

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KALSİT KATKILI BETONLARIN
GEÇİRİMLİLİK VE DURABİLİTE ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mustafa AKIN**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

EYLÜL 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KALSİT ESASLI BETONLARIN
GEÇİRİMLİLİK VE DURABİLİTE ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mustafa AKIN
(501071078)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Eylül 2009

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Yılmaz AKKAYA (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mehmet Ali TAŞDEMİR (İTÜ)
Prof. Dr. Fevziye AKÖZ (YTÜ)**

EYLÜL 2009

ÖNSÖZ

Maddi ve manevi her türlü katkıyı sağlayarak, yüksek lisans tezimin yönetimini üstlenen değerli hocam Doç.Dr.Yılmaz AKKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmalarım süresince yardım ve önerileriyle katkılarını esirgemeyen İnş. Müh. Ahmet ŞİNİKOĞLU' na, İnş. Yük. Müh. Aslı ÖZBORA' ya, Araş.Gör.Cengiz ŞENGÜL'e teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım esnasında ilgilerini esirgemeyen, İTÜ Marmaray Laboratuvarı elemanları Mehmet Ali KÜÇÜK, Namık Kemal ÖZKAN, Erdoğan KILAVUZ, Cüneyt YILDIZ, Rıfat ÖZER, Erol TOKALAK ve Ali ÇAKIR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm deneysel çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen İnş.Müh.Egemen KESLER'e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca yanımda olan, maddi ve manevi her konuda desteklerini gördüğüm ve bugünlere gelmemi sağlayan sevgili annem İnş.Müh.Figen Akın'a, babam İnş.Müh.Bayram Akın'a ve ablam Yük.Müh.İpek Akın'a teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2009

Mustafa Akın
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİSİ.....	3
2.1 Beton	3
2.2 Kalsit	4
2.3 Betonda Geçirimsizlik ve Durabilite	5
2.4 Betonda Klor Etkisi	8
2.4.1 Klorun Beton İçerisindeki Hareketi	10
2.4.2 Serbest ve Bağlı Klor İyonları	11
2.4.3 Klorun Bağlanma Kapasitesi	11
2.4.4 Belirleyici Özellikler	12
2.5 Rötreye ve Rötreye Çatlakları.....	12
2.5.1 Rötreyi Etkileyen Faktörler.....	14
2.6 Tane Boyutunun Beton Geçirimsizliğine Etkisi.....	15
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	17
3.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	17
3.1.1 Çimento	17
3.1.2 Agregalar.....	19
3.1.3 Kalsit	20
3.2 Beton Karışımı	22
3.3 Üretim Metodolojisi	24
3.4 Taze Beton Deneyleri.....	24
3.4.1 Taze Beton Sıcaklık Kontrolü.....	24
3.4.2 Çökme Deneyi.....	24
3.4.3 Yayılma Deneyi	25
3.4.4 Taze Beton Birim Ağırlık Deneyi	25
3.4.5 Taze Beton Hava İçeriğinin Tayini Deneyi	25
3.5 Sertleşmiş Beton Deneyleri	26
3.5.1 Kılcal Su Emme Deneyi.....	26
3.5.2 Beton Yüzey Başlangıç Absorpsiyonunun Belirlenmesi Deneyi	27
3.5.3 Basınç Altında Su İşleme Derinliği Tayini	29
3.5.4 Klor Difüzyon Deneyi.....	29
3.5.5 Hızlı Klor Geçirimsizliği Deneyi	30
3.5.6 Termal Genleşme Deneyi.....	30
3.5.7 Rötreye Kontrolü Deneyi.....	31

3.5.8 Sülfat Etkisi Deneyi	32
4. DENEYSEL SONUÇLARI	35
4.1 Taze Beton Deneyi Sonuçları	35
4.2 Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	35
4.3 Beton Yüzey Başlangıç Absorpsiyonunun Belirlenmesi Deneyi Sonuçları.....	37
4.4 Basınç Altında Su İşleme Derinliği Tayini Deney Sonuçları	38
4.5 Klor Difüzyonu Deney Sonuçları	39
4.6 Hızlı Klor Difüzyonu Deney Sonuçları	40
4.7 Termal Genleşme Deneyi Sonuçları	41
4.8 Rötire Kontrolü Deneyi Sonuçları	42
4.9 Sülfat Etkisi Deneyi Sonuçları	43
5. DENEYSEL SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	45
5.1 Kılcal Su Emme ve Yüzey Absorpsiyon Deneylerinin Karşılaştırılması	45
5.2 Yüzey Absorpsiyon ve Basınçlı Su Deneylerinin Karşılaştırılması	45
5.3 Kılcal Su Emme ve Basınçlı Su Derinliği Deneylerinin Karşılaştırılması	47
5.4 Klor Difüzyonu ve Hızlı Klor Difüzyonu Deneylerinin Karşılaştırılması	48
5.5 Kılcal Su Emme ve Sülfat Etkisi Deneylerinin Karşılaştırılması	48
5.6 Klor Difüzyonu ve Sülfat Etkisi Deneylerinin Karşılaştırılması	49
5.7 Yüzey Absorpsiyonu ve Sülfat Etkisi Deneylerinin Karşılaştırılması	50
6. GENEL SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR.....	55
EKLER.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	103

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : CEM I 42.5 N Çimentosunun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri	17
Çizelge 3.2 : UK VE UK – SD dizaynı için agregaların elek analizi sonuçları	19
Çizelge 3.3 : 5 µm tane boyutuna sahip kalsitin genel özellikleri	20
Çizelge 3.4 : 5 µm tane boyutuna sahip kalsitin kimyasal özellikleri	20
Çizelge 3.5 : 5 µm tane boyutuna sahip kalsitin fiziksel özellikleri	21
Çizelge 3.6 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin genel özellikleri	21
Çizelge 3.7 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin kimyasal özellikleri	21
Çizelge 3.8 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin fiziksel özellikleri	22
Çizelge 3.9 : Beton karışım oranları	23
Çizelge 3.10 : Beton yüzey başlangıç absorpsiyonu deneyinde suyun katetmiş olduğu birim ölçek sayısı ve takip süresi	28
Çizelge 3.11 : Hızlı klor deneyi geçirimsizlik yük miktarları	30
Çizelge 3.12 : Sülfat etkisi deneyinde kullanılan beton karışım oranları	33
Çizelge 4.1 : Taze beton deneyi sonuçları	35
Çizelge 4.2 : Maksimum ve ortalama penetrasyon derinlikleri sonuçları	38
Çizelge 4.3 : Klor difüzyonuna maruz bırakılan beton numunelerinin ortalama değer tablosu	40
Çizelge 4.4 : Beton numunelerinin elektriksel yük bakımından geçirimsizliklerinin mukayese ve değerlendirme tablosu	41
Çizelge 4.5 : Beton numunelerinin günlere göre değerleri ve 7 günlük ortalama değer tablosu	41
Çizelge A.1 : K20 Beton kıcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları	59
Çizelge A.2 : K20 Beton kıcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları	60
Çizelge A.3 : K20 Beton kıcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları	61
Çizelge A.4 : K5-K20 Beton kıcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları	62
Çizelge A.5 : K5-K20 Beton kıcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları	63
Çizelge A.6 : K5-K20 Beton kıcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları	64
Çizelge A.7 : UK Beton kıcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları	65
Çizelge A.8 : UK Beton kıcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları	66
Çizelge A.9 : UK Beton kıcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları	67
Çizelge A.10 : UK-SD Beton kıcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları	68
Çizelge A.11 : UK-SD Beton kıcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları	69
Çizelge A.12 : UK-SD Beton kıcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları	70

Çizelge A.13 : K20 Beton numunelerinin absorpsiyon deney sonuçları.....	71
Çizelge A.14 : K5-K20 Beton numunelerinin absorpsiyon deney sonuçları.....	71
Çizelge A.15 : UK Beton numunelerinin absorpsiyon deney sonuçları.....	71
Çizelge A.16 : UK-SD Beton numunelerinin absorpsiyon deney sonuçları.....	71
Çizelge A.17 : K20 Beton numunelerinin absorpsiyon hesap değer tablosu.....	71
Çizelge A.18 : K5-K20 Beton numunelerinin absorpsiyon hesap değer tablosu	72
Çizelge A.19 : UK Beton numunelerinin absorpsiyon hesap değer tablosu.....	72
Çizelge A.20 : UK-SD Beton numunelerinin absorpsiyon hesap değer tablosu	72
Çizelge A.21 : K20 Beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.....	72
Çizelge A.22 : K5-K20 Beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.....	73
Çizelge A.23 : UK Beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.....	73
Çizelge A.24 : UK-SD Beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.....	73
Çizelge A.25 : K20 betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.....	74
Çizelge A.26 : K20 betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu....	74
Çizelge A.27 : K20 betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.....	75
Çizelge A.28 : K20 betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu....	75
Çizelge A.29 : K20 betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.....	76
Çizelge A.30 : K20 betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu....	76
Çizelge A.31 : K5-K20 betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları...	77
Çizelge A.32 : K5-K20 betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu	77
Çizelge A.33 : K5-K20 betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları...	78
Çizelge A.34 : K5-K20 betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu	78
Çizelge A.35 : K5-K20 betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları...	79
Çizelge A.36 : K5-K20 betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu	79
Çizelge A.37 : UK betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.....	80
Çizelge A.38 : UK betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu.....	80
Çizelge A.39 : UK betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.....	81
Çizelge A.40 : UK betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu.....	81
Çizelge A.41 : UK betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.....	82
Çizelge A.42 : UK betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu.....	82

Çizelge A.43 : UK-SD betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları...	83
Çizelge A.44 : UK-SD betonu 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu	83
Çizelge A.45 : UK-SD betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları...	84
Çizelge A.46 : UK-SD betonu 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu	84
Çizelge A.47 : UK-SD betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları...	85
Çizelge A.48 : UK-SD betonu 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayı sonucu	85
Çizelge A.49 : K20 beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri	86
Çizelge A.50 : UK beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri	86
Çizelge A.51 : K5-K20 beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri	86
Çizelge A.52 : UK-SD beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri	86
Çizelge A.53 : UK beton numunelerinin 1 günlük termal genleşme deney sonuçları	87
Çizelge A.54 : UK beton numunelerinin 3 günlük termal genleşme deney sonuçları	87
Çizelge A.55 : UK beton numunelerinin 7 günlük termal genleşme deney sonuçları	88
Çizelge A.56 : K20 beton numunelerinin 1 günlük termal genleşme deney sonuçları	88
Çizelge A.57 : K20 beton numunelerinin 3 günlük termal genleşme deney sonuçları	89
Çizelge A.58 : K20 beton numunelerinin 7 günlük termal genleşme deney sonuçları	89
Çizelge A.59 : UK-SD beton numunelerinin 1 günlük termal genleşme deney sonuçları	90
Çizelge A.60 : UK-SD beton numunelerinin 3 günlük termal genleşme deney sonuçları	90
Çizelge A.61 : UK-SD beton numunelerinin 7 günlük termal genleşme deney sonuçları	91
Çizelge A.62 : K5-K20 beton numunelerinin 1 günlük termal genleşme deney sonuçları	91
Çizelge A.63 : K5-K20 beton numunelerinin 3 günlük termal genleşme deney sonuçları	92
Çizelge A.64 : K5-K20 beton numunelerinin 7 günlük termal genleşme deney sonuçları	92
Çizelge A.65 : K20 beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.....	93
Çizelge A.66 : K5-K20 beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.....	94
Çizelge A.67 : UK beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.....	95
Çizelge A.68 : UK-SD beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.....	96
Çizelge A.69 : Sülfat etkisine maruz bırakılan küp numunelerin basınç dayanımı sonuçları	97

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İki farklı tipteki betonda klor profili.....	10
Şekil 2.2 : Beton içerisindeki serbest ve bağlı klor iyonlarının derinlik ile değişimini gösteren grafik.....	11
Şekil 3.1 : Agregaların tane boyut dağılım granülometrisi.....	20
Şekil 3.2 : 5 µm tane boyutuna sahip kalsitin tane boyur analizi	21
Şekil 3.3 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin tane boyur analizi	22
Şekil 3.4 : Kılcal su emme tayini düzeneği	27
Şekil 4.1 : K20 ve UK beton numunelerinin ortalama kılcal su emme deney sonuçlarının mukayesesi	36
Şekil 4.2 : K5-K20 ve UK-SD beton numunelerinin ortalama kılcal su emme deney sonuçlarının mukayesesi	36
Şekil 4.3 : K20, K5-K20, UK, UK-SD beton numunelerinin ilk bir saatlik periyot içerisindeki yüzey absorpsiyon değerleri grafiği	37
Şekil 4.4 : K20, K5-K20, UK, UK-SD beton numunelerinin ilk bir saatlik periyot içerisindeki ortalama yüzey absorpsiyon değerleri grafiği	37
Şekil 4.5 : Maksimum ortalama ve ortalama penetrasyon derinliklerinin grafiği	39
Şekil 4.6 : Beton numunelerinin klor geçirimsizlik katsayıları grafiği.....	40
Şekil 4.7 : Beton numunelerinin 1, 3, 7 günlük termal genleşme katsayıları grafiği.....	42
Şekil 4.8 : UK ve K20 Beton numunelerinin şekil değiştirme kapasiteleri mukayese grafiği	43
Şekil 4.9 : UK-SD ve K5-K20 Beton numunelerinin şekil değiştirme kapasiteleri mukayese grafiği	43
Şekil 4.10 : Sülfat etkisine maruz bırakılmış olan K20 ve UK beton numunelerinin şekil değiştirme zaman grafiği	44
Şekil 4.11 : Sülfat etkisine maruz bırakılmış olan K5-K20 ve UK-SD beton numunelerinin şekil değiştirme zaman grafiği.....	44
Şekil 5.1 : 8 günlük kapiler su yüksekliği ve yüzey absorpsiyon değerinin ilk 60 dakikalık ortalaması grafiği.....	45
Şekil 5.2 : Basınçlı su altında maksimum penetrasyon derinliği ve yüzey absorpsiyon değerinin ilk 60 dakikalık ortalaması grafiği	46
Şekil 5.3 : Basınçlı su altında ortalama penetrasyon derinliği ve yüzey absorpsiyon değerinin ilk 60 dakikalık ortalaması grafiği	46
Şekil 5.4 : Basınçlı su altında maksimum penetrasyon derinliği ve 8 günlük kılcal su emme deneyi grafiği.....	47
Şekil 5.5 : Basınçlı su altında ortalama penetrasyon derinliği ve 8 günlük kılcal su emme deneyi grafiği.....	47
Şekil 5.6 : Klor difüzyonu deneyi ile hızlandırılmış klor difüzyonu deneyi arasındaki ilişki grafiği	48
Şekil 5.7 : 8 günlük kılcal su emme kapiler yüksekliği ve 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin şekil değiştirme kapasiteleri arasındaki ilişki grafiği.....	49

Şekil 5.8 : Klor difüzyonu katsayısı ve 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin şekil değiştirme kapasiteleri arasındaki ilişki grafiği	49
Şekil 5.9 : 60 dakikalık yüzey absorpsiyon değeri ile 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin şekil değiştirme kapasiteleri arasındaki ilişki grafiği	50
Şekil A.1 : 1 numaralı K20 beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi ...	59
Şekil A.2 : 2 numaralı K20 beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi ...	60
Şekil A.3 : 3 numaralı K20 beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi ...	61
Şekil A.4 : 1 numaralı K5-K20 beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	62
Şekil A.5 : 2 numaralı K5-K20 beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	63
Şekil A.6 : 3 numaralı K5-K20 beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	64
Şekil A.7 : 1 numaralı UK beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	65
Şekil A.8 : 2 numaralı UK beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	66
Şekil A.9 : 3 numaralı UK beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	67
Şekil A.10 : 1 numaralı UK-SD beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	68
Şekil A.11 : 2 numaralı UK-SD beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	69
Şekil A.12 : 3 numaralı UK-SD beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	70
Şekil A.13 : 1 numaralı K20 beton numunesi için klor konsantrasyonu – etkilediği tabaka kalınlığı grafiği	74
Şekil A.14 : 2 numaralı K20 beton numunesi için klor konsantrasyonu – etkilediği tabaka kalınlığı grafiği	75
Şekil A.15 : 3 numaralı K20 beton numunesi için klor konsantrasyonu – etkilediği tabaka kalınlığı grafiği	76
Şekil A.16 : 1 numaralı K5-K20 beton numunesi için klor konsantrasyonu – etkilediği tabaka kalınlığı grafiği	77
Şekil A.17 : 2 numaralı K5-K20 beton numunesi için klor konsantrasyonu – etkilediği tabaka kalınlığı grafiği	78
Şekil A.18 : 3 numaralı K5-K20 beton numunesi için klor konsantrasyonu – etkilediği tabaka kalınlığı grafiği	79
Şekil A.19 : 1 numaralı UK beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi ..	80
Şekil A.20 : 2 numaralı UK beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi ..	81
Şekil A.21 : 3 numaralı UK beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi ..	82
Şekil A.22 : 1 numaralı UK-SD beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	83
Şekil A.23 : 2 numaralı UK-SD beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	84
Şekil A.24 : 3 numaralı UK-SD beton numunesi için su yüksekliği – zaman değişimi	85
Şekil A.25 : Çökme kontrolü deneyi	98
Şekil A.26 : Yayılma kontrolü deneyi	98
Şekil A.27 : Kılcal su emme deneyinde kullanılan hassas terazi ve deney numuneleri	99
Şekil A.28 : Yüzey absorpsiyonu ölçümü deney düzeneği	99

Şekil A.29 : Kapiler boru üzerinde suyun ilerleme fotoğrafı	100
Şekil A.30 : Basınçlı su deney düzeneği fotoğrafı	100
Şekil A.31 : Deney sonucunda yarılan numune üzerinde penetrasyon derinliği ölçümü	101
Şekil A.32 : Spiral el aleti fotoğrafı.....	101

KALSİT KATKILI BETONLARIN GEÇİRİMLİLİK VE DURABİLİTE DENEYLERİ

ÖZET

Bu çalışmada, mikro silika ve uçucu kül muadili olarak 5 ve 20 μm 'lik tane boyutlarına sahip kalsit kullanılarak beton numuneler üretilmiştir. Numunelerin mekanik özellikleri ve durabilite davranışları karakterize edilmiştir. Kalsit ilavesinin sonuçlara etkisi önceki çalışmalar ile mukayese edilmiş ve sebep-sonuç ilişkileri ile irdelenmiştir. Kalsit ilavesinin, beton numunelerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemediği gözlenmiştir. Durabilite deney sonuçları incelendiğinde ise, kalsit ilavesinin özellikle klor difüzyon geçirimsizlik katsayısını yaklaşık on beş katı kadar arttırdığı gözlemlendi. Ucuz ve temini kolay, yerli üretim olan kalsitin, betona ilavesinin mekanik özellikleri değiştirmede, ancak durabilite davranışlarını olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Dolayısıyla, dolgu malzemesi olarak kalsit içeren betonların, barajlar gibi yoğun kütle beton uygulamalarında kullanılması uygundur, ancak donatılı betonlarda uygulanması klor geçirimsizliği yüksek olduğu için uygun değildir.

PERMEABILITY AND DURABILITY PROPERTIES OF CONCRETE WITH FILLING MATERIALS OF CALCITE

SUMMARY

In this study, calcite with two different particle sizes, 5 and 20 μm , were used to produce concrete samples instead of micron-size silica and fly ash. The samples were characterized in terms of mechanical properties and durability behavior. Experimental results were compared with the samples do not contain calcite and investigated in detail. According to the experimental results, calcite addition has no significant effect on the mechanical properties. However, calcite addition as a filling material had a negative effect on durability behaviour of the materials due to an increase, about fifteen times, in permeability coefficient of chlorine diffusion. Calcite is a cheap and easily supplied material and can be used to fill the concrete. It is appropriate to use these kind of materials in mass concrete applications such as in dams. High permeability coefficient of chlorine diffusion in concretes filled with calcite limits their usage in reinforced concrete applications.

1. GİRİŞ

Beton günümüzde kullanılan en yaygın yapı malzemesidir ve son yıllardaki yapılan araştırmalar ile dayanımı anlamında büyük ilerlemeler kazanmıştır [1]. Ülkemizde yapıların büyük bir bölümü betonarme taşıyıcı sistem ile tasarlanmıştır. Betonarme elemanlar, beton ve çelik donatının birleşimi olarak tarif edilebilir. Beton ise çimento, su ve agreganın karışımından oluşan yapay taştır. Gerçek bir beton ise mukavemeti yüksek, dış etkilere karşı dayanıklı, boşluksuz ve geçirgenliği olmayan bir malzeme olmalıdır [2]. Betonda aranan diğer bir özellikte, servis ömrü boyunca beklenen davranışı sergilemesidir. Betonun servis ömrü ise durabilitesi (dayanıklılığı) ile orantılı olmaktadır [3]. Yapıda betonun kalitesini belirleyen aşamalar řu şekilde özetlenebilir; tasarım, üretim, taşıma, yerleştirme ve küredür [3]. Bu etmenler, yapının servis ömrü boyunca çevresel etmenlere maruz kalması sonundaki dayanımını etkilemektedir. Klor etkisi ve rötre çatlakları betonun durabilitesi anlamında ciddi sorunlar teşkil eder [1,4,5].

Bu tez çalışmasının amacı, ucuz ve kolay temin edilebilen kalsitin, mikro silika ve uçucu kül yerine dolgu maddesi olarak beton yapısına ilave edilmesi ve ilave edilen kalsitin, betonun mekanik özellikleri ve durabilite davranışları üzerine etkisinin incelenmesidir. 5 ve 20 µm olmak üzere iki farklı tane boyutuna sahip kalsit beton yapısına ilave edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kalsit içermeyen numunelerden elde edilen veriler ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Durabilite ve geçirimlilik deney sonuçları irdelendiğinde, kalsit ilavesinin özellikle klor difüzyonu geçirimlilik katsayısını, kılcal kapiler su yüksekliği miktarını, yüzey absorpsiyon hızını, termal genleşme katsayısı ve sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerde şekil değiştirme kapasitesini önemli ölçüde artırdığı ve bu neticeyle olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Dolgu malzemesi olarak kalsit içeren betonların, barajlar gibi yoğun kütle beton uygulamalarında kullanılmasının uygun olduğu, özellikle geçirimlilik ve durabilite deneylerinde yüksek geçirimlilik katsayısına neden olduğu için ileri yaş beton dayanımlarına olumsuz yönde etkileyeceğinden donatılı elemanlar üretmeye uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

2.1 Beton

Beton; çimento, agrega, su ve gerektiğinde kullanılan katkı maddesini belirli oranlarda bir araya getirerek elde edilmiş bir karışımı, istenilen şekil ve boyutta kalıplar içine boşluksuz olarak yerleştirerek ve uygun bakım koşulları altında sertleştirerek hazırlanan bir kompozit yapı malzemesidir. Çimento ile su arasında meydana gelen kimyasal işlemler sonucunda, ayrı halde bulunan agrega taneleri birbirine yapışarak betonu oluşturur. Bu dört ana bileşenden biri olan kimyasal katkı maddeleri de çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Daha az olmakla birlikte betona mineral katkı adı verilen başka maddeler de katılabilir. Betonarme, betonun çelik kullanılmak suretiyle güçlendirilerek imal edilen yapı malzemesinin ismidir. Yapıda kullanılan betonarme elemanlar (kolon, kiriş, döşeme vb.) birtakım gerilmelere maruz kalırlar. Bunlar genel olarak basınç, çekme, kesme ve burulma etkileridir. Davranış itibariyle gevrek olan beton, sünek çelik ile güçlendirilerek kompozit bir yapı malzemesi olan betonarme elde edilir. Betonarme yapı elemanında bulunan beton ve çelik birlikte bu gerilmelere karşı koyarlar. Bu esnada, beton daha çok basınç gerilmelerini karşılar, çelik ise daha çok çekme gerilmelerini karşılar [1,4-6].

Taze beton, henüz tamamen katılaşmamış, şekil verilebilir durumdaki betondur. Betonun taşınıp kalıplardaki yerine yerleştirilmesi, sıkıştırılması, yüzeyinin düzeltilmesi gibi işlemler, beton şekil verilebilir durumdayken yapılır. Sertleşmiş durumdaki betondan istenilen dayanımın, dayanıklılığın ve hacim sabitliğinin elde edilebilmesi için, taze betonun kolayca karılabilmesi, segregasyona uğramadan taşınabilmesi, pompalanabilirliği, kalıba yerleştirilebilmesi, sıkıştırılabilirliği ve yüzeyinin düzeltilebilmesi gibi özelliklere sahip olması istenir. Beton karışımı içerisinde yer alan malzemelerin homojen bir tarzda dağılmış olmaları ve betonun yeterli kohezyona sahip olmalıdır [7].

Sertleşmeye bırakılan beton bulunduğu ortamın sıcaklık ve nem durumuna bağlı olarak hacim değişikliğine uğrar. Kimyasal olarak henüz hidrate olmamış suyun buharlaşması sonucu büzülme yani rötre olayı meydana gelir [8]. Betonun dış yüzeyi

çevresel şartlardan dolayı kuruyup rötreye uğrarken, iç tabaka ıslak kalmakta ve büzölmeye uğramaktadır. Kuruma sürecinin başlangıç aşamasında iç tabaka basınç etkisi altında iken dış yüzey çekme etkisi altında kalmaktadır. Çekme gerilmeleri yüzeyde yerel mikro çatlamlara veya çekme deformasyon yumuşamasına neden olmaktadır. Çekme gerilmesinden kaynaklanan betonun lineer olmayan plastik davranışına bağılı olarak, mikro çatlaklar, nem dağılımı üniform hale ulaşırken tamamen kapanamazlar. Sonuç olarak, numunenin ölçölen rötresi her zaman gerçek rötresinden daha küçüktür. Öte yandan, kuru rötre numuneleri için tam kesit alanı basınç altındadır ve bu yüzden basınç yönüne dik doğrultudaki düzlemlerde mikroçatlama görölmektedir. Böylece gözlenen numune rötresi mikro çatlama ve bununla birlikte ilgili geri çevrilmeyen deformasyonlar tarafından atlatılamazlar [1,4,5].

Betonda yüzey/hacim oranı yüksek olan ince malzemeler fazla ise, betonda plastik rötre riski vardır. Belirli bir su/çimento oranı için, ince malzeme ve çimento dozajı arttıkça, plastik rötrenin arttığı deneylerle kanıtlanmıştır. Betonda yeterli kadar ince malzeme var ve beton az boşluklu ise beton terleme suyunun yukarı çıkması güçleşir. Yüzeyden buharlaşan suyun yerine terleme suyu gelemeyince beton yüzeyi kurur ve çatlaklar oluşur. Böyle bir durumda başka etkileri göz önüne alarak, ince malzeme ve gereğinden fazla çimento kullanılmasına sınırlama getirilebilir. [9]

2.2 Kalsit

Kalsit karbonatlı kayaçları oluşturan ve kimyasal formölü CaCO_3 olan endüstriyel bir mineraldir. Çeşitli şekillerde kristalleşebilen mineral, camsı parlaklıkta ve renksiz saydam yapıdadır. Öğütöldüğünde beyaz renkli bir toz elde edilir. Kalker ya da kireç taşı olarak adlandırılan karbonatlı kayaçlar suyun doğrudan kristalleşmesi veya deniz canlılarının kabuklarının birikip sıkışması ile oluşmuştur. Kireç taşları grubunda yer alan saf kalsit, dolomit ve aragonit temiz ve beyazdır ancak safsızlığı bozan katkıları sebebiyle sarımsı kahverengi ve gri renkler alabilmektedir. Öğütölmüş kalsiyum karbonat (GCC) endüstriyel mineral olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu mineralin kullanımı sırasında kalitesini tanımlayan üç niteliğı vardır. Bunlar tane çapı, renk ve kimyasal saflığıdır. Bu özellikler mineralin herhangi bir uygulamadaki uygunluğunu tariflemektedir. Kalsitin genel kullanım alanları boya, gıda, kablo, plastik, kimya, kauçuk, macunlar, seramik, yalıtım malzemeleri, tutkal, mastik, yapı

kimyasalları vb. sektörler olarak özetlenebilir. Kalker taşının renkleri parlak bir beyazdan açık griye kadar yayılmakta ve kalsiyum karbonat içeriği ise %80-99,9 arasında değişmektedir. Kalsiyum karbonat sert bir mineral değildir. Saf kalsitin sertliği Moh's skalasına göre 3 civarındadır. İçerdiği silika miktarı kalsitin sertliğini Moh's skalasında 4'e kadar yükseltebilmektedir. Kalsit, reel anlamda ise epoksi terrazzo yer döşeme kaplamasında, dolgu malzemesi göreviyle kullanılmaktadır. 250µm kalınlığındaki kalsitin, 40 litrelik bir epoksi terrazzo karışım harcında 1:10 oranında yani 4 lt kullanılması, gerek maliyet gerek imalat kolaylığı anlamında ciddi avantajlar sağlamaktadır. Deneysel çalışmalarda 5 mikron ve 20 mikron inceliğinde iki tip kalsit kullanılmıştır [10,11].

2.3 Betonda Geçirimsizlik ve Durabilite

Betonun durabilitesi, betonun hava tesirlerine, kimyasal etkilere, aşınmaya ve diğer bozunmalara karşı gösterdiği dayanıklılık olarak tanımlanır. Bu etkiler dalga, akıntı sürüntü maddelerinin çarpması gibi aşındırıcı, asit, tuz etkisi, kristalleşme, alkali-agrega reaksiyonu gibi kimyasal, donma-çözülme gibi fiziksel olabilir [12]. Dayanıklı bir beton üretiminde göz önüne alınan en önemli özellik betonun boşluk yapısı ve oranıdır [13]. Bu durum betonun geçirimsizliği ile doğrudan bağlantılıdır. Suyun ve diğer akışkanların beton içinde iletimi bu yolla olur ve zararlı maddeler bu şekilde betonun içine taşınır. Örneğin sülfat hasarında, sülfatlı sular beton içine geçirimsizlik nedeni ile taşınarak hasar verici bir takım kimyasal reaksiyonlara sebep olur [14].

Geçirimsizlik (permeabilite) betonun durabilitesi için çok önemli bir özelliktir. Beton geçirimsiz ise durabilitesinden söz edilemez. Geçirimsizlik, suyun ve dolayısı ile suyun içindeki zararlı kimyasal maddelerin beton içerisindeki hareket edebilme kabiliyetini ifade eder [5].

Suyun beton içindeki hareketi, boşluk cinsine, boşluk büyüklüğüne, boşluk dağılımına, mikro ve makro çatlaklara bağlıdır. Bu nedenle boşluk ve çatlakları belli bir seviyenin altında tutmak beton durabilitesi açısından hayati önem taşır. Boşluk ve çatlaklar içerisindeki gaz ve su hareketleri ile taşınan zararlı kimyasallar durabiliteyi olumsuz yönde etkiler. Boşlukların yapısı ve çatlakların oluşmasında çimentonun kimyasal bileşimi ve beton içerisindeki agregaların özellikleri de etkilidir [4,5,15].

Betonda akışkan hareketi üç şekilde gerçekleşir.

- a) Malzemenin boşluklarının tamamının suya doymuş olduğu ve mevcut su basıncı etkisi ile meydana gelen doymuş akım,
- b) Betonun boşluklarının kısmen suyla dolu olduğu, yüzey gerilim kuvvetlerinin etkisiyle meydana gelen doymamış akım (kılcallık),
- c) Betonun boşluklarında iki bölge arasındaki mevcut buhar basıncı farkı dolayısıyla meydana gelen s buharı akımıdır. Beton bileşimi ile ilgili olarak su/çimento oranı, çimento cinsi ve miktarı betonun geçirimsizliğini etkileyen önemli faktörlerdir [12].

Dayanıklı bir beton üretiminde göz önüne alınan en önemli özellik betonun boşluk yapısı ve oranıdır [13]. Beton hacminin yaklaşık %75' ini oluşturan agreganın betonun performansında etkisi belirgindir. Maksimum su /çimento oranı ile minimum çimento içeriğindeki sınırlamalar betonun dayanım ve dayanıklılığını önemli ölçüde etkiler. Bu iki sınırlamanın gerçekleşmesinde agreganın kaliteli ve boyut dağılımının uygun olması zorunludur. Genel olarak betonun çevresel etkilere diğer bir deyişle durabiliteye göre tasarımı bu iki parametreye göre yapılır. Betondaki maksimum su/çimento oranı ve minimum çimento dozajı gibi kısıtlamaların ne ölçüde gerçekleşebileceği (yani çevresel etki sınıfına bağlı olarak maksimum su/çimento oranı belirli bir değeri aşamaz ve çimento dozajı da öngörülen minimum değerin altına inemez) doğrudan beton agregasının türüne, granülometrisine ve standartlarına uygun olmasına bağlıdır. Beton geçirimsiz ise durabilitesinden söz edilemez. Önce durabiliteye göre tasarım sonra dayanım söz konusu olmalıdır [9].

Betonda karşılaşılan pek çok sorunun başlıca nedeni betonun geçirimsiz olmasıdır. Bu sorunların başlıcaları sülfat etkisi, alkali-silika reaksiyonu, korozyon, donma ve yangın dayanımına olumsuz etkileridir [4,5].

Sülfat etkisi sülfat iyonlarının sertleşmiş betondaki kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona girmesi sonucu etrenjit ve alçı taşı oluşturması ile gerçekleşir. Sülfatlı suların beton üzerindeki korozif etkisi iki şekilde ortaya çıkar [4,5].

Birinci etki sülfat anyonlarının, çimento hidratasyon ürünü hidrat kireçle tepkimeye girmesi sonucu alçıtaşı oluşumudur. Sülfat tuzunun katyon türüne bağlı olarak alçı taşı ile birlikte oluşturduğu reaksiyon ürünü, NaOH gibi suda eriyen ve $Mg(OH)_2$

gibi suda erimeyen türde olabilir. Sülfatların asıl önemli etkisi, alçı taşı ile veya suda erimiş halde bulunan kalsiyum sülfatla C₃A'nın reaksiyona girmesi ile ortaya çıkar [4,5,16].

Etrenjit, içerdiği kristal suyunun fazlalığı nedeniyle büyük hacim artışına sebep olur. Kristalleşen katı haldeki tuz, betonun boşluk çeperlerinde büyük basınç gerilemeleri oluşturur. Önce çatlamlar şeklinde olan hasar, ileriki zamanlarda ayrılmaya ve parça dökülmelerine sebep olur [4,5,16].

Alkali agrega reaksiyonu, betonda kullanılan çimentodan veya dış kaynaklardan gelen alkali hidroksitlerle, beton içindeki agregaların içerdiği reaktif bileşenler arasında meydana gelen bir kimyasal reaksiyondur. Alkali agrega reaksiyonunun, alkali-karbonat (AKR), alkali-silikat reaksiyonu (yavaş ilerleyen alkali silika reaksiyonu) ve alkali-silika reaksiyonu olmak üzere bilinen üç oluşum şekli vardır [5,17].

Alkali-karbonat reaksiyonu, dolomit ve/veya kil mineralli ve ince taneli kireçtaşı içeren agregalardan imal edilmiş betonlarda meydana gelmektedir. Alkali silikat reaksiyonu ise fillosilikat grubu minerallerden oluşmuş agrega içeren betonlarda görülmektedir [5,17].

Genel olarak korozyon, metalik malzemelerin katı, sıvı ve gazlar tarafından aşındırılması ile özelliklerini kaybetmesi ve kullanılmaz hale gelmesi olarak tanımlanabilir. Metal ve alaşımların kararlı halleri olan bileşik haline dönme eğilimleri yüksektir. Bunun sonucu olarak metaller içinde buldukları ortamın elemanları ile reaksiyona girerek, önce iyonik hale ve oradan da ortamdaki başka elementlerle birleşerek bileşik oluşturmaya çalışırlar, dolayısıyla kimyasal değişime uğrarlar ve bozunurlar. Sonuçta metal veya alaşımın fiziksel, kimyasal, mekanik veya elektriksel özelliği istenmeyen değişikliklere ve zarara uğrar. Korozyon, hem metal veya alaşımın bozunma reaksiyonuna hem de bu reaksiyonun sebep olduğu zarara verilen addır. Metalik malzemelerin içinde buldukları ortam ile reaksiyona girmeleri sonucu, dışarıdan enerji vermeye gerek olmadan, doğal olarak meydana gelen bir olaydır [4,5].

Beton durabilitesi, betonun kalitesine bağlı olup, performansta bileşen malzemeler, karışım oranları, üretim yöntemi, betonun bakım ve kürü gibi süreçler ile çevre koşulları etkilidir. Beton uygun şekilde kür edilmemişse mukavemet değeri

yaklaşık %30 oranında düşebilir, ancak durabilite daha da olumsuz etkilenir. Kür edilmemiş betonun geçirimsizliği yaklaşık 10 kat artabilir, bu durum korozyonu olumsuz yönde etkiler ve durabilite önemli ölçüde azalır. Uygun beton durabilitesi için amaca uygun malzeme seçilmeli, su da dahil tüm bileşenler standartlara uygun olmalı, karışım iyi tasarlanmalı ve taze betonun yeterli biçimde yerine yerleştirilmesi sağlanmalıdır. Özellikle ilk sertleşme sürecinde yüksek sıcaklık farklarından kaçınılmalı, beton iyi korunmalı ve gerekli kür aksatılmadan yapılmalıdır. Tüm bunlar yapılırsa betonda oluşabilecek oturma çatlaklarının, plastik rötre çatlaklarının ve kısıtlanmış rötre çatlaklarının önüne geçilebilir. Bu çatlakların önlenmesi betonun durabilitesi açısından yararlıdır. Betonun kullanılacağı yerdeki çevresel şartlara göre geçirimsizliğini tespit etmek amacıyla kılcal su emme, yavaş ve hızlı klor geçirimsizliği gibi deneyler uygulanmaktadır [5].

2.4 Betonda Klor Etkisi

Betonda korozyona yol açan etkilerden biri klor etkisidir. Klor betona çeşitli şekillerde etkiyebilir. Bunlar:

- a) Kullanılan agrega veya katkı maddelerinden,
- b) Yapının bulunduğu çevreden (örneğin deniz suyu etkisiyle ya da kışın kullanılan buz çözücü tuzların etkisiyle) [18].

Betonda klor yoğunluğu hesaplanırken bazı sistemler kullanılır. Asit-çözünür maddeler asitte çözüldüğünde adsorbe edilmiş klor dahil tüm klor elde edilmiş olur. Suda çözünür maddeler su içinde yıkandığında klor yoğunluğu tespit edilebilir. Alternatif olarak, boşluk sıkıştırılması numunenin yüksek basınçta sıkılması için kullanılır. Yapılan çalışmalar çözelti içindeki iyonların beton içindeki donatıyı korozyona uğrattığını göstermiştir. Bu nedenle suda çözünme testi en kullanışlı olanıdır. Klor bağları arasındaki olası kopmalardan, sıcaklık etkisinden ve karbonatlaşmadan dolayı, asitte çözünme testi daha çok tekrarlanan sonuçlar vermektedir [19].

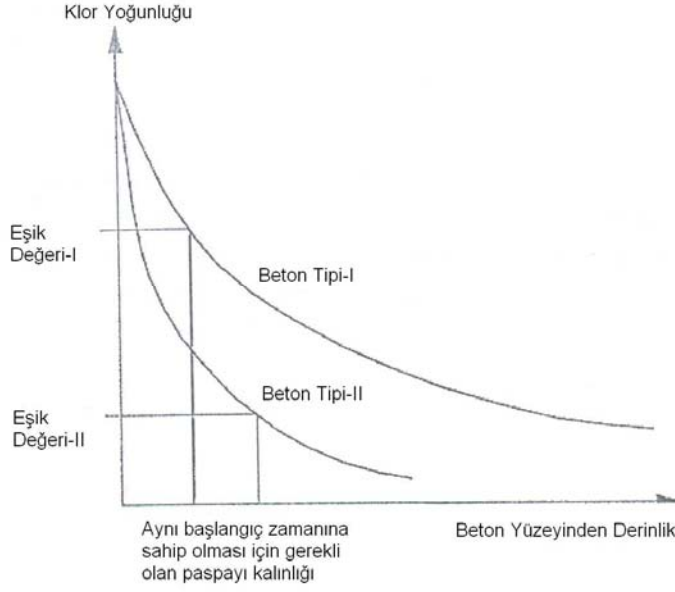
Yüksek kalite betonların klor dayanımlarının belirlenmesi için yüksek kalitedeki betonlarda klor penetrasyonu incelenir ve analizi yapılır. Donatıya zarar vermeyecek oranda betona klor girişini belirlemek bir bakıma durabilitesine etki etmeyecek ve servis ömrünü azaltmayacak miktarı bulmak için analizler yapılmaktadır [4,5,20].

Klor iyonlarının betonarme donatının korozyona uğramasına neden olmasından dolayı, özellikle deniz yapılarında kullanılan betonarme elemanlarda klor difüzyonu çok önem kazanmıştır. Servis ömrü korozyonun başlama zamanı, beton yüzeyinde görünür olması, betonarme elemanlarında çatlakların ve dökülmelerin başlaması ve donatı miktarının azalması sonucu betonarme elemanın taşıma kapasitesinin düşmesi gibi dört etkene bağlıdır [4,5,16].

Betonarme elemanda korozyonun başlaması sonucu yapının taşıma kapasitesi ve sünekliği olumsuz yönde değişmeye başlar. Klor etkisine karşı alınacak önlemlerin yapım aşamasındayken uygulanması klor difüzyonu başladıktan sonraki aşamada yapılan tamirata göre son derece kolay ve düşük maliyetlidir. Servis ömrünün belirlenmesinde sadece laboratuvar çalışmaları kullanılmaz. Zarara uğramış betonarme yapılar incelenerek deney sonuçları ile karşılaştırılır ve olasılık yöntemleri ile servis ömrü tahmin edilir. Klor difüzyonu betondaki değişik derinliklerdeki klor dağılım konsantrasyonları belirlenerek tanımlanabilir. Klor dağılımı çevresel faktörlerin, yapının dizaynının ve malzeme özelliklerinin zamana bağlı fonksiyonu olarak gösterilebilir [4,5,16].

Hava olayları da klor dağılımı üzerinde etkilidir. Yağmur klor konsantrasyonunu artırırken, buharlaşma klor konsantrasyonunu yükseltir. Nem akışına ve iyon difüzyonuna bağlı olarak klor içeri veya dışarı doğru hareket edebilir. Suyun betondaki hareketinin etkileri suyun betondaki hareketinin büyüklüğüne, geçirimsizliğine ve basınç derecesine, betonarme elemanının ters yüzeyindeki ve içindeki buharlaşma potansiyeline bağlıdır [1,4,5,20].

Klor difüzyonunda ölçtüğümüz klor miktarı betonun hidrasyonunda bağlanmış olan klor ve betonun içindeki sıvıda bulunan ve serbest olarak hareket eden klor oranının toplamıdır. Beton için zararlı olan klor ise serbest olarak dolaşan klordur. Bundan dolayı klorun bağlanma kapasitesi serbest gezen klorun konsantrasyonunu etkiler. Betonarme elemandaki serbest gezen klor iyonlarının konsantrasyonu arttıkça beton içerisinde hareket eden klor sayısı da artmaktadır [1,4,5,20]. Klorun bağlanma kapasitesi klorun betona girişi ile ilgilidir. Eğer klor iyonları taze beton karışımına eklenirse serbest haldeki klor iyonundan değişik bir yapıya bürünürler. Klor iyonlarının dağılımı incelendiğinde, yüzeye yakın bölgelerde yüksek değerler ölçülürken derine indikçe serbest gezen klor iyonlarının difüzyonu ve değeri azalmaktadır [5,21].



Şekil 2.1 : İki farklı tipteki betonda klor profili [5,21].

2.4.1 Klorun Beton İçerisindeki Hareketi

Klor iyonları beton içerisindeki suda, elektriksel bir ortam olmadan, betonun içerisindeki hareket etmeyen su içerisinde saf olarak yayılarak ve beton içerisindeki hareketli suyun hareketiyle birlikte olmak üzere iki farklı şekilde hareket ederler. Son yıllarda geliştirilmiş olan hızlandırılmış test metotlarında elektriksel bir ortam yaratılarak klor iyonlarının elektriksel hareketi sağlanmıştır [4,5,21].

Betonun içindeki bağlanmış klor iyonlarının miktar olarak tanımı çeşitli şekillerde yapılabilir. Çünkü bağlı olan klorların miktarı ortama göre değişiklik gösterebilir [21].

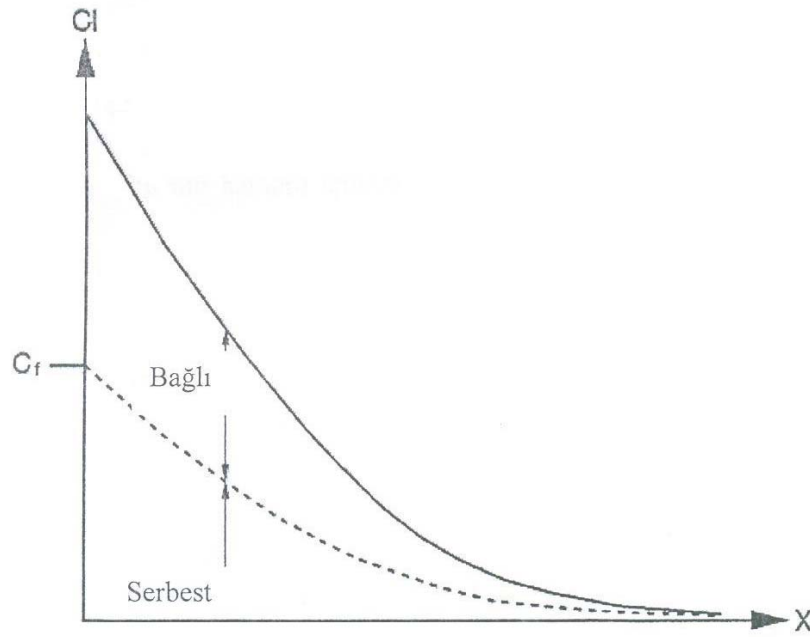
Numunede sıcaklık artışı olduğunda klor iyonlarının sayısı azalır yani bağlar zayıflar, kopar ve serbest iyon olarak beton içerisindeki suya katılırlar. Bundan dolayı da beton içerisindeki boşluk suyunun konsantrasyonu artar. Betonun boşluk yapısı da bu ölçümleri etkiler [5,21].

2.4.2 Serbest ve Bağlı Klor İyonları

Klor iyonları beton içerisinde farklı formlarda yer alır. İyonlardan bazıları serbest olarak beton içindeki suda bulunanlardır. Kalanları ise kimyasal ve fiziksel olarak beton üretilirken oluşan reaksiyonlarda yüzeylere bağlanan iyonlardır. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi bu iyonlar derinlikle değişirler [5,21].

$$c_{\text{toplam}} = c_{\text{serbest}} + c_{\text{bağlanmış}} \quad (2.1)$$

Bu denklemde c , kg/m^3 , mol/hacim ve kg/kg cinsinden klor konsantrasyonunu göstermektedir. Serbest klor iyonları genellikle kg/m^3 cinsinden belirtilmektedir [5].



Şekil 2.2 : Beton içerisindeki serbest ve bağlı klor iyonlarının derinlik ile değişimini gösteren grafik [5,21].

2.4.3 Klorun Bağlanma Kapasitesi

İyon konsantrasyonu değişirken malzemenin klor iyonlarının bağlanma yeteneğine klor bağlanma kapasitesi adı verilir. Klor bağlanma kapasitesi düşük klor konsantrasyonlarında çok yüksektir. Klor bağlanma kapasitesi yüksek konsantrasyonlarda sifira yaklaşır [5,21].

2.4.4 Belirleyici Özellikler

Bağlanmış klorlar ile ilgili üç adet kesin etkenden söz edilebilir.

- Klor konsantrasyonu
- Bağlayıcı içeriği
- Spesifik yüzey alanı veya toplam jel

Toplam bağlanmış klor iyonları toplam bağlayıcının lineer bir fonksiyonudur. Su-bağlayıcı oranı ve sertleşmekte olan betonun hidrasyon derecesi klor iyonlarının bağlanmasında önemli bir parametre oluşturmaktadır [5,21].

Diğer önemli parametreler ise,

- Diğer iyonlar özellikle hidroksit ve alkaliler
- Sıcaklık
- Bağlayıcı tipi ve özellikleri
- Agregat tipi
- Karbonatlaşma şeklinde sıralanır [5,21].

2.5 Rötme ve Rötme Çatlakları

Rötme, üretimi takiben aynı çevre şartlarında herhangi bir yapı elemanının su kaybı sonucu boyutlarında zamanla kısılma olması rötme olarak tanımlanır. Beton hidrate olmuş çimento hamuru ve agregadan oluşmaktadır [1,4,5]. Özellikle döşeme ve anolar halinde dökülen geniş yüzeylere sahip beton kuru havadan daha çabuk etkilenir. Bu durumda, üst tabakalardaki su, alt tabakalarda bulunan suyun terleme olarak üste çıkmasından daha hızlı biçimde buharlaşır ve yüzeyde büzülme neden olur. Bu tür büzülme sonucu betonun yüzeyinde derine inmeyen çok düzensiz, örümcek ağı türünde çatlaklar ortaya çıkar. Plastik rötme tanımı, betonun daha sertleşmemiş ve şekil verilebilir olması sebebiyle verilir. Normal rötme veya diğer bir tanımla kuruma büzülmesi beton kimyasal reaksiyonunun önemli bir kısmı bittikten sonra, betondaki suyun buharlaşmasıyla oluşan hacimsel küçülme sonucu ortaya çıkar. Betonun yüksek nemde veya su içinde bulunmasından dolayı meydana gelen şişme bunun tersi bir olaydır. Bu iki tür şekilde değiştirme, yüklemeye bağımsız olarak ve sadece ortamdaki nem oranına ve sıcaklığa bağlı olarak betondaki jel yapısına suyun girmesi veya çıkmasıdır. Ancak, rötme tamamen tersine dönebilen bir olayda değildir. Büzülmesini önemli bir kısmını tamamlamış bir beton suya doymuş

hale getirilirse şişer, ancak ilk hacmine geri dönemez. Rötreye en çok etki eden parametre dış ortamın nemi olmakla beraber, büzülme çimento hamurunda meydana geldiği için, agregası büyük beton büzülme karşı daha az hassastır. Çimento / Su oranının büyük olması, kimyasal reaksiyona girmeyen suyu çoğaltacağı için büzülme artırır. Aynı Su / Çimento oranına sahip beton numuneleri için gözlenen rötrenin gerçek su muhtevasına, betonun şekil değiştirme kapasitesi ve agrega granülometrisi özellikleri ile takip etmektedir. Beton elemanının hacmine göre dış ortama açık yüzeyinin artması da, hava şartlarından etkilenmeyi artıracığı için rötreyi artırır. Bu sebeplerden ötürü, çimento hamurunun içindeki boşluk miktarı ve yapısı rötreyi etkileyen önemli faktörlerdendir [5,8,22,23].

Kullanılan ve buharlaşabilen su çimento hamurunda çeşitli boşluklara yerleşmiştir. Buharlaşabilen su üçe ayrılmaktadır.

- a) Serbest Su: Bu çimento hamurunun veya betonun büyük boşluklarında bulunan sudur. Buharlaşma yoluyla betondan kolayca ayrılabilir.
- b) Kapiler Su: Çimento hamurunun kapiler boşluklarına yerleşmiştir. Kimyasal bileşim ile ilgisi yoktur.
- c) Jel Suyu: Çimento hamurundaki jel boşluklarında yer alan veya jel elemanlarının adsorpsiyon yolu ile elde ettikleri sudur [5,24].

Hidratasyon sırasında çimento, içinde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kristalleri bulunan koloidal yapı bir cisimdir. Bu yapıyı meydana getiren jelin özgül alanı 2 milyon cm^2/g mertebesinde bulunmaktadır. Beton birbirinden çok farklı karakteristiklere sahip iki fazın bir araya gelmesiyle elde edilen bir cisimdir. Bu iki fazdan biri agrega taneleridir. İkinci faz agrega tanelerini birbirine bağlayan bağlayıcı madde veya çimento hamurudur. Agregada tanelerinde rötreye üç ana etkene bağlıdır. Bunlar, harcın rötresi, agrega rötresi ve agrega konsantrasyonudur. Agregada tanelerini gelişmesini tamamlamış katı cisim olarak kabul etmek mümkündür. Çimento fazı, değişik elemanlardan oluşmaktadır. Çimentonun su ile temas ettiği andan itibaren belirli bir süre geçtikten sonra bu fazda aşağıda sıralanan yapılar bulunmaktadır:

- Hidratasyon yapan çimento (büyük bir kısmını jeller meydana getirmiştir)
- Hidratasyon yapmamış çimento taneleri veya anhidre elemanlar
- Su; çimento hamurunda serbest su, jel suyu olmak üzere üç farklı şekilde bulunur [5,22,23].

2.5.1 Rötreyi Etkileyen Faktörler

Rötreyi etkileyen faktörler doğal nedenler ve şantiye nedenleri olarak iki ana gruba ayrılabilir. Doğal nedenler olarak:

- Beton dökümü sırasında havadaki nemin düşük olması (Nem oranı %90'dan % 10'a düşerse buharlaşma miktarı 8 kat, % 90'dan % 50'ye düşerse 5 kat artmaktadır.)
- Havanın rüzgarlı olması, beton dökümü yapılan sahanın rüzgara açık olması, (rüzgar hızı 0'dan 40 km/h'e yükselirse buharlaşma miktarı 9 kat, 0'dan 6 km/h'e yükselirse 4 kat artmaktadır.)
- Havanı sıcak olması ve betonun doğrudan güneş ışığına maruz kalması, (Hava sıcaklığı 10 C°den 38 C°ye yükselirse buharlaşma miktarı 7 kat, 10 C°den 21 C°ye yükselirse buharlaşma hızı 2 kat artmaktadır.)
- Dökülen betonun hidrasyonu sonucu açığa çıkan sıcaklığı ile hava sıcaklığının çok farklı olması.

Şantiye nedenleri olarak ise;

- Betonun boşluksuz, sıkı olarak üretilmesi, beton içindeki suyun terlemeyle yukarı çıkamaması.
- Beton karışımındaki ince tanelerin fazla olması,
- Özellikle dökme çimentolarda çimento sıcaklığının fazla olması,
- Betonda inceliği fazla olan çimentoların kullanılması,
- Betonun döküldüğü zemin veya kalıbın su emmesi yada su veya şerbet kaçırmaması,
- Yerleştirilen betonun olduğu gibi bırakılması yüzey ıslahı veya kütleme yapılmaması,
- Hatalı donatı kullanılması,

olarak sıralanabilir [25].

2.6 Tane Boyutunun Beton Geçirimsizliğine Etkisi

Betonda geçirimsizliği, beton durabilitesi dolayısıyla ileri yaş beton dayanımı için çok önemli bir kavramdır. Geçirimsizliğin etkisini irdelemek için yapılan deneylerin başında kılcal su, klor difüzyonu, başlangıç yüzey absorpsiyonu ve sülfat etkisi gibi deneyler gelmektedir. Bu deneyler doğrudan korozif etkileri de belirlediği için önemlidir. Beton dolgu malzemesi olarak karışımlara ilave edilen uçucu kül ve cürufların tane boyutlarının aynı şartlarda azalması durumunda geçirimsizliğe önemli derece tesir ettikleri belirlenmiştir. Uçucu külün öğütülmesi sonucu yoğunluk ve incelik gibi fiziksel özellikler değişir. Öğütülme sırasında uçucu kül tanelerindeki boşlukların azalmasıyla uçucu külün yoğunluğunda büyük oranda artış olmaktadır. Uçucu külün yüzey alanının artmasıyla puzolanik aktivite önemli oranda artmaktadır [5,26].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 DeneYlerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

3.1.1 Çimento

Üretilen beton dizaynları için CEM I 42.5 N tipi çimento kullanılmıştır. DeneYlerde kullanılan çimentonun özgül ağırlığı 3.23 g/cm^3 olarak bulunmuştur. Fiziksel, kimyasal ve basınç değerleri ile ilgili grafikler aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 3.1 : CEM I 42.5 N Çimentosunun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri.

Deney adı (Birimi)	Ölçüm sonuçları	Ölçüm belirsizliği (\pm)	TS EN 197-1 İstenen değer	Deney metodu
Kızdırma kaybı (%)	2,27	0,02	Maks. 5,0	TS EN 196-2/2002
SiO ₂ (%)	19,54	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
Al ₂ O ₃ (%)	4,98	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
Fe ₂ O ₃ (%)	5,58	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
CaO (%)	62,85	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
MgO (%)	1,33	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
SO ₃ (%)	2,69	0,06	Maks. 3,5	TS EN 196-2/2002
Na ₂ O (%)	0,18	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
K ₂ O (%)	0,55	-	-	Kurum içi-KKL.TA.01
Na ₂ O (eşdeğer toplam alkali) (%)	0,54	-	-	-
C3A (%)	3,76	-	-	-
CT (%)	0,0255	0,0026	Maks. 0,1	TS EN 196-2/2002
Çözünmeyen kalıntı (%)	0,31	0,02	Maks. 5,0	TS EN 196-2/2002

Deney adı (Birimi)	Ölçüm sonuçları	Ölçüm belirsizliği (±)	TS EN 197-1 İstenen değer	Deney metodu
Toplam katkı (%)	3,18	-	-	pr-CEN/TR 196-4
S.CaO (%)	2,85	-	-	TS 687
Cr (VI) (ppm)	5,6	-	-	pr EN 196-10
7 günlük hidratasyon ısı (cal/g)	63,4	-	-	TS EN 196-8
28 günlük hidratasyon ısı (cal/g)	79,6	-	-	TS EN 196-8
2 günlük basınç dayanımı (MPa)	25,2	0,3	Min. 10	TS EN 196-1/2002
7 günlük basınç dayanımı (MPa)	41,1	0,4	-	TS EN 196-1/2002
28 günlük basınç dayanımı (MPa)	55,5	0,9	42,5 – 62,5	TS EN 196-1/2002
Yoğunluk (g/cm ³)	3,21	0,01	-	Kurum içi-KKB.TA.09 (Dijital piknometre ile)
Özgül yüzey (cm ² /g)	3835	27	-	Kurum içi-KKB.TA.06
Priz başlangıcı (dk)	175	8	Min. 60	TS EN 196-3/2002
Priz sonu (dk)	290	12	-	TS EN 196-3/2002
Hacim genleşmesi (mm)	1,0	0,2	Maks. 10	TS EN 196-3/2002

Çimento, ana hammaddeleri kalker, kil ve alçıtaşı olan hidrolik bir bağlayıcıdır. Çimentonun bu ya özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka suya ihtiyaç vardır. Çimento, su ile reaksiyona girerek bir bağlayıcıdır. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve / veya kum katılarak öğüt haline getirilir. Bu malzeme 1400 -1500°C’de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne klinker denir. Daha sonra klinkere bir miktar alçı taşı eklenip (%4-5 oranında), çok ince toz halinde

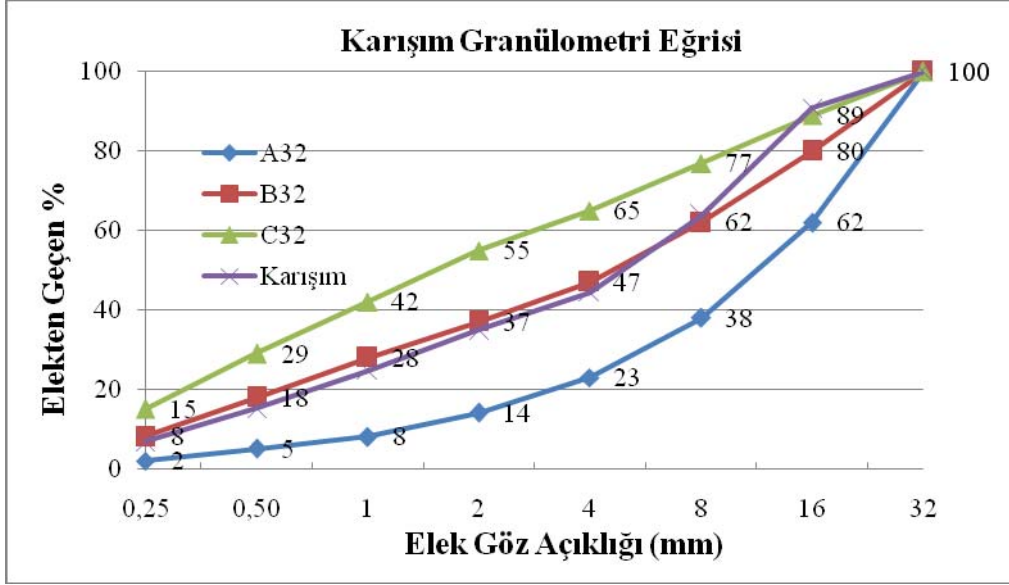
öğütülerek Çimentosu elde edilir. Katkılı çimento üretiminde; klinker ve alçı taşı dışında, çimento tipine göre 1 birkaçı bir arada olmak üzere tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı vb. katılır. Çimento beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir. Beton üretiminde kullanılacak çimento TS EN 197-1'e uygun olmalıdır.

3.1.2 Agregalar

Karışımlarda kullanılan agregalar ile ilgili yapılan deneyler, ilgili standart olan TS 706 EN 12620' ye uygun olarak yapılmıştır. Agregaların birim ağırlık tayinleri ise TS 3529' a göre belirlenmiştir. Kullanılan agregaların, yüzey suyu nem oranı tayini ise TS 3523' e uygun yapılmıştır. Kullanılacak olan agregaların, alınan agrega numunelerinin 100°C' deki etüvde 24 saat süreyle bekletilmesi, buna müteakip ağırlık kaybının yüzde nem olarak tayin edilmesiyle net ağırlığı belirlenmektedir.

Çizelge 3.2 : Mix-101 ve Mix-12 dizaynı için agregaların elek analizi sonuçları.

Elek tipi (mm)	Elekten geçen (%)				
	Kırmataş II	Kırmataş I	Kırma Kum	Doğal Kum	Karışım
22	100	100	100	100	100
16	61	100	100	100	90.3
12.5	8	100	100	100	77
8	1	63	100	100	64.9
4	1	7	88	100	46.2
2	1	2	57	99.3	36.9
1	1	1	32	96.3	29.7
0.5	1	1	16	80.9	22.3
0.25	1	1	8	25.2	8.1
0.125	1	1	4	4.4	2.5
0.063	0.6	0.7	2.6	0.9	1.2
Karışım	% 25	% 28	% 25	% 22	% 100



Şekil 3.1 : Agregaların tane boyut dağılım granülometrisi

3.1.3 Kalsit

Üretilen beton numunelerinde, UK beton karışımında uçucu kül muadili olarak aynı hacimde 20 μ kalsit kullanılmıştır. Aynı şekilde diğer beton üretimi olan UK – SD beton karışımında uçucu kül muadili olarak yine 20 μ kalsit, silis dumanı muadili olarak 5 μ kalsit kullanılmıştır. Kalsit ile ilgili genel özellikler ve tane boyutu granülometrisi çizelge ve şekillerle aşağıda belirtilmiştir [11].

Çizelge 3.3 : 5 μ m tane boyutuna sahip kalsitin genel özellikleri.

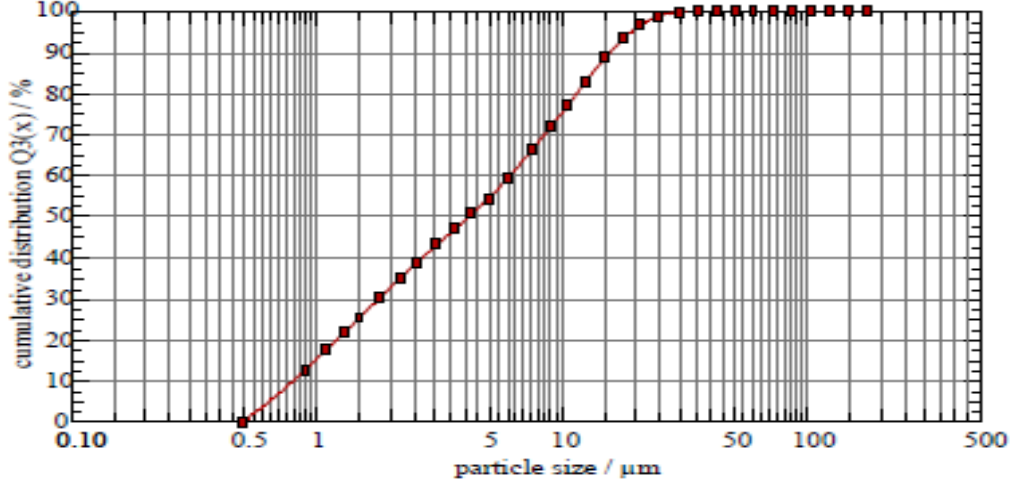
Özellik	Değer
Beyazlık, L* (ASTM E-313) Elrepho 450X minimum	%98,5
Parlaklık (Ry, DIN 53163) Elrepho 450X minimum	%95,5
Fabrika çıkışı nem (ISO 787-2) maksimum	%0,3
pH değeri (ISO 787-9)	9
Yağ emme (ISO 787-5)	14 g / 100 g
Dop emme (ISO 787-5)	27 g / 100 g
Paketleme yoğunluğu (ISO 787-11)	1,3 g/ml

Çizelge 3.4 : 5 μ m tane boyutuna sahip kalsitin kimyasal özellikleri.

Özellik	Değer (%)
CaCO ₃	> 99,5
MgCO ₃	< 0,20
Fe ₂ O ₃	< 0,01
SiO ₂	< 0,01
Al ₂ O ₃	< 0,02
HCl'de çözünmeyen miktar	< 0,01

Çizelge 3.5 : 5 µm tane boyutuna sahip kalsitin fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer (%)
Yoğunluk (ISO 787-10)	2,7 g/cm ³
Sertlik	3 Mohs
Kırılma indisi	1,59



Şekil 3.2 : 5 µm tane boyutuna sahip kalsitin tane boyut analizi.

Çizelge 3.6 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin genel özellikleri.

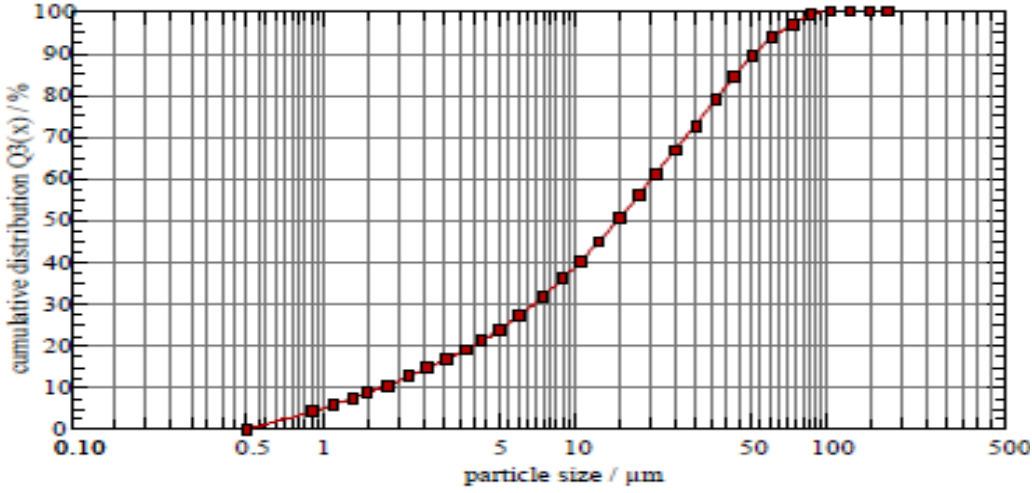
Özellik	Değer
Beyazlık, L* (ASTM E-313) Elrepho 450X minimum	%98
Parlaklık (Ry, DIN 53163) Elrepho 450X minimum	%94
Fabrika çıkışı nem (ISO 787-2) maksimum	%0,2
pH değeri (ISO 787-9)	9
Yağ emme (ISO 787-5)	12 g / 100 g
Dop emme (ISO 787-5)	24 g / 100 g
Paketleme yoğunluğu (ISO 787-11)	1,5 g/ml

Çizelge 3.7 : 20µm tane boyutuna sahip kalsitin kimyasal özellikleri.

Özellik	Değer (%)
CaCO ₃	> 99,5
MgCO ₃	< 0,20
Fe ₂ O ₃	< 0,01
SiO ₂	< 0,01
Al ₂ O ₃	< 0,02
HCl'de çözünmeyen miktar	< 0,01

Çizelge 3.8 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin fiziksel özellikleri.

Özellik	Değer (%)
Yoğunluk (ISO 787-10)	2,7 g/cm ³
Sertlik	3 Mohs
Kırılma indisi	1,59



Şekil 3.3 : 20 µm tane boyutuna sahip kalsitin tane boyut analizi.

3.2 Beton Karışımı

Bu üretimlerde, daha önceden gerek laboratuvar gerek reel üretim koşullarında uygulanmış ve deneyleri yapılmış olan 2 farklı mix dizayn olan UK - SD ve UK beton karışım oranlarında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir.

UK’de kullanılan uçucu kül yerine, aynı hacimli 20 µm kalınlığında kalsit kullanıştır. UK - SD’ de ise uçucu kül yerine 20 µm kalınlığında kalsit, silis dumanı yerine ise 5 µm kalsit kullanılmıştır.

Malzemelerin hacmi sabit kaldığından, özgül ağırlığı bilinen kalsit kullanılması neticesinde, limit değerlerde ağırlık sapmaları meydana gelmiştir.

Beton karışım oranları Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 : Beton karışım oranları.

Karışım Tipi	Dolgu Tipi	Çimento (kg)	Su (kg)	Doğal Kum (kg)	Kırma Kum (kg)	Kırma Taş I (kg)	Kırma Taş II (kg)	Uçucu Kül (kg)	Mikro Silica (kg)	Kalsit 20µ (kg)	Kalsit 5µ (kg)	Admix -1 Akışkanlaştırıcı (kg)	Admix -2 Hava Sürükleyici (kg)	Birim Ağırlık (kg / m ³)
UK – SD	Uçucu Kül + Mikro Silica	275	97,8	369	493	537	475	50	29,4	-	-	4,78	0,495	2332,25
UK	Uçucu Kül	320	114	349	479	493	440	100	-	-	-	2,59	0,83	2299
K5 – K20	5µm ve 20 µm Kalsit	275	156,7	340	470	495	442	-	-	64	57,2	1,838	0,156	2301
K20	20 µm Kalsit	320	144	338	465	487	436	-	-	125,60	-	2,67	0,666	2317,80

3.3 Üretim Metodolojisi

- Üretim yapılacak 60 lt merdaneli karıştırma kazanının yıkanıp, temizlenmesi
- Kırmataş II, Kırmataş I, Kırma Kum ve Doğal Kumun 30 saniye süre ile harmanlama amacıyla bir arada karıştırılması
- Karma suyunun %80' inin eklenmesi ve 1 dakika süreyle karıştırılmaya devam edilmesi
- Çimento ve kalsitin hazneye eklenmesi
- 7 dakika süren karıştırma işlemi süresinde, karma suyun geriye kalan %20' sini akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici ile ilave edilmesi
- Taze beton deneyleri kapsamında; çökme deneyi, yayılma deneyi, birim ağırlık deneyi, yüzdece hava boşluğu tayin deneyi yapılması
- Kalıpların itinayla temizlenip yağlanması
- Üretilen betonun kalıplara doldurulması

3.4 Taze Beton Deneyleri

Taze beton deneyleri, beton numunelerinin dökümü ardından, incelenecek olan mekanik, geçirimsizlik ve durabilite deneylerine tabii tutulacak numunelerin ilgili standartlara uygunluğunu incelemek için yapılan deneylerdir. Taze beton deneylerinin sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir [27].

3.4.1 Taze Beton Sıcaklık Kontrolü

Taze beton sıcaklığı kontrolü, üretimin tamamlanmasının ardından, hassas kalem termometre ile ölçüldü ve not edildi. TS-EN 206' da minimum sıcaklık 5°C olarak belirlenmiş ve üst sınır verilmemiştir. Aynı standarda göre, kendi ortam koşullarında değerlendirildiğinde, kullanılan karma suyu sıcaklığının 20°C' nin üzerinde olduğu bilindiğinden, minimum kabul edilebilir beton sıcaklığı da 20°C olarak tayin edilmiştir [27].

3.4.2 Çökme Deneyi

Çökme deneyi TS EN 12350 – 2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Çökme deneyi, betonun kıvam sınıfını belirlemek için yapılan bir taze beton deneyidir. Sabit, temiz ve düz bir metal levha üzerinde gerçekleştirilen deneyde, boyu 30 cm, altı 20 cm çapında, üstü 10 cm çapında, Abrams konisi olarak da bilinen, kesik koni biçimindeki metal bir kalıp içine, 3 eşit tabaka halinde ve her tabakası 25 kez

şişlenerek standart olarak doldurulan taze betonun ilk yüksekliği ile kalıp kaldırıldıktan sonraki yüksekliği arasındaki farkın ölçülmesi esas alınmıştır. Çökme deneyi sonunda, betonun konik formunu bozmadan deforme olması, koni kaldırıldıktan sonra yanlara doğru kaymaması, yıkılmaması ve ayrışacak kadar yayılmaması doğru bir çökme ölçümü için gerekli parametrelerdir [27].

3.4.3 Yayılma Deneyi

Yayılma deneyi, TS EN 12350 – 5 standardına uygun olarak yapılmıştır. Metal kalıp huni, düzgün ve kurallara uygun bir şekilde, her tabaka 25 kez şişlenecek şekilde, 3 tabaka halinde doldurulduktan sonra, merkez noktası önceden belirlenmiş, serbest su barındırmayan nemli levha üzerinde, slump deneyi yapılmışçasına, alt tabanı plakaya ayaklardan bastırılarak sabitlenerek, 3-6 saniye arasında kalıp düz bir şekilde yukarı doğru kaldırılır. Deney işlemi tamamlandıktan sonra üst plakaya yayılan beton tabakasının en büyük boyutları plaka kenarlarına paralel iki doğrultuda cetvelle ölçülür ve en yakın 1 cm'ye yuvarlanarak kaydedilir. Tabla üzerinde yayılan beton tabakasında agrega - çimento hamuru arasında ayrışma meydana gelip gelmediği kontrol edilmelidir [27].

3.4.4 Taze Beton Birim Ağırlık Deneyi

Taze beton birim ağırlık deneyi tayini TS EN 12350 – 6 standardına uygun olarak yapılmıştır. Öncelikle üretilen beton numunesi karıştırma kabına veya el arabasına alınır. Kürekle iyice karıştırılır. Sıcaklığı kontrol edilir. Deney kabının boş ağırlığı tartılır ve kaydedilir. Beton kap içerisine en az iki tabaka halinde sıkıştırılarak yerleştirilir. Her tabakaya en az 25 şişleme yapılır ve her sıkıştırma işleminden sonra kap kenarları hafifçe tokmaklanır. En son tabakanın sıkıştırılmasından sonra, kap üst yüzeyi, çelik mala kullanılarak tesviye edilir. Yüzey düz kenarlı master ile sıyrılır ve beton seviyesi kap üst kenarları seviyesine getirilir. Daha sonra kabın dış yüzeyi iyice temizlenir. Kap içindekilerle birlikte tartılarak kütlesi kaydedilir. Taze beton yoğunluğu en yakın 10 kg/m^3 'e yuvarlatılarak gösterilir. Deneyde kullanılan ekipmanın temizliği yapılır ve deney notları kontrol edilir [27].

3.4.5 Taze Beton Hava İçeriğinin Tayini Deneyi

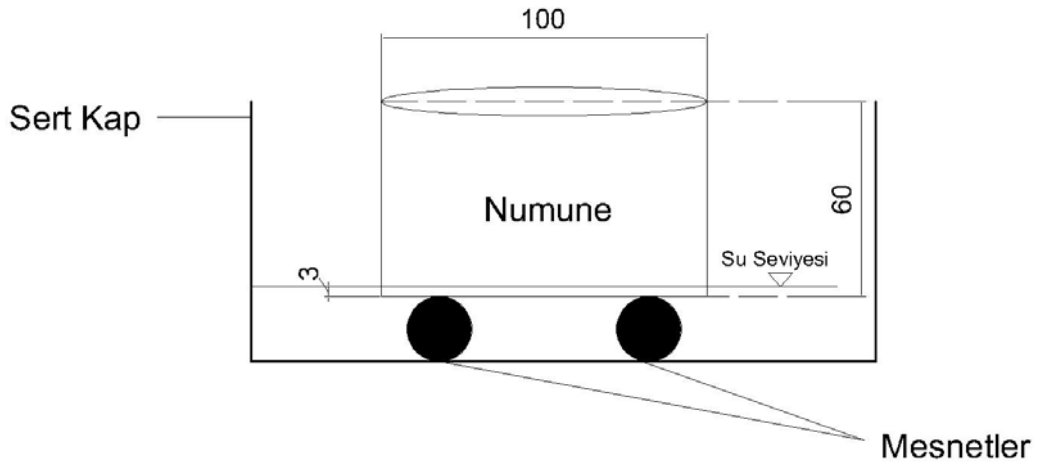
Taze beton hava içeriğinin tayini deneyi TS EN 12350 – 7 standardına uygun olarak yapılmıştır. Öncelikle üretilen beton numunesi karıştırıcıdan el arabasına alınır. Kürekle iyice karıştırılır. Sıcaklığı kontrol edilir. Sıcaklığı TS EN 206 standardını sağlayıp sağlamadığı karşılaştırılır. Beton kap içerisine en az iki tabaka halinde sıkıştırılarak yerleştirilir. Her tabakaya en az 25 kez şişleme yapılır ve her sıkıştırma işleminden sonra kap kenarlarına hafifçe kauçuk kaplama tokmakla vurulur. En son tabakanın sıkıştırılmasından sonra kap üst yüzeyi, çelik mala kullanılarak tesviye edilir. Yüzey düz kenarlı master ile sıyırılır ve beton seviyesi kap üst kenarları seviyesine getirilir. Daha sonra kabın dış yüzeyi iyice temizlenir. Kap ve kapak düzeneğinin flanşları tamamen temizlenir ve flanşlarından kapatılır. Kapak düzeneği yerleştirilerek, kaba kelepçelenir. Kapak ve kap arasında basınç kaçağının olmamasına dikkat edilir. Ana hava vanası kapatılır ve su giriş ve tahliye vanaları açılır. Piset kullanılarak giriş vanasından, tahliye vanasından su çıkıncaya kadar cihaza su doldurulur ve su içerisindeki hava kabarcıkları tamamıyla çıkıncaya kadar cihaza, lastik tokmakla hafifçe vurulur. Kapalı hava hücresine bağlı tahliye vanası kapatılır ve kapalı hava hücresi içerisine basınç göstergesi ibresi, başlangıç (sıfır) çizgisine gelinceye kadar hava pompalanır. Basınçlı havanın ortam sıcaklığına kadar soğuması için birkaç saniye beklendikten sonra, biraz daha hava pompalanması veya basınçlı havanın bir miktar boşaltılması yoluyla, basınç göstergesi ibresi, başlangıç basınç çizgisine tam olarak getirilir. Bu esnada basınç göstergesi üzerine elle hafifçe vurulur. Giriş ve tahliye vanalarının her ikisi de kapatılır ve ana hava vanası açılır. Hava ölçer kabının yan yüzlerine sertçe vurulur. Basınç göstergesi ibresinin gösterdiği değer göstergesi üzerine elle hafifçe birkaç defa vurulup ibrenin sabit hale gelmesi sağlandıktan sonra görünür hava yüzdesi okunup kaydedilir. Deney tamamlandıktan sonra, giriş ve tahliye vanaları açılarak basınçlı hava boşaltılır ve kelepçeler gevşetilerek kapak düzeneği çıkarılır [27].

3.5 Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.5.1 Kılcal Su Emme Deneyi

Bu deney, ASTM C 1585 – 4 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değerlendirilmiştir [28]. Betonun kılcal su emme tayini deneyinde, 10 cm çapında, 20 cm yüksekliğinde çelik kalıplar kullanılmıştır. Üretilen beton, 1 adet silindir çelik

kalıp içerisine dikkatlice yerleştirilmiştir. Dökümden bir gün sonra kalıptan çıkarılarak, 28 gün süreyle 98% bağıl nemde 20 ± 2 °C’ de kür odasında bekletilmeye alınmıştır. 28 gün sonunda kür süresi dolan numune, 3 eşit parçaya bölünerek 3 gün boyunca 40 ± 2 °C’ deki kuru etüv odasında bekletilmiştir. Etüv kurusu numuneler, yalnızca su gören yüzeyi olan alt yüzeyinden su alması amacıyla, yan yüzeyleri “Sika AnchorFix” adlı yapıştırıcı özelliğinin yanında su tecrit malzemesi olarak da görev yapan yapı kimyasal malzemesi ile itinayla kaplanmıştır. Bu işlem sayesinde, Şekil 1’ de gösterilen deney düzeneğinde, numune sadece alttan su haznesine temas etmesi sağlanmıştır. Kuru ağırlıkları ölçüldükten sonra, tepsiye yerleştirilen düzenekteki numuneler, 1dk, 5dk, 10dk, 20dk, 30dk, 60dk, 2 saat, 3 saat, 4 saat, 5 saat, 6 saat, 2 gün, 3 gün, 4 gün, 5 gün, 6 gün, 7 gün, 8 gün ölçümleri, 0,01 gr hassasiyete sahip elektronik terazide yapılır. Bu deney yönteminde, numunenin sadece bir yüzü suyla temas etmektedir ve ölçülen betonun ağırlık artışından su emme oranının zamana bağlı verileri elde edilmektedir. Su, kapiler etkiyle beton içerisinde yükselir. Üst yüzeyden buharlaşmayla su kaybını önlemek için de numunenin üst kısmı folyo ile sarılır. Kaydedilen sonuçlarla; “Y” ekseninde birim alanda absorbe edilen suyu ağırlıkça miktarı ($I = \Delta A_{\text{ağırlık}} / \text{Alan} / \text{Suyun Özgül Ağırlığı}$), “X” ekseninde ise geçen sürenin sn cinsinden karekökü ($sn^{1/2}$) olarak yazılır.



Şekil 3.4 : Kılcal su emme tayini düzeneği.

3.5.2 Beton Yüzey Başlangıç Absorpsiyonunun Belirlenmesi Deneyi

Bu deney, BS 1881 – 5 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değerlendirilmiştir [29,30]. Üretilen beton boyutları 15cm x 15cm x 15cm olan küp numunelere doldurulmuştur. 28 gün kür odasında tutulan numuneler 3 tam gün

süreyile $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ' de oda kurusunda bekletilmiştir. Bu süre zarfında, numune yüzeyine su değmemesi sağlanmıştır. 3 günün sonunda deney düzeneği ve deney tertibatı hazırlanmıştır. Numunenin üzerine, 8 cm x 8 cm boyutunda, içine su dolacak ve absorpsiyonu sağlayacak başlık konulmuştur. Bu alan aynı zamanda, absorpsiyon alanı olarak da hesaba katılacağı için yerinde tekrar ölçülmüştür. Başlığın kenarlarından su sızmasını engellemek için vazelin sürülmüştür. Kurulan düzenekte numune başlığı ile musluk aynı hizada tutulmuştur; bu sayede basınç seviyeleri eşitlenmiştir. Deney düzeneğinin son kontrolünde ise kapiler tüpün içinde hiçbir hava boşluğunun kalmamasına özen gösterilmiştir. Eşitlik sağlandıktan sonra musluk açılmış ve deney başlangıç saati not edilmiştir. Başlangıç anından itibaren, düzenekteki hareketler, 10 dakika, 30 dakika ve 1 saat olarak takip edilmiştir. Bu takiplerden sonra musluk kapatılmıştır, haznede eksik su olup olmadığı kontrol edilmiş, varsa ilave yapılmıştır. Gerekli kontrollerin ardından, musluk yeniden açılarak ilk 5 saniyedeki ilerlemeleri kaydedilmiştir. Bu kontrollerle ilgili detay Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Suyun kat etmiş olduğu birim ölçek sayısı ve takip süresi.

5 saniyede katedilen birim ölçek sayısı	Hareketin devamının izleneceği süre
3 Br.' den az ise	2 Dakika
3 ile 9 Br. arasında ise	1 Dakika
10 ile 30 Br. arasında ise	30 Saniye
30 Br.' den fazla ise	Yüzey başlangıç absorpsiyonunun $3,60 \text{ ml/m}^2/\text{sn}$ ' den fazla olduğu kabul edilir

Yapılan deneylerde, ilk 5 saniye içerisindeki ilerlemelerin hepsi 3 br' den az olduğu için, deney düzeneği sıfırlanıp, yeterli süre beklendikten sonra, kapiler borudaki ilerleme 2 dakika süre ile takip edilmiştir. Deney sonuçları kaydedildikten sonra, katedilen ilerleme, mililitre cinsinden hesaplanıp, önceden ölçülmüş alana bölünüp, saniye cinsinden yüzey absorpsiyonu hesaplanmıştır.

Deneyin yapıldığı düzenekteki kapiler boru içerisinde her bir ilerleme 0.001 ml olarak kaydedilmiştir. Buna göre yapılan hesaplamalar neticesinde, 1 m^2 'nin 1 saniyede absorbe edebildiği su hacmi mililitre cinsinden hesaplandı.

3.5.3 Basınç Altında Su İşleme Derinliği Tayini

Bu deney, BS EN 12390 – 8 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değerlendirilmiştir [31]. Bu deneyde amaç; Su içerisinde kür uygulanmış sertleşmiş betonda, basınç altında su işleme derinliğinin belirlenmesidir. Bu deney için, yüzey başlangıç absorpsiyonunun belirlenmesinde kullanılan numuneler kullanılmıştır. Bu deney için kullanılacak numuneler, kalıptan çıkarıldıktan hemen sonra tel fırça ile pürüzlendirildi. Numuneler deney düzeneğine bağlandı, su kaynağından gelen suyu su girişine, hava kaynağından gelen havayı hava girişine bağlandı. Kompresör hava giriş şalterini açıldı, cihazın üzerindeki basınç göstergesinde 5 bar değerinin okunup okunmadığını kontrol edildi, gerekli bağlantı kontrolleri tekrarlandı. Hücre dolmuş vanaları 1000 ml' ye kadar su ile dolduruldu. Deney numunelerinin konulacağı hücrelere contaları yerleştirdi. Numuneler, deney hücrelerini merkezleyerek yerleştirdi. Sıkıştırma mencesi yardımıyla numune conta üzerine baskı yapacak şekilde numuneleri sıkıştırıldı. Numuneye 72 ± 2 saat süreyle, 500 ± 50 kPa (5 bar) su basıncı uygulandı, su basıncını masterlanmış yüzeye uygulanmamasına dikkat edildi. Deney numunesinin basınç uygulanmayan yüzeylerini gözlemlendi, yüzeylerde su görülmesi durumunu kayda geçildi, su sızıntısı olduğu takdirde ise deney bitmiş olarak kabul edildi.

Deney tamamlandıktan sonra, deney talimatlarına göre numune, deney düzeneğinden söküldü. Basıncı su uygulanan yüzeydeki fazla su silinerek temizlendi. Numune, su uygulanan yüzeye dik olarak şekilde ortadan ikiye yarıldı. Numune bölünürken ve incelenirken, basınçlı su uygulanan yüzeyi alt tarafa getirildi. Numunenin yarılmasıyla ortaya çıkan yüzey, su işleyen kısım kesiti belirgin şekilde görülünceye kadar kurutuldu, ıslak alan sınırları renkli ispirtolu kalem ile işaretlendi. Basınç uygulanan deney alanından itibaren, suyun işlediği en büyük derinliği en yakın milimetre değerine yuvarlayarak kaydedildi.

3.5.4 Klor Difüzyon Deneyi

Bu deney, NT – BUILD 443 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değerlendirilmiştir [32]. Suyu doymuş numunenin sadece bir yüzeyi sodyum klorür çözeltisi içeren suya maruz bırakılır. Numune, 35 gün boyunca çözeltiye temas ettirildikten sonra, temas ettirilen yüzeye, paralel katmanlar oluşur ve bu katmanlardaki klor oranı, C_x , potansiyometrik titrasyon ile ölçülür. Bu katmanlar, spiral

ile kazınarak ile toz haline getirilir. Numunenin başlangıçta içerdiği klor oranı C_i , çözeltiye maruz bırakılan yüzeyin altından uygun bir yükseklikten ölçülür. Efektif klor geçirim katsayısı, D_e , temas ettirilen yüzeydeki bağlanma durumu, C_s , Matlab programındaki non-lineer dönüşüm formüllerinden hesaplanır. Geçirimsizlik katsayısı, K_{Cr} , belirli bir klor konsantrasyonu bulundurulmasıyla hesaplanır [5].

3.5.5 Hızlı Klor Geçirimsizliği Deneyi

Hızlı klor geçirimsizliği deneyi, üretilen beton numunelerinin, 10 cm çapında 20 cm yüksekliğindeki çelik silindir kalıplara dökülmesinden sonra, kesilen disk şeklindeki parçalar üzerinde yapılmıştır. Parçaların yan yüzeyi epoksi ile kaplanarak, geçirimsiz ve elektrik iletkenliği açısından yalıtkan hale getirilmiştir. Daha sonra vakum makinesine konularak vakumlanmıştır. İşlemlerin ardından, deney düzeneğine yerleştirilerek, 60 voltluk doğru akıma maruz bırakılarak, numunenin bir yüzünden diğer yüzüne geçen iyonlar hesaplanmaktadır.

ASTM – C 1202 standardında açıklanan bu hızlı klor geçirimsizliği deneyi, beton karışımlarının klor etkisine maruz bırakıldıklarındaki davranışlarını inceleyebilmek için uygulanan hızlı bir yöntemdir [33]. Bu deney sonuçlarının irdelenmesi için Çizelge 3.11’de verilen değerleri öngörülmektedir.

Çizelge 3.11 : Hızlı klor geçirimsizlik yük miktarları.

Geçen Elektriksel Yük Miktarı (Coulomb)	Klor iyonu geçirimsizliği yönünden değerlendirme
≥ 4000	Yüksek
2000 – 4000	Orta
1000 – 2000	Düşük
100 – 1000	Çok düşük
≤ 100	İhmal edilebilir

3.5.6 Termal Genleşme Deneyi

Bu deney, TI – B – 101 İskandinav standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değerlendirilmiştir. [34] UK – SD, UK, K20 ve K5 – K20 beton üretimlerinde, 10x10x40 cm’ lik 3 adet numune dökülür. Çelik kalıbın içine, iki adet insert, araları her üçünde de sabit olacak şekilde yapıştırılır. Bu ölçüler, DEMEC Aletinin kalibrasyon çubuğu ile ara mesafe kontrolleri yapılır. Numunelerden birinin ortasına thermocouple sensör yerleştirilir. Numuneler kalıplardan sökülür. Bu deney beton 1. gün, 3. gün ve 7. gün olgunluk yaşındayken yapılır. 1 günlük numunelerin yeterli

dayanımları olmadığı takdirde 2 günlükken deney yapılır. Numuneler poşetlenir. Havuzlar önceden 5, 20 ve 30°C ye getirilir. Havuz sıcaklıkları thermocouple ile kaydedilir.

Deney metodolojisi aşağıdaki gibi ilerlemiştir;

- Poşetlenip 20°C lik havuza konuldu. Numune sıcaklığı 20°C'ye geldikten sonra havuzdan ve poşetten çıkartılarak; 2 insert arasındaki mesafe DEMEC ile ölçüldü.
- Poşetlenip 5°C lik havuza konuldu. Numune sıcaklığı 5°C'ye geldikten sonra havuzdan ve poşetten çıkartılarak; 2 insert arasındaki mesafe DEMEC ile ölçüldü.
- Poşetlenip 20°C lik havuza konuldu. Numune sıcaklığı 20°C'ye geldikten sonra havuzdan ve poşetten çıkartılarak; 2 insert arasındaki mesafe DEMEC ile ölçüldü.
- Poşetlenip 30°C lik havuza konuldu. Numune sıcaklığı 30°C'ye geldikten sonra havuzdan ve poşetten çıkartılarak; 2 insert arasındaki mesafe DEMEC ile ölçüldü.
- Poşetlenip 20°C lik havuza konuldu. Numune sıcaklığı 20°C ye geldikten sonra havuzdan ve poşetten çıkartılarak; 2 insert arasındaki mesafe DEMEC ile ölçüldü.
- 20°C' deki 2 insert arası mesafeler kullanılarak termal genleşme katsayısı hesaplandı.

3.5.7 Rötire Kontrolü Deneyi

Bu deney, TS 3453 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve değerlendirilmiştir. [35] UK – SD, UK, K20 ve K5 – K20 beton üretimlerinde, 10x10x40 cm'lik 3 adet numune döküldü. Çelik kalıbın içine, iki adet insert, araları her üçünde de sabit olacak şekilde yapııştırıldı. Bu ölçüler, DEMEC aletinin kalibrasyon çubuğu ile ara mesafe kontrolleri yapıldı. Bu noktaya kadar yapılan deney hazırlık işlemleri, termal deney ile aynıdır. Numuneler, ertesi gün söküldükten sonra, 40 ± 2°C'deki etüv odasına konuldu.

Deney metodolojisi aşağıdaki gibi ilerlemiştir;

- Numuneler, etiv odasına konulduktan sonraki ilk gün 3 ya da 4 ölüm yapıldı ve değerler kaydedildi.
- Numuneler, etiv odasına konulduktan sonraki ikinci gün, 2 okuma yapıldı ve değerler kaydedildi.
- Numuneler, etiv odasına konulduktan sonraki üçüncü ve dördüncü gün birer okuma yapıldı ve değerler kaydedildi.
- Bundan sonraki okumalar 7, 14 ve 28. günlerde yapıldı ve değerler kaydedildi.

3.5.8 Sülfat Etkisi Deneyi

Bu deneyde portland imentosu (P 42.5) kullanılarak hazırlanan, farklı oranlarda uçucu kül, silis dumanı, 5 μm ve 20 μm içeren, ASTM C 1012 standardına uygun olarak hazırlanmış harç karışımları üzerinde sülfat etkisi incelenmiştir. Sülfat etkisiyle oluşan genleşmelerin tespiti amacıyla 25 x 25 x 285 mm boyutlu prizmatik harç çubuğu örneklerinden her bir beton karışım tipi için dörder tane hazırlanmıştır. Dört farklı beton karışımı için toplam on altı tane numune hazırlanmıştır. Karışımlarda kum/imento oranı 2.75, su/imento oranı 0.485 alınmıştır. Dökümlerin ardından numuneler 5 saat laboratuvar ortamında, 9 saat süreyle ise buhar krne tabii tutulmuştur. Daha sonra kr odasında bekletilmiştir. Ardından laboratuvar ortamında 1 gün süreyle kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra 16 hafta boyunca izlenmek suretiyle önceden hazırlanmış olan 60°C sıcaklığındaki 50 gr / lt derişimli Na₂SO₄ çözeltisine batırılmıştır. Genleşme takibi ise sıcaklık izolasyonu yapılmış bir odada, dijital lme aparatıyla yapılmıştır. İlk haftada iki günde bir alınan boy değişim oranları, ilerleyen haftalarda haftada bir alınmak suretiyle yüzdece boy değişimi bilgileri kaydedilmiştir. Beton karışımları izelge 3.12’de verilen değerlere göre hazırlanmıştır. Hazırlanan harçlara 15 tokmak vurarak vibrasyonları sağlanmış ve alt genişlikleri ölçülmüştür. Hazırlanan numunelere yayılma deneyi yapılmış ve koni alt genişliğinin 105 \pm 5 mm’de kaldığı tespit edilmiştir. Hazırlanan numuneler, basınç testine tabii tutulmak üzere üçer adet numune alınarak 5 x 5 x 5 cm’lik kp kalıplara doldurulmuştur. Deneye  gün sonra başlandığı için 1 ve 3 günlük kırım değerleri alınmıştır. Kırım değerleri izelge A.69’ da verilmiştir [33].

Çizelge 3.12 : Sülfat etkisi deneyinde kullanılan beton karışım oranları.

Numune	Kum (kg)	Çimento (kg)	Su (kg)	20 µm Kalsit (kg)	5 µm Kalsit (kg)	Uçucu Kül (kg)	Silis Dumanı (kg)
K20	2,750	0,720	0,485	0,280			
K5 - K20	2,750	0,700	0,485	0,160	0,140		
UK	2,750	0,760	0,485			0,240	
UK - SD	2,750	0,780	0,485			0,140	0,080

4. DENEY SONUÇLARI

4.1 Taze Beton Deneyi Sonuçları

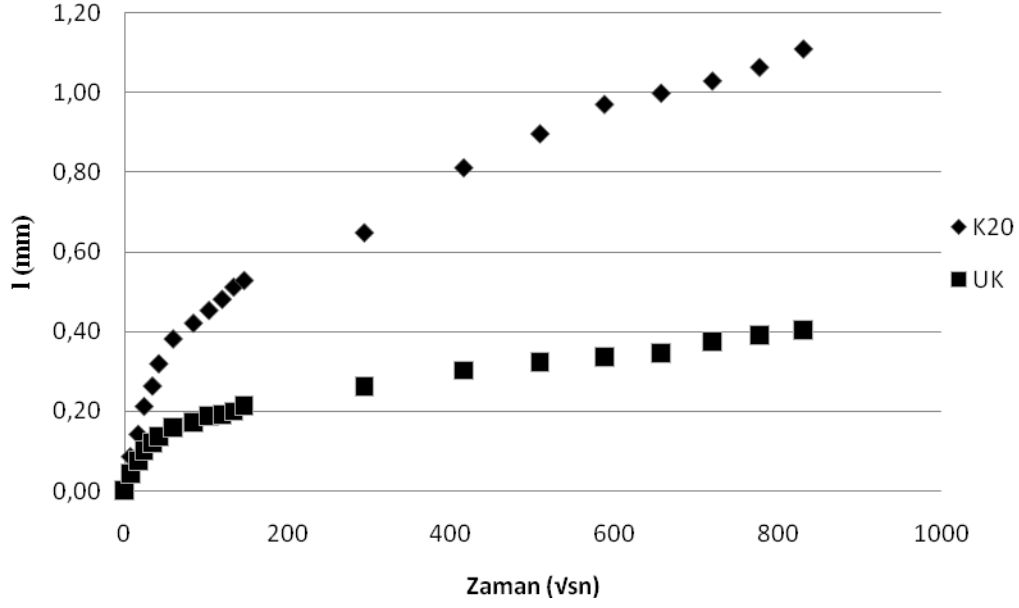
Karışım oranlarına göre üretilen beton numunelerine ait ve ilgili standartlar gereği yapılan beton sıcaklığı, çökme, yayılma, taze birim ağırlığı ve hava içeriği değerleri Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1 : Taze beton deneyi sonuçları.

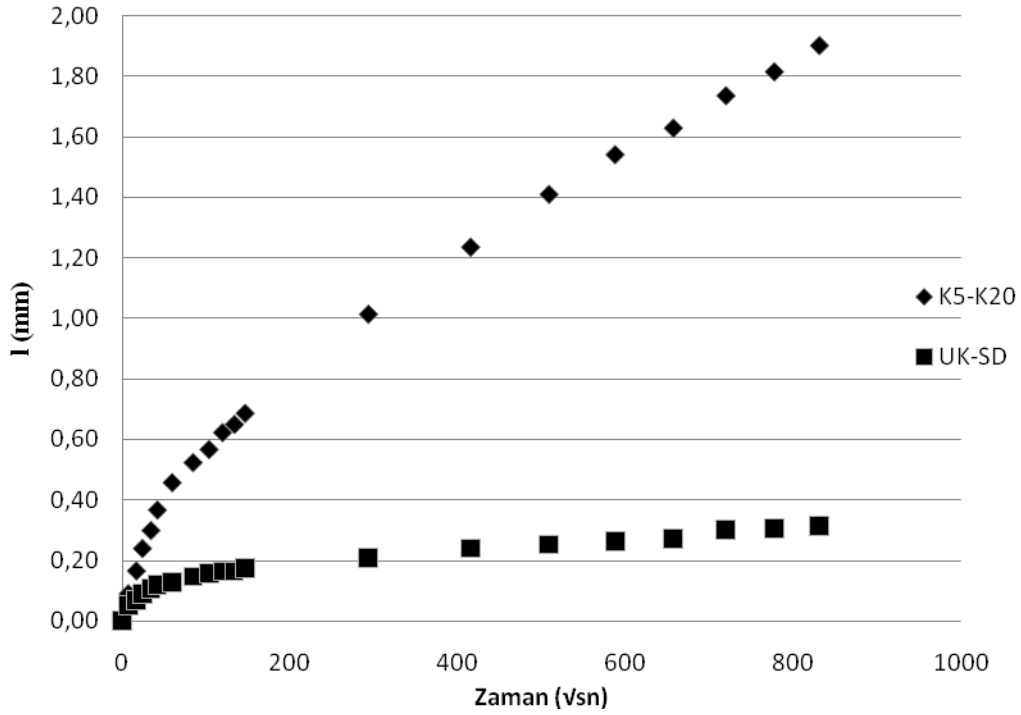
Beton Karışımı	Dolgu tipi	Beton Sıcaklığı (°C)	Çökme (cm)	Yayılma (cm)	Taze Birim Ağırlığı (Kg/dm ³)	Hava içeriği (%)
K20	Kalsitli	20.2	23.0	54	2.277	7.0
UK	Uçucu Küllü	21.4	23.0	60	2.200	8.4
K5 – K20	Kalsitli	22.4	23.0	49	2.293	6.5
UK – SD	Uçucu Küllü	24.2	24.0	57	2.322	5.8

4.2 Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Yapılan kılcal su emme deneyleri sonucunda, UK Beton karışımında uçucu kül muadili olarak 20µm Kalsit kullanılması sonucunda, kılcal su emme deneyinde kapiler su yüksekliğinin 8 gün sonunda 3 kat arttığı gözlemlenmiştir. Karşılaştırma grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir. UK – SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak 20 µm ve 5 µm Kalsit kullanılması sonucunda, kılcal su emme deneyinde kapiler su yüksekliğinin 8 gün sonunda 6,5 kat arttığı gözlemlenmiştir. Karşılaştırma grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir.



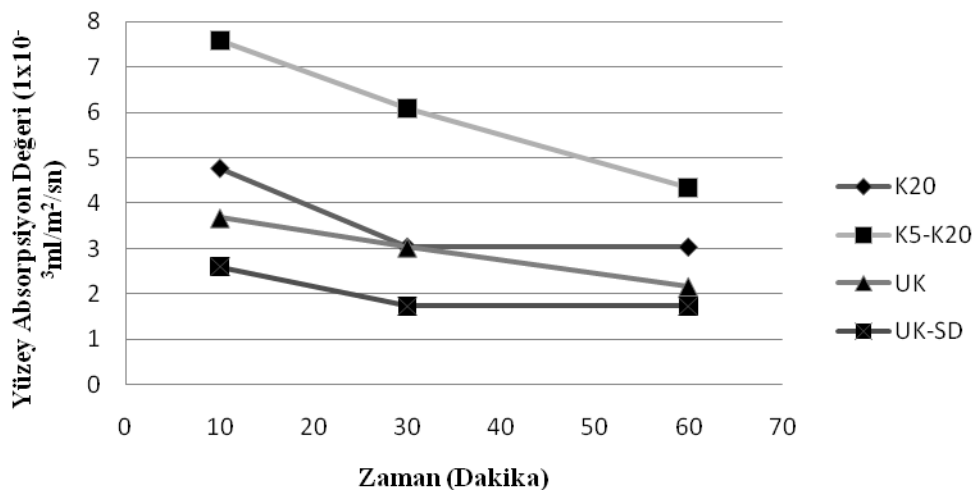
Şekil 4.1 : K20 ve UK beton numunelerinin ortalama kılcal su emme deney sonuçlarının mukayese grafiği.



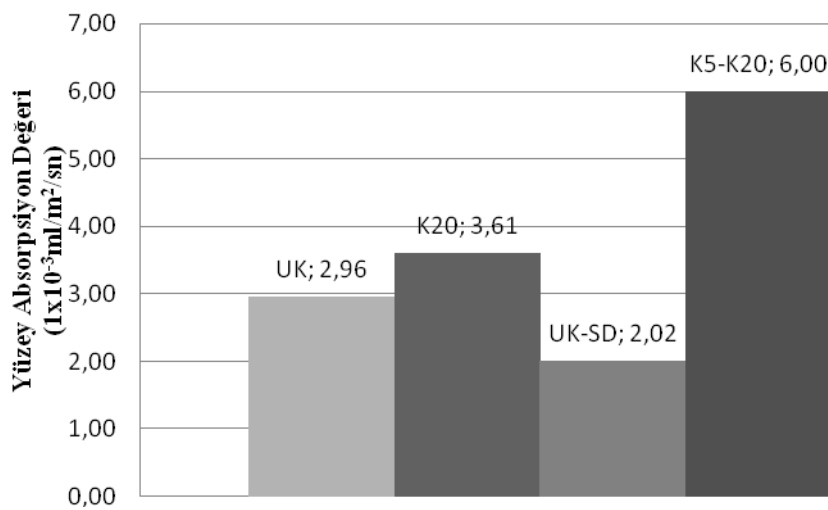
Şekil 4.2 : K20 ve UK beton numunelerinin ortalama kılcal su emme deney sonuçlarının mukayese grafiği.

4.3 Beton Yüzey Başlangıç Absorpsiyonunun Belirlenmesi Deneyi Sonuçları

Yapılan ölçümler neticesinde UK Beton karışımında uçucu kül yerine 20 µm Kalsit kullanılması durumunda absorpsiyon değerinin %20 artırdığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde UK – SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak 20 µm ve 5 µm kalsit kullanılması durumunda ise yüzey absorpsiyon değeri yaklaşık 3 katına çıktığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.3'te ilk bir saatlik periyotta beton numunelerinin yüzey absorpsiyonu değerleri grafiği verilmiştir. Şekil 4.4'te beton numunelerinin bir saatlik ortalama yüzey absorpsiyonu değerleri grafiği verilmiştir.



Şekil 4.3 : K20, K5 – K20, UK, UK – SD beton numunelerinin bir saatlik periyot içerisindeki yüzey absorpsiyon değerleri grafiği.



Şekil 4.4 : K20, K5 – K20, UK, UK – SD beton numunelerinin 1 saatlik ortalama değer grafiği.

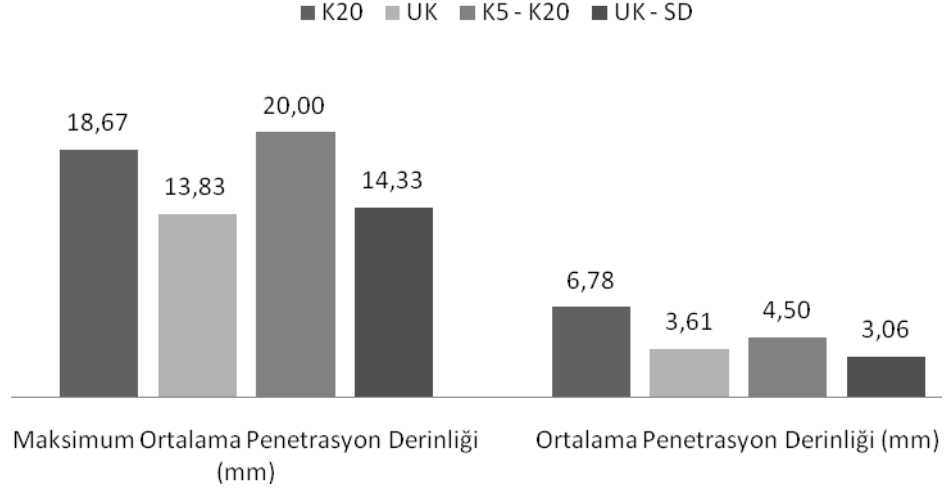
4.4 Basınç Altında Su İşleme Derinliği Tayini Deney Sonuçları

Yapılan deney neticesinde, küp yarmalarından alınan penetrasyon derinliklerinin ölçümü kaydedilmiştir. Ortalama maksimum ve genel ortalama penetrasyon derinlikleri hesaplanmıştır. Yapılan deneyler neticesinde, UK ve UK – SD Beton karışımlarında, uçucu kül ve silis dumanı yerine kalsit kullanılması durumunda, basınçlı suya maruz bırakılan numunelerde maksimum penetrasyon derinliğinin K20 numunelerinde, UK numunelerine göre %35' e varan bir artış kaydedilirken bu oran K5 – K20 numunelerinde, UK – SD numunelerine göre %40' a kadar çıkmıştır. Ortalama penetrasyon derinliklerinin mukayesesinde ise, K20 numunelerinde, UK numunelerine göre %90' a varan artış kaydedilirken bu oran K5 – K20 numunelerinde, UK – SD numunelerine göre %50' ye kadar çıkmıştır.

Bu deney ve kaydedilen sonuçlar neticesinde, uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak aynı hacimde değişik tane boyutlu kalsitin kullanılması maksimum ve ortalama penetrasyon derinliklerini artırmıştır. Çizelge 4.2' de maksimum ve ortalama penetrasyon derinlikleri değerleri verilmiştir. Şekil 4.5' te ise maksimum ve ortalama penetrasyon derinliklerinin grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Maksimum ve ortalama penetrasyon derinlikleri sonuçları.

	Maksimum Ortalama Penetrasyon Derinliği (mm)	Ortalama Penetrasyon Derinliği (mm)
K20	18,67	6,78
UK	13,83	3,61
K5 - K20	20,00	4,50
UK - SD	14,33	3,06



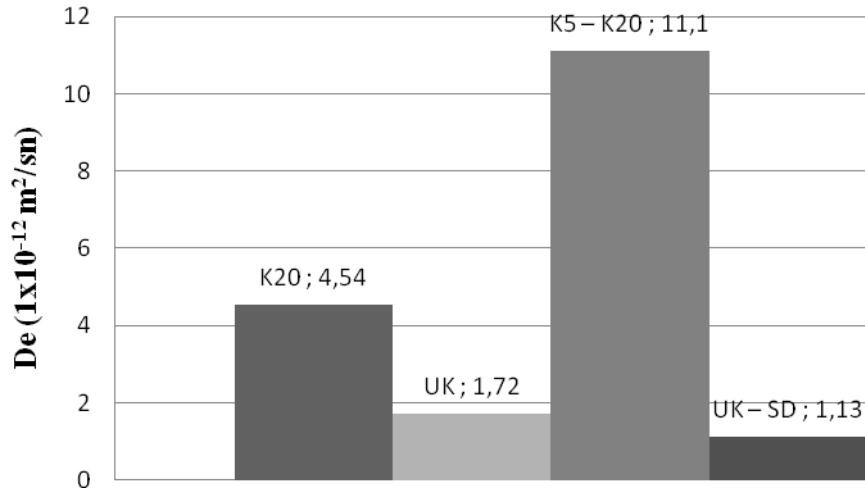
Şekil 4.5 : Maksimum ortalama ve ortalama penetrasyon derinliklerinin grafiği.

4.5 Klor Difüzyonu Deneyi Sonuçları

Yapılan deneyler neticesinde, UK Beton Karışımında, Uçucu Kül Muadili Olarak kalsit kullanılması durumunda, klor difüzyonu katsayısının yaklaşık 2.65 katına çıktığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde UK - SD Beton karışımında, uçucu kül ve mikro silika muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, klor difüzyon katsayısının yaklaşık 10 katına çıktığı sonucuna varılmıştır. Yapılan her iki deneyde de, dolgu malzemesi olarak kalsitin kullanılması durumunda, klor geçirimsizliği katsayısının yüksek oranda arttığı sonucuna varılmıştır. Yapılan deneyler neticesinde tabakalara nüfuz eden klor iyonu yoğunluğu m^2/s cinsinden elde edilen verilerin ortalaması alınarak tablo haline geritilmiştir. Çizelge 4.3'te klor difüzyonuna maruz bırakılan beton numunelerinin ortalama De değerleri yer almaktadır. Şekil 4.6'da ise beton numunelerinin klor geçirimsizlik kat sayıları grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.3 : Klor difüzyonuna maruz bırakılan beton numunelerinin ortalama De değeri tablosu.

Beton numunesi	Dolgu malzemesi	De (m ² / sn)
UK – SD	Uçucu Kül ve Mikro Silica	1.13x 10 ⁻¹²
UK	Uçucu Kül	1.72x 10 ⁻¹²
K5 – K20	Kalsit (5 µm ve 20 µm)	11.1 x 10 ⁻¹²
K20	Kalsit (20 µm)	4.54 x 10 ⁻¹²



Şekil 4.6 : Beton numunelerinin klor geçirimsizlik kat sayıları grafiği.

4.6 Hızlı Klor Difüzyonu Deneyi Sonuçları

ASTM C 1202 – 97 Standardı uyarınca, 6 saat boyunca 60 V gerilim altında yapılan beton numune sonuçları elektriksel yük miktarı bakımından geçirimsizlikleri saptanmıştır. Yapılan deneyler ve kaydedilen veriler neticesinde, UK Beton karışımında uçucu kül muadili olarak kalsit kullanılması neticesinde, coulomb değerinden geçirimsizlik değeri yaklaşık %80 oranında artarak, değerlendirme sınıfında çok düşük düzeyden düşük seviyesine yükselmiştir. UK –SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması neticesinde, coulomb değerinden geçirimsizlik değeri yaklaşık 21 katına çıkarken, değerlendirme sınıfında ihmal edilebilir mertebesine yakın çok düşük düzeyinden orta düzey seviyesine yükselmiştir. Her iki beton karışımında, dolgu malzemesi olarak kullanılan uçucu kül ve silis dumanı yerine aynı hacimde değişik tane boyutlu kalsitin muadil kabul edilerek üretilmesi halinde, hızlı klor penetrasyon değerinin

olumsuz yönde arttığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4.4'te beton numunelerinin elektriksel yük bakımından geçirimsizliklerinin mukayese ve değerlendirme tablosu yer almaktadır.

Çizelge 4.4 : Beton numunelerinin elektriksel yük bakımından geçirimsizliklerinin mukayese ve değerlendirme tablosu.

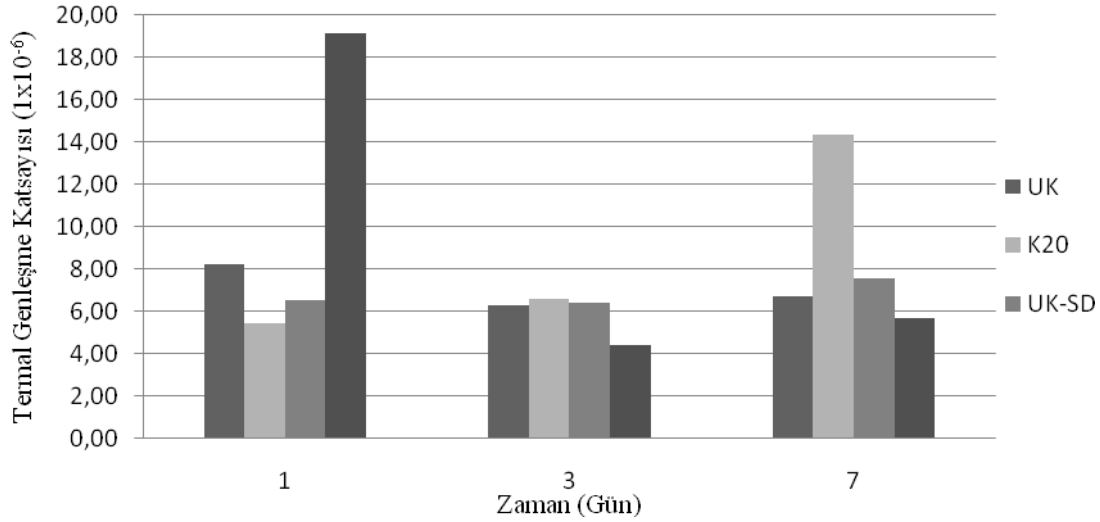
Numune Tipi	Geçen Elektriksel Yük Miktarı (Coulomb)	Geçirimsizlik Değerlendirmesi
UK - SD	110	Çok Düşük
UK	777	Çok Düşük
K5 - K20	2315	Orta Düzey
K20	1395	Düşük

4.7 Termal Genleşme Deneyi Sonuçları

Yapılan termal genleşme katsayısı tayini deneyinde, UK Beton karışımında uçucu kül muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, ilk 7 günlük ortalama termal genleşme katsayısının %25 arttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde UK – SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, ilk 7 günlük ortalama termal genleşme katsayısının %40 seviyesinde arttığı tespit edilmiştir. Her iki beton karışımında da dolgu malzemesi olarak kullanılan uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, ortalama termal genleşme katsayılarının arttığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.5'te beton numunelerinin günlere göre değerleri ve 7 günlük ortalama değerleri tablosu verilmiştir. Şekil 4.7' de beton numunelerinin 1., 3. ve 7. günlerdeki termal genleşme katsayıları grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Beton numunelerinin günlere göre değerleri ve 7 günlük ortalama değerleri tablosu.

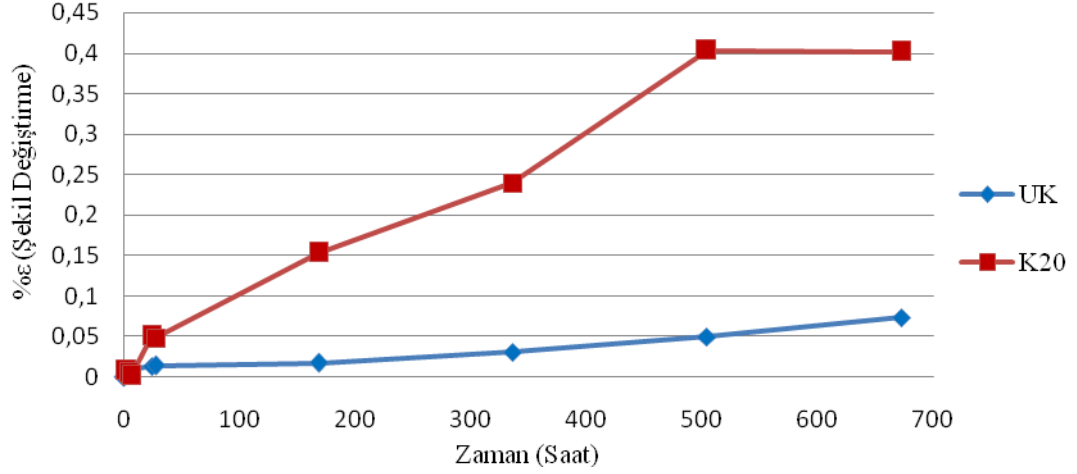
Numune Tipi	1. Gün	3. Gün	7. Gün	7 Günlük Ortalama Değer
	(1 x 10 ⁻⁶)			
UK	8,22	6,30	6,73	7,08
K20	5,45	6,57	14,32	8,78
UK-SD	6,52	6,41	7,59	6,84
K5-K20	19,13	4,38	5,66	9,72



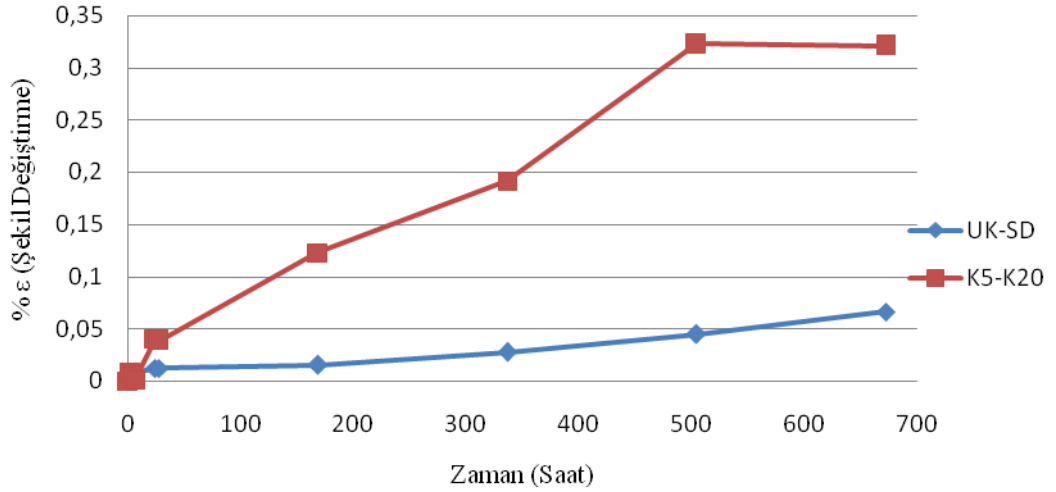
Şekil 4.7 : Beton numunelerinin 1, 3, 7. günlerdeki termal genleşme katsayıları grafiği.

4.8 Rötire Kontrolü Deneyi Sonuçları

Üretilen UK, UK – SD, K20, K5 – K20 beton numunelerinin rötire kontrolü deney sonuçları kaydedilmiş ve bunlara bağlı olarak şekil değiştirme zaman grafikleri çizilmiştir. kalsit kullanılarak üretilen beton numunelerinin şekil değiştirme kapasiteleri, uçucu kül ve silis dumanı kullanılarak üretilen beton numunelerinin şekil değiştirme kapasitelerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. UK betonu yerine kalsitle üretilen K20 betonunun şekil değiştirmesi 28 gün sonunda 6 katına çıkarken, UK – SD betonunda silis dumanı ve uçucu kül yerine kalsitin kullanılması durumunda 28 gün sonunda şekil değiştirme yaklaşık 5 katına çıkmıştır.



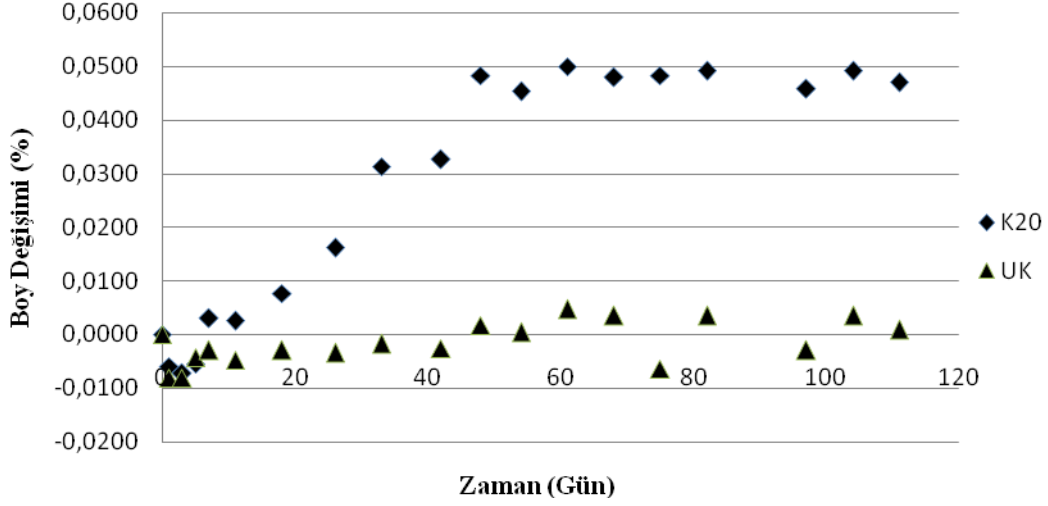
Şekil 4.8 : UK ve K20 Beton numunelerinin şekil değiştirme kapasiteleri mukayese grafiği.



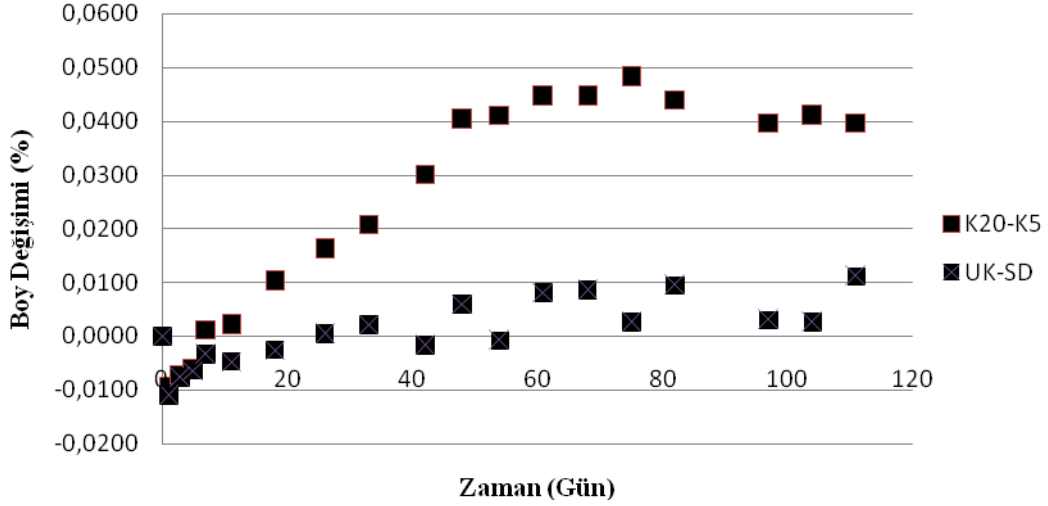
Şekil 4.9 : UK – SD ve K5 – K20 Beton numunelerinin şekil değiştirme kapasiteleri mukayese grafiği.

4.9 Sülfat Etkisi Deneyi Sonuçları

Sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin kaydedilen yüzde boy değişimleri grafik haline dönüştürülmüştür. Numune sayısına bağlı olarak her beton karışımından alınan dört adet okumalardan ortalama değere en uzak olan bir tanesi ihmal edilerek, yüzde boy değişiminin zamanla olan ilişkisi grafiklerle izah edilmiştir. Şekil 4.10’da UK ve K20 beton numunelerinin şekil değiştirme / zaman grafiği, Şekil 4.11’de UK – SD ve K5 – K20 beton numunelerinin şekil değiştirme-zaman grafiği verilmiştir.



Şekil 4.10 : Sülfat etkisine maruz bırakılmış olan K20 ve UK beton numunelerinin şekil değiştirme zaman grafiği.



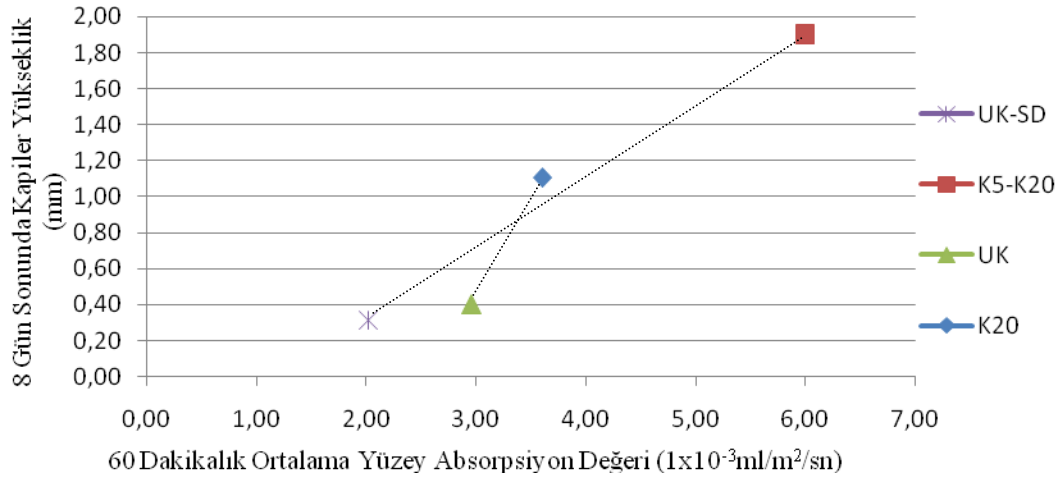
Şekil 4.11 : Sülfat etkisine maruz bırakılmış olan K5 - K20 ve UK - SD beton numunelerinin şekil değiştirme zaman grafiği.

Bu değerlere göre, dolgu malzemesinde uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak değişik tane boyutlu kalsitin kullanılması neticesinde, numunelerin sülfat etkisine maruz bırakıldıklarında boy değişimlerinin etkilendiği ve farklılık arz ettikleri sonucuna varılmıştır. UK beton karışımında uçucu kül muadili olarak aynı hacimde 20 µm kalsitin kullanılması, yüzdece boy değişimini yaklaşık 5 katına çıkarmıştır. UK – SD beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsitin kullanılması, tıpkı diğer UK beton karışımında olduğu gibi sülfat etkisini olumsuz yönde etkileyerek yüzdece boy değişimini yaklaşık olarak 5 katına çıkarmıştır.

5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Kılcal Su Emme ve Yüzey Absorpsiyon Deneylerinin Karşılaştırması

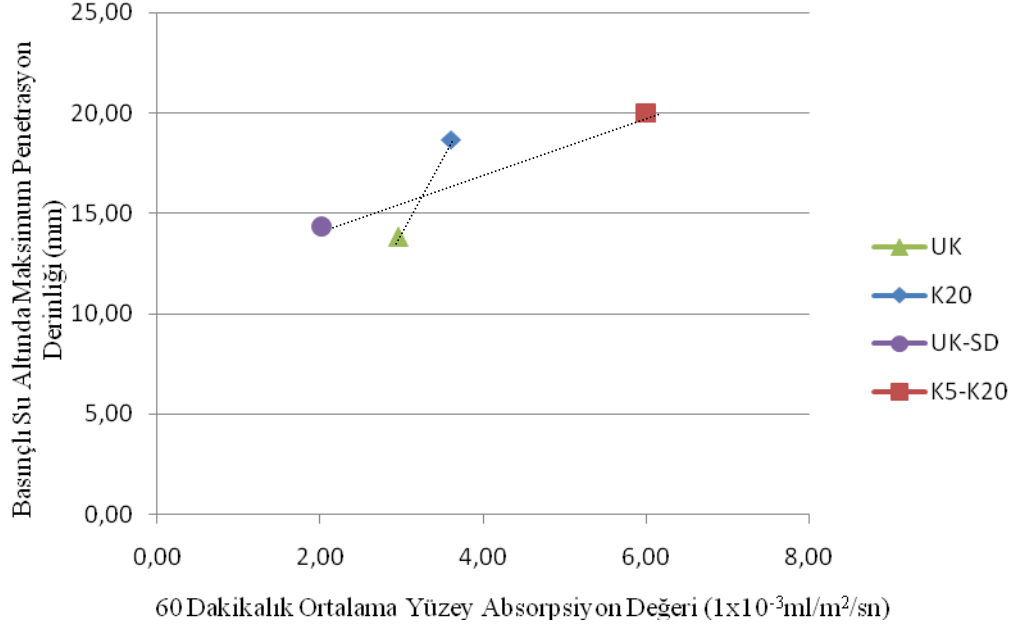
Yapılan kılcal su emme deneyinde 8 günlük maksimum kapiler yüksekliğin, kalsitli numunelerde uçucu kül ve silis dumanı içeren numunelere oranla daha yüksek çıktığı görülmüştür. Aynı şekilde başlangıç yüzey absorpsiyon deneyinde yapılan 10., 30. ve 60. dakika gözlemlerindeki absorpsiyon değerlerinin, kalsit içeren numunelerde uçucu kül ve silis dumanı içeren numunelere oranla daha yüksek çıktığı görülmüştür. Şekil 5.1’ de bu iki deneyin aynı grafik üzerinde mukayesesi görülmektedir.



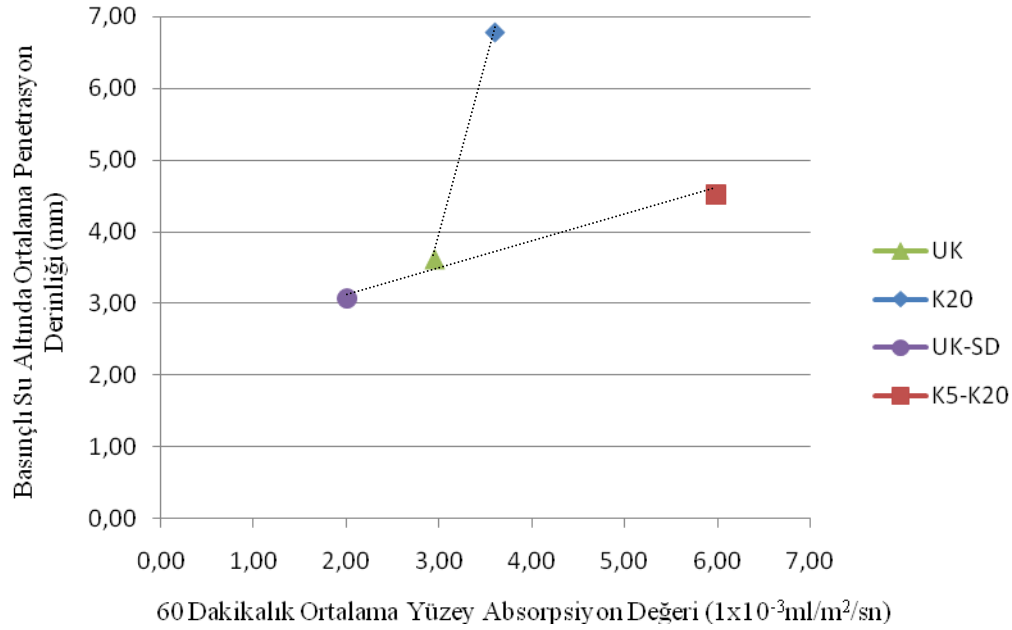
Şekil 5.1 : 8 günlük kapiler su yüksekliği ve yüzey absorpsiyon değeri ilk 60 dakikalık ortalaması grafiği.

5.2 Yüzey Absorpsiyon ve Basınçlı Su Derinliği Deneylerinin Karşılaştırılması

Yapılan basınçlı su altında penetrasyon derinliği tayini deneyinde, kalsit kullanılan beton numunelerindeki maksimum ve ortalama penetrasyon derinliklerinin uçucu kül ve silis dumanı içeren beton numunelerine oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’te basınçlı su altında maksimum penetrasyon derinliğinin ve basınçlı su altında ortalama penetrasyon derinliğinin ilk 60 dakikalık ortalama yüzey absorpsiyon değeri ile olan ilişkisinin grafikleri yer almaktadır.



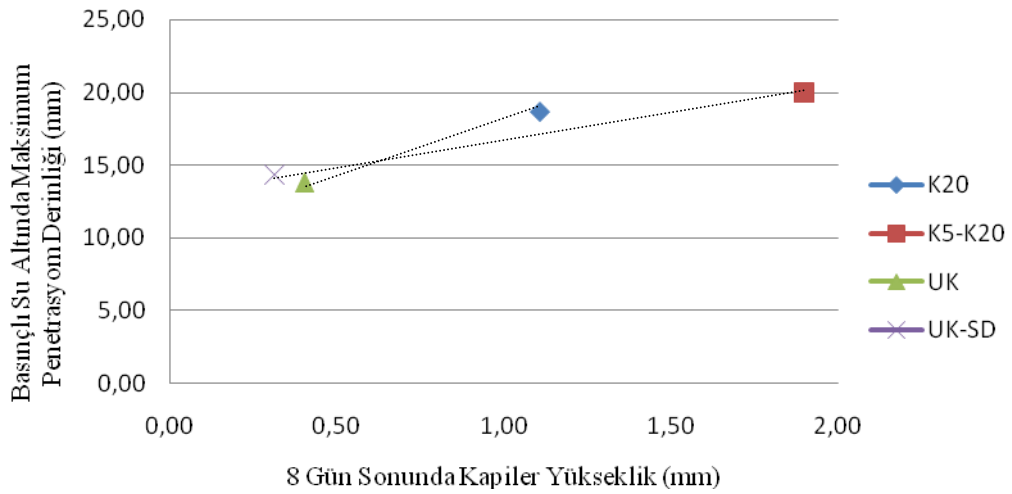
Şekil 5.2 : Basınçlı su altında maksimum penetrasyon derinliği ve yüzey absorpsiyon değerinin ilk 60 dakikalık ortalaması grafiği.



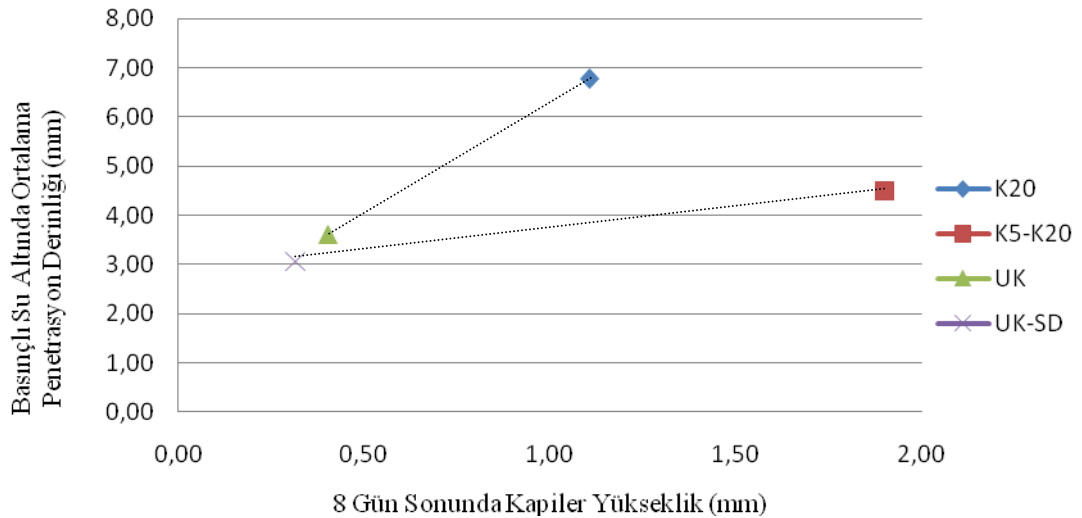
Şekil 5.3 : Basınçlı su altında ortalama penetrasyon derinliği ve yüzey absorpsiyon değerinin ilk 60 dakikalık ortalaması grafiği.

5.3 Kılcal Su Emme ve Basınçlı Su Derinliği Deneilerinin Karşılaştırılması

Yapılan kılcal su emme ve basınç altında penetrasyon derinliği tayini deneylerinde, kalsit kullanılan numunelerde uçucu kül ve silis dumanı kullanılan numunelere oranla daha yüksek değerler elde edildiği tespit edilmiştir. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de basınçlı su altında maksimum penetrasyon derinliğinin ve basınçlı su altında ortalama penetrasyon derinliğinin 8 günlük kapiler su yüksekliği değeri ile olan ilişkisinin grafikleri yer almaktadır.



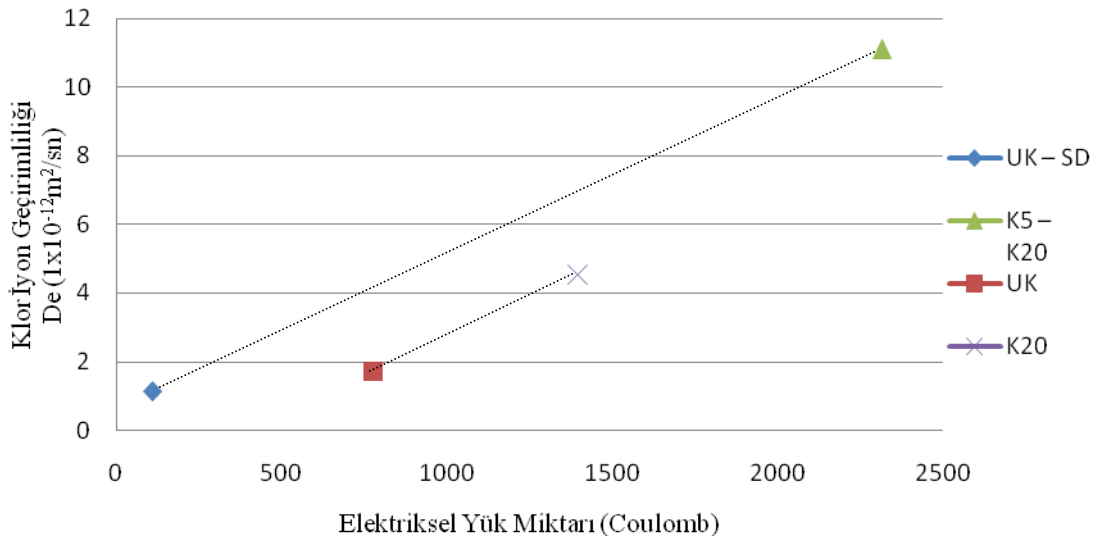
Şekil 5.4 : Basınçlı su altında maksimum penetrasyon derinliği ve 8 günlük kılcal su emme deneyi grafiği.



Şekil 5.5 : Basınçlı su altında ortalama penetrasyon derinliği ve 8 günlük kılcal su emme deneyi grafiği.

5.4 Klor Difüzyonu ve Hızlı Klor Difüzyonu Deneylerinin Karşılaştırılması

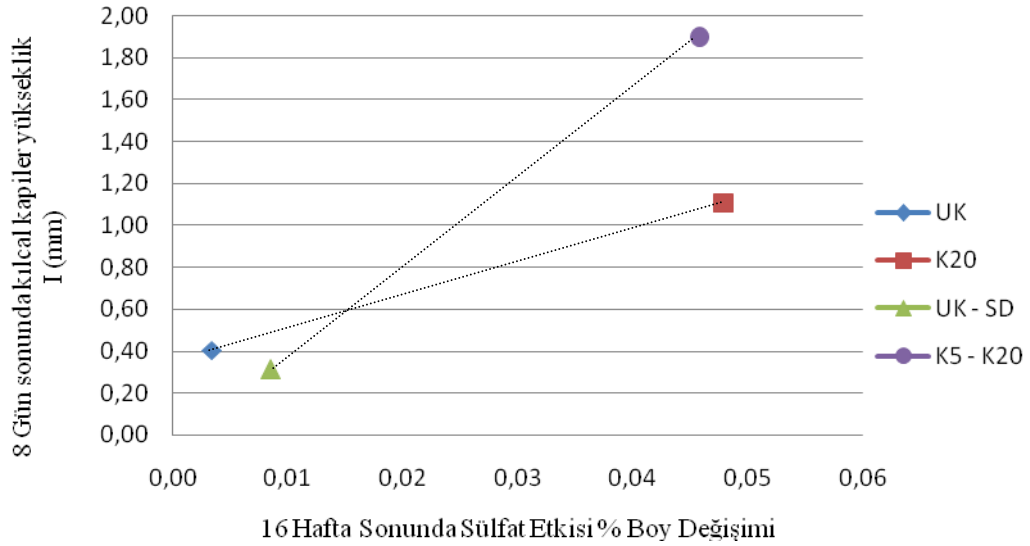
Yapılan klor difüzyonu ve hızlandırılmış klor difüzyonu deneyleri neticesinde, kalsit kullanılan numunelerdeki gerek klor geçirimsilik değerlerinin gerek elektriksel yük miktarı değerlerinin, uçucu kül ve silis dumanı kullanılarak üretilmiş olan beton numunelerine oranla yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5.6'da klor iyon geçirimsiliği değeri ile elektriksel yük miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren tablo yer almaktadır.



Şekil 5.6 : Klor difüzyonu deneyi ile hızlandırılmış klor difüzyonu deneyi arasındaki ilişki grafiği.

5.5 Kılcal Su Emme ve Sülfat Etkisi Deneylerinin Karşılaştırılması

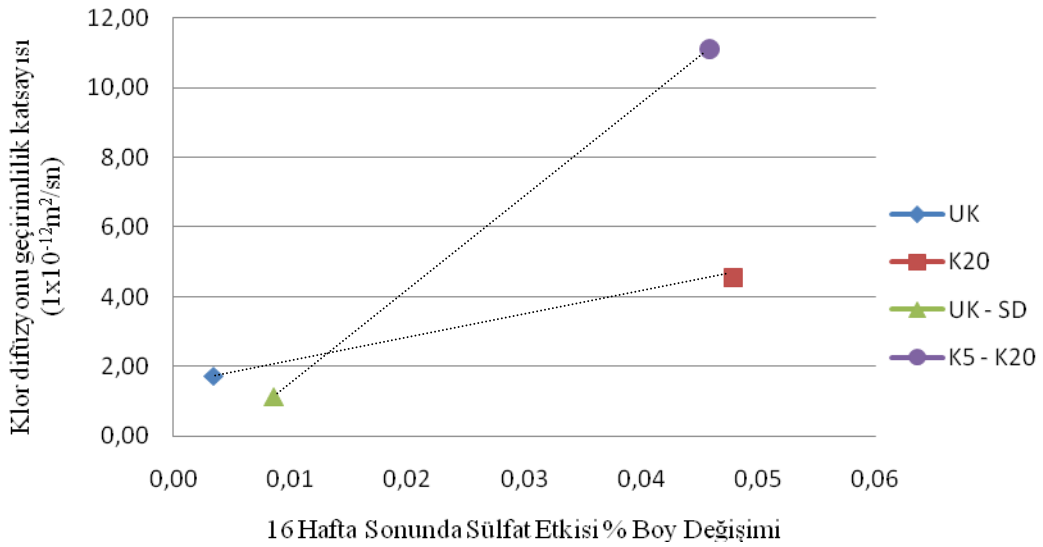
Yapılan kılcal su emme ve sülfat etkisi deneylerinin her ikisinde de kalsit kullanılarak üretilen beton numunelerinde gerek kapiler su yüksekliği gerekse de şekil değiştirme kapasitelerinin uçucu kül ve silis dumanı kullanılarak üretilen beton numunelerinin geçirimsilik katsayılarının yüksek olduğu görüşmüştür. Şekil 5.7'de 8 günlük kılcal su emme deneyi kapiler yüksekliği ile 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin genleşme katsayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik mevcuttur.



Şekil 5.7 : 8 günlük kılcal su emme kapiler yüksekliği ve 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin şekil değiştirme kapasiteleri arasındaki ilişki grafiği.

5.6 Klor Difüzyonu ve Sülfat Etkisi Deneylerinin Karşılaştırılması

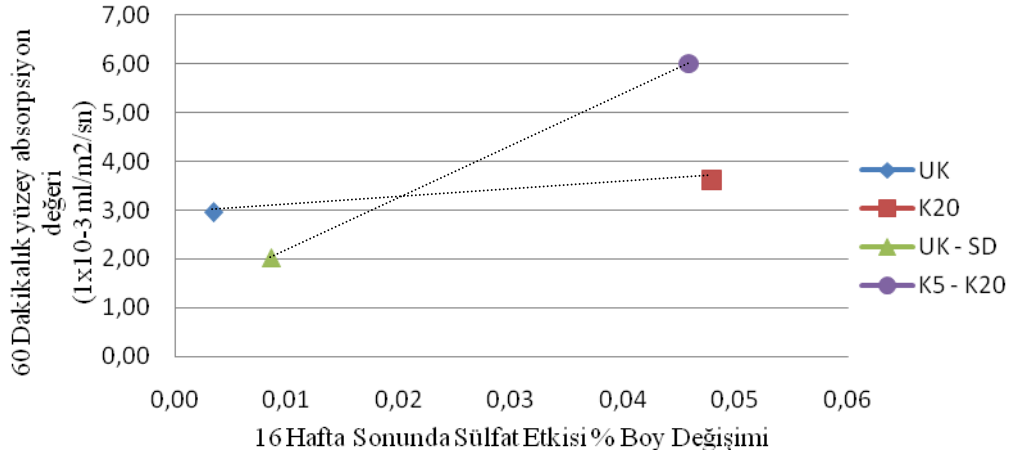
Yapılan klor difüzyonu deneyi ve bulunan geçirimsizlik katsayısı ile sülfat etkisi deneylerinin her ikisinde de kalsit kullanılarak üretilen beton numunelerinde klor difüzyon katsayısının ve genleşme katsayısının yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 5.8'de klor difüzyon katsayısı ile 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin genleşme katsayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik mevcuttur.



Şekil 5.8 : Klor difüzyonu katsayısı ve 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin şekil değiştirme kapasiteleri arasındaki ilişki grafiği.

5.7 YüzeY Absorpsiyonu ve Sülfat Etkisi Deneylerinin Karşılaştırılması

Yapılan yüzeY absorpsiyon deneyi ve bulunan geçirimlilik katsayısı ile sülfat etkisi deneylerinin her ikisinde de kalsit kullanılarak üretilen beton numunelerinde yüzeY geçirimlilik katsayısının ve genleşme katsayısının yüksek olduğu görülmüştür. Şekil 5.9'da yüzeY absorpsiyonu ile 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin genleşme katsayıları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik mevcuttur.



Şekil 5.9 : 60 Dakikalık yüzeY absorpsiyon değeri ile 16 hafta boyunca sülfat etkisine maruz bırakılan numunelerin şekil değıştirme kapasiteleri arasındaki ilişki grafiği.

6. GENEL SONUÇLAR

- Kılcal su emme deneyleri sonucunda, UK Beton karışımında uçucu kül muadili olarak 20 μ m Kalsit kullanılması sonucunda, kılcal su emme deneyinde kapiler su yüksekliğinin 8 gün sonunda 3 kat arttığı gözlemlenmiştir. UK – SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak 20 μ m ve 5 μ m Kalsit kullanılması sonucunda, kılcal su emme deneyinde kapiler su yüksekliğinin 8 gün sonunda 6,5 kat arttığı gözlemlenmiştir.
- Başlangıç yüzey absorpsiyonu ölçümleri neticesinde UK Beton karışımında uçucu kül yerine 20 μ m Kalsit kullanılması durumunda absorpsiyon değerinin %20 artırdığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde UK – SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak 20 μ m ve 5 μ m kalsit kullanılması durumunda ise yüzey absorpsiyon değeri yaklaşık 3 katına çıktığı gözlemlenmiştir.
- Basınç altında su işleme derinliği tayini deneyleri neticesinde, UK ve UK – SD Beton karışımlarında, uçucu kül ve silis dumanı yerine kalsit kullanılması durumunda, basınçlı suya maruz bırakılan numunelerde maksimum penetrasyon derinliğinin K20 numunelerinde, UK numunelerine göre %35' e varan bir artış kaydedilirken bu oran K5 – K20 numunelerinde, UK – SD numunelerine göre %40' a kadar çıkmıştır. Ortalama penetrasyon derinliklerinin mukayesesinde ise, K20 numunelerinde, UK numunelerine göre %90' a varan artış kaydedilirken bu oran K5 – K20 numunelerinde, UK – SD numunelerine göre %50' ye kadar çıkmıştır.
- Klor difüzyonu deneyleri neticesinde, UK Beton Karışımında, Uçucu Kül Muadili Olarak kalsit kullanılması durumunda, klor difüzyonu katsayısının yaklaşık 2.65 katına çıktığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde UK - SD Beton karışımında, uçucu kül ve mikro silika muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, klor difüzyon katsayısının yaklaşık 10 katına çıktığı sonucuna

varılmıştır. Yapılan her iki deneyde de, dolgu malzemesi olarak kalsitin kullanılması durumunda, klor geçirirliği katsayısının yüksek oranda arttığı sonucuna varılmıştır.

- Hızlı klor difüzyonu deneyleri ve kaydedilen veriler neticesinde, UK Beton karışımında uçucu kül muadili olarak kalsit kullanılması neticesinde, coulomb değerinden geçirirliğlik değeri yaklaşık %80 oranında artarak, değerlendirme sınıfında çok düşük düzeyden düşük seviyesine yükselmiştir. UK –SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması neticesinde, coulomb değerinden geçirirliğlik değeri yaklaşık 21 katına çıkarken, değerlendirme sınıfında ihmal edilebilir mertebesine yakın çok düşük düzeyden orta düzey seviyesine yükselmiştir. Her iki beton karışımında, dolgu malzemesi olarak kullanılan uçucu kül ve silis dumanı yerine aynı hacimde değişik tane boyutlu kalsitin muadil kabul edilerek üretilmesi halinde, hızlı klor penetrasyon değerinin olumsuz yönde arttığı gözlemlenmiştir.
- Termal genişleme katsayısı tayini deneyinde, UK Beton karışımında uçucu kül muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, ilk 7 günlük ortalama termal genişleme katsayısının %25 arttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde UK – SD Beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, ilk 7 günlük ortalama termal genişleme katsayısının %40 seviyesinde arttığı tespit edilmiştir. Her iki beton karışımında da dolgu malzemesi olarak kullanılan uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması durumunda, ortalama termal genişleme katsayılarının arttığı tespit edilmiştir.
- Rötire kontrolü deneyleri neticesinde, UK beton karışımında uçucu kül muadili olarak kalsit kullanılması durumunda 28 günlük şekil değiştirme değerlerinin yaklaşık 6 katına çıktığı gözlemlenmiştir. UK – SD beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsit kullanılması durumunda 28 günlük şekil değiştirme değerlerinin yaklaşık 5 katına çıktığı gözlemlenmiştir.
- Bu değerlere göre, dolgu malzemesinde uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak değişik tane boyutlu kalsitin kullanılması neticesinde, numunelerin sülfat etkisine

maruz bırakıldıklarında boy değişimlerinin etkilendiği ve farklılık arz ettikleri sonucuna varılmıştır. UK beton karışımında uçucu kül muadili olarak aynı hacimde 20 µm kalsitin kullanılması, yüzdece boy değişimini yaklaşık 5 katına çıkarmıştır. UK – SD beton karışımında uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kalsitin kullanılması, tıpkı diğer UK beton karışımında olduğu gibi sülfat etkisini olumsuz yönde etkileyerek yüzdece boy değişimini yaklaşık olarak 5 katına çıkarmıştır.

- Geçirimlilik ve durabilite deneyleri sonucu uçucu kül ve silis dumanı yerine aynı hacimli kalsit kullanılması durumunda beton üzerinde ciddi olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir.
- Betonda kalsitin kullanımı, yapılan mekanik deneylerde erken yaş dayanımına etkilediğinin tespit edilmesine rağmen, geçirimlilik ve durabilite deneylerinin olumsuz çıkması, saha ve doğa şartlarının göz önüne alınarak ileri yaş beton dayanımına da olumsuz yönde etkileyeceği söylenebilir.
- Kullanılan 5µm ve 20µm Kalsit yerine daha ince öğütölmüş kalsitin kullanılması durumunda geçirimlilik ve durabilite değerleri yeniden irdelenmelidir. Kalsiti tamamen uçucu kül ve silis dumanı muadili olarak kullanmayıp belirli oranlarda karışıma ilave ederek geçirimlilik ve durabilite değerleri yeniden irdelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Bazant, P. Z. and Xi, Y.**, 1994: Drying Creep of Concrete Constitutive Model and New Experiments Separating its Mechanisms, *Materials and Structures*, **165**, 3-14.
- [2] **Swamy, R. N.**, 1997. "Design For Durability nad Strength Through the Use of Flay-Ash and Slag in Concrete", 3rd CAN-MET/ACI Intern Conf On Advances in Concrete.
- [3] **Gjorv, O.E.**, 2001. "Service life of concrete structure and performance based quality control", International Workshop on Innovations in Concrete Materials and Structures, ICON-1, Whistler, BC, Canada.
- [4] **Kılınc, C.**, 2007. Katkı Dozajı ve Taze Beton Sıcaklığının Kendiliğinden Yerleşen Beton Özelliklerine Etkisi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] **Çorbacıoğlu, U.C.**, 2008. "Beton karışım tasarımının geçirimliliğe ve mekanik özelliklere etkisi", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] **Neville, A. M. and Brooks, J. J.**, 1987. Concrete Technology, Longman Group Limited, pp. 237-261, U.K.
- [7] **Li, Z.**, 2007: State of workability design technology for fresh concrete in Japan, *Cement and Concrete Research*, **37**, 1308-1320
- [8] **Celep, Z. ve Kumbasar N.**, 2005. Betonarme Yapılar, Malzeme Bilgisi, İ.T.Ü.
- [9] **Taşdemir, M. A.**, 2000. "Betonun Dayanım ve Durabiliteye Göre Tasarımı ve Üretimi", Yapı Malzemesi Ders Notları, İ.T.Ü.
- [10] **Url-1** <<http://www.nigtasmikronize.com>>, alındığı tarih 06.05.2009
- [11] **MİKRONS Mikronize Mineral Endüstrisi Tic. A.Ş.** 2008. Mikrons Yapı Laboratuar verileri
- [12] **Akman, M. S.**, 1992: Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi, İTÜ Yayınları.

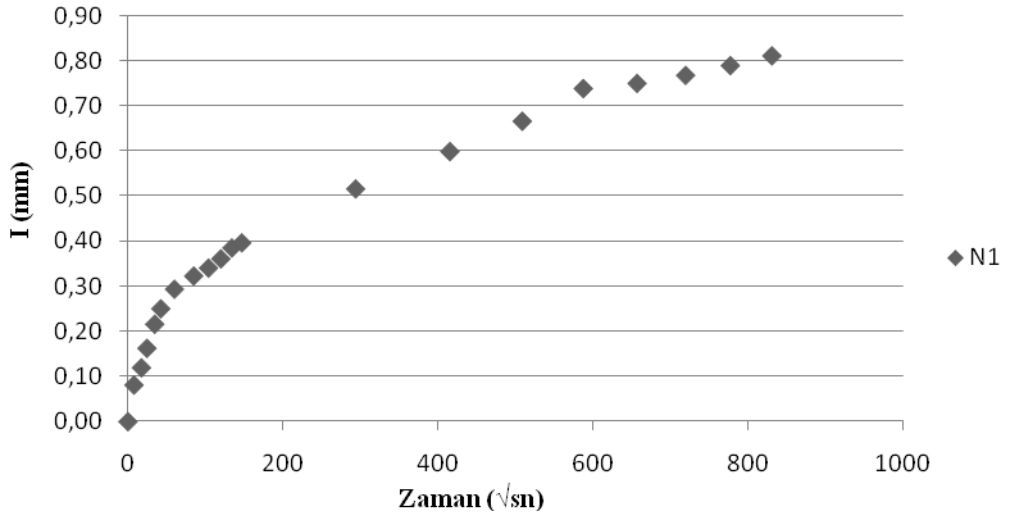
- [13] **Uyan, M., Pekmezci B, Yıldırım H.**, 2003: Akışkanlaştırıcı Katkı Kür ve Koşullarının Betonun Geçirimsizlik Özelliklikleri Üzerine Etkileri”, Sika Teknik Bülten, sf:10-14, sayı: 2003/I.
- [14] **Akman, M. S.**, 1989: “Betonda Dayanıklılık Özelliği ve Önemi”, I.Ulusal Beton Kongresi.
- [15] **Page, C. L., and Page, M. M.**, 2007: Durability of Concrete and Cement Composites, Woodhead Publishing Ltd., U.K.
- [16] **Altoubat, S. A. and Lange D. A.**, 2001: Creep, Shrinkage, and Cracking of Restrained Concrete at Early Age, *ACI Materials Journal*, **98**, 323-331.
- [17] **Mays, G.**, 1991: Durability of Concrete Structures, Chapman and Hall, U.K.
- [18] **Şengül Ö, Taşdemir M.A., Gjørsv O.E.**, 2007: Puzolanik malzemelerin betonun mekanik özellikleri ve klor iyonu yayılımına etkisi, *İTÜ Dergisi*, **6**, 53-64.
- [19] **Claisse, P.**, 2005: “Transport Properties of Concrete”, *Concrete International*, January.
- [20] **Url-2:** <<http://www.corrosion-club.com/concreteintro4.html>>, alındığı tarih 11.04.2009.
- [21] **Nilsson, L. O., Poulsen, E., Sandberg, P., Sorensen, H. E., and Klinghoffer, O.**, 1996: Chloride penetration into concrete, State-of-the-Art, Transport processes, corrosion initiation, test methods and prediction models, *Danish Road Directorate, Report no.53*.
- [22] **Bennet, E. W., and Loat, D. R.**, 1970: Shrinkage and Creep of Concrete as Affected by the Fineness of Portland Cement, *Magazine of Concrete Research*, **22**, 69-78.
- [23] **Postacıoğlu, B.**, 1981: Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [24] **Postacıoğlu, B.**, 1981: Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton, Yapı Malzemesi Dersleri, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.

- [25] **Url-3** <http://www.yapisal.net/rotreya_etki_edem_etmenler>, alındığı tarih 11.07.2009.
- [26] **Şengül, Ö., Taşdemir M. A. ve Sönmez, R.**, 2001: Yüksek oranda uçucu kül içeren normal ve yüksek dayanımlı betonların klor geçirimsizliği, İstanbul.
- [27] **TS EN 12350**, 2002. Taze Beton Deneylemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [28] **ASTM C 1585 - 04** Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, USA.
- [29] **BS 1881 - 5**, British Standarts, Water-absorption tests.
- [30] **ISAT (Initial Surface Test Apparatus)**, 2004 Instruction Manual.
- [31] **BS EN 12390-8**, Testing hardened concrete Part 8: Depth of penetration of water under pressure.
- [32] **NT BUILD-443**, 1995. Concrete Hardened; Accelerated Chloride penetration, NORDTEST, Finland.
- [33] **ASTM C 1202**, 1997. Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration, ASTM, USA.
- [34] **TI – B 101**, Thermal Expansion Standarts.
- [35] **TS 3453**, Beton elemanlarda büzülme oranı (Rötre) tayini.

EKLER

Çizelge A.1 : K20 betonu kılcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları.

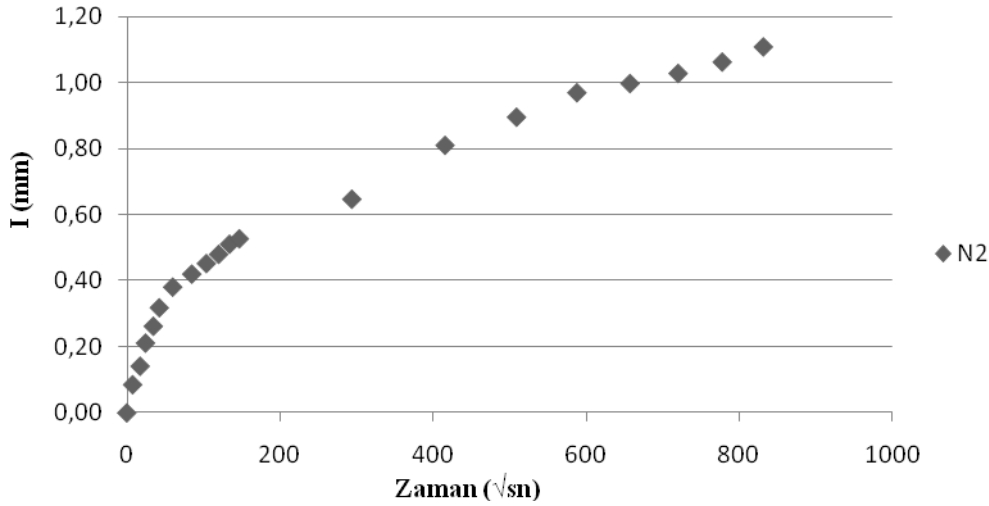
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	3.3.09 09:30	0	0	1526,43	0	0,0000
1 dk	3.3.09 09:31	60	8	1527,07	0,64	0,0815
5 dk	3.3.09 09:35	300	17	1527,37	0,94	0,1197
10 dk	3.3.09 09:40	600	24	1527,71	1,28	0,1630
20 dk	3.3.09 09:50	1200	35	1528,13	1,7	0,2165
30 dk	3.3.09 10:00	1800	42	1528,4	1,97	0,2508
60 dk	3.3.09 10:30	3600	60	1528,74	2,31	0,2941
2 s	3.3.09 11:30	7200	85	1528,97	2,54	0,3234
3 s	3.3.09 12:30	10800	104	1529,11	2,68	0,3412
4 s	3.3.09 13:30	14400	120	1529,27	2,84	0,3616
5 s	3.3.09 14:30	18000	134	1529,46	3,03	0,3858
6 s	3.3.09 15:30	21600	147	1529,55	3,12	0,3973
1 gün	4.3.09 09:30	86400	294	1530,49	4,06	0,5170
2 gün	5.3.09 09:30	172800	416	1531,14	4,71	0,5997
3 gün	6.3.09 09:30	259200	509	1531,67	5,24	0,6672
4 gün	7.3.09 09:30	345600	588	1532,24	5,81	0,7398
5 gün	8.3.09 09:30	432000	657	1532,33	5,9	0,7512
6 gün	9.3.09 09:30	518400	720	1532,47	6,04	0,7691
7 gün	10.3.09 09:30	604800	778	1532,64	6,21	0,7907
8 gün	11.3.09 09:30	691200	831	1532,81	6,38	0,8124



Şekil A.1 : 1 Numaralı K20 Betonu için su yüksekliği – zaman Değişimi.

Çizelge A.2 : K20 betonu kılcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları.

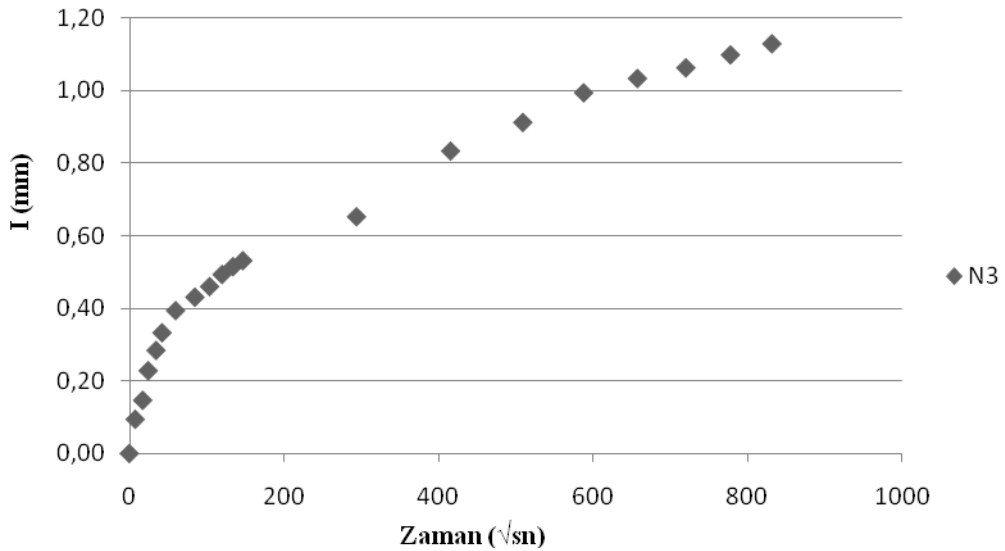
Numune Tanımı				2	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	3.3.09 09:30	0	0	1506,79	0	0,0000
1 dk	3.3.09 09:31	60	8	1507,46	0,67	0,0853
5 dk	3.3.09 09:35	300	17	1507,9	1,11	0,1413
10 dk	3.3.09 09:40	600	24	1508,45	1,66	0,2114
20 dk	3.3.09 09:50	1200	35	1508,85	2,06	0,2623
30 dk	3.3.09 10:00	1800	42	1509,29	2,5	0,3183
60 dk	3.3.09 10:30	3600	60	1509,78	2,99	0,3807
2 s	3.3.09 11:30	7200	85	1510,09	3,3	0,4202
3 s	3.3.09 12:30	10800	104	1510,34	3,55	0,4520
4 s	3.3.09 13:30	14400	120	1510,56	3,77	0,4800
5 s	3.3.09 14:30	18000	134	1510,8	4,01	0,5106
6 s	3.3.09 15:30	21600	147	1510,93	4,14	0,5271
1 gün	4.3.09 09:30	86400	294	1511,87	5,08	0,6468
2 gün	5.3.09 09:30	172800	416	1513,15	6,36	0,8098
3 gün	6.3.09 09:30	259200	509	1513,82	7,03	0,8951
4 gün	7.3.09 09:30	345600	588	1514,4	7,61	0,9690
5 gün	8.3.09 09:30	432000	657	1514,62	7,83	0,9970
6 gün	9.3.09 09:30	518400	720	1514,86	8,07	1,0275
7 gün	10.3.09 09:30	604800	778	1515,13	8,34	1,0619
8 gün	11.3.09 09:30	691200	831	1515,49	8,7	1,1078



Şekil A.2 : 2 numaralı K20 betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.3 : K20 betonu kilcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları.

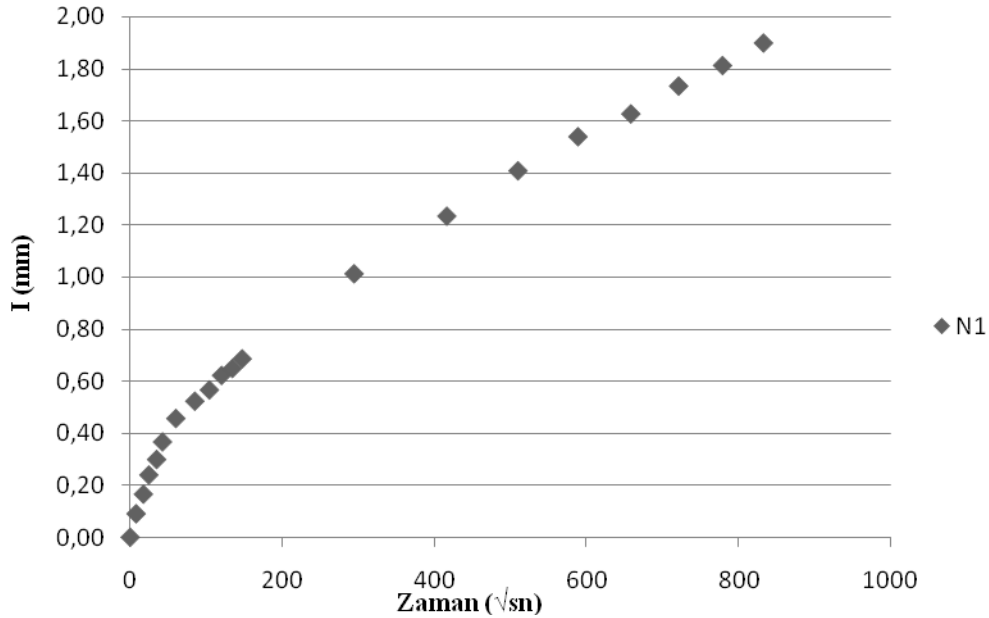
Numune Tanımı				3	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	3.3.09 09:30	0	0	1501,36	0	0,0000
1 dk	3.3.09 09:31	60	8	1502,1	0,74	0,0942
5 dk	3.3.09 09:35	300	17	1502,51	1,15	0,1464
10 dk	3.3.09 09:40	600	24	1503,15	1,79	0,2279
20 dk	3.3.09 09:50	1200	35	1503,59	2,23	0,2839
30 dk	3.3.09 10:00	1800	42	1503,97	2,61	0,3323
60 dk	3.3.09 10:30	3600	60	1504,45	3,09	0,3934
2 s	3.3.09 11:30	7200	85	1504,74	3,38	0,4304
3 s	3.3.09 12:30	10800	104	1504,97	3,61	0,4597
4 s	3.3.09 13:30	14400	120	1505,23	3,87	0,4928
5 s	3.3.09 14:30	18000	134	1505,4	4,04	0,5144
6 s	3.3.09 15:30	21600	147	1505,53	4,17	0,5310
1 gün	4.3.09 09:30	86400	294	1506,48	5,12	0,6519
2 gün	5.3.09 09:30	172800	416	1507,9	6,54	0,8327
3 gün	6.3.09 09:30	259200	509	1508,52	7,16	0,9117
4 gün	7.3.09 09:30	345600	588	1509,16	7,8	0,9932
5 gün	8.3.09 09:30	432000	657	1509,47	8,11	1,0326
6 gün	9.3.09 09:30	518400	720	1509,7	8,34	1,0619
7 gün	10.3.09 09:30	604800	778	1509,98	8,62	1,0976
8 gün	11.3.09 09:30	691200	831	1510,22	8,86	1,1281



Şekil A.3 : 3 numaralı K20 betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge 4.4 : K5-K20 betonu kılcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları.

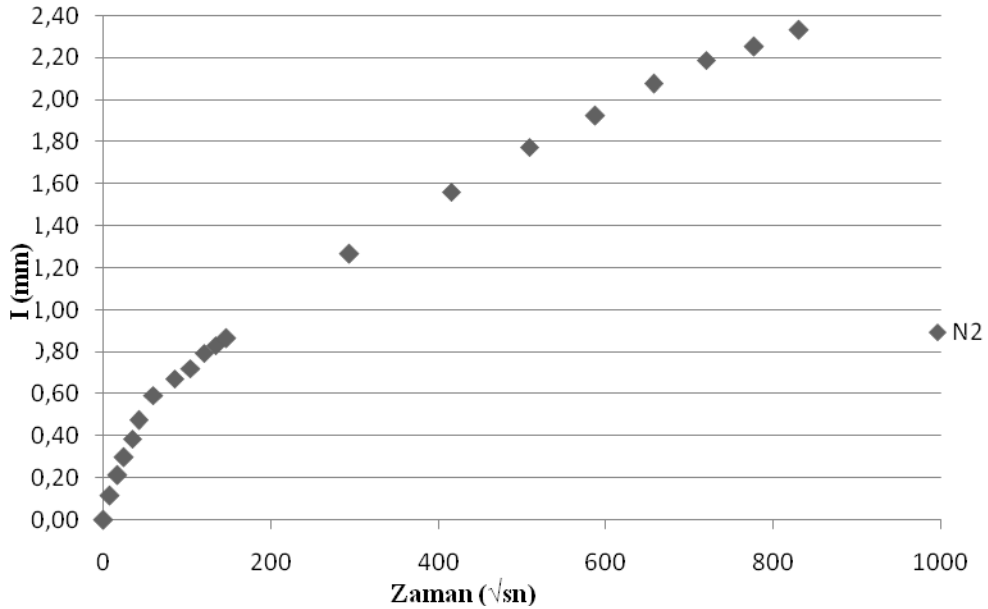
Numune Tanımı				1	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	24.2.09 09:45	0	0	1155,17	0	0,0000
1 dk	24.2.09 09:46	60	8	1155,88	0,71	0,0904
5 dk	24.2.09 09:50	300	17	1156,47	1,3	0,1655
10 dk	24.2.09 09:55	600	24	1157,05	1,88	0,2394
20 dk	24.2.09 10:05	1200	35	1157,52	2,35	0,2992
30 dk	24.2.09 10:15	1800	42	1158,05	2,88	0,3667
60 dk	24.2.09 10:45	3600	60	1158,76	3,59	0,4571
2 s	24.2.09 11:45	7200	85	1159,28	4,11	0,5233
3 s	24.2.09 12:45	10800	104	1159,62	4,45	0,5666
4 s	24.2.09 13:45	14400	120	1160,06	4,89	0,6226
5 s	24.2.09 14:45	18000	134	1160,27	5,1	0,6494
6 s	24.2.09 15:45	21600	147	1160,56	5,39	0,6863
1 gün	25.2.09 09:45	86400	294	1163,13	7,96	1,0135
2 gün	26.2.09 09:45	172800	416	1164,87	9,7	1,2351
3 gün	27.2.09 09:45	259200	509	1166,24	11,07	1,4095
4 gün	28.2.09 09:45	345600	588	1167,27	12,1	1,5407
5 gün	1.3.09 09:45	432000	657	1167,96	12,79	1,6285
6 gün	2.3.09 09:45	518400	720	1168,8	13,63	1,7355
7 gün	3.3.09 09:45	604800	778	1169,42	14,25	1,8144
8 gün	4.3.09 09:45	691200	831	1170,1	14,93	1,9010



Şekil A.4 : 1 numaralı K5-K20 betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.5 : K5-K20 betonu kılcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları.

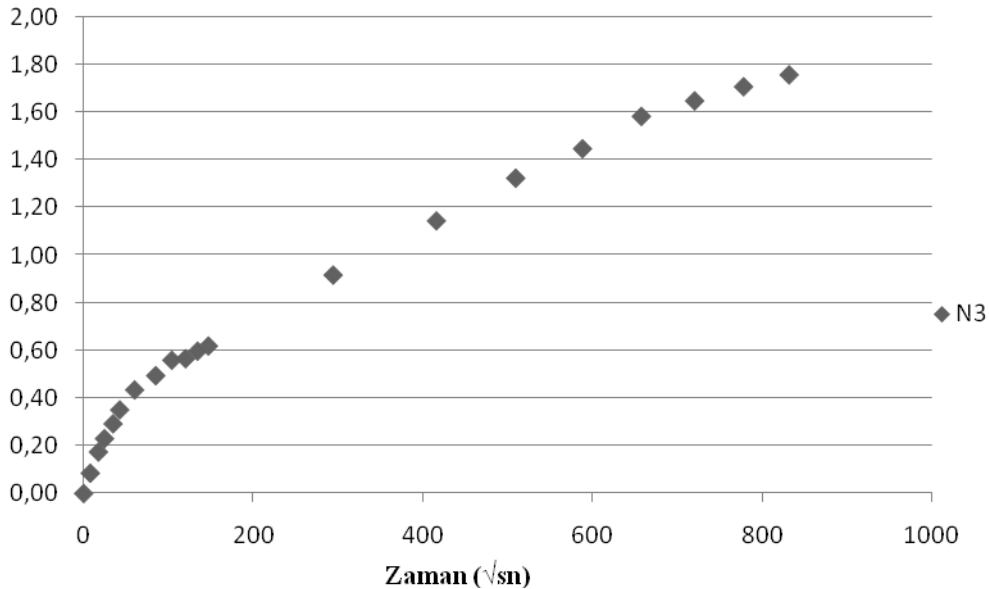
Numune Tanımı				2	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	24.2.09 09:45	0	0	1189,58	0	0,0000
1 dk	24.2.09 09:46	60	8	1190,5	0,92	0,1171
5 dk	24.2.09 09:50	300	17	1191,25	1,67	0,2126
10 dk	24.2.09 09:55	600	24	1191,93	2,35	0,2992
20 dk	24.2.09 10:05	1200	35	1192,62	3,04	0,3871
30 dk	24.2.09 10:15	1800	42	1193,31	3,73	0,4749
60 dk	24.2.09 10:45	3600	60	1194,24	4,66	0,5933
2 s	24.2.09 11:45	7200	85	1194,86	5,28	0,6723
3 s	24.2.09 12:45	10800	104	1195,25	5,67	0,7219
4 s	24.2.09 13:45	14400	120	1195,81	6,23	0,7933
5 s	24.2.09 14:45	18000	134	1196,1	6,52	0,8302
6 s	24.2.09 15:45	21600	147	1196,38	6,8	0,8658
1 gün	25.2.09 09:45	86400	294	1199,53	9,95	1,2669
2 gün	26.2.09 09:45	172800	416	1201,84	12,26	1,5610
3 gün	27.2.09 09:45	259200	509	1203,52	13,94	1,7749
4 gün	28.2.09 09:45	345600	588	1204,68	15,1	1,9226
5 gün	1.3.09 09:45	432000	657	1205,87	16,29	2,0742
6 gün	2.3.09 09:45	518400	720	1206,76	17,18	2,1875
7 gün	3.3.09 09:45	604800	778	1207,27	17,69	2,2524
8 gün	4.3.09 09:45	691200	831	1207,88	18,3	2,3301



Şekil A.5 : 2 numaralı K5-K20 betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.6 : K5-K20 betonu kılcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları.

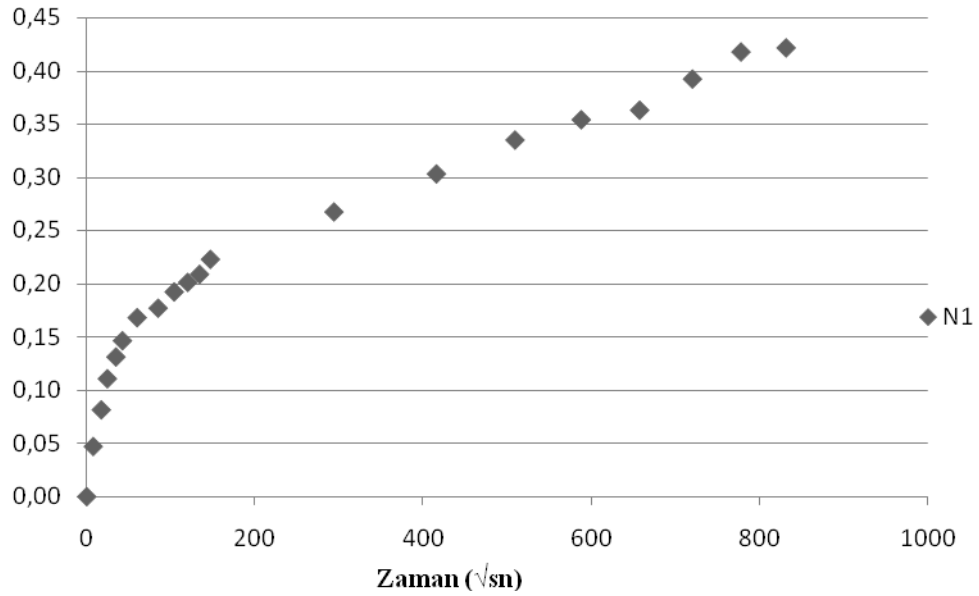
Numune Tanımı				3	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	24.2.09 09:45	0	0	1208,34	0	0,0000
1 dk	24.2.09 09:46	60	8	1209,01	0,67	0,0853
5 dk	24.2.09 09:50	300	17	1209,71	1,37	0,1744
10 dk	24.2.09 09:55	600	24	1210,15	1,81	0,2305
20 dk	24.2.09 10:05	1200	35	1210,64	2,3	0,2929
30 dk	24.2.09 10:15	1800	42	1211,1	2,76	0,3514
60 dk	24.2.09 10:45	3600	60	1211,76	3,42	0,4355
2 s	24.2.09 11:45	7200	85	1212,23	3,89	0,4953
3 s	24.2.09 12:45	10800	104	1212,74	4,4	0,5602
4 s	24.2.09 13:45	14400	120	1212,79	4,45	0,5666
5 s	24.2.09 14:45	18000	134	1213,04	4,7	0,5984
6 s	24.2.09 15:45	21600	147	1213,21	4,87	0,6201
1 gün	25.2.09 09:45	86400	294	1215,55	7,21	0,9180
2 gün	26.2.09 09:45	172800	416	1217,34	9	1,1459
3 gün	27.2.09 09:45	259200	509	1218,75	10,41	1,3255
4 gün	28.2.09 09:45	345600	588	1219,72	11,38	1,4490
5 gün	1.3.09 09:45	432000	657	1220,79	12,45	1,5852
6 gün	2.3.09 09:45	518400	720	1221,3	12,96	1,6502
7 gün	3.3.09 09:45	604800	778	1221,77	13,43	1,7100
8 gün	4.3.09 09:45	691200	831	1222,16	13,82	1,7597



Şekil A.6 : 3 numaralı K5-K20 betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.7 : UK betonu kılcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları.

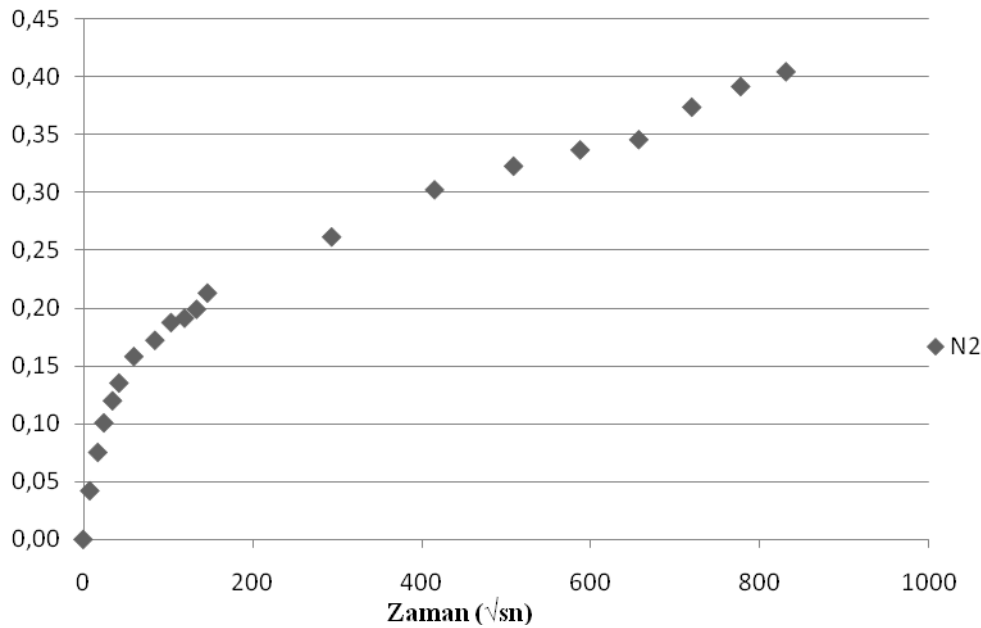
Numune Tanımı				1	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	20.5.09 09:30	0	0	1465,3	0	0,0000
1 dk	20.5.09 09:31	60	8	1465,67	0,37	0,0471
5 dk	20.5.09 09:35	300	17	1465,94	0,64	0,0815
10 dk	20.5.09 09:40	600	24	1466,17	0,87	0,1108
20 dk	20.5.09 09:50	1200	35	1466,33	1,03	0,1311
30 dk	20.5.09 10:00	1800	42	1466,45	1,15	0,1464
60 dk	20.5.09 10:30	3600	60	1466,62	1,32	0,1681
2 s	20.5.09 11:30	7200	85	1466,69	1,39	0,1770
3 s	20.5.09 12:30	10800	104	1466,81	1,51	0,1923
4 s	20.5.09 13:30	14400	120	1466,88	1,58	0,2012
5 s	20.5.09 14:30	18000	134	1466,94	1,64	0,2088
6 s	20.5.09 15:30	21600	147	1467,05	1,75	0,2228
1 gün	21.5.09 09:30	86400	294	1467,4	2,1	0,2674
2 gün	22.5.09 09:30	172800	416	1467,68	2,38	0,3030
3 gün	23.5.09 09:30	259200	509	1467,93	2,63	0,3349
4 gün	24.5.09 09:30	345600	588	1468,08	2,78	0,3540
5 gün	25.5.09 09:30	432000	657	1468,15	2,85	0,3629
6 gün	26.5.09 09:30	518400	720	1468,38	3,08	0,3922
7 gün	27.5.09 09:30	604800	778	1468,58	3,28	0,4176
8 gün	28.5.09 09:30	691200	831	1468,61	3,31	0,4215



Şekil A.7 : 1 numaralı UK betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.8 : UK betonu kılcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları.

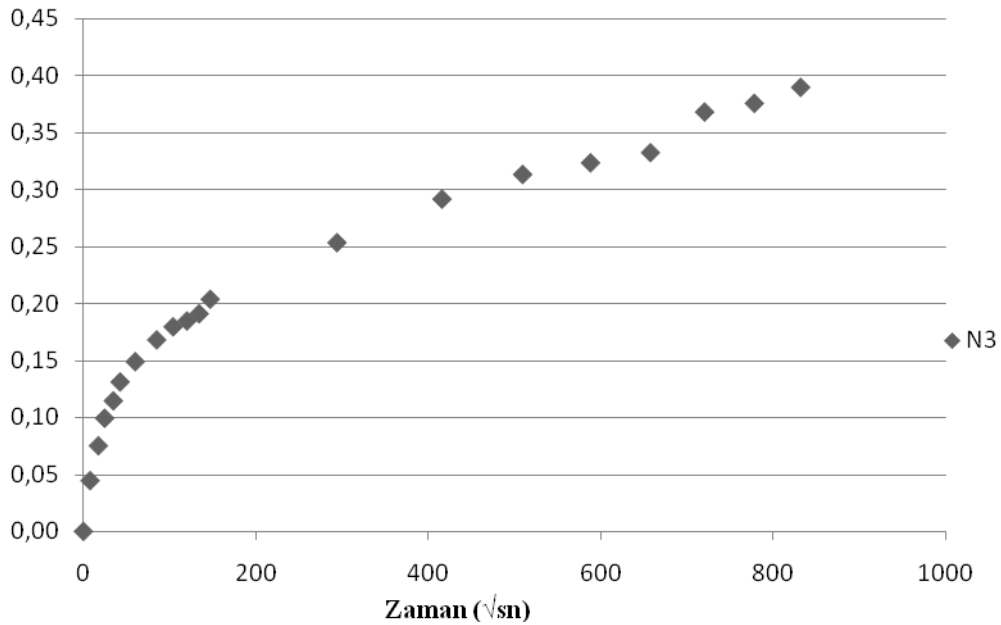
Numune Tanımı				2	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	20.5.09 09:30	0	0	1458,3	0	0,0000
1 dk	20.5.09 09:31	60	8	1458,63	0,33	0,0420
5 dk	20.5.09 09:35	300	17	1458,89	0,59	0,0751
10 dk	20.5.09 09:40	600	24	1459,09	0,79	0,1006
20 dk	20.5.09 09:50	1200	35	1459,24	0,94	0,1197
30 dk	20.5.09 10:00	1800	42	1459,36	1,06	0,1350
60 dk	20.5.09 10:30	3600	60	1459,54	1,24	0,1579
2 s	20.5.09 11:30	7200	85	1459,65	1,35	0,1719
3 s	20.5.09 12:30	10800	104	1459,77	1,47	0,1872
4 s	20.5.09 13:30	14400	120	1459,8	1,5	0,1910
5 s	20.5.09 14:30	18000	134	1459,86	1,56	0,1986
6 s	20.5.09 15:30	21600	147	1459,97	1,67	0,2126
1 gün	21.5.09 09:30	86400	294	1460,35	2,05	0,2610
2 gün	22.5.09 09:30	172800	416	1460,67	2,37	0,3018
3 gün	23.5.09 09:30	259200	509	1460,83	2,53	0,3221
4 gün	24.5.09 09:30	345600	588	1460,94	2,64	0,3361
5 gün	25.5.09 09:30	432000	657	1461,01	2,71	0,3451
6 gün	26.5.09 09:30	518400	720	1461,23	2,93	0,3731
7 gün	27.5.09 09:30	604800	778	1461,37	3,07	0,3909
8 gün	28.5.09 09:30	691200	831	1461,47	3,17	0,4036



Şekil A.8 : 2 numaralı UK betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.9 : UK betonu kılcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları.

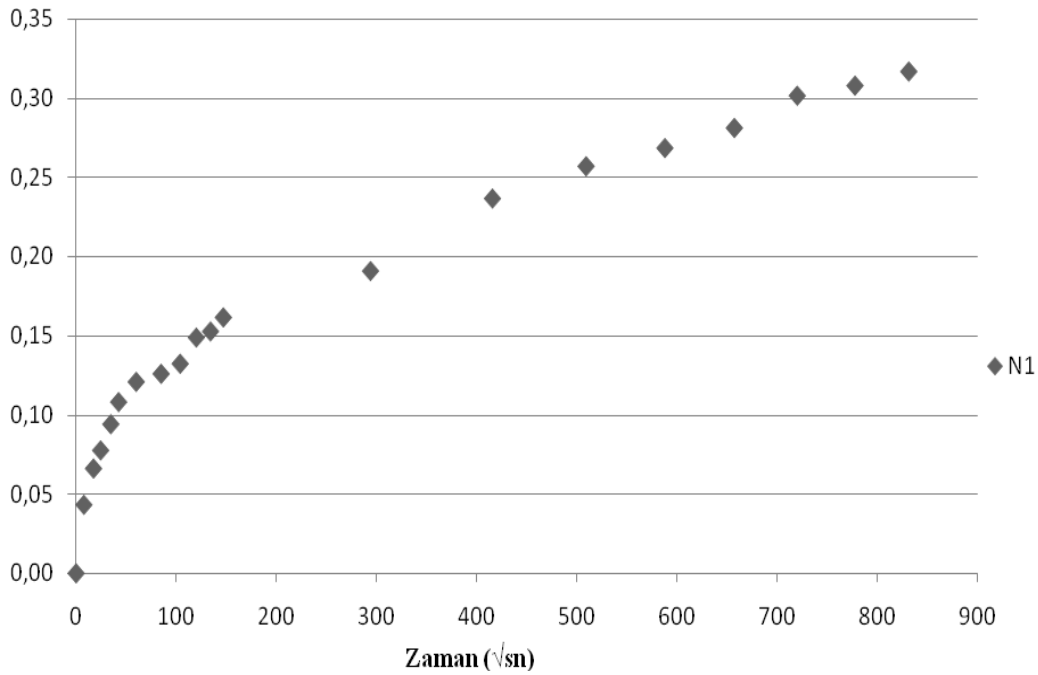
Numune Tanımı				3	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	20.5.09 09:30	0	0	1461,85	0	0,0000
1 dk	20.5.09 09:31	60	8	1462,2	0,35	0,0446
5 dk	20.5.09 09:35	300	17	1462,44	0,59	0,0751
10 dk	20.5.09 09:40	600	24	1462,63	0,78	0,0993
20 dk	20.5.09 09:50	1200	35	1462,75	0,9	0,1146
30 dk	20.5.09 10:00	1800	42	1462,88	1,03	0,1311
60 dk	20.5.09 10:30	3600	60	1463,02	1,17	0,1490
2 s	20.5.09 11:30	7200	85	1463,17	1,32	0,1681
3 s	20.5.09 12:30	10800	104	1463,26	1,41	0,1795
4 s	20.5.09 13:30	14400	120	1463,3	1,45	0,1846
5 s	20.5.09 14:30	18000	134	1463,35	1,5	0,1910
6 s	20.5.09 15:30	21600	147	1463,45	1,6	0,2037
1 gün	21.5.09 09:30	86400	294	1463,84	1,99	0,2534
2 gün	22.5.09 09:30	172800	416	1464,14	2,29	0,2916
3 gün	23.5.09 09:30	259200	509	1464,31	2,46	0,3132
4 gün	24.5.09 09:30	345600	588	1464,39	2,54	0,3234
5 gün	25.5.09 09:30	432000	657	1464,46	2,61	0,3323
6 gün	26.5.09 09:30	518400	720	1464,74	2,89	0,3680
7 gün	27.5.09 09:30	604800	778	1464,8	2,95	0,3756
8 gün	28.5.09 09:30	691200	831	1464,91	3,06	0,3896



Şekil A.9 : 3 numaralı UK betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.10 : UK-SD Betonlu kılcal su emme deneyi 1 numaralı numune sonuçları.

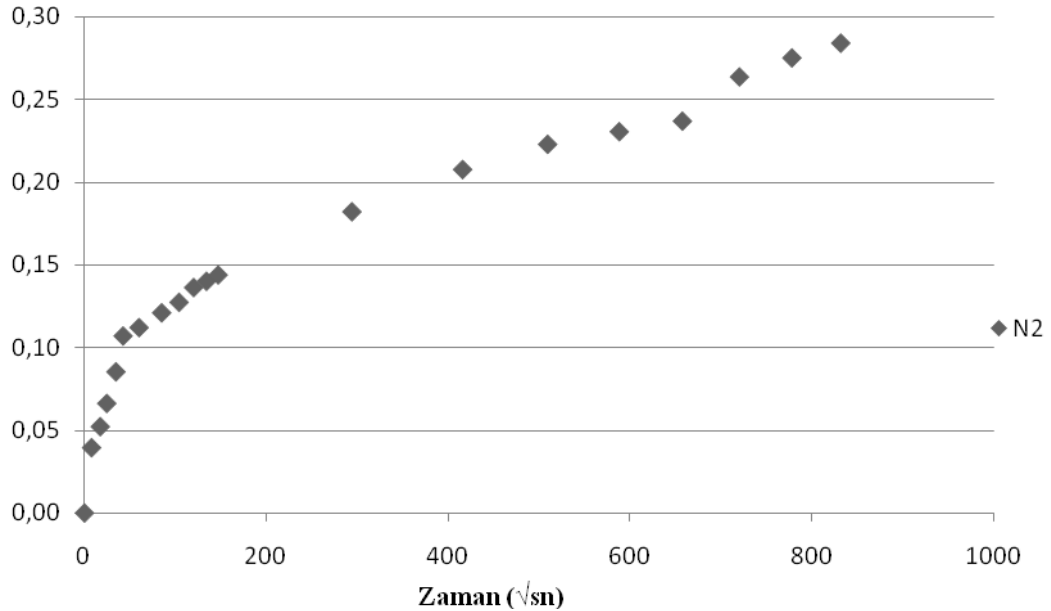
Numune Tanımı				1	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	$\Delta A_{\text{ağırlık}}$ (gr)	I (mm)
0	20.5.09 09:45	0	0	1574,54	0	0,0000
1 dk	20.5.09 09:46	60	8	1574,88	0,34	0,0433
5 dk	20.5.09 09:50	300	17	1575,06	0,52	0,0662
10 dk	20.5.09 09:55	600	24	1575,15	0,61	0,0777
20 dk	20.5.09 10:05	1200	35	1575,28	0,74	0,0942
30 dk	20.5.09 10:15	1800	42	1575,39	0,85	0,1082
60 dk	20.5.09 10:45	3600	60	1575,49	0,95	0,1210
2 s	20.5.09 11:45	7200	85	1575,53	0,99	0,1261
3 s	20.5.09 12:45	10800	104	1575,58	1,04	0,1324
4 s	20.5.09 13:45	14400	120	1575,71	1,17	0,1490
5 s	20.5.09 14:45	18000	134	1575,74	1,2	0,1528
6 s	20.5.09 15:45	21600	147	1575,81	1,27	0,1617
1 gün	21.5.09 09:45	86400	294	1576,04	1,5	0,1910
2 gün	22.5.09 09:45	172800	416	1576,4	1,86	0,2368
3 gün	23.5.09 09:45	259200	509	1576,56	2,02	0,2572
4 gün	24.5.09 09:45	345600	588	1576,65	2,11	0,2687
5 gün	25.5.09 09:45	432000	657	1576,75	2,21	0,2814
6 gün	26.5.09 09:45	518400	720	1576,91	2,37	0,3018
7 gün	27.5.09 09:45	604800	778	1576,96	2,42	0,3081
8 gün	28.5.09 09:45	691200	831	1577,03	2,49	0,3170



Şekil A.10 : 1 Numaralı UK-SD betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.11 : UK-SD Betonlu kılcal su emme deneyi 2 numaralı numune sonuçları.

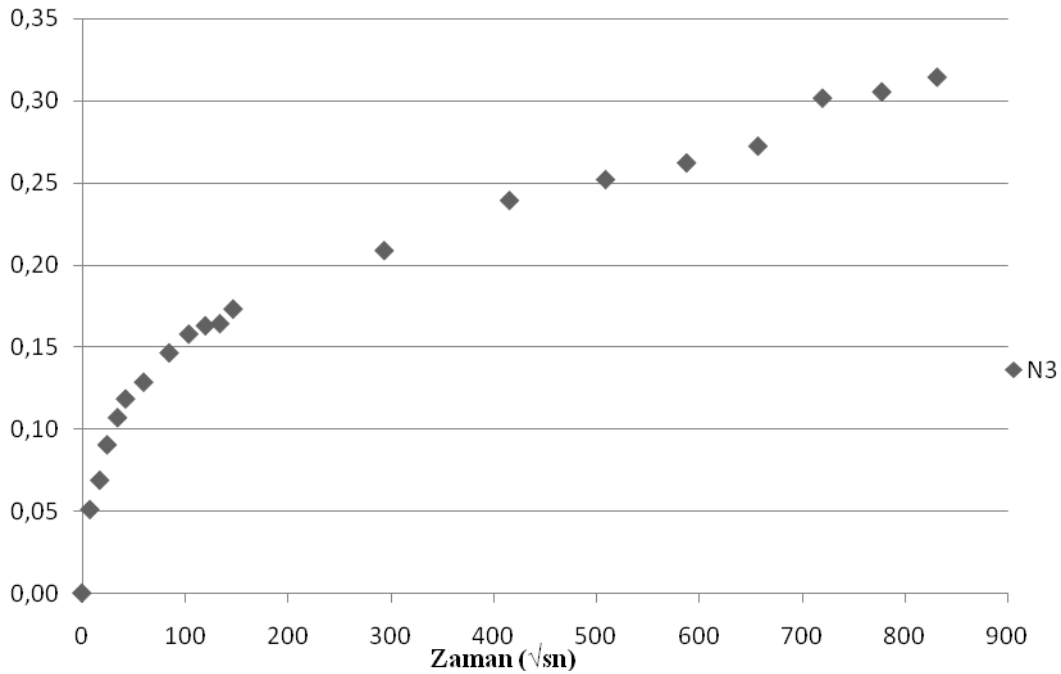
Numune Tanımı				2	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	Δ Ağırlık (gr)	I (mm)
0	20.5.09 09:45	0	0	1565,65	0	0,0000
1 dk	20.5.09 09:46	60	8	1565,96	0,31	0,0395
5 dk	20.5.09 09:50	300	17	1566,06	0,41	0,0522
10 dk	20.5.09 09:55	600	24	1566,17	0,52	0,0662
20 dk	20.5.09 10:05	1200	35	1566,32	0,67	0,0853
30 dk	20.5.09 10:15	1800	42	1566,49	0,84	0,1070
60 dk	20.5.09 10:45	3600	60	1566,53	0,88	0,1120
2 s	20.5.09 11:45	7200	85	1566,6	0,95	0,1210
3 s	20.5.09 12:45	10800	104	1566,65	1	0,1273
4 s	20.5.09 13:45	14400	120	1566,72	1,07	0,1362
5 s	20.5.09 14:45	18000	134	1566,75	1,1	0,1401
6 s	20.5.09 15:45	21600	147	1566,78	1,13	0,1439
1 gün	21.5.09 09:45	86400	294	1567,08	1,43	0,1821
2 gün	22.5.09 09:45	172800	416	1567,28	1,63	0,2075
3 gün	23.5.09 09:45	259200	509	1567,4	1,75	0,2228
4 gün	24.5.09 09:45	345600	588	1567,46	1,81	0,2305
5 gün	25.5.09 09:45	432000	657	1567,51	1,86	0,2368
6 gün	26.5.09 09:45	518400	720	1567,72	2,07	0,2636
7 gün	27.5.09 09:45	604800	778	1567,81	2,16	0,2750
8 gün	28.5.09 09:45	691200	831	1567,88	2,23	0,2839



Şekil A.11 : 2 numaralı UK-SD betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.12 : UK-SD betonu kılcal su emme deneyi 3 numaralı numune sonuçları.

Numune Tanımı				3	d (mm)	100
Zaman	Test Zamanı	Test Süresi (sn)	\sqrt{sn}	Ağırlık (gr)	ΔA ağırlık (gr)	I (mm)
0	20.5.09 00:00	0	0	1574,69	0	0,0000
1 dk	20.5.09 00:01	60	8	1575,09	0,4	0,0509
5 dk	20.5.09 00:05	300	17	1575,23	0,54	0,0688
10 dk	20.5.09 00:10	600	24	1575,4	0,71	0,0904
20 dk	20.5.09 00:20	1200	35	1575,53	0,84	0,1070
30 dk	20.5.09 00:30	1800	42	1575,62	0,93	0,1184
60 dk	20.5.09 01:00	3600	60	1575,7	1,01	0,1286
2 s	20.5.09 02:00	7200	85	1575,84	1,15	0,1464
3 s	20.5.09 03:00	10800	104	1575,93	1,24	0,1579
4 s	20.5.09 04:00	14400	120	1575,97	1,28	0,1630
5 s	20.5.09 05:00	18000	134	1575,98	1,29	0,1643
6 s	20.5.09 06:00	21600	147	1576,05	1,36	0,1732
1 gün	21.5.09 00:00	86400	294	1576,33	1,64	0,2088
2 gün	22.5.09 00:00	172800	416	1576,57	1,88	0,2394
3 gün	23.5.09 00:00	259200	509	1576,67	1,98	0,2521
4 gün	24.5.09 00:00	345600	588	1576,75	2,06	0,2623
5 gün	25.5.09 00:00	432000	657	1576,83	2,14	0,2725
6 gün	26.5.09 00:00	518400	720	1577,06	2,37	0,3018
7 gün	27.5.09 00:00	604800	778	1577,09	2,4	0,3056
8 gün	28.5.09 00:00	691200	831	1577,16	2,47	0,3145



Şekil A.12 : 3 Numaralı UK-SD betonu için su yüksekliği – zaman değişimi.

Çizelge A.13 : K20 beton numunelerinin deney sonuçları.

K20	10. Dakika / ml. x 10^{-3}	30. Dakika / ml. x 10^{-3}	60. Dakika / ml. x 10^{-3}
N1	4,00	3,00	3,00
N2	3,00	1,00	1,00
N3	4,00	3,00	3,00
Ortalama (ml x 10^{-3})	3,67	2,33	2,33

Çizelge A.14 : K5 – K20 beton numunelerinin deney sonuçları.

K5 - K20	10. Dakika / Br.	30. Dakika / Br.	60. Dakika / Br.
N1	4,50	3,50	1,00
N2	5,00	4,50	4,00
N3	8,00	6,00	5,00
Ortalama (ml x 10^{-3})	5,83	4,67	3,33

Çizelge A.15 : UK beton numunelerinin deney sonuçları.

UK	10. Dakika / Br.	30. Dakika / Br.	60. Dakika / Br.
N1	3,50	3,00	2,00
N2	2,00	1,50	1,50
N3	3,00	2,50	1,50
Ortalama (ml x 10^{-3})	2,83	2,33	1,67

Çizelge A.16: UK - SD beton numunelerinin deney sonuçları.

UK - SD	10. Dakika / Br.	30. Dakika / Br.	60. Dakika / Br.
N1	1,00	0,50	0,50
N2	3,00	2,00	2,00
N3	2,00	1,50	1,50
Ortalama (ml x 10^{-3})	2,00	1,33	1,33

Çizelge A.17 : K20 beton numunelerinin hesap değer tablosu.

K20	Hacim (1×10^{-3} ml)	Alan (1×10^{-4} m ²)	Zaman (sn)	Değer (1×10^{-3} ml/m ² /sn)
10. Dakika	3,67	64,00	120,00	4,77
30. Dakika	2,33	64,00	120,00	3,03
60. Dakika	2,33	64,00	120,00	3,03

Çizelge A.18 : K5-K20 beton numunelerinin hesap değer tablosu.

K5-K20	Hacim (1×10^{-3} ml)	Alan (1×10^{-4} m ²)	Zaman (sn)	Değer (1×10^{-3} ml/m ² /sn)
10. Dakika	5,83	64,00	120,00	7,59
30. Dakika	4,67	64,00	120,00	6,08
60. Dakika	3,33	64,00	120,00	4,33

Çizelge A.19 : UK beton numunelerinin hesap değer tablosu.

UK	Hacim (1×10^{-3} ml)	Alan (1×10^{-4} m ²)	Zaman (sn)	Değer (1×10^{-3} ml/m ² /sn)
10. Dakika	2,83	64,00	120,00	3,68
30. Dakika	2,33	64,00	120,00	3,03
60. Dakika	1,67	64,00	120,00	2,17

Çizelge A.20 : UK-SD beton numunelerinin hesap değer tablosu.

UK-SD	Hacim (1×10^{-3} ml)	Alan (1×10^{-4} m ²)	Zaman (sn)	Değer (1×10^{-3} ml/m ² /sn)
10. Dakika	2,00	64,00	120,00	2,60
30. Dakika	1,33	64,00	120,00	1,73
60. Dakika	1,33	64,00	120,00	1,73

Çizelge A.21 : K20 beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.

K20	Numune -1 (mm)	Numune -2 (mm)	Numune -3 (mm)
Max - 1	19	15	17
Max - 2	30	17	14
1	4	4	3
2	7	7	4
3	10	4	5
4	10	12	3
5	18	9	4
6	5	7	6

Çizelge A.22 : K5-K20 beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.

K5-K20	Numune -1 (mm)	Numune -2 (mm)	Numune -3 (mm)
Max - 1	18	11	50
Max - 2	15	9	17
1	4	4	4
2	6	6	3
3	3	3	5
4	3	3	4
5	8	4	7
6	5	2	7

Çizelge A.23: UK Beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.

UK	Numune -1 (mm)	Numune -2 (mm)	Numune -3 (mm)
Max - 1	14	18	14
Max - 2	15	16	6
1	4	4	3
2	3	3	2
3	6	4	4
4	5	4	4
5	3	6	1
6	3	4	2

Çizelge A.24 : UK – SD beton numunelerinin basınç altında su işleme derinliği deney sonuçları.

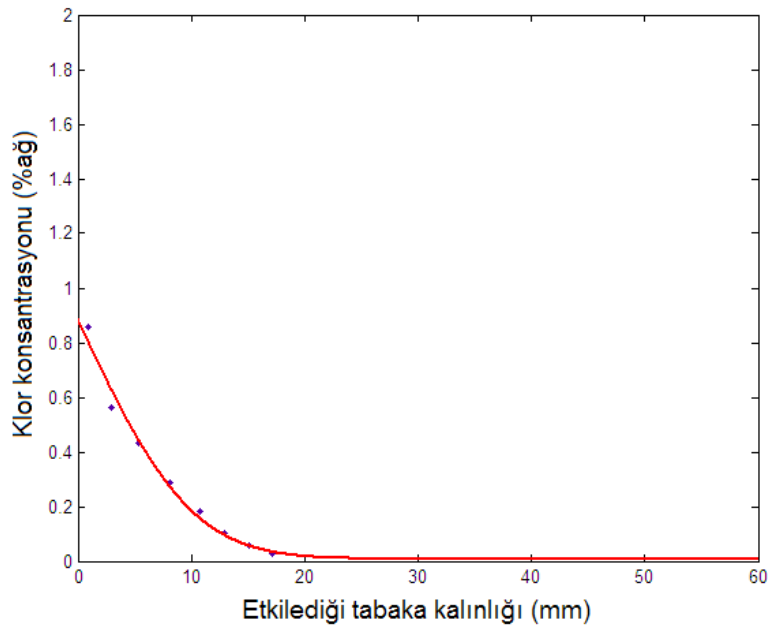
UK-SD	Numune -1 (mm)	Numune -2 (mm)	Numune -3 (mm)
Max - 1	20	16	4
Max - 2	24	18	4
1	20	5	3
2	12	2	2
3	10	10	2
4	8	11	3
5	17	6	3
6	15	12	4

Çizelge A.25: K20 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama tabaka kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
0,88	0,858
2,94	0,561
5,35	0,431
8,09	0,288
10,79	0,182
12,98	0,105
15,05	0,059
17,18	0,027
C_i	0,006

Çizelge A.26 : K20 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı sonucu.

C_s [%]	= 0,886
D_E [m^2/s]	= 4,96869E-12
C_r [%]	= 0,050
K_{Cr} [mm/ $\sqrt{yıl}$]	= 30
R^2	= 0,9831



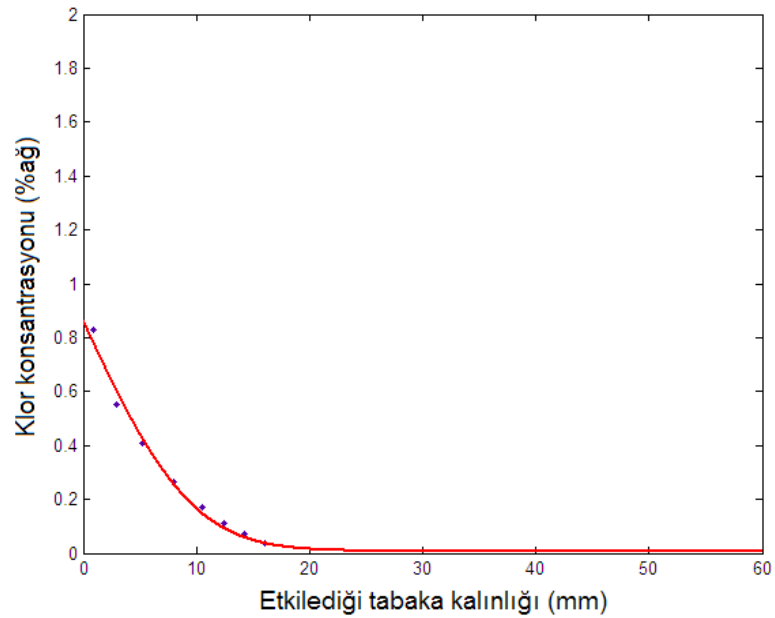
Şekil A.13 : K20 1 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.27 : K20 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama tabaka kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
0,92	0,828
2,90	0,552
5,24	0,410
7,97	0,264
10,47	0,169
12,42	0,113
14,23	0,070
16,01	0,035
C_i	0,006

Çizelge A.28 : K20 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı sonucu

C_s [%] =	0,865
D_E [m^2/s] =	4,55041E-12
C_r [%] =	0,050
K_{Cr} [$mm/\sqrt{yıl}$] =	29
R^2 =	0,9857



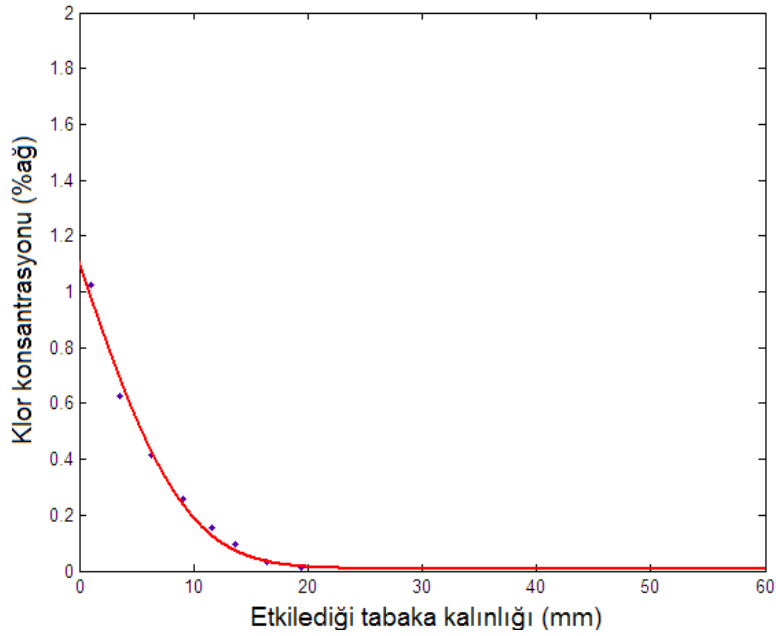
Şekil A.14 : K20 2 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.29 : K20 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama tabaka kalınlığı (mm)	Cl konsantrasyonu (%ağırlık)
1,05	1,023
3,59	0,628
6,36	0,414
9,02	0,259
11,63	0,157
13,64	0,094
16,42	0,032
19,39	0,011
C_i	0,006

Çizelge A.30 : K20 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı sonucu

C_S [%] =	1,110
D_E [m^2/s] =	4,09093E-12
C_r [%] =	0,050
K_{Cr} [$mm/\sqrt{yıl}$] =	28
R^2 =	0,99



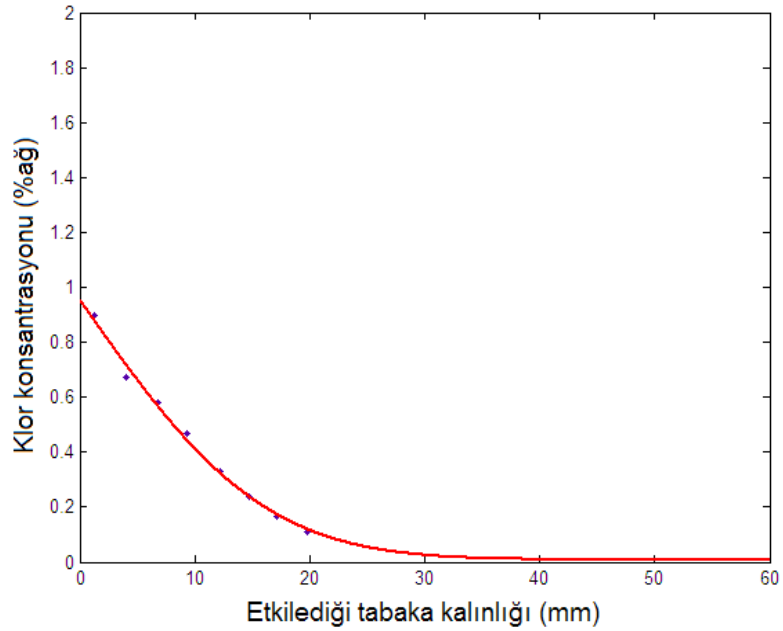
Şekil A.15 : K20 3 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.31 : K5 – K20 1 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama tabaka kalınlığı (mm)	Cl konsantrasyonu (%ağırlık)
1,27	0,898
4,04	0,672
6,75	0,583
9,37	0,468
12,18	0,330
14,69	0,240
17,16	0,164
19,74	0,110
C_i	0,006

Çizelge A.32 : K5 – K20 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı sonucu.

C_s [%] =	0,955
D_E [m^2/s] =	1,20605E-11
C_r [%] =	0,050
K_{Cr} [$mm/\sqrt{yıl}$] =	47
R^2 =	0,9922



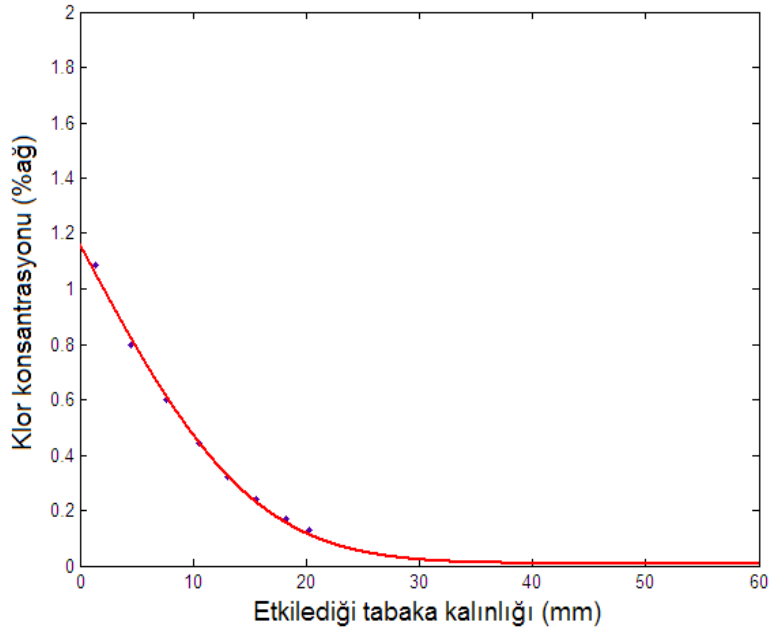
Şekil A.16 : K5 – K20 1 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.33 : K5 – K20 2 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama tabaka kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,37	1,084
4,45	0,799
7,65	0,599
10,50	0,444
13,00	0,324
15,60	0,239
18,20	0,171
20,23	0,129
C _i	0,007

Çizelge A.34 : K5 – K20 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı sonucu.

C _s [%] =	1,162
D _E [m ² /s] =	1,07803E-11
C _r [%] =	0,050
K _{Cl} [mm/√yıl] =	45
R ² =	0,9966



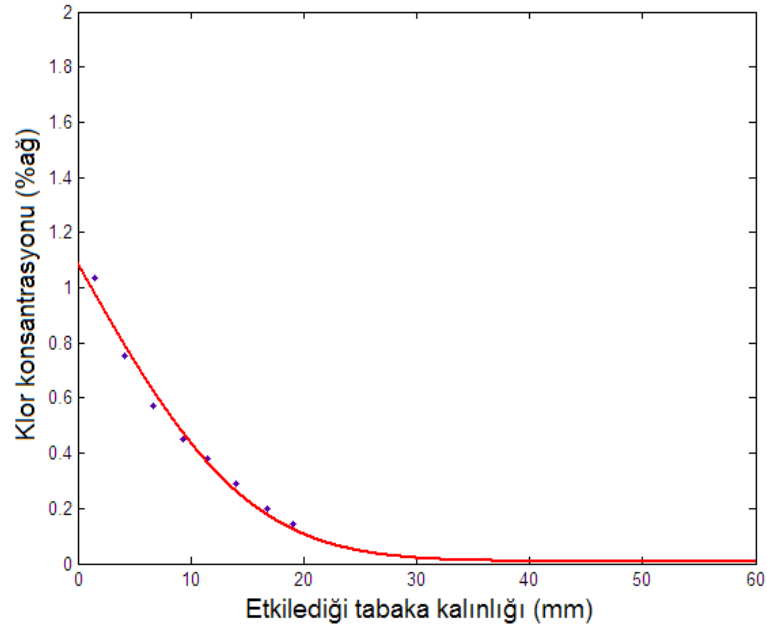
Şekil A.17 : K5 – K20 2 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.35 : K5 – K20 3 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama tabaka kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,54	1,037
4,14	0,753
6,71	0,573
9,31	0,452
11,54	0,378
14,05	0,291
16,72	0,200
19,08	0,145
C _i	0,006

Çizelge A.36 : K5 – K20 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı sonucu.

C _S (%) =	1,089
D _E (m ² /s) =	1,04412E-11
C _r (%) =	0,050
K _{Cr} (mm/√yıl) =	44
R ² =	0,9808



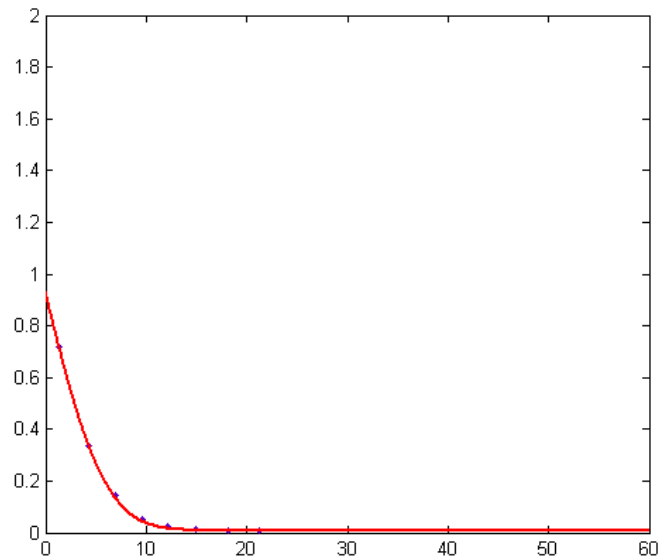
Şekil A.18 : K5 – K20 3 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.37 : UK 1 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama Tabaka Kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,40	0,717
4,21	0,334
6,88	0,143
9,56	0,052
12,07	0,025
14,90	0,014
18,18	0,009
21,19	0,007
C_i	0,006

Çizelge A.38 : UK 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı.

C_S (%) =	0,932
D_E (m ² /s) =	1,4054E-12
C_r (%) =	0,050
K_{Cr} (mm/ $\sqrt{\text{yıl}}$) =	16
R^2 =	0,999



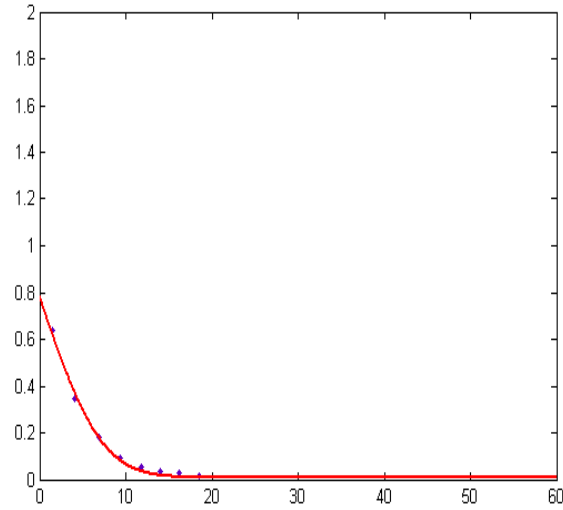
Şekil A.19 : UK 1 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.39 : UK 2 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama Tabaka Kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,45	0,639
4,06	0,343
6,84	0,184
9,39	0,093
11,76	0,051
14,06	0,037
16,17	0,026
18,56	0,016
C _i	0,007

Çizelge A.40 : UK 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı.

C _S (%) =	0,783
D _E (m ² /s) =	2,0347E-12
C _r (%) =	0,050
K _{Cr} (mm/√yıl) =	19
R ² =	0,9928



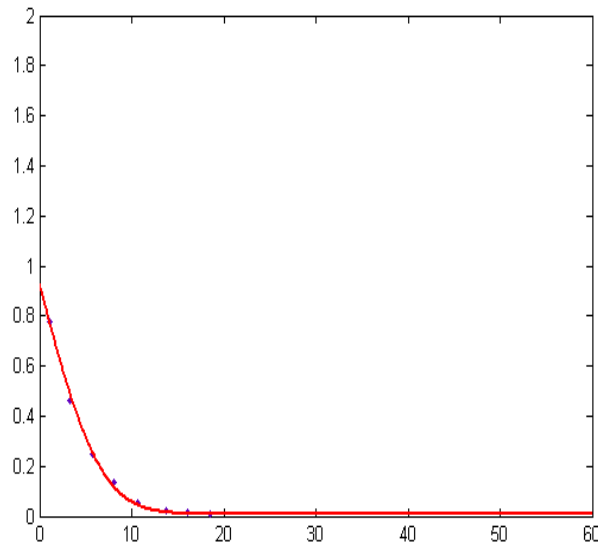
Şekil A.20 : UK 2 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.41 : UK 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama Tabaka Kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,16	0,779
3,34	0,463
5,75	0,251
8,05	0,138
10,60	0,052
13,70	0,021
16,03	0,016
18,57	0,012
C_i	0,007

Çizelge A.42: UK 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı.

C_S (%) =	0,930
D_E (m ² /s) =	1,7219E-12
C_r (%) =	0,050
K_{Cr} (mm/ $\sqrt{yıl}$) =	18
R^2 =	0,9973



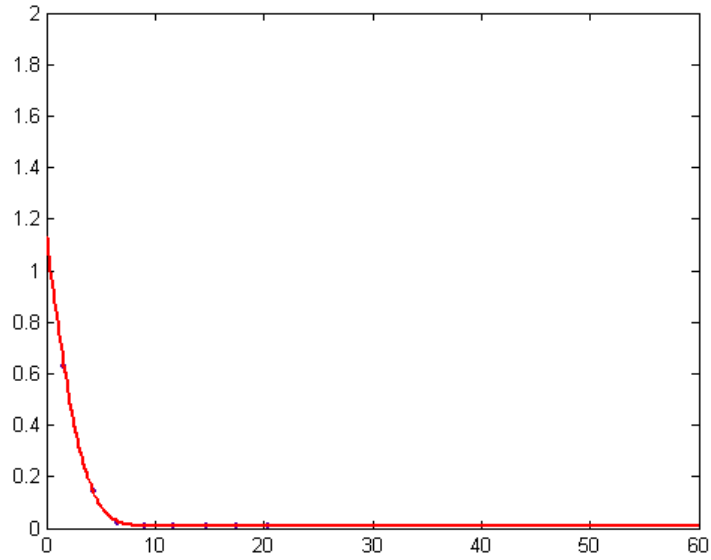
Şekil A.21 : UK 3 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.43 : UK - SD 1 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama Tabaka Kalınlığı (mm)	Cl konsantrasyonu (%ağırlık)
1,63	0,629
4,29	0,142
6,62	0,023
9,12	0,009
11,65	0,008
14,74	0,008
17,52	0,008
20,33	0,008
C_i	0,007

Çizelge A.44: UK - SD 1 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı.

$C_S(\%) =$	1,129
$D_E(m^2/s) =$	1,1649E-12
$C_r(\%) =$	0,050
$K_{Cr}(mm/\sqrt{yıl}) =$	15
$R^2 =$	0,9999



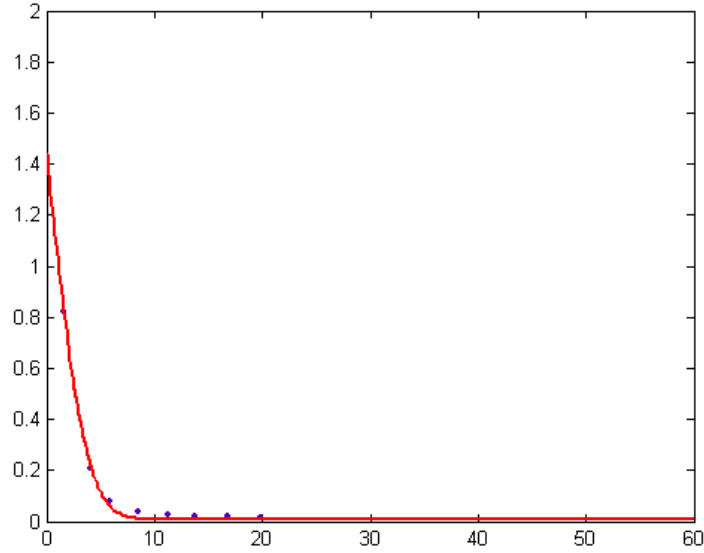
Şekil A.22 : UK - SD 1 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.45 : UK - SD 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı hesabında kullanılan tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama Tabaka Kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,61	0,823
4,06	0,208
5,92	0,081
8,48	0,038
11,27	0,027
13,81	0,023
16,73	0,020
19,84	0,017
C _i	0,007

Çizelge A.46 : UK - SD 2 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı.

C _S (%) =	1,439
D _E (m ² /s) =	1,2149E-12
C _r (%) =	0,050
K _{Cr} (mm/√yıl) =	15
R ² =	0,9956



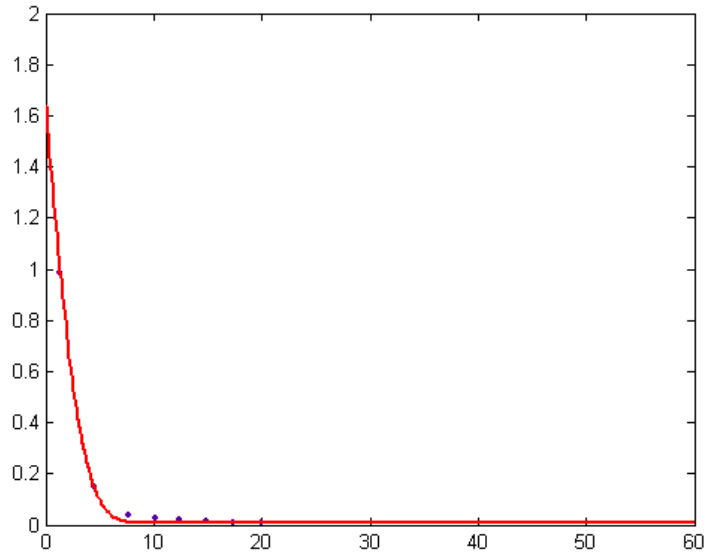
Şekil A.23 : UK - SD 2 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.47 : UK - SD 3 numaralı numunenin tabaka kalınlıkları ve klor konsantrasyonları.

Ortalama Tabaka Kalınlığı (mm)	Cl ⁻ konsantrasyonu (%ağırlık)
1,37	0,984
4,44	0,147
7,62	0,039
10,23	0,024
12,42	0,021
14,83	0,015
17,33	0,009
20,01	0,009
C _i	0,006

Çizelge A.48 : UK - SD 3 numaralı numunenin klor difüzyon katsayısı.

C _S (%) =	1,638
D _E (m ² /s) =	1,0143E-12
C _r (%) =	0,050
K _{Cr} (mm/√yıl) =	14
R ² =	0,9982



Şekil A.24 : UK - SD 3 numaralı numune için klor konsantrasyonu-etkilediği tabaka kalınlığı grafiği.

Çizelge A.49 : K20 Beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri.

Numune	Geçen Elektriksel Yük Miktarı (Coulomb)
1	1176
2	1532
3	1477
Ortalama Değer	1395

Çizelge A.50 : UK Beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri.

Numune	Geçen Elektriksel Yük Miktarı (Coulomb)
1	807
2	767
3	756
Ortalama Değer	777

Çizelge A.51 : K5 – K20 Beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri.

Numune	Geçen Elektriksel Yük Miktarı (Coulomb)
1	2136
2	2546
3	2264
Ortalama Değer	2315

Çizelge A.52 : UK – SD Beton numunelerinin hızlı klor deneyi sonuçları ve ortalama değeri.

Numune	Geçen Elektriksel Yük Miktarı (Coulomb)
1	114
2	101
3	114
Ortalama Değer	110

Çizelge A.53 : UK beton numunelerinin 1. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
	2660	2208	22,0	3454	2210	22,0	2247	2210	22,0
20	2674	2210	22,0	3460	2210	22,0	2252	2209	22,0
5	2681	2211	21,5	3469	2210	21,5	2261	2211	21,5
20	2671	2209	21,0	3454	2210	21,0	2244	2210	21,0
30	2656	2210	21,0	3442	2210	21,0	2234	2210	21,0
20	2664	2209	20,0	3448	2209	20,0	2244	2210	20,0
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	2748	2220	528	3520	2220	1300	2304	2218	86
5	2762	2222	540	3538	2220	1318	2322	2222	100
20	2742	2218	524	3508	2220	1288	2288	2220	68
30	2712	2220	492	3484	2220	1264	2268	2220	48
20	2728	2218	510	3496	2218	1278	2288	2220	68
Genleşme	0,000192385			0,000216433			0,000208417		
Termal Genleşme	7,69539E-06			8,65731E-06			8,33667E-06		
Ortalama	8,22979E-06								

Çizelge A.54 : UK beton numunelerinin 3. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	2664	2210	21,0	3450	2209	21,0	2243	2209	21,0
5	2673	2210	21,0	3462	2210	21,0	2256	2210	21,0
20	2663	2209	22,0	3453	2210	22,0	2244	2210	22,0
30	2653	2209	20,0	3442	2209	20,0	2234	2209	20,0
20	2662	2207	20,0	3449	2207	20,0	2243	2210	20,0
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	2728	2220	508	3500	2218	1282	2286	2218	68
5	2746	2220	526	3524	2220	1304	2312	2220	92
20	2726	2218	508	3506	2220	1286	2288	2220	68
30	2706	2218	488	3484	2218	1266	2268	2218	50
20	2724	2214	510	3498	2214	1284	2286	2220	66
Genleşme	0,000152305			0,000152305			0,000168337		
Termal genleşme	6,09218E-06			6,09218E-06			6,73347E-06		
Ortalama	6,30595E-06								

Çizelge A.55 : UK beton numunelerinin 7. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	2660	2207	20,4	3447	2207	20,4	2240	2207	20,4
5	2673	2210	20,7	3459	2210	20,7	2254	2210	20,7
20	2662	2208	20,6	3447	2208	20,6	2240	2208	20,6
30	2650	2209	21,0	3438	2208	21,0	2230	2208	21,0
20	2661	2209	20,7	3446	2208	20,7	2239	2209	20,7
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	2720	2214	506	3494	2214	1280	2280	2214	66
5	2746	2220	526	3518	2220	1298	2308	2220	88
20	2724	2216	508	3494	2216	1278	2280	2216	64
30	2700	2218	482	3476	2216	1260	2260	2216	44
20	2722	2218	504	3492	2216	1276	2278	2218	60
Genleşme	0,000176353			0,000152305			0,000176353		
Termal Genleşme	7,05411E-06			6,09218E-06			7,05411E-06		
Ortalama	6,73347E-06								

Çizelge A.56 : K20 beton numunelerinin 1. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	5470	6257	21,2	4677	6257	21,2	5410	6257	21,2
5	5478	6256	21,6	4684	6256	21,6	5415	6256	21,6
20	5469	6260	21,7	4679	6260	21,7	5409	6260	21,7
30	5463	6260	21,6	4673	6260	21,6	5402	6260	21,6
20	5468	6257	21,5	4679	6257	21,5	5409	6257	21,5
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	5540	6314	-774	4754	6314	-1560	10820	6314	4506
5	5556	6312	-756	4768	6312	-1544	10830	6312	4518
20	5538	6320	-782	4758	6320	-1562	10818	6320	4498
30	5526	6320	-794	4746	6320	-1574	10804	6320	4484
20	5536	6314	-778	4758	6314	-1556	10818	6314	4504
Genleşme	0,000152305			0,00012024			0,000136273		
Termal Genleşme	6,09218E-06			4,80962E-06			5,4509E-06		
Ortalama	5,4509E-06								

Çizelge A.57 : K20 beton numunelerinin 3. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	6448	7245	19,8	5458	7245	19,8	6282	7245	19,8
5	6461	7242	19,7	5473	7242	19,7	6296	7242	19,7
20	6447	7240	19,9	5456	7240	19,9	6282	7240	19,9
30	7036	7837	19,9	6047	7837	19,9	6872	7837	19,9
20	7042	7860	19,9	6083	7860	19,9	6883	7860	19,9
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	6496	7290	-794	5516	7290	-1774	12564	7290	5274
5	6522	7284	-762	5546	7284	-1738	12592	7284	5308
20	6494	7280	-786	5512	7280	-1768	12564	7280	5284
30	7072	7874	-802	6094	7874	-1780	13744	7874	5870
20	7084	7920	-836	6166	7920	-1754	13766	7920	5846
Genleşme	0,000160321			0,000168337			-0,002252505		
Termal Genleşme	6,41283E-06			6,73347E-06			-9,01002E-05		
Ortalama	6,57315E-06								

Çizelge A.58 : K20 beton numunelerinin 7. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	7069	7855	20,6	6074	7855	20,6	7003	7855	20,6
5	7072	7857	21,0	6084	7857	21,0	7011	7857	21,0
20	7066	7856	21,2	6072	7856	21,2	7004	7856	21,2
30	7062	7854	21,4	6070	7854	21,4	6892	7854	21,4
20	7084	7868	21,5	6088	7868	21,5	7011	7868	21,5
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	7138	7910	-772	6148	7910	-1762	14006	7910	6096
5	7144	7914	-770	6168	7914	-1746	14022	7914	6108
20	7132	7912	-780	6144	7912	-1768	14008	7912	6096
30	7124	7908	-784	6140	7908	-1768	13784	7908	5876
20	7168	7936	-768	6176	7936	-1760	14022	7936	6086
Genleşme	5,61122E-05			8,81764E-05			0,00092986		
Termal Genleşme	2,24449E-06			3,52705E-06			3,71944E-05		
Ortalama	1,4322E-05								

Çizelge A.59 : UK – SD beton numunelerinin 1. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
	2050	2229	22,5	3025	2229	22,5	2267	2229	22,5
20	2050	2229	22,7	3026	2229	22,7	2266	2229	22,7
5	2062	2225	22,4	3034	2225	22,4	2276	2225	22,4
20	2050	2223	-	3026	2223	-	2268	2223	-
30	2040	2224	-	3010	2224	-	2258	2224	-
20	2051	2225	-	3025	2225	-	2269	2226	-
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	2100	2258	-158	3052	2258	794	2332	2258	74
5	2124	2250	-126	3068	2250	818	2352	2250	102
20	2100	2246	-146	3052	2246	806	2336	2246	90
30	2080	2248	-168	3020	2248	772	2316	2248	68
20	2102	2250	-148	3050	2250	800	2338	2252	86
Genleşme	0,000168337			0,000184369			0,000136273		
Termal Genleşme	6,73347E-06			7,37475E-06			5,4509E-06		
Ortalama	6,51971E-06								

Çizelge A.60 : UK – SD beton numunelerinin 3. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	2050	2230	22,2	3022	2229	22,2	2266	2228	22,2
5	2061	2227	22,0	3032	2227	22,0	2275	2227	22,0
20	2049	2227	22,0	3024	2227	22,0	2267	2226	22,0
30	2039	2227	21,9	3011	2227	21,9	2258	2227	21,9
20	2050	2227	14,3	3023	2227	14,3	2268	2227	14,3
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	2100	2260	-160	3044	2258	786	2332	2256	76
5	2122	2254	-132	3064	2254	810	2350	2254	96
20	2098	2254	-156	3048	2254	794	2334	2252	82
30	2078	2254	-176	3022	2254	768	2316	2254	62
20	2100	2254	-154	3046	2254	792	2336	2254	82
Genleşme	0,000176353			0,000168337			0,000136273		
Termal Genleşme	7,05411E-06			6,73347E-06			5,4509E-06		
Ortalama	6,41283E-06								

Çizelge A.61 : UK – SD beton numunelerinin 7. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	2052	2227	22,0	3022	2227	22,0	2267	2227	22,0
5	2060	2226	21,8	3035	2226	21,8	2277	2226	21,8
20	2051	2227	22,6	3022	2227	22,6	2266	2227	22,6
30	2039	2228	22,5	3010	2228	22,5	2258	2228	22,5
20	2048	2228	22,5	2224	2228	22,5	2269	2228	22,5
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	2104	2254	-150	3044	2254	790	2334	2254	80
5	2120	2252	-132	3070	2252	818	2354	2252	102
20	2102	2254	-152	3044	2254	790	2332	2254	78
30	2078	2256	-178	3020	2256	764	2316	2256	60
20	2096	2256	-160	2248	2256	-8	2338	2256	82
Genleşme	0,000184369			0,000216433			0,000168337		
Termal Genleşme	7,37475E-06			8,65731E-06			6,73347E-06		
Ortalama	7,58851E-06								

Çizelge A.62 : K5 – K20 beton numunelerinin 1. gün termal genleşme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	7082	7855	20,5	7831	7855	20,5	7808	7855	20,5
5	7098	7870	20,3	7846	7870	20,3	7824	7870	20,3
20	7076	7858	20,5	7824	7858	20,5	7800	7858	20,5
30	7043	7836	20,6	7688	7836	20,6	7656	7836	20,6
20	7078	7824	20,4	7822	7824	20,4	7790	7824	20,4
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	7164	7910	-746	7862	7910	-48	15616	7910	7706
5	7196	7940	-744	7892	7940	-48	15648	7940	7708
20	7152	7916	-764	7848	7916	-68	15600	7916	7684
30	7086	7872	-786	7776	7872	-96	15312	7872	7440
20	7156	7848	-692	7844	7848	-4	15580	7848	7732
Genleşme	0,000168337			0,000192385			0,001074148		
Termal Genleşme	6,73347E-06			7,69539E-06			4,29659E-05		
Ortalama	1,91316E-05								

Çizelge A.63 : K5 – K20 beton numunelerinin 3. gün termal genişleme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	7055	7829	19,4	7802	7829	19,4	7671	7829	19,4
5	7062	7828	19,7	7810	7828	19,7	7680	7828	19,7
20	7048	7819	19,9	7696	7819	19,9	7666	7819	19,9
30	7040	7818	19,9	7685	7818	19,9	7656	7818	19,9
20	7049	7819	19,9	7695	7819	19,9	7667	7819	19,9
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	7110	7858	-748	7804	7858	-54	15342	7858	7484
5	7124	7856	-732	7820	7856	-36	15360	7856	7504
20	7096	7838	-742	7792	7838	-46	15332	7838	7494
30	7080	7836	-756	7770	7836	-66	15312	7836	7476
20	7098	7838	-740	7790	7838	-48	15334	7838	7496
Genleşme	9,61924E-05			0,00012024			0,000112224		
Termal Genleşme	3,8477E-06			4,80962E-06			4,48898E-06		
Ortalama	4,3821E-06								

Çizelge A.64 : K5 – K20 beton numunelerinin 7. gün termal genişleme sonuçları.

Sıcaklık (°C)	Numune 1			Numune 2			Numune 3		
	Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)			Okuma (2×10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)	Numune	Referans Okuma	T(°C)
20	7032	7697	20,6	7677	7697	20,6	7645	7697	20,6
5	7037	7696	21,0	7685	7696	21,0	7651	7696	21,0
20	7027	7697	21,2	7671	7697	21,2	7640	7697	21,2
30	7023	7698	21,4	7668	7698	21,4	7635	7698	21,4
20	7031	7698	21,5	7678	7698	21,5	7647	7698	21,5
Sıcaklık (°C)	Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)			Dönüştürülmüş Okuma (10^{-3} mm)		
	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL	Numune	Referans Okuma	ΔL
20	7064	7794	-730	7754	7794	-40	15290	7794	7496
5	7074	7792	-718	7770	7792	-22	15302	7792	7510
20	7054	7794	-740	7742	7794	-52	15280	7794	7486
30	7046	7796	-750	7736	7796	-60	15270	7796	7474
20	7062	7796	-734	7756	7796	-40	15294	7796	7498
Genleşme	0,000128257			0,000152305			0,000144289		
Termal Genleşme	5,13026E-06			6,09218E-06			5,77154E-06		
Ortalama	5,66466E-06								

Çizelge A.65 : K20 beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.

L(ç-ç) (mm)	Numune 1				Numune 2				Numune 3				
	236,09				236,74				235,09				
Gün	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	
	Numune	Referans	L		Numune	Referans	L		Numune	Referans	L		
İlk Ölçüm	5439	428	5,011		6164	428	5,736		4921	428	4,493		
19.06.2009	5618	434	5,184	0,00	6350	435	5,915	0,00	5103	437	4,666	0,00	
20.06.2009	1	5593	423	5,170	-0,01	6350	435	5,915	0,00	5103	437	4,666	0,00
22.06.2009	3	5590	423	5,167	-0,01	6315	423	5,892	-0,01	5069	423	4,646	-0,01
24.06.2009	5	5597	426	5,171	-0,01	6327	426	5,901	-0,01	5082	427	4,655	0,00
26.06.2009	7	5615	424	5,191	0,00	6340	424	5,916	0,00	5102	426	4,676	0,00
30.06.2009	11	5633	443	5,190	0,00	6360	443	5,917	0,00	5115	443	4,672	0,00
07.07.2009	18	5631	429	5,202	0,01	6360	429	5,931	0,01	5115	443	4,672	0,00
15.07.2009	26	5653	431	5,222	0,02	6380	431	5,949	0,01	5138	431	4,707	0,02
22.07.2009	33	5685	427	5,258	0,03	6401	427	5,974	0,02	5160	427	4,733	0,03
31.07.2009	42	5707	446	5,261	0,03	6434	446	5,988	0,03	5192	444	4,748	0,03
06.08.2009	48	5721	423	5,298	0,05	6439	423	6,016	0,04	5193	418	4,775	0,05
12.08.2009	54	5725	434	5,291	0,05	6460	434	6,026	0,05	5216	438	4,778	0,05
19.08.2009	61	5740	438	5,302	0,05	6463	438	6,025	0,05	5222	439	4,783	0,05
26.08.2009	68	5731	434	5,297	0,05	6456	434	6,022	0,05	5213	431	4,782	0,05
02.09.2009	75	5735	437	5,298	0,05	6465	437	6,028	0,05	5218	448	4,770	0,04
09.09.2009	82	5768	468	5,300	0,05	6496	468	6,028	0,05	5251	463	4,788	0,05
24.09.2009	97	5718	426	5,292	0,05	6450	426	6,024	0,05	5198	426	4,772	0,05
01.10.2009	104	5719	419	5,300	0,05	6450	419	6,031	0,05	5203	420	4,783	0,05
08.10.2009	111	5728	433	5,295	0,05	6456	433	6,023	0,05	5218	433	4,785	0,05
H/S	369/195					371/198				375/200			
Boy Değişimi (%)	0,04701597				0,04561967				0,05061891				
Ortalama Boy Değişimi (%)	0,05												

Çizelge A.66 : K5 - K20 beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.

L(ç-ç) (mm)		Numune 1				Numune 3				Numune 4			
		235,82				235,05				236,67			
Gün		Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)
		Numune	Referans	L		Numune	Referans	L		Numune	Referans	L	
İlk Ölçüm		5489	428	5,061		4669	428	4,241		5897	428	5,469	
19.06.2009		5668	437	5,231	0,00	4846	434	4,412	0,00	6078	434	5,644	0,00
20.06.2009	1	5638	422	5,216	-0,01	4816	423	4,393	-0,01	6045	423	5,622	-0,01
22.06.2009	3	5642	422	5,220	0,00	4815	422	4,393	-0,01	6049	422	5,627	-0,01
24.06.2009	5	5651	424	5,227	0,00	4825	424	4,401	0,00	6055	425	5,630	-0,01
26.06.2009	7	5671	426	5,245	0,01	4835	428	4,407	0,00	6075	428	5,647	0,00
30.06.2009	11	5687	443	5,244	0,01	4862	443	4,419	0,00	6092	443	5,649	0,00
07.07.2009	18	5692	430	5,262	0,01	4867	430	4,437	0,01	6098	430	5,668	0,01
15.07.2009	26	5707	430	5,277	0,02	4886	430	4,456	0,02	6113	431	5,682	0,02
22.07.2009	33	5722	429	5,293	0,03	4901	429	4,472	0,03	6122	429	5,693	0,02
31.07.2009	42	5757	444	5,313	0,03	4932	446	4,486	0,03	6161	446	5,715	0,03
06.08.2009	48	5756	421	5,335	0,04	4937	423	4,514	0,04	6162	423	5,739	0,04
12.08.2009	54	5770	436	5,334	0,04	4945	434	4,511	0,04	6175	434	5,741	0,04
19.08.2009	61	5783	437	5,346	0,05	4957	438	4,519	0,05	6187	438	5,749	0,04
26.08.2009	68	5780	437	5,343	0,05	4954	434	4,520	0,05	6183	434	5,749	0,04
02.09.2009	75	5790	456	5,334	0,04	4965	437	4,528	0,05	6195	437	5,758	0,05
09.09.2009	82	5820	469	5,351	0,05	4992	470	4,522	0,05	6218	470	5,748	0,04
24.09.2009	97	5757	425	5,332	0,04	4930	425	4,505	0,04	6163	425	5,738	0,04
01.10.2009	104	5767	417	5,350	0,05	4929	417	4,512	0,04	6158	417	5,741	0,04
08.10.2009	111	5762	425	5,337	0,04	4937	432	4,505	0,04	6171	433	5,738	0,04
H/S		401/222				401/221							
Boy Değişimi (%)		0,04494954				0,03956605				0,03971775			
Ortalama Boy Değişimi (%)		0,04											

Çizelge A.67 : UK Beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.

L(ç-ç)[mm]	Numune 1				Numune 3				Numune 4				
	233,63				234,72				235,98				
Gün	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	
	Numune	Referans	L		Numune	Referans	L		Numune	Referans	L		
İlk Ölçüm	3173	428	2,745		4457	428	4,029		5395	428	4,967		
19.06.2009	3348	430	2,918	0,00	4631	432	4,199	0,00	5575	434	5,141	0,00	
20.06.2009	1	3323	424	2,899	-0,01	4595	424	4,171	-0,01	5540	424	5,116	-0,01
22.06.2009	3	3322	423	2,899	-0,01	4600	423	4,177	-0,01	5543	423	5,120	-0,01
24.06.2009	5	3332	424	2,908	0,00	4604	424	4,180	-0,01	5548	424	5,124	-0,01
26.06.2009	7	3336	425	2,911	0,00	4611	426	4,185	-0,01	5554	426	5,128	-0,01
30.06.2009	11	3345	438	2,907	0,00	4620	438	4,182	-0,01	5565	440	5,125	-0,01
07.07.2009	18	3338	427	2,911	0,00	4613	428	4,185	-0,01	5561	429	5,132	0,00
15.07.2009	26	3340	430	2,910	0,00	4613	430	4,183	-0,01	5564	430	5,134	0,00
22.07.2009	33	3343	429	2,914	0,00	4621	429	4,192	0,00	5571	429	5,142	0,00
31.07.2009	42	3353	441	2,912	0,00	4633	444	4,189	0,00	5586	444	5,142	0,00
06.08.2009	48	3344	422	2,922	0,00	4632	421	4,211	0,01	5572	421	5,151	0,00
12.08.2009	54	3356	437	2,919	0,00	4632	436	4,196	0,00	5581	436	5,145	0,00
19.08.2009	61	3361	432	2,929	0,00	4648	437	4,211	0,01	5604	437	5,167	0,01
26.08.2009	68	3365	439	2,926	0,00	4646	437	4,209	0,00	5600	437	5,163	0,01
02.09.2009	75	3341	438	2,903	-0,01	4658	456	4,202	0,00	5608	456	5,152	0,00
09.09.2009	82	3397	471	2,926	0,00	4678	470	4,208	0,00	5640	470	5,170	0,01
24.09.2009	97	3334	423	2,911	0,00	4614	423	4,191	0,00	5581	423	5,158	0,01
01.10.2009	104	3352	426	2,926	0,00	4627	426	4,201	0,00	5568	426	5,142	0,00
08.10.2009	111	3353	433	2,920	0,00	4629	425	4,204	0,00	5574	425	5,149	0,00
H/S	359/189				365/192				358/189				
Boy Değişimi (%)	0,00085605				0,00213020				0,00339012				
Ortalama Boy Değişimi (%)	0,00												

Çizelge A.68 : UK – SD Beton numunesinin sülfat etkisi deney sonuçları.

(ç-ç)[mm]	Numune 1					Numune 2				Numune 4			
	233,92					235,82				234,87			
	Gün	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)	Okuma (10 ⁻³ mm)			Boy Değişimi (%)
Numune		Referans	L	Numune		Referans	L	Numune		Referans	L		
initial length	3665	427	3,238		5427	427	5,000		4496	427	4,069		
19.06.2009	3863	427	3,436	0,00	5621	427	5,194	0,00	4694	427	4,267	0,00	
20.06.2009	1	3832	422	3,410	-0,01	5590	422	5,168	-0,01	4661	422	4,239	-0,01
22.06.2009	3	3836	418	3,418	-0,01	5590	418	5,172	-0,01	4667	418	4,249	-0,01
24.06.2009	5	3841	420	3,421	-0,01	5595	421	5,174	-0,01	4671	423	4,248	-0,01
26.06.2009	7	3850	422	3,428	0,00	5600	422	5,178	-0,01	4678	423	4,255	-0,01
30.06.2009	11	3857	432	3,425	0,00	5605	433	5,172	-0,01	4692	438	4,254	-0,01
07.07.2009	18	3855	425	3,430	0,00	5600	426	5,174	-0,01	4687	427	4,260	0,00
15.07.2009	26	3862	425	3,437	0,00	5602	425	5,177	-0,01	4696	429	4,267	0,00
22.07.2009	33	3870	429	3,441	0,00	5607	429	5,178	-0,01	4701	429	4,272	0,00
31.07.2009	42	3867	435	3,432	0,00	5619	435	5,184	0,00	4721	441	4,280	0,01
06.08.2009	48	3865	415	3,450	0,01	5618	415	5,203	0,00	4708	422	4,286	0,01
12.08.2009	54	3875	441	3,434	0,00	5624	441	5,183	0,00	4726	437	4,289	0,01
19.08.2009	61	3895	440	3,455	0,01	5628	440	5,188	0,00	4731	432	4,299	0,01
26.08.2009	68	3891	435	3,456	0,01	5626	435	5,191	0,00	4727	439	4,288	0,01
02.09.2009	75	3895	453	3,442	0,00	5625	453	5,172	-0,01	4720	449	4,271	0,00
09.09.2009	82	3926	468	3,458	0,01	5668	468	5,200	0,00	4766	471	4,295	0,01
24.09.2009	97	3863	420	3,443	0,00	5604	420	5,184	0,00	4709	420	4,289	0,01
01.10.2009	104	3876	434	3,442	0,00	5619	434	5,185	0,00	4720	430	4,290	0,01
08.10.2009	111	3888	426	3,462	0,01	5624	429	5,195	0,00	4743	433	4,310	0,02
H/S	343/178					353/183				336/174			
Boy Değişimi (%)	0,01111491					0,00042405					0,01830800		
Ortalama Boy Değişimi (%)	0,01												

Çizelge A.69 : Sülfat etkisine maruz bırakılan küp numunelerin basınç dayanımı sonuçları.

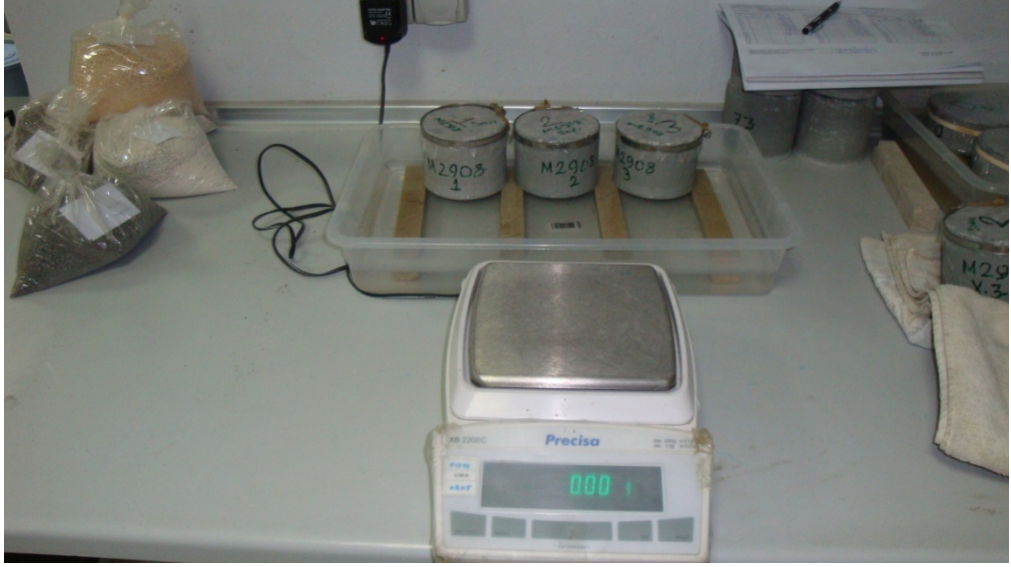
	1 Günlük Basınç Değeri (Mpa)	3 Günlük Basınç Değeri (Mpa)
UK-SD	8,75	22,2
UK	7,49	21,47
K5-K20	7,82	20,67
K20	10,53	20,93



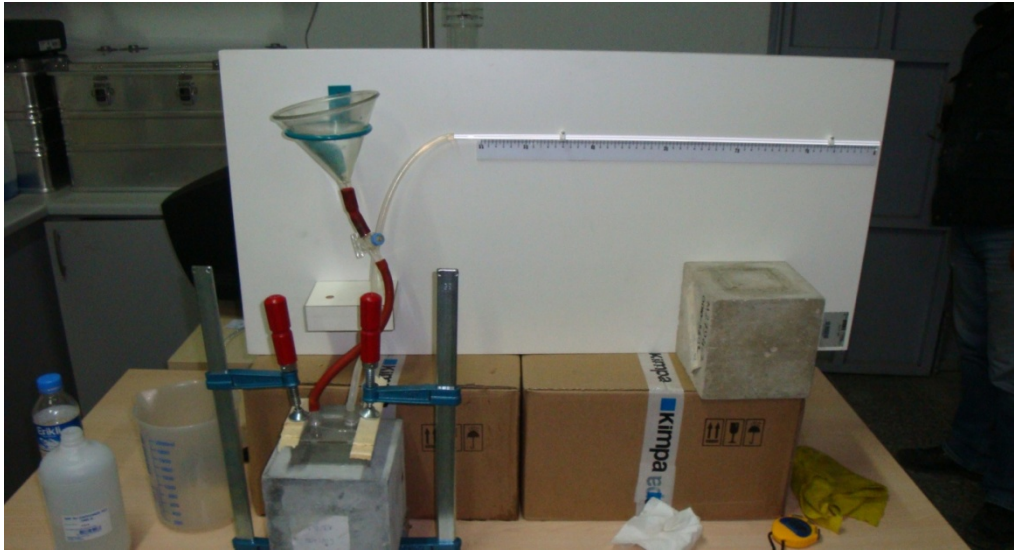
Şekil A.25 : Çökme kontrolü deneyi.



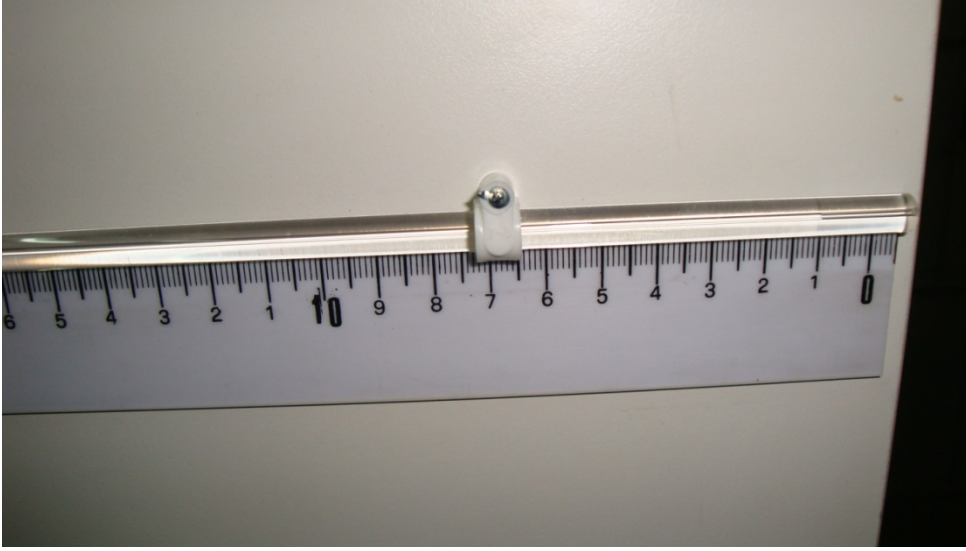
Şekil A.26 : Yayılma kontrolü deneyi.



Şekil A.27 : Kılcal su emme deneyinde kullanılan hassas terazi ve deney numuneleri.



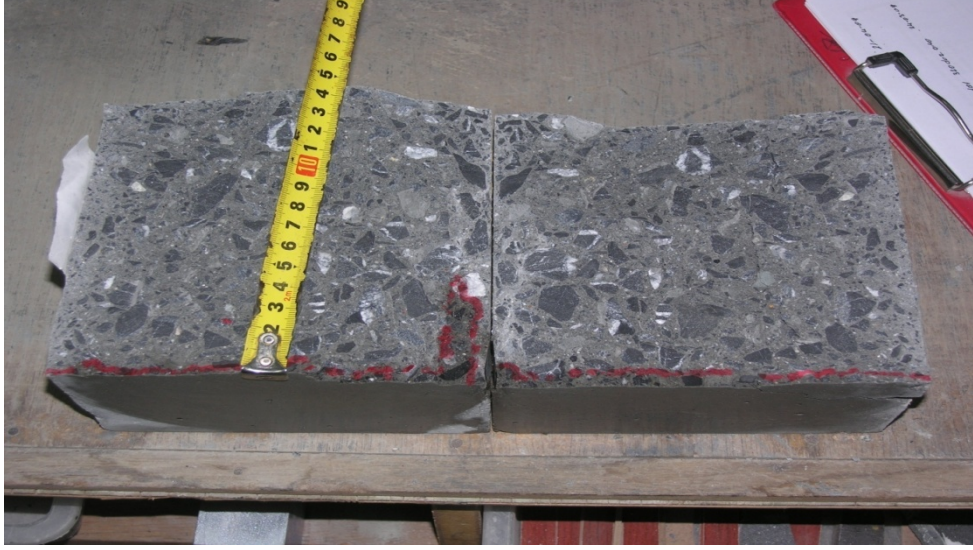
Şekil A.28 : Yüzey absorpsiyonu ölçümü deney düzeneği.



Şekil A.29 : Kapiler boru üzerinde suyun ilerleme fotoğrafı.



Şekil A.30 : Basınçlı su deney düzeneği fotoğrafı.



Şekil A.31 : Deney sonucunda yarılan numune üzerinde derinlik ölçümü.



Şekil A.32 : Spiral el aleti fotoğrafı

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Mustafa AKIN

Doğum Yeri ve Tarihi: Eskişehir / 27.03.1984

Adres : İki Eylül Caddesi Ertuğrul Bey Sokak Akın İşhanı No:18/1 Eskişehir

Lisans : İnşaat Mühendisliği Bölümü / İstanbul Teknik Üniversitesi