinde, en büyük şiddet MSK=VIII olarak belirlenmiştir (Öcal, 1959b;Ergin, K.,vd., 1967; Shebalin ve Karnik, 1974; Ambraseys, 1988). Bilecik'te gerçekleşen önemli depremler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Bilecik' te meydana gelen depremler (UDİM, 2008).

| 1939-1999 yılları arası Bilecik'te olan 4.0'den büyük depremler | | | | | | |
|---|------------|-------|-------|--------|---------------|--------|
| Sıra | Tarih | Zaman | Enlem | Boylam | Derinlik (km) | Şiddet |
| 1 | 31/07/1939 | 13:32 | 39,58 | 29,60 | 10 | 4.8 |
| 2 | 03/08/1939 | 12:32 | 39,75 | 29,68 | 50 | 5.3 |
| 3 | 09/08/1939 | 23:43 | 39,91 | 29,81 | 60 | 5 |
| 4 | 19/08/1940 | 20:43 | 40,13 | 30,09 | 40 | 4.6 |
| 5 | 23/02/1956 | 06:04 | 39,76 | 30,17 | 60 | 5.1 |
| 6 | 24/10/1957 | 02:33 | 40,06 | 29,75 | 10 | 4.7 |
| 7 | 28/03/1961 | 00:44 | 39,82 | 30,19 | 10 | 4.9 |
| 8 | 23/07/1967 | 10:03 | 40,40 | 30,30 | 33 | 4.1 |
| 9 | 01/08/1967 | 01:05 | 40,40 | 30,40 | 46 | 4.4 |
| 10 | 21/06/1972 | 05:06 | 40,26 | 30,04 | 33 | 4 |
| 11 | 22/11/1973 | 14:54 | 40,36 | 29,88 | 8 | 4.4 |
| 12 | 11/05/1978 | 16:35 | 40,20 | 29,58 | 10 | 4.1 |
| 13 | 30/12/1983 | 04:40 | 40,10 | 29,41 | 7 | 4 |
| 14 | 24/10/1990 | 11:16 | 39,84 | 30,23 | 18 | 4.2 |
| 15 | 04/01/1991 | 08:13 | 39,92 | 30,17 | 8 | 4 |
| 16 | 28/03/1994 | 16:59 | 40,39 | 29,96 | 17 | 4.1 |
| 17 | 19/08/1995 | 19:57 | 40,23 | 29,61 | 16 | 4.1 |
| 18 | 17/08/1999 | 01:36 | 40,40 | 30,30 | 10 | 4 |

Bilecik ili merkez ilçesinde 3865 betonarme, 500 yığma; Bozüyük ilçesinde 650 betonarme inşaat, 11900 bina, 32000 bağımsız bölüm, 180 adet kamu işyeri bulunmaktadır.

3.4.1.Bölgenin genel jeolojisi

Öz 2013 yılında detaylı jeolojik etüd raporunda şu şekilde açıklamaktadır. İnceleme yaptığı alanının tabanında spilitik lavlar ve dolamitik kireçtaşlarından oluşan Temel Karmaşığı, magmatizma sonucu granit sokulumu oluşturmaktadır. Permiyen sonunda oluşmaya başlayan riftleşme olayı sonucunda bölge, aktif bir blok faylanma olayına maruz kalmıştır. Bunun sonucunda bazik volkanizma, diyabaz, radyolitlere girik grovak, çörtlü kireçtaşı ve şelf karbonatları oluşmaya başlamıştır. Temel üzerindeki Permiyen yaşlı kireç taşları faylanmalar sonucu volkanik ve sedimanter birimler içine blok olarak yerleşmiştir. Orta Sakarya Bölgesinde batıda Mesozoyik yaşlı “Bayırköy Kumtaşları” ve doğuda “Kapıkaya Formasyon” görülür. Bu formasyonlar kireçtaşı ara katkılı silttaşı, kumtaşı, konglomera, arenit ve marnlardan oluşmuştur ve Alt Jura (Orta Liyas-Pliyensbahiyen) yaşlı bu formasyonlar içinde yer alan fosiller ise şunlardır. Entolium membramaccum (Nillson), Spiriferina sp., Pentacrinus sp., Algler ve Bryzoalar. Bayırköy Kumtaşları ve Kapıkaya Formasyonu 1050-1120 m.’yi bulan kalınlıkları ile Paleozoik temel üzerine açılı diskordansla gelerek bir taban konglomerası oluşturur. Üzerine ise taban seviyeleri çört yumrulu “Bilecik Kireçtaşları” gelir. Kalınlığı 575-840 m. arasında olan Bilecik Kireçtaşları alt kısımda demirli oolitik, üst kısımda sparitik ve mikritik kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Bilecik Kireçtaşları üzerine ise uyumlu olarak Soğukçam Kireçtaşları gelir. Alt kretase yaşlı bu birimin üzerini ise açıl diskordanslı olarak Senomaniyen yaşlı Vezirhan Formasyonu örter. Orta Sakarya Bölgesinin Mesozoik oluşumların en üstünde ise batıda Gölpazarı Grubu-doğuda ise Dereköy Grubu yer alır. Paleosen yaşlı Selvıınar Kireçtaşları, Gölpazarı Grubunun uyumlu olarak örter. Orta Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve gölssel karbonatlardan oluşan Gemiciköy Formasyonu ise en üst seviyede yer alır. Bölge tamamen bir transgresyon ve regresyon ürünüdür. Transgresyon sonucu oluşan çakıltaşları, havzanın derinleşmesi ile yerini kumtaşlarına bırakmıştır. Havzada çökme zaman zaman azaldığından çakıltaşı seviyeleri, kumtaşlarına geçiş gösterir. Bayırköy Kumtaşları üzerine paralel uyumsuzlukla gelen çört modülleri içeren orta-kalın katmanlı mikritik kireçtaşı ile temsil edilen Bilecik Kireçtaşı havzanın hızla derinleştiğini göstermektedir. Bu birim üzerine geçişli olarak gelen marn, killi kireçtaşı ve mikritik kireçtaşı ardalanmasından oluşan Vezirhan Formasyonu, havzadaki derinleşmenin sürekliliğini göstermektedir. Bütün bu birimleri açıl diskordans ile

örten Neojen yaşlı alüvyonlar gri, sarımsı kahverengi renklerde, çakıl ve kil boyutunda çökemiş malzemeler içermektedir (Öz, 2013).

3.4.1.1 Temel karmaşığı (Permilen ve öncesi)

Öz 2013 yılında revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüd değerlendirme raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Çalışma alanında en yaşlı birim olarak Paleozoyik yaşlı Temel Karmaşığı bulunmaktadır. Çeşitli metamorfizmler, asit ve bazik plütonlar ile damar kayalarıyla birlikte bulunan Karakaya Karmaşığı ayrılanmamış litoloji topluluklarından oluşur. Başlıca rejijonal olan metamorfizmada birkaç karışık dönem bulunur. İnce kesitlere dayandırılan metamorfik kaya grupları fillit, gnays, mikaşist, mermer, migmatit vb. dir. Formasyonu oluşturan split ve kireçtaşı seviyelerinin yayılımları iki ayrı üyeye ayrılmıştır. Tabandaki meta lavlar split üyesi, üstteki dolamitik kireçtaşları da Derbent Kireçtaşları olarak adlandırılır (Öz, 2013).

3.4.1.2.Bayırköy formasyonu (A.Jura-Pliensbahiyen)

Öz 2013 yılında detaylı jeolojik etüd raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Orta Sakarya Bölgesindeki Mesozoyik batıda ‘‘Bayırköy Kumtaşları’’,doğuda ‘‘Kapıkaya Formasyonu’’ile başlar. Bu formasyonlar Alt Jura (Liyas-Pliensbahiyen) yaşını veren fosiller içermektedir. Çok sayıda Ammonit,Entolium membraccum (Nillson),Spiriferina sp., Pentacrinus sp., Algler ve Bryzoalar. Genellikle denizel kırıntılı kayalardan oluşan Bayırköy Formasyonu ilk kez Altınlı (1973) tarafından Bayırköy Kumtaşı olarak adlandırılmıştır. Daha sonraki yıllarda formasyon içinde değişik kaya türlerinin saptanmasıyla Soner (1977) tarafından Bayırköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. En iyi görüldüğü mostrada, abanda sarımsı boz renkli karbonatlı kumtaşları ile başlar. Bu seviyelerde orta tabakalı olan birim, orta ve üst seviyelere doğru ince tabakalı killi kumtaşı, karbonatlı killi kumtaşı ile devam eder. Tabakalanma düzlemleri çok sık eklem ve çatlaklarla kesilmiştir. Killi seviyelerinde çok sık gelişmiş kıvrımcıklar gözlenir. Birim, üstte kaba kum boyutundaki arkoz kumtaşı ile devam eder. Bayırköy Kumtaşları 1112 m. ve Kapıkaya Formasyonu ise 90 m.’ yi bulan kalınlıkları ile Palezoik temel üzerine açılı diskordansla gelerek bir taban konglomerası oluşturur. Üzerine ise taban seviyeleri çört yumrulu ‘‘Bilecik Kireçtaşları’’ gelir (Öz, 2013).

3.4.1.3.Bilecik kireçtaşları (Kalloviven-Alt Portlandiyen)

Öz 2013 yılında revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüd değerlendirme raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Bu birim ilk defa Altınlı (1975) tarafından Bilecik

Kireçtaşları olarak adlandırılmıştır. Bilecik Kireçtaşı, doğuda Orta Sakarya'daki Çamalanı bucağı, batıda Manyas Gölü, kuzeyde Mekece' den güneyde Söğüt ilçesine kadar aşınma yüzünden dağınık bir istif halindedir. Transgrasyonlu tabanı ve regrasyonlu tavanı ile tam bir çökme dönemi halindedir. Sürekli dik yer yapan kireçtaşı, Bayırköy Formasyonu (veya Kapıkaya Formasyonu) üzerinde açılı diskordanslıdır. Doğuda üstüne açılı diskordans ile Soğukçam Kireçtaşı daha batıda ise aşınma nedeniyle yine diskordanslı Vezirhan Formasyonu gelir. Transgrasyonlu taban yer yer kırılmış ve aşınmış pembe-kırmızı renkli, yumrulu kireçtaşlarıdır. Alt ve Orta Kalloviyen' i tanıtan otuz Ammonit türü olduğu saptanmıştır. Bilecik Kireçtaşının tavan kesiminde ise alglerin varlığı istifin Orta ve Üst Jura' yı yaşlı olduğunu desteklemektedir. Diğer fosil türleri ise şunlardır: Sowerbyceras tietzi (TILL), Phylloceras disputabili (ZITT), Perisphinctes cf., Reinckeia plana (TILL). En çok 575-840 m. Kalınlığı olan Bilecik Kireçtaşları alt kısımda demirli oolitik, üst kısımlarında sparitik ve mikritik kireçtaşlarından meydana gelmiştir (Öz, 2013).

3.4.1.4. Vezirhan formasyonu (Senomaniyen-Kampaniyen)

Öz 2013 yılında detaylı jeolojik etüd raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Eroskay, Bilecik'in 16 km. kuzeyinde ve anayol üzerindeki Vezirhan köyünde, Bilecik Kireçtaşı üzerine açılı diskordans ile marn, marlit, laminalı şeyl katkılı, ince katmanlı boz, sarımsı, kızılca renkli killi kireçtaşına "Vezirhan Formasyonu" adını vermiştir. Karasu batısında 359m. kalınlıkta bir stratigrafi kesiti ölçülmüştür. Özellikle Globotruncana ve foraminiferler Üst Kretase (Senomaniyen-Kampaniyen) yaşını vermektedirler. Birim tabanda kırmızımsı ve grimsi renkli karbonatlı kumtaşlarıyla başlar. Üste doğru beyazımsı, bej renkli killi kireçtaşı aralanması ile devam eder. Genellikle ince tabakalı, yer yer orta kalın tabaka gösteren kireçtaşları ile ara seviyelerde volkanik tüfler bulunur. Tabakalar arasında bol miktarda kalsit damarları bulunmaktadır. Vezirhan Formasyonu killi ve marnlı olması sebebiyle plastik bir yapıya sahiptir. Ve sık kıvrımlanmalıdır (Öz, 2013).

3.4.1.5. Gölpazarı grubu-Dereköy grubu (Senomaniyen-Maastrihyen)

Öz 2013 yılında revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüd değerlendirme raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı Vezirhan

Formasyonu üzerinde, fosilli üst yüzeyi Maastrichtiyene giren Gölpaazarı grubu topluca Senoniyen yaşlıdır. Genelde kırıntılı olan istifin tabanı açılı diskordanslıdır. Sarı, kahverengi, bol fosilli, ak, sert, kırılğan kireçtaşı mercekli ince ve kaba kırıntuların araldanmasından beş stratigrafi kesiti ölçülmüştür. Batıda Gölpaazarı Grubu-Doğuda Dereköy Grubu olarak adlandırılan birim 600-1000 m. kalınlıkta, tuf ara katkılı, yanal geçişli marn, kireçtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardışığından meydana gelmiştir. İçerdiği fosiller Maastrichtiyen yaşını vermektedir (Öz, 2013).

3.4.1.6.Selvipınar kireçtaşı üyesi (Paleosen)

Öz 2013 yılında detaylı jeolojik etüd raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Üst Kretase yaşlı Gölpaazarı Grubu'na uyumlu olarak Paleosen yaşlı 20-80 m. kalınlıkta Selvipınar Kireçtaşları gelmektedir. Gölpaazarı Grubunun kumtaşı üzerinde paralel diskordanslı, kama biçimli ak, boz, ince dokulu, sert kırılğan, ince-orta-kalın katmanlı istif olarak gelmektedir (Öz, 2013).

3.4.1.7.Gemiciköy formasyonu (O.Miyosen)

Öz 2013 yılında revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüd değerlendirme raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ile gölsel karbonatlardan oluşan bu birim, kötü çapraz katmanlı ve gevşek yapılıdır. Bilecik'in 10 km. kadar kuzeyindeki yol yarmasında oygu-dolgu taban üzerinde beyaz kireçtaşları çapraz katmanlı ve kama biçimlidir. Farklı dokulu ve kötü falyanmış olan bu kırıntılar, kil mineralleri veya karbonatla zayıf tutturulmuş olmakla birlikte sıkı, sert yapıda orta kalın katmanlı veya kamalı çapraz katmanlı ve az gözeneklidir. Tabaka kalınlıkları 3-200 m. arasındadır (Öz, 2013).

3.4.1.8.Alüvyon (Neojen)

Öz 2013 yılında detaylı jeolojik etüd raporunda şu şekilde açıklamaktadır. Bütün bu birimleri açısız diskordans ile örten Neojen yaşlı alüvyonlar gri, sarımsı kahverengi renklerde, çakıl ve kil boyutunda çökelmiş malzemeler içermektedir (Öz, 2013).

4.YÖNTEM

Bu çalışmada Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın kapsamında yer alan, Kentsel Dönüşüm Kanunu ile Bilecik' teki kentsel dönüşüm alanlarının, riskli alanların ve riskli yapıların bilgilerine ulaşılmıştır. Bilecik ilindeki bu yapıların 2000 yılı öncesinde yapılan eski yapılar olduğu tespit edilmiştir. Saha araştırmasında riskli yapıların taşıyıcı sistemleri, yapı yaşları ve kat adetleri gözlemlenmiştir.

Bilecik ilinde faaliyet gösteren yapı denetim kuruluşlarınca denetlenen, yeni inşa edilmekte olan yapılar incelenmiştir. İncelenen bu yapıların taze beton deney sonuçlarına ulaşılarak, yapılan deneyler sonucunda standardı sağlamamış güvensiz olan yapılar bulunmuştur. Çalışmamızda eski ve yeni yapıların beton kalitesinin sağlıklı bir şekilde karşılaştırılması için sertleşmiş betondan karot numuneleri alınmıştır.

Çalışmada 36 adet betonarme yapıdan toplam 108 adet, 3 farklı çapta silindirik karot numuneleri alınmıştır. Karot numune boyutları $h/d=1$ olacak şekilde laboratuvar ortamında kesilmiştir. 9,4x9,4 cm, 10x10 cm ve 11,5x11,5 cm boyutlarındaki silindirik karot numuneleri üzerinde sırasıyla karbonatlaşma deneyi, ultrases geçiş hızı deneyi, birim ağırlık deneyi ve su emme oranı hesaplanarak incelenmiştir.

Ülkemizde ve diğer bazı ülkelerde silindirik yerine zaman zaman küp numuneler de kullanılmıştır. Küp ve silindirik dayanımları arasındaki ilişkiyi saptayabilmek için çok sayıda deney yapılmıştır. Bu araştırmalar sonunda, silindirik dayanımının küp dayanımına oranının ortalama 0.80-0.85 olduğu bulunmuşsa da, birçok numunede bu oranın 0.7'ye kadar düştüğü veya 1.1'e kadar yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durumda, küp dayanımı 0.80 veya 0.85 gibi bir katsayı ile çarpılarak silindirik dayanımına çevrilebilirse de bunun hiçbir zaman kesin olmadığı unutulmamalıdır (Ersoy, 1985). ASTM C42 'ye (2004) göre boy/çap oranlarına göre düzeltme katsayıları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 ASTM C42 boy/çap düzeltme katsayısı (ASTM C42, 2004).

| Boy/Çap | Düzeltilme Katsayısı |
|---------|----------------------|
| 2,00 | 1,00 |
| 1,75 | 0,98 |
| 1,50 | 0,96 |
| 1,25 | 0,93 |
| 1,00 | 0,87 |

BS 1881'e (1983) göre ise narinlik oranı formül 4.1 ve 4.2'de verilmiştir;

$$\lambda = l/d \quad (4.1)$$

$$K\lambda = 2/(1,5 + 1/\lambda) \quad (4.2)$$

Dayanım, betonun taşıyabileceği en yüksek gerilme olarak tanımlanır. Beton, diğer birçok gevrek yapı malzemesi gibi basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Betonun çok düşük olan çekme dayanımı hesaplarda genelde dikkate alınmadığından, üzerinde durulan en önemli özelliği, basınç dayanımıdır. Betonun standart basınç dayanımı, suda saklanmış 28 günlük, çapı 150 mm, boyu 300 mm olan silindir numunelerin, eksenel basınç altındaki dayanımı olarak tanımlanır. Gerilme cinsinden ifade edilen dayanım, silindirin kırılma yükü alana bölünerek belirlenir (Şimşek, 2004). Numune alınan yapıların sınıflandırılması Çizelge 4.2 'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Numune alınan yapıların sınıflandırılması.

| Kullanım Amacı | Numune Boyutları (cm) | Yapı Elemanı | Kat adeti | Taşıyıcı sistem |
|----------------|-----------------------|--------------|------------|-----------------|
| Kamu | 9,4x9,4 | Kolon | 1 ve 4 | Betonarme |
| Bina | 11,5x11,5 | Perde | 5 ve üzeri | Betonarme |
| Okul | 9,4x9,4 | Kolon | 2 ve 3 | Betonarme |
| Cami | 10x10 | Kolon | 2 | Betonarme |
| Fabrika | 11,5x11,5 | Perde-Döşeme | 1 | Betonarme |

4.1. Beton Karot Numunesi Alımı

4.1.1. Karot yöntemi ve tanımı

Yapıdaki betonun basınç dayanımı tayininde çok yaygın olarak kullanılan karot alma yönteminde, betondan kesilerek çıkarılan silindir numuneler eksenel basınç yükü altında kırılmaya tabi tutulurlar. Fransızca “carotte” sözcüğünden türetilen karot numuneleri, karot alma aleti denilen bir aletle alınmaktadır. Bu aletle, içi boş bir boruya benzeyen silindir şekilli, ucu elmastan yapılmış çelik bir kesici, kendi eksenini etrafında yüksek hızda döndürülür ve beton içerisine ilerletilerek istenilen uzunlukta numune kesilir. Betonarme elemanlarda demir donatı da kesilebilmektedir (Erdoğan, 2003).

Karot standardı TS 10465 (1992) Nisan 2010'da iptal edilerek yerine TS EN 13791 (2010) kullanılmaya başlanmıştır. Dayanım tayininde kullanılan karotların donatı çubuğu ihtiva etmemesi önerilir. Donatının bulunması basınç dayanımını etkilemektedir. Bu nedenle mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Çünkü yapının bütünlüğü bozulmakta ve donatının sürekliliği sağlanamamaktadır. ASTM C42:2004'e göre içinde donatı bulunan karotlar basınç dayanımında kullanılmamalıdır. Bu durumlarda farklı yerden karot alınarak donatı yoğun bölgelerde farklı hasarsız yöntemlerle değerlendirilmelidir. Fakat yine de içinde donatı olan bir karot alınmışsa donatı yükleme yönünde olmamalıdır (Akakın, 2013).

4.1.2. Karot alınacak yapıların ve yapı elemanının seçimi

Bu çalışmada, Bilecik İli ve ilçelerinde bulunan Bilecik Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından riskli olarak tespit edilmiş yapılar arasından seçilen binalarda inceleme yapılmıştır. Karşılaştırılma da bulunulacak yeni yapılar ise özel binalar arasından seçilmiştir.

Deprem esnasında kolon ve kiriş birleşim bölgeleri en çok zorlanan yerlerden biridir, bu zorlanmayı azaltmak, beton dayanımını ve sünekliği artırmak için sıklaştırılan etriyelerin, 2000 yılı öncesinde inşa edilen yapıların birçoğunda eksik uygulandığı görülmüştür. Eski yapıların enine donatı aralıklarının çok fazla ve donatının düzensiz olması yapı elemanına zarar verilmeden, kolonlardan karot numunesi alımını kolaylaştırmıştır. 30 x 60 cm' den daha küçük ebatlı kolonlardan numune alınmamış, elemanların moment sıfır noktasından karot numunesi alınmıştır. Ülkemizde ve Bilecik İlinde; Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğin 2007 yılında uygulamaya koyulması ile yeni yapıların demir donatılarının sıklaştırılması nedeniyle yeni yapıların betonarme perdelerinin orta noktasından karot numuneleri alınmıştır.

Döşeme kalınlıkları genelde gerekli karot boyunu sağlamamaktadır. Döşeme kaplamaları, karot makinesini sabitlemekte zorluk çıkarmaktadırlar (İlhan, 2003).

Karot boyunu sağlayan ölçüde olan ve karot makinesinin sabitlenmesine elverişli döşemelerden de karot numunesi alınmıştır.

Karot numunesi alınacak yapı elemanının taşıdığı aksenal/moment yük düzeyleri dikkate alınarak, yapıların kenar veya köşe kolonları tercih edilmiştir. Elemanların moment sıfır noktasında yani zemin katlarda alttan L/3 mesafeden, normal katlarda

alttan $L/2$ mesafeden alınmıştır. Bu mesafelerde segregasyon oranında düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yetersiz işçilik ve vibrasyon sebebiyle kolon üst bölgelerinde düşük agrega oranı, kolon alt bölgelerinde ise yüksek agrega oranı ile karşılaşılabileceği düşünülmüştür. Şekil 4.1’ de ki gibi yapı elemanının donatısına zarar verilmemesi için demir donatı tespit cihazı kullanılarak, karot numunesinin alınacağı yer belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Demir donatı tespit cihazı ile yapıdan numune yerinin belirlenmesi.

4.1.3. Karot alınması

Karot makinesini, numunenin alınacağı yapı elemanına sabitlemek için dübel ölçüsünde matkap ile delik delinmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Karot alınacak elemana sabitleme dübel deliği açılması.

Açılan deliğe dübel takılmıştır ve üzerine sağlam bir tij demiri monte edilmiştir (Şekil 4.3). Şekil 4.4’de ki gibi tij demirinin arasından geçirilen karot alma makinesi yapı elemanının yüzeyine oturtulmuştur.



Şekil 4.3 Cihaz sabitleme dübelinin montajı.

TS EN 13791 ve TS EN 12504-1 (2010) standartlarında; karotun düşey ya da yatay alınmasının basınç dayanımına etkisi konusunda herhangi bir açıklama veya düzeltme katsayısı önerisi bulunmamaktadır. Yatay alınmış karotlarla düşey alınmış karotların benzer şekilde önerilmesi önemli bir sakıncadır. Çünkü, betonun heterojen bir yapıya sahip olması ve döküm yönü betonun basınç dayanımı etkilemektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalarda; düşey alınmış karotların yatay alınmış karotlardan genel olarak daha yüksek basınç dayanımına sahip oldukları ifade edilmekle birlikte, bu etkinin mertebesi konusunda bir kesinlik bulunmamaktadır. Ayrıca bu etkinin karot çapına bağlı olarak da değiştiği belirlenmiştir (Arioğlu, 1998; CS Report, 1988).

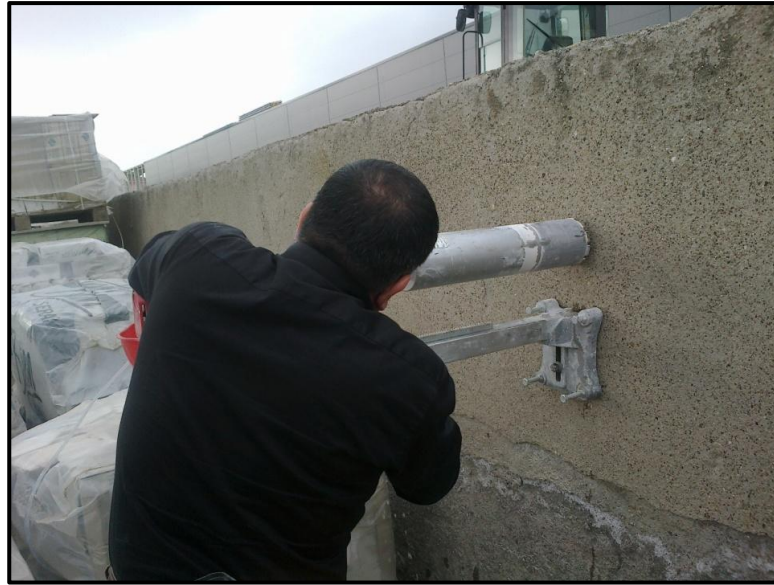


Şekil 4.4 Karot makinesinin elemana sabitlenmesi.

İşlem esnasında karot alma makinesi hareket etmeyecek şekilde sıkıca sabitlenmiştir (Şekil.4.5).



Şekil 4.5 Düşey elemandan karot alımı.



Şekil 4.6 Yatay karot alımı.

Dübel tutmayan veya tutmakta zorlanan betonlardan numune alınmamasın dikkat edilmiş, bu husus özenle not edilmiştir (Şekil.4.6).

Basınç dayanımı belirlenecek betondan alınacak karotun çapının ne olacağı konusunda TS 13791 (TS, 2010) standardında açıklamalar yapılmıştır. Veriler incelendiğinde betondan alınacak karotun çapının betonda kullanılan agreganın çapı ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Betonlardan agrega maksimum dane çapına

bağlı olarak üç farklı çapta (150 mm, 100 mm ve 50 mm) karotlar alınabileceği ve alınacak karotun çapının betonda kullanılan iri agreganın en büyük çapının 3 katından büyük olması gerektiği Çizelge 4.4’de ifade edilmiştir.

Çizelge 4.3 En büyük agrega tane büyüklüğüne göre alınabilecek karot çapları (TS 13791, 2010).

| En büyük agrega tane büyüklüğü, mm | Karot çapı, mm |
|------------------------------------|----------------|
| 63 | 150 |
| 32 | 100 |
| 16 | 50 |
| 8 | 50 |



Şekil 4.7 Kolon elemanından karot alımı.

Ayrıca TS EN 12504-1 (TSE, 2002) standardında; maksimum agrega çapının karot çapına oranının $1/3$ ‘den büyük olması durumunda karotların dayanım değerlerinin önemli ölçüde etkilenebileceği ifade edilmektedir. Standardın ekinde maksimum agrega çapı 20 mm veya 40 mm olan durumlarda karot çaplarının 100 mm, 50 mm ve 25 mm olabileceği de belirtilmiştir. Ayrıca, literatürde; h/d oranı 1 olan 50 mm, 75 mm, 100 mm ve 150 mm çapa sahip karotlar üzerinde yapılan çalışmalarda, basınç dayanımı değerleri benzer bulunmakla beraber karot çapı küçüldükçe standart sapmanın arttığı hesaplanmıştır (TS EN 12504-1, 2002; Meininger, 1968; Henzel, 1969; Poljärvi, 1969; Erdoğan, 2003).

Karot cihazına monte edilen bir su pompası yardımı ile cihazın kesici elmas ucuna tazyikli su gelmesi sağlanmıştır. Su, kesici elmas ucu ile kesilen parçaların uzaklaştırılması ve kesici elmas ucun ısınmasını önlemek için cihaz çalışır durumdayken sürekli pompalanır. Su şiddeti az olduğunda bıçak betona sıkışıp makinenin motorunun yanmasına sebep olabilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Karot kesimine başlanması.

Mümkün olduğunca elemanın düşey ekseninden orta noktasından alınmıştır. Numune alınacak elemanın taşıdığı aksenal/moment yük düzeyleri gözlemsel olarak analiz edilmiştir. Narin elemanlardan kesinlikle numune alınmamıştır. Bu amaçla Şekil 4.9'da ki gibi yapının kenar/köşe kolonları tercih edilmiştir.



Şekil 4.9 Karot alınmış karot elemanları.



Şekil 4.10 Yapı elemanlarından alınmış karot numuneleri.

Numune ilk boyunu belirlerken, karotun başlık yapılırken alt ve üst ucundan tıraşlanacağı Şekil 4.10'de ki gibi göz önüne alınmıştır. Tıraşlanmış ve ardından başlık yapılmış karot numunelerinin h/d oranı 1.0 ile 2.1 arasında olmasına dikkat edilmiş, özellikle bu oranın 1 olarak alınmıştır. Donatı kesilmemiş, bu hususta azami dikkat sarf edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Döşemeden alınan karot boşluğu.

4.1.4. Karot boşluğunun onarımı

Karot alınmış yapı elemanında kalan boşluklar, taşıma gücünde olumsuzluğa yol açmaması için zengin çimento dozajı ve düşük su/çimento oranına sahip CEM I 42,5 R çimentolu harç ile homojen ve hava boşluğu kalmayacak şekilde doldurularak onarılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Karot boşluğunun onarım harcıyla tamiri.

Numune alımıyla oluşan boşlukların, yapı elemanında önemli gerilme yığılmalarına yol açtığı unutulmamış, boşluğun doldurulması ve Şekil 4.13’de onarılmış kolon elemanı görülmektedir.



Şekil 4.13 Onarılmış karot boşluğu.

4.2. Karbonatlaşma Derinliği Tayini

Betonda çimento hidrotasyonu sonucunda ortaya çıkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ betonun bazik bir yapıya sahip olmasına neden olur. Beton yüzeyine püskürtülen baz indikatörü, pH değeri 11-12,5 olan karbonatlaşmamış betonu koyu pembe renge dönüştürür. Karbonatlaşma sonucu pH değeri 8-9'a düşmüş beton, renk değişimi göstermez. Baz indikatörü olarak kullanılan çözelti phenolphthalein çözeltisidir (ACI,1993; Neter, J.,vd.,1998).

Alınan karot numuneleri üzerine phenolphthalein solüsyonu püskürtülerek yapılan karbonatlaşma deneyi sonucunda numuneler üzerinde gerçekleşen renk değişimleri Şekil 5.11’de görülmektedir. Karbonatlaşmış betonlarda karbonatlaşma cephesi boyunca renk değişimi gözlemlenmezken, karbonatlaşmamış betonlarda karot numune yüzeyinin tamamının pembe renk verdiği Şekil 4.14’te görülmüştür.



Şekil 4.14 Karot numunelerinde indikatör renk değişimi.

4.3. Ultrases Geçiş Hızı Tayini

Sertleşmiş beton numuneler üzerinde yukarıda bahsedilen fiziksel özelliklerin tayini deneylerinin yanı sıra bazı tahribatsız deneylerde mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılır. Tahribatsız deney yöntemleri değişik şekillerdeki ve boyutlardaki betonlar üzerinde uygulanabilmektedir. Tahribatsız yöntemlerin uygulanmasında betonun kırılması işlemi yer almadığı için, aynı beton üzerinde değişik zamanlarda tekrar tekrar ölçüm yapabilmek mümkündür.

Ultrasonik yöntem, beton basınç dayanımını tahmin edebilmek amacıyla kullanılmakta olan ve beton test çekici yönteminden sonra en çok kullanılan tahribatsız deney yöntemidir. Ultrasonik testler değişik türdeki birçok betona uygulanabilmektedir. Bu ölçümler sonucunda; betonun homojenliği, içerisindeki boşluklar, çatlaklar ve diğer süreksizlikler, beton yapısında yangın ve diğer kimyasal olaylardan meydana gelen değişimler ile betonun dayanımı ve kalitesi ile ilgili bilgilere ulaşılabilir (Özcan, F.,v.d, 2006; Güner ve Süme, 2000; Quasrawi, 2000).



Şekil 4.15 Ultrases geçiş hızı deneyi.

Ultrases geçiş hızı tayini deneyi, Şekil 4.15' te ki gibi numunelerin ön ve arka yüzeylerinden gerçekleştirilmiştir. Beton numunelerde ultrases geçiş hızı ölçümü; numunelere temas eden yüzeylerine dik doğrultuda yapılmıştır. Deney numuneler üzerinde ASTM C597 standardına uygun olarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Beton kalitesi Çizelge 4.3 ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.4 Beton kalitesi ile ultrases dalga hızı arasındaki ilişki

| Beton Kalitesi | Ultrases Geçiş Hızı, m/sn |
|----------------|---------------------------|
| Çok İyi | >4500 |
| İyi | 3500-4500 |
| Şüpheli | 3000-3500 |
| Zayıf | 2000-3000 |
| Çok Zayıf | <2000 |

Yapılara zarar vermektense karot alınmamalı beton basınç dayanımı tahmini için hasarsız yöntemlerden faydalanılmalıdır (Ultrases geçiş hızı testi, Schmidt beton çekici testi, vb.). Frekansı 16.000'in üzerinde olan ve insan kulağı tarafından işitilemeyen ultrases dalgaları katı, sıvı ve gaz içinde belirli bir hız ile yayılır. Ultrases dalgaları da ışık dalgaları gibi yayılır, yansır, kırılır ve difraksiyona uğrar. Ultrases deney tekniğinde, ses dalgaları, cisme, boşluk bırakılmaksızın temas ettirilen piezoelektrik verici ile gönderilir ve aynı özellikteki alıcı yardımı ile alınır. Alıcı ve verici problar arasındaki ses dalgalarının iletim süresi ve hızı zaman ölçer devre ile ölçülür. (Postacıoğlu,1981).

Bunun yanında ses dalgasının vericiden alıcıya geçmesi için geçen süre, deney aleti tarafından $1\mu\text{s}$ ya da $0,1\mu\text{s}$ hassasiyetle ölçülmektedir. Ultrases hızı olarak tanımlanan sesin beton içinden geçiş hızı; alıcı ve verici arasındaki geçiş uzunluğunun geçiş süresine bölünerek, km/s cinsinden bulunmaktadır. Beton içindeki boşluklar ultrases hızını etkileyen en önemli faktördür. Zira boşluklu malzemede ses dalgalarının beton içinden geçişi yavaş olmaktadır. Ultrases hızlarının yüksek olması beton kalitesinin yüksekliğini, ultrases hızlarının düşük olması kalitenin düşük olduğunu göstermektedir. (Filiz, 2006; Griffith, 1920).

4.4. Beton Birim Ağırlık Tayini

Beton yoğunluğu deneyi beton kabuğunu temsil eden karot numuneler üzerinde TS12390-7 (TSE, 2010) standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Özgül ağırlığı yüksek olan agregaların oluşturduğu betonun birim ağırlığı da yüksek olmaktadır. Öte yandan içerisinde çok hava boşluğu bulunduran betonunun birim ağırlığı da düşük olmaktadır. Agreganın kap içindeki net ağırlığının kap hacmine bölünmesiyle hesaplanır ve birimi t/m^3 olarak verilir. (Subaşı, S.,v.d., 2010).

4.5. Su Emme Oranı Tayini

Sertleşmiş betonun su emme kabiliyeti (su emme kapasitesi) betonun hizmet ömrü boyunca karşılaşılabileceği yıpratıcı kimyasal - fiziksel olaylara karşı dayanıklılığını ve dayanımı etkilemektedir. Betonun emebileceği su miktarı, betonun içerisindeki boşlukların toplam hacmi ile ilgilidir. Betondaki toplam boşluk hacmi ise betonda kullanılan su/çimento, agrega cinsi, kür koşulları, kür süresi, karbonatlaşma derinliği, beton elemanın boyutu gibi birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Erdoğan, 2003).

Sertleşmiş betonda su emme deneyi TS EN 1097-6' (TSE, 2010) ya göre, beton yoğunluğu ise TS12390-7 (TSE, 2010)' ye göre tayin edilen ve su emme kabiliyeti gibi önemli bir fiziksel özelliktir. Bu standart, hafif beton, normal ağırlıklı beton ve ağır betona uygulanır. Betonun yoğunluğu betonun birçok fiziksel ve mekanik özellikleri açısından önemlidir (Baradan, 2006; Topçu, 2006).

4.6. Karot Numunelerinin Deneylere Hazırlanması

Yapı elemanlarından alınan karot numuneleri boy/çap oranı $h/d= 1$ olacak Şekil 4.16'da ki gibi taş kesme makinesinden yararlanılarak kesilir. Numune boyu çaptan küçük olmamalıdır.



Şekil 4.16 Karot kesme makinesinde numunelerin uygun boyda tıraşlanması.

Kükürt eritme potasında % 70 oranında kükürt ile % 30 oranında grafit tozları karışımı Şekil 4.17 'de ki gibi hazırlanmıştır. Karot numunelerine TS EN 13791'e göre her iki yüzü uygun biçimde kükürt ve grafit tozu eriyiği ile başlıklama yapılmıştır (Erdoğan, 1990; TS EN 13791, 2010; Arıoğlu ve Arıoğlu, 2005).



Şekil 4.17 Ergitilmiş kükürt başlıklama malzemesi.



Şekil 4.18 Karot numunesinin kükürt başıklaması.



Şekil 4.19 Başıklanmış karot numuneleri.

Düşük dayanımlı başlıklar, karot basınç dayanımını da düşürür. Yüksek dayanımlı harç ve yüksek dayanımlı kükürt kullanılarak Şekil 4.18’de ki yapılan ince başlık, dayanımı önemli derecede etkilemez. Uç yüzeylerinin aşındırılarak düzeltilmesi son derece önemlidir. Şekil 4.19’da karot numuneleri uçları düzeltilmiş ve başıklanmıştır.

4.7. Karot Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney yöntemlerinde 15x15x15 cm küp veya 15x30 cm silindir şekillerinde numuneler kullanılarak basınç dayanımları tayin edilebilir. TS EN 12390-2'ye göre oluşturulan numuneler, TS EN 12390-3'e göre basınç dayanım testine tabi tutulabilirler. Standart küp ve silindir numunelerden elde edilen basınç dayanımları arasındaki ilişkileri araştıran pek çok araştırmacının farklı sonuçlar elde ettikleri görülmektedir (Erdoğan, 2003). Ayrıca aynı şekle sahip fakat farklı boyutlu numunelerden elde edilen basınç dayanım değerleri de farklılıklar göstermektedir. Bunlarla birlikte farklı şekil ve boyuttaki numunelerden elde edilen değerler arasındaki ilişkinin, farklı dayanımlarda da değiştiği birçok araştırma sonucunda görülmüştür (Erdoğan, 2003).

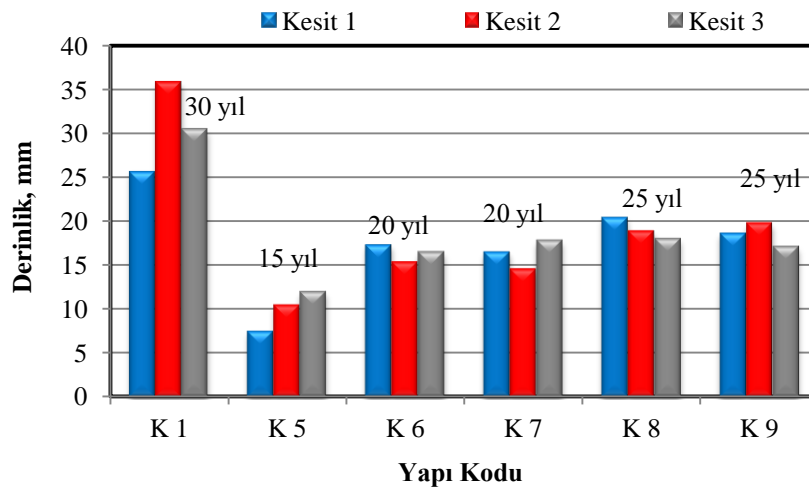
Basınç dayanım deneyinden önce karot numunelerinin çap ve başlıklı yükseklikleri hassas kumpasla belirlenmiştir. Silindir numuneler maksimum 200 ton kapasiteli basınç presiyle basınç dayanım deneyine tabi tutulmuşlardır. Tüm basınç deneyleri TS EN ISO 9000:2000 Kalite Yönetim Sistemi ve TS EN ISO / IEC 17025 belgeli Kalite Kontrol Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. TS EN 206 standardı silindir/küp oranı karakteristik dayanımları irdelenmiş, basınç dayanımları TS EN 13791'e göre değerlendirilmiştir (Kadiroğlu, 2010).

5.BULGULAR

5.1.Karbonatlaşma Derinliği Deneyi Sonuçları

Karbonatlaşma derinliğinin belirlenmesi deneyi, Baradan vd. (Kropp,1995) ve Hearn et al. (Subaşı, 2005) da belirtilen yöntemle yapılmıştır. pH'ı 8,2-9,8 olan phenolphthalein'in % 1 olarak kullanıldığı, karot numunelerinin yapı yaşına bağlı olarak karbonatlaşma derinlikleri başlıklanmamış karot numuneleri üzerinde yapılmıştır etil alkol ile hazırlanan çözeltinin püskürtülmesinden hemen sonra beton karot örneklerde yüzeyinde kırmızı-mor renge dönüşen karbonatlaşmamış ve yüzeyden itibaren rengi değişmeyen iki bölge oluşmuştur. Karbonatlaşma derinliği beton yüzeyinden itibaren 0,1 mm hassasiyetle her karot örneği için en az 10 farklı noktadan ölçülmüştür. Renk değişimlerine göre karbonatlaşma derinliği belirlenmiştir.

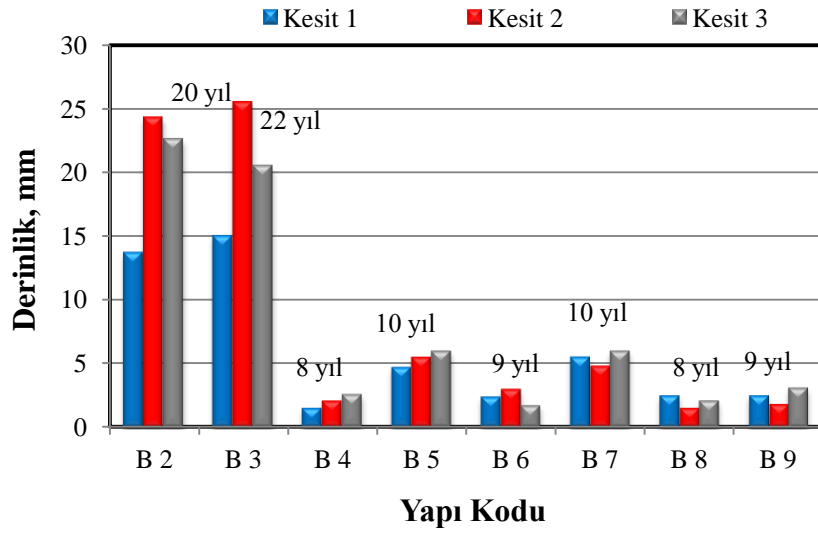
Karbonatlaşma reaksiyonu tespit edilen kamu yapılarının karbonatlaşma derinlikleri Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Kamu yapıları karbonatlaşma derinliği.

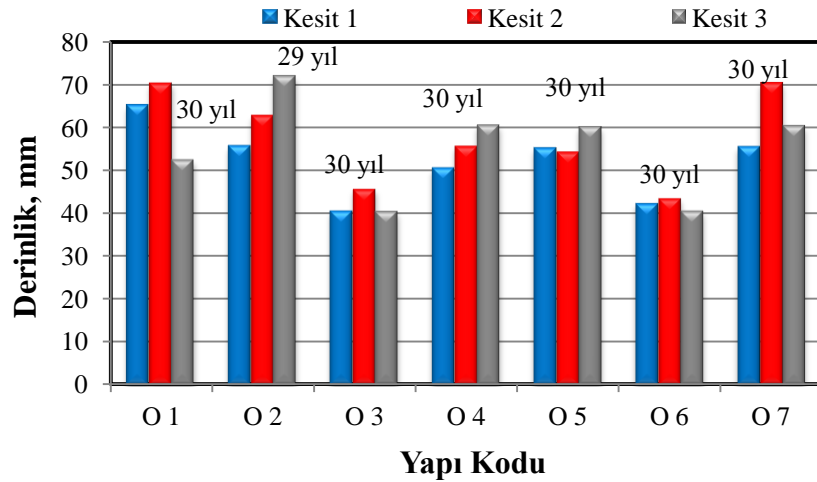
Elle hazırlanmış betonla inşa edilen ve yaşları 15 ile 30 arasında değişen kamu yapılarında karbonatlaşma derinliklerinin yapı yaşına bağlı olarak ortalama 10 mm ile 35 mm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Karbonatlaşma reaksiyonu betondaki alkaliniteyi azalttığı için betonarme donatı korozyonu açısından yapıyı riskli hale getirebileceği göz ardı edilmemelidir (Akman,1997).



Şekil 5.2 Bina yapıları karbonatlaşma derinliği.

Şekil 5.2 incelendiğinde karbonatlaşmadan en fazla 22 yıllık B3 ve 20 yıllık B2 yapısının etkilendiği görülmüştür. 2000 yılı ve sonrasında inşa edilen bina yapılarında en fazla 5 mm karbonatlaşma olduğu ve B1 bina yapısında karbonatlaşmaya rastlanmadığı tespit edilmiştir.

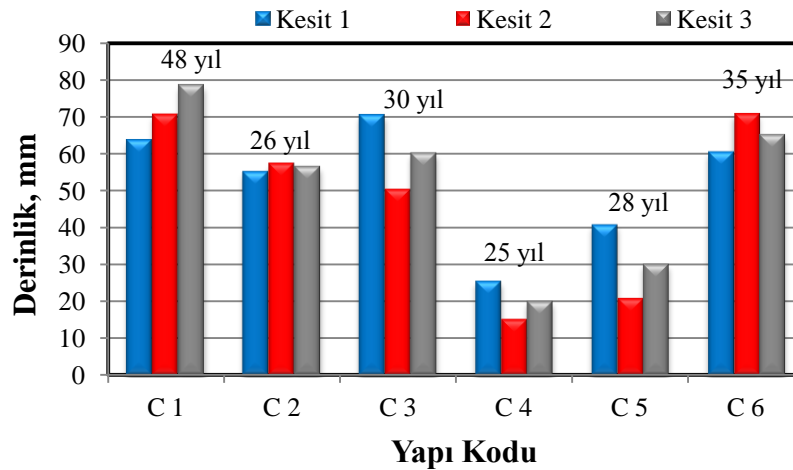


Şekil 5.3 Okul yapıları karbonatlaşma derinliği.

Şekil 5.3'te okul yapılarının yaklaşık 30 yıllık olmalarına rağmen özellikle O1, O2 ve O7 okul yapılarında karbonatlaşma derinliği değerleri 70 mm'ye ulaşmakla birlikte, basınç dayanımı değerleri aynı karot numuneleri için en düşük sonuçları

vermiştir. Bu durumdan, yetersiz denetim sebebiyle işçilik ve kür uygulamalarının yapılamaması etkili olmuştur. Okul yapılarında ki beton, yaşları itibariyle servis ömürlerini tamamlamışlardır. Bu yapıların betonunun kimyasal etkilere maruz kaldığı görülmüş, karbonatlaşma derinliğinin artmasında önemli bir rol oynamıştır. Okul yapılarında 30 yıl sonundaki en düşük karbonatlaşma derinliği 40 mm ile O3 ve O6 yapılarında elde edilmiştir.

Cami yapılarının karbonatlaşma derinliği değerleri incelendiğinde C1 yapısında karbonatlaşma derinliği Şekil 5.4'te görüldüğü üzere ortalama 70 mm olarak belirlenmiş; buna karşılık en yüksek dayanım ve ultrases geçiş hızı değerleri de yine bu yapıdan alınan karot numunelerinden elde edilmiştir. Bu sonuca karbonatlaşmış betonun içyapısında ki boşlukların karbonatlaşma reaksiyonu ürünleri ile doldurulmasının neden olabileceği düşünülmektedir. Karbonatlaşma reaksiyonu bu etki ile dayanım açısından bir miktar olumlu katkı sağlayabilir. Ancak bu durum karbonatlaşmış betonun dayanımının her zaman yükseleceği anlamını taşımamalıdır.



Şekil 5.4 Cami yapıları karbonatlaşma derinliği.

Karbonatlaşma reaksiyonu etkileyen birçok faktör bulunmakla birlikte yapının yaşı bu reaksiyonun gelişiminde etkin rol almaktadır. Bu nedenle hazır beton kullanılarak inşa edilmiş olan K2, K3, K4, B1 ve F kodlu genç yapılarda karbonatlaşma reaksiyonu tespit edilmemiştir.

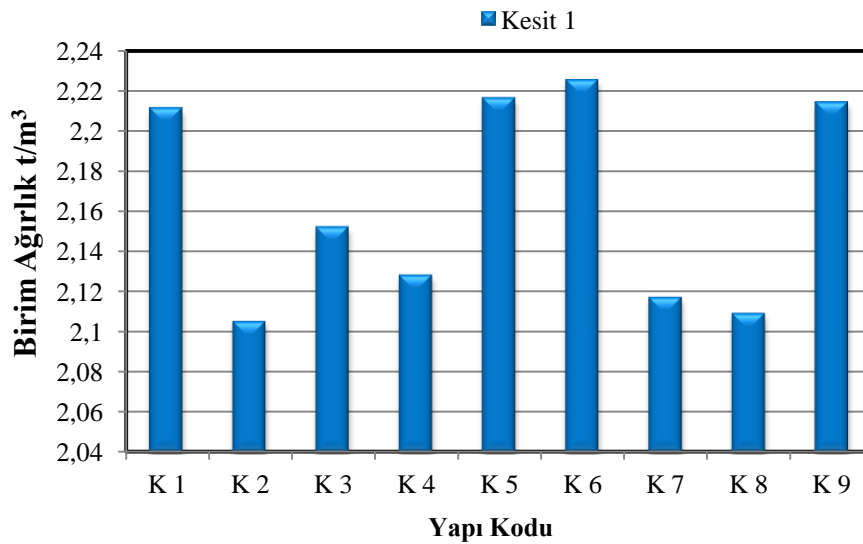
5.2.Karot Birim Ağırlık Deneyi Sonuçları

Yapılardan alınan karot numunelerinin birim ağırlık deney sonuçlarına bakıldığında sonuçların 2.08 t/m^3 ile 2.21 t/m^3 arasında değiştiği görülmüştür. Bu değişimde, alınan karot numunelerinde ki malzeme ve işçilik kalitesinde ki uygunsuzluklar rol oynamıştır.



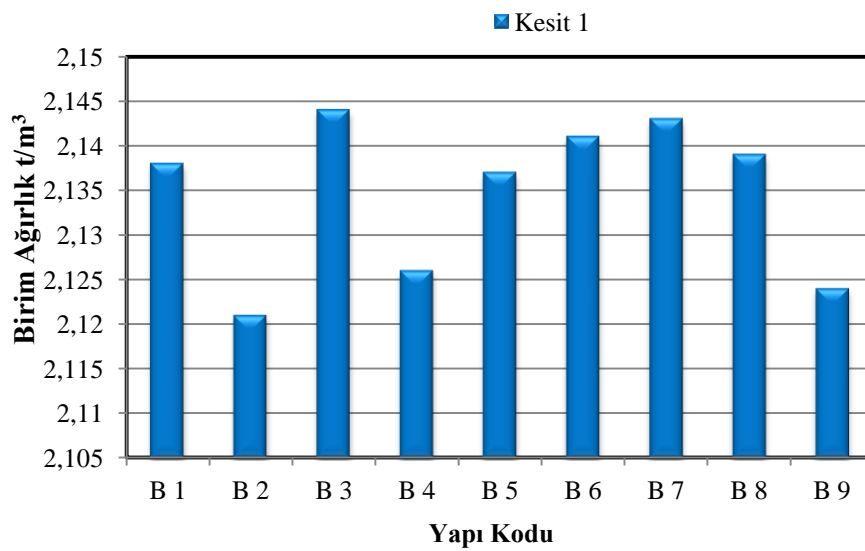
Şekil 5.5 Karot numunelerinin birim ağırlık deneyi.

Şekil 5.5'te karot numunelerinin birim ağırlık deneyi ölçümlerinin gerçekleştirilmesi görülmektedir. Kamu yapılarından alınan karot numunelerinin birim ağırlık deney sonuçlarına göre, (Şekil 5.6) en yüksek değer K6 yapısı $2,22 \text{ t/m}^3$, en düşük değer ise K2 yapısında $2,10 \text{ t/m}^3$ olarak bulunmuştur.



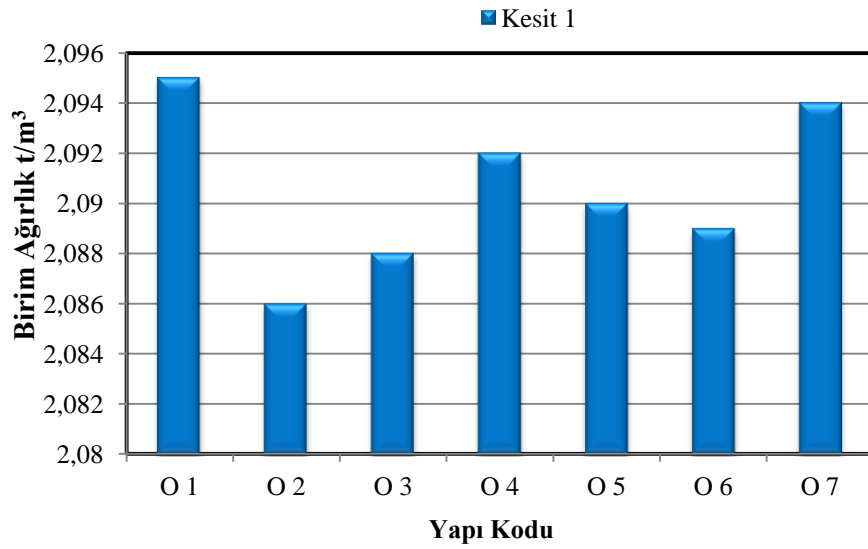
Şekil 5.6 Kamu yapılarının birim ağırlık deney sonuçları.

Şekil 5.7'den görüldüğü üzere, en yüksek değer B3 yapısı $2,14 \text{ t/m}^3$, en düşük değer ise B2 yapısında $2,12 \text{ t/m}^3$ olarak bulunmuştur. Sonuçlardan görülebileceği üzere, K6 ve B3 yapılarının beton malzeme boşluğunun az olması, birim ağırlıklarının yüksek sonuç vermesiyle doğru orantılıdır. Beton malzeme boşluklarının az olması beton kalitesini yükseltmekte, fazla olması ise beton kalitesini yani birim ağırlık değerini düşürmektedir. Kür koşullarının sağlanamaması ve taze betonun kalıplara iyi yerleştirilememesi gibi işçilik hataları sonucunda oluşan boşluklar K2 ve B2 yapılarının birim ağırlık değerlerinin düşük çıkmasına neden olmuştur.



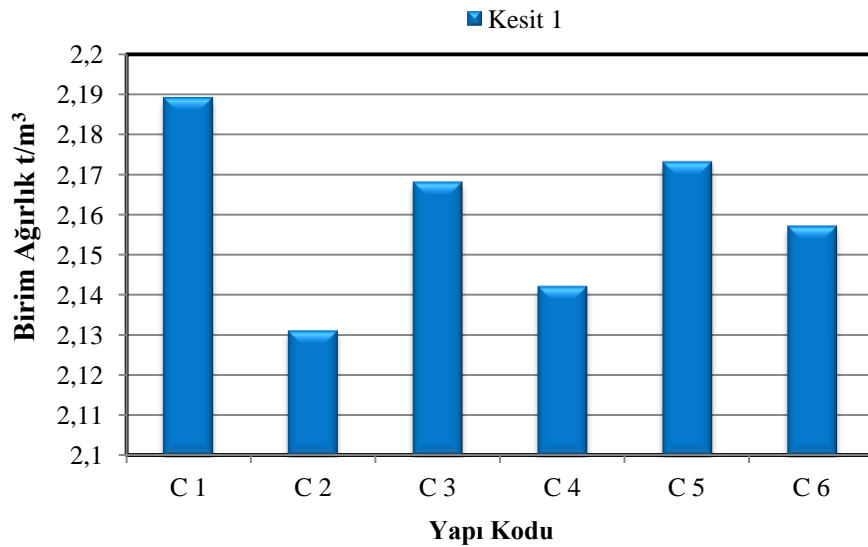
Şekil 5.7 Bina yapılarının birim ağırlık deney sonuçları.

O1 ve O7 okul yapılarının karot numunelerinin birim ağırlık deney sonuçlarının Şekil 5.8'de en yüksek değer $2,09 \text{ t/m}^3$ olarak bulunmuş olmasına rağmen bu yapıların su emme oranlarının da yüksek olması beton malzemesi boşluk oranı açısından bir fikir verememekte, buna beton malzemesinin kalitesizliğinin neden olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak okul yapılarında kullanılan beton kalitesinin birbirine benzer bir yapıya sahip olması birim ağırlık değerlerinin de birbirine yakın çıkmasına yol açmıştır.



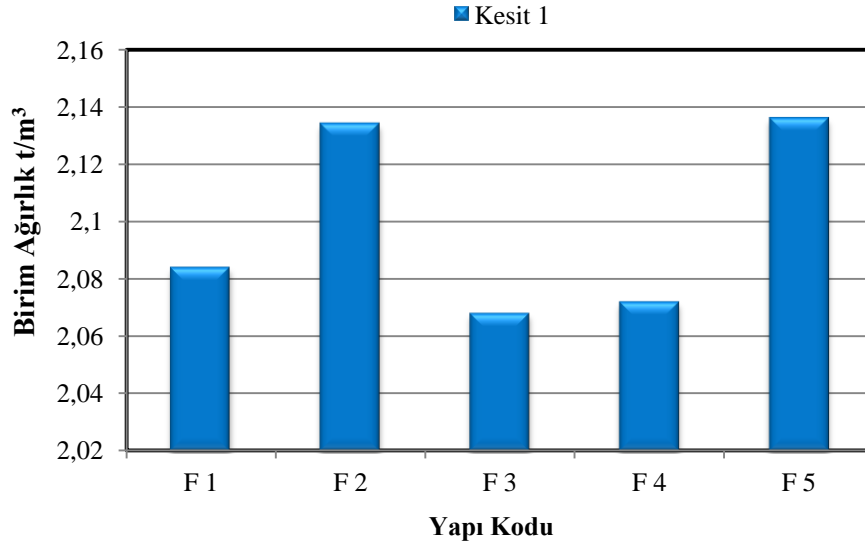
Şekil 5.8 Okul yapılarının birim ağırlık deney sonuçları.

Cami yapılarının birim ağırlık deney sonuçları Şekil 5.9’da verilmiştir. Bu yapılar arasında en düşük birim ağırlık değeri C2 yapısında $2,13 \text{ t/m}^3$ olarak belirlenmiştir. En yüksek birim ağırlık değeri ise C1 yapısında $2,19 \text{ t/m}^3$ olarak elde edilmiştir. Okul yapılarıyla karşılaştığımızda beton birim ağırlıklarının cami yapılarında daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 5.9 Cami yapılarının birim ağırlık deney sonuçları.

Fabrika yapılarının beton birim ağırlık değerleri incelendiğinde (Şekil 5.10) hazır beton kullanılan F5 yapısının betonun sıkılaştırma ve vibrasyonunun iyi yapılması sonucunda en yüksek değer $2,13 \text{ t/m}^3$ olarak bulunmuştur.



Şekil 5.10 Fabrika yapılarının birim ağırlık deney sonuçları.

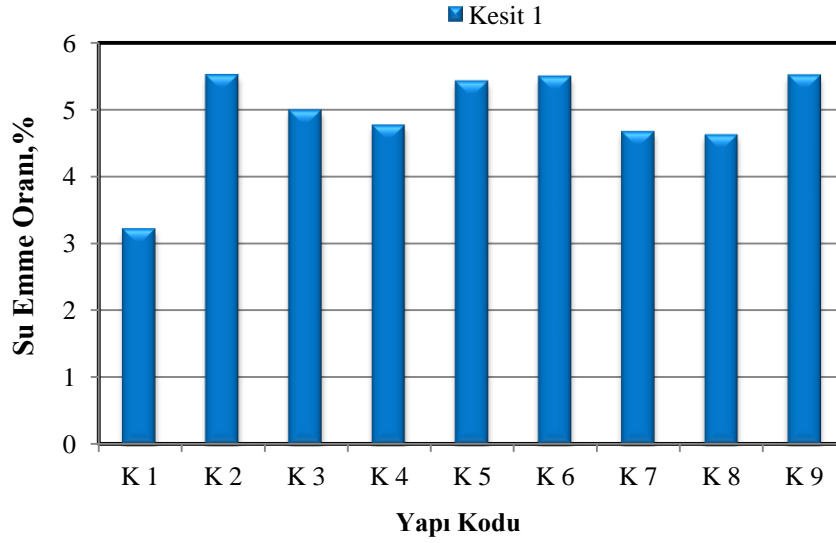
5.3. Karot Su Emme Deneyi Sonuçları

Yapılardan alınan karot numuneleri üzerinde yapılan karbonatlaşma derinliği, ultrases geçiş hızı ve birim ağırlık deneyinden sonra karot numunelerine su emme deneyini uygulamak için kür havuzuna konulan numuneler 24 saat Şekil 5.11’de ki gibi bekletilmiştir. Karot numuneleri üzerinde su emme deneyi yapılarak karotların gözenekliliği hakkında fikir sahibi olunmaya çalışılmıştır.



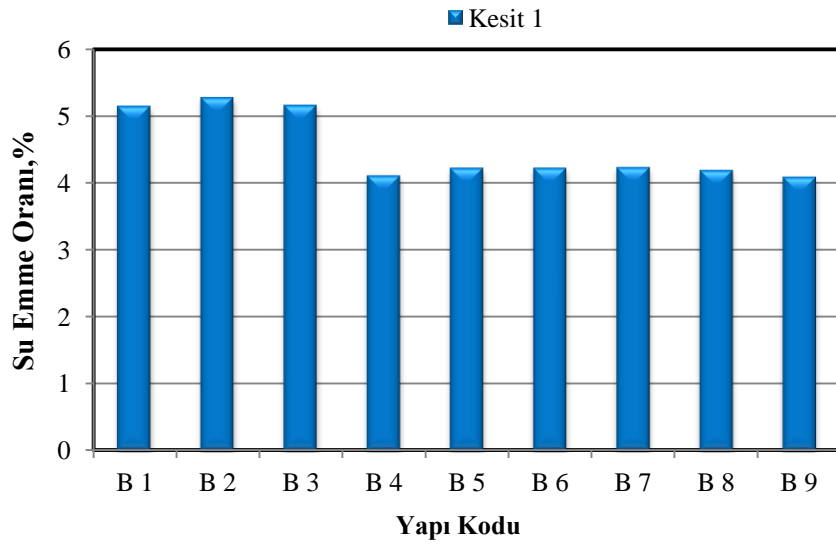
Şekil 5.11 Karot numunelerinin su emme deneyi.

Kamu yapılarından alınan karot numunelerinin su emme oranı deney sonuçları incelendiğinde, agrega tipinden kaynaklı K2 yapısının % 5,50 ile bu yapı sınıfında en yüksek değeri aldığı görülmüştür.



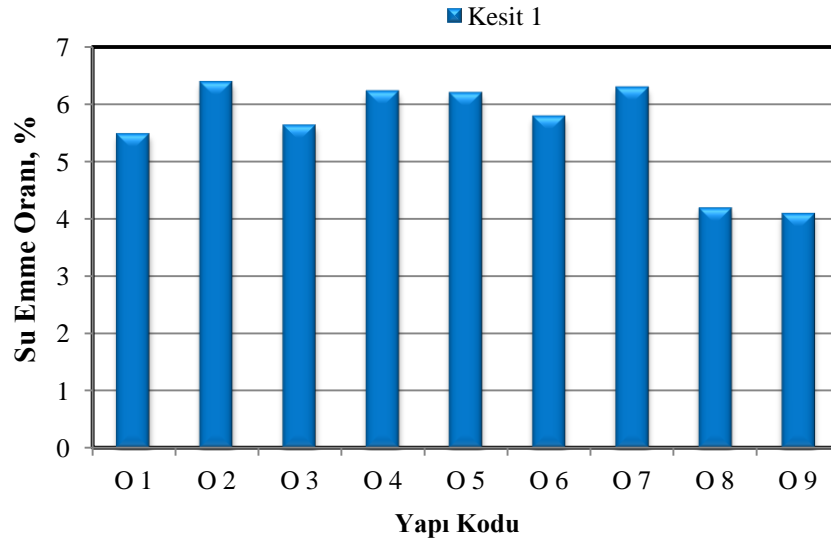
Şekil 5.12 Kamu yapılarının su emme oranı deney sonuçları.

Şekil 5.13 incelendiğinde; bina yapılarının su emme deney sonuçlarının aynı cins beton sınıfı kullanımından dolayı B4, B5, B6, B7, B8 ve B9 yapılarında birbirlerine yakın oldukları incelenmiştir.



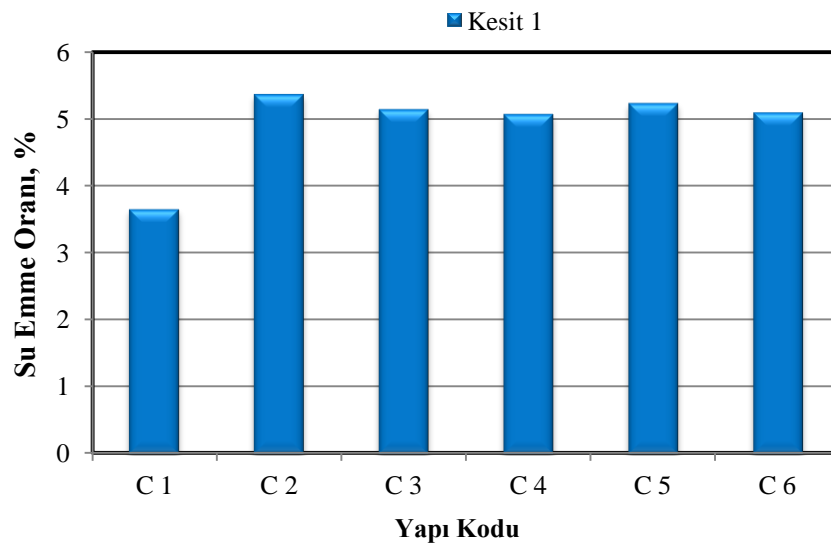
Şekil 5.13 Bina yapılarının su emme oranı deney sonuçları.

Şekil 5.14'te okul yapılarının su emme deney sonuçlarının betonun elle üretildiğinden dolayı dengesizliği görülmektedir. En yüksek değer O2 yapısı % 6,381 iken en düşük değer O9 yapısında % 4,08 olarak bulunmuştur. Bu yapılarda kullanılan dere agregası betonun kalitesi negatif şekilde etkilenmiştir.



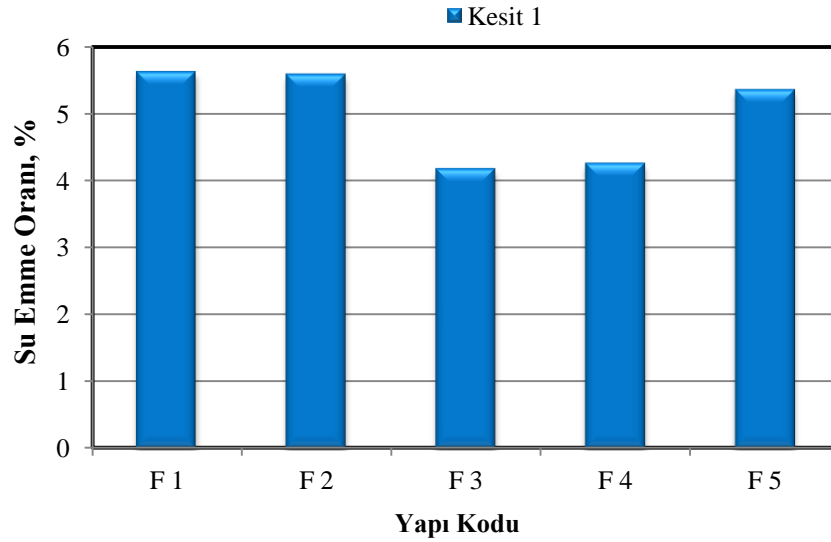
Şekil 5.14 Okul yapılarının su emme oranı deney sonuçları.

Cami yapılarının zaman içerisinde fiziksel ve kimyasal etkilere maruz kaldığından beton kalitesinin etkilendiği, Şekil 5.15'de su emme oranlarına bakıldığında genel olarak değerlerin % 5 civarında olduğu görülmüştür.



Şekil 5.15 Cami yapılarının su emme oranı deney sonuçları.

Fabrika yapılarının hazır betonla dökülmesi ve sıkıştırılmasına rağmen dökümden sonra kür uygulamasının eksikliğinden kaynaklı olarak, Şekil 5.16'da su emme oranı deney sonuçlarına bakıldığında en düşük değerler sırasıyla F 3 yapısında % 4,174, F4 yapısında % 4,25 olarak bulunmuştur.



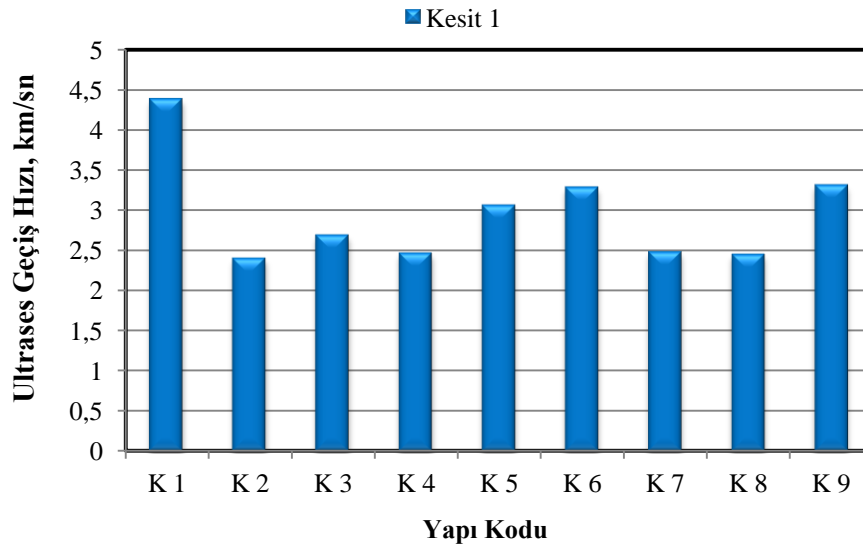
Şekil 5.16 Fabrika yapılarının su emme oranı deney sonuçları.

Karot numuneleri üzerinde su emme deneyi yapılarak karotların gözenekliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlardan su emme oranlarının % 3.212 ile % 6.381 arasında değiştiği belirlenmiştir. Özellikle ultrases geçiş hızı ve karot numunelerinin görsel durumlarına göre kalitesiz olduğu düşünülen O1 ve O2 okul yapılarında su emme oranlarının malzeme porozitesine bağlı olarak en yüksek değerleri aldığı görülmüştür. Bu her iki yapıda da kullanılan agrega tipi, dere kaynaklı doğal agrega olup, beton üretim yöntemi ise elle üretim şeklindedir.

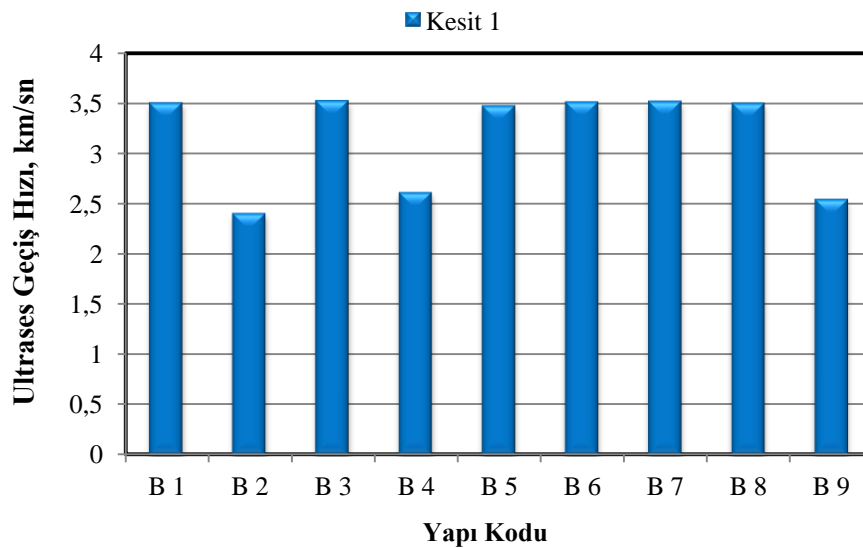
Yapı yaşlarına göre 2000 ve sonrasında hazır beton kullanılarak inşa edilen B1, K2 ve F2 yapılarının fiziksel özellik deney sonuçlarının birbirine oldukça yakın oldukları görülmektedir. Bu sonuca, son yıllarda ülkemizde uygulanmakta olan yönetmelik ve standartların getirdiği kalite koşullarıyla birlikte hazır beton kullanımının zorunlu hale getirilmesinin beton kalitesinde artışa neden olduğu düşünülmektedir.

5.4. Karot Ultrases Geçiş Hızı Deneyi Sonuçları

Şekil 5.17’de kamu yapıları incelendiğinde; K2 yapısının boşluk oranının fazla olmasından ve su emme oranının yüksek olmasından kaynaklı en düşük ultrases geçiş hızı deney sonucu 2,40 km/sn olarak belirlenmiştir. Bina yapılarında su emme oran sonuçlarına orantılı olarak, ultrases geçiş hızı deney sonuçları da birbirlerine yakın değerler almıştır. B1, B3, B5, B6, B7 ve B8 yapılarında ultrases geçiş hızı 3,50 km/sn ile iyi beton kalitesine sahip yapılardır (Şekil 5.18).

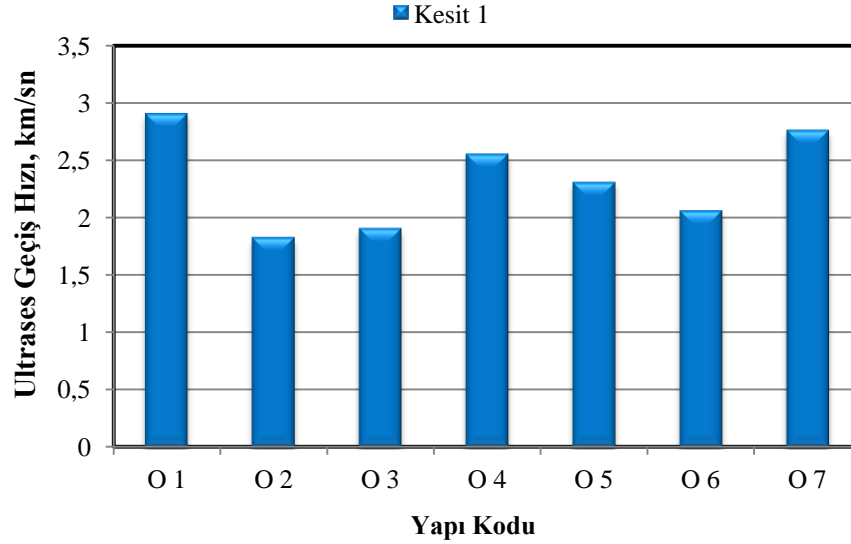


Şekil 5.17 Kamu yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları.

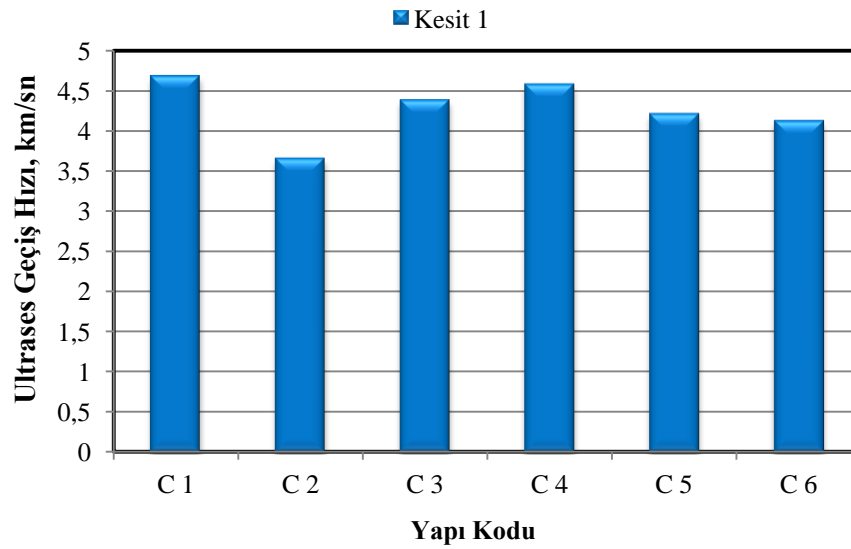


Şekil 5.18 Bina yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları.

Okul yapılarında elle karıştırılarak beton dökümü neticesinde betonun gözenekli olduğu bu nedenle en düşük ultrases geçiş hızı değerinin O1 yapısında 2,90 km/sn olarak elde edildiği görülmüştür (Şekil 5.19). Elle dökülmesine rağmen cami yapılarından özellikle C1 yapısının Şekil 5.20’de 4,68 km/sn ile çok iyi beton kalitesine ulaştığı görülmüştür.

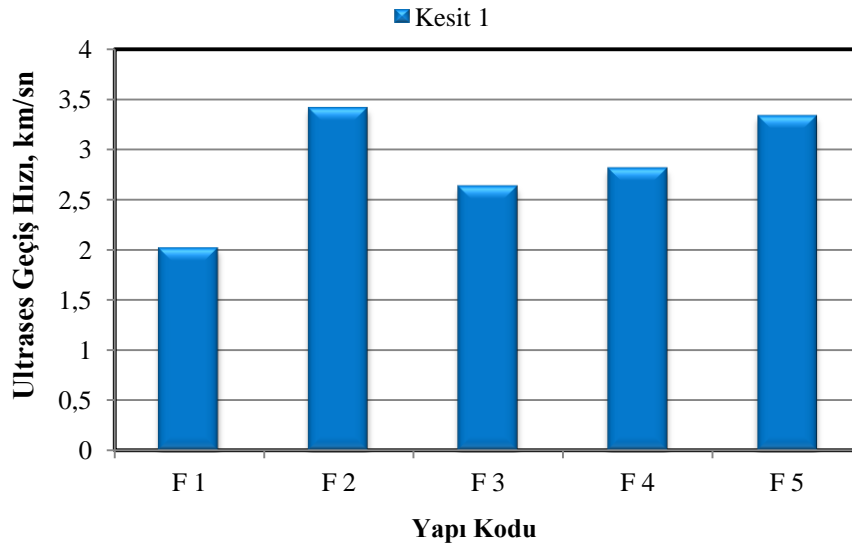


Şekil 5.19 Okul yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları.



Şekil 5.20 Cami yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları.

Kür uygulamasının yetersiz ya da uygun olmayan şekilde yapılmasından kaynaklı, beton gözenekliliği fazla olan fabrika yapılarının ultrases geçiş hızı değerleri de diğer yapılara göre düşüktür. Şekil 5.21'den görüldüğü üzere; en yüksek ultrases geçiş hızı değeri F2 yapısında 3,41 km/sn ile şüpheli, en düşük değer ise F1 yapısında 2,01 km/sn ile beton kalitesinin zayıf olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.21 Fabrika yapılarının ultrases geçiş hızı deney sonuçları.

Numuneler üzerinde yapılan ultrases geçiş hızı deneylerinde karot kalitesine bağlı olarak 1.823 km/sn ile 4.681 km/sn arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlarda dikkat çekici olan nokta, en yüksek ultrases geçiş hızı değerlerine yaklaşık 50 yıllık cami ve 30 yıllık 3 katlı kütüphane binalarından alınan karot numunelerinde ulaşılmasıdır. Bu yapılardaki betonların elle döküm yöntemiyle ve dere agregası kullanılarak üretildikleri belirlenmiştir.

5.5. Karot Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları

Standard deney yönteminin uygulanmasında beton standartlarında belirtilen boyutlara sahip standart silindir veya küp numuneler kullanılmaktadır. Sertleşmiş beton numuneleri, deney tarihine kadar beton standartlarının belirttiği kür ortamında saklandıktan sonra, basınç presisi olarak adlandırılan cihaz yardımıyla uniform basınç yükü altında Şekil 5.22'deki gibi kırılmaya tabi tutulmaktadır (Kabay, 2002).



Şekil 5.22 Karot numunelerinin basınç dayanımı deneyi.

Basınç dayanımı (2)'nolu ifade yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\sigma = N/A \quad (2)$$

Burada,

σ = Basınç dayanımı (maksimum basınç gerilmesi),

N = Numunenin kırılmasına yol açan maksimum yük miktarı,

A = Numunenin kesit alanı' dır.

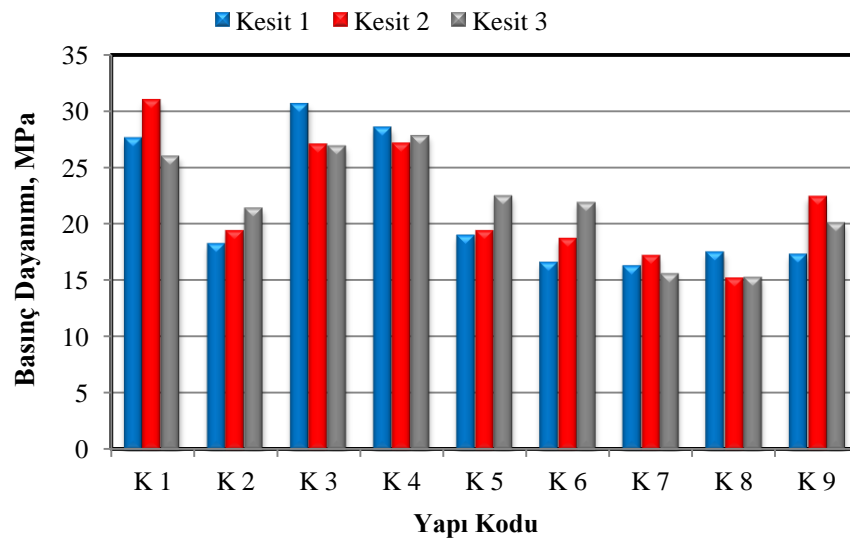
Bazı araştırmacılar standart numuneler için geçerli olan narinlik sabit kalmak koşuluyla çap büyüdükçe dayanım azalmasının karotlar içinde geçerli olduğunu savunurken, bazıları da bunun aksini savunmaktadır. Ayrıca karot çapının dayanıma etkisi olmadığını ileri süren araştırmacılar da vardır (Arıoğlu, 2005). Ancak karot çapının artmasıyla birlikte numunenin boyut etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Karot çapındaki artışla birlikte malzeme içindeki kusur bulunma olasılığının artması karot dayanımında azalmalara neden olabilecektir. Ergitilmiş kükürt ile başlıklanan numuneler 200 kN kapasiteli Şekil 5.11'de görülen karot presinde basınç dayanımı deneyine tabii tutulmuştur.



Şekil 5.23 Basınç deneyi sonrası hasar görmüş karot numunesi.

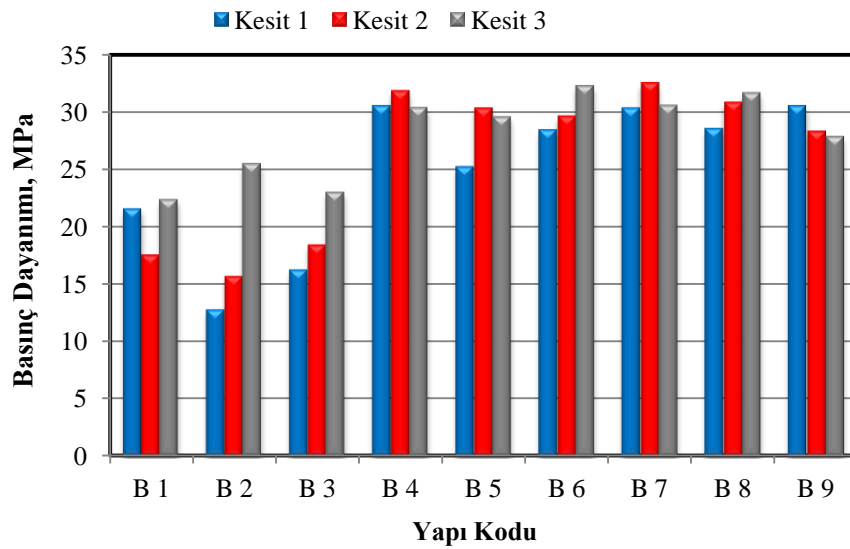
Şekil 5.23’de görüldüğü gibi boşluk oranının artması, beton dayanımı düşürür ve kırılma parçalanma şeklinde olur. Yaklaşık % 1 boşluk, dayanımı % 5 - % 8 oranında, düşürmektedir. Karot basınç dayanımları incelendiğinde ortalama dayanımların 8.06 MPa ile 36.07 MPa aralığında değiştiği görülmüştür.

Kamu yapılarından alınan karot numunelerinin beton basınç dayanımı sonuçları karşılaştırıldığında, Şekil 5.24’den görüldüğü üzere; en yüksek değer K3 ve K1 yapıları 28,15 MPa, beton boşluk oranının fazla olması nedeniyle en düşük değer ise K8 yapısında 16 MPa olarak bulunmuştur.



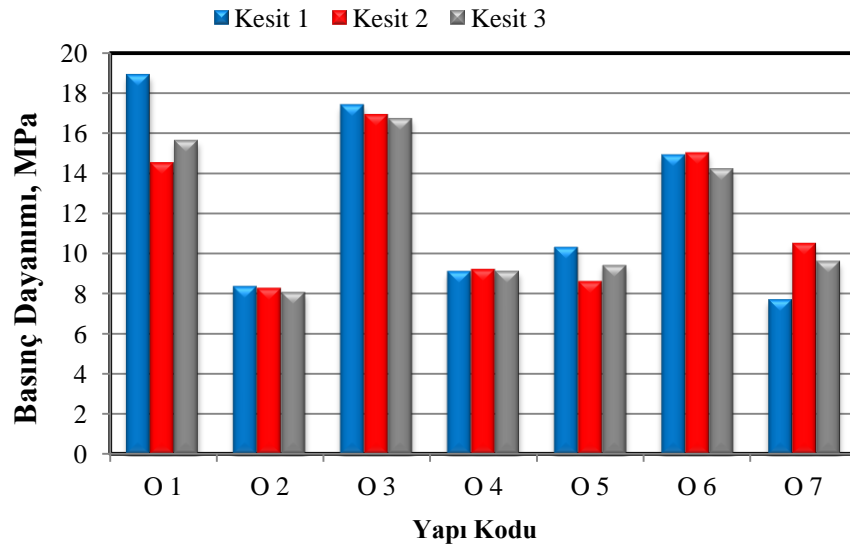
Şekil 5.24 Kamu yapıları beton basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.25’de verilen bina yapıları beton basınç dayanımları incelendiğinde % 66 oranında C20 beton dayanım sınıfına ulaşıldığı görülmektedir. En yüksek değer olarak bulunan B4 yapısının 30,8 MPa ile C30 beton dayanım sınıfına karşılık geldiği görülmüştür. Hazır beton kullanılan özel mülkiyete sahip yapılarda beton kalitesinin belirgin olarak iyileştiği görülmektedir. Ancak özellikle B2 ve B3 yapılarından alınan karot örneklerinin aynı yapı için belirgin farklılıklar gösterdiği görülmüştür. 10 MPa’ya ulaşan bu dayanım farklılıkları beton dökümü sırasındaki olumsuz işçilik ve denetim eksiklikleri nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.



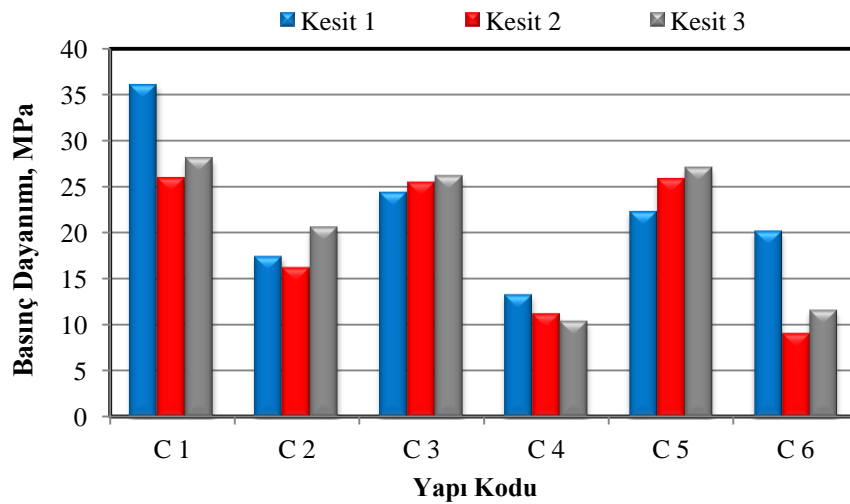
Şekil 5.25 Bina yapıları beton basınç dayanımı sonuçları.

Okul yapılarının elle döküm beton olması basınç dayanımlarını olumsuz şekilde etkilemiştir. Şekil 5.26’da basınç dayanımları karşılaştırıldığında; O2, O4, O5 ve O7 yapılarının 10 MPa’ın altında değer aldığı, günümüzde ki kanun ve yönetmeliklere uymadığı, riskli yapılar oldukları tespit edilmiştir. Okul yapılarında elde edilen en yüksek beton basınç dayanımı değeri (19 MPa) günümüzde 20 MPa olan asgari beton dayanım sınıfının dahi altında kalmıştır. Bu durum özellikle dikkate alınması gereken bir husustur. İnceleme yapılan okul yapılarındaki beton kalitesinin fiziksel ve mekanik özellikler beraber değerlendirildiğinde ciddi olarak düşük olduğu görülmüştür.



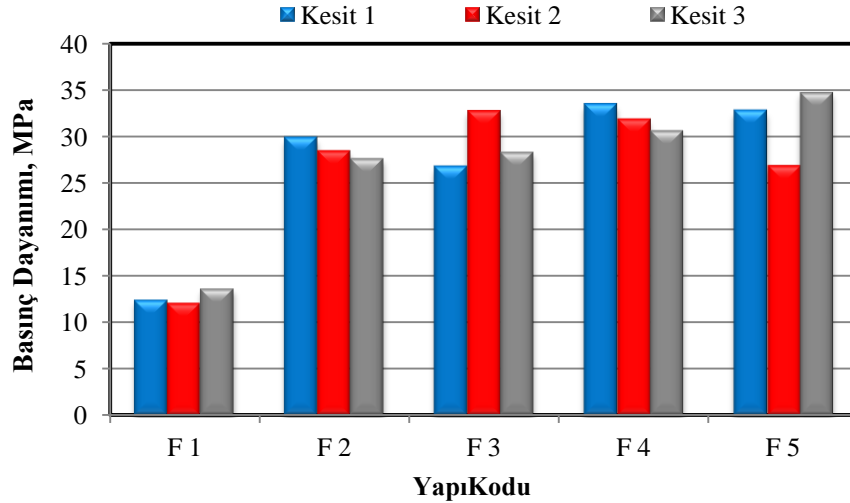
Şekil 5.26 Okul yapıları beton basınç dayanımı sonuçları.

Cami yapılarının karot basınç dayanımları Şekil 5.27’de verilmiştir. Cami yapılarında en düşük basınç dayanımı değerleri C4 ve C6 yapılarında elde edilmiştir. Elle karışım olarak dökülen cami yapılarının betonları özellikle C1, C3 ve C5 yapılarında sırasıyla 35MPa, 25 MPa ve 27 MPa değerlerine ulaşmaktadır. Fiziksel özellik deney sonuçlarıyla karşılaştırıldığında dayanım sonuçlarının bu sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 5.27 Cami yapıları beton basınç dayanımı sonuçları.

Fabrika yapılarından alınan karot numunelerinin beton basınç dayanımı sonuçları karşılaştırıldığında (Şekil 5.28) sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Hazır beton kullanılan bu yapılarda beton basınç dayanımları yaklaşık 30 MPa civarındadır. Bu sonuçtan beton kalitesinin C25 beton sınıfında olduğunu söylemek mümkündür. Bu yapılar arasında sadece F1 yapısında yaklaşık 13 MPa'lık düşük bir dayanım değeri elde edilmiştir.



Şekil 5.28 Fabrika yapıları beton basınç dayanımı sonuçları.

Elle üretilmiş olan K1, B2 ve B3 yapılarında sırasıyla 28.15 MPa, 17.94 MPa ve 19.18 MPa ortalama dayanım değerleri elde edilmiştir (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15). Buna göre 30 yaşındaki kütüphane binası bu gruptaki karot numuneleri içerisinde en yüksek dayanımı vermiştir. Hazır beton olarak üretilen K2 ve B1 yapılarında ortalama basınç dayanımı sırasıyla 19.68 MPa ve 20.46 MPa olarak belirlenmiştir.

Yaklaşık 30 yaşında olan O1 ve O2 yapılarının ortalama beton basınç dayanımları Şekil 5.16'dan sırasıyla 16.33 MPa ve 8.22 MPa olarak belirlenmiştir. Buna göre en düşük beton kalitesinin elle dökülmüş yapılardan okul binalarında olduğu görülmüştür. Elle dökülen 50 ve 30 yaşlarındaki C1 ve C2 cami yapılarının betonlarında ise ortalama dayanımlar sırasıyla 30.00 MPa ve 18.07 MPa olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan her iki caminin de beton kalitesinin, yapıların yaşı ve üretim tekniğine göre günümüz standart ve yönetmeliklerini karşılayabildiği görülmüştür. Bununla birlikte 2 yıllık bir yaşa sahip olan ve hazır betonla dökülmüş olan F1 yapısının döşeme

betonundan alınan karot numunelerinin ortalama basınç dayanımı 12.67 MPa olarak bulunmuştur. Dayanımın F1 yapısında hazır beton kullanılmasına rağmen bu kadar düşük çıkmasında denetim ve yetersiz işçilik faktörlerinin etkili olduğu düşünülmektedir.

6.SONUÇ VE TARTIŞMA

Yaşlı ve genç yapılar üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır. Buna göre;

- Fiziksel özellik deney sonuçlarına göre karbonatlaşmış betonlarda numunelerin su emme değerlerinin azaldığı, buna karşılık ultrases geçiş hızlarının da arttığı görülmüştür.
- Elle üretim tekniği kullanılarak inşa edilen yapılarda, beton kalitesinin düzensizlik gösterdiği dayanım sonuçlarından görülmektedir. Bunda üretimde kalite kontrolünün ve denetimin yetersiz olmasının etkisi büyüktür.
- Hazır betonla inşa edilen yapılarda ise dayanım değerlerinin birbirine yakın çıktığı, ancak yetersiz bakım nedeniyle hazır betonla inşa edilen fabrika yapısının saha betonunda dayanım kaybı olduğu görülmüştür.
- Karbonatlaşma konusunda genç yapılarda betonda karbonatlaşma olmadığı görülmüştür. Ancak 30 yıl ve üzeri yaşa sahip yapılarda 8 cm'e varan değerlerde karbonatlaşma derinlikleri tespit edilmiştir.
- Yeni inşa edilmiş yapıların beton dayanım değerlerine bakıldığında ortalama C20 sınıfı betonların kullanıldığı görülmüştür. Ancak yapı kalıcılığı ve beton performansı açısından betonarme yapılarda kullanılacak beton dayanım sınıfının en az C30 seviyelerine taşınması, yapıların denetim ve işçiliğine dikkat edilmesi sürdürülebilirlik için önerilmektedir.
- Ülkemizde ki yapı stoğunun büyük kısmının yaşlı ve riskli yapılardan oluşması ve beton kalitesinin şüpheli olması nedenleriyle, bu yapı stoğunun yenilenerek can ve mal güvenliği için güvenli yapılar haline getirilmesi önemli bir konudur.
- Karot numunelerin boy/çap oranı azaldıkça basınç dayanımı artmaktadır. Bunun nedeni boy/çap oranı küçük olan numunelerin uç etkisine daha fazla maruz kalmalarıdır. Ayrıca, yine küçük boy/çap oranına sahip numuneler hacimsel olarak daha küçük olduklarından kusur içerme olasılıkları da daha düşüktür. Bu da basınç dayanımını artırmaktadır. Karot numunelerde TS EN 13791 'e göre çap ve boyun 100 mm alınması pratik açıdan uygundur.

KAYNAKLAR

- ACI 318, “Building Code”, *American Concrete Institute, Detroit*, 2000.
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü “Türkiye’de 1902 yılından itibaren yaşanan depremlerin kronolojisi”, <http://www.afet.gen.tr/turkiye-deprem-kronolojisi.php>, 2012. (Erişim Tarihi: 15/09/2014)
- Aitcin, P.C., “Cements Of Yesterday And Today Concrete Of Tomorrow”, *Cement And Research*, 1349-1359 (2000).
- Akakın, T., “Karot Hakkında”, *THBB, İstanbul Bülten*, 112, 13-20 (2011).
- Akdağ, B., Mutlu, M., “Yerinde Beton Basınç Dayanımlarının Ölçülmesinde Karot Numunesi Kullanımı”, *Türkiye Hazır Beton Birliği Hazır Beton Dergisi*, 116, 80-84 (2013).
- Akman, M., “Yapı Malzemeleri”, *İstanbul Teknik Üniv. İnşaat Fak. Matbaası*, 1408, İstanbul, 162 (1990).
- Akman, M.S., “Betonarme Yapılarda Yangın Hasarı ve Yangın Sonunda Taşıyıcılığın Belirlenmesi”, *Sika Teknik Bülten*, 4(3), İstanbul (2001).
- Akman, M.S., “Betonlarda Karbonatlaşma ve Yeniden Alkalizasyon Süreçleri”, 403-416, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul (1997).
- Andrade, C., Alonso, C., Khoury, G.A., “Relating Microstructure to Properties”, Course on Effect of Heat on Concrete, *International Centre for Mechanical Sciences (CISM)*, Italy (2003).
- Aköz F., Çakır O., “Alkali Agrega Reaksiyonunun Betonda Neden Olduğu Hasarların Deneysel Olarak Araştırılması”, *İMO, 17. Teknik Kongre*, İstanbul (Nisan 2004).
- Ambraseys N. ,“ J. Earthq. Eng. and Struct. Dyn.”, *Engineering Seismology*, Yousef Bozorgnia, Vitelmo V.Bertero, Florida, 66 (1988).
- Arioğlu E., Arıoğlu N., “Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi”, *Evrinm Yayınevi*, İstanbul, 132 (1998).
- Arioğlu, E., Arıoğlu, N., “ Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi ”, *Evrinm Yayınevi*, İstanbul (2005).
- Arslan, M., “Beton (Dokumu, Kalıpları, Kusurları, Dayanıklılığı)”, *Atlas Yayınevi*, 167-216, İstanbul (2001).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Arslan, M., M., “Ankara Yöresindeki Bazı Agrega Ocaklarının Alkali Silika Reaktivitesi Açısından İncelenmesi”, *Gazi Univ. Muh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 21(4), 613-620 (2006).
- Arun, G., “Yığma Kagir Yapı Davranışı”, *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara (2005).
- Atabey,E.,Maden *Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınlarından, Eğitim Serisi* no:34, “Deprem”, Ankara (2000).
- Baradan, B., Yazıcı H., Ün H., “ Betonarme Yapılarda Kalıcılık ”, *D.E.Ü. Müh. Fak. Yayını*, 298, İzmir (2002).
- Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H., “Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)”, *Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları*, İstanbul 2010.
- Baradan B., Aydın S., “Betonun Durabilitesi (Dayanıklılık, Kalıcılık) Durability of Concrete”, *Beton 2013-Hazır Beton Kongresi Çağrılı Bildirileri*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İstanbul (2013).
- Bartlett,M., MacGregor,J.,G.,“Effect of Moisture Condition on Concrete Core Strength”, *ACI Materials Journal*, 227-236 (1994).
- Berber, E.,“Beton Karot Numunelerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya (2010).
- Bhargava, J. K., ve Meininger, R. C., “Discussion on Core and Cylinder Strength of Natural and Lightweight Concrete”, *ACI Journal*, 64-10, 692-694 (1967).
- Biniciksü, H.,Kaplan, H., Görür, E.,B., “Türkiye’de yaşanan son depremlerde malzeme kalitesi ve kötü işçiliğin neden olduğu hasarlar”, *Deprem Sempozyumu* ,Kocaeli (2005).
- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, “Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Katoloğundan İllere Göre Sorgulama Formu” <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/mudim/il.asp>,2008. (Erişim Tarihi: 10/05/2014)
- Bowman, S.A.W.,“Determining Concrete Strength by Using Small-Diameter Core”, *Magazine of Concrete Research*, 32,111, 124 (1980).
- CEB (Comite Euro-International du Beton), “Durable Concrete Structures”, *Lausanne: Thomas Telford Ltd*, 1992.

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Cilason, N.,“Beton ”, *Sezai Türkeş Fevzi Akkaya İnşaat Aş. Yayınları*, İstanbul (1980).
- Cooperative Investigation”, *ASTM*, 59,1216-1229 (1959).
- Concrete”, *Betonstein-Zeitung*, 37(9), 562-566 (1971).
- CS Report ,“Concrete Strength, Permeability Testing of Site Concrete”, *A Rewiev of Methods and Experience, Technical Report No: 31, The Concrete Society*, London (1988).
- Çakır O., Aköz F., “Alkali Agrega Reaksiyonunun Hızlandırılmış Deney Yöntemleri ile Araştırılması”, TMMOB, İMO İstanbul Şubesi, *5. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 175-184 (2003).
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Mevzuat Bilgi Sistemi”
<http://www.csb.gov.tr/turkce/index.php?Sayfa=mevzuat>, 2014. (Erişim Tarihi: 10/06/2014)
- Değirmenci, F.,N.,“ Beton ile ilgili karşılaşılabilen problemler”, Yapı Malzemesi Ders Notları, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Balıkesir Üniversitesi, 2013.
- “Deprem Bölgelerine Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik”, Yayın Tarihi:06.03.2007, Resmi Gazete No:26454, Değişiklik:03.05.2007, *Resmi Gazete* No:26511, 2007.
- Demirarslan, D., “Türk ve Japon Konut İç Mekanlarında Depremsellik Açısından Konut ve Eşya Kullanım Alışkanlıklarının İrdelenmesi”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli (2005).
- Demir, İ., “Afyon Çobanlar Mevkii Killerinin Tuğla Yapımına Uygunluğunun Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi ,*Gazi Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1996).
- Durmuş A., Durmuş A., Gürsoy, Ş., “Yük Geçmişi ve Donatının Beton Karot Numune Dayanımı Üzerine Etkileri ”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon (1996).
- Erdal, M., Şimşek, O., “Bazı Tahribatsız Deney Metotlarının Vakum Uygulanmış Betonların Basınç Dayanımlarının Belirlenmesindeki Performanslarının İncelenmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Ankara, 21(1), 65-73 (2006).
- Erdoğan, T.Y.,“ Betonda Kalite Sorunları ve Yapılarda Beton Kalitesinin Önemi. İyi Beton ”, *Kuzey Kıbrıs 1.Beton Kongresi*, Atatürk Kültür Merkezi, Lefkoşe (1990).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Erdoğan T.Y.,“ Beton ”, *1. Baskı ODTÜ Geliştirme Vakfı ve İletişim A.Ş. Yayını*, Ankara, 2003.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z., “Türkiye ve Civarının Deprem Katalogu”. *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi, Arz Fiziki Enstitüsü Yayınları*, No: 24, 169 (1967).
- Ergünay, O.,“Türkiye’de Afet Zararlarının Azaltılması Konusunda Yapılan ve Yapılması Gereken Çalışmalar Hakkında Rapor” *Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara,(1996).
- Ergünay, O.,“Türkiye’nin Afet Profili ”, *Türkiye’nin Afet Sempozyumu*, İMO Kongre ve Kültür Merkezi, Ankara, 1-15 (2007).
- Ersoy, U., “Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı”, *Evren Kitabevi*, Cilt:1, 3.Baskı, İstanbul, 1985.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA), “Earthquakes”, *Natural Science Teachers Associations*, 159 (1999).
- Filiz, M.H.,“Beton Karot Dayanımları ile Standart Silindir Dayanımları Arasındaki İlişkinin Kür Koşullarına Bağlı Olarak Belirlenmesi”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 74 (2006).
- Gecekondu Kanunu, “Resmi Gazete”, sayı:12362, tertip:5, cilt:5, 2626 (1966).
- Georgali, B., Tsakiridis, P.E.,“Microstructure of Fire-Damaged Concrete. A Case Study.”, *Cement and Concrete Composites*, 27, 255-259 (2005).
- Griffith, A. A.,“The phenomena of rupture and flow in solids”, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, A221, 163-198 (1920).
- Goncalves, A.,“Influence of Core Dimensions of Compressive Strength Results and Their Dispersion”, *Concrete Structures*, 529-542 (1992).
- Gökdemir, A.,“Yapı Malzemeleri ve Beton Teknolojisi”, *Şafak Matbaacılık Ltd. Şti.*,Ankara, 109 (1997).
- Gülkan, P., Ergünay, O., “13 Mart 1992 Erzincan Depreminin Olay İncelemesi”, *Deprem Mühendislik Semineri*, Adapazarı (1995).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Gülkan, P., “Türk-Yunan Ortak Mühendislik Seminerleri”, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yunanistan Teknik Odası Ortak Etkinliği, İTÜ Süleyman Demirel Kültür Merkezi Ayazağa Yerleşkesi, İstanbul,Atina. [http://www.imoistanbul.org.tr/ist-bulten/sayi86/yunan_\(10-15\).pdf](http://www.imoistanbul.org.tr/ist-bulten/sayi86/yunan_(10-15).pdf),2006. (Erişim Tarihi: 10/03/2014)
- Gümüüşü M., Özcan, N., Kaya,N.,“Şanlıurfa’daki Betonarme Yapıların Mevcut Durumu ”,*Türkiye mühendislik haberleri*, 434, 41-48 (2004).
- Güner, M.S., Süme, V., “Yapı Malzemesi ve Beton”, *Aktif Yayınevi*, 335 (2000).
- Güner, S.M., Süme, V., “Yapı Malzemesi ve Beton”,*Bakanlar Media Ltd. Şti.*, Erzurum, 335 (2001).
- “Hazır Beton Sektörünün 2010 İstatistikleri”,*Türkiye Hazır Beton Birliği*, İstanbul, (2011).
- Henzel J., Freitag W. ,“The Determination of the Compressive Strength of Concrete inA Structure with the Aid of Test Cores of Small Diameter”, *Magazine of Concrete Research*, 19, 151-155 (1969).
- İlhan, İ., “Beton Karot Numunesi Alımı”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 423(1), Ankara, 66-67 (2003).
- İnel, M., Özmen,H.B., Çaycı, B.T., Ün, H., “Mevcut betonarme yapılarda karot numune sayısı ile beton basınç dayanımı ilişkisinin değerlendirilmesi”, **2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, Hatay (2013).
- İmar Kanunu, “Resmi Gazete”, sayı:18749, tertip:5, cilt:24, 378 (1985).
- Kabay, N.,“Karot Numunelerin Basınç Dayanımına Etki Eden Faktörlerin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2002).
- Kadiroğlu, İ., “Tahribatlı Yöntemle Yerinde Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi”, *TMMOB*, İzmir, (2010).
- Karabulut, F.,“ Depremler ve Tsunami ”, Bitirme Tezi, *Gazi Üniversitesi, Ortaöğretim Fen Ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Fizik Eğitimi Ana Bilim Dalı*, Ankara, 2006.
- Karagöz, K.,“ 1999 Marmara Depreminin Ekonomik Etkileri: Ekonometrik Bir Yaklaşım ”, *TMMOB Afet Sempozyumu*, Ankara, 423-432 (2007).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Karagöz,Ö., “Seisan (The Earthquake Analysis Software) Uygulamaları”,ÇOMÜ, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, **2009-2010 Bahar Seminerleri**, , Çanakkale (2010).
- Karahan, O., “**Liflerle güçlendirilmiş uçucu küllü betonların özellikleri**”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana (2006).
- Karakurt, C., Demir, A., Canbaz, M., “Mermer Tozu ve Sepiyolit Katkılı Çimentoların Alkali Silika Reaksiyonu ve Yüksek Sıcaklık Dayanıklılığına Etkisi ”, **8.Ulusal Beton Kongresi**, İzmir, 583-594 (2011).
- Kesler, C.E.,“Effect of Length to Diameter Ratio on Compressive Strength an ASTM”,Lewandowski, R., “Relationship Between Cylinder and Cube Compressive Strength of Ryle R., “ Capping Materials For Concrete Cores ”, **RMC Technical Services Limited**, 74, 7 (1972).
- Khoury G.A., “Fire & Assessment”, **International Centre for Mechanical Sciences**, Course on Effect of Heat on Concrete, Udine/Italy (2003).
- Koçak, A. , “Antalya Bölgesinde Yer Alan Mevcut Yapıların Beton Dayanımları Örnekleme Yöntemiyle Belirlenmesi”, **Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi**, 203-217 (2005).
- Kooperatifler Kanunu, “Resmi Gazete”, sayı:13195, tertip:5, cilt:8, 1955 (1969).
- Kropp, J., Hilsdorf, H.K., “Performans Criteria for Concrete Durability”, **Rilem Report 12, Chapman&Hall, London**, 1995.
- Mehta P.K., Monteiro J.M.P. Concrete: “Microstructure, Properties, and Materials. Indian Concrete Institute”, **Indian Edition**, 1997.
- Mieininger R.C. ,“Effect of Core Diameter on Measured Concrete Strength”, **J. Of Materials**, 3(2), 320-336 (1968).
- Neter, J., Ve ark., “Applied Statistics” , 3, **Allyn and Bacon Inc., London**, 1988.
- Neville, A. M., “Properties of Concrete”, 4th Edition, **John Wileyand Addison Wesley Longman**, 844 (1995).
- Neville, A.M. “Properties of Concrete” ,**Longman**, England, 1997.
- Neville, A.M., “Properties of Concrete”, Fourth Edition, **Longman Scientific and Technical**, USA, New York, 581-585 (2000).
- Odabaşı, Y.,“Betonarme İnşaat Elamanları”,**Beta Basım Dağıtım A.Ş.** ,İstanbul, 274 (1997).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Öcal, N., “20 Şubat 1956 Eskişehir Zلزzelesi'nin Makrove Mikrosismik Etüdü”. *İTÜ Sismoloji Enstitüsü Yayın*, 49 (1959).
- Önalp, A., “Türkiye’de inşaat mühendisliği eğitiminde gelişmeler”, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 368, 37 -38 (1993).
- Özcan,F., Atis,C. D., Karahan, O., “Su/Bağlayıcı Oranı, Bağlayıcı Dozajı,Silis Dumanı ve Kürün Ultrasonik Hız Üzerindeki Etkisi ile Dayanım-Ultrasonik Hız İlişkileri”*Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu*, Denizli (2006).
- Özcebe G., Sucuoğlu H., “Hyogo-Ken Nanbu Depremi Mühendislik Raporu” *İnşaat Mühendisliği Bölümü, ODTÜ* ,Ankara (1995).
- Öz.,D., “Çetin Cici Bilecik İli Merkez İlçesi 299 Ada 368-369 Parsel’e ait Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Değerlendirme Raporu”, Detaylı Jeolojik Etüd Raporu, *Deniz Group İnşaat Zemin Proje*, Bilecik (2013).
- Özdoğan, M., Özdoğan A.,“Buildings of Cult and the Cult of Buildings”,G.Arsebük,M.Mellink,W.Schirmer (Ege Yayınları) , *Light on Top of the Black Hill Studies Presented to Halet Çambel* , İstanbul, 581-593 (1998).
- Özey R. , “Deprem Araştırma Daire Başkanlığı verileri, Depremle Uyanmak”, İstanbul, *EKEV Yayınları*, 109 (2000).
- Özgan, E., Uzunoğlu, M.,M., Kap, T., “ Düzce İlinde 1999 Yılındaki Depremlerde Yıkılan Betonarme Binalarda Kullanılan Betonun Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi”*,Deprem sempozyumu*, Kocaeli (2005).
- Özmen, B., Nurlu, M. ve Güler, H., “Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi”. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara (1997).
- Poljarvi H., Syrjala A., “Evaluation of Concrete Strength in Thin Walled Structures byMeans of Cores”, *The State Institute for Building Research*, Helsinki, 31 (1969).
- Postacıoğlu, B., “Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri-İç Yapı ve Mekanik Özellikler” Cilt 1, *İTÜ Matbaası*, İstanbul (1981).
- Postacıoğlu, B., “Beton”, *S. Matbaa Teknisyenleri Basımevi*, 2İstanbul, 404 (1986).
- Qasrawi, H.Y., “Concrete Strength by Combined Nondestructive Methods Simply and Reliably Predicted”, *Cement and Concrete Research* , 30:739- 746 (2000).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Rostam, S., “Durability of Concrete Structures Workshop Report”, CEB & RILEM International Workshop, *Department of Structural Engineering Technical, Copenhagen* (1983).
- Sarıbaş, E., “Sülfatlı Su İçeren Zeminlerde Kazıklı Zemin Teşkili”, *Academia.Edu.*, Konya (Ocak,2013).
- Sha'at, A. et al., “The Influence of Controlled Permeability Formwork Liner on the Quality of the Cover Concrete”, *Durable Concrete in Hot Climates*, ACI, 139(6), 91-105 (1993).
- Shebalin N.V., Karnik V., Hadzievski D. (eds), “Catalogue of earthquakes of the Balkan region. I, UNDP-UNESCO Survey of the seismicity of the Balkan region”. *Skopje*, 600 (1974).
- Sorguç, D., “İnşaat sektörünün (Temel) sorunları”, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 374:7- 13 (1974).
- Subaşı,S.,“Farklı Yüzey Astarları ile Kaplanmış Drenaj Özelliği Bulunan Kalıpların Betonun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri”, Doktora Tezi, **Gazi Üniv.,Fen Bilimleri Enst.**, Ankara (2005).
- Subaşı,S., Şahin,İ., Çomak,B., “Beton Kabuğu Fiziksel Özelliklerinden Yararlanılarak Bulanık Mantık ile Basınç Dayanımının Belirlenmesi”,*Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 38-45 (2010).
- Şimşek, O., Bektaş, S., Erdal, M., “Vibrasyon Süresinin Beton Basınç Dayanımına ve Birim Ağırlığına Etkisi”, *Politeknik Dergisi* , 5:185-193 (2002).
- Şimşek, O.,“GAP Projesinde Şanlıurfa-Harran Sulamasındaki Su Dağıtım Sistemlerinde Beton Kaplama Sorunları Üzerine Bir Araştırma”. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Adana (1993).
- Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi”, *Seçkin Yayıncılık*, s. 16-154, Ankara, 2004.
- Tapu Kanunu, “Resmi Gazete”, sayı:2892, tertip:3, 16:312 (1934).
- Taymaz , M., “ Doğal Afet Zararlarını Azaltma Çalışmaları”, Afet ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, *Afet İşleri Genel Müdürlüğü Yayını*, 5 (2001).
- Tekinel, O., Çevik, B. ve Tekinsoy, M. A., “İnşaat Malzeme Bilgisi” *Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Ders Kitabı*,103:Adana, 134 (1989).
- Tokuyay, M., “Agresif ortamlarda çimentolu sistemler, çimento ve beton dünyası”, 8 (13-15), 1997.

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Topçu, A., “Betonarme:1756-2009,Tarihçe:Çimento/Beton/Betonarme/Betonarme Yapılar/İnşaat Mühendisliği” *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir* (2006-2011).
- Topçu, İ.B., Boğa A.R, “Prefabrik Elemanlarda Alkali-Silika Reaksiyonunun İncelenmesi”, İMO, *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi*, Antalya (2005).
- Toplu Konut Kanunu, “Resmi Gazete”, sayı:18344, tertip:5, 23: 53 (1984).
- TS12390-7 “Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini”,*Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara* (2010).
- TS 13515, “TS EN 206-1’in Uygulamasına Yönelik Tamamlayıcı Standard”, *Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara* (2012).
- TS 13791, “Basınç dayanımının yapılar ve öndökümlü beton bileşenlerde yerinde tayini”, *Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara* (2010).
- TS 3440, “Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar için Yapım Kuralları”, *Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara* (1982).
- TS EN 12504-1, “Beton, Yapıda Beton Deneyleri-Bölüm 1:Karot Numuneler, Karot Alma, Muayene ve Basınç Dayanımı Tayini”, *TSE, Ankara* (2002).
- TS EN 206, “Beton, Özellik, Performans, İmalat, Uygunluk”, *TSE, Ankara* (2014).
- Tüfekçioğlu,M., “Bilecik İli Bozüyük İlçesinin Çarşı Mahallesi(Orta alan) 24A06D3B, 24A06D3A, 24A06D3C,24A06D3D Pafta 95,150 Ada 292, 363, 287, 286, 284, 283, 281, 279, 280, 12, 13, 14, 36, 16, 17, 49, 20, 52, 21, 31, 30, 56, 32, 33, 51, 34, 35, 37, 38 nolu parsel için imar planına esas jeolojik ve jeoteknik etüt raporu.”, *Birkan Mühendislik, Bilecik* (2013).
- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, “Türkiye İnşaat Malzemeleri Sektör Görünüm Raporu”, *TOBB, Ankara* (2011).
- Ulusay, R., “Kentleşme sürecinde yer seçimi ve depreme dayanıklı yapı inşasında jeolojik jeoteknik etütlerin önemi ve işlevi”, *TMMOB JeolojiMühendisleri Odası Yayınları*, 51, Teknik Kılavuzlar serisi, 6, Ankara, 23 (1999).
- Wilson, J.T., “A new class of faults and their bearing on continental drift: Nature”, 207; 343-347 (1965).
- Yapı Denetimi Kanunu, “Resmi Gazete”, sayı:24461, tertip:5, 40 (2001).

KAYNAKLAR(devam ediyor)

- Yazıcı, H., Türkel, S., Baradan, B., “High Temperature Resistance of Pumice Mortar”, *II. International Symposium Cement and Concrete Technology in the 2000s*, İstanbul (2000).
- Yazıcı, Ş., Göktepe, A.B., Altun, S., Karaman, V., “Sertleşmiş Beton Basınç Dayanımının Belirlenmesinde Kullanılan TS-10465 ve TS EN 12504-1 Üzerine Bir Değerlendirme”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8: 119-128 (2006).
- Yeğınobalı, A., “Betonun Dayanıklılığı I, Fiziksel Etkenler”, *T.Ç.M.B. Çimento ve Araştırma Enstitüsü Seminer Notları*, Ankara (1999).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Adı Soyadı : Emre AKDAĞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara 23/07/1985

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Cumhuriyet Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü (2010)
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İş Deneyimi

Stajlar :

Ekşioğlu İnşaat, İzmir.2006 (Uzundere’de Toki 1.Etap 1076 konut inşaatı)

Çalıştığı Kurumlar :

Bilecik Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Yapı Denetim ve Yapı Malzemeleri Şube Müdürlüğü (2011-2014).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü, İmar Düzenleme Dairesi Başkanlığı, Mimari Uygulamalar Şube Müdürlüğü (2014-)

İletişim

Adres : Söğütözü Mah.2179.Sk.No:5 Kat:11 Balgat/ANKARA

Tel : 0 (312) 410 78 00/7871

E-Posta Adresi : emre.akdag@csb.gov.tr

Akademik Çalışmaları

Akdağ E., Karakurt C. “Bilecik İlinde Bulunan Bazı Özel ve Kamu Binalarındaki Beton Özelliklerinin İncelenmesi” *Politeknik Dergisi*, 18(1), Ankara, 1-6 (2015).