

## **ÇİMENTOLARIN BASINÇ DAYANIMLARININ TAYİNİNDE PRİZMATİK NUMUNELER YERİNE KÜP NUMUNELERİN KULLANILABİLİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Arzu OKUCU,<sup>1</sup> Nurhayat DEĞİRMENCİ<sup>2</sup>

**ÖZET :** Çimentoların basınç dayanımları standartlara uygun üretilen harç numuneler üzerinde tayin edilmektedir. Türkiye'de TS 24'de ayrıntılı olarak belirtilen Rilem Cembureau yöntemine göre hazırlanan harç karışımları prizmatik kalıplara yerleştirilmekte, önce eğilme daha sonra da basınç dayanımı deneyine tabi tutulmaktadır. Türk standartlarının son baskısında eğilmede çekme değerleri birçok çimento türünde aranmamakta ancak basınç dayanımının belirlenmesinde gereken numuneleri elde edebilmek için prizmatik numuneler üzerinde eğilme deneyi uygulanmaktadır. Amerikan standartlarında ise 5 cm'lik küp numuneler üzerinde doğrudan basınç dayanımı deneyi uygulanmaktadır. Bu çalışmada her iki standarda; TS 24 ve ASTM C109 'a göre hem küp hem de prizmatik numuneler hazırlanmış ve bu numunelerin basınç dayanımları tayin edilerek iki yöntem arasında karşılaştırma yapılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER :** Portland çimentosu, çimento harcı, basınç dayanımı

**THE USING POSSIBILITIES OF CUBE  
SPECIMENS IN STEAD OF  
PRISMATIC SPECIMENS FOR THE  
DETERMINING OF COMPRESSIVE  
STRENGTH OF CEMENT MORTAR**

**ABSTRACT :** *The strength tests of cement are employed on cement-sand mortar prescribed proportions and made with specified materials under controlled conditions. In Turkey, Rilem Chemberau Method which are given the details in Turkish Standard for Physical and Mechanical Testing Method of Cement (TS 24), the mortar mixture are cast prismatic molds and at first, the flexural strength test and then compressive strength test are employed on test specimens. However in the last revision of Turkish Standards tensile strength values are not required for some cement types, to obtain the test samples for compressive strength, the flexural strength are employed on prismatic specimens. In American Standard of Testing Material (ASTM C 109) the compressive strength test are employed directly using 5 cm cube specimens. In this research cube and prismatic specimens were prepared according to TS 24 and also ASTM C109 and a comparative study of this two methods is presented for determining of compressive strength of portland cement.*

**KEYWORDS:** *Portland cement ,cement mortar, compressive strength*

---

<sup>1</sup> Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık  
Fakültesi, İnşaat Bölümü,  
Çağış Kampüsü, 10600 Balıkesir

<sup>2</sup> Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık  
Fakültesi, Mimarlık Bölümü,  
Çağış Kampüsü, 10600 Balıkesir

## ***I.GİRİŞ***

Çimentoların basınç dayanımları Türkiye ve birçok Avrupa ülkesinde Rilem Cembureau yöntemine göre yapılmaktadır. Bu yöntem ile ilgili ayrıntılı bilgi Çimentoların Fiziki ve Mekanik Deney Metotları (TS 24) Türk standardında verilmektedir [1]. Bu yöntemde standart çimento harcı, ağırlıkça 1 kısım çimento, 3 kısım kum ve 1/2 kısım sudan oluşmaktadır. Harcın hazırlanmasında özellikleri (TS 819) standardında belirtilen Rilem Chembureau Standart Kumu kullanılmaktadır[2]. Harcın karıştırılmasında karıştırma kabı ve paletten oluşan mekanik bir karıştırıcıdan yararlanılmaktadır. Hazırlanan harç (40×40×160 mm) ayrıtlı üçlü prizmatik kalıplara TS 24'de belirtildiği gibi iki tabaka halinde sıkıştırılarak doldurulur. Kalıplanan numuneler 20±2 °C sıcaklık ve en az %90 nisbi nemli ortamda üzerleri metal veya plastik bir plaka ile örtülü olarak 24 saat tutulur. Bu süre sonunda numuneler kalıptan alınarak 20±2 °C sıcaklıktaki kirece doymuş su içinde deney gününe kadar bekletilir. Deneyden 15 dakika önce numuneler sudan çıkarılarak bir bezle kurulanır ve eğilme deney cihazına yerleştirilir. Eğilme deneyi, en az üç prizmatik numune üzerinde ve numune orta noktasından yükleme yapılarak uygulanır. Eğilme

deneyinde kırılarak elde edilen her iki prizma parçası küp etkisi görerek 40×40×40 mm'lik metal kırma başlığı vasıtasıyla basınç deneyine tabi tutulur. TS 24 standardı yerine mart 2002 tarihinde kabul edilen TS EN 196-1 standardında da[3] harcın bileşimi ve hazırlanışı ile ilgili aynı değerler benimsenmiştir.

Amerikan standartlarında ise çimentoların basınç dayanımı tayininde kullanılan numunelerin şekli, boyutları ve harcın bileşenleri Türk Standartlarından farklıdır. Portland çimentosunun harcının basınç dayanımı ASTM C 150'de belirtildiği gibi 2 inç veya 50 mm'lik standart küp numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilir[4]. Bu küp numuneler ASTM C 109'da tarif edildiği gibi hazırlanır ve küre tabi tutulur [5]. Standart harcın bileşenleri 1 kısım çimento ve 2.75 kısım standart kumdan oluşur. Su/çimento oranı Portland çimentoları için 0.485 olarak verilmiştir. Su miktarı diğer çimentolar için sarsma tablasında 25 düşüş sonucunda  $110\pm 5$  yayılma elde edilecek şekilde tayin edilir ve çimento ağırlığının yüzdesi cinsinden ifade edilir. ASTM C 349 Portland çimentolarının basınç dayanımı tayini için bir başka deney yöntemi önermekte ancak bu uygulanabilir bir deney olarak kabul edilmemektedir [6]. Bu deney ASTM C 348'e göre eğilme deneyinde kırılan prizmatik numuneler

kullanılarak çimento harçlarının basınç dayanımlarının tayinini kapsamaktadır [7].

Türk standartlarında daha önce aranan eğilmede-çekme değerleri standartların son baskılarında aranmamaktadır. Bu standartlara göre sadece basınç dayanımı değerlerinin tayini yeterli olmaktadır. Bu nedenle eğilmede-çekme değerlerini hesaplamak zorunluluğu kalkmıştır. Ancak Türk standartlarının son baskısında eğilme dayanımı değerleri zorunlu olmasa da basınç dayanımı için gereken numuneleri elde edebilmek için prizmatik numuneler üzerinde eğilme deneyi uygulanmaktadır. Amerikan standartlarında ise basınç dayanımı deneyi 50 mm'lik küp numuneler üzerinde doğrudan uygulanır [8-9-10-11].

Bu araştırmada her iki standarda; TS 24 ve ASTM C109 'a göre hem küp hem de prizmatik numuneler hazırlanmış ve bu numunelerin basınç dayanımları tayin edilerek iki yöntem arasında karşılaştırma yapılmıştır.

## ***II. AMAÇ***

Türk standartlarında çimento harçlarının basınç dayanımlarının tayininde kullanılan prizmatik numuneler yerine küp numunelerin kullanılabilirliği araştırılmış ve bu bakımdan Türk standartları ile Amerikan standartlarının bir karşılaştırılması yapılmıştır.

### **III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

#### **III.1. KULLANILAN MALZEMELER**

Harç karışımlarının hazırlanmasında TS 819'da özellikleri belirtilen Rilem Cembureau Standart Kumu kullanılmıştır. Standart kum Trakya Set Çimento Fabrikası tarafından üretilmiştir. Standart kumun granülometrisi Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan Portland çimentosu (PÇ 42,5) ve kompoze portland çimentosu (PÇK/A 32,5 R), Portland Çimentoları (TS 19) ve Çimento Portland-Kompoze (TS 12143) Türk Standartlarına göre Balıkesir Set Çimento Fabrikası tarafından üretilmiştir [12-13]. Portland çimentolarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Balıkesir Set Çimento Fabrikası laboratuvarlarında tayin edilmiştir. Kompoze Portland çimentosu ve Portland çimentosunun fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Rilem cembureau standart kumunun granülometrisi**

<b>Elek Boyutu (mm)</b>	2.00	1.60	1.00	0.50	0.16	0.08
<b>Elekten Geçen (%)</b>	0	9 ± 2	33 ± 2	67 ± 2	87 ± 2	98 ± 2

**Çizelge 2: PÇK/A 32,5R Portland çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikler**

<b>Kimyasal Kompozisyon</b>	<b>Sonuç</b>	<b>TS 12143 İstenen Değerler</b>
Kızdırma Kaybı (%)	-	-
Çözünmeyen Kalıntı (%)	-	-
Magnezyum Oksit-MgO (%)	-	-
Klorür-Cl (%)	0.0071	Max.% 0.1
Kükürt Trioksit-SO <sub>3</sub> (%)	2.93	32,5,32,5R,42,5 Max.%3.5 42,5R,52,5 ,52,5R, Max. %4
Toplam Katkı Miktarı (%)	19.84	%6 - %20
C <sub>3</sub> A (%)	-	-
C <sub>4</sub> AF+2C <sub>3</sub> A (%)	-	-
<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>Sonuç</b>	<b>TS 12143 İstenen Değerler</b>
2 Günlük Basınç Day. (N/mm <sup>2</sup> )	18.9	Min.10
7 Günlük Basınç Day. (N/mm <sup>2</sup> )	32.7	-
28GünlükBasınç Day. (N/mm <sup>2</sup> )	42.2	Min. 32.5-Max.52,5 (N/mm <sup>2</sup> )
Priz Başlangıcı (saat-dak)	1:50	Min. 1 saat
Priz Sonu (saat-dak)	3:10	-
Hacim Genleşmesi(mm)	1	Max. 10 mm

**Çizelge 3: PÇ 42.5 Portland çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikleri**

<b>Kimyasal Kompozisyon</b>	<b>Sonuç</b>	<b>TS 19 İstenen Değerler</b>
Kızdırma Kaybı (%)	3.17	Max. %4
Çözünmeyen Kalıntı (%)	1.43	Max. %1.5
Magnezyum Oksit-MgO (%)	1.40	Max. %5
Klorür-Cl (%)	0.0071	Max. % 0.1
Kükürt Trioksit-SO <sub>3</sub> (%)	2.91	Max. %3.5
Toplam Katkı Miktarı (%)	-	-
C <sub>3</sub> A (%)	-	-
C <sub>4</sub> AF+2C <sub>3</sub> A (%)	-	-
<b>Fiziksel Özellikler</b>	<b>Sonuç</b>	<b>TS 19 İstenen Değerler</b>
İncelik-Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	3050	Min. 2800 cm <sup>2</sup> /g
2 Günlük Basınç day (N/mm <sup>2</sup> )	22.2	Min. 20 N/mm <sup>2</sup>
7 Günlük Basınç day (N/mm <sup>2</sup> )	35.5	Min. 31.5 N/mm <sup>2</sup>
28GünlükBasınç day (N/mm <sup>2</sup> )	50.0	Min. 42.5 N/mm <sup>2</sup>
Priz Başlangıcı (saat-dak)	2:40	Min. 1 saat
Priz Sonu (saat-dak)	3:35	Max. 10 saat
Hacim Genleşmesi (mm)	0	Max. 10 mm



### ***III.II. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI***

Harç karışımları her iki standarda; TS 24 ve ASTM C 109'a göre hazırlanmıştır. TS 24'e göre hazırlanan harcın karışımı ağırlıkça 1 kısım çimento, 3 kısım kum ve 1/2 kısım sudan oluşmaktadır. Hazırlanan harç karışımları TS 24'de tarif edildiği gibi 40×40×160 mm'lik prizmatik kalıplara doldurulmuştur. ASTM C109'a göre hazırlanan harcın bileşimi 1 kısım çimento 2.75 kısım kum dan oluşmaktadır ve su/çimento oranı 0.485 tir. Hazırlanan bu harç ASTM C 109'da belirtildiği gibi 50 mm'lik küp kalıplara doldurulmuştur.

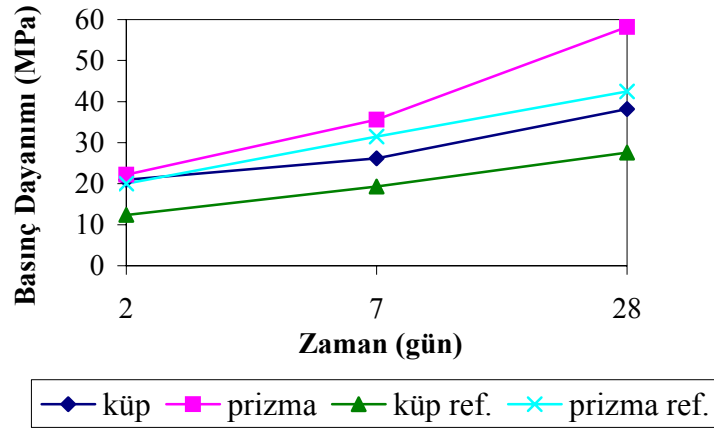
Harcın hazırlanmasında mekanik bir karıştırıcı kullanılmış ve karışımlar kalıplara iki tabaka halinde şişlenerek doldurulduktan sonra masa tipi vibratör yardımıyla yerleştirilmiştir. Kalıplamadan hemen sonra numuneler rutubet dolabına yerleştirilmiştir. Numuneler 24 saat sonra kalıplardan alınarak deney zamanına kadar  $20\pm 2$  °C'lik kirece doymuş su içinde saklanmıştır.

Basınç dayanımı değerleri prizma ve küp numuneler üzerinde TS 24 ve ASTM C 109'a göre tayin edilmiştir. Basınç dayanımı deneyi 2, 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde uygulanmış ve basınç dayanımı değerleri üç

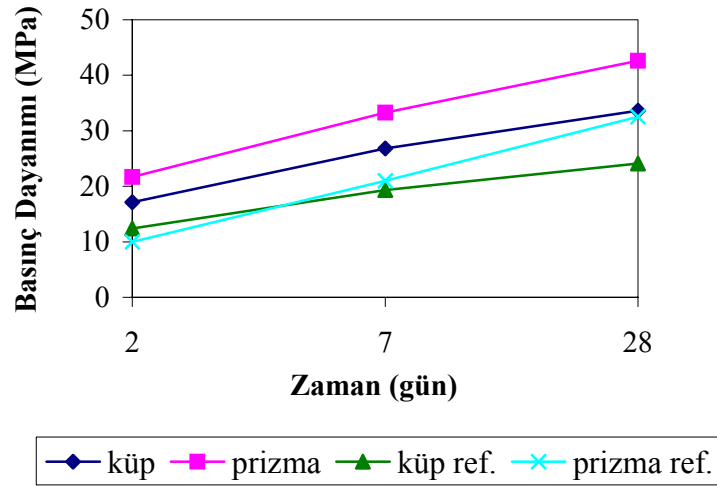
numunenin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Deneyde 0.9 KN/s yükleme hızı ile 3000 KN 'luk basınç deney cihazı kullanılmıştır. Deney sırasında oluşabilecek etkileri önlemek için deneyden önce numunelerin alt ve üst yüzlerine metal plakalar yerleştirilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4, Şekil 1 ve 2 'de verilmiştir.

**Çizelge 4. Harçların 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri**

Numune	Basınç Dayanımı (Mpa)		
	2 Gün	7Gün	28 Gün
PÇ 42,5 Küp	21.00	26.21	38.16
PÇ 42,5 Prizma	22.20	35.60	58.20
PÇK/A 32,5R Küp	17.13	26.79	33.64
PÇK/A 32,5R Prizma	21.70	33.30	42.60



**Şekil 1. Portland çimentosu (PÇ 42.5) ile üretilen çimento harçlarının basınç dayanımı değerleri.**



**Şekil 2. Portland kompoze (PKÇ/A 32.5) ile üretilen çimento harçlarının basınç dayanımı değerleri.**

#### ***IV. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ***

TS 24'e göre hazırlanan prizmatik numunelerin basınç dayanımları Türk standartlarında [12-13] belirtilen değerler ile , ASTM C109'a göre hazırlanan küp numunelerin basınç dayanımları ise ASTM standartlarında [4-14] önerilen basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırılmıştır. TS 24'e göre her iki tür çimento ile hazırlanan prizmatik numuneler için Çizelge 2 ve Çizelge 3'deki 2, 7 ve 28 günlük minimum basınç dayanımı değerleri esas alınarak referans eğrileri çizilmiştir. Ayrıca ASTM standartlarına göre hazırlanan küp numuneler için de bu standartlardaki öngörülen basınç dayanımı değerleri esas alınarak referans eğrileri çizilmiştir. Portland çimentosu (PÇ 42.5) ile hazırlanan harç numunelerinin basınç dayanımı değerleri şekil 1'de , Kompoze Portland Çimentosu (PKÇ/A 32.5 R) ile hazırlanan harç numunelerinin basınç dayanımı değerleri ise şekil 2'de verilmiştir. PÇ 42.5 çimentosu ve PÇK/A 32,5 R çimentosu ile hazırlanan çimento harçlarının basınç dayanımı değerleri prizmatik numuneler için Türk standartlarında [12-13] öngörülen değerleri sağlamaktadır. Ancak şekil 2'de 7 günlük basınç dayanımı değerleri referans eğrisi değerinden biraz daha az gibi

görülmektedir. PÇK/A 32,5 R için referans eğrisini çizerken yeni Türk standartlarında 7 günlük minimum basınç dayanımı değeri aranmadığı halde referans eğrisinin çizilebilmesi için eski standarttaki değer alınmıştır.

ASTM standartlarına göre hazırlanan küp numunelerin basınç dayanımları da bu standartlardaki [4-14] verilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Amerikan standartlarındaki çimento türleri ile Türk Standartlarındaki çimento türleri birbirinden farklıdır. Deneysel çalışmalarda kullandığımız PÇ 42.5 çimentosunun ASTM C150'deki [4] karşılığı olarak Tip I çimentosunu, PÇK/A 32.5 R çimentosu için ise ASTM C595'deki [14] karşılığı olarak Tip I P çimentosunu kabul edebiliriz. ASTM C150'de Tip I için 3 günlük basınç dayanımı değeri 12.4 MPa ,7 günlük basınç dayanımı değeri 19.30 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı değeri 27.60 MPa olarak verilmiştir. Tip I P için ise ASTM C595'de 3 günlük basınç dayanımı değeri 12.4 MPa, 7günlük basınç dayanımı değeri 19.3, MPa ve 28 günlük basınç dayanımı değeri 24.1 MPa olarak verilmiştir. Her iki çimento türü için küp numuneler ASTM'de belirtilen değerleri sağlamaktadır.

Türk standartlarında basınç dayanımı kriterleri sadece prizmatik numuneler için belirlenmiş olup küp numuneler

için böyle bir kriter belirlenmemiştir. ASTM standardına göre hazırlanan küp numunelerin basınç dayanımı değerleri Türk standartlarında [12-13] prizmatik numuneler için istenilen değerler ile karşılaştırıldığında düşük kalmaktadır. Boyut farklılığından dolayı prizmatik numuneler için istenen minimum basınç dayanımı değerlerinin küp numunelere uygulanamayacağı açıktır. ASTM standartlarına göre hazırlanan küp numuneler ile Türk standartlarına göre hazırlanan prizmatik numunelerin 28 günlük basınç dayanımları arasında PÇ 42.5 için yaklaşık %65, PÇK/A 32,5R için %75 gibi bir oran söz konusudur Daha ileride yapılacak çalışmalarda böyle bir oran hesaplanarak küp numuneler için minimum basınç dayanımı kriterleri belirlenebilir.

Çimento harçlarının basınç dayanımlarının tayininde prizmatik kalıplar yerine küp kalıplar tercih edildiğinde eğilme deneyine gerek kalmamaktadır. Böylece çimentoların basınç dayanımı küp numuneler üzerinde doğrudan tayin edilebilmektedir. Ayrıca küp numuneler için prizmatik numuneler için gerekenden daha az malzeme gerekmekte ve küp kalıpların ağırlığı prizmatik numunelerden daha az olmaktadır. Üçlü prizmatik kalıplar için yaklaşık 2025 gram, üçlü küp kalıplar için 1050 gram malzeme gerekmektedir. Üçlü prizmatik kalıpların ağırlığı

yaklaşık 11-12 kilogram, üçlü küp kalıpların ağırlığı 5-6 kilogramdır. Prizmatik kalıplar yaklaşık iki misli ağır olduğu gibi aynı zamanda iki misli fazla malzeme gerektirmektedir. Bu nedenlerle çimentoların basınç dayanımlarının tayininde küp kalıpların kullanılması kanımızca daha pratik olmaktadır.

## ***V. ÖNERİLER***

- Türk standartlarında daha önce istenen eğilmede-çekme değerleri standartların son baskılarında aranmamaktadır. Bu standartlara göre sadece basınç dayanımı değerlerinin tayin edilmesi yeterli olmaktadır. Bu nedenle mart 2002 tarihinde yürürlüğe giren TS EN 196-1 Standardına göre küp harç numuneleri hazırlanmalı ve bu numuneler üzerinde doğrudan basınç dayanımı deneyi uygulanmalıdır. Ancak Türk standartlarında basınç dayanımı kriterleri sadece prizmatik numuneler için belirlenmiş olup küp numuneler için böyle bir kriter belirlenmemiştir. Boyut farklılığı nedeniyle Türk standartlarında prizmatik numuneler için istenen minimum basınç dayanımı değerlerinin küp numunelere uygulanamayacağı açıktır. Bu nedenle küp numuneler için minimum basınç dayanımı değerleri belirlenmelidir.

- İleride araştırılacak bir çalışmada TS EN 196-1 standardı esas alınarak ve laboratuarda 40×40×160 mm'lik kalıplar ile çalışmaya yatkınlıktan dolayı 40×40×40 mm'lik küp numuneler hazırlanarak basınç dayanımı değerleri direkt olarak araştırılabilir.
- Ayrıca bir diğer konu da hem eski TS 24 hem de yeni TS EN 196-1 standardında bütün çimento türleri için aynı su/çimento oranının (0.5) verilmiş olmasıdır. Oysa katkılı çimentolar ile hazırlanan harçlarda daha fazla karışım suyuna ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Bu çimentolar için karışım suyu miktarı ASTM'de de belirtildiği gibi sarsma tablasında sabit bir (110±5) yayılma elde edilecek şekilde tayin edilmelidir.

### ***TEŞEKKÜR***

Çimento temininde gösterdikleri yardım için Balıkesir SET Çimento Fabrikası Yetkililerine teşekkür ederiz.

### ***KAYNAKLAR***

- [1] TS 24, Çimentoların fiziki ve mekanik deney metotları, TSE, 1985.
- [2] TS 819, Rilem chembureau-standard kumu, TSE, Ankara.



- [3] TS EN 196-1, Çimento deney metotları-Bölüm1: Dayanım tayini, Mart 2002, TSE, Ankara.
- [4] ASTM C 150 Standard specification for Portland Cement,. Annual book of ASTM ,vols.04.01and 04.02,The American society for testing and materials,Philadelphia,USA.
- [5] ASTM C 109 Standart test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2 in. or [50-mm ]Cube Specimens), Annual book of ASTM ,vol.04.01 The American society for testing and materials,Philadelphia,USA,1998.
- [6] ASTM C 349-97 Standart test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using portions of prisms broken in flexure), Annual book of ASTM ,vol.04.01,The American society for testing and materials,Philadelphia,USA1998.
- [7] ASTM C 348-97 Standart test method for flexural strength of hydraulic–cement mortars, Annual book of ASTM ,The American society for testing and materials,Philadelphia,USA,1998.
- [8] M.S.Akman, “*Yapı malzemeleri*”, İTÜ Yayınları, no.1396, 162 s, İstanbul, 1987.
- [9] B.Baradan, “*Yapı Malzemesi II*”, D.E.Ü. Yayınları, No:207, 217 s, İzmir, 1996.

- [10] T.Y.Erdoğan, “*Betonu Oluşturan Malzemeler, Çimentolar*”, Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara, 1995.
- [11] A.Yeğınobalı, “*Betonda Dayanımı Etkileyen Faktörler*”, T.Ç.M.B., Ar-Ge Enstitüsü, Seminer Notları (11), Ankara, 2000.
- [12] TS 19, Portland Çimentoları, TSE, 1994.
- [13] TS 12143, Çimento Portland-Kompoze, TSE, 1997.
- [14] ASTM C595 Standard specification for blended hydraulic cements, Annual book of ASTM , The American society for testing and materials, Philadelphia, USA.