

Pomza Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Silis Dumanının Etkisi

Ahmet BEYÇIOĞLU^{1*}, Celalettin BAŞYİĞİT², Şemsettin KILINÇARSLAN²

¹Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu / DÜZCE

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü / ISPARTA

Alınış tarihi:12.02.2010, Kabul tarihi:23.07.2010

Özet: Bu çalışmada çimentoya yüzdesel olarak belli oranlarda ikame edilen silis dumanının pomza agregalı betonlarda taze beton çökme ve sertleşmiş beton basınç dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla pomza agregalı beton içerisinde Antalya Eti Elektrometalürji İşletmesi Tesisleri'nden elde edilen silis dumanı çimento ile % 0 (referans) - 5 -10 - 15 - 20 oranlarında ağırlıkça yer değiştirilerek kullanılmıştır. Üretilen pomza agregalı beton numuneler üzerinde taze beton çökme ve sertleşmiş beton basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm oranlarda silis dumanı ikamesi betonların çökme değerini azaltarak işlenebilirliğini olumsuz etkilemiştir. Basınç dayanımı %15 ikame miktarına kadar artış göstermiştir. Ultrases geçiş hızı değerlerinde ise silis dumanı miktarı ile anlamlı bir ilişki görülmemiştir.

Anahtar kelimeler: Pomza, Beton, Silis Dumanı, İşlenebilirlik, Basınç Dayanımı

The Effect of Silica Fume on Pumice Aggregate Lightweight Concrete

Abstract: In this study, the effect of silica fume which was substituted instead of cement by weight in particular rates, on fresh concrete slump and compressive strength of pumice aggregate concrete have been investigated. For this purpose silica fume obtained from Antalya Eti Electrometallurgy plant used through % 0 (reference) - 5% -10% - 15% and 20% rates instead of cement in pumice aggregate concrete. Fresh concrete slump, hardened concrete compressive strength and ultrasonic pulse velocity tests were performed on produced pumice aggregate concretes. According to the obtained test results, substitution of silica fume were adversely affects the workability of concrete by reducing the values of slump. Compressive strength of the prepared concrete was increased up to % 15 substitution rates. Furthermore there was no significant relationship between substitution of silica fume and ultrasonic pulse velocity values.

Keywords: Pumice, Concrete, Silica Fume, Workability, Compressive Strength

Giriş

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beton endüstrisinde de ilerlemeler olmuş ve beton üretimindeki bu yenilikler beton teknolojisine özel betonlar adı ile girmiştir. Özel betonlardan birisi de hafif betonlardır. Agregalar betonun yaklaşık %70-80'ini oluşturduğu için taşıyıcı hafif beton üretiminin bilinen en yaygın metodu boşluklu hafif agrega kullanmaktır (Yazıcıoğlu ve Bozkurt, 2006; Ke vd., 2009). Hafif agrega genel olarak doğal (volkanik kül, diatomit, pomza, vb) ve yapay (perlit, genişletilmiş şeyl, kil, vb) olmak üzere iki türde sınıflandırılır (Marai vd., 2009).

Betonda hafif agrega kullanımı ile hafif beton üretiminin birçok avantajı vardır. Bunlar, ölü yükün azaltılması ile taşıyıcı sistem boyutlarının küçülmesi ve dolayısıyla kullanılan çimento ve donatı miktarının azalması, hafif ve daha küçük boyutta üretilen prefabrik elemanlarda taşıma ve yerleştirme maliyetlerinin düşmesi, kolon-kiriş ve döşeme boyutlarının azalması ile daha büyük kullanım alanları oluşturulması, betonun birim ağırlığını düşürerek depreme dayanıklı yapılar elde etmek, yüksek termik yalıtım olarak sayılabilir (Kayali, 2008; Torres ve Ruiz, 2009; Akçaözöğlü vd., 2010). Günümüzde çeşitli endüstriyel atıklar betonda puzolanik malzeme olarak kullanılmaktadır Puzolanlar tek başına bağlayıcılık özelliği olmayan ancak ince öğütülüp normal sıcaklıkta ve nemli ortamlarda kalsiyum hidroksitle kimyasal reaksiyona girerek bağlayıcılık özelliği gösteren malzeme

olarak tanımlanırlar. Puzolanlar betonlarda mineral katkı olarak da kullanılmaktadır. Mineral katkılar betonun dayanımını artırarak durabilitesini (dayanıklılık) ve akıcılığını geliştirmek için kullanılmaktadır (Park vd., 2005; Erdoğan, 2003). Beton veya çimento içerisine puzolanik malzeme eklenmesinin hidrasyon ısısını düşürmesi, yüksek hedef dayanımı ve düşük permeabilite sağlaması, alkali silika reaksiyonunu ve sülfat etkisini kontrol altına alması gibi birçok yararlar sağladığı bilinmektedir (Mouli ve Khelafi, 2008; Beycioğlu, 2008).

Silis dumanı katkısı diğer puzolanlar gibi yeni C-S-H jelleri oluşmasını sağlamaları yanı sıra ince silis dumanı taneleri agrega-hamur ara yüzey bölgesini sıkılayıp kuvvetlendirerek beton dayanımını arttırlar. Buna karşın belli bir işlenebilirlik için su ihtiyacını arttırmaları gibi olumsuz etkileri de vardır, dolayısı ile betondaki optimum silis dumanı miktarı bu etkilerin göreceli değerlerine bağlı olacak ve çimento, agrega, akışkanlaştırıcı katkı tip ve miktarları ile bakım koşulları gibi klasik faktörlerden de etkilenecektir.

Bazı araştırmacılara göre silis dumanı katkısının beton dayanımına olan olumlu etkisi agrega hamur ara yüzeyini kuvvetlendirmesinden dolayıdır. Diğer taraftan en önemli faktörün daha sıkı ve kaliteli bir çimento hamuru oluşması olduğu da öne sürülmektedir.

Çalışmalara göre silis dumanının basınç dayanımını artırma etkisi 3 günde kendini göstermemekteyse de, 28

gün sonra belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca akışkanlaştırıcıların birlikte kullanıldığı tüm harçlar, kontrol harçlarına göre daha iyi basınç dayanımı göstermişlerdir (Yeğinobalı, 2007).

Bu çalışmada % 0 (referans) -5-10-15-20 oranlarında çimentoya ikame edilen silis dumanının betonun taze haldeki çökme ve 28 günlük basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı parametrelerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışmada kullanılan hafif agrega Isparta-Gölcük yöresinden temin edilen pomza agregasıdır. Pomza agregası yıkanmış, elenmiş 0-4, 4-8, 8-16 mm sınıflandırılarak kullanılmıştır. Çalışmada bağlayıcı olarak Portland çimentosu (EN 197-1 CEM I 42,5 R)

kullanılmıştır. CEM I 42,5 R Çimentosunun bazı kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1 ve 2’de verilmiştir (Ortalama değerler deneysel çalışmanın yapıldığı yıl fabrikanın ürettiği çimentoların ortalamalarıdır).

Beton karışım suyu olarak şebeke suyu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Silis dumanı Antalya Eti Elektro Metalürji A.Ş.’den temin edilmiştir. Silis dumanının kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.’de verilmiştir. Akışkanlaştırıcı katkı olarak, ASTM C 494 Tip F’e uygun süperakışkanlaştırıcı beton katkısı firma önerisi doğrultusunda kullanılmıştır. Kullanılan süper akışkanlaştırıcı betonun karma suyunu yüksek oranda azaltarak erken ve son dayanımları artıran veya aynı miktarda su ile betona yüksek oranda akışkanlık kazandıran ASTM C 494 Tip F’ye uygun beton katkısıdır.

Çizelge 1. Çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	Ortalama	EN 197-1’de İstenen
Kızdırma Kaybı (%)	3.89	Max 5
Çözünmeyen Kalıntı (%)	0.30	Max 5
Cl ⁻ (%)	0.002	Max 0.1
SO ₃ (%)	2.68	3.5

Çizelge 2. Çimentonun mekanik ve fiziksel özellikleri

Mekanik ve Fiziksel Özellikler	Ortalama	EN 197-1’de İstenen
Basınç dayanımı 2 günlük (N/mm ²)	24.8	Min 20
Basınç dayanımı 28 günlük (N/mm ²)	50.1	42.5 – 62.5
Priz başlama süresi (Dakika)	186	Min 75
Genleşme (mm)	1	Max 10

Çizelge 3 Silis dumanının kimyasal kompozisyonu

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)
91	0.58	0.24	0.71	0.33	1.06

Metot

Çalışmada taze betonun çökme değerinin saptanması amacıyla TS EN 12350-2 (2010)’ye uygun olarak çökme hunisi metodu ile kıvam deneyi yapılmıştır. Ayrıca her seride taze haldeki beton numunelerinin birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla taze halde kalıplara dökülen beton numuneleri üzerinde TS 2941 (1978)’e uygun olarak Taze Beton Birim Hacim Ağırlık deneyi yapılmıştır. Sertleşmiş beton deneylerinden ise TS EN 12390-3 (2003)’e göre basınç dayanımı, ASTM C 597

(2002)’ye göre betonda ultrases hızı ile ölçüm ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Beton serileri TS 2511 (1977)’e göre elde edilen karışım miktarlarına göre üretilmiş ve üretimdeki miktarlar Çizelge 4.’de verilmiştir. Beton serilerinin çökme değerini tayin etmek amacıyla taze haldeki beton numuneler üzerinde TS EN 12350-2 (2010) standardına göre yapılan çökme deneyi sonuçlarındaki değişim Silis dumanı ikame miktarına bağlı olarak Şekil 1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 m³ beton bileşimindeki malzeme miktarları

Agrega						
Numune Kodu	Çimento (kg)	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	SA(kg)	SD(kg)
S0	350.00	434	359	442	3.5	0
S5	332.5	432	358	440	3.5	17.5
S10	315	431	357	439	3.5	35
S15	297.5	429	355	437	3.5	52.5
S20	280	428	354	436	3.5	70

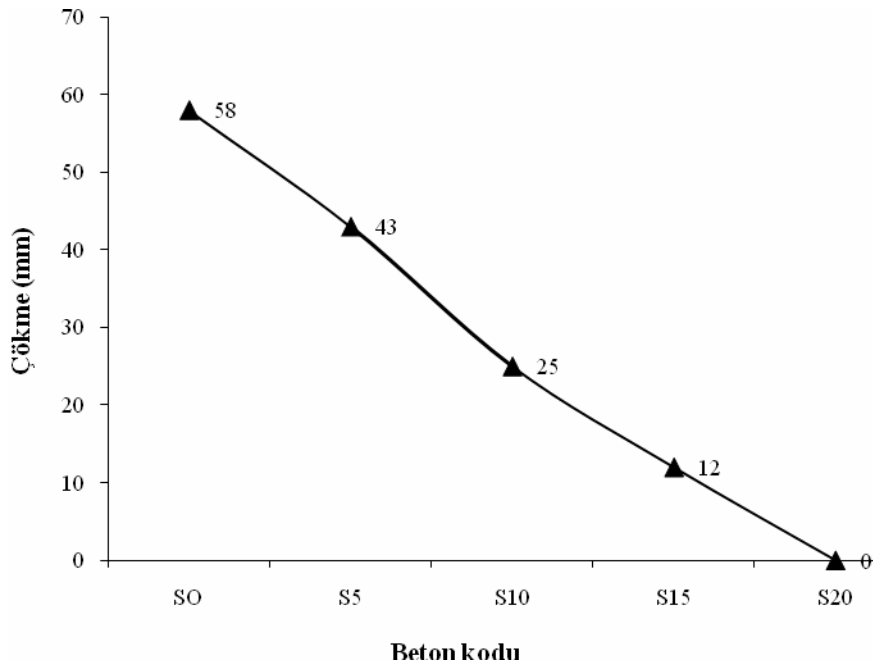
Bulgular ve Tartışma

Taze ve sertleşmiş beton numuneleri üzerinde yapılan birim ağırlık deneyi sonuçları Çizelge 5.'de verilmiştir. Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde TS EN 12390-3 (2003) standardına uygun olarak yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonucunda silis dumanı ikame

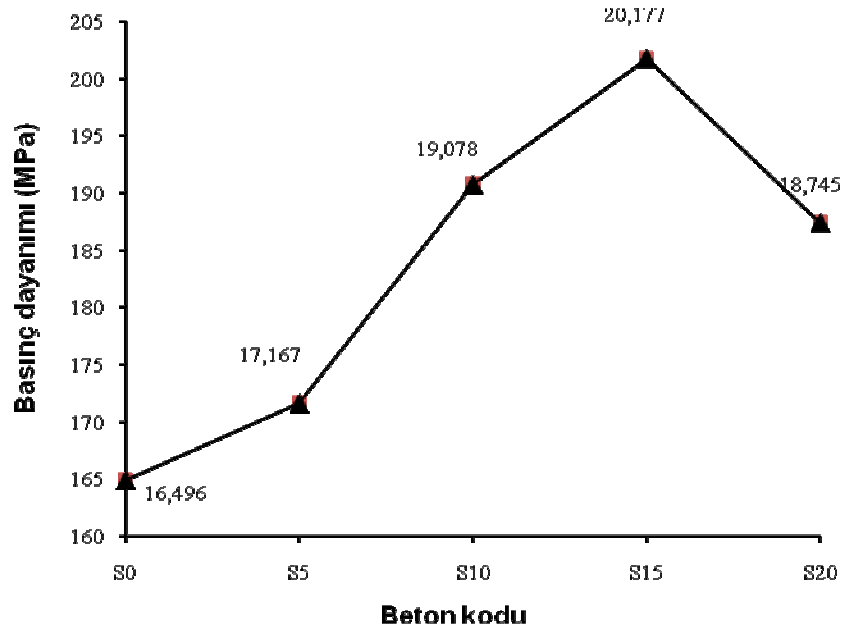
miktarlarına bağlı olarak elde edilen basınç dayanımı değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 6'da verilmiştir. Ayrıca ortalama basınç dayanımı değerlerine ait grafik Şekil 2'de, Ultrases geçiş hızı değerleri ise Şekil 3'de görülmektedir.

Çizelge 5. Taze ve sertleşmiş beton birim ağırlık değerleri

Beton türü	Taze Beton Numuneleri İçin Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Sertleşmiş Beton Numuneleri İçin Ort. Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)
S0	1.77	1.78
S5	1.80	1.77
S10	1.78	1.77
S15	1.78	1.76
S20	1.77	1.76



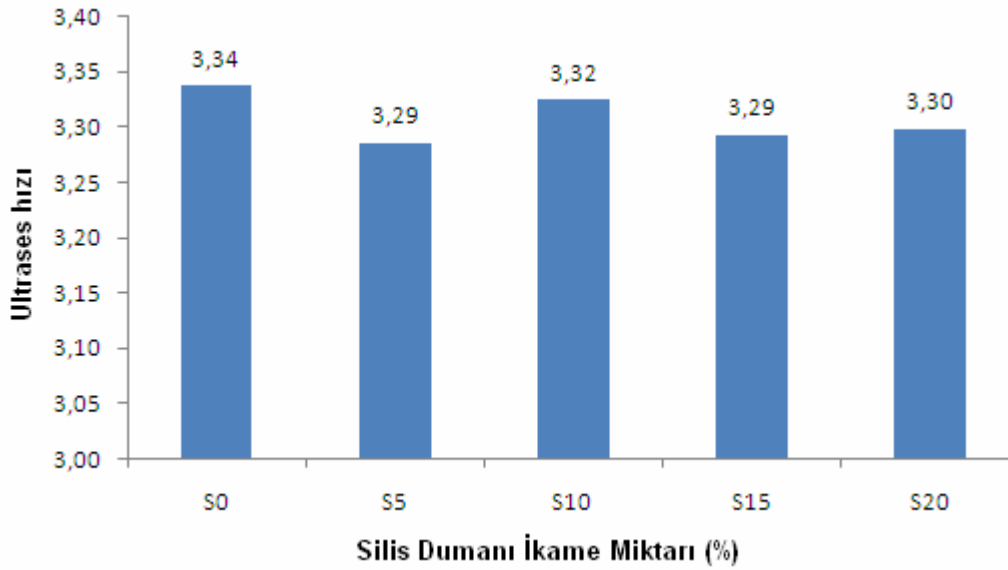
Şekil 1. Silis dumanı ikame miktarına bağlı olarak çökme değeri



Şekil 2. Silis dumanı ikame miktarına bağı olarak basınç dayanımı değışimi

Çizelge 6. Silis dumanı ikame miktarına bağı basınç dayanımı değıerleri için tanımlayıcı istatistikler

Silis Dumanı (%)	N	Ort.Baskınç Dayanımı (MPa)	Std. Sapma	Std. Hata	Minimum	Maksimum
0	4	16.49600	0.32140	0.16070	16.144	16.897
5	4	17.16750	0.30448	0.15224	16.737	17.437
10	4	19.07775	0.33520	0.16760	18.729	19.473
15	4	20.17725	0.32591	0.16295	19.778	20.561
20	4	18.74525	0.27031	0.13515	18.505	19.115



Şekil 3. Silis dumanı ikame miktarına bağı olarak ultrases hızı değışimi

Çizelge 7. Basınç dayanımı değerleri için varyans analizi sonuçları

Varyansın kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F testi	Anlamlılık düzeyi (α)
Gruplar arası	35.43528	4	8.85882	90.834	0.000
Grup içi	1.46292	15	0.09753		

Silis dumanı ikame miktarına bağlı olarak basınç dayanımlarının değişimini inceleyebilmek için gerçekleştirilen Varyans analizi sonucunda gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark olduğu ($p \leq 0,05$) görülmüştür (Çizelge 7).

Gruplar arasındaki farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla Scheffe çoklu karşılaştırma testi (ÇKT) uygulanmıştır. ÇKT testi sonuçları Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Scheffe çoklu karşılaştırma testi sonuçları

ÇKT Yöntemi	SD (%)	N	Farklı olan gruplar = (α) 0 .05		
			1	2	3
Scheffe	0	4	16.49600		
	5	4	17.16750		
	20	4		18.74525	
	10	4		19.07775	
	15	4			20.17725

Sonuçlar

Gerçekleştirilen ÇKT sonuçlarına göre, silis dumanı içermeyen (%0 SD) betonun 16,496 MPa ile en düşük, %15 SD ikameli betonun ise 20,177 MPa ile en yüksek basınç dayanımı değerine sahip olduğu, SD %0-%5 ve %20-%10 oranında ikame edildiği gruplarda basınç dayanımlarının istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür.

Sonuçlar taze beton çökme değerleri açısından değerlendirilecek olursa;

Çökme değerleri silis dumanı ikame miktarı artışına bağlı olarak sürekli düşüş göstermiş ve % 20 oranında silis dumanı ikame edildiğinde çökme değeri elde edilememiştir. Bu durumun silis dumanının ince olması ve dolayısıyla temas yüzeyinin daha fazla olması nedeniyle daha yapışkan ve kohezif bir beton içyapısı oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuçlar sertleşmiş beton basınç dayanımı açısından değerlendirilecek olursa,

Beton serilerinde silis dumanı ikame miktarı % 0’dan % 15 seviyesine ulaşana kadar basınç dayanımı değerleri sırasıyla 16.496 MPa-17.167 MPa-19.078 MPa ve 20.177 MPa değerlerini almıştır. Silis dumanı ikame miktarı %15’den % 20’ye çıkarıldığında ise basınç dayanımı değeri % 7.1 oranında düşmüş ve 18.745 MPa değerini almıştır. Pomza agregalı betonlarda silis dumanı ikame miktarı % 15 seviyesini aştığında basınç dayanımını olumsuz etkilediği görülmektedir.

Sonuçlar Ultrases geçiş hızı değerleri açısından değerlendirilecek olursa;

Beton serilerinde Ultrases geçiş hızı değerleri açısından anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun nedeninin betonda kullanılan pomza agregasının boşluklu yapısından ve boşluk yapısının farklı formlarda dağılmış olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Teşekkür

1532-YL-07 nolu proje ile deneysel çalışmalarını maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı’na teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Akçaözoglu, S., Atiş, C, D., Akçaözoglu, K. 2010. An Investigation on the Use of Shredded Waste PET Bottles as Aggregate in Lightweight Concrete Waste Management, 30, 285–290.

Beycioğlu, A. 2008. Endüstriyel Atıkların Hafif Beton Özelliklerine Etkilerinin Bulanık Mantık Yöntemiyle Modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Isparta.

Park, C. K. Noh, M. H. Park, T. H. 2005. Rheological Properties of Cementitious Materials Containing Mineral Admixtures, Cement and Concrete Research, 842-849.

- Erdoğan, T. Y. 2003. Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara.
- Marai M. Alshihri, Ahmed M. Azmy, Mousa S. El-Bisy, 2009. Neural Networks for Predicting Compressive Strength of Structural Lightweight Concrete, *Construction and Building Materials*, 23, 2214–2219.
- Marcos Lanzón Torres, P.A., García-Ruiz, 2009. Lightweight Pozzolan Materials Used in Mortars: Evaluation of Their Influence on Density, Mechanical Strength and Water Absorption, *Cement & Concrete Composites*, 31, 114–119.
- Kayali, O. 2008. Fly Ash Lightweight Aggregates in High Performance Concrete, *Construction and Building Materials*, 22, 2393–2399.
- Mouli, M., Khelafi H. 2008. Performance Characteristics of Lightweight Aggregate Concrete Containing Natural Pozzolan, *Building and Environment*, 43, 31–36.
- Yazıcıoğlu S., Bozkurt N. 2006. Pomza ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. Cilt 21, No 4*, 675-680.
- Ke, Y., Beaucour,, A. L., Ortola, S., Dumontet, H., Cabrillac, R. 2009. Influence of Volume Fraction and Characteristics of Lightweight Aggregates on the Mechanical Properties of Concrete” *Construction and Building Materials*, 23, 2821–2828.
- Yeğınobalı, A. 2007. Silis Dumanı ve Çimento ile Betonda Kullanımı, *Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliđi, Ar – Ge*, Ankara.
- TS 2941, 1978, Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemi ile Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 12350-2, 2010. Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS EN 12390-3, 2003. Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 2511, 1977. Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.