

TS EN 196-1 Standardında Belirtilen Üretim Tekniğinin İrdelenmesi

Yusuf Tahir ALTUNCI^{1*}, Cenk ÖCAL²



¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Isparta

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fak., İnşaat Müh. Bölümü, Isparta
(ORCID: [0000-0002-5418-7742](https://orcid.org/0000-0002-5418-7742)) (ORCID: [0000-0002-1407-7637](https://orcid.org/0000-0002-1407-7637))

Anahtar kelimeler:

Çimento harcı,
Fiziksel özellikler,
Mekanik özellikler.

Öz

TS EN 196-1 standardında belirtilen çimento üretim tekniği ile çalışmamızda önerilen 6 farklı üretim tekniğinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada; 3 farklı firmadan temin edilen CEM I 42.5 R tipi çimento, kum ve suyun karışımına girme sıraları değiştirilerek ve aynı standart da belirtilen süreçler baz alınarak üretimler yapılmıştır. Üretilen örneklerin TS EN 1015-3 standardına göre yayılma değerleri, TS EN 12350-6 standardına göre taze yoğunlukları, TS EN 196-1 standardına göre 2, 7 ve 28 günlük dayanım özellikleri, TS EN 12390-7 standardına göre sertleşmiş yoğunlukları, Arşimet prensibine göre su emme yüzdeleri ve porozite değerleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda en uygun üretim tekniğinin TS EN 196-1 standardında belirtilen üretim tekniği olduğu sonucuna varılmıştır.

Examination of the Production Technique Specified in TS EN 196-1 Standard

Keywords:

Cement mortar,
Physical properties,
Mechanical properties.

Abstract

In this study, which was carried out to compare the cement production technique specified in TS EN 196-1 standard and 6 alternative production techniques, productions have been made based upon the processes specified in the same TS EN 196-1 standard by changing the admitting order of CEM I 42.5 R-type cement obtained from 3 different firms into the mixing container. The distribution values of the produced samples according to TS EN 1015-3 standard; their fresh density according to EN 12350-6 standard; their strength features for 2, 7, and 28 days according to TS EN 196-1 standard; their hardened density according to TS EN 12390-7 standard; their water absorption percentages and porosity values according to Archimedes' principle have been identified. At the end of the study, it has been concluded that the most feasible production technique is the one specified in the TS EN 196-1 standard.

1. Giriş

Dünya üzerinde artan nüfusla birlikte yapılaşma gereksinimi doğmakta, dolayısıyla yapılaşma için en temel malzeme olan çimentoya olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Çimento üretimi sırasında açığa çıkan CO₂ gazı, çevre

kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri [1] olmasına rağmen toplumsal ihtiyaç bu malzemenin üretimini her geçen gün arttırmaktadır.

Uluslararası piyasada önemli bir ticaret ürünü olan çimentonun akreditasyonu sağlanmakta ve ülkelerarası çimento alışverişi sıklıkla yapılmaktadır. Birçok ülke bu akreditasyonu

*Sorumlu yazar: yusufaltunci@isparta.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.06.2021, Kabul Tarihi: 13.12.2021

sağlarken EN standartlarından yararlanarak [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] TS EN, BS EN, DIN EN gibi kendi standartlarını oluşturmuş ve güncellemelerini yine EN standartlarına göre yapmaktadırlar. Bunların içerisinde inşaat endüstrisi tarafından, çimentonun karışım yöntem ve tekniğinin belirtilmesi amacıyla sıklıkla kullanılan standart EN 196-1'dir. Bu standarda göre; çimento harcı üretimi için üretim kabına önce su konulur, daha sonra çimento eklenerek 30 s düşük hızda çalıştırılır, sonraki 30 s lik sürede CEN standart kum ilavesi yapılır, karıştırıcı 30 s yüksek hızda çalıştırılır, 90 s sonra cihaz durdurularak kabın içerisine yapışan harç temizlenerek karışıma ilave edilir ve üretime 60 s yüksek hızda devam edilerek üretim süreci tamamlanır [2].

Diğer harç ve beton üretim yöntemleri ile ilgili literatür bilgileri ise şu şekildedir: Kagir harcı üretimi için EN 998-2 (2016) 'Specification for mortar for masonry - Part 2: Masonry mortar' standardına göre üretim süresi, bütün bileşenler karışıma girdikten sonra ölçülmeye başlanmalıdır şeklinde tanımlanmaktadır [12]. Şap harcı üremi için EN 13892-1 (2002) 'Methods of test for screed materials - Sampling, making and curing specimens for test' standardına göre; üretim işlemi, belirtilen miktarda su veya sıvı bileşen kullanarak, imalatçının talimatlarına titizlikle uyulmak suretiyle gerçekleştirilmesi gerektiğini, su veya sıvı ilâvesi için bir değer aralığı verildiyse, ortalama değer kullanarak üretimin yapılması gerektiği şeklinde belirtilmiştir [13]. Beton üretimi için EN 206-1 (2000) 'Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity' standardına göre betonun ana bileşenlerinin karıştırılması işleminden sonra ilave edilen bileşenler tüm harmanda veya yükte tamamen dağılıncaya ve bir kimyasal katkı ilave edilmesi durumunda bu katkı tamamen etkili hale gelinceye kadar beton tekrar karıştırılmalıdır ifadesi yer almaktadır [14]. Kendiliğinden yerleşen beton için; Beton Sistemleri Avrupa Federasyonu (EFNARC) (2002) "Specification and Guidelines for Self Compacted Concrete", Efnarc Association, Fernham UK, 2002. tarafından; çökme-yayıma, V hunisi, U kutusu, L kutusu ve doldurma kutusu deneyleri için sınır değerler belirlenmiştir fakat kendiliğinden yerleşen beton üretimi için sabit bir üretim tekniği belirlenmemiştir [15].

Harç ve beton üretim yöntem ve tekniklerindeki bu farklılıklar, her parametre

için ayrı ayrı irdeleme yapmaya olanak sağlamaktadır. Bu sebeple çalışmamızda TS EN 196-1 standardında belirtilen üretim tekniği ile diğer tekniklerin karşılaştırılarak, üretim tekniklerinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada; su, çimento ve kumun karışıma girme sıraları değiştirilerek TS EN 196-1 standardında belirtilen malzemeler ve süreler baz alınarak 3 farklı firmadan temin edilen CEM I 42.5 R tipi çimento için 6 farklı tekniğe göre üretimler yapılmıştır. Üretilen örneklerin ilgili standartlara göre yayılma tablası yayılma değerleri, taze birim hacim ağırlıkları, sertleşmiş birim hacim ağırlıkları, su emme yüzdeleri, porozite değerleri ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma ile literatüre harç ve beton üretim tekniği açısından katkı sağlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çimento harcı üretimlerinde TS EN 196-1 standardında belirtilen su, çimento (3 farklı firmadan temin edilen CEM I 42.5 R tipi) ve CEN standart kum kullanılmıştır.

2.1.1. Su

Deneysel çalışmalarda Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Batı Yerleşkesindeki, içilebilir temizlikteki şebeke suyu kullanılmıştır.

2.1.2. Çimento

Deneylerde 3 farklı firmadan temin edilen CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çimento torbalarının hava geçirimsiz olarak paketlenmesine ve taze olmasına ayrıca dikkat edilmiştir. Kullanılan çimentolara ait kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan çimentolara ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Çimento	A	B	C
SiO ₂	21.12	20.49	19.2
Al ₂ O ₃	6.03	4.11	4.99
Fe ₂ O ₃	3.2	3.41	4.11
CaO	62.11	64.36	63.16
MgO	2.2	1.76	1.45
SO ₃	2.69	2.55	2.85
Na ₂ O	0.35	0.19	0.19
K ₂ O	1.1	0.51	0.81
Cl ⁻	0.0068	0.0049	0.0047
Kızdırma kaybı	2.79	2.7	4.01
Serbest CaO	0.6	1.8	1.01
Özgül ağırlık g/cm ³	3.08	3.13	3.14
Özgül yüzey (Blaine) cm ² /g	3526	3910	3715
Elek üstü (% >40)	15.6	16	17.1
Elek üstü (% >90)	7.9	8.2	9

2.1.3. CEN Standart Kum

Üretimlerde kullanılan CEN standart kumu, 2.56 g/cm³ yoğunluğunda ve TS EN 196-1 standardına uygundur. CEN Standart kumunun granülometrisi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. CEN standart kum granülometrisi

Elek açık. (mm)	2	1.6	1	0.5	0.16	0.08
Kümülatif kalan (%)	0	8	34	68	82	100

2.2. Metot

2.2.1. Karışım

Tüm örnekler için, TS EN 196-1 standardında belirtildiği şekilde; 225 g su, 450 g çimento ve 1350 g CEN standart kum kullanılmıştır [16]. Bununla birlikte çimento (3 farklı firmadan temin edilen CEM I 42.5 R tipi), su ve kumun karışıma girme sıraları değiştirilerek TS EN 196-1 standardında belirtilen süreçler ve miktarlar baz alınarak 6 farklı üretim tekniğine göre üretimler yapılmıştır. Üretim tekniklerine ve örneklere ait notasyonlar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Üretim tekniklerine ve örneklere ait notasyon

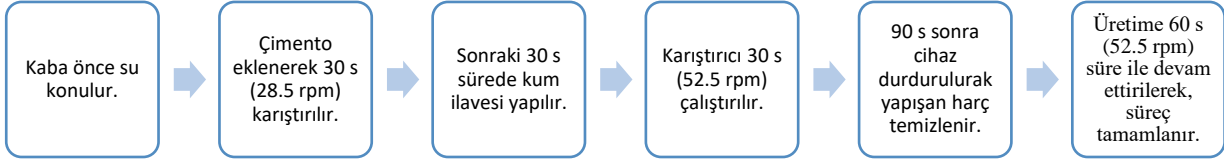
Üretim Tekniği	A Firması	B Firması	C Firması
1	ASÇK	BSÇK	CSÇK
2	ASKÇ	BSKÇ	CSKÇ
3	AÇSK	BÇSK	CÇSK
4	AÇKS	BÇKS	CÇKS
5	AKÇS	BKÇS	CKÇS
6	AKSÇ	BKSÇ	CKSÇ

3 farklı firmadan temin edilen CEM I 42.5 R tipi çimentolar notasyonda A, B ve C harfleri ile ifade edilmiştir. Notasyonlar belirlenirken, üretim tekniğinde karışıma girme sıralamasına uyulmuştur. 1 nolu üretim tekniği için; TS EN 196-1 standardında belirtilen su - çimento - kum sıralamasına göre SÇK ifadesi, 2 nolu üretim tekniği için; su - kum - çimento sıralamasına göre SKÇ ifadesi, 3 nolu üretim tekniği için; çimento - su - kum sıralamasına göre ÇSK ifadesi, 4 nolu üretim tekniği için; çimento - kum - su sıralamasına göre ÇKS ifadesi, 5 nolu üretim tekniği için; kum - çimento - su sıralamasına göre KÇS ifadesi, 6 nolu üretim tekniği için; kum - su - çimento sıralamasına göre KSC ifadesi oluşturulmuştur. Örneğin; su - A firmasından temin edilen çimento - kum sıralamasıyla yapılan üretim için notasyon ASÇK şeklini almıştır.

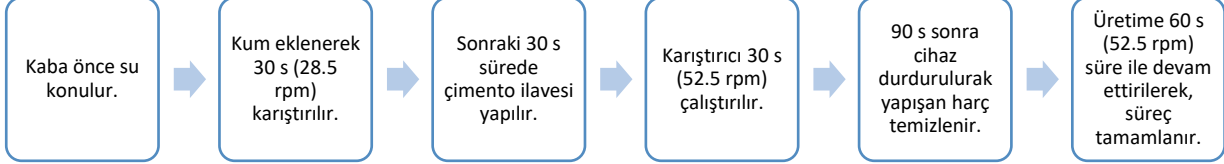
2.2.2. Üretim Tekniği

TS EN 196-1 standardında belirtilen üretim tekniği ile diğer üretim tekniklerinin karşılaştırılarak en doğru tekniğin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışma da TS EN 196-1 standardında belirtilen süreçler referans alınarak ve sadece kullanılan malzemelerin yerleri değiştirilerek 6 farklı üretim tekniği oluşturulmuştur. Oluşturulan 6 üretim tekniği için işlem basamakları şu şekildedir:

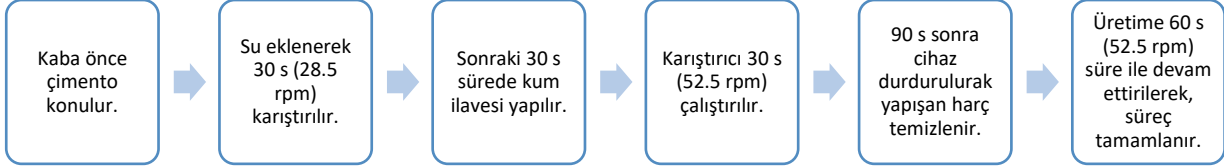
1. Üretim tekniği: Su – Çimento – Kum karışımları için (TS EN 196- 1)



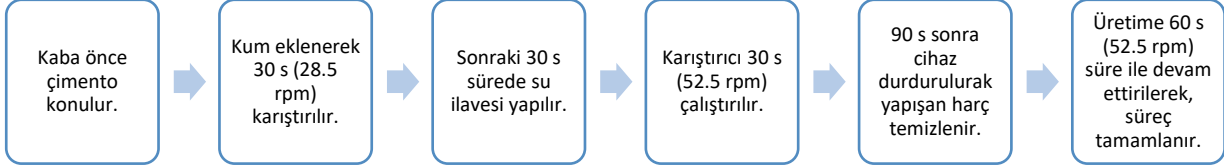
2. Üretim tekniği: Su – Kum – Çimento karışımları için



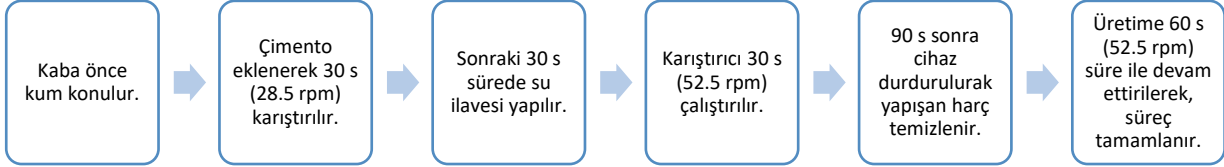
3. Üretim tekniği: Çimento – Su - Kum karışımları için



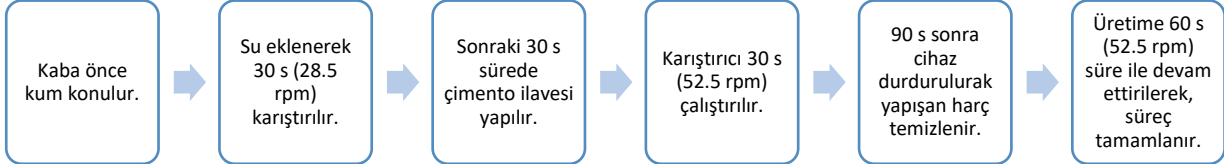
4. Üretim tekniği: Çimento – Kum - Su karışımları için



5. Üretim tekniği: Kum – Çimento – Su karışımları için



6. Üretim tekniği: Kum - Su – Çimento karışımları için



Çalışma kapsamındaki tüm üretimlerde 40x40x160 mm boyutlarındaki prizmatik çelik kalıplar kullanılmıştır. Mekanik deneylerde; 1 tip çimentonun, 6 adet üretim tekniği ve 3 zamanı (2,7 ve 28 gün için 9 adet) için 54 adet, 3 farklı çimentonun mekanik deneyleri için 162 adet; fiziksel deneyler için ise 1 tip çimentonun 6 adet üretim tekniği için 3'er adetten 18 adet, 3 farklı tip çimentonun fiziksel özellikleri için de 54 adet üretim olmak üzere toplamda 216 adet üretim yapılmıştır.

2.2.3. Deneysel Prosedür

Üretim aşaması tamamlanan örneklerin öncelikle TS EN 1015-3 standardına göre yayılma değerleri

ölçülmüştür [17]. Daha sonra TS EN 12350-6 standardına göre hacmi belli olan kabın (V_c) darası alınarak içerisine harç karışımı dökülmek suretiyle harçın ağırlığı (M_f) ölçülmüş ve standartta belirtilen Denklem 1 yardımıyla taze harç yoğunlukları (D_f) belirlenmiştir [18].

$$D_f = M_f / V_c \quad (1)$$

Üretilen harç malzemesi, taze harç özelliklerinin belirlenmesinden sonra kalıplara yerleştirilerek vibrasyon işlemine tabi tutulmuştur ve üretimden 24 saat sonra kalıplardan çıkartılarak kür havuzlarına konulmuştur. Deney süresi gelen örnekler 2, 7 ve 28 günün sonunda kür havuzundan çıkartılarak TS EN 196-1 standardına göre önce

eğilme dayanımı deneyine ardından basınç dayanımı deneyine tabi tutularak mekanik deneyler tamamlanmıştır [16]. Mekanik deneyler tamamlandıktan sonra, sertleşmiş harç örneklerinin havadaki ağırlığı (M_a), su içindeki ağırlığı (M_s) ve suyun 0.998 g/cm^3 olarak kabul edilen yoğunluk değerlerinden (d_s) yararlanılarak ve TS EN 12390-7 standardında belirtilen Denklem 2 yardımıyla sertleşmiş harç örneklerinin hacmi (V_s) belirlenmiş ve yine TS EN 12390-7 standardında belirtilen Denklem 3 yardımıyla sertleşmiş harç örneklerinin yoğunlukları (D_h) hesaplanmıştır [19].

$$V_s = (M_a - M_s) / d_s \quad (2)$$

$$D_h = M_a / V_s \quad (3)$$

Örneklerin, ağırlıkça su emme ve porozite yüzdeleri belirlemek için Arşimet yöntemiyle, etüv kurusu ağırlıklarından (M_k), suya doymuş ağırlıklarından (M_{sd}) ve su içerisindeki ağırlıklarından (M_s) yararlanılarak, Denklem 4 yardımıyla ağırlıkça su emme yüzdeleri (S_a), Denklem 5 yardımıyla da porozite (P) yüzdeleri belirlenmiştir.

$$S_a = \left(\frac{M_{sd} - M_k}{M_k} \right) * 100 \quad (4)$$

$$P = (M_{sd} - M_k) / (M_{sd} - M_s) \quad (5)$$

3. Deneysel Sonuçlar

TS EN 1015-3 standardına göre yapılan yayılma tablası deney sonuçları Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Yayılma tablası deney sonuçları

Örnekler	Yayılma (cm)	Örnekler	Yayılma (cm)
ASÇK	16.00	AÇKS	17.20
BSÇK	16.00	BÇKS	17.40
CSÇK	16.10	CÇKS	17.50
ASKÇ	16.50	AKÇS	17.40
BSKÇ	16.20	BKÇS	17.50
CSKÇ	16.80	CKÇS	17.70
AÇSK	17.50	AKSÇ	18.50
BÇSK	17.00	BKSÇ	18.00
CÇSK	17.60	CKSÇ	18.50

Tablo 4'de verilen yayılma tablası deney sonuçlarına göre; en düşük yayılma değeri ortalamasına sahip üretim tekniği 16.03 cm değeri ile SÇK iken en yüksek yayılma değeri ortalamasına sahip üretim tekniği ise 18.33 cm değeri ile KSC' dir. Yayılma değerlerinin üretim

teknikğine göre sıralaması; $KSC > KCS > CSK = ÇKS > SKÇ > SÇK$ şeklindedir. SÇK üretim tekniği hariç diğer tüm üretim teknikleri ile üretilen harçlarda az da olsa segregasyon gözlemlenmiştir. Bu durum SÇK hariç diğer üretim tekniklerinde meydana gelen çimento hamuru ile kum arasındaki aderansın zayıflığı ile açıklanabilir.

TS EN 12350-6 standardına göre yapılan taze harç yoğunluk deney sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Taze harç yoğunluk deney sonuçları

Örnekler	Yoğunluk (g/cm^3)	Örnekler	Yoğunluk (g/cm^3)
ASÇK	2.33	AÇKS	2.33
BSÇK	2.32	BÇKS	2.35
CSÇK	2.33	CÇKS	2.35
ASKÇ	2.31	AKÇS	2.30
BSKÇ	2.31	BKÇS	2.31
CSKÇ	2.32	CKÇS	2.33
AÇSK	2.35	AKSÇ	2.30
BÇSK	2.35	BKSÇ	2.31
CÇSK	2.35	CKSÇ	2.33

Tablo 5'de verilen taze harç yoğunluk deney sonuçlarına göre; en düşük ortalama taze harç yoğunluk değeri 2.31 g/cm^3 ile KÇS ve KSC üretim tekniğine göre üretilen çimento harçlarından ve en yüksek ortalama taze harç yoğunluk değeri ise 2.35 g/cm^3 değeri ile ÇSK üretim tekniğine göre üretilen çimento harçlarından elde edilmiştir. Taze harç yoğunluk değerlerinin üretim tekniğine göre sıralaması; $ÇSK > ÇKS > SÇK > SKÇ = KÇS = KSC$ şeklindedir. Bununla birlikte taze harç yoğunluk değerleri için, virgülden sonraki ikinci hanedeki rakamlar küçük farklar açısından bir anlam ifade etmemektedir.

TS EN 196-1 standardına göre yapılan 2, 7 ve 28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçları Tablo 6' da, 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı deney sonuçları ise Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 6. 2-7-28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçları

Örnekler	2 günlük eğilme dayanımı (MPa)	7 günlük eğilme dayanımı (MPa)	28 günlük eğilme dayanımı (MPa)
ASÇK	5.11	6.25	8.14
ASKÇ	4.99	5.42	7.59
AÇSK	3.42	3.91	5.89
AÇKS	4.51	4.96	6.99
AKÇS	4.55	5.11	7.06
AKSÇ	4.39	4.85	6.76
BSÇK	5.00	6.29	8.19
BSKÇ	4.65	6.26	8.21
BÇSK	3.11	4.35	6.53
BÇKS	4.12	5.42	7.56
BKÇS	4.42	6.01	7.72
BKSÇ	4.02	5.29	7.42
CSÇK	5.19	6.38	8.30
CSKÇ	4.80	5.63	8.10
CÇSK	3.16	3.87	6.36
CÇKS	4.23	5.05	7.32
CKÇS	4.40	5.16	7.50
CKSÇ	4.10	4.88	7.15

Tablo 7. 2-7-28 günlük basınç dayanımı deney sonuçları

Örnekler	2 günlük basınç dayanımı (MPa)	7 günlük basınç dayanımı (MPa)	28 günlük basınç dayanımı (MPa)
ASÇK	29.00	38.60	47.90
ASKÇ	28.40	37.90	47.10
AÇSK	19.40	27.20	40.20
AÇKS	25.70	35.50	46.10
AKÇS	25.90	35.80	46.20
AKSÇ	25.10	34.90	45.40
BSÇK	27.20	40.10	52.00
BSKÇ	26.30	39.50	51.50
BÇSK	15.60	28.10	41.80
BÇKS	22.90	36.00	48.80
BKÇS	23.70	36.90	49.10
BKSÇ	21.60	35.10	46.90
CSÇK	26.50	42.20	54.00
CSKÇ	25.20	41.70	53.20
CÇSK	15.10	30.30	42.60
CÇKS	21.00	38.90	49.90
CKÇS	21.20	39.40	50.20
CKSÇ	20.70	37.60	48.50

Tablo 6 ve Tablo 7’de verilen verilere göre; en yüksek eğilme dayanımı ortalaması 2 günlük örneklerde 5.10 MPa, 7 günlük örneklerde 6.31 MPa ve 28 günlük örneklerde ise 8.21 MPa ile SÇK üretim tekniği ile üretilen çimento harçlarından elde edilmiştir. Benzer şekilde 2, 7 ve 28 günlük en yüksek basınç dayanımı ortalamaları

da sırasıyla 27.57 MPa, 40.30 MPa ve 51.30 MPa değeri ile SÇK üretim tekniği ile üretilen örneklerden elde edilmiştir.

2, 7 ve 28 günlük eğilme ve basınç dayanımı değerlerinin, üretim tekniğine göre sıralaması; SÇK > SKÇ > KÇS > ÇKS > KSC > ÇSK şeklindedir. Çimento harçlarının üretimi sırasında kaba önce suyun konulması SÇK ve SKÇ karışımlarının daha homojen olmasını sağlamıştır. Geleneksel beton üretim yöntemi olarak bilinen kuru karışımla başlanan karışım yöntemleri (KÇS ve ÇKS) ise en iyi 3. ve 4. dayanım değerlerinin alındığı örnek gruplarıdır. Kum, su ve çimento, su ile başlanan üretim yöntemleri ise dayanım değerlerinin düşük olduğu örnek gruplarını oluşturmuştur. Bu sonuçlara göre hidrasyonun en etkili olduğu üretim yönteminin SÇK üretim yöntemi olduğu söylenebilir.

TS EN 12390-7 standardına göre yapılan sertleşmiş harç yoğunluk deney sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Sertleşmiş harç yoğunluk deney sonuçları

Örnekler	Yoğunluk (g/cm ³)	Örnekler	Yoğunluk (g/cm ³)
ASÇK	2.29	AÇKS	2.26
BSÇK	2.28	BÇKS	2.27
CSÇK	2.29	CÇKS	2.29
ASKÇ	2.27	AKÇS	2.27
BSKÇ	2.28	BKÇS	2.27
CSKÇ	2.28	CKÇS	2.29
AÇSK	2.25	AKSÇ	2.27
BÇSK	2.26	BKSÇ	2.27
CÇSK	2.26	CKSÇ	2.28

Tablo 8’ de verilen sertleşmiş harç yoğunluk deney sonuçlarına göre; ortalama sertleşmiş harç yoğunluk değerleri sırasıyla SÇK üretim tekniğine göre üretilen çimento harçlarında 2.29 g/cm³, SKÇ ve KÇS üretim tekniğine göre üretilen çimento harçlarında 2.28 g/cm³, ÇKS ve KSC üretim tekniğine göre üretilen çimento harçlarında 2.27 g/cm³ ve ÇSK üretim tekniğine göre üretilen çimento harçlarında ise 2.26 g/cm³ olarak bulunmuştur. Sertleşmiş harç yoğunluk değerlerinin üretim tekniğine göre sıralaması; SÇK > SKÇ = KÇS > ÇKS = KSC > ÇSK şeklindedir. Sertleşmiş harç yoğunluk değeri sıralaması ile taze harç yoğunluk değeri sıralaması arasındaki fark hidrasyona girmeyen önemsenmeyecek miktardaki suyun buharlaşmış olması ile açıklanabilir.

Arşimet yöntemine göre yapılan ağırlıkça su emme deney sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Ağırlıkça su emme deney sonuçları

Örnekler	Ağırlıkça su emme (%)	Örnekler	Ağırlıkça su emme (%)
ASÇK	77.41	AÇKS	78.82
BSÇK	78.28	BÇKS	79.50
CSÇK	78.20	CÇKS	78.80
ASKÇ	78.98	AKÇS	78.68
BSKÇ	78.49	BKÇS	79.05
CSKÇ	78.65	CKÇS	79.25
AÇSK	79.58	AKSÇ	78.11
BÇSK	79.95	BKSÇ	77.88
CÇSK	79.57	CKSÇ	78.26

Tablo 9'daki verilere göre ağırlıkça en yüksek ortalama su emme yüzdesine sahip örnek % 79.70 ile ÇSK üretim tekniğine göre üretilen çimento harcı iken ağırlıkça en az ortalama su emme yüzdesine sahip örnek ise % 77.96 ile SÇK üretim tekniğine göre üretilen çimento harcı örnekleridir. Sertleşmiş harç ağırlıkça su emme ortalamasının üretim tekniğine göre sıralaması; ÇSK > ÇKS > KÇS > SKÇ > KSCÇ > SÇK şeklindedir.

Arşimet yöntemine göre yapılan porozite deney sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Porozite deney sonuçları

Örnekler	Porozite (%)	Örnekler	Porozite (%)
ASÇK	1.00	AÇKS	1.00
BSÇK	1.00	BÇKS	1.01
CSÇK	1.01	CÇKS	1.01
ASKÇ	1.00	AKÇS	1.00
BSKÇ	1.01	BKÇS	1.00
CSKÇ	1.01	CKÇS	1.01
AÇSK	1.00	AKSÇ	1.00
BÇSK	1.01	BKSÇ	1.00
CÇSK	1.00	CKSÇ	1.00

Tablo 10'da verilen porozite deney sonuçlarına göre, üretilen örneklerin üretim tekniği fark etmeksizin, porozite değerlerinin ortalaması % 1.00 olarak bulunmuştur. Porozite ortalamasının üretim tekniğine göre sıralaması; SÇK = SKÇ = ÇSK = ÇKS = KÇS = KSCÇ şeklindedir. Porozite oranları tüm örneklerde % 1 civarında olduğu için ağırlıkça su emmesi düşük olan örneklerde kapalı boşlukların biraz daha fazla olduğu söylenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

TS EN 196-1 standardında belirtilen üretim tekniği ile diğer alternatif üretim tekniklerinin

karşılaştırılması amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Yayılma değerleri içerisinde en küçük değer SÇK (TS EN 196-1) üretim tekniği ile üretilen çimento harçlarından elde edilmiş olsa da sadece SÇK üretim tekniğinde segregasyon oluşmamıştır. Bunun sebebi SÇK üretim tekniği ile üretilen çimento harçlarında, önce su ile çimentonun reaksiyona girerek çimento hamurunu oluşturması ardından karışıma kum ilavesi yapılarak harç içerisindeki aderansın artırılması ile açıklanabilir.
- Taze harç yoğunluk değerlerindeki virgülden sonraki ikinci hanedeki rakamlar küçük farklar açısından bir anlam ifade etmemektedir.
- 2, 7 ve 28 günlük en yüksek eğilme ve en yüksek basınç dayanımı mukavemeti değerleri, TS EN 196-1 standardında belirtilen SÇK üretim tekniği ile üretilen çimento harçlarından elde edilmiştir.
- ÇSK üretim tekniği ile üretilen çimento harçlarının 2 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin, TS EN 196-1 standardında CEM I 42.5 R tipi çimento için belirtilen 2 günlük basınç dayanımı en az 20 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı en az 42.5 MPa, olma şartlarını sağlayamadığı sonucuna varılmıştır.
- ÇSK üretim tekniği hariç diğer tüm üretim teknikleri açısından, örneklerin 2 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri TS EN 196-1 standardında CEM I 42.5 R tipi çimento için belirtilen aralıktadır.
- En yüksek sertleşmiş harç yoğunluk değerine sahip örnekler SÇK ve SKÇ üretim tekniğiyle üretilen örneklerden elde edilmiştir.
- Ağırlıkça en az su emme yüzdesine sahip örnek SÇK üretim tekniğiyle üretilen örneklerden elde edilmiştir.
- Bütün örneklerin porozite değerleri % 1 olarak bulunmuştur.

- TS EN 196-1 standardında belirtilen tekniğin (SÇK), çimento harçları için en iyi üretim tekniği olduğu sonucuna varılmıştır.
- Diğer harç ve beton türleri içinde en iyi üretim tekniğinin irdelenmesi için benzer çalışmaların yapılması önerilir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşit orandadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- [1] G. Kara, A. İbiç and E. Yağcıoğlu, “Çimento sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları,” *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 87-90. 2018.
- [2] *Methods of Testing Cement - Part 1: Determination of Strength*, EN 196-1, 2016.
- [3] *Method of Testing Cement - Chemical Analysis of Cement*, EN 196-2, 2013.
- [4] *Methods of Testing Cement - Determination of Setting Times and Soundness*, EN 196-3, 2016.
- [5] *Methods of Testing Cement - Pozzolanicity Test for Pozzolanitic Cement*, EN 196-5, 2011.
- [6] *Methods of Testing Cement - Determination of Fineness*, EN 196-6, 2018.
- [7] *Methods of Testing Cement - Methods of Taking and Preparing Samples of Cement*, EN 196-7, 2007.
- [8] *Methods of Testing Cement - Heat of Hydration - Solution Method*, EN 196-8, 2010.
- [9] *Methods of Testing Cement - Heat of Hydration - Semi-Adiabatic Method*, EN 196-9, 2010.
- [10] *Methods of Testing Cement - Determination of the Water-Soluble Chromium (VI) Content of Cement*, EN 196-10, 2016.
- [11] *Methods of Testing Cement - Heat of Hydration - Isothermal Conduction Calorimetry Method*, EN 196-11, 2018.
- [12] *Specification for Mortar for Masonry - Part 2: Masonry Mortar*, EN 998-2, 2016.
- [13] *Methods of Test for Screed Materials - Part 1: Sampling, Making and Curing Specimens for Test*, EN 13892-1, 2002.
- [14] *Concrete - Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity*, EN 206-1, 2000.
- [15] *Specification and Guidelines for Self Compacted Concrete*, Efnarc Association, EFNARC, 2002.
- [16] *Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini*, TS EN 196-1, 2016.
- [17] *Kagir Harcı- Deney Metotları- Bölüm 3: Taze Harç Kıvamının Tayini (Yayılma Tablası ile)*, TS EN 1015-3, 2000.
- [18] *Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 6: Birim Hacim Kütlesi*, TS EN 12350-6, 2019.
- [19] *Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini*, TS EN 12390-7, 2019.