BETONARMEDE BETON VE DONATI ARASINDAKİ ADERANS DAYANIMINA KÜR ŞARTLARININ ETKİSİ

EFFECT OF CURING CONDITIONS ON ADHERENCE STRENGTH BETWEEN CONCRETE AND REBAR IN REINFORCED CONCRETE

Yrd.Doç.Dr.-Cenk Karakurt[a] ve Uzman-Turgut Kaya[a]Prof.Dr-. İlker Bekir Topçu[b]

[a]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

cenk.karakurt@bilecik.edu.tr. turgut.kaya@bilecik.edu.tr.ilkerbt@ogu.edu.tr.

Özet

Bu çalışmada, betonarme yapılarda beton ve donatı arasındaki aderans dayanımına kür şartlarının etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılmak üzere üç beton serisi ile hazırlanan numunelerde en büyük agrega tane çapı (d_{max}) 22 mm, CEM I 42.5 R çimentosu, F tipi uçucu kül (UK) ve 20 mm çapında nervürlü S 420 betonarme çeliği kullanılmıştır. Kür havuzunda standart 20±2 °C sıcaklıkta ve dış ortamda %55-65 bağıl neme sahip iki farklı kür ortamında bekletilen 3, 7, 28 günlük numunelere basınç ve aderans dayanım deneyleri yapılmıştır. Ayrıca 28 günlük numuneler üzerinde ultrases geçiş hızı, birim ağırlık ve su emme oranı deneyleri yapılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre en yüksek aderans ve basınç dayanımı değerleri, standart havuzda kür edilen numunelerden elde edilmiştir. Sonuç olarak kür şartlarının betonun aderans dayanımında belirgin bir değişim yaptığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Betonarme, Donatı, Kür şartları, Aderans dayanımı

Abstract

Inthisstudy, theeffect ofcuringconditions on adherencebetweenconcreteandrebar of reinforcedconcretestructures.Experimentalstudieswerecarried on threedifferentreinforcedconcretespecimensproducedwithmaximum 22 mm aggregate size, CEM I 42.5 R cement, type F flyash (FA) and 20 mm ribbed S 420 typesteelrebar. Compressivestrengthandadherencestrengthtestswereperformed on 3,7 and 28daycuredundertwodifferentconditions as standard20±2 °C waterbathcuringandoutsidecuring at 55-65 % relativehumidity.Inadditiontheultrasoundpulsevelcity (UPV), unitweightandwaterabsorbtionratiotestsweredone on 28 daycuredspeimens. Accordingtothe test resultsthehighestadherenceandcompressxivestrengthvalues obtainedfromstandardwaterbathcuredspecimens. As a result itwasseenthatconcretecuringcondition is moreeffective on adherencestrength of concrete.

Keywords: ReinforcedConcrete, Rebar, Curingcondition,Adherencestrength

1. Giriş

Beton ve çelik çubuklardan oluşan bir yapı elemanının betonarme olarak davranabilmesi için çubukların betona kenetlenmesi gerekir. Bu kenetlenme; betonun çekme dayanımı, çeliğin akma dayanımı, çubuğun yüzey geometrisi, donatı çapı, kenetlenme boyu, donatı etrafındaki beton örtü kalınlığı (pas payı), kullanılan agreganın cinsi ve katkı maddeleri gibi birçok değişkenden etkilenir[1]. Betonarmenin başlangıcından beri birçok araştırmacı ve uygulayıcının ilgisini çeken, çelik ve beton arasındaki bağla ilgili çok sayıda araştırmayapılmıştır. Yüksek dayanımlı beton çeliklerinin üretiminden önce, betonarmede aderans konusunda ve etkilendiği faktörlerin tümüyle bilindiği şekilde yaygın bir görüş mevcuttu. Yüksek dayanımlı çeliklerin uygulama alanındaki ilk öncüleri, yuvarlak ve düz tipleriyle, yumuşak betonarme donatılarından pek farklı olmayan aderans özelliklerine sahiptiler. Ancak bir süre sonra bu yeni tür çeliklerin yüksek performansından yararlanabilmek için betonla kenetlenmenin artırılmasının gerekli olduğu anlaşılmış ve yüzeylerindeki çıkıntı, girinti ve nervürlerle aderansı geliştirilmiş modern betonarme donatısı türleri piyasaya sürülmüştür. Bunun yanı sıra yüksek dayanımlı betonların da geniş ölçüde kullanılmaya başlamasıyla aderans problemi yeniden önem kazanmıştır [2]. Bu çalışmada, betonarmede beton ve donatı arasındaki aderans dayanımına kür şartlarının etkisi araştırılmıştır

2. Deneysel Çalışma

2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Deneysel çalışmalarda numunelerin üretiminde kullanılmak üzere Bilecik Sançim A.Ş. Çimento fabrikasından temin edilen ve TS EN 197-1'de CEM I 42.5 R olarak tanımlanan Portland tipi çimento kullanılmıştır [3]. Mineral katkı olarak T.E.A.Ş.'a bağlı bulunan Bursa Orhaneli termik santralinden temin edilen ASTM C 618'de tanımlanan F tipi uçucu kül kullanılmıştır. Kullanılan çimento ve uçucu küle ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

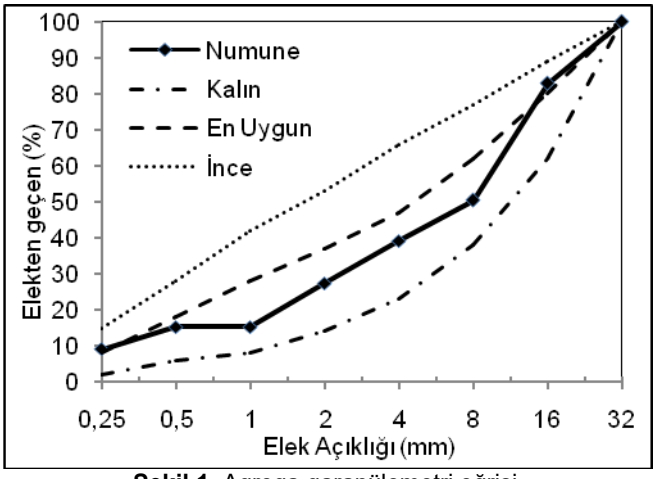
Tablo 1. Çimentoya ait fiziksel-kimyasal ve mekanik özellikler.

Kimyasal Bileşim		**Fiziksel Özellikler**	
Bileşenler (%)		Özgül Ağırlık (g/cm^3)	3,06
SiO_2	19,96	Özgül Yüzey (cm^2/g)	3641
Al_2O_3	5,03	0,090 mm Elek Kalıntısı (%)	0,1
Fe_2O_3	2,88	0,045 mm Elek Kalıntısı (%)	4
CaO	63,6	Standart Kıvam Su Miktarı (%)	29,6
MgO	1,17	Priz Başlama Süresi (Dk)	190
K_2O	0,8	Priz Sona Erme Süresi (Dk)	260
Na_2O	0,27	Genleşme (Le Chatelier) (mm)	1
SO_3	2,79	**Mekanik Özellikler**	
Cl^-	0,005	Basınç Dayanımı N/mm^2	
TiO_2		2 Gün	21,6
Mn_2O_2		7 Gün	42,7
Kızdırma Kaybı	3,02	28 Gün	61,5

Tablo 2. Uçucu küle ait fiziksel-kimyasal özellikler.

Fiziksel Özellikleri		**Kimyasal Bileşimler (%)**	
Özgül Ağırlık (g/cm^3)	2,27	SiO_2	48,53
		Al_2O_3	24,61
		Fe_2O_3	7,59
Özgül Yüzey (cm^2/g)	2836	CaO	9,48
		MgO	2,28
		LOI	1,69

Kırmataş agrega olarak, 0-5mm ince agrega, 5-12mm ve 12-22 mm iri kalker agregası kullanılmıştır. Karışımlarda Bilecik şehir şebeke suyu ve kıvam düzenleyici Glenium C 303 süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Kullanılan agreganın granülometri eğrisi Şekil 1 ve kıvam düzenleyici kimyasal katkının teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Agrega garanülometri eğrisi

Tablo 3. Glenium C 303 süper akışkanlaştırıcıya ait teknik özellikler.

Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı
Renk	Açık Yeşil
Yoğunluk	1,023-1,063 Kg/litre
Klor İçeriği %(EN480-10)	<0,1
Alkali İçeriği %(EN480-12)	<3

Beton-donatı arasındaki aderans dayanımlarının belirlenmesi için 20 mm çapında nervürlü S 420 betonarme çeliği kullanılmıştır. TS 708'e göre[4] bu çeliğin en düşük akma dayanımı 420 MPa, en düşük çekme dayanımı 500 MPa ve çekme dayanımının akma dayanımına oranı en az 1,15 olmalıdır. Kullanılan betonarme çeliğine ait donatı çekme deneyinde akma dayanımı 460 MPa, çekme dayanımı 607 MPa ve çekme dayanımının akma dayanımına oranı 1,31 olarak bulunmuştur. Deneylerde kullanılan donatı çekme cihazı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Donatı çekme cihazı

2.2. Yöntem

Bu çalışmada beton ve donatı arasındaki kenetlenmeye kür koşullarının etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Betonların hazırlanmasında kullanılan malzemeler ve karışım oranları Tablo 4'de verilmiştir. Betonlar 50 dm^3 kapasiteli laboratuvar tipi beton mikserinde üretilmiştir.

Tablo 4.1m^3 beton için yaklaşık karışım miktarları

Malzemeler (kg/m^3)		**B$_1$**	**B$_2$**	**B$_3$**
Çimento		300	360	450
Su		178,6	176,2	203
Agrega	**0-4 mm**	881	1183	768
	4-8 mm	376	478	277
	12-22 mm	622	–	678
Uçucu Kül		_	_	68
Akışkanlaştırıcı (l/m^3)		_	_	6

Karışım oranlarına uygun olarak B_1, B_2 ve B_3 Kodlu betonlardan ultrases, basınç ve aderans deneyleri için taze beton karışımlarından 150x150x150 mm küp numuneler TS EN 12350-1'e göre alınmıştır[5]. Alınan numunelerden İ.O. olarak kodlananlar, 3-7-28 günlük yaşlar için 20±2 °C sıcaklık ve %55-65 bağıl neme sahip laboratuvar ortamında 24 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkarılarak istenilen yaşa ulaşıncaya kadar kür havuzunda bekletilmiştir. D.O. olarak kodlanan numuneleri ise laboratuvar dışında açık alanda istenen yaşa ulaşıncaya kadar dış ortamda tutulmuştur. Numunelerin 28 günlük birim hacim ağırlık ve su emme yüzdeleri TS EN 12390-7'e göre hesaplanmıştır[6].

2.2.1. Basınç Dayanımı

3-7-28 günlük betonların basınç dayanımları TS EN 12390-3'e göre 150x150x150 mm ebatlı küp numuneler üzerinde belirlenmiştir [7]. Basınç dayanımı deneylerinde Şekil 3'te verilen 3000 kN kapasiteli otomatik kontrollü basınç deneyi presi kullanılmıştır.



Şekil 3. Beton basınç presi

2.2.2. 28 Günlük betonların fiziksel özellikleri

Beton numuneleri üzerinde 28 günlük kür sonunda ultrasonik test yöntemi uygulanmıştır. Ultrasonik deney yöntemi, ses üstü dalgaların betonun içerisinden geçme süresini ölçmek için tasarlanan Şekil 4' de gösterilen cihaz yardımıyla uygulanmıştır. Kullanılan cihazın dalga gönderici ve alıcı proplar arasında kalan, temiz yüzeyli numunelerden ses üstü dalgaların ne kadar sürede geçtiği otomatik olarak belirlenmiş ve (1)'noluifade ile geçiş hızları hesaplanmıştır[8].

(1)

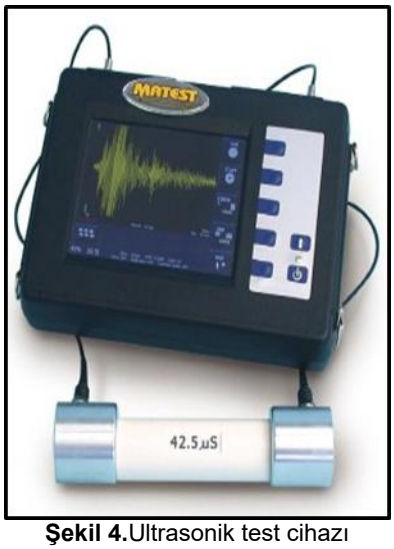
Burada; V= Sesüstü dalga hızı, (m/sn), L= Gönderici ve alıcı uçlar arasındaki mesafe, (m) ve t= Sesüstü dalganın gönderilmiş olduğu yüzeyinden alındığı yüzeye kadar geçen süreyi ifade etmektedir.

Beton numunelerinin su emme oranları 28 günlük standart küre tabii tutulan numuneler üzerinde yapılmıştır. Su emme oranları (2) no'luiade yardımıyla belirlenmiştir [9,10].

$$\text{Su emme}(\%) = \frac{W_{dyk} - W_{kuru}}{W_{kuru}} x100$$

(2)

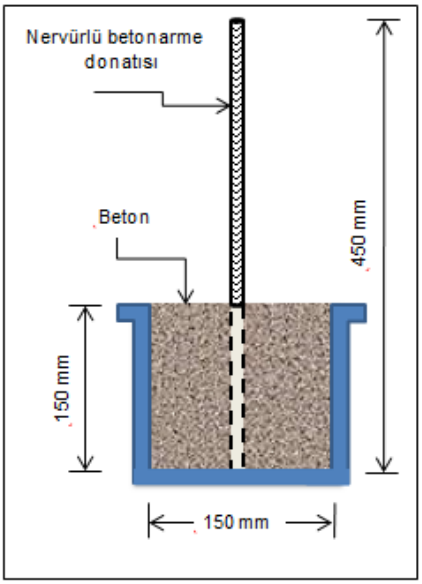
Burada; W_{dyk} = Numunenin doygun yüzey kuru ağırlığı, (kg), W_{kuru} = Kuru ağırlığıdır (kg).



Şekil 4. Ultrasonik test cihazı

2.2.3. Aderans Dayanımı

Beton ile donatı arasındaki aderans dayanımının belirlenmesinde ASTM C 234'de ifade edilen kriterler [11] ve önceki çalışmalara benzer olarak [12,13] 150x150x150 mm ebatlı küp numunelere Ø20 nervürlü çelik çubuk yerleştirildikten sonra beton 3 aşamada dökülmüştür. Betonlar 24 saat sonra kalıptan çıkartılarak kür ortamlarında istenilen yaşa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Aderans dayanımlarının belirlenmesinde Şekil 5'te verilen ölçülere uygun olarak 450 mm uzunluğundaki donatının 150 mm'si beton içeresinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 5. Donatının betona yerleştirilmesi

3-7-28 günlük numunelerin aderans dayanımları Şekil 6'da verilen donatı çekme cihazına bağlanan özel bir çene

sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Beton ve donatı arasındaki aderans dayanımları (3)'nolu ifade ile hesaplanmış ve sonuçlar kaydedilmiştir[13-16].

$$\tau = \frac{F}{\pi x \text{Ø} x l} \quad (3)$$

τ = Aderans dayanımı (MPa)
F= Aderans kuvveti (N)
Ø= Donatı çapı (mm)
ℓ= Aderans boyu (Betona gömülü donatı uzunluğu)



Şekil 6. Aderans deney düzeneği

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Betonlara ait bazı fiziksel özellikleri

Beton-donatı arasındaki aderans dayanımlarının belirlenmesinde kullanılan 28 günlük beton numunelerinin Ultrasonik test(UT), doygun(DBH) ve kuru birim hacim(KBH) ağırlıkları ile su emme(SE) oranları deney sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

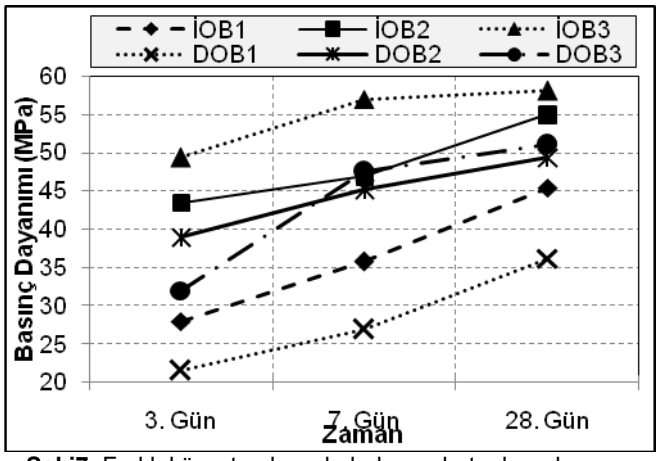
Ultra ses deneyinde geçiş hızı ne kadar kısa olursa, deney sırasında ses üstü dalgaların o kadar az boşluğa denk gelmesi ile mümkündür. Tablo 4'te verilen ultra ses geçiş hızı değerleri incelendiğinde İOB3 numunesi en yüksek ultrases geçiş hızı değerine ulaşmıştır. İOB3 numunesinin karışımında bulunan uçucu kül katkısınumune içindeki boşlukları doldurmasıyla ultrases geçişhızınınyüksek çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Doygun birim hacim ağırlığı, kuru birim hacim ağırlığı ve su emme değerlerinden en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla B1 ve B3 serilerinde elde edilmiştir.

Tablo 5. Betonların fiziksel özelliklerine ait değerler

Numune Tipi	UT (İO) (m/sn)	UT (DO) (m/sn)	DBH (gr/cm^3)	KBH (gr/cm^3)	SE (%)
B1	3030	3230	2,42	2,33	3,96
B2	3070	3180	2,41	2,32	3,84
B3	2920	3110	2,39	2,31	3,41

3.2. Basınç Dayanımı deneyi

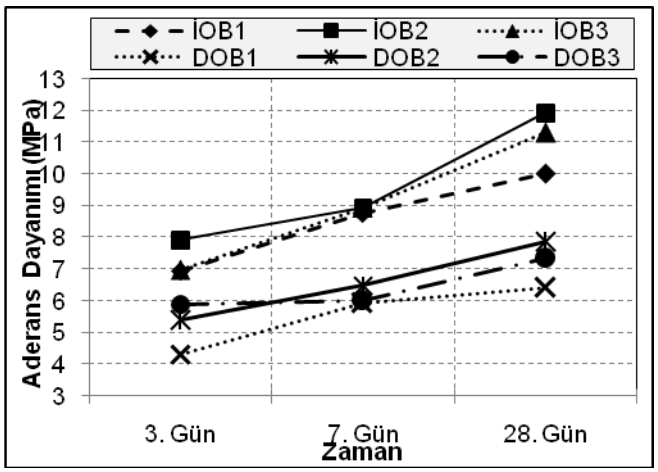
Çalışmada kullanılan betonlara ait basınç dayanım deneyi sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Farklı kür ortamlarında 3-7-28 günlük yaşlara ulaşan numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde her yaşta en düşük dayanım DOB1 serisinde, en yüksek dayanımların ise İOB3 serisinden elde edildiği görülmüştür. İOB3 numunesinin standart kür havuzunda tutulması, karışımında akışkanlaştırıcı ve uçucu kül olması dayanıma olumlu katkı sağlamıştır. Ultrases deneyinde olduğu gibi basınç dayanımında da İOB3 numunesi en yüksek geçiş hızına sahiptir. Standart kürde kalan numune sonuçları bütün beton serilerinde dış ortamda olanlara göre daha yüksek dayanım değerlerine ulaşmışlardır.



Şeki7. Farklı kür ortamlarında bulunan betonların basınç dayanımları

3.3. Aderans Dayanım deneyi

Beton – donatı arasındaki aderans dayanımlarının incelenmesinde kullanılan B_1-B_2-B_3 kodlu betonlara yerleştirilen Ø20' lik donatılı numunelerin 3-7-28 günlük aderans dayanım değerleri Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Farklı kür ortamlarında bulunan numunelerin aderans dayanımları

Şekil 8'de görüldüğü gibi iç ortamda(standar) kür edilen numunelerin 3-7-28 günlük aderans dayanımları dış ortam dayanımlarından yüksek çıkmıştır. Her yaşta aderans deneylerinde en yüksek ve en düşük dayanımlar sırasıyla 11,93 – 6,42 MPa ile İOB2 ve DOB1 kodlu numunelerden elde edilmiştir. Beton serilerinin farklı kür ve yaşlardaki aderans dayanımları incelendiğinde, 3 günlük standart kür koşullarının dış ortam koşullarına oranla en yüksek %60 artış ile B1 kodlu numuneden, en düşük artış ise %18 ile B2 kodlu numuneden elde edilmiştir. 7 günlük standart kür koşullarının dış ortam koşullarına oranla en yüksek % 47 artış ile B3 kodlu numuneden, en düşük artış ise %38 ile B2 kodlu numuneden elde edilmiştir. 28 günlük standart kür koşullarının dış ortam koşullarına oranla en yüksek %56 artış ile B1 kodlu numuneden, en düşük artış ise %51 ile B2 kodlu numuneden elde edilmiştir. Basınç dayanımlarında olduğu gibi ilerleyen kür yaşlarında aderans dayanımlarında artışlar meydana gelmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, betonarmede donatı ve beton arasındaki aderans dayanımına kür koşullarının etkisi araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde İOB3 numunesi en yüksek geçiş hızına ulaşmıştır. İOB3 numunesinin karışımında bulunan uçucu kül numune içindeki boşlukları doldurmasıyla ultrases dalgalarının daha hızlı ilerlemesini sağladığı düşünülmektedir.

- 3-7-28 günlük yaşlara ulaşan numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde her yaşta en düşük dayanım DOB1 serisinde, en yüksek dayanımlar ise İOB3 serisinden elde edilmiştir. İOB3 numunesinin standart kür havuzunda tutulması, karışımında akışkanlaştırıcı ve uçucu kül olması dayanıma olumlu katkı sağlamıştır.

- Her yaşta aderans deneylerinde en yüksek ve en düşük dayanımlar sırasıyla 11,93 ve 6,42 MPa ile İOB2 ve DOB1 kodlu numunelerden elde edilmiştir.

- 3 günlük standart kür koşullarının dış ortam koşullarına oranla en yüksek %60 artış ile B1 Kodlu numuneden, 7 günlük standart kür koşullarının dış ortam koşullarına oranla en yüksek %47 artış ile B3 Kodlu numuneden ve 28 günlük standart kür koşullarının dış ortam koşullarına oranla en yüksek %56 artış ile B1 Kodlu numuneden elde edilmiştir.

- Basınç dayanımlarında olduğu gibi ilerleyen kür yaşlarında aderans dayanımlarında artışlar meydana gelmiştir.

5. Referanslar

[1]. Bingöl, A., F., Gül, R. "Donatı-Beton Aderansı, Yüksek Sıcaklıkların Beton Dayanımına ve Aderansa Etkileri Konusunda Bir Derleme",*Tübav Bilim Dergisi*, Türkiye, Cilt: 2, sayı: 2, 211-230, (2009).

[2]. Arda, T. S. "Betonarmede Aderans Konusunda Bir Derleme" İst. Teknik Üniv. Yayınları, İstanbul, Türkiye, s. 5 (1968).

[3]. TS EN 197-1, "Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri", Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, Türkiye, (2002).

[4]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), , "Beton Çelik Çubukları", **TS 708**, Ankara, Türkiye, (1996).

[5]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), "Beton-Taze Beton Deneyleri-Bölüm 1: Numune Alma", **TS EN 12350-1**, Ankara, Türkiye, (2010).

[6]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini", **TS EN 12390-7**, Ankara, Türkiye, (2002).

[7]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini", **TS EN 12390–3**, Ankara, Türkiye, (2010).

[8]. Erdoğan, T.Y.,. Beton, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, Türkiye, (2003)

[9]. Kearsley, E.P.,Wainwright, P.J., "PorosityandPermeability of FoamedConcrete", CementandConcreteResearch, 34, 805-812, (2001).

[10]. Dias, W.P.S., "Reduction of ConcreteSorptivitywith Age Through Carbonation", CementandConcreteResearch, 30, 1255-1261, (2000).

[11]. ASTM C 234, "Standard Test MethodforComparingConcretes on theBasis of the Bond DevelopedwithReinforcing Steel", AnnualBook of ASTM Standard, (1991).

[12]. Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S. "Betonarme Demiri ve Beton Arasındaki Aderans Dayanımına Kür Koşullarının Etkisi", Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Türkiye, 5,11-14, (2006).

[13]. Gökçe, H.,S., Şimşek, O., "Prefabrik Taşıyıcı Hafif Beton Elemanlarda BazaltikPomza Agregasının Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Politeknik Dergisi, Cilt:14, Sayı: 1, s. 25-29, Ankara, Türkiye, (2011).

[14]. Cook, R. A. "Behavior of ChemicallyBondedAnchors", Journal of StructuralEngineering, Vol. 119(9), 2744-2762, (1993).

[15]. Oluokun, A. F.,Haghayeghi, A. R., "FlexuralBehavior of ReinforcedConcreteBeamsRetrofittedorRepairedwithSlurryInfiltrated Mat Concrete", ACI StructuralJournal, 95(6), 654-664, (1998).

[16]. Tanyıldızı, H., Yazıcıoğlu, S., "Betonarme Demiri ve Beton Arasındaki Aderans Dayanımına Mineral

Katkıların Etkisi", ScienceandEng. Journal of Fırat Univ., 18(3), 351-357, Elazığ, Türkiye, (2006).