

Prefabrik Taşıyıcı Hafif Beton Elemanlarda Bazaltik Pomza Agregasının Kullanılabilirliğinin Araştırılması

H. Süleyman GÖKÇE*¹, Osman ŞİMŞEK²

¹Bayburt Üniv., Mühendislik Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü, Bayburt-Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü, Ankara-Türkiye

Geliş/Received : 28.04.2011, Kabul/Accepted : 17.05.2011

ÖZET

Prefabrikasyonda kolon, kiriş vb. taşıyıcı elemanların üretilmesinde genellikle 30 MPa ve üzeri basınç dayanımına sahip betonlar kullanılmaktadır. Yeni nesil üretimlerde bu elemanlardan beklenen özellik basınç dayanımının yanı sıra, yarmada çekme dayanımı, donatı ile arasındaki aderansı, taşıma ve yerleştirilmesi sırasında avantaj sağlayacak hafifliği olmaktadır. Bu çalışmada, CEM I 42.5 R tipi çimento ile pomza ve normal agrega kullanılarak üretilen betonların mühendislik özellikleri araştırılmıştır. Basınç dayanımının belirlenmesinde 100x200 mm ebatlı silindir numune, yarmada çekme ve donatı ile beton arasındaki aderans dayanımının belirlenmesinde 150x150x150 mm ebatlı küp numune ve Ø12 nervürlü çelik çubuk kullanılmıştır. Pomza agregalı hafif beton (HB), aynı basınç dayanımında normal agregayla üretilen normal beton (NB)'dan % 30 daha hafif bulunmuştur. HB'nin NB'ye göre yarmada çekme dayanımı % 48 ve donatı ile beton arasındaki aderans dayanımı % 15 daha az elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Bazaltik pomza, hafif beton, normal beton, mekanik ve fiziksel özellikler

Investigation of Usability of Basaltic Pumice Aggregate At Prefabricated Structure Light-Weight Concrete Components

ABSTRACT

At prefabrication, concrete which is 30 MPa and more compressive strength is generally used in the production of structure components such as colon, beam etc. In new generation productions, expected property of the components is not only compressive strength, but also tensile splitting strength, bond strength and lightness which provides advantage on movement and molding. In this study, the engineering properties of the concrete prepared by CEM I 42.5 R type cement by using pumice and normal aggregate were investigated. On determination of compressive strength 100x200 mm sized cylinder sample, on determination of tensile splitting and bond strength 150x150x150 mm sized cube sample and Ø12 ribbed steel bar was used. It is found that light-weight concrete (LC) which was prepared with pumice aggregate is 30% lighter than normal concrete (NC) prepared with normal aggregate and at equal strength. According to the NC, the LC was obtained by 48% less tensile splitting strength and 15% less bond strength.

Keywords : Basaltic pumice, light-weight concrete, normal concrete, mechanical and physical properties

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İkinci dünya savaşından sonra ortaya çıkan ekonomik kriz, uzmanlaşmış işçi eksikliği sebebiyle, birçok alanda olduğu gibi yapı sektöründe de kalifiye işçi ihtiyacını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmasını gerektirmiştir. Özellikle yapı maliyetlerindeki artış diğer endüstriyel ürünlere oranla büyük miktarda oluşu inşaat sektöründe prefabrikasyona olan ihtiyacı körüklemiştir. Sonuç olarak, ölçü birliğinin sağlandığı, standart yapı elemanlarını öngören prefabrikasyon yaklaşımı geliştirilmiş, seri üretime geçilerek maliyetten tasarruf yapmak olanaklı hale gelmiştir. Gelişmiş ülkelerde prefabrike (önyapım) yapılar hızla gelişmiş ve standart kolon, kiriş, döşeme elemanları, duvar panelleri gibi çok sayıda elemanın seri olarak üretilmesi sağlanmıştır. Bu ele-

manların fabrika koşullarında uygun standartlar altında üretilmesi, çok büyük işlerde prefabrike üretimin inşaat sahasında veya yakınında yapılmasına olanak sağlamıştır. Özellikle Türkiye'de Toplu Konut Yasası'nın yürürlüğe girmesi ile tek katlı yapı sistemleriyle sınırlanmaktan kurtulup, çok katlı prefabrike yapı uygulamaları gerçekleştirilmiştir [1].

Yerinde dökülen yapı elemanlarına göre, prefabrike elemanların üretiminin daha avantajlı olduğu bilinmektedir. İstenilen her mevsim şartında yapım aşamasının devam edebildiği gibi üretilen malzemenin istenilen niteliği (basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, aderans, donatı düzeni, boyut vb.) daha iyi sağlanabilir ve kontrol edilebilir. Bu şartları sağlayan elemanların statige en uygun kesitlerin verilmesiyle beton ve çelik tasarrufu da yapılır [2]. Bu durum ölü yükün azalmasına da katkı sağlar. Diğer taraftan bu prefabrik elemanların

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: sgokce@bayburt.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2011.14.1, 25-29

üretiminde kullanılan betonlarda tasarıma etki etmektedir.

Yapılan çalışmalarda ham perlit ve pomza agregası ile yapılan taşıyıcı hafif betonların normal betona göre %20 daha hafif olacağı görülmüştür [3,4]. Bu sayede ölü yükün azalmasına agrega etkisi de eklenmiş olur.

Prefabrike yapıların deprem dayanımında en zayıf nokta olarak görülen birleşim bölgeleri tekniğine uygun olarak detaylandırıldıklarında, monolitik birleşimler kadar güvenli davranacakları deneysel olarak belirlenmiştir. Birleşim bölgelerinin yeterli dayanıma sahip olmalarının yanı sıra rijit birleşim detayı ile imal edilen bir prefabrike sistemin yeterli süneklik ve rijitliğe de sahip olması gerekir [5].

Eğilimde hafif beton-donatı aderansının geleneksel beton-donatı aderansıyla karşılaştırmalı olarak incelendiği bir çalışmanın bulgularının irdelenmesinden elde edilen sonuçlar, üretilen taşıyıcı hafif beton-donatı aderansının geleneksel betonunkinden önemli derecede düşük olduğunu, dolayısıyla da taşıyıcı hafif betonlarla inşa edilen yapıların tasarımı için bugün yürürlükte bulunan ulusal yönetmeliklerimizde aderans konusunda verilen kuralların pek geçerli olmadığına işaret etmektedir [6]. Ülkemizde henüz yaygın olmayan hafif malzemelerin kullanımında iyi bir aderans betonarmenin ana ihtiyaçlarından biridir [7-10].

Çizelge 1. Pomza agregasının elek analizi

agrega aralığı (mm)	elek (% geçen)								
	19	13.2	9.5	4.75	2.36	1.19	0.595	0.297	0.149
4.75-13.2 (iri)	100	99	83	17.9	2.1	2	1.9	1.8	1.3
0-4.75 (ince)	100	100	100	100	81	60.6	41.1	20	18.5

Çizelge 2. Kullanılan agregaların bazı fiziksel özellikleri

malzeme	pomza agregası			normal agrega		
	yoğunluk (g/cm ³)	su emme (%)	doğal nem (%)	yoğunluk (g/cm ³)	su emme (%)	
0 – 4.75	1.871	4.7	1.8	2.69	0.60	
4.75 – 13.2	1.159	21.9	2.2	2.67	0.66	

Çizelge 3. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

kimyasal kompozisyon (%)		fiziksel özellikler			
SiO ₂	20.35	özgül yüzey (cm ² /g)			3350
Al ₂ O ₃	5.98	hacim genişmesi (mm)			3
Fe ₂ O ₃	3.06	su ihtiyacı (%)			27.2
CaO	63.35	priz baş. (dk)			106
MgO	1.89	priz sonu (dk)			189
SO ₃	2.89	yoğunluk (g/cm ³)			3.1
Na ₂ O	0.58	mekanik özellikler (MPa)	gün	basınç	eğilme
K ₂ O	0.88		7	39.8	7.3
kız. kaybı	0.50		28	51.9	10.1

Çizelge 4. Kullanılan nervürlü çelik çubuğun özellikleri (Properties of ribbed steel bar)

donatı sınıfı	donatı no	akma dayanımı (MPa)		kopma dayanımı (MPa)		kopma uzaması (ε)	
		min.	karakteristik	min.	karakteristik	min.	karakteristik
S 420	1	420	485	500	595	0.12	0.21
S 420	2	420	515	500	640	0.12	0.19
S 420	3	420	490	500	620	0.12	0.20

Bu çalışmada üretilen HB ve NB'lerin mühendislik hesaplarında kullanılan basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, donatı ile arasındaki aderans dayanımı ve birim ağırlığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

HB'lerin üretiminde Isparta-Gölcük yöresinden temin edilen bazaltik pomza agregası; 0-4.75 ve 4.75-13.2 şeklinde sınıflandırılmış olarak kullanılmıştır. Pomza agregasının elek analizi % geçen olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

NB'lerin üretiminde kullanılan agrega kalker esaslı olup Ankara Hasanoğlan bölgesinden getirilen kırma kireçtaşı agregasıdır. Bu agregaların granülometrisinin pomza agregası ile aynı olması için pomzanın elek aralıklarında elenerek betonda kullanılmıştır. Pomza ve normal agregaların bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Karışımlarda kullanılan CEM I 42.5 R tipi çimento Set Çimento Ankara Güvercinlik üretim tesisinden getirilmiştir. Kullanılan çimentonun üretici firmadan temin edilen kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3'de verilmektedir.

Aderans özelliğini belirlemek için Karabük Demir Çelik fabrikası üretimi Ø12 nervürlü çelik çubuk

kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan nervürlü çeliğin özel bir laboratuarda yaptırılan akma ve kopma dayanımı ile kopma uzaması TS 708'deki [11] minimum değerlerle birlikte Çizelge 4'de verilmiştir.

2.2. Metot (Method)

Karışımların agrega miktarları fuller denklemine uygun olarak kullanılmıştır ve hafif agrega granülometrisi ASTM C 330-5'de [12] belirtilen sınır değerler içerisinde kalmıştır. Betonlar 50 dm³ kapasiteli düşey eksenli laboratuvar tipi beton karıştırıcısında 2 dakika boyunca karıştırılarak üretilmiştir. Yapılan çalışmada pomza ile üretilen HB ve normal agrega ile üretilen NB basınç dayanımlarının aynı olması esas alınmıştır. Bu amaçla NB üretildikten sonra en yakın basınç dayanımını sağlayacak HB deneme karışımları dökülerek bulunmuştur. Bu şekilde elde edilen betonların karışım oranları Çizelge 5'de verilmiştir.

rinde TS EN 12390-3'e göre [18] tespit edilmiştir. Yarmada çekme dayanımları 150x150x150 mm ebatlı küp numuneler üzerinde TS EN 12390-6'ya göre [19] belirlenmiştir. Beton ile nervürlü çelik çubuk arasındaki aderans dayanımının belirlenmesi ASTM C 234'de [20] verilenler göz önüne alınarak 150x150x150 mm ebatlı küp numunelere yerleştirilen Ø12 nervürlü çelik çubuk (Resim 1) çekilmesiyle tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmayla benzer olarak [21] betonun içerisine yerleştirilen donatı çeliğinin düz bir şekilde kesilerek beton içerisine tam olarak 150 mm daldırılması sağlanmış ve numuneler 24 saat sonra kalıptan çıkartılarak 28 gün su küründe bekletilmiştir. 28 gün sonunda numunelerin donatısının çekilmesi MFL SYSTEME marka universal test cihazı kullanılarak ASTM C 234 sınır değerleri içerisinde kalacak şekilde 0.01 mm/s'lik yükleme hızında gerçekleştirilmiştir. NB

Çizelge 5. 1 m³ beton için malzeme karışımları, kg (Material mixtures for a m³ concrete, kg)

beton tipi	çimento	su	s/ç ratio	Agrega		toplam
				0-4.75	4.75-13.2	
HB	700	287	0.41	451	273	1776
NB	324	175	0.54	1122	737	2358

Karışımında doğal nemde olan pomzaya 10 dakikalık su emme miktarının ilavesi ile kullanılmıştır [13]. Yapılan taze beton karışımlardan 150x150x150 mm küp ve 100x200 mm silindir numuneler TS EN 12350-1'e göre [14] alınmıştır. Karışımların kıvamının belirlenmesi için TS EN 12350-2'ye göre [15] çökme deneyi ve TS EN 12350-6'ya göre [16] gevşek-sıkışık yoğunluk deneyleri yapılmıştır.

Numuneler 20±2 °C sıcaklık ve %55-65 bağıl neme sahip laboratuvar ortamında 24 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkarılarak 28 gün süreyle kür havuzunda bekletilmiştir. TS EN 12390-7'e göre [17] beton numunelerin 28 günlük birim hacim ağırlık ve su emme yüzdeleri hesaplanmıştır.

28 günlük sertleşmiş beton numunelerin basınç dayanımı 100x200 mm ebatlı silindir numuneler üze-

ve HB'nin ankraj uygulamasında beton-donatı arasındaki aderans dayanımları formül 2.1'e göre hesaplanmıştır.

$$\tau = \frac{F}{\pi \times \phi \times l} \quad (2.1)$$

τ = Aderans dayanımı (MPa)

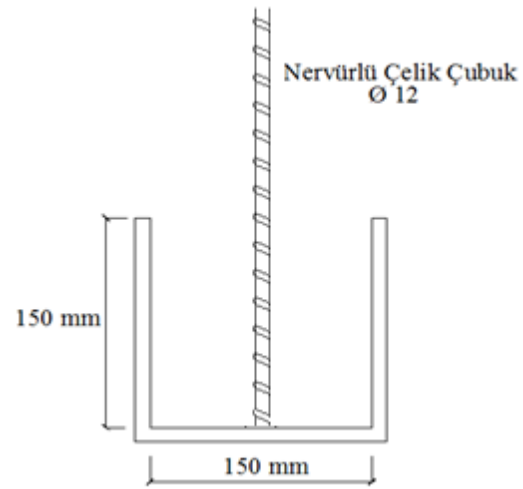
F = Toplam aderans kuvveti (N)

ϕ = Donatı çapı (mm)

l = Aderans boyu (betona gömülü donatı uzunluğu) (mm) [22, 23, 24]

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Kullanılan hafif agreganın (pomza) birim ağırlıkları Çizelge 2'de verildiği üzere 2,4 g/cm³'den küçük olduğundan hafif agrega sınıfına girmektedirler [25]. Çalışmada hafif agrega ve normal agrega kullanılarak



Resim 1. Nervürlü çeliğinin betona yerleştirilmesi (Putting of ribbed steel into concrete)

üretilen aynı basınç dayanımındaki betonların prefabrik sistemlerde önem kazanan diğer özellikleri saptanmıştır.

Yapılan deneylerden elde edilen taze beton çökme değeri, gevşek ve sıkışık birim hacim ağırlıkları Çizelge 6’da verilmiştir. Sertleşmiş betonun doygun ve kuru birim hacim ağırlıkları ile su emme %’leri Çizelge 7’de verilmiştir.

Donatı–beton kenetlenmesi aderans konusunda düşey konumdaki donatı çubukları için normal betondaki kenetlenme boyunun, yatay konumdaki donatı çubuklarında aderansı geliştirilmiş donatılarda (nervürlü donatı) alışlagelmiş kenetlenme boyunun 1.2 katı, düz yüzeyle donatı çubuklarında ise 1.5 katının kullanılması önerilmektedir [28]. Aderanstaki bu azalma hafif beton dökümünde boşluk oluşma oranının normal betona göre

Çizelge 6. Taze betonların bazı fiziksel özellikleri

beton tipi	çökme (cm)	gevşek bir. hac. ağır. (g/cm ³)	sıkışık bir. hac. ağır. (g/cm ³)
HB	8.1	1.69	1.83
NB	7.8	2.03	2.39

Çizelge 7. Sertleşmiş betonların bazı fiziksel özellikleri

beton tipi	doygun bir. hac. ağır. (g/cm ³)	kuru bir. hac. ağır. (g/cm ³)	su emme (%)
HB	1.817	1.602	13.47
NB	2.400	2.299	4.39

Çizelge 8. Normal ve hafif betonların mekanik özellikleri, MPa

numune	NB			HB		
	basınç dayanımı	aderans dayanımı	yar. çek. dayanımı	basınç dayanımı	aderans dayanımı	yar. çek. dayanımı
1	31.7	9.52	3.84	31.9	8.15	1.99
2	30.0	9.44	3.71	28.6	8.09	1.94
3	32.4	9.41	4.04	31.3	7.85	2.05
ortalama	31.3	9.46	3.86	30.6	8.03	2.00

Elde edilen taze beton karışımlarının prefabrik elemanların şantiye ortamında kalıba yerleştirilmesine uygun kıvamı verecek ve çökme değerleri birbirine yakın olacak şekilde su miktarları seçilmiştir. Pomza ile üretilen hafif betonun gevşek/sıkışık birim hacim ağırlıklarının oranı 0,92 iken, normal betonda bu oran 0,85’tir. HB’de elde edilen bu oranın NB’den büyük olması betonun kalıba yerleştirilmesinin HB’de daha kolay olduğunu yani işlenebilirliğinin daha iyi olduğunu göstermektedir [26, 27].

Çalışmada elde edilen sertleşmiş HB’nin kuru birim hacim ağırlığı NB’den %30 daha azdır. Bu fark çalışmada elde edilen HB ile hazırlanan betonarme elemanların taşınma ve yerleştirilmedeki maliyetlerini azaltacağı gibi, taşımada kullanılan araçların servis ömürlerini artıracığı ve yapı ölü yükünün azalmasını sağlayacağı söylenebilir.

Çalışmada hazırlanan NB ve HB numunelerin basınç dayanımı, aderans dayanımı ve yarmada çekme dayanımları Çizelge 8’de verilmiştir.

NB’nin aderans dayanımı 9.46 MPa ve HB’nin aderans dayanımı 8.03 MPa bulunmuştur. Hafif betonun normal betondan yaklaşık %15 daha az aderans dayanımı elde edilmiştir. Bu basit hesap ile yapılan betonarme elemanlarda ankraj boyunun %15 artırılması gerektiği, yani ankraj boyunun 1.15 katının kullanılması gerektiğini söylenebilir.

daha büyük olmasından meydana gelmektedir. Durum böyle olunca, hafif betonlarda daha büyük ankraj boyu kullanılmasının tutarlı bir önlem olacağı söylenebilir [29].

Çalışmada elde edilen NB’nin yarmada çekme dayanımı 3,86 MPa iken HB’nin ise 2,00 MPa bulunmuştur. Bu sonuç, HB’nin yarmada çekme dayanımının NB’ye göre % 48 daha az olduğunu göstermektedir.

Çalışmada betonlar yaklaşık aynı basınç dayanımlarında üretilmelerine rağmen, hafif ve normal agrega (pomza ve kireç taşı) kullanımının aderans dayanımı üzerinde % 15’lik bir etkiye sahip olduğu, yarmada çekme dayanımı üzerinde ise %48’lik bir etkiye sahip olduğu gözükmektedir. Bu da agregata tipinin betonun yarmada çekme dayanımı üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir.

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- HB’nin çökme değeri, NB’nin çökme değerinden yaklaşık % 4 daha fazladır.
- HB’nin gevşek birim ağırlığı, NB’nin değerinden yaklaşık %17 daha az elde edilmiş ve sıkışık birim ağırlığı, NB’nin değerinden yaklaşık %23 daha az elde edilmiştir.

- HB'nin su emme değeri NB'nin su emme değerinden yaklaşık 3 kat fazla elde edilmiştir.
- Çalışmada elde edilen hafif ve normal betonların basınç dayanımları yaklaşık aynıdır. Ancak bu sonuç NB'ye göre yaklaşık iki kat fazla çimento kullanılarak elde edilmiştir.
- HB'nin kuru birim hacim ağırlığı, NB'nin kuru birim hacim ağırlığından %30 daha az elde edilmiştir.
- Taze beton içerisine yerleştirilen nervürlü çelik çubukların çekilmesiyle elde edilen HB'lerin aderans dayanımları, NB'lerin aderans dayanımlarından %15 daha az elde edilmiştir.
- HB'nin yarmada-çekme dayanımı, NB'nin yarmada çekme dayanımından %48 daha az elde edilmiştir.
- Pomza agregalı hafif betonunun taşıyıcı prefabrik elemanların tasarımında, çalışmada elde edilen dezavantajlar göz önüne alınarak kullanılabilmesi veya dezavantajları ortadan kaldırmak için normal betona göre daha yüksek dayanımlarda hafif beton tercih edilmesi durumunda kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Amil, A.P., Aydın, A.C., "Prefabrik Elemanların Başlıca Tasarım İlkeleri", Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35, 235-240, 2004.
- 2) Ekinci, C.E., Eminel, M. ve Özçetin, Z., "Prefabrikasyonda Doğrular-Yanlışlar", 12. Prefabrikasyon Sempozyumu (Prefabrikasyonda Yenilikler ve Eğitim) , 5. Oturum, İstanbul, 1-8, 2007.
- 3) Gökçe, H.S., Durmuş, G. ve Şimşek, O., "Alternatif Karışım Oranlarında Üretilen Doğal Perlit Agregalı Hafif Betonların Özelliklerine Su/Çimento Oranının Etkisi", Politeknik Dergisi, 13(1), 55-63, 2010.
- 4) Sancak, E., Şimşek, O., Subaşı, S. "Türkiye Konut Üretiminde Bimsbeton", 4. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Konya, 1063-1068, 2005.
- 5) Kaplan, S.A., "Prefabrik Yapıların Hesap Metotları", Bilbeyki Yayınları, 3, 1998.
- 6) Durmuş, A., Arslan, M.E., Öztürk, H.T., "Eğilmede Hafif Beton-Donatı Aderansının İncelenmesi", VII. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 165-174, 2007.
- 7) Yaz, A., Ambalavanan R., "Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Repaired with Styrene-Butadiene Rubber Latex, Silica Fume and Methylcellulose Repair Formulations", Magazine of Concrete Research, 51(2), 113-120, 1999.
- 8) Oluokun, A. F., Haghayeghi, A. R., "Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Retrofitted or Repaired with Slurry Infiltrated Mat Concrete", ACI Structural Journal, 95(6), 654-664, 1998.
- 9) Souza, R. H. F., Appleton, J., "Flexural Behavior of Strengthened Reinforced Concrete Beams", Material and Structures, 30(3), 154-159, 1997.
- 10) Gorst, N. J. S., Clark L. A., "Effects of Thaumassite on Bond Strength of Reinforcement in Concrete", Cement and Concrete Composite, 25(8), 1089-1094, 2003.
- 11) TS 708, Beton Çelik Çubukları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1996.
- 12) ASTM C 330, "Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete", Annual Book of ASTM Standard, 2005.
- 13) Gökçe, H.S. ve Can, Ö., "Pomza Agregasının Farklı Zamanlardaki Su Emmelerinin Hafif Betonun Mekanik ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi", Politeknik Dergisi, 12(4), 293-298, 2009.
- 14) TS EN 12350-1, "Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 1: Numune Alma", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- 15) TS EN 12350-2, "Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slamp) Deneyi", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- 16) TS EN 12350-6, "Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 6: Yoğunluk", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- 17) TS EN 12390-7, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- 18) TS EN 12390-3, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımı Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- 19) TS EN 12390-6, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- 20) ASTM C 234, "Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel", Annual Book of ASTM Standard, 1991.
- 21) Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S. "Betonarme Demiri ve Beton Arasındaki Aderans Dayanımına Kür Koşullarının Etkisi", Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 5, 11-14, 2006.
- 22) Cook, R. A. "Behavior of Chemically Bonded Anchors", Journal of Structural Engineering, Vol. 119(9), 2744-2762, 1993.
- 23) Oluokun, A. F., Haghayeghi, A. R., "Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Retrofitted or Repaired with Slurry Infiltrated Mat Concrete", ACI Structural Journal, 95(6), 654-664, 1998.
- 24) Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S., "Betonarme Demiri ve Beton Arasındaki Aderans Dayanımına Mineral Katkıların Etkisi", Science and Eng. Journal of Fırat Univ., 18(3), 351-357, 2006.
- 25) Topçu, İ.B., "Yapı Malzemesi ve Beton", Şahvar Offset, Eskişehir, Türkiye, 2006.
- 26) TS 2872, "Taze Beton Kıvam Deneyi (Sıkıştırma Faktörü Metodu ile)", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
- 27) MEGEP, "Taze Beton", İnşaat Teknolojisi, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2006.
- 28) Lacroix, R., Fuentes, A., "Le Proyet De Béton Précontraint", Edition Eyrolles, 1980.
- 29) Durmuş, A., ve Aytakin, M., "Betonarme İnşaatta Hafif Betonlar", Türkiye İnşaat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Ankara, 263-274, 1985.