

BETONARMEDE DONATI VE BETON ARASINDAKİ ADERANSA KOROZYONUN ETKİSİ

İlker Bekir TOPÇU¹, Ahmet Raif BOĞA²

ÖZET: Bu çalışmada üç farklı çimento ile 300 ve 375 dozajlarında, katkısız ve % 10 ve 20 oranlarında F tipi uçucu kül (UK) katkılı beton karışımları hazırlanmış, 28. ve 180. günler için toplam 36 farklı seri üretim yapılmıştır. Üretilen bu betonların mekanik özellikleri belirlenmiş, ayrıca beton içine donatıların yerleştirildiği betonarme elemanlar üretilmiş, bu numunelerde hızlandırılmış korozyon deneyleri yapılmış ve sonrasında aderans deneyleri yapılarak korozyon nedeniyle beton ile donatı arasındaki aderans değişimleri belirlenmiştir. Deneyler sonucunda aderans dayanımının beton kalitesi ile ilişkisinin olmadığı ve korozyon nedeniyle hasara uğrayan numunelerde aderans dayanımının çok yüksek oranlarda düştüğü görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Beton, Uçucu kül, Dayanıklılık, Aderans dayanımı

EFFECT OF CORROSION ON ADHERENCE BETWEEN REINFORCEMENT AND CONCRETE FOR REINFORCED CONCRETE

ABSTRACT: In this study, concrete mixtures are prepared incorporating three different types of cement in 300 and 375 kg/m³ dosages and also 10-20 % F type fly ash (FA) replacement to cement, 36 different series are produced for tests after 28 and 180 days. Mechanical properties of these concrete types are determined. Besides, reinforced concrete specimens are also produced, accelerated corrosion test is conducted and after then adherence variations between concrete and reinforcement due to corrosion are determined by conducting adherence tests. As a result of tests, it is seen that there is no relation between bond strength and concrete quality, and bond strength of damaged specimens due to corrosion decrease in high ratios.

KEYWORDS: Concrete, Fly ash, Durability, Bond strength

^{1,2} Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Batı Meşelik Kampüsü, 26480 ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Beton ve çelik çubuklardan oluşan bir yapı elemanının betonarme olarak davranabilmesi için çubukların betona kenetlenmesi gerekir. Kenetlenmeyi sağlayan çelik çubukla beton arasındaki kayma gerilmelerine “Aderans” denir [1]. Donatı-beton aderansı korozyondan olumsuz şekilde etkilenir, ilerlemiş hasar durumunda aderans tamamen yok olur [2]. Aslında Portland çimentosu ile üretilen betonlar, içerisine gömülmüş donatılara hem kimyasal olarak hem de fiziksel olarak çok iyi bir koruma sağlamaktadırlar [3]. Kimyasal koruma ilk önce çeliğin elektrokimyasal olarak pasif hale geldiği boşluk suyunun yüksek alkalinitesinden sağlanmaktadır [3, 4]. Beton fiziksel korumanın yanı sıra içerisindeki çeliğe zararlı olan klor ve karbondioksit gibi maddelerin zararlı etkilerini geciktirerek koruma sağlar [3]. Korozyona karşı uzun süre dayanıklılığın korunması pasif tabaka için gerekli koşulların sağlanması ile ilgilidir [5]. Kötü ortam koşullarında betonun hızlı şekilde bozulmasını önlemek için yüksek kalitede ve dayanıklılıkta beton üretmek gerekir. Ancak beton içerisine giren zararlı iyonlar örneğin klor iyonları çelik donatının yüzeyindeki doğal pasiviteyi bozar ve sıklıkla betonarme yapılarda donatının korozyonuna neden olur [2, 6-8].

Betondaki donatı çeliğinin korozyonu betonda çatlaklara yol açar ve aderans dayanımını azaltır [9-10]. Oluşan bu çatlaklar betonun bozulmasını ve zararlı iyonların betona nüfus etmesini hızlandırırlar ve sonuçta yeni çatlaklar oluşur [9]. Betondaki çelik donatının korozyonu çeliğin kesit alanını azaltır ve böylece beton yapıların dayanıklılık süresini etkilerler [10]. Donatının korozyona uğraması ile betonarme elemanların performansında çeşitli kayıplar olur. Bunlar; pas payı tabakasının çatlamasına bağlı olarak donatının etkili kesit alanındaki azalmalar, kesit alanındaki azalmaya bağlı olarak donatıların mekanik performansındaki azalmalar ve donatılı betonların aderans performanslarındaki azalmalardır [11]. Korozyon nedeniyle aderans dayanımlarındaki kayıpları azaltmak için çeşitli önlemler alınmaktadır. Bunlar çeliği galvanizlemek veya epoksi ile kaplamak, betonu kaplamak, katodik koruma, süperakışkanlaştırıcı ve korozyon inhibitörlerinin kullanılması gibi çeşitli önleyici yöntemler bulunmaktadır [10, 12-14]. Ayrıca beton üretimi sırasında çimento yerine F ve C tipi uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı gibi mineral katkı maddeleri katılarak betonun korozyona karşı dayanıklılığın artırılmaya çalışıldığı çalışmalarda vardır [7, 9, 15-18].

Yapılan bu çalışmada CEM II/B-M (P-L) 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 N çimentoları ile 300 ve 375 dozajlarında, katkısız ve % 10 ve 20 oranlarında uçucu kül (UK) katkılı beton karışımları hazırlanmış, 28. ve 180. günler için toplam 36 farklı seri üretim yapılmıştır. Üretilen bu betonların mekanik özellikleri belirlenmiş, ayrıca beton içine donatıların yerleştirildiği betonarme elemanlar üretilmiş, bu numunelerde hızlandırılmış korozyon deneyleri yapılmıştır. Sonrasında aderans deneyleri yapılarak korozyon nedeniyle beton ile donatı arasındaki aderans değişimleri belirlenmiştir. Aderans deneyleri için hızlandırılmış korozyon deneyi uygulanmayacak, iki gün boyunca uygulanacak ve numunelerde hasar oluşuncaya kadar uygulanacak olan üç farklı numune grubu üretilmiştir. Bu çalışma ile farklı beton karışımlarının, korozyona uğratılma süresinin aderans dayanımına olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II.1. Kullanılan Malzemeler

II.1.1. Çimento

Deneysel çalışmalarda Eskişehir Çimento Fabrikasının (ESÇİM) ürettiği TS EN 197-1:2000 standartlı CEM I 42.5 R Portland Çimentosu ve CEM II/B-M (P-L) 32.5 R Portland Kompoze Çimentosu kullanılmıştır. Ayrıca Nuh Çimento Sanayi A.Ş.'nin Kocaeli fabrikasında ürettiği TS EN 197-1:2000 standartlı CEM I 52.5 N Portland Çimentosu kullanılmıştır. Bu çimentolara ait fabrikalarından elde edilen kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

II.1.2. Uçucu Kül

Deneylerde Tunçbilek Termik Santraline ait uçucu kül (UK) kullanılmıştır. Kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Tunçbilek uçucu külü, $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ değerinin % 70'in üzerinde ve CaO 'in % 10'un altında olması nedeniyle, ASTM C 618 standardına göre F sınıfı (düşük kireçli) uçucu küle uygun malzemedir.

II.1.3. Agregalar

Deneylerde Eskişehir-Osmaneli kumu ve Söğüt Zembemiyeye kırmataşları kullanılmıştır. Agregaların en büyük tane büyüklüğü 31.5 mm'dir. Kumun, kırmataş I ve kırmataş II'nin özgül ağırlıkları sırası ile 2620, 2710 ve 2710 olarak, birim ağırlıklar ise sırası ile 1550, 1720 ve 1770 kg/m³ olarak bulunmuştur. Karışımda kum, kırmataş I ve kırmataş II sırasıyla % 35, 30 ve 35 oranlarında kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çimentoların ve uçucu külün kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim, %	Çimento Tipi			UK
	CEM I 52.5 N	CEM I 42.5 R	CEM II/B-M (P-L) 32.5 R	
SiO ₂	20.47	20.74	30.88	58.25
Al ₂ O ₃	5.68	5.68	8.01	16.66
Fe ₂ O ₃	3.08	4.12	3.57	12.91
CaO	62.66	63.70	47.78	1.95
MgO	1.1	1.22	1.30	5.08
Na ₂ O	0.20	0.17	0.12	0.33
K ₂ O	0.75	0.53	1.33	1.37
SO ₃	2.5	2.29	1.67	0.41
Cl	0.010	0.019	0.011	0.002
Kızdırma kaybı	1.9	1.34	6.20	2.09
Çöz. Kalıntı	0.7	0.57	0.27	-
Serbest Kireç	1.0	1.29	1.31	0.16

II.1.4. Demir Donatılar ve NaCl Çözeltisi

Korozyon deneylerinde donatılı beton numunelerin hazırlanmasında 14 mm çapında nervürlü S 420 betonarme çeliği kullanılmıştır. TS 708'e göre bu çeliğin en düşük akma dayanımı 420 MPa, en düşük çekme dayanımı 500 MPa'dır. Korozyon deney düzeneğindeki NaCl çözeltisinde sanayi tipi sodyum klorür tuzu kullanılmıştır.

II.2. Beton Karışım Oranları

Hazırlanan beton karışımlarında CEM II/B-M (P-L) 32.5 R, CEM I 42.5 R ve CEM I 52.5 N çimentoları kullanılmıştır. Beton karışım oranları Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Beton karışım oranları, kg/m³.

Karışım Kodu	Çim. Tipi	Malzeme miktarları, kg/m ³					
		Çimento	Kum	K.taş I	K.taş II	Su	UK
Ç32.5/375/U0	CEM II/B-M (P-L) 32.5 R	375	622	553	645	188	---
Ç32.5/375/U10		337.5	618	550	642	188	37.5
Ç32.5/375/U20		300	614	547	638	188	75
Ç32.5/300/U0		300	678	603	704	150	---
Ç32.5/300/U10		270	675	601	701	150	30
Ç32.5/300/U20		240	672	598	698	150	60

Çizelgeden görüldüğü gibi her bir beton serisi için bir karışım kodu verilmiştir. Örneğin Ç32.5/375/U0 kodlu bir numunede CEM II/B-M (P-L) 32.5 R çimentosunun kullanıldığı, çimento dozajının 375 kg/m³ olduğu, çimento yerine UK kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Çizelgede sadece CEM II/B-M (P-L) 32.5 R çimentosu ile üretilen betonların karışım oranları gösterilmiştir. Diğer çimentolarla üretilen betonların karışım oranları da Çizelge 2’dekinin aynısı alınmıştır.

II.3. Üretilen Numune Tipleri ve Kür Süresi

Betonların basınç dayanımlarını belirlemek amacıyla 150x150x150 mm boyutlarında küp numuneler üretilmiştir. Üretilen betonların korozyona karşı dayanıklılıklarını belirlemek amacıyla da içerisine $\phi 14$ ’lük bir donatının 140 mm’lik bölümünün gömüldüğü 150x150x150 mm boyutunda küp numuneler üretilmiştir. Küp numunelerin yüzeyi ile donatının birleştiği nokta epoksi ile kaplanmıştır. Bu işlemin yapılma nedeni sadece donatının beton içinde kalan kısmının korozyona uğramasının istenmesidir. Beton ve donatının yüzeye çıkan birleşim noktasından

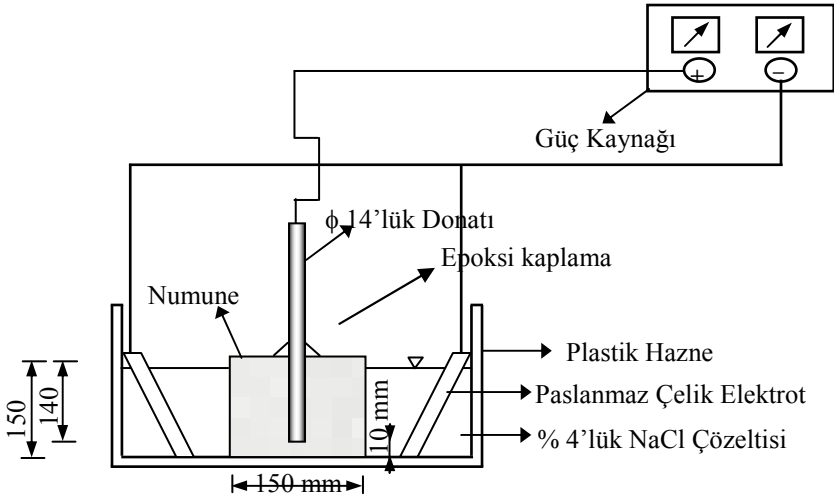
donatının korozyona uğraması bu şekilde önlenmiştir. Üretilen numuneler iki farklı kür süresinde tutulmuştur. Betonun basınç dayanımının belirlendiği seriler 28 gün boyunca standart kürde tutulmuştur. Korozyon ve aderans deneylerinin yapıldığı numuneler ise 28 ve 180 gün olmak üzere iki farklı kür süresinde tutulduktan sonra deneyler yapılmıştır. Bütün numuneler 28 ve 180 günlük kür süresi boyunca $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa sahip su havuzunda bekletilmiştir.

II.4. Yapılan Deneyler

Üretilen betonların dayanımlarını belirlemek için basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Üretilen beton serilerinin korozyona karşı dayanıklılığını belirlemek amacıyla donatılı olarak üretilen numunelerde hızlandırılmış korozyon deneyleri yapılmıştır. Ayrıca hızlandırılmış korozyon deneylerinden sonra korozyon sonrası aderans kayıplarını belirlemek amacıyla donatılı numuneler üzerinde aderans deneyleri yapılmıştır.

II.4.1. Hızlandırılmış Korozyon Deney Düzeneği

Beton içerisindeki donatı çubuğunun korozyon performansının incelenmesinde Şekil 1'deki hızlandırılmış korozyon deney düzeneğinden yararlanılmıştır. Bu deney düzeneği doğru akım kapasiteli bir güç kaynağı, içerisinde % 4 konsantrasyonlu NaCl çözeltisi ve iki adet paslanmaz çelik plaka bulunan bir plastik kap ve test numunesinden oluşmaktadır. Şekil 1'den de anlaşılacağı gibi içerisinde 14 mm çapında donatı çubuğu bulunan 150x150x150 mm boyutundaki test numunesi içerisinde % 4 konsantrasyonlu NaCl çözeltisi bulunan kaba konmuştur. Sisteme sabit 50 volt gerilim uygulayan doğru akım kaynağının pozitif kutbuna donatı çubuğu (çalışan elektrot) ve negatif kutbuna plakalar (karşıt elektrot) olacak şekilde bağlanmışlardır. Bu devrede donatı çubuğu anot, plakalar katot ve NaCl çözeltisi de elektrolit olmaktadır. Ayrıca bu sisteme 10 adet solüsyon haznesi paralel olarak bağlanarak oluşturulan deney düzeneği ile numuneler aynı anda test edilmiştir. Bazı çalışmalarda bu deney düzeneğinin benzerleri kullanılmıştır [6, 19]



Şekil 1. Hızlandırılmış korozyon deney düzeneği.

II.4.2. Aderans Deneyi Düzeneği

Aderans deneyleri korozyon sonrasında donatı ile beton arasında oluşan aderans kayıplarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Donatının betondan sıyrılarak söküldüğü andaki maksimum kuvvet cihazda bulunan göstergeden okunarak kaydedilmiştir. Deneyin yapıldığı an, göstergede okunan değer ve konik çeneler Şekil 2’de gösterilmiştir. Deneysel çalışmalar kapsamında aderans deneyleri üç farklı şekilde ele alınmıştır. Çizelge 2’de verilen karışım oranlarına göre üretilen donatılı numunelere korozyona uğratılmadan aderans deneyi uygulanmıştır. Bu numuneler 1. grup aderans numuneleridir. 2. grup numunelere ise 2 gün boyunca korozyon uygulanmış ve sonrasında aderans deneyi yapılmıştır. 3. grup numuneler ise çatlayıncaya kadar yani hasara uğrayıncaya kadar korozyona uğratılmışlar ve sonrasında aderans deneyi uygulanmıştır. Böylece hiç korozyona uğramayan numunelerdeki aderans dayanımlarının korozyona uğrayan numunelere göre değişimleri incelenmiştir. Çalışmanın aderansla ilgili kısmında hiç korozyona uğratılmayan, 28 ve 180 günlük kür süresine tabi tutularak toplam 36 seri beton karışımı üretilmiştir. Bu serilere ek olarak 2 gün boyunca korozyona uğratılan 36 seri beton karışımı ve hasar oluşana kadar korozyona uğratılan 36 seri beton karışımı

da eklendiğinde, aderans deneyleri için toplam 108 seri farklı numune grubu üzerinde deney yapılmıştır.



Şekil 2. Aderans deneyi cihazı ve çatlayana kadar korozyona uğratılan numune.

III. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

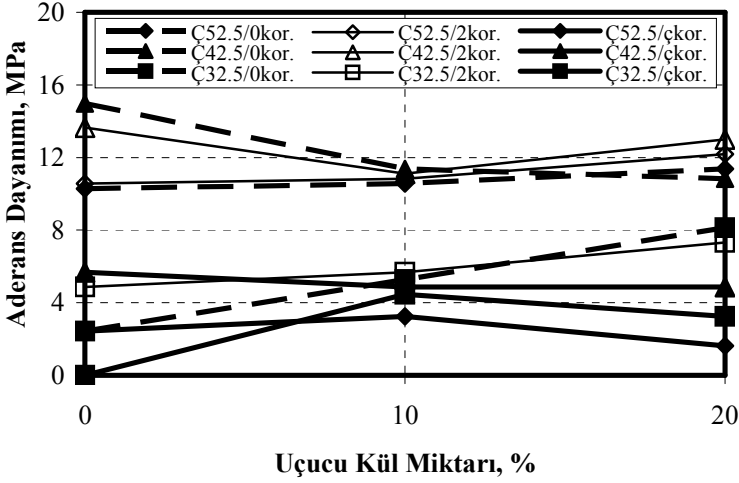
III.1. Aderans Deneyi Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Hızlandırılmış korozyon deneyleri yapıldıktan sonra numunelerdeki donatılar çekip çıkartılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen aderans kuvveti değerlerinden aderans dayanımları bulunmuştur. Aderans dayanımları bulunurken (1) bağıntısı kullanılmıştır.

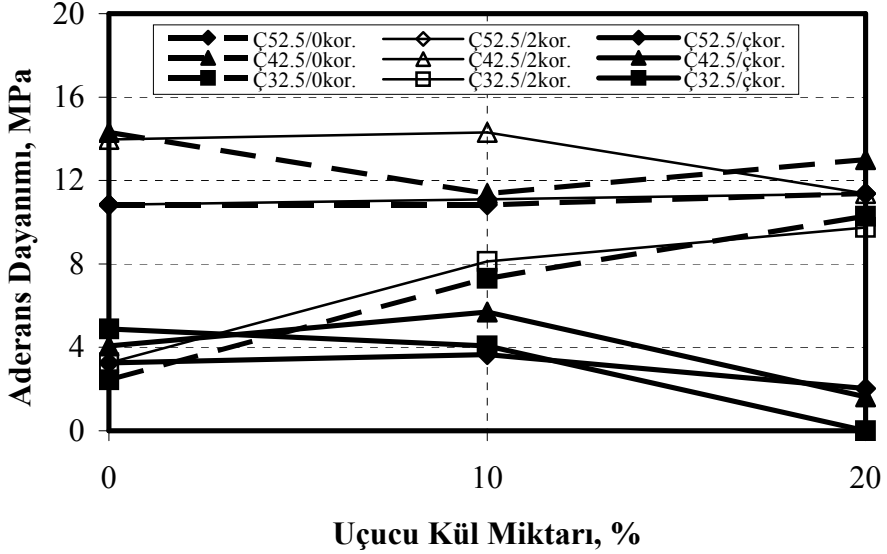
$$\tau = \frac{\text{AderansKuvveti}}{\pi \cdot \phi \cdot l} \quad (1)$$

Burada aderans kuvveti, donatının betondan sökülme kuvvetini, ϕ donatı çapını ve l aderans boyunu (betona gömülü donatı uzunluğu) göstermektedir. Şekil 3'te 300 dozajlı ve 28 gün kür uygulanmış betonların aderans dayanımları gösterilmiştir. Şekil 3'deki (0kor.) kısaltması hiç korozyona uğramayan, (2kor.) kısaltması 2 gün boyunca korozyona uğratılan, (çkor.) kısaltması da çatlayana kadar korozyona uğratılan numuneleri göstermektedir. Şekil 2'de çatlayana kadar korozyona uğratılan numune görülmektedir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi çatlayana kadar korozyona

uğrattılan numunelerde gözle görülür çatlaklar oluşmuştur. Şekil 3'deki değerler incelendiğinde çatlayana kadar korozyona uğrattılan numunelerin aderans dayanımlarının korozyona uğrattılmayan numunelere göre çok büyük oranlarda düştüğü görülmektedir. Korozyona uğrattılmayan numunelerin ortalama aderans dayanımları çatlayana kadar korozyona uğrattıldıkları takdirde CEM II/B-M(P-L) 32.5 R'li, CEM I 42.5 R'li ve CEM I 52.5 N'li serilerde, sırasıyla % 51.3, 58.4 ve 77.7 oranlarında düşmüştür.

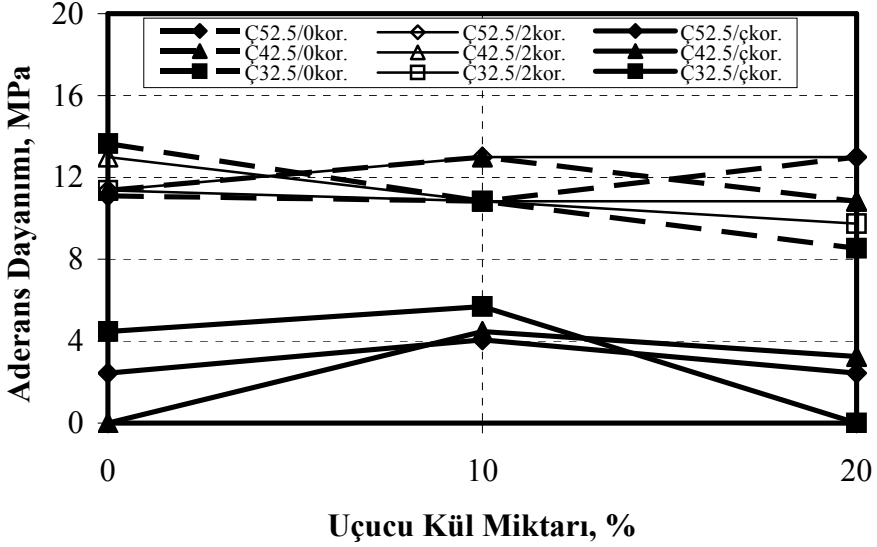


Şekil 3. UK miktarına göre aderans dayanımlarının değişimi (300 dozaj ve 28 gün kür).



Şekil 4. UK miktarına göre aderans dayanımlarının değişimi
(300 dozaj ve 180 gün kür)

Şekil 4'te 300 dozajlı olarak üretilen ve 180 gün boyunca kür uygulanan numunelere ait aderans dayanımı değerleri gösterilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde bazı serilerde 2 gün boyunca korozyona uğratılan numunelerin korozyona uğratılmayan numunelere göre aderans dayanımlarının arttığı görülmüştür. CEM I 52.5 N çimentosunun ve % 10 oranında UK'nın kullanıldığı serilerde numuneler 2 gün boyunca korozyona uğratılınca aderans dayanımları korozyona uğratılmayan numunelere göre % 2.8 oranında artmıştır. CEM I 42.5 R çimentosunun ve % 10 oranında UK'nın kullanıldığı serilerde ise aderans dayanımları % 25.4 oranında artmıştır. 2 gün boyunca korozyona uğratılan numunelerin aderans dayanımlarının artmasının nedeni beton içindeki donatının 2 gün gibi kısa bir sürede korozyona uğratılması ile donatı üzerinde ufak miktarlarda pas ürünleri oluşmaya başlamıştır. Oluşan bu pas ürünleri donatı ile beton arasındaki boşlukları tamamen doldurmuşlar ve böylece aderans dayanımları artmıştır.



Şekil 5. UK miktarına göre aderans dayanımlarının değişimi
(375 dozaj ve 28 gün kür).

Şekil 5'te 375 dozajlı olarak üretilen ve 28 gün boyunca küre tabii tutulan numunelere ait aderans dayanımı değerleri gösterilmiştir. Şekil 5'ten de görüldüğü gibi numuneler çatlayana kadar korozyona uğratıldığında aderans dayanımları düşmüştür ve 2 gün boyunca korozyona uğratıldıkları takdirde aderans dayanımları artmıştır. Ancak farklı tür çimentolarla ve farklı oranlarda katkılarla üretilen bu betonlara ait aderans dayanımı değerleri genelde birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Şekil 5'te de görüldüğü gibi aderans dayanımı değerleri korozyona uğratılmayan numunelerde belli yerlerde, 2 gün boyunca korozyona uğratılan numunelerde belli yerlerde ve çatlayan kadar korozyona uğratılan numunelerde de belli yerlerde toplanmıştır. Her üç çimento ile farklı kalitelerde üretilen betonlarda aderans dayanımları bazı serilerde çok yakın çıkmıştır. Genel olarak beton sınıfının aderans kuvveti üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir [20-22].

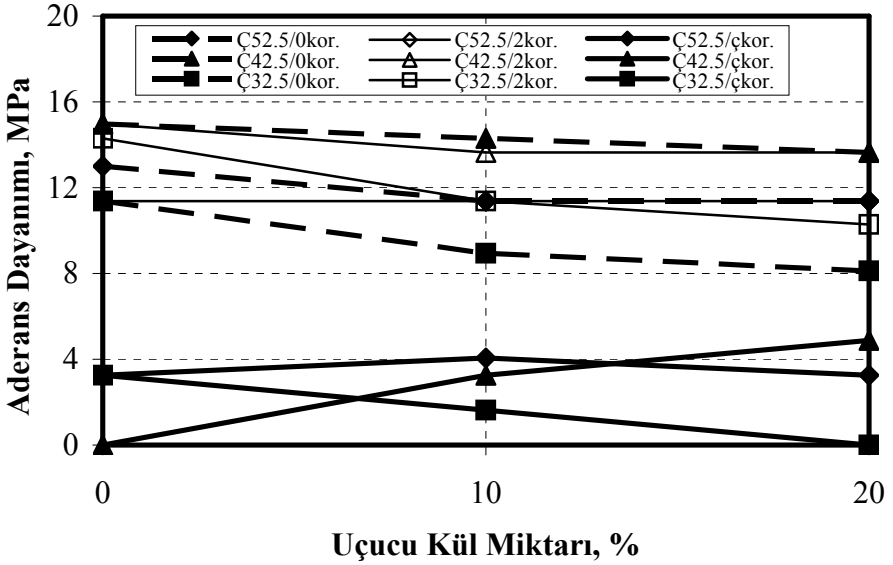
Çizelge 3. 28 günlük numunelerin basınç ve aderans dayanımı sonuçları

Dozaj	375		300	
Karışım Kodu	Basınç Dayanımı, MPa	Aderans Dayanımı, MPa	Basınç Dayanımı, MPa	Aderans Dayanımı, MPa
Ç32.5/U0	23.5	13.6	22.0	2.4
Ç32.5/U10	24.8	10.8	23.2	5.3
Ç32.5/U20	19.0	8.5	20.5	8.1
Ç42.5/U0	40.4	11.4	42.2	15
Ç42.5/U10	53.9	13	36.8	11.4
Ç42.5/U20	47.0	10.8	34.7	10.8
Ç52.5/U0	43.5	11.1	40.8	10.3
Ç52.5/U10	36.8	10.8	32.7	10.6
Ç52.5/U20	44.0	13	31.1	11.4

28 günlük numunelere ait basınç ve aderans dayanımı sonuçları Çizelge 3’de gösterilmiştir. Çizelge 3’deki aderans dayanımı değerleri hiç korozyona uğratılmayan numunelere ait değerlerdir. Çizelge 3 incelendiğinde genel olarak beton dayanımının aderans dayanımı üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı gözükmektedir. Örneğin 375 dozajlı seriler incelendiğinde, CEM II/B-M (P-L) 32.5 R’nin kullanıldığı ve UK’nın kullanılmadığı numunelerin basınç dayanımları 23.5 MPa, aderans dayanımları 13.6 MPa olarak bulunmuştur. Ancak CEM I 42.5 R’nin ve % 10 oranında UK’nın kullanıldığı serilerde basınç dayanımları 53.9 MPa çıkarken aderans dayanımları 13 MPa’da kalmıştır. 300 dozajlı serilerde, CEM II/B-M (P-L) 32.5 R çimentosu ile üretilen seriler dışındaki numunelerde de beton dayanımının aderans dayanımı üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı gözükmektedir.

Şekil 6’da farklı çimentolar ile 375 dozlu olarak üretilen ve 180 gün boyunca küre tabi tutulan numunelere ait aderans dayanımı değerleri gösterilmiştir. Çatlayana kadar korozyona uğratılan bazı serilerde aderans dayanımı değeri tespit

edilememiştir. Şekil 3, 4, 5 ve 6 kendi aralarında karşılaştırıldığında; farklı tip çimentolu, farklı oranda UK'lı olarak 300 ve 375 dozajlı üretilen numunelerde aderans dayanımı değerleri korozyona uğratılmayan 28 günlük numunelerde 11 ile 13 MPa arasında, 180 günlük numunelerde 11 ile 14 MPa arasında değişmiştir. 2 gün korozyona uğratılan 28 günlük numunelerde 11 ile 13 MPa arasında, 180 günlük numunelerde 11 ile 14 MPa arasında bulunmuştur. Hasar oluşana kadar korozyona uğratılan 28 ve 180 günlük numunelerde ise 0 ile 5 MPa arasındadır. Buradan da görüldüğü gibi aderans dayanımları sadece korozyona uğratılma süresine göre değişmiştir. Korozyon öncesi ve sonrası aderans dayanımı sonuçları ayrıntılı olarak Çizelge 4'te gösterilmiştir.



Şekil 6. UK miktarına göre aderans dayanımlarının değişimi
(375 dozaj ve 180 gün kür)

Çizelge 4. Korozyon öncesi ve sonrası aderans dayanımı sonuçları

Dozaj	375				300			
	K.Öncesi		K.Sonrası		K.Öncesi		K.Sonrası	
Kür Süresi	28	180	28	180	28	180	28	180
Ç32.5/U0	13.6	11.4	4.5	3.2	2.4	2.4	0	4.9
Ç32.5/U10	10.8	8.9	5.7	1.6	5.3	7.3	4.5	4.1
Ç32.5/U20	8.5	8.1	0	0	8.1	10.3	3.2	0
Ç42.5/U0	11.4	15.0	0	0	15.0	14.3	5.7	4.1
Ç42.5/U10	13.0	14.3	4.5	3.2	11.4	11.4	4.9	5.7
Ç42.5/U20	10.8	13.6	3.2	4.9	10.8	13.0	4.9	1.6
Ç52.5/U0	11.1	13.0	2.4	3.2	10.3	10.8	2.4	3.2
Ç52.5/U10	10.8	11.4	4.1	4.1	10.6	10.8	3.2	3.7
Ç52.5/U20	13	11.4	2.4	3.2	11.4	11.4	1.6	2.0

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Deney sonuçlarından da görüldüğü gibi korozyon ile numunelerde oluşan hasarlar aderans dayanımını çok yüksek oranlarda düşürmektedir. Bazı serilerde aderans dayanımı elde edilememiştir. Numuneler 2 gün boyunca korozyona uğratıldıklarında, korozyona uğramayanlara göre aderans dayanımları artmaktadır. Aderans deneyleri sonucunda genel olarak beton dayanımının aderans dayanımı üzerine belirgin bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Her üç çimento ile farklı kalitelerde üretilen betonlarda aderans dayanımı değerlerinin bazı serilerde aynı değerleri aldığı görülmüştür. Bu çalışma 20 ila 50 MPa arasında dayanıma sahip betonlar üzerinde yapılmıştır ve böyle bir sonuca varılmıştır. Ancak ülkemizdeki yapılarda beton dayanımları çoğunlukla 8 ila 14 MPa arasındadır ve düşük basınç dayanımlı betonlarda aderans dayanımı ihmal edilebilecek kadar az ve kayıpların da çok belirgin olduğu gözlenmiştir. Korozyon nedeniyle aderans dayanımlarının düşmesinden dolayı öncelikle yapılarımızı korozyona karşı daha dayanıklı olarak inşa etmemiz gerekmektedir. Bunun için üretilen betonlar geçirimsiz olmalı ve dış ortamdan gelecek zararlı iyonların beton içindeki donatıya ulaşması engellenmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] C. Karakoç, “Aderans Mekanik Etkileşim Olayı”, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 1985.
- [2] B. Baradan, H. Yazıcı ve H. Ün, “Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)”, Ecem Ofset Matbaacılık, 282s, 2002.
- [3] F. Pruckner and O. E. Gjörv, “Effect of CaCl₂ and NaCl additions on concrete corrosivity”, Cement and Concrete Research, Vol.34, pp. 1209-1217, 2004.
- [4] W. Yeih and J. J. Chang, “A study on the efficiency of electrochemical realkalisation of carbonated concrete”, Construction and Building Materials, Vol.19, pp. 516-524, 2005.
- [5] İ. Türkmen and M. Gavgalı, “Influence of mineral admixture on the some properties and corrosion of steel embedded in sodium sulfate solution of concrete”, Materials Letters, Vol.57, pp. 3222-3233, 2003.
- [6] E. Güneyisi, T. Özturan and M. Gesoğlu, “A study on reinforcement corrosion and related properties of plain and blended cement concretes under different curing conditions”, Cement and Concrete Composites, Vol.27, pp. 449-461, 2005.
- [7] K. Y. Yeau and E. K. Kim, “An experimental study on corrosion resistance of concrete with ground granulate blast-furnace slag”, Cement and Concrete Research, Vol.35, pp. 1391-1399, 2005.
- [8] Ş. Erdoğan, I. L. Kondratova and T. W. Bremner, “Determination of chloride diffusion coefficient of concrete using open-circuit potential measurements”, Cement and Concrete Research, Vol.34, pp. 603-609, 2004.
- [9] A. Cheng, R. Huang, J. K. Wu, and C. H. Chen, “Influence of GGBS on durability and corrosion behavior of reinforced concrete”, Materials Chemistry and Physics, Vol.93, pp. 404-411, 2005.
- [10] A. Cheng, R. Huang, J. K. Wu, and C. H. Chen, “Effect of rebar coating on corrosion resistance and bond strength of reinforced concrete”, Construction and Building Materials, Vol.19, pp. 404-412, 2005.
- [11] H. S. Lee, T. Noguchi and F. Tomosawa, “Evaluation of the bond properties between concrete and reinforcement as a function of the degree of reinforcement corrosion”, Cement and Concrete Research, Vol.32, pp. 1313-1318, 2002.

- [12] S. Muralidharan, V. Saraswathy, S. P. Merlin Nima, N. Palaniswamy, "Evaluation of a composite corrosion inhibiting admixtures and its performance in portland pozzolana cement", *Materials Chemistry and Physics*, Vol.86, pp. 298-306, 2004.
- [13] N. Yüzer, "Betonarme yapılarda korozyon ölçüm yöntemleri ve hasar tespiti", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı:426, ss. 134-138, 2003.
- [14] N. Girit, "Korozyon inhibitörleri", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı: 426, ss. 139-141, 2003.
- [15] J. M. R. Dotto, A.G. de Abreu, D. C. Dal Molin, I. L. Müller, "Influence of silica fume addition on concretes physical properties and on corrosion behaviors of reinforcement bars", *Cement and Concrete Composites*, Vol.26, pp. 31-39, 2004.
- [16] N. Yüzer ve F. Aköz, "Donatı Korozyonunun Hızlandırılmış Deney Yöntemi ile Araştırılması", 5. Ulusal Beton Kongresi, 1-3 Ekim 2003, İstanbul, ss. 237-246.
- [17] İ. B. Topçu, A. R. Boğa, "Uçucu Küllü Betonlarda Donatı Korozyonunun Hızlandırılmış Yöntem ile Araştırılması", 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 15-17 Kasım 2006, İTÜ Taşkılla 109 No'lu Salon, İstanbul, ss.132-143.
- [18] İ. B. Topçu, "Yapı Malzemesi ve Beton", Uğur Ofset, Eskişehir, 2006.
- [19] M. M. Al-Zahrani, S. U. Al-Dulajian, M. Ibrahim, H. Saricimen and F. M. Sharif, "Effect of waterproofing coatings on steel reinforcement corrosion and physical properties of concrete", *Cement and Conc. Composite*, Vol.24, pp. 127-137, 2002.
- [20] İ. B. Topçu, A. R. Boğa, "Uçucu Küllü Betonlarda Donatı Korozyonunun Aderans Dayanımına Etkisi", ACE 2006, 7th International Congress in Civil Engineering, October 11-13, 2006, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, Book of Abstracts, p. 455.
- [21] M. H. Özkul, M. Mutlu ve A. R. Sağlam, "Beton ankrajları", *Sika Teknik Bülten*, Sayı: 2001/4, ss. 1-11, 2001.
- [22] R. A. Cook, R. C. Konz, "Factors influencing bond strength of adhesive anchors", *ACI Structural Journal*, Vol.98, No. 1, pp. 76-86, 2001.