

**BETON KİLİT TAŞLARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE
ALTERNATİF ÜRETİMİN ARAŞTIRILMASI**

Mustafa SEMİZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2006
ANKARA**

Mustafa SEMİZ tarafından hazırlanan BETON KİLİT TAŞLARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE ALTERNATİF ÜRETİMİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Sıddık ŞENER

Üye : Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK

Üye : Prof. Dr. Metin ARSLAN

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**BETON KİLİT TAŞLARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE ALTERNATİF
ÜRETİMİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Mustafa SEMİZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ocak 2006

ÖZET

Bu çalışmada, Ankara kent içi çevre düzenlemesinde kullanılan beton kilit taşlarının fiziksel özellikleri ve alternatif üretimi araştırılmıştır.

Ankara’da beton kilit taşı üretimi yapan dört firmadan alınan 72 adet ve alternatif olarak üretilen 80 adet beton kilit taşına biçim ve boyut muayenesi, yarmada çekme dayanımı, aşınma dayanımı ve su emme oranı tayini deneyleri yapılmıştır.

Alternatif beton kilit taşı üretiminde sıkıştırma süresi değişken olarak alınmıştır. Beton kilit taşları 4, 6, 8 ve 10 sn titreşim uygulanarak üretilmiştir. Ayrıca, Ankara’nın cadde ve sokaklarında görülen bozulmuş ve hasara uğramış beton kilit taşı örnekleri yerinde incelenmiştir.

Sonuç olarak, 8 ve 10 sn titreşim uygulanarak üretilen beton kilit taşları 4 ve 6 sn titreşim uygulanarak üretilenlere göre bütün deneylerde daha iyi sonuçlar vermiştir. Alternatif beton kilit taşı üretiminde 8 ve 10 sn titreşim uygulanmış numunelerin deney sonuçlarının standartta belirtilen değerlere uygun olduğu ancak sonuçların piyasada üretim yapan iki firmadan daha düşük olduğu görülmüştür.

Bilim Kodu : 714.3.035
Anahtar Kelimeler : Beton kilit taşları, Deneyler ve Fiziksel özellikler
Sayfa Adedi : 53
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK

**RESEARCH OF THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE
KEYSTONE AND ALTERNATIVE PRODUCTION**

(M. Sc. Thesis)

Mustafa SEMİZ

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2006

ABSTRACT

The physical characteristics and alternative production of concrete keystones which are used in Ankara urban environmental layout is researched in this study.

The experiments for the determination of the shape and dimensions, splitting tensile strength, abrasion resistance and water absorption ratio on the 72 number of concrete keystones obtained from the four different firms that produce concrete keystones and the 80 number of alternative concrete keystones has been carried out.

In alternative concrete keystone production, the period of compaction is taken as variable. The concrete keystones are produced by applying vibrations of 4, 6, 8 and 10 sec. In addition the veathered and damaged concrete keystone examples seen in the Ankara streets are examined.

Consequently, concrete keystones produced by applying 8 and 10 sec. vibrations, gave better results in all testes, compared to concrete keystones produced applying 4 and 6 sec. vibrations. In alternative concrete keystone production, it is seen that the experiment results of the samples, which are exposed to 8 and 10 seconds vibrations, are compatible with the values specified in the standard, however the values are lower compered to the products of two firms.

Science Code : 714.3.035

Key Words :Concrete Keystones, Experiments and Physical characteristics

Page Number : 53

Adviser : Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca bilgi, tecrübe, öneri ve yönlendirmeleriyle göstermiő olduğu yardımlarından ve anlayıőından dolayı danıőman Hocam sayın Prof. Dr. M. Haluk ÇELİK'e ve bana sağladığı her türlü yardım ve destekten dolayı değerli Hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK'e, bana sağladığı her türlü yardım ve destekten dolayı Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı Araştırma Görevlileri Dr. Serkan SUBAŐI'na, Mustafa DAYI'ya ve Gökhan DURMUŐ'a, bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan Yük. İnő. Müh. Latif Onur UğUR'a, çalıőmamda bana yapım aşamasında yardım eden arkadaőım Murat YAZICI ve Ahmet ALDOğAN'a, fikir ve düőünceleriyle bana destek olan arkadaőlarıma, anlayıőlarından dolayı firma yetkililerine teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Doğal Parke Taşları.....	4
2.2. Yapay (Beton) Parke Taşları.....	5
2.3. Kilitli Beton Parke Kaplamalar ve Beklenen Özellikler.....	7
2.3.1. Kilit taşı yapımında kullanılan betonun teknik özellikleri.....	8
2.4. Kilitli Beton Parkelerin Çeşitli Özellikleri.....	11
2.5. Kilitli Beton Parke Üstyapıların Projelendirilmesi ve Yapımı	12
2.5.1. Projelendirme	12
2.5.2. Beton parke yolları yapımı.....	15
2.6. Malzeme Seçimi.....	17
2.7. Kilitli Beton Parke Taşlarında Görülen Bozulmalar.....	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Çimento.....	20
3.1.2. Agregalar.....	20

	Sayfa
3.1.3. Karışım suyu	20
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Beton kilit taşı üretimi	22
3.2.2. Beton kilit taşı numunelerine uygulanan deneyler.....	26
4. DENEYSEL BULGULAR ve TARTIŞMA	34
4.1. Çalışma Boyutunun Ölçülmesi ve Boyut Muayenesi	35
4.2. Yarmada Çekme Dayanımı	37
4.3. Aşınma Dayanımı.....	38
4.4. Su Emme Oranı Tayini	40
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	48
5.1. Sonuçlar	48
5.2. Öneriler	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	53

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Doğal parke taşı çeşitleri ve boyutları	5
Çizelge 2.2. Kilitli parke taşı boyutları	6
Çizelge 2.3. Kullanım sınıfları	13
Çizelge 2.4. Taban zemini taşıma gücü	13
Çizelge 2.5. Sıkıştırılmış kırmataş temel kalınlıkları.....	14
Çizelge 2.6. Temel malzemelerinin eşdeğer kalınlıkları.....	14
Çizelge 2.7. Beton parke kaplama ve kum yatak kalınlığı.....	14
Çizelge 2.8. Kum tabakası granülometresi	16
Çizelge 3.1. Çimentonun özellikleri.....	21
Çizelge 3.2. Agregaların fiziksel özellikleri.....	21
Çizelge 3.3. Agrega tane dağılımı.....	22
Çizelge 3.4. Beton karışımına giren malzeme miktarları.....	23
Çizelge 3.5. k düzeltme katsayısı	29
Çizelge 4.1. Çalışma boyutunun ölçülmesi ve boyut muayenesi.....	35
Çizelge 4.2. Yarmada çekme dayanımı değerleri	37
Çizelge 4.3. Aşınma dayanımı değerleri	39
Çizelge 4.4. Su emme oranı tayini değerleri	41
Çizelge 4.5. X firmasının deney sonuçları	43
Çizelge 4.6. Y firmasının deney sonuçları	44
Çizelge 4.7. Z firmasının deney sonuçları	45
Çizelge 4.8. T firmasının deney sonuçları	45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kilitli parke taşı	6
Şekil 2.2. Kaliteli kilit taşının özellikleri ve etkileyen faktörler	11
Şekil 2.3. Kilitli beton parke kaplamalı yolun en kesiti.....	17
Şekil 3.1. Kullanılan agreganın tane dağılımı eğrisi	22
Şekil 3.2. Yarmada çekme dayanımı deney prensibi	27
Şekil 4.1. Yarmada çekme dayanımı grup ortalamaları grafiği	38
Şekil 4.2. Aşınma dayanımı ile titreşim süresi arasındaki ilişki	40
Şekil 4.3. Su emme ortalamaları grup ortalaması grafiği	42
Şekil 4.4. 6 sn titreşim uygulanan numunelerin karşılaştırılması	46
Şekil 4.5. 8 sn titreşim uygulanan numunelerin karşılaştırılması	47

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Beton kilit taşı üretim şekli.....	24
Resim 3.2. Alternatif olarak üretilen beton kilit taşları.....	24
Resim 3.3. Ankara’da üretim yapan bir firmadan görünüm	25
Resim 3.4. Yüzeyleri aşınmış beton kilit taşları	26
Resim 3.5. Aşındırma makinesi prensibi	30
Resim 3.6. Aşınma deneyine tabi tutulan numuneler	31

1. GİRİŞ

Ankara; Türkiye Cumhuriyeti Devletinin Başkenti, nüfus, öğretim ve kültür etkinlikleri bakımından Türkiye'nin ikinci büyük kentidir. Ankara Büyükşehir belediye sınırları içinde 2000 yılı sayımına göre 4 007 860 insan yaşamaktadır. Yüzölçümü 25 401,94 km² olan Ankara'da yıllık nüfus artış hızı % 21,37 ve nüfus yoğunluğu da 163 kişidir. Ankara, kentleşme sürecinin en hızlı yaşandığı bölgelerdendir. Genellikle kara ikliminin hüküm sürdüğü Ankara'da farklı iklimler vardır. Ankara ilinin kışları çok yağışlı ve yazları da çok sıcaktır. Yıllık ısı değişikliği + 40,8 °C ile - 24,9 °C arasında değişmektedir. Ortalama yağış 300 mm ile 540 mm arasında, havadaki nem oranı ise % 40–79 arasında değişmektedir. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Ortalama karlı gün sayısı yılda bir ayı geçmemektedir. En yüksek sıcaklık + 40 °C olarak Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise - 24,9 °C olarak Ocak ayında gerçekleşmiştir (1).

Ülkemizde hızlı kentleşme, 1960'lı yıllardan itibaren artarak ve giderek toplumsal bir sorun olarak önem kazanmaya başlamıştır. 1970'li yıllarından sonra belediyelerin alt yapı ve hizmetler konusunda giderek artan aksaklıkları ile gelişmelere ayak uyduramadıkları gözlenmektedir. Yerel yönetimlerin son dönemlerdeki yoğun uygulamalarına rağmen, standartsızlık, gerek kalite gerekse çevreye ait alt yapı ile uyumsuzluğun önemli bir nedeni olarak ortaya çıkmaktadır. Kentlerimizde özellikle belediyelerce ve ilgili kuruluşlarca gerçekleştirilen uygulamaların önem kazandığı bu dönemde, kentsel çevrenin biçimlenmesinde ürünlerin çevreyle ve alt yapıyla bütünleşmesinde standartlaşmanın önemi açıktır. Standartlaşmanın olmadığı uygulamaların getireceği zaman, malzeme ve iş gücü kayıplarının ekonomik olarak değeri, harcamaları katlar niteliktedir. Kentsel çevrenin sağlıklı bir alt yapıya kavuşmasında, kullanıcı kitlenin eğitimi ve kültürel birikimi de bu süreçlerin sağlıklı gelişmesinde çok önemli rol oynamaktadır (2).

Bir kent, parkları, bahçeleri, dinlenme yerleri ve kaldırımları ile insanlara günlük yaşamlarında kolaylık, huzur ve aynı zamanda da estetik duygular vermelidir. Ayrıca bir kentin bireylere kolaylık sağlayan, rahatlık veren ve estetik duygularını

karşılamanın, adeta zinet eşyaları ile bezenmiş süslü köşeleri de olmak zorundadır. Öte yandan sağlıklı, estetik ve kullanışlı kentsel alanlar, Türk halkının da Ankara halkının da doğal ihtiyacıdır. Bu ortamı sağlamak için tüm ilgili eğitimcilerin, tasarımcıların, yapımcıların ve uygulayıcıların uyumlu bir koordinasyon içinde çalışmaları gerekmektedir (2).

Parke yol yapımı Romalılar döneminden beri kullanıla gelmiş bir üstyapı tipidir. Hidrokarbonlu bağlayıcıların (asfalt, katran, vb.) kullanımı öncesinde taş parke kaplama uygulaması, dayanıklı, temiz ve tekerlek yuvarlanmasına elverişli bir yüzey oluşturma yönleri ile tek çözüm olmuştur. Önceleri, çok iri boyuttaki taşların yol yüzeyine kaplama olarak serilmesi ile oluşturulan yollar daha sonra yüzey düzgünlüğünün de aranması ile daha düzgün üst yüzeye sahip taşlarla kaplanmaya başlamıştır. Ülkemizde “Arnavut Kaldırımı” olarak tabir edilen bu tip kaplamalı yollara, hala birçok yerde rastlamak mümkündür. Zamanla estetiğin ve düzgünlüğün daha fazla istenmesi sonucu, belirli bir işçilik isteyen düzgün boyutlu doğal taş malzemeli parke taşları kullanılmaya başlamıştır. Fakat doğal kaynaklardan sağlanan taş parkelerin üretim işçiliğinin giderek yoğunlaşan talep karşısında uzun zaman alması ve yüksek maliyete ulaşması taş parke kaplamaların üstün özelliklerini taşıyan prefabrike parke yol malzemelerinin araştırılması için gerekçe oluşturmuş ve buna ortam sağlamıştır. Birbirine kenetlenmiş rijit parçalardan oluşması nedeni ile rijit kaplama kategorisine yaklaşan prefabrike beton parkeleri buna karşılık alttaki tabakalara dokunma yüzeyleri sayesinde yükü bu tabakalara iletme yönüyle elastik davranış göstermekte ve esnek kaplama niteliği de gösterebilmektedir. Bu nedenle kilitli beton parke kaplamalara, bazen asfalt bazen de beton kaplamaya yaklaşma nedeni ile rijit ve esnek kaplamalar arasında bir yer vermek olasıdır (3).

Dış mekanların en çok kullanılan parke taşı olan Kilitli Parke Taşı, alışılmış biçimiyle dış zeminlerin vazgeçilmez döşeme taşı olarak kendini kanıtlamıştır. Bir çok toplu konut alanlarında rahatlıkla kullanılan ve her türlü mimariye uyum gösteren Kilitli Parke Taşı, sağlamlığının yanı sıra dekoratif görünümüyle de ihtiyacınıza en iyi ve en ucuz şekilde cevap verebilmektedir. Özellikle şehir içi yol ve trotuar kaplamalarında, sanayi alan ve yollarında, araç park alanlarında, ticari

merkezlerde, fabrika çevreleri ve benzeri yoğun çalışmalara maruz kalan bölgelerde yıllarca bozulmadan kullanılabilen Kilitli Parke Taşı, muhtelif renk seçenekleri sayesinde mekanlara kolaylıkla uyum sağlamaktadır (4).

Ankara Büyük Şehir Belediyesinin sınırlı kaynakları ile yapılan bu güzelleştirme çabaları, ne yazık ki, kullanılan yapı elemanlarının standartsızlığı, teknik yetersizliği ve kalitesizliği vb. nedenlerle birkaç yıl sonra, hoş olmayan görüntülere dönüşmüştür. Daha 5–6 yıl önce yapılan kaldırımlar delik deşik olmuş, beton kaplama taşları bozulmuş, dökülmüş, kırılmış ve hatta birçoğu işlevini yapamaz hale gelmiştir. Bu durum büyük bir kaynak ve emek israfının yanı sıra başkentte yaşayan halkı hoş olmayan görüntüsü ile rahatsız eder hale gelmiştir. Bu çalışmada; başkente yakışmayan bu kötü görünüme neden olan, “Beton Kilit Taşlarının” kusurlarının ve hasarlarının nedenlerini araştırma, beton kilit taşlarının fiziksel özelliklerini belirleme ve alternatif beton kilit taşı üretimi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Beton kilit taşları; TS 2824'de belirtildiği üzere yaya yolu, meydan, bisiklet yolu, otopark, yol, karayolu, endüstriyel saha, uçak alanı kaplaması, otobüs durağı ve petrol dolum istasyonlarında uygulanabilmektedir (5). Beton kilit taşları kullanılacağı alana elverişli doğal taşlardan veya uygun karışım hazırlanarak hazır veya yerinde dökme olarak üretilmektedir. Parke taşları doğal ve yapay (beton) parke taşları olmak üzere ikiye ayrılırlar.

2.1. Doğal Parke Taşları

Doğal parke taşları; granit, bazalt, diyorit, diyabaz, melafir, gabro, grovak ve benzeri taşlardan küp veya prizmaya yakın şekilde kırılarak imal edilen, yol, meydan, park ve benzeri yerlere döşenen taşlardır (6).

Doğal parke taşları, özelliklerine göre; I. sınıf ve II. sınıf olmak üzere iki sınıfa ayrılır. I. sınıf parke taşları boyutlarına göre; Büyük Parke Taşları (BPT), Küçük Parke Taşları (KPT), Mozaik Parke Taşları (MPT) olarak sınıflandırılırlar. II. sınıf parke taşları boyutlarına göre; Büyük Parke Taşları (BPT), Küçük Parke Taşları (KPT) olarak sınıflandırılırlar (Çizelge 2.1) (7).

Boyut toleransları, büyük parke taşlarının I. ve II. sınıflarında \pm % 10, küçük parke taşlarının I. sınıfında \pm % 10, II. sınıfında ise \pm % 15 ve mozaik parke taşlarında da \pm % 10'a kadardır. Büyük parke taşları, biçim ve boyutlarına göre; parke taşları ve bağlayıcı parke taşları olmak üzere iki tipe ayrılırlar. Bağlayıcı parke taşları, her sıranın başında ve sonunda kullanılan ve boyları büyük parke taşlarının takribi 1,5 katı olan taşlardır. Parke taşları diğer özellikleri ve deney sonuçları itibariyle TS 2809'a uygun olmalıdır (7).

Çizelge 2.1. Doğal parke taşı çeşitleri ve boyutları

	Büyüklik	En	Boy	Yükseklik
Büyük parke taşı boyutları (BPT) (mm)	1 / 2	160	160–120	160
	3 / 4	140	140–200	150
	5	120	120–180	130
Küçük parke taşı boyutları (KPT) (mm)	1	60	60	60
	2	50	50	50
	3	40	40	40
Mozaik parke taşı boyutları (MPT) (mm)	1	60	60	60
	2	50	50	50
	3	40	40	40

ASTM standardına göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılacak doğal parke taşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri ve öngörülen değerleri aşağıda gösterildiği gibidir (6).

- ✓ Ağırlıkça su emme oranı maksimum % 0,40,
- ✓ Yoğunluk 2560 kg/m³,
- ✓ Basınç dayanımı minimum 131 MPa,
- ✓ Eğilme dayanımı minimum 10,34 MPa'dır.

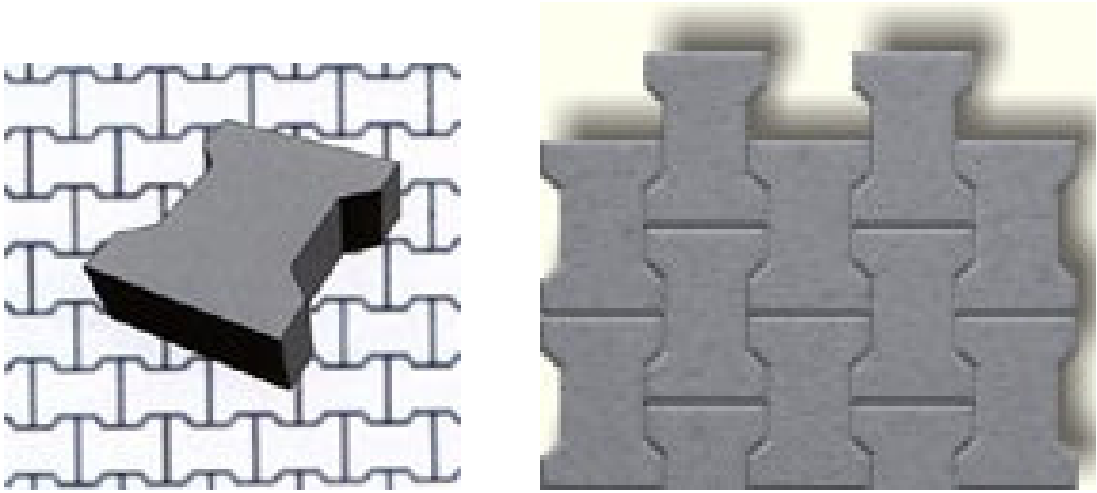
Doğal parke taşları konumuzun dışında olduğundan bu konuda daha fazla detaya girilmeyecektir.

2.2. Yapay (Beton) Parke Taşları

Beton kilit taşları; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ve beton parke makinesi vasıtasıyla üretilen yapı elemanlarıdır. Yapay (beton) parke taşları; kilitli parke taşı, küp parke taşı, damla taşı, S tipi tırtıl parke taşı, süper dekor parke taşı, kupa parke taşı, yelpaze parke taşı, beşgen parke taşı, kare parke taşı, baklava parke taşı, delta parke taşı, çim dekor parke taşı, yapraktaş, çimtaş ve yuvarlak çimtaş olarak sınıflandırılabilirler. Bu çalışmada "T" şeklindeki beton kilit taşı yani kilitli parke taşı incelenecektir. Kilitli parke taşı Şekil 2.1'de ve boyutları da Çizelge 2.2'de görülmektedir.

Çizelge 2.2. Kilitli parke taşı boyutları

BOYUTLAR			Adet/m ²	AĞIRLIK	
Genişlik	Uzunluk	Yükseklik		kg/adet	kg/m ²
16,3	19,8	10	36	5,8	210
16,3	19,8	8	36	4,8	173
16,3	19,8	6	36	3,8	135



Şekil 2.1. Kilitli parke taşı

2005 yılı için yapılan hesaplamalara göre 1 m² parke taşı döşemenin maliyeti 7–8 Yeni Türk Lirası arasında değişmektedir. 1 m² asfalt dökmek için harcanan miktar ise en az 17–18 YTL’yi bulmaktadır. 1 km’lik asfalt 3–4 kişilik bir ekip ve makine ile gerçekleştirilirken, aynı mesafenin parke yol yapımında en az 30 kişinin çalışması gerekmektedir. Bazı kuruluşlar, % 50’den fazla olan maliyet avantajının 50 000 kişilik istihdamı rahatlıkla karşılayabileceğini savunmaktadır ve değişik kuruluşlar ortaya koymuşlardır ki, ortalama 15 cm kalınlığında 1 km’lik tek yön asfalt bir yol için 250 000–300 000 YTL harcanırken, aynı yolun parke taş döşenmesi halinde 150 000–200 000 YTL’yi geçmeyeceğini belirtmişlerdir (8).

2.3. Kilitli Beton Parke Kaplamalar ve Beklenen Özellikler

Birinci bölümde belirtilen gerekçeler, mühendisleri, doğal taş parke kaplamaların üstün özelliklerini taşıyan prefabrike parke malzemesinin araştırılmasına ve üretimine yöneltmiştir. Bu nedenle de;

- ✓ Motorlu taşıt trafiğine açık cadde, sokak, meydan ve park yerlerinde,
- ✓ Fabrika döşemelerinde,
- ✓ Yaya kaldırımı ve yaya yollarında,
- ✓ Yeşil alanlarda,
- ✓ Yüzeysel suların drenajında, kullanılabilen prefabrike beton yol elemanları ortaya çıkmıştır (3).

Beton parke elemanların gerek dünyada gerekse ülkemizde kullanımının giderek artmakta olduğu ve daha da artacağı düşünülmektedir. Çünkü bu tip kilitli beton parke kaplamaların aşağıda sıralanan bir çok üstün özelliği ve avantajı bulunmaktadır;

- ✓ Fabrikada üretildiği için direnci yüksek agrega kullanmak, betonun kalitesini iyileştirmek, sonuç olarak da mekanik direnci yüksek bir kaplama elde etmek mümkündür.
- ✓ Prefabrike parke elemanlar, boyut açısından hassas ölçülerle üretilir.
- ✓ Üretim hız ve kapasiteleri yüksektir.
- ✓ Yerli malzeme kullanımı ile ekonomik bir malzemedir.
- ✓ Yol, kaplamanın yapımından hemen sonra trafiğe açılabilir. Oysa bu süre beton asfalt kaplamalı yollarda birkaç saat, beton yollarda ise birkaç haftadır.
- ✓ Kaplamanın yapımı atmosfer koşullarından etkilenmemektedir. Her türlü hava koşulunda bu kaplamanın yapımı gerçekleştirilebilir. Oysa, örneğin beton asfalt kaplama, sadece sıcak ve kuru havada uygulanabilmekte, beton kaplama için ise yağışsız bir hava istenmektedir.
- ✓ Düzgün yüzeyleri sayesinde taşıtlar ve yolcular için istenen konforu sağlayabilmektedir. Taşıtların fren uzunluğu üzerinde etkili olan kayma sürtünme katsayısı, diğer kaplamalarda görülen değerlerdedir. Bu nedenle de güvenlidir.

- ✓ Parkelerin yan yana getirilmesinde birbirine uyum sağlayan girinti ve çıkıntılar taşıtların frenlenmesinden veya hızlanmasından doğan yatay kayma gerilmelerini, kolayca ve kırılmadan aktarabilmektedir.
- ✓ Don etkisine duyarlı değildir.
- ✓ Yol yüzeyine dökülebilecek yağ, mazot, benzin, asit vb. gibi kimyasal maddelerden etkilenmez ve bunlara dayanıklıdır.
- ✓ Su, telefon, elektrik, kanalizasyon vb. gibi altyapı çalışmalarının malzeme kaybı olmadan kolaylıkla yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bozulan yüzeyin aynı malzeme ile onarılması mümkündür ve kolaylıkla yapılabilir.
- ✓ Çeşitli renk ve değişik geometrik şekillerde üretilebilir. Bu nedenle mekanların çeşitli renk ve desenlerde döşenmesi, mekan sınırlarının çizilmesi, trafik işaretlerinin belirlenmesi, çevreye estetik yönden uyum sağlanması, ayrıca kendi başına estetik elemanı durumunda bulunması, önemli bir avantaj ve üstünlük olarak sayılmaktadır.
- ✓ Beton yollarda derzlerin kontrolü ve derz dolgularının değişiminin 4–5 yılda yapılması gerekir. Asfalt yollarda ise ortaya çıkabilecek çatlama, çukurlaşma veya ayrışımından ileri gelen bozuklukların onarımı daha kısa periyotlarda yapılması gerekmektedir. Oysa kilitli beton parke kaplamanın, yapım sonrasında itibaren 25 yıl boyunca bakım gerektirmediği saptanmıştır (3).

Bu üstünlük ve avantajlarının yanında, kilitli beton parke kaplamaların yapımı için bu işte kalifiye bir ekibe gereksinim duyulması, ilerleme hızının da yine bu ekibin çalışma hızına bağlı kalması, herhangi bir alt yapı onarımı sonrasında veya üstyapı onarımında yine böylesi kalifiye bir ekibe gereksinim duyulması, şehir içi yollar için son derece uygun bir kaplama türü olmasına karşılık çok daha büyük uzunluğa sahip şehirler arası yollarda, yapım hızı sebebi ile pratik ve ekonomik olmaması gibi faktörler, bu kaplama tipinin zayıf taraflarını oluşturmaktadır (3).

2.3.1. Kilit taşı yapımında kullanılan betonun teknik özellikleri

Beton kilit taşları; çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belirli oranlarda karıştırılması ve beton parke makinesi vasıtasıyla üretilen, başlangıçta

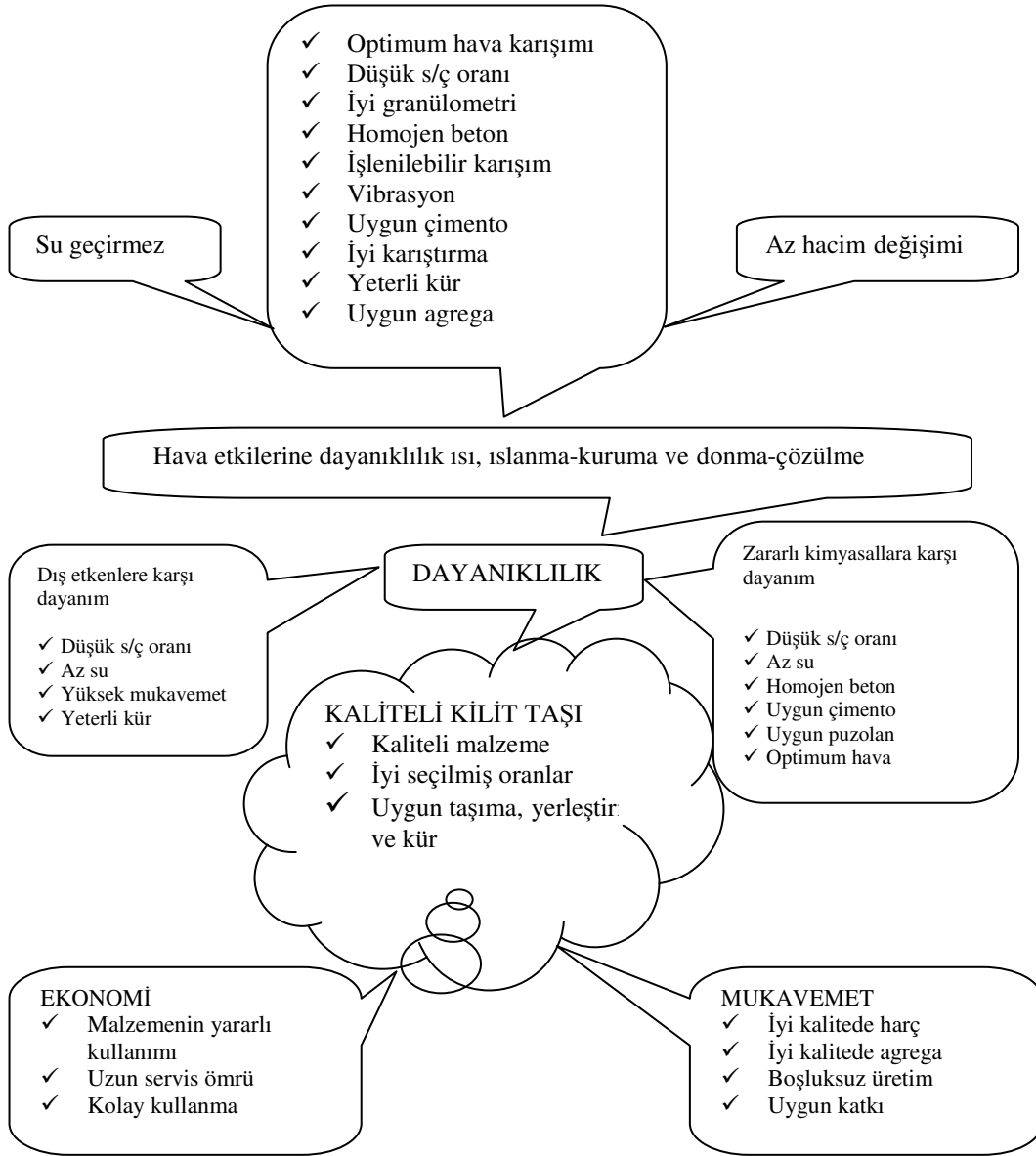
plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidrasyonu nedeniyle katılaşıp sertleşen bir yapı malzemesidir (9). Çimentolar, hidrolik bağlayıcı maddeler olup, gerek kendi başına gerekse yanı sıra katılan kum, çakıl, kırmataş gibi malzemelerle birlikte su ile karıştırılıp hamur haline getirildikten sonra hem havada hem de su içinde yavaş yavaş sertleşerek taş haline dönüşürler. Çimentonun ana maddeleri kalker, kil, alçı taşı (% 3 - % 6 oranında), silisli kumdur (10). Bütün yapı şartnamelerinde olduğu gibi, beton parke taşlarında da kural olarak Türk standartlarına uygun çimento kullanılması kaydı bulunmaktadır (5). Betonun oluşmasında en büyük rolü üstlenen elemanlardan birisi çimentodur. Her yapının özelliğine göre çimento cinsi kullanılmalıdır. Agregalar; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin bir yığındır (11). Agregalar, beton yapımında çimento ve su ile birlikte kullanılan, kum, çakıl, kırmataş gibi taneli malzemelerdir. Beton hacminin yaklaşık % 75'i agrega tarafından oluşturulmaktadır (12). Beton yapımında su önemli bir bileşendir. Bu nedenle beton yapımında kullanılacak suda bulunan maddelerin betona etkilerinin bilinmesi gereklidir. Beton, setleşme sırasında ve sertleşmeden sonra da ara sıra veya her an su ile temastadır. Beton karma suyunun en iyisi içilecek su olmakla birlikte daha önce kullanılarak denenmiş ve iyi sonuç vermiş bütün sular beton karışım suyu olarak kullanılabilir (13).

Bir betondan taze halde işlenebilme, sertleşmiş halde de dayanım ve dayanıklılığın iyi olması istenir. Betonun işlenebilme ve basınç dayanımı özelliği kısa sürede belirlenebilirken, dayanıklılık özelliği uzun zaman içinde belirlenir. Betonun dayanıklılığında en önemli faktör, boşluksuz bir beton üretmektir. Boşluk ve çatlakların çapı ve dağılımı beton yüzeyindeki mikro iklime bağlıdır. Boşluk oranının kontrolü, en düşük değere indirilmesi, beton teknolojisinin kurallarına uymakla olanaklıdır. Betona, dış ortam fiziksel ve kimyasal etkenlerle etki eder. Fiziksel etkenler, atmosfer koşullarında ıslanma-kuruma, donma-çözülme, aşınma, kum fırtınaları ve taşıt araçlarının etkisi şeklinde sıralanabilir. Kimyasal etkenler ise iç ve dış etkenler olarak belirlenir. İç etkenler beton içine giren malzemelerin (çimento, agrega, karma suyu ve katkı maddeleri) kimyasal yapısındaki bileşiklerin standartlardaki limit değerlerin dışında olmasından dolayı ortaya çıkar. Dış etkenler

ise betonun çevresindeki dış ortamdır. Dış ortam etkisi, buz çözücü tuzlar, zemin suyu gibi sıvı ortam, hava kirliliği sonucu CO₂ (Karbondioksit) ve SO₂ (Kükürtdioksit) gazlarından, endüstri ve sanayi katı atıklarından kaynaklanabilir (14).

Beton, yapılarda çeşitli zorlamaların etkisi altında bulunmaktadır. Bu zorlamaların türüne göre çeşitli özelliklere sahip olması gerekir. Betonun mekanik mukavemetleri arasında en büyük değere sahip olan basınç mukavemeti olmasına rağmen, yapı elemanının kullanıldığı yere göre çarpma, eğilme, aşınma ve çekme dayanımlarına maruz kalırlar. Beton kilit taşlarının; basınç gerilmelerinden başka çekmeye, çarpmaya ve aşınmaya karşı yeterli bir mukavemete sahip olması gerekmektedir (15). Ayrıca beton kilit taşlarında biçim ve boyutunda düzgün olması gerekir. Şekil 2.2'de kaliteli kilit taşının özellikleri ve etkileyen faktörler görülmektedir.

Mekanik mukavemetlerinin arasında, değeri en büyük olanı basınç mukavemetidir. Betonda yapılan çalışmalarda malzemenin çeşitli özellikleri ile basınç mukavemeti arasında bağlantılar aranmıştır. Bu çalışmalar sonunda betonun muhtelif mekanik özelliklerinin basınç mukavemeti ile aynı yönde değiştiği görülmüştür. Böylece basınç mukavemeti yüksek olan bir beton üretmekle diğer mekanik özellikleri de yeter derecede üstün olan bir beton elde edilmiş olmaktadır (15). Betonun mekanik mukavemetine etki eden faktörler şunlardır; çimento ile ilgili faktörler, su-çimento oranı ile ilgili faktörler, komposite (doluluk) ile ilgili faktörler, betonun döküm, sıkıştırma ve kür faktörleri, işlenebilme özelliği, betonun dayanıklılığı ve betonun dona dayanıklılığıdır.



Şekil 2.2. Kaliteli kilit taşının özellikleri ve etkileyen faktörler

2.4. Kilitli Beton Parkelerin Çeşitli Özellikleri

Kilitli beton parke taşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri, aşağıda belirtilmektedir;

- ✓ Genelde basınç direnci en az 50 MPa olması gereken parke elemanların, 80 mm kalınlıktakilerin de bu değer 63,6 MPa, 100 mm kalınlıktakilerde 63 MPa, ve 120 mm kalınlıktakilerde de 62 MPa olduğu, basınç deneyleri ile saptanmıştır.

- ✓ Kırılma-kopma modülü (çekme direnci) en az 4 MPa'dır.
- ✓ Su emme miktarı (yüzdesi) en çok % 6–7 kadardır.
- ✓ Aşınma dayanımı deneyi sonunda kalınlıkta 0,3 cm'lik bir azalma gözlenmektedir (3).

2.5. Kilitli Beton Parke Üstyapıların Projelendirilmesi ve Yapımı

2.5.1. Projelendirme

Yeni bir yol üstyapısının projelendirilmesinde amaç, proje süresi boyunca üzerinden geçecek trafiği, büyük deformasyonlara maruz kalmadan, güvenli bir şekilde taşıyabilecek üstyapının toplam kalınlığının ve tabakaların tek tek kalınlıklarının belirtilmesi ve kullanılacak malzemelerin özelliklerinin saptanmasıdır. Beton parke üstyapılar, taban zemini üzerine oturtulmuş temel tabakası, kum-yastık ve beton parke kaplama olmak üzere 3 tabakadan oluşur. İyi tasarlanmış bir beton parke yol elde edebilmek için, diğer üst yapı tiplerinde olduğu gibi, yoldan geçmesi beklenen trafik, taban zeminin özellikleri ve iklim koşulları dikkate alınarak projelendirilme yapılmalı ve yolun yapımı sırasında projelendirilme aşamasında saptanan tabaka kalınlıklarının ve malzeme özelliklerinin yolda gerçekleştirilmesi, sıkı bir kontrolle sağlanmalıdır. Beton parke üst yapılarının projelendirilmesi için, 4 aşamalı bir yöntem geliştirilmiştir (3).

Kullanım Sınıfı

Çizelge 2.3'de görüldüğü gibi, parke kaplamanın kullanılacağı yere göre 6 adet kullanım sınıfı belirlenmiştir (3).

Çizelge 2.3. Kullanım sınıfları

Sınıf	Yol Sınıfının Tanımı
L-1	Yaya yolları, küçük yerleşim bölgelerinde yollar, patikalar, yüzme havuzu alanları, bisiklet yolları
L-2	Alış-veriş alanları, meydanlar, otoparklar, otobüs durakları, trafik adaları, karayolu durakları, gösteri yerleri, havaalanı boşaltma yerleri
L-3	Kamyon terminal ve park yerleri, servis istasyonları, yükleme yerleri, ağır endüstriyel taşıt yolları
H-1	Günlük ticaret trafik hacminin 50'den az olduğu yerleşim yerlerinde yollar
H-2	Günlük ticaret trafik hacminin 50 ile 300 arasında olduğu şehir caddeleri
H-3	Çok kalabalık şehir yolları (günlük ticaret trafik hacmi 3 000'den fazla)

Taban Zeminin Taşıma Gücü

Taban zeminin taşıma gücü, Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) ile belirlenmeli, CBR deneyi yapılamıyorsa Çizelge 2.4'de verilen sınıflama dikkate alınmalıdır (3).

Çizelge 2.4. Taban zemini taşıma gücü

Taban Zemini	Taban Zeminin Tanımı
Çok iyi	İyi ayrılmış, granüler, plastik olmayan çakıl bulunabilir. Taşıyıcı kapasitesinin önemli bir bölümünü ıslakken de sürdürür
İyi	Killi mıcır, killi sert kumlar
Orta	Killi Kum, milli kum veya az milli kil, mikası az, plastisitesi değişken
Zayıf	Plastisitesi yüksek kil, ince kil, çok ince veya mikalı, milli kil

Temel Tabakası Kalınlığının Bulunması

Temel tabakasının sıkıştırılmış kırma taş olması halinde, taban zemini taşıma gücü ve kullanım sınıfına bağlı olarak seçilecek kalınlıklar Çizelge 2.5'de verilmiştir (3).

2.5.2. Beton parke yolları yapımı

Yollar, yol altyapısı (taban zemini) ve tesviye edilmiş taban zemini üzerine yerleştirilen tabakalı yol üst yapısı olmak üzere 2 ana kısımdan oluşur. Aşağıda beton parke yolların alt ve üst yapı özellikleri yapım ve kontrol esasları ile birlikte açıklanacaktır (3).

Altyapı (Taban Zemini)

Bir üstyapının davranışı, taban zemininin taşıma gücü ile doğrudan doğruya ilgili olduğundan taban zemininin üstyapıya, istenen desteği sağlayacak şekilde hazırlanması gerekir. Bu nedenlerle doğal zeminin yapısı incelenmeli yabancı maddeler varsa temizlenmeli, yeterli sıkışma ve taşıma gücü sağlanması için, çukurlar veya zayıf bölgeler drenaj veya zayıf malzemenin değiştirilmesi yolu ile düzeltilmelidir (3).

Temel Tabakası

Eski bir kaplama veya herhangi bir yol, temel tabakası görevi görebilir. Yeni bir temel tabakası yapılacaksa, 15 cm veya ince tabaklar halinde serilip sıkıştırılır. Bu sıkıştırma sırasında maksimum kuru birim ağırlık elde edebilmek için nem oranının optimum düzeyde olması gerekir. Sıkıştırma sonunda 3 m'lik seyyar cetvel ile yapılan kontrolde, teorik yüzeyden 10 cm'den daha fazla fark görülmemelidir (3).

Kum Yastık (Yatak)

Beton parke blokların birbirine yaklaşmalarına ve kilitlemelerine yardımcı olan ve düzgün bir kaplama elde edilmesini sağlayan kum tabakası, aşağıdaki Çizelge 2.8'de belirtilen granülometrik yapıya sahip olmalı ve projelendirme sonunda bulunan kalınlıkta, sıkıştırma yapılmaksızın serilmelidir. Kum tabakada kalınlık toleransı ± 1 cm'dir. Kum malzeme yıkanmış ve pürüzsüz olmalı ve % 3'ten fazla kil-silt içermemelidir. Çizelge 2.7'de kum yatağın kalınlığı 2,5–5 cm olarak verilmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, kum tabakasının kalınlığının azaltılması, kaplamanın performans üzerinde olumlu etki yaptığını göstermiştir. Fakat kum tabakasının titreşimi ve kullanım sırasında yüzeydeki oturmaları sebepleriyle bu tabakaya, beton parke blokların temel zeminine dokunmasını engelliyecek bir kalınlık verilmesi gerektiği de gözden uzak tutulmalıdır. Kum yatak, beton parke blokların birbirlerine yaklaşmalarına ve kilitlenmelerine, kaplamanın daha sağlam olmasına yardımcı olmaktadır (3).

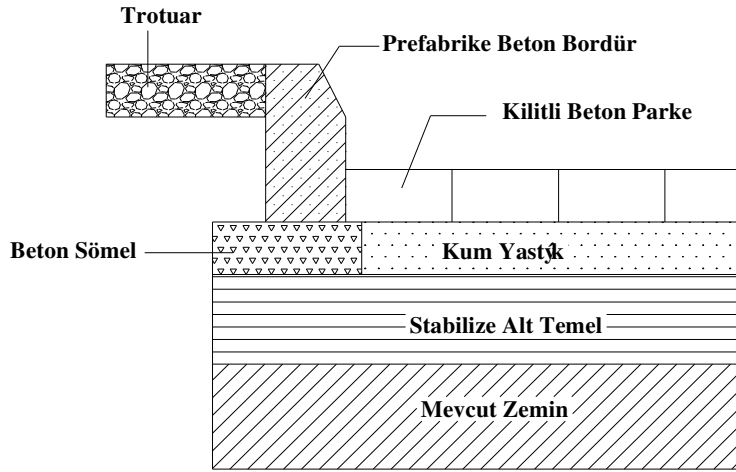
Çizelge 2.8. Kum tabakası granülometresi

Elek	Geçen Yüzde
3/8"	100
No:4	85 – 100
No:100	10 – 30

Beton Parke Kaplama

Hazırlanmış kum yatak üzerine beton bloklar, yan yana ve sıkıca birbirilerine dayandırılacak dizilir, yeterli alan oluşturulduktan sonra vibratör kullanılarak kaplama istenilen seviyeye oturtulur. İlk vibrasyondan sonra yüzeye kum serilir ve bu kumun, vibratörle bloklar arasında derzlere girmesi sağlanır. Daha sonra da fazla olan kumun süpürülmesi gerekir. Yol üstünden geçen taşıt sayısının artması, blokların daha iyi kilitlenmesini ve kaplamanın daha sağlam hale gelmesini sağlamaktadır. Kaplamanın daha sağlam hale gelmesi de beton parke kaplamaların diğer kaplamalara kıyasla üstünlüklerinden birini daha oluşturmaktadır. Ayrıca benzer kalınlıklar için beton parke kaplamalarda görülen deformasyonlar, esnek üst yapılar nazaran daha düşüktür. Taban zemininin yeterli stabilizeye sahip olması, temelin doğru projelendirilmesi kaplamanın iyi inşası ve kaplama kenarlarının sağlam olması durumlarında, beton parke kaplamaların, onarım görmeksizin 25 sene dayanması mümkündür. Bir hata olursa da yetersizliklerin giderilmesi kolay ve çabuk şekilde gerçeleşebilmektedir. Taşıtların hızının 55 km/saat'in üzerine çıkması durumunda beton blokların derzlerini dolduran değme yüzeyleri arasında sürtünmeyi ve yük iletimini arttırmak için uygulanan kum taneciklerinin taşıt lastikleri tarafından

emilmesi sakıncası ortaya çıkabilir. Hızın artması ve derz aralıklarının büyük olması halinde bloklar arasındaki kumun emilmesinden sonra blokların altındaki kumlar da emilebilir bu ise büyük sorunlara yol açmaktadır. Beton bloklar trafiğin seyir yönüne uygun olarak zaman içerisinde ilerler ve yol üzerinde enine yönde çatlamlar ve ayrılmalar görülebilir. Kilitlenen şekiller ve balık kılçığı düzeninde dizilişler yapmak sureti ile bu bozulmaları önlemek mümkündür. Beton parke kaplamalı yollarda trafik akışına dik yöndeki ayrılmaları önlemek için kenar destekleri kuvvetlendirmek gerekmektedir. Şekil 2.3’de kilitli beton parke kaplamalı bir yolun en kesiti görülmektedir (3).



Şekil 2.3. Kilitli beton parke kaplamalı yolun en kesiti

2.6. Malzeme Seçimi

Kilit taşı üretiminde kullanılacak malzemelerin seçiminde, emniyet, ekonomi ve estetik gibi unsurlara dikkat edilmelidir (16).

Kilit taşı üretiminde kullanılacak malzemelerin aşağıdaki özelliklerinin bilinmesinde yarar vardır.

- ✓ Teknolojik özellikler: Aşınma, Şekil Değiştirme ve Kırılma, Çarpma Dayanımı, Sertlik, Yorulma, Sünme.

- ✓ Fiziksel özellikler: Birim Ağırlık, Özgül Ağırlık, Porozite (Boşluk), Kompasite (Doluluk), Su Emme, Donma Dayanımı, Geçirimsizlik, Rötne ve Şişme, Kapilarite (Kılcal Su Emme).
- ✓ Mekanik özellikler: Basınç Dayanımı, Çekme Dayanımı, Kesme Dayanımı.
- ✓ Geometrik özellikler: Tanelerin Biçimi, Yüzey Durumu (Pürüzlülük), Özgül Alan, Granülometrik Bileşim.
- ✓ Termik özellikler (Isıl Özellikleri).
- ✓ Akustik özellikler (Ses Absorpsiyonu).
- ✓ Elektriksel özellikler (16).

Kilit taşı üretiminde kullanılacak malzemelerin seçiminde aşağıda belirtilen hususlara dikkat edilmelidir;

- ✓ Ucuz olmalıdır: Kullanım ömrü ve sağlayacağı konfor düşünülerek, kalitesi aynı olanlardan ucuz olan tercih edilmelidir.
- ✓ Yakından temin edilmelidir: Malzemenin yakından temin edilmesi, nakliye masraflarını etkileyecek, dolayısıyla toplam maliyeti azaltacaktır.
- ✓ Standartlara uygun olmalıdır: Malzemede aranan özellikler bulunmalı ayrıca, boyut vb. özellikleri standartlara uygun şekilde üretilmiş olmalıdır.
- ✓ Özellikleri değiştirilebilmelidir: Kullanım şekline göre işlenmesi kolay olmalıdır. Örneğin, çimentolara katkı maddesi katılarak priz süresinin değiştirilmesi yada demirin karbon miktarı değiştirilerek özelliğinin değiştirilmesi gibi.
- ✓ İhtiyaç kadar alınmalıdır: İhtiyaçtan fazla alınan bir malzeme maliyeti artırır ve ziyan olabilir. Az alınan malzemede zaman ve işçilik kaybına sebep olur.

Kilit taşı üretiminde kullanılacak malzemelerin kullanımında şu hususlara dikkat edilmelidir;

- ✓ Uygulamada imalatçıların önerdiği şartlara uyulmalıdır.
- ✓ Uygulamada kalifiye işçilik kullanılmalıdır. Unutulmamalıdır ki, iyi malzeme kötü işçilik iyi sonuç vermeyecektir (16).

2.7. Kilitli Beton Parke Taşlarında Görülen Bozulmalar

Beton kilit taşları dış hava tesirleriyle doğrudan doğruya temas halinde olan yapı elemanlarıdır. Kötü hava şartlarına ve diğer dış etkilere maruz kalan beton kilit taşlarında bu etkilerin bir sonucu olarak bozulmalar ve dökülmeler meydana gelebilmektedir (17). Uygulamanın yapıldığı yöre için test edilmiş ve uygulama yapılmışsa onlarında sonuçları dikkate alınmalıdır (16). Beton kilit taşlarına tesir eden dış etkiler şunlardır;

Meteorolojik Faktörler

Beton kilit taşları yazın sıcak hava, kışın soğuk hava, kar, yağmur, rüzgar ve don etkisine maruz kalırlar. Bunlardan özellikle don etkisi beton kilit taşları üzerinde çok etkili olmaktadır (17).

Hava Kirliliğinin Etkisi

Beton kilit taşlarında hava kirliliğinin etkisiyle zamanla renk değişimi ve dökülmeler gözlenebilir. Hava; Nitrojen, Oksijen, Argon, Karbondioksit, Neon, Helyum ve çok az miktarda diğer elementlerden meydana gelir. Elementlerin birleşimiyle oluşan H_2SO_4 (Sülfirik Asit) ve HNO_3 (Nitrik Asit) kirletici bileşimler beton yüzeyinde alçı taşı (Gipsium) oluşumu meydana getirir. Bu da malzemenin dağılmasına, rüzgar ve yağmur etkisiyle dökülmeler meydana gelmesine sebep olmaktadır (17).

Hava kirliliğinin kaynakları ise egzoz gazları, soba ve kalorifer yakılmasından çıkan duman ve gazlar, fabrika baca dumanı ve gazları ile endüstriyel ve evsel atıklardan oluşmaktadır (17).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak 4 farklı firmadan alınan 200x165x80 mm boyutunda 72 adet kilit taşı ve alternatif olarak üretilen 80 adet beton kilit taşı kullanılmıştır. Alternatif olarak üretilen kilit taşını oluşturan bileşim elemanlarının özellikleri ayrı ayrı incelenmiştir.

3.1.1. Çimento

Beton kilit taşı üretiminde; Set çimento idaresinden elde edilen TS EN 197-1 (18) CEM II/B-M (P-L) 32,5 R (% 65-79 Klinker + % 21-35 Katkılar) Portland-Kompoze çimento çeşidi kullanılmıştır. Çizelge 3.1'de çimentonun özellikleri görölmektedir.

3.1.2. Agregalar

Beton kilit taşı üretiminde; Set beton idaresinden elde edilen 0/4 ve 4/16 tane sınıfı agregalar; TS 3530 EN 933-1 tane dağılımı (19), TS 3529 birim ağırlık (20), TS 3526 özgül ağırlık ve su emme oranı (21), TS 3523 yüzey nemi oranı (22), TS 3427 ince madde oranı (23), TS EN 1744-1 organik madde oranı (24) ve TS 3528 hafif madde oranı (25) deneylerine tabi tutularak kullanılmıştır (Çizelge 3.2). Kullanılan agreganın tane dağılımı Çizelge 3.3 ve tane dağılımı eğrisi de Şekil 3.1'de görölmektedir.

3.1.3. Karışım suyu

Beton kilit taşı üretiminde beton karışım suyu olarak Ankara şebeke suyu kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Çimentonun özellikleri

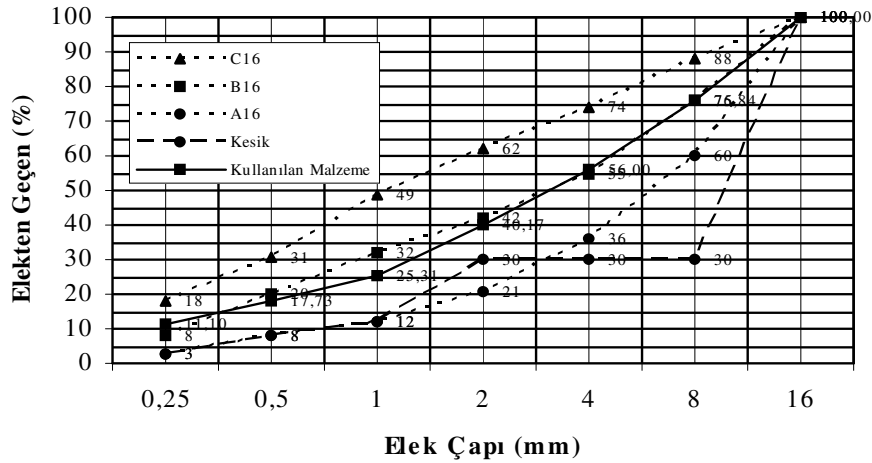
Çimentonun Basınç Dayanımları (MPa)				
	1. gün	2. gün	7. gün	28. gün
PKÇ 32,5 R	10,9	16,5	28,5	36,1
Çimentonun Eğilme Dayanımları (MPa)				
	1. gün	2. gün	7. gün	28. gün
PKÇ 32,5 R	3	3,4	5,1	5,5
Fiziksel Özellikler (PKÇ 32,5 R)				
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2,95			
Blaine (incelik) modülü (cm ² /gr)	4108			
Su içeriği (%)	28,4			
Priz başlama süresi (saat)	2,55			
Priz sona erme süresi (saat)	4,10			
Çimentonun Kimyasal Analizleri (PKÇ 32,5 R)				
CaO	47,31			
SiO ₂	31,37			
Al ₂ O ₃	8,07			
Fe ₂ O ₃	3,49			
MgO	1,58			
SO ₃	2,36			
K ₂ O	1,16			
Na ₂ O	0,99			

Çizelge 3.2. Agregaların fiziksel özellikleri

Deney Adı		0-4 mm	4-16 mm	Standart
Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Gevşek	1,786	1,473	TS 3529
	Sıkışık	1,999	1,606	
Özgül Ağırlık (kg/dm ³)		2,602	2,400	TS 3526
Su Emme Oranı (%)		2,3	1,0	TS 3526
Yüzey Nemi Oranı (%)		1,3	0,7	TS 3523
İnce Madde Oranı (%)		1,655	0,485	TS 3527
Organik Madde Oranı		Yok	-	TS EN 1744-1
Hafif Madde Oranı (%)		0,15	-	TS 3528

Çizelge 3.3. Agrega tane dağılımı (TS 3530 EN 933 – 1)

Standart Elekler (mm)	Elek üzerinde kalan miktar (gr)	Elek üzerinde kalan miktar (%)	Elek üzerinde kümülatif kalan miktar (%)	Elekten geçen miktar (%)
16	0	0	0	100
8	845,6	24,16	24,16	75,84
4	694,4	19,84	44	56
2	554,05	15,83	59,83	40,17
1	520,1	14,86	74,69	25,31
0,5	265,3	7,58	82,27	17,73
0,25	232,05	6,63	88,9	11,1
Pan	388,5	11,1	100	-
Toplam	3500	-	-	-



Şekil 3.1. Kullanılan agreganın tane dağılımı eğrisi

3.2. Yöntem

3.2.1. Beton kilit taşı üretimi

Bir beton hazırlama yerinde; karışım elemanlarının depolandığı üniteler, taşıma sistemi, ölçme tertibatı ve uygun karıştırıcı bulunmaktadır. Beton kilit taşı üretiminde harç hafif nemli ve ele alındığında yumrukta sıkışacak şekilde yapılmıştır. Hazırlanan harç kalıplara dökülerek kilit taşı makinesinde 4, 6, 8 ve 10 sn titreşim uygulanmış ve daha sonra kalıplardan çıkartılmıştır. Bir saat sonra sulama işlemi

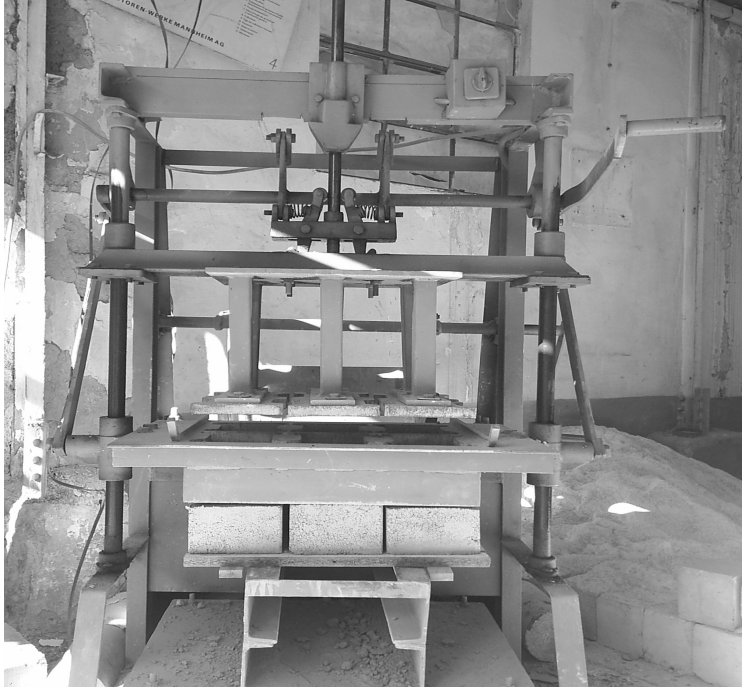
yağmurlama şeklinde yapılmıştır. İkinci sulama ve devamı ilk gün 2,5 saat ara ile yapılmıştır. Kilit taşları ikinci ve üçüncü günlerde günde en az üç kere sulanmıştır.

Üretimde kullanılan beton kilit taşı makinesi manuel çalışan bir makinedir. İki adet vibrasyonu vardır ve vibrasyon motorları 1,5 kw 3 000 dev/dak'dır. Ayrıca elektrik motorları 380 voltur. Vibrasyon süresi beton kilit taşının daha boşluksuz bir yapıya sahip olmasını sağlar. Üretilen beton kilit taşlarında vibrasyon süresi arttıkça daha boşluksuz ve standart ölçülere yakın beton kilit taşları üretilmiştir. Alternatif beton kilit taşı karışım hesabı Çizelge 3.4'de ve beton kilit taşı üretimi Resim 3.1'de görülmektedir. Resim 3.2'de alternatif olarak üretilen beton kilit taşları görülmektedir.

Çizelge 3.4'de görülen malzeme miktarları alternatif karışım olup, bu karışımdan 4, 6, 8 ve 10 sn titreşim uygulanarak her bir titreşim süresinden 20 adet numune üretilmiş ve TS 2824'e uygun olarak biçim ve boyut muayenesi, yarmada çekme dayanımı, aşınma dayanımı ve su emme oranı tayini deneylerine tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.4. Beton karışımına giren malzeme miktarları (1 000 dm³ için)

Malzemeler	Miktarı (kg)
0 / 4 Kırmakum	965
4 / 16 Kırmataş	108
Çimento (PKÇ 32,5 R)	236
Su	129



Resim 3.1. Beton kilit taşı üretim şekli



Resim 3.2. Alternatif olarak üretilen beton kilit taşları

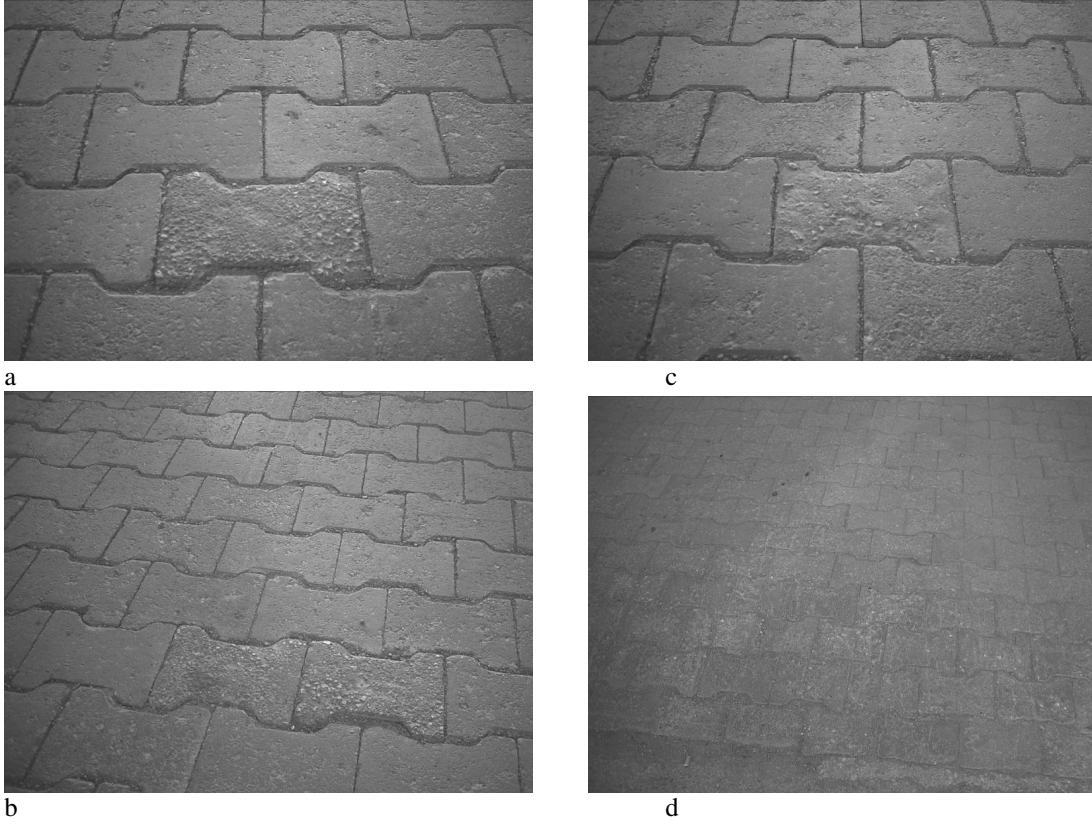
Ankara'da beton kilit taşı üretimi yapan çeşitli firma yetkilileri ile görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmelerde firmaların nasıl üretim yaptıkları, kaç cins beton kilit taşı ürettikleri, ürettikleri kilit taşlarının boyutlarının ve ölçülerinin ne olduğu, kullandıkları malzemeler, katkı kullanıp kullanmadıkları, betonun hazırlanması ve karıştırılması, taşınma ve dökülmesi, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması, bakımı ve korunması vb. üretim teknikleri ile üretim kapasiteleri konularında bilgi edinilmeye

çalışılmıştır. Ankara’da beton kilit taşı üretimi yapan bir firmada üretim sırasında çekilmiş resim aşağıda görülmektedir (Resim 3.3).

Ankara’da beton kilit taşı üretimi yapan firmalardan, beton kilit taşlarını fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi ve üzerinde gerekli muayene ve deneyler yapılması amacıyla toplam 72 adet numune alınarak muayene ve deneyler yapılmak üzere Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü malzeme laboratuvarına getirilmiştir. Ankara’nın cadde ve sokaklarının büyük bir bölümü gezilip incelemelerde bulunularak kullanılmış mevcut beton kilit taşlarının durumları gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemlerde bozulmuş ve dökülmüş çok miktarda beton kilit taşına rastlanmıştır. Gazi Mahallesi Şenol Caddesine döşenen kilit taşları daha bir senesini doldurmadan araçların sayesinde (Resim 3.4.a) aşınmaya uğramıştır. Bilkent Real alışveriş merkezi önü yola döşenen kilit taşlarındaki aşınma (Resim 3.4.b) ve yine çeşitli yerlerde görülen araçlardan ve iklim koşullarından kaynaklanan aşınma resimleri aşağıda bulunmaktadır (Resim 3.4.c,d).



Resim 3.3. Ankara’da üretim yapan bir firmadan görünüm



Resim 3.4. Yüzeyle aşınmış beton kilit taşları

Ankara’da çeşitli firmalardan alınan 72 adet beton kilit taşı örneklerine de TS 2824’e uygun olarak biçim ve boyut muayenesi, yarmada çekme dayanımı, aşınma dayanımı ve su emme oranı tayini deneyleri yapılmıştır.

3.2.2. Beton kilit taşı numunelerine uygulanan deneyler

Beton kilit taşı numunelerinin teknik özelliklerini belirlemek için kullanılan deney metotları TS 2824 EN 1338 “Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları” (5) standardına göre aşağıdaki gibidir.

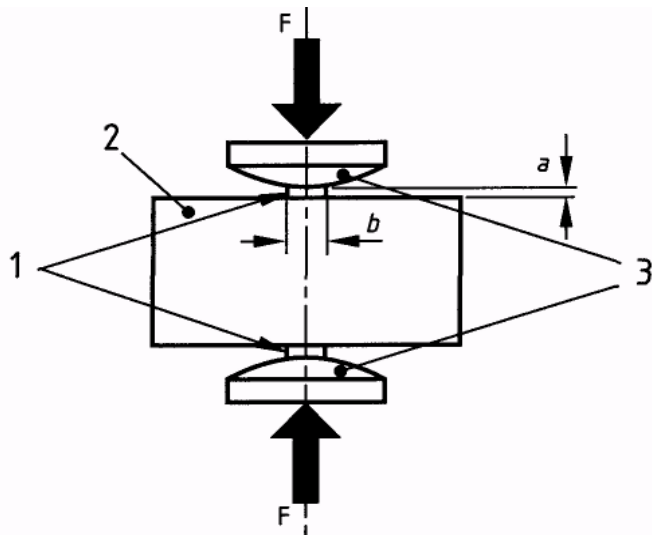
Çalışma Boyutunun Ölçülmesi ve Boyut Muayenesi

Beton kilit taşının büyüklük ve konumuna uygun en büyük uzunlukta cetvel ve ölçü mastarı kullanılır. Mastar parke taşının üzerine konur. Mastar, uzunluğu boyunca

parke taşının çıkıntılı bir noktasına değerek havada kalırsa veya ölçü takozu cetvel ile birim arasından geçerse, parke taşının bu özellik yönünden uygun olmadığı kabul edilir. Ölçülendirilmiş ölçü mastarı kullanılmış ise, okunan değer kayıt edilir (5). Değerler kumpas (0–200 mm ölçü aralığında 0,05 mm hassasiyetli) ile ölçülmüştür ve en yakın mm değerine yuvarlatılarak alınmıştır. Deneyde izin verilen sapmalar uzunlukta ± 2 mm, genişlikte ± 2 mm, kalınlıkta ise ± 3 mm'dir.

Yarmada Çekme Dayanımı

Deneyde, çapak ve büyük çıkıntıları giderilmiş tam beton kilit taşları kullanılır. Pürüzlü, desenli veya eğri olan yüz aşındırılarak veya başlıklararak deneye hazır hale getirilir. Beton kilit taşları, (20 ± 5) °C sıcaklıktaki suya (24 ± 3) saat süre ile daldırılır, çıkarıldıktan sonra bir bezle kurulanır ve hemen deneye tabi tutulur. Şekil 3.2'de yarmada çekme dayanımı ölçümü deney prensibi görülmektedir. Kullanılan iki adet yerleştirme parçasının genişliği, (b), (15 ± 5) mm, kalınlığı, (a), (4 ± 1) mm ve uzunluğu ise tahmin edilen kırılma düzleminden yaklaşık 10 mm daha uzun olmalıdır (5).



1. Yerleştirme parçaları, 2. Parke taşı, 3. Çelik başlıklar

Şekil 3.2. Yarmada çekme dayanımı deney prensibi

İşlem: Beton kilit taşı, yerleştirme parçaları kullanılarak alt ve üst yükleme başlıklarına değecek şekilde deney makinesine yerleştirilir. Yerleştirme parçaları ve yükleme başlığı eksenlerinin beton kilit taşının yarıлма kesiti ile aynı çizgi üzerinde olduğundan emin olunmalıdır. Yarıлма kesiti/kesitleri, aşağıdaki öncelik sırasına uygun olarak seçilmelidir:

- ✓ Deney, beton kilit taşının kenarlarına paralel ve simetrik ve en uzun yarıлма kesiti boyunca yapılır, böylece yarıлма kesitinin herhangi noktasında yan yüzlere olan dik mesafe, kırılma kesiti alanının en az % 75’inde kilit taşı kalınlığının en az 0,5 katıdır şartı sağlanmış olur.
- ✓ Yukarıdaki şart sağlanamazsa, deney, şartı sağlayacak şekilde seçilen iki yarıлма kesiti üzerinde uygulanır. Bir yarıлма kesitinin herhangi bir noktasında diğer yarıлма kesitine veya kilit taşının herhangi yan yüzüne olan dik mesafe, dik kate alınan kırılma kesitinin uzunluğunun en az % 75’inde kilit taşı kalınlığının en az 0,5 katıdır.
- ✓ Yukarıdaki şartların hiçbirisi de sağlanamaz ise, yarıлма kesiti, mesafe isteklerini yerine getirebilecek en büyük toplam orantılı kesit uzunluğu elde edilecek şekilde seçilmelidir.
- ✓ Beton kilit taşının yatay kesiti kare, çokgen veya daire ise, yarıлма kesiti, blok plan alanının merkezinden geçen en kısa hat olacak şekilde seçilmelidir. Yük, saniyede (0,05 ± 0,01) MPa gerilme artışı sağlayacak hızla, düzgün ve kesintisiz şekilde arttırılarak uygulanır. Kırılma yükü kayıt edilir (5).

Deney uygulanan beton kilit taşlarının kırılma düzlemi alanı aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır:

$$S = lt \text{ 'dir.} \quad [3.1]$$

Burada;

S: Kırılma alanı, mm²

l: Beton kilit taşının, üst ve altında yapılan iki ölçmenin ortalaması olarak kırılma kesitinin uzunluğu, mm

t: Beton kilit taşının, biri ortada, diğer ikisi uçlarda yapılan üç ölçmenin ortalaması olarak kırılma düzlemindeki kalınlığı, (mm).

Deney sonuçlarının hesaplanması: Deney, aynı beton kilit taşının enine iki deney kesiti boyunca yapılmış ise, numunenin yarılma dayanımı iki tek sonucun ortalaması olarak dikkate alınır.

Yarmada çekme dayanımında bulunan değerlerin ortalamalarının 3,6 MPa'dan küçük olmaması veya her bir sonucun 2,9 MPa'dan küçük olmaması istenmektedir.

Deney uygulanan numunenin yarmada çekme dayanımı (T), aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$T = 0,637 \cdot k \cdot P / S \quad [3.2]$$

Burada;

T: Dayanım, MPa

P: Kırılma yükü, N

k: Aşağıdaki eşitlikle hesaplanan veya Çizelge 3.5'den alınan parke taşı kalınlığı için düzeltme katsayısıdır.

Beton kilit taşı kalınlığı; $140 \text{ mm} < t \leq 180 \text{ mm}$ ise k: $1,3 - 30(0,18 - t/1000)^2$ eşitliği ile hesaplanır. Beton kilit taşı kalınlığı; $t > 180 \text{ mm}$ ise k: 1,3 alınır veya $t \leq 140 \text{ mm}$ ise k, Çizelge 3.5'den alınır.

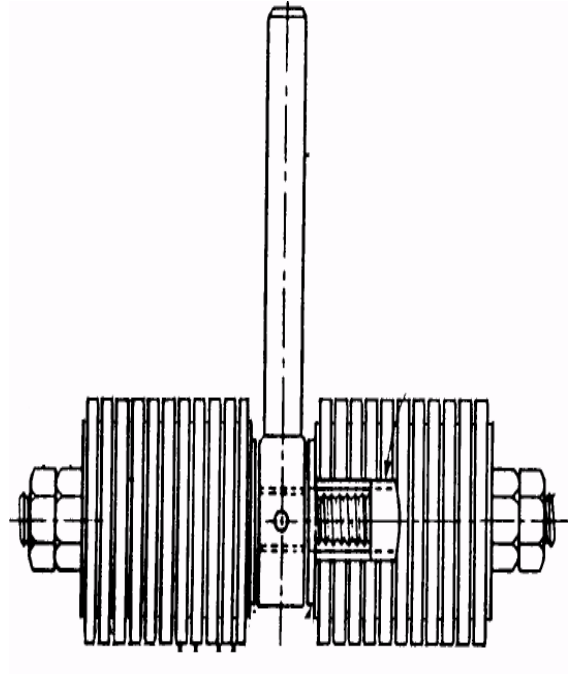
Çizelge 3.5. k düzeltme katsayısı

t(mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
k	0,71	0,79	0,84	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

Aşınma Dayanımı

Deney, orijinal ölçülerdeki beton kilit taşına veya üst yüzü de ihtiva edecek şekilde en az 100x70 mm ölçülerde kesilmiş parçaya uygulanır. Deney numuneleri temiz ve kuru olmalıdır. Deneyden hemen önce, işlem uygulanacak numune yüzeyi, sert fırça ile temizlenmeli ve aşınmayla oluşan oyuk uzunluğunun daha hassas ölçülebilmesini sağlamak üzere, uygun bir boya ile (kalıcı işaretleme kalemı gibi) boyanmalıdır (5). Aşınma dayanımı deneyi yapılacak numunenin en az 28 günlük olması gerekmektedir.

ASTM C 944'e göre yapılan deney, parke taşının üst yüzünü standart şartlar altında aşındırıcı çark ile aşındırarak yapılır. Aşındırma makinesi, 200 dev/dak'da çalışan esas olarak bir disk, aşındırıcı çark (her bir tarafta 10 diş), çarkın aşağı yukarı hareketini sağlayan mekanizma, numune taşıyıcı teşkilat ve bir karşı ağırlıktan meydana gelmektedir (Resim 3.5) (26).



Resim 3.5. Aşındırma makinesi prensibi

İşlem: Aşınma uygulanmadan önce numuneler tartılır (1 gr hassasiyetli dijital göstergeli terazide) (M_1). Numune taşıyıcı teşkilata yerleştirilir ve makinenin çalışmasından kaynaklanan titreşiminin önlenmesi için işkence aleti ile tutturulur. Çark numuneye göre aşağı hareket ettirilerek ayarlanır. Daha sonra aşındırma makinesi çalıştırılır. Aşındırıcı çarklar numunenin sadece üst yüzeyine 400 sn (6,66 dakika) uygulanır (Resim3.6). Aşınmaya uğramış numuneler tartılır (M_2) (26). Aşınmaya uğramış yüzeyin uygun ölçü aletiyle yüksekliğinin ölçülmesiyle de aşınma miktarı bulunabilir.



Resim 3.6. Aşınma deneyine tabi tutulan numuneler

Deney sonuçlarının hesaplanması: Her bir numunenin aşınma yüzdesi/kaybı (A.K), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak kütlece yüzde cinsinden hesaplanır:

$$A.K = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \% \quad [3.3]$$

Burada;

A.K: Aşınma kaybı, (%)

M_1 : Aşınma öncesi ağırlık, (gr)

M_2 : Aşınma sonrası ağırlık, (gr)

Su Emme Oranı Tayini

Deney numunelerindeki tozlar, gevşek kısımlar vb. fırça ile temizlenir ve numunelerin $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıkta olması sağlanır. Numune, $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki ortama bırakıldıktan sonra, sabit kütleye ulaşincaya kadar suya batırılır ve daha sonra da kurutularak değişmez kütleye ulaşması sağlanır. Kütlece kayıp, numunenin kuru kütlelerine oranla yüzde olarak gösterilir. Beton kilit taşı kütlelerinin 5 kg'dan daha büyük olması halinde kilit taşı, 5 kg'dan daha küçük bir numune elde edilecek şekilde, yüksekliği boyunca kesilmelidir (5). Su emme oranı tayini deneyi yapılacak numunenin en az 28 günlük olması gerekmektedir.

İşlem: Numuneler kap içerisindeki $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıkta suya batırılarak bu konumda sabit kütle, ulaşincaya kadar tutulur (M_1). Suya batırma esnasında numuneler arasında en az 15 mm mesafe bulunmalı ve numunelerin üzerinde de en az 20 mm yükseklikte su tabakası bulunmalıdır. Suya batırma süresi en az 3 gün olmalı ve 24 saat arayla art arda yapılan iki tartım arasındaki kütle farkı % 0,1'den daha düşük olunca sabit doymuş kütleye ulaşıldığı kabul edilmelidir. Her bir tartımdan önce numuneler, su ile ıslatıldıktan sonra sıkılarak fazla suyu alınmış nemli bir bez ile kurulmalıdır. Beton yüzeyinin mat görünüm alması silinerek kurutmanın yeterliliğini gösterir. Numuneler, etüv içerisinde aralarında en az 15 mm mesafe olacak şekilde yerleştirilir ve $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sıcaklıkta değişmez sabit kuru kütle (M_2) erişinceye kadar kurutulur. Kurutma süresi, en az 3 gün olmalı ve 24 saat arayla art arda yapılan iki tartım arasındaki kütle farkı % 0,1'den daha düşük olunca sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmelidir. Tartım (1 gr hassasiyetli dijital göstergeli terazide) işleminden önce numuneler, oda sıcaklığına kadar soğuyuncaya kadar bekletilmelidir.

Deney sonuçlarının hesaplanması: Her bir numunenin su emmesi (W_a), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak kütlece yüzde cinsinden hesaplanır:

$$W_a = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \% \quad [3.4]$$

Burada;

W_a : Su emme, (%)

M_1 : Deney numunesinin ilk kütlesi, (gr)

M_2 : Deney numunesinin son kütlesi, (gr)

Numune takımına ait su emme değeri, her bir numuneden elde edilen su emme değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanır (5).

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Alternatif karışım belirlenerek hazırlanan kilit taşı numunelerine uygulanan deney sonuçları ile bu sonuçlara ait değerlendirilmelere bu bölümde değinilmiştir.

4.1. Çalışma Boyutunun Ölçülmesi ve Boyut Muayenesi

Hazırlanan kilit taşı numunelerinin tamamı Bölüm 3.2.2'deki gibi, çalışma boyutunun ölçülmesi ve boyut muayenesinde belirtildiği üzere deneye tabi tutulmuş ve bulunan sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Deneyde izin verilen sapmalar uzunlukta ± 2 mm, genişlikte ± 2 mm, kalınlıkta ise ± 3 mm'dir.

Not: Çizelge 4.1'in açıklaması aşağıda verilmiştir. Ayrıca alternatif olarak üretilen numunelerde titreşimden kaynaklanan yükseklik farkları bulunmaktadır. 4 sn titreşim uygulanmış numunelerin yükseklikleri 10 sn titreşim uygulanarak üretilenlere göre % 10 daha fazladır.

- A: 4 saniye titreşim uygulanmış numune,
- B: 6 saniye titreşim uygulanmış numune,
- C: 8 saniye titreşim uygulanmış numune,
- D: 10 saniye titreşim uygulanmış numune.

Gözle muayene ve biçim muayenesi için verilen harfler; Yüzey düzgün ve temiz (a), Yüzey pürüzlü ve hava boşlukları var (b), Yüzey gözenekli, hava boşlukları var ve bir kenarı bozuk (c), Yüzey pürüzlü ve az miktarda hava boşlukları var (d), Yüzey pürüzlü, üstü kopuk ve hava boşlukları var (e), Yüzey gözenekli, hava boşlukları var ve iki kenarı bozuk (f), Yüzey düzgün ve bir kenarı bozuk (g), Yüzey düzgün ve iki kenarı bozuk (h), Yüzey pürüzlü (i), Yüzey gözenekli ve bir kenarı bozuk (j), Yüzey gözenekli ve iki kenarı bozuk (k), Yüzey gözenekli (l), Yüzey düzgün ve üç kenarı bozuk (m), Yüzey gözenekli ve üç kenarı bozuk (n) ve Yüzey gözenekli ve az miktarda hava boşluğu var (o) olarak isimlendirilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma boyutunun ölçülmesi ve boyut muayenesi

Sıra No	Numune No	Gözle Muayene ve Biçim Muayenesi	Boyut muayenesi (mm)		
			b	h	L
1	A1	a	165	87	198
2	A2	a	165	90	198
3	A3	b	165	90	198
4	A4	c	165	91	198
5	A5	d	165	90	198
6	A6	b	165	91	198
7	A7	e	165	86	198
8	A8	a	165	80	198
9	A9	b	165	90	198
10	A10	f	165	90	198
11	A11	g	165	87	198
12	A12	h	165	85	198
13	A13	f	165	86	198
14	A14	a	165	86	198
15	A15	f	165	86	198
16	A16	i	165	85	198
17	A17	a	165	82	198
18	A18	g	165	86	198
19	A19	a	165	87	198
20	A20	g	165	85	198
21	B1	a	165	87	198
22	B2	g	165	87	198
23	B3	a	165	85	198
24	B4	g	165	84	198
25	B5	a	165	83	198
26	B6	a	165	84	198
27	B7	a	165	84	198
28	B8	j	165	83	198
29	B9	k	165	83	198
30	B10	a	165	84	198
31	B11	j	165	84	198
32	B12	k	165	84	198
33	B13	a	165	84	198
34	B14	j	165	84	198
35	B15	l	165	84	198
36	B16	m	165	84	198
37	B17	g	165	84	198
38	B18	i	165	85	198
39	B19	a	165	83	198
40	B20	a	165	84	198

Çizelge 4.1. (Devam) Çalışma boyutunun ölçülmesi ve boyut muayenesi

Sıra No	Numune No	Gözle Muayene ve Biçim Muayenesi	Boyut muayenesi (mm)		
			b	h	L
41	C1	a	165	81	198
42	C2	a	165	82	198
43	C3	a	165	83	198
44	C4	a	165	83	198
45	C5	a	165	83	198
46	C6	a	165	82	198
47	C7	a	165	83	198
48	C8	a	165	84	198
49	C9	a	165	83	198
50	C10	a	165	82	198
51	C11	m	165	84	198
52	C12	g	165	83	198
53	C13	k	165	83	198
54	C14	n	165	83	198
55	C15	n	165	82	198
56	C16	a	165	83	198
57	C17	a	165	83	198
58	C18	a	165	82	198
59	C19	a	165	83	198
60	C20	a	165	82	198
61	D1	o	165	83	198
62	D2	o	165	82	198
63	D3	a	165	82	198
64	D4	a	165	82	198
65	D5	a	165	83	198
66	D6	g	165	82	198
67	D7	a	165	85	198
68	D8	g	165	84	198
69	D9	a	165	86	198
70	D10	a	165	86	198
71	D11	a	165	82	198
72	D12	a	165	82	198
73	D13	o	165	83	198
74	D14	a	165	82	198
75	D15	o	165	83	198
76	D16	m	165	83	198
77	D17	g	165	83	198
78	D18	a	165	82	198
79	D19	a	165	83	198
80	D20	a	165	83	198

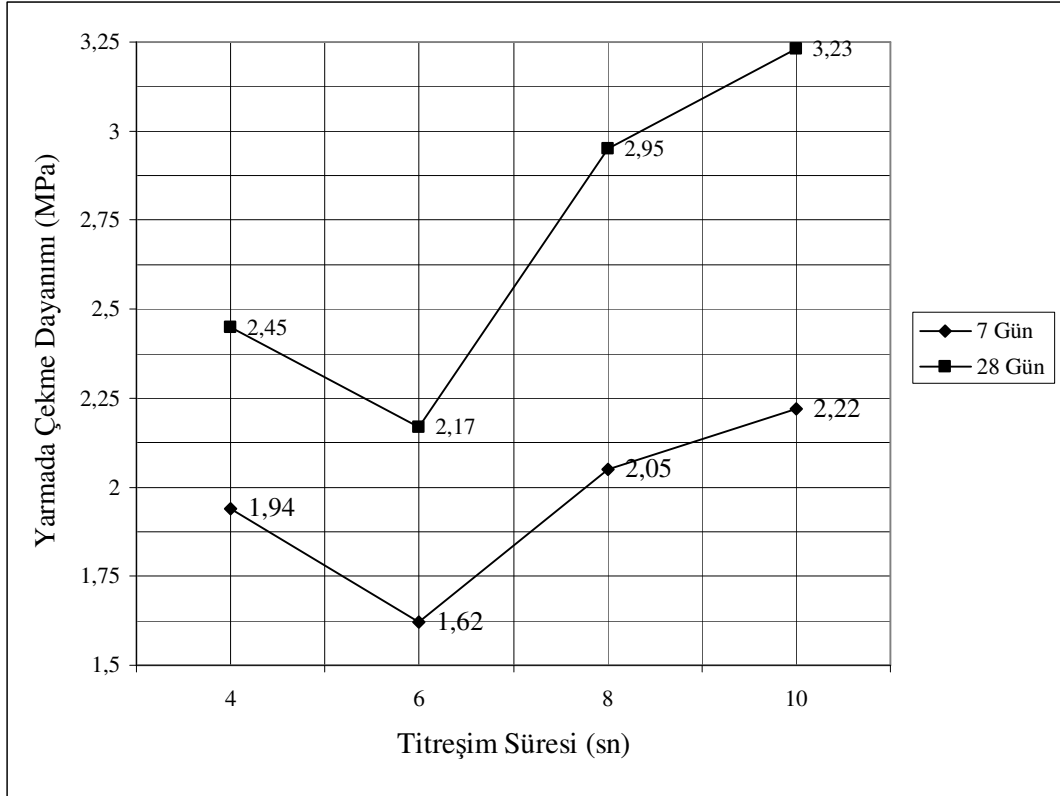
4.2. Yarmada Çekme Dayanımı

Hazırlanan kilit taşı numunelerinin 40 tanesi Bölüm 3.2.2'deki gibi, yarmada çekme dayanımında belirtildiği üzere deneye tabi tutulmuş ve bulunan değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yarmada çekme dayanımı değerleri

Numune No		Dayanım (MPa)		Grup Ortalaması (MPa)		Standartla Karşılaştırma (MPa)
7 Gün	28 Gün	7 Gün	28 Gün	7 Gün	28 Gün	
A1	A6	1,02	2,49	1,94 ± 0,282	2,45 ± 0,048	<u>Ort. Minimum:</u> 3,6 MPa veya <u>Her biri Minimum:</u> 2,9 MPa
A2	A7	2,29	2,58			
A3	A8	2,44	2,28			
A4	A9	2,40	2,46			
A5	A10	1,54	2,44			
B1	B6	1,89	2,09	1,62 ± 0,154	2,17 ± 0,129	
B2	B7	1,94	1,84			
B3	B8	1,51	2,09			
B4	B9	1,09	2,63			
B5	B10	1,68	2,20			
C1	C6	1,99	2,89	2,05 ± 0,102	2,95 ± 0,033	
C2	C7	1,85	2,98			
C3	C8	2,44	2,94			
C4	C9	1,93	3,06			
C5	C10	2,05	2,88			
D1	D6	1,51	2,98	2,22 ± 0,255	3,23 ± 0,127	
D2	D7	2,07	3,03			
D3	D8	2,16	3,68			
D4	D9	3,10	3,33			
D5	D10	2,24	3,14			

Deney sonucunda; 7 günlük sonuçların standart değerlerin altında olduğu fakat titreşim uygulanmış numunelerden, 6 sn'de en az, 4 sn'de 6 sn'den biraz fazla, 8 ve 10 sn'de en fazla olduğu görülmüştür. 28 günlük ölçümlerden 4 ve 6 sn titreşim uygulanmış numuneler standart değerlerin altında, 8 ve 10 sn titreşim uygulanmış numunelerin de standart değerlerin üstünde çıktığı görülmüştür. Yarmada çekme dayanımı sonucu en düşük dayanım 6 sn titreşim uygulanmış numunede görülmüştür. 10 sn titreşim uygulanmış numuneler 6 sn titreşim uygulanmış numunelere göre % 67 daha iyi sonuç vermiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yarmada çekme dayanımı grup ortalamaları grafiği

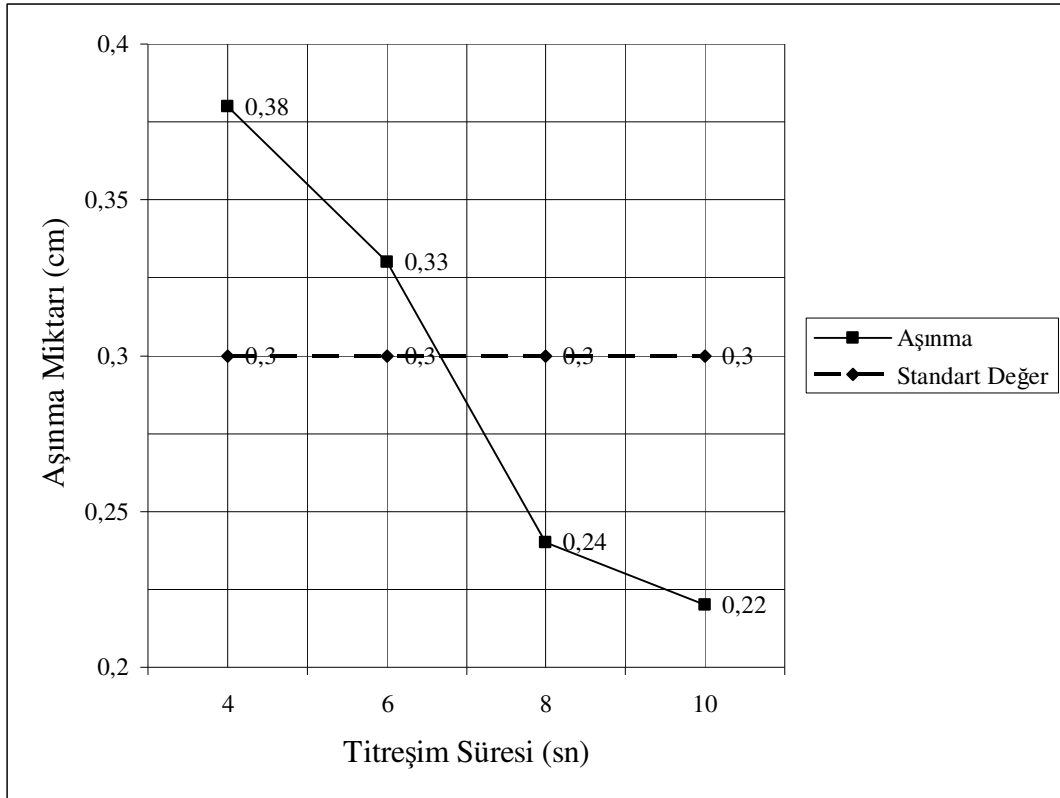
4.3. Aşınma Dayanımı

Hazırlanan kilit taşı numunelerinin 20 tanesi Bölüm 3.2.2'deki gibi, aşınma dayanımında belirtildiği üzere deneye tabi tutulmuş ve bulunan değerler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Aşınma dayanımı değerleri

Numune No	Aşınma Dayanımı		Grup Ortalaması		Standartla Karşılaştırma (cm, %)
	(%)	(cm)	(%)	(cm)	
A11	2,21	0,40	2,22 ± 0,011	0,38 ± 0,009	0,38 ≤ 0,30 2,22 ≤ 1,87
A12	2,26	0,40			
A13	2,22	0,38			
A14	2,20	0,35			
A15	2,21	0,37			
B11	1,95	0,34	1,92 ± 0,018	0,33 ± 0,012	0,33 ≤ 0,30 1,92 ≤ 1,87
B12	1,87	0,30			
B13	1,97	0,37			
B14	1,90	0,32			
B15	1,91	0,32			
C11	1,02	0,24	1,03 ± 0,027	0,24 ± 0,014	0,24 ≤ 0,30 1,03 ≤ 1,87
C12	0,96	0,20			
C13	0,99	0,21			
C14	1,11	0,27			
C15	1,07	0,26			
D11	0,86	0,20	0,92 ± 0,019	0,22 ± 0,009	0,22 ≤ 0,30 0,92 ≤ 1,87
D12	0,92	0,21			
D13	0,92	0,22			
D14	0,94	0,24			
D15	0,98	0,25			

Deney sonucunda; her bir titreşim oranından 5'er adet numuneye aşınma uygulanmıştır. Titreşim süreleri arttıkça aşınma dayanımı da düşmüştür. Aşınma dayanımı deneyi sonucunda, numunenin kaybı cm olarak da ölçülmüştür. 10 sn en düşük, 4 sn'de en yüksek aşınma dayanımı değerini vermiştir. Ayrıca aşınma dayanımında, 4 ve 6 sn titreşim uygulanmış numuneler fazla aşınma sonucu boyut olarak ta standart değer in altında çıkmıştır. 10 sn titreşim uygulanmış numuneler 4 sn titreşim uygulanmış numunelere göre yüzde olarak % 41, cm olarak da % 58 daha iyi sonuç vermiştir. 8 ve 10 sn titreşim uygulanmış numuneler aşınmaya dayanıklı çıkmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Aşınma dayanımı ile titreşim süresi arasındaki ilişki

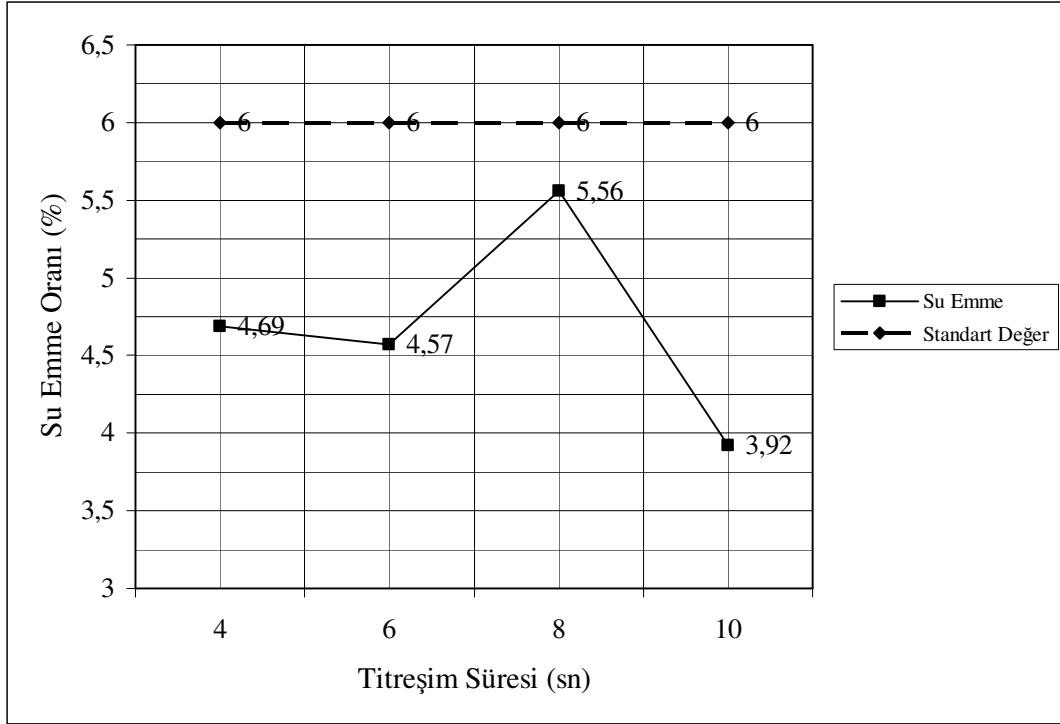
4.4. Su Emme Oranı Tayini

Hazırlanan kilit taşı numunelerinin 20 tanesi Bölüm 3.2.2'deki gibi, su emme oranı tayininde belirtildiği üzere deneye tabi tutulmuş ve bulunan değerler Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Su emme oranı tayini değerleri

Numune No	Su Emme Oranı (%)	Grup Ortalaması (%)	Standartla Karşılaştırma (%)
A16	4,90	4,69 ± 0,103	4,69 ≤ 6
A17	4,79		
A18	4,37		
A19	4,47		
A20	4,80		
B16	4,14	4,57 ± 0,124	4,57 ≤ 6
B17	4,69		
B18	4,89		
B19	4,51		
B20	4,65		
C16	5,70	5,56 ± 0,043	5,56 ≤ 6
C17	5,54		
C18	5,44		
C19	5,62		
C20	5,58		
D16	3,46	3,92 ± 0,192	3,92 ≤ 6
D17	3,77		
D18	4,54		
D19	3,52		
D20	3,83		

Deney sonucunda; her bir titreşim oranından 5'er adet numuneye su emme uygulanmıştır. 8 saniye titreşim uygulanan numunelerin su emme oranları ortalaması 4 ve 6 saniye titreşim uygulanan numunelere göre yüksek, 10 saniye titreşim uygulanan numunelerin ise su emme oranları ortalaması 4 ve 6 saniye titreşim uygulanan numunelere göre düşük çıkmıştır. 10 sn titreşim uygulanmış numuneler 8 sn titreşim uygulanmış numunelere göre % 70 daha iyi sonuç vermiştir. Genel olarak su emme oranları ortalamaları % 6 değerinden düşük olduğundan uygundur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Su emme oranları grup ortalaması grafiği

Ankara'daki firmaların incelenmesi

Ankara'da üretim yapan ve numune alınan bazı firmaların deney sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

- ✓ Üretimde malzeme olarak; 0/3, 3/7 ve 7/15 olarak isimlendirilen kırmataş, kül, Portland Çimento 42,5 (CEM I) kullanan (200x165x80 mm) ve 8 sn titreşim uygulayan X firmasının deney sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Üretimde kullanılan makine, çift haznelidir. İkinci hazne parke taşları üzerine renk ve ince film tabakası yapar. Çalışması yarı otomatik ve tam otomatik olmak üzere iki türlü yapılır. Tam otomatik çalışma üretimini % 10 – 15 artırır. Vibrasyon sisteminde üstte iki adet 2,2 kw motorlu 5 000 dev/dak dönen vibratörler vardır. Altta ise iki adet 4 kw motora sahip çift milli bir adet vibratör vardır. Makinenin genel olarak günde (8 saat) 700 adet baskı yapma kapasitesine sahiptir. Makinenin haznelerine harcın getirilmesi konveyör bantla sağlanmaktadır.

Çizelge 4.5. X firmasının deney sonuçları

	Numune No	Bulunan Değer	Ortalama	Standartla Karşılaştırma
Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları (28 gün, MPa)	C1	4,95	4,81 ± 0,191	4,81 > 3,5
	C2	4,59		
	C3	4,88		
Aşınma Dayanımı (%)	C4	0,89	0,91 ± 0,020	0,91 ≤ 1,87
	C5	0,91		
	C6	0,93		
Su Emme Oranları (%)	C7	1,01	1,07 ± 0,055	1,07 ≤ 6
	C8	1,10		
	C9	1,11		

Buna göre yapılan deneyler sonucunda X firmasının yarmada çekme dayanımı, aşınma dayanımı ve su emme oranları standarda uygun çıkmıştır.

- ✓ Üretiminde malzeme olarak; 0/4 ve 4/12 olarak isimlendirilen kırmataş, kül ve Portland Çimento 42,5 (CEM I) kullanan (200x165x80 mm) ve 8 sn titreşim uygulayan Y firmasının deney sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Üretimde kullanılan makine, hem briket hem de kilit parke taşlarını kalıp değiştirmek süretiyle üretebilir. İki harç haznelidir. Manuel ve otomatik olmak üzere iki kontrol sistemi vardır. İkinci hazne, parke taşları üretiminde taş üzerine ince film tabakası yapmak için kullanılır ve menteşeli bağlanmış olup kalıp değiştirilmek istenildiği zaman kolay bir şekilde açılmaktadır. Üstte iki adet vibratörü vardır. Altta ise çiftli bir adet vibratörü vardır. Toplam elektrik gücü tesisteki bant ve mikser sayısına göre 45–50 kw'dır. Makinenin haznelerine harcın getirilmesi konveyör bantla sağlanmaktadır.

Çizelge 4.6. Y firmasının deney sonuçları

	Numune No	Bulunan Değer	Ortalama	Standartla Karşılaştırma
Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları (28 gün, MPa)	C1	4,89	4,04 ± 0,978	4,04 > 3,5
	C2	2,97		
	C3	4,26		
Aşınma Dayanımı (%)	C4	1,25	1,19 ± 0,065	1,19 ≤ 1,87
	C5	1,12		
	C6	1,19		
Su Emme Oranları (%)	C7	1,15	1,16 ± 0,006	1,16 ≤ 6
	C8	1,16		
	C9	1,16		

Buna göre yapılan deneyler sonucunda Y firmasının yarmada çekme dayanımı, aşınma dayanımı ve su emme oranları standarda uygun çıkmıştır.

- ✓ Üretimde malzeme olarak; 0/3, 0/4 ve 4/12 olarak isimlendirilen kırmataş ve Portland Çimento 32,5 (CEM I) kullanan (200x165x80 mm) ve 6 sn titreşim uygulayan Z firmasının deney sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir; Üretimde kullanılan makine, hem briket hem de kilit parke taşlarını kalıp değiştirmek süretiyle üretebilir. İki harç haznelidir. Manuel ve otomatik olmak üzere iki kontrol sistemi vardır. İkinci hazne, parke taşları üretiminde taş üzerine ince film tabakası yapmak için kullanılır. Üstte iki adet vibratörü vardır. Altta ise çiftli bir adet vibratörü vardır. Toplam elektrik gücü 20–25 kw’dir. Makinenin haznelere harcın getirilmesi konveyör bantla sağlanmaktadır. Sekiz saatlik bir çalışmada iki işçi ile 600 adet kilit taşı üretmektedir. Bu rakam 4 işçi ile 1 000 adet olmaktadır.

Çizelge 4.7. Z firmasının deney sonuçları

	Numune No	Bulunan Değer	Ortalama	Standartla Karşılaştırma
Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları (28 gün, MPa)	B1	2,27	2,32 ± 0,050	2,32 < 3,5
	B2	2,31		
	B3	2,37		
Aşınma Dayanımı (%)	B4	1,56	1,55 ± 0,040	1,55 ≤ 1,87
	B5	1,51		
	B6	1,59		
Su Emme Oranları (%)	B7	2,05	1,96 ± 0,090	1,96 ≤ 6
	B8	1,95		
	B9	1,87		

Buna göre yapılan deneyler sonucunda Z firmasının yarmada çekme dayanımı değerleri standart değerlerin altında çıkmıştır. Aşınma dayanımı ve su emme oranları standarda uygun çıkmıştır.

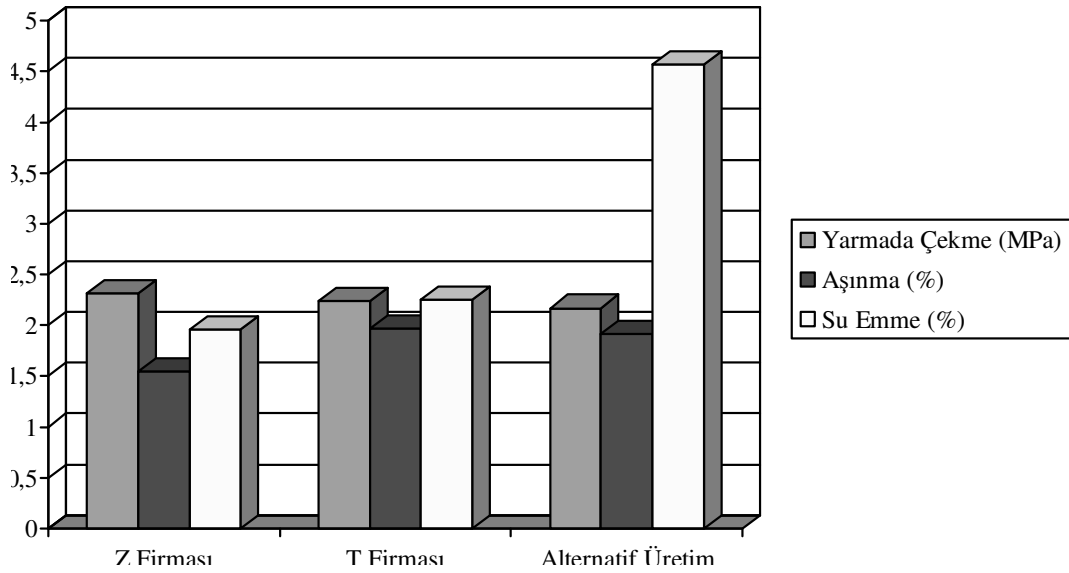
- ✓ Üretimde malzeme olarak; 0/3, 0/4 ve 4/8 olarak isimlendirilen kırmataş ve Portland Çimento 32,5 (CEM I) kullanan (200x165x80 mm) ve 6 sn titreşim uygulayan T firmasının deney sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Üretimde kullanılan makine iki harç haznelidir. Çalışma sistemi manueeldir. İkinci hazne, film tabakası yapmak için kullanılır. Üstte iki adet vibratörü vardır. Altta çiftli bir adet vibratörü vardır.

Çizelge 4.8. T firmasının deney sonuçları

	Numune No	Bulunan Değer	Ortalama	Standartla Karşılaştırma
Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları (28 gün, MPa)	B1	2,33	2,24 ± 0,075	2,24 < 3,5
	B2	2,19		
	B3	2,21		
Aşınma Dayanımı (%)	B4	1,99	1,97 ± 0,015	1,97 ≤ 1,87
	B5	1,96		
	B6	1,97		
Su Emme Oranları (%)	B7	2,21	2,25 ± 0,035	2,25 ≤ 6
	B8	2,28		
	B9	2,25		

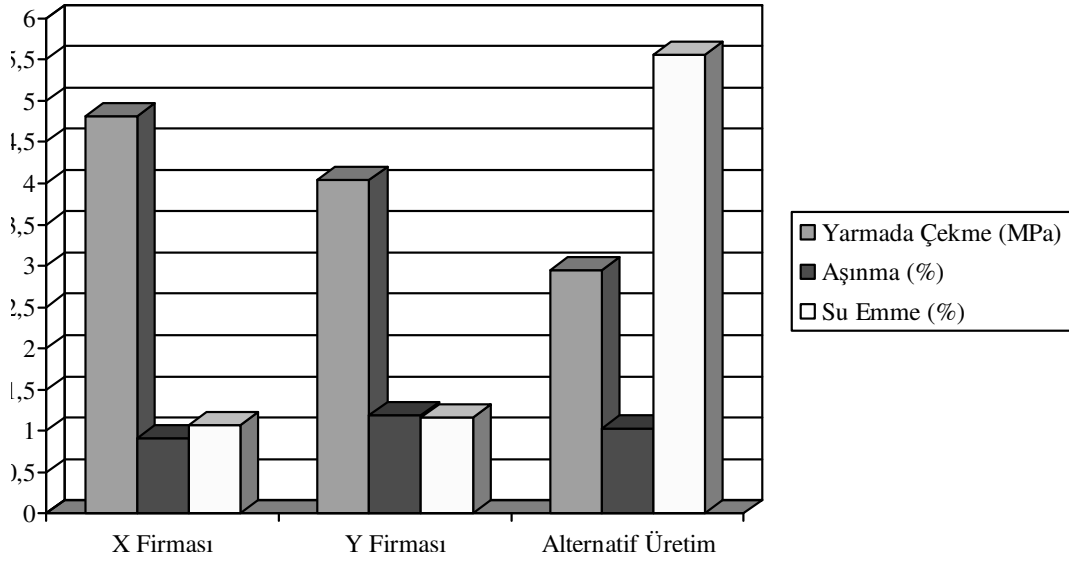
Buna göre yapılan deneyler sonucunda T firmasının yarmada çekme dayanımı değerleri standart değerlerin altında çıkmıştır. Ayrıca aşınma dayanımı değerleri de standart değerlerin altındadır. Su emme oranı değerleri standarda uygun çıkmıştır.

Araştırma kapsamında 6 sn titreşim uygulanmış numuneler karşılaştırıldığında, yarmada çekme dayanımı değerleri birbirine yakındır. Aşınma dayanımlarında Z firmasının ürettiği beton kilit taşlarının aşınması uygun çıkmıştır. Alternatif olarak üretilen beton kilit taşlarının su emme oranlarının yüksek çıktığı da görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. 6 sn titreşim uygulanan numunelerin karşılaştırılması

Araştırma kapsamında 8 sn titreşim uygulanmış numuneler karşılaştırıldığında, yarmada çekme dayanımı X firmasında Y firması ve alternatif üretimden daha fazla çıkmıştır. Aşınma dayanımlarında farklılık gözlenmemiştir. Alternatif olarak üretilen beton kilit taşlarının su emme oranının X ve Y firmalarının üretimine göre daha yüksek çıktığı da görülmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. 8 sn titreşim uygulanan numunelerin karşılaştırılması

Sonuç olarak; piyasada üretim yapan firmalardan alınan örnekler değerlendirildiğinde üretim kapasitesi yüksek olan firmaların daha sağlıklı bir üretim gerçekleştirdiği ve üretilen beton kilit taşlarının standart değerlere uygun olduğu ortaya çıkmıştır. X ve Y firmalarının ürettiği beton kilit taşları bütün özellikleriyle standarda uygundur. Z firmasının ürettiği beton kilit taşları yarmada çekme dayanımı açısından standarda uygun değildir. T firmasının ürettiği beton kilit taşları ise yarmada çekme dayanımı ve aşınma dayanımı açısından standart değerlerin altındadır. 8 sn titreşim uygulanmış numunelerde standart olarak uyum vardır ama üretim kapasitesi ve kullanılan kilit taşı makinesi göz önüne alındığında piyasada üretilenlere göre düşük çıkmıştır. Ayrıca piyasada 4 ve 10 sn titreşim uygulanarak üretim yapan firmaya rastlanmamıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ankara’da beton kilit taşı üretimi yapan kamu ve özel kuruluşlara ait firmalardan alınan numuneler ve alternatif üretilen beton kilit taşlarına Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü malzeme laboratuvarında standartlara uygun olarak deneyler yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- ✓ Ankara’da üretilen beton kilit taşları üzerinde yapılan gözle muayenede 72 adet numune incelenmiş ve piyasada standartta istenen karelik sınıfları, düzgünlük ve eğrilik deneyleri parke taşının boyunun 300 mm’den büyük olmadığı için yapılmamıştır. Ama piyasada üretilen kilit taşlarının inceleme sonucunda boyutlarında fazla fark olmadığı saptanmıştır.
- ✓ Beton kilit taşları üzerinde yapılan yarmada çekme dayanımı deneyi sonucu elde edilen verilere göre iki firmanın tam olarak standart değerlere uygun üretim yaptığı ve diğer iki firmanın da standart değerlerin altında üretim yaptığı görülmüştür.
- ✓ Aşınma deneyi sonuçlarına göre bir firma dışındaki diğer firmaların aşınmaya dayanıklı beton kilit taşı ürettikleri ortaya çıkmıştır.
- ✓ Su emme deneyi sonucunda bütün firmaların su emmeye dayanıklı beton kilit taşı ürettikleri ortaya çıkmıştır.
- ✓ Alternatif olarak üretilen beton kilit taşları üzerinde yapılan biçim ve boyut muayenesi sonucu 80 numune incelenmiş ve pürüzlü, gözenekli, kenarı kopuk, vb., gibi kavramalarla beraber titreşimden kaynaklanan da yükseklik farklarının bulunduğu ortaya çıkmıştır. Genel olarak bakıldığında yaklaşık % 65 – 70’i kadarı uygun olarak belirlenmiştir.
- ✓ Alternatif olarak üretilen 40 adet beton kilit taşı üzerinde yapılan 28 günlük yarmada çekme dayanımı deneyi sonuçlarının 8 ve 10 sn titreşim uygulanmış numunelerde standarda uygun olduğu tespit edilmiştir.

- ✓ Alternatif olarak üretilen 20 adet beton kilit taşı üzerinde yapılan aşınma dayanımı deneyi sonuçlarından 4 ve 6 sn titreşim uygulanmış numuneler dışında standarda uygun değerler olduğu ortaya çıkmıştır.
- ✓ Alternatif olarak üretilen beton kilit taşları üzerinde yapılan su emme oranı deneyi değerlerinin standarda uygun olduğu görülmüştür.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada elde edilen sonuçların iyileştirilmesi ve ayrıca gelecekteki benzeri çalışmalara yön vermesi açısından önemli görülen öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- ✓ Piyasada üretilen beton kilit taşları fabrikada üretildiği için direnci yüksek agrega kullanmak, betonun kalitesini iyileştirmek, sonuç olarak da mekanik direnci yüksek bir kaplama elde etmek olasıdır.
- ✓ Beton kilit taşı üretiminde kilit taşı makinesinin kapasitesi, üretim şekli ve otomatik olarak üretimin yapılması çok önemlidir. Manuel üretimlerde hata oranı artmaktadır.
- ✓ Beton kilit taşlarının dış hava tesislerine daha dayanıklı üretilebilmesi için; üretimde kullanılan agregalar don etkisine ve aşınmaya karşı dayanıklı olmalı, agregaların granülometrik bileşimleri standartlarda önerilen sınır değerlerine uygun seçilmelidir.
- ✓ Beton karışım hesaplarında yüksek mukavemet hedeflenerek, su-çimento oranı minimum olacak şekilde, kalıba dökümden sonra iyi bir sıkıştırma, basınç, sulama ve uygun işlemler yapılarak mukavemeti yüksek, dayanıklı beton kilit taşı üretimi mümkün olabilir.
- ✓ Beton kilit taşı üretiminde katkı maddeleri kullanıldığında daha iyi sonuçlar elde edilebilir.
- ✓ Beton kilit taşı ile kaplanan yol kaplamanın yapımından hemen sonra trafiğe hemen açılabilmektedir. Bu süre beton asfalt kaplamalı yollarda birkaç saat, beton yollarda ise birkaç haftadır.

- ✓ Beton yollarda derzlerin kontrolü ve derz dolgularının değişiminin 4–5 yılda yapılması gerekir. Asfalt yollarda ise ortaya çıkabilecek çatlama, çukurlaşma veya ayrışımardan ileri gelen bozuklukların onarımı daha kısa periyotlarda gereksinme göstermektedir. Beton kilit taşı ile yapılan kaplamanın, yapımından itibaren 25 yıl boyunca bakım gerektirmediği saptanmıştır.
- ✓ Ankara kent içi evre düzenlemesinde kullanılan beton kilit taşlarının genellikle araçların geçtiği yerlerde değil de yayaların kullandığı alanlara döşenmesi daha uygun ve uzun süreli kullanım sağlayacaktır.
- ✓ Ankara’da üretilen beton kilit taşlarının 8 sn ve 10 sn titreşim uygulanarak yapılması uygundur. 8 ve 10 sn titreşim uygulanarak üretilen alternatif beton kilit taşlarının yoğun trafik bulunan araç güzergahı haricinde yaya kaldırım ve yaya yollarında, yeşil alanlarda, cadde, sokak, meydan ve park yerlerinde kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir.
- ✓ Ne tam olarak rijit, ne de tam olarak esnek kaplama olan, fakat her iki kaplama türünün avantajlarına sahip bulunan kilitli beton parke kaplamaların kullanılması, ülkemizde gittikçe artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Beton parke taşlarının üretiminin sürekli artış göstermesi, dolayısıyla da bunların kolayca üretiler olmaları, ham madde ithalatı sorununun bulunmayıp bunların tamamen yerli kaynaklardan sağlanabilmesini, uygulama, yapım, bakım ve onarım kolaylıkları ve estetik faktörler, bu kaplama türüne olan talebi gittikçe arttırmaktadır.
- ✓ Yapımı için kalifiye bir ekibe gereksinme duyulması, yapım ilerleme hızının da bu ekibin çalışma hızına bağlı kalması, herhangi bir onarım sonrasında yine aynı nitelikte bir ekibin yeni döşeme işini yapması gereği gibi faktörler, bu kaplama tipinin zayıf noktalarını oluşturmaktadır.
- ✓ Sayılan bu dezavantajlar çok sayıda avantaja kıyasla önemsiz düzeyde kalmaktadır. Kilitli beton parke kaplamaların, ülkemiz kent içi yollarında, kısa bir süre içinde büyük bir hızla ve çok yaygın bir şekilde uygulama alanı bulması gerekir.
- ✓ Beton kilit taşlarının, estetik görünüme gereksinme duyulan kent için meydan, ana cadde, cadde ve sokaklarında uygulanmasının desteklenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, “Nüfus”, Türkiye İstatistik Yıllığı, *Devlet İstatistik Enstitüsü*, 24-33 (2004).
2. İcık, A., “Ankara’da Kullanılan Beton Bordürlerin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Alternatif Beton Bordür Üretiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-2 (1996).
3. Öztaş, G., Açar, E., “Kilitli Beton Parke Kaplamalar”, *Şantiye İnşaat Makine ve Mimarlık Dergisi*, 208 (18): 98-102 (2005).
4. Ekinci, C. E., “Beton Taşlar”, Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, *Nobel Basımevi*, Ankara, 352-353 (2004).
5. TS 2824 EN 1338, “Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-25 (2005).
6. Yılmaz, M., “Ezine-Kestanbol Yöresi Siyenitlerinin Mühendislik Jeolojisi ve Parke Taşı Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 106-110 (1993).
7. TS 2809 EN 1342, “Dış Zemin Döşemeleri İçin Tabii Parke Taşları - Özellikler ve Deney Metotları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-7 (2004).
8. Baysal, Ercan, Kasım 7, *Zaman Gazetesi*, 9 (2005).
9. TS 1247, “Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları (Normal Hava Koşullarında)”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 5-19 (1984).
10. Şimşek, O., “Beton Bileşim Elemanları”, Beton ve Beton Teknolojisi, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 77 (2004).
11. TS 706 EN 12620, “Beton Agregaları”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (2003).
12. Erdoğan, T. Y., “Agregalar”, Beton, *ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını*, Ankara, 62 (2003).
13. Sonaer, A. H., “Betonda Suyun Önemi”, Kalite Kontrol Teknik Semineri (Beton Yapımı, Bakım ve Onarımı), *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü T.A.K.K. Dairesi Başkanlığı*, Fethiye, 9 (1993).
14. Kılınçkale, F., “Betonda Dayanıklılık”, *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 427 (48): 32-33 (2003).

15. Postacıoğlu, B., “Betondan Beklenen Özellikler”, Beton (Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton), *Matbaa Teknisyenleri Basımevi*, İstanbul, 241-244 (1987).
16. Güner, M. S., Süme, V., “Giriş”, Yapı Malzemesi ve Beton, *Aktif Yayınevi*, İstanbul, 1-4 (2001).
17. Şimşek, O., “Yapılarda Hasar Meydana Getiren Etmenler”, Yüksek Lisans Ders Notu, Yayınlanmamış, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü*, Ankara, 1-4 (1996).
18. TS EN 197-1, “Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 5-20 (2002).
19. TS 3530 EN 933-1, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 4-9 (1999).
20. TS 3529, “Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1980).
21. TS 3526, “Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-13 (1980).
22. TS 3523, “Beton Agregalarının Yüzey Nemi Oranının Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1980).
23. TS 3527, “Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-7 (1980).
24. TS EN 1744-1, “Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Kimyasal Analiz”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (2000).
25. TS 3528, “Beton Agregalarında Hafif Madde Oranı Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1980).
26. ASTM C 944, “Standart Test Method For Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by The Rotating-Cutter Method”, *American Society For Testing and Materials*, USA, 1-4 (1999).

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Rize’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Rize’de tamamladı. 1994 yılında Rize Mimar Sinan Endüstri Meslek ve İnşaat Teknik Lisesinin Yapı Öğretmenliği bölümüne girdi. Burada bir sene okuduktan sonra aynı okulun İnşaat Teknik Lisesine geçiş yaptı ve 1998 yılında mezun oldu. 1999 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalını kazandı. 2003 yılında Lisans eğitimini bitirdi. Lisans eğitimini bitirdiği yılın güz döneminde Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. Halen bu Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.