

Effects of Additives on Concrete-Rebar Adherence

Kemal Tuşat Yücel ^{a, 1}, Kemal Muhammet Erten ^b

^aSuleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Isparta, Turkey
ORCID ID: 0000-0001-7684-0784

^bIsparta University of Applied Sciences, Yalvaç Technical Sciences Vocational School, Isparta, Turkey
ORCID ID: 0000-0001-5181-4109

Abstract

In composite reinforced concrete elements formed by concrete and rebar, only if these two materials work together, reinforced concrete elements can fully function. The significant factor that will ensure working together is the bond strength, which is called adherence. The higher the value of this force, the harder the rebar is to pull out from the concrete. In this experimental study, the effect of concrete additives and aggregate type on the bond strength and the amount of elongation of the reinforcement without stripping from the concrete was investigated. For this purpose, 28-day compressive strength and adherence force and reinforcement elongation amounts of the concrete mixtures produced by using mineral, chemical and fiber additives for two different aggregate series, crushed stone and gravel, and two different cement dosages, were observed. In addition, by using 3 different rebar in terms of diameter and surface properties, the effect of these properties on concrete-rebar adherence was revealed. As a result of the study, the use of crushed stone aggregate, hyperplasticizer additive, mineral additive and ribbed rebar with 18mm diameter increased the bond strength compared to the reference samples.

Keywords: “Concrete, concrete-rebar adherence, mineral additive, chemical additive, fiber additive.”

1. Giriş

Dünyada en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi olan betonun uzun yıllardır çeşitli katkı maddeleriyle işlenebilirlik, dayanım, dayanıklılık gibi özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır [1-4].

Bu amaçla kullanılan katkı maddeleri mineral, kimyasal ve fiber katkılar olarak ana başlıklar altında ele alınabilirler [5]. Katkı maddeleri fiziksel ve kimyasal yapıları itibarı ile, taze ve sertleşmiş beton özelliklerine farklı etkiler yapmaktadırlar [6-10].

Genel hatlarıyla; çimento hamuru ve agrega taneleri arasındaki temas yüzeyinin betonun en zayıf halkası olması nedeniyle bu fazın iyileştirilmesi amacıyla beton karışımında boşluk doldurma ve bağlayıcılık özelliği olan mineral katkılar [11], betonun işlenebilirlik özelliğini geliştirmek amacıyla kimyasal katkılar [12], tokluk, çatlak ve darbe direncine katkı sağlaması amacıyla da fiber katkılardan [6] yararlanılmaktadır. Bu katkılar sayesinde sadece dayanım özellikleri değil durabilite açısından da betonun kalitesi artmaktadır [1, 13-15].

Beton-donatı ara yüz kalitesinin artırılmasının aderans (kenetlenme) dayanımını artırdığı bilinmektedir [16]. Mineral katkılarının ince yapıları sayesinde mikroyapıyı iyileştirme etkisi ile [16], fiber katkılarının ise beton içerisinde çatlak ilerlemesini azaltma özellikleri ile bu yapıyı güçlendirmesi [17] aderans dayanımını olumlu etkilemektedir.

Deprem kuşağında olan ülkemiz için betonarme elemanlarda özellikle beton-donatı aderansı da kaliteli beton üretimi kadar önemli ve ele alınması gereken bir konudur. Beton-donatı arasındaki aderans için nervürlü donatıların kullanımı [18, 19] şüphesiz çok önemlidir. Nervürlü donatı kullanımının ülkemizde zorunlu kılınması, donatının betonla olan kenetlenmesini geliştirerek deprem anında donatının betondan sıyrılma olasılığının azaltılması için önemli bir adım olmuştur.

Çalışmada; kırmataş ve çakıl agregalarla üretilen betonlar için, kimyasal katkı olarak süper ve hiper akışkanlaştırıcı katkılar, mineral katkı olarak uçucu kül ve silis dumanı ve polipropilen fiber katkı kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımları kıyaslanmış ayrıca 14 mm çapında düz ve nervürlü donatılar ile 18 mm çapında nervürlü donatı kullanılarak bu betonların

¹ Corresponding author. Tel.: 0246-211-14-18
E-mail address: tusat2001@hotmail.com

donatıyla aderansı, pull out (çekip çıkarma) deneyi ile kontrol edilmiştir. İki farklı çapta nervürlü demir kullanılarak çapın aderansa etkisi ve düz demir kullanılarak da nervürün aderansa etkisi incelenmiştir.

Deneyssel olarak yürütülen çalışma ile; agrega, beton katkıları, donatı çap ve yüzey dokusu, çimento dozajı gibi betonarme elemanların temel bileşenlerinde yapılan değişiklikler ile sadece beton basınç dayanımı değil aderans kuvveti ve yük altında donatıda meydana gelebilecek uzama miktarlarına ilişkin kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada, aderans deneyi 30 ton tük kapasiteli hidrolik prensiple çalışan pull-out deney cihazıyla yapılmıştır. Çalışmada kullanılan pull out deney cihazı 106 M155 Sayılı TÜBİTAK Projesi ile Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL tarafından tasarlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Deneyssel olarak yürütülen çalışmada; CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır, kullanılan agrega türleri kırmataş I, kırmataş II, çakıl I ve çakıl II'dir. Agregaların farklı şekillerde birleşimiyle 2 tip karışım oluşturulmuştur.

Karışım 1 için; kırmataş I, kırmataş II ve kum,

Karışım 2 için; çakıl I, çakıl II, kırmataş II ve kum kullanılmıştır.

Katkı olarak; polinaftelen (süper) ve polikarboksilat (hiper) esaslı kimyasal katkıları, Çatalağzı (F tipi) ve Seyitömer (C tipi) termik santrallerinden elde edilen uçucu küller, Antalya Etibank Ferrokrom fabrikasından temin edilen silis dumanı (ferrosilisyum (FeSi)) ve polipropilen fiber katkı kullanılmıştır.

2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Tablo 1. Agregaların tane yoğunlukları ve su emme oranları

Agrega Kodu	Görünen Tane Yoğunluğu (Mg/m ³)	Su Emme Oranı (%)	Kütle oranı
KTI	2.80	0.81	
KTII	2.72	0.60	
ÇI	2.70	0.60	
ÇII	2.69	0.50	
Kum	2.56	1.27	

Tablo 2. Çimentonun özellikleri

Kimyasal analiz (% Kütle)												
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K.K.	Ç.K	Cl ⁻	S.CaO	A.Z		
17.52	4.06	3.45	56.56	1.66	2.44	2.99	0.24	0.001	1.35	3.41		
Karma Oksit Bileşenleri (Bogue) (%Kütle)												
C ₃ S			C ₂ S			C ₃ A		C ₄ AF				
54.57			8.26			4.92		10.49				
Fiziksel ve mekaniksel özellikler												
İncelik		Priz Süreleri		Tane Yoğunluğu (Mg/m ³)	Blaine (m ² /kg)	Le Chatelier (mm)	Mukavemet Değerleri (N/mm ²)					
200 µ	90 µ	Başlangıç	Bitiş				2 gün		7 gün		28 gün	
							Eğilme	Basınç	Eğilme	Basınç	Eğilme	Basınç
2.5	0.1	2s 55dk.	3s 45dk.	3.12	311	1	4.4	28.2	6.1	43.2	7.1	53.1

Tablo 3. Kimyasal katkının özellikleri

Değerlendirme Kriteri	Süper (polinaftelen)	Hiper (polikarboksilat)
Bağlı Yoğ. (kg/l,20°C)	1.21	1.1
Katı madde (%)	41.5	22.0
pH	6.0	3-7

Tablo 4. Uçucu küllerin kimyasal özellikleri

Oksit (%)	Çatalağzı	Seyitömer
SiO ₂	57.5	54.38
Al ₂ O ₃	25.53	20.6
Fe ₂ O ₃	6.01	11.16
S+A+F	89.04	86.14
CaO	1.15	2.92
MgO	2.45	4.13
SO ₃	0.18	0.59
K ₂ O	4.66	3.15
Na ₂ O	0.46	0.79
KK	1.12	3.01
Cl-	0.015	0.006
Serb. CaO	0.13	0.26
Reak. SiO ₂	34.18	39.01
Reak. CaO	0.65	2.49
Cr ₂ O ₃	0.02	0.06
TiO ₂	1.19	0.89
Rut %	0.31	0.35
Alkali Top	5.12	3.93
Görünen tane yoğunluğu (Mg/m ³)	2.00	2.13

Tablo 5. Silis dumanının kimyasal özellikleri

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	S+A+F	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂
77.06	0.84	1.28	79.17	0.73	5.70	0.21	5.16	1.19	3.21	0.03

Tablo 6. Polipropilen fiber katkı özellikleri.

Kimyasal Yapı (%)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Ergime Noktası (°C)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Özgül Yüzey Alanı (m ² /kg)	Alkali Direnci (%)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Elastiklik Modülü (N/mm ²)
100 polipropilen lif	0.91	160	365	250	100	300 – 400	4000

Tablo 7. Çelik donatı özellikleri

Donatı Çapı	Akma		Çekme		Kopma uzama oranı (%)	E (kgf/mm ²)
	Kgf	MPa	kgf	Mpa		
Ø 18 N	12347	486	15231	599	21.7	20416
Ø 14 N	7936	523	9618	634	21.4	19013
Ø 14 D	4976	314	7422	469	31.1	21917

Beton karışım hesaplarında çökme en az 160mm olacak şekilde, kimyasal katkı oranı için ise terleme olmaksızın en fazla çökme veren katkı dozajı ve tipi dikkate alınmıştır. Mineral katkıları, çimento miktarının yüzdesi olarak belirlenmiştir. Uçucu kül %20, silis dumanı %10, silis dumanı + uçucu kül %10 + %10 oranlarında kullanılmıştır.

Beton üretimleri için yapılan kodlamalara ait kısaltmalar:

- Agregası tipi; K (Kırmataş), Ç (Çakıl)
- Silis dumanı; SD
- Polipropilen fiber katkı; F
- Uçucu kül; UF (F tipi), UC (C tipi)
- Kimyasal katkı; S (Polinaftelen), H (Polikarboksilat)
- 35; 350 kg/m³ dozlu beton, 40; 400 350 kg/m³ dozlu beton.
- Ø 18 N; 18 mm çapında Nervürlü donatı
- Ø 14 D; 14 mm çapında Düz donatı

Tablo 8. Yüzdece agrega karışım oranları

Agrega Türü	Seri I	Seri II
	İri Agregat (Salt Kırmataş)	İri agregat (Çakıl+Kırmataş)
Kırmataş I	25	--
Kırmataş II	20	10
Çakıl I	--	20
Çakıl II	--	15
Kum	55	55

2.2. Aderans Deneyi

Aderans deneyi için; öncelikle 15x15x60 cm boyutlardaki prizmatik kalıplara donatılar yerleştirilmiş ardından hazırlanan beton karışımları dökülerek kalıplanmıştır. Numuneler kür havuzunda bekletildikten sonra 28. gün aderans deneyi uygulanmıştır. Basınç deneyi numuneleri için benzer şekilde donatısız olarak küp numuneler hazırlanmış ve numuneler 28. gün kırılarak deney sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 1. Aderans deneyi numuneleri



Şekil 2. Pull out deneyinin uygulandığı



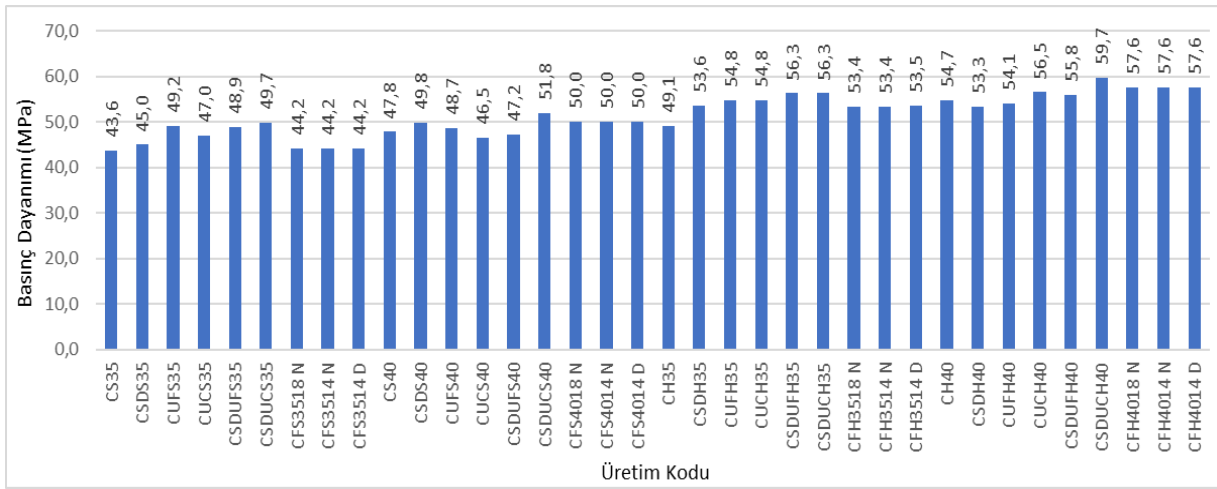
Şekil 3. Pull out deneyi sonrası (donatı sıyrıldıktan sonra) numune kesit görünümü

3. Bulgular ve Tartışma

Üretimlere ait deney sonuçlarına göre hazırlanan aşağıda verilen grafikler incelendiğinde:

Şekil 4'e göre; çakıllı seride en yüksek basınç dayanımı (59.7 Mpa) silis dumanı, C tipi uçucu kül ve Hiper akışkanlaştırıcı katkının birlikte kullanıldığı 400 dozlu betondan (CSDUCH40) elde edilmiştir. En düşük basınç dayanımı (43.6 Mpa) ise mineral ve fiber katkı kullanılmayan 350 dozlu CS35 betonundan elde edilmiştir.

Çakıllı seri için genel bir değerlendirme yapılırsa, çimento dozajı arttıkça beton basınç dayanımı artmıştır. Hiper akışkanlaştırıcı katkı basınç dayanımı değerlerini süper akışkanlaştırıcı katkıya göre artırıcı etki göstermiştir. Ayrıca mineral katkı kullanımı da genel olarak şahit numuneye kıyasla basınç dayanımı sonuçlarını artırmıştır. CS35 serisinde F tipi uçucu kül (CUFS35) ve silis dumanıyla uçucu küllerin birlikte kullanıldığı (CSDUFS35 ve CSDUC35) betonlarda, CS40 serisinde fiber katkı (CFS40) ve silis dumanıyla C tipi uçucu külün birlikte kullanıldığı (CSDUCS40) betonlarda, CH35 serisinde tüm katkı türleriyle üretilen betonlar için, CH40 serisinde ise Fiberli (CFH40) ve silis dumanıyla C tipi uçucu külün birlikte kullanıldığı (CSDUCH40) betonlarda şahit numunelere göre belirgin artışlar gözlenmiştir.

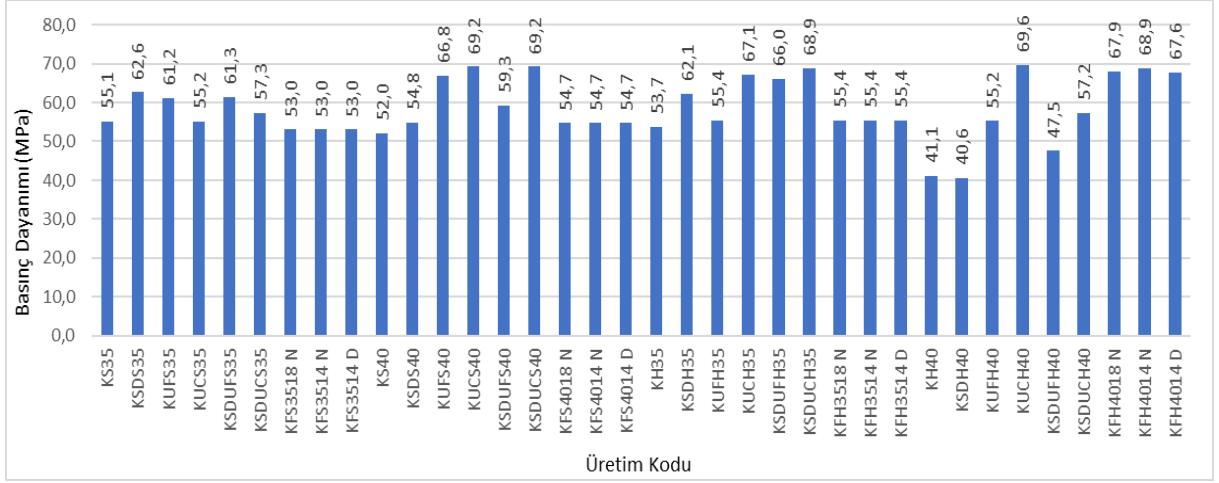


Şekil 4. Çakıllı seri beton numunelerine ait basınç dayanımı değerleri

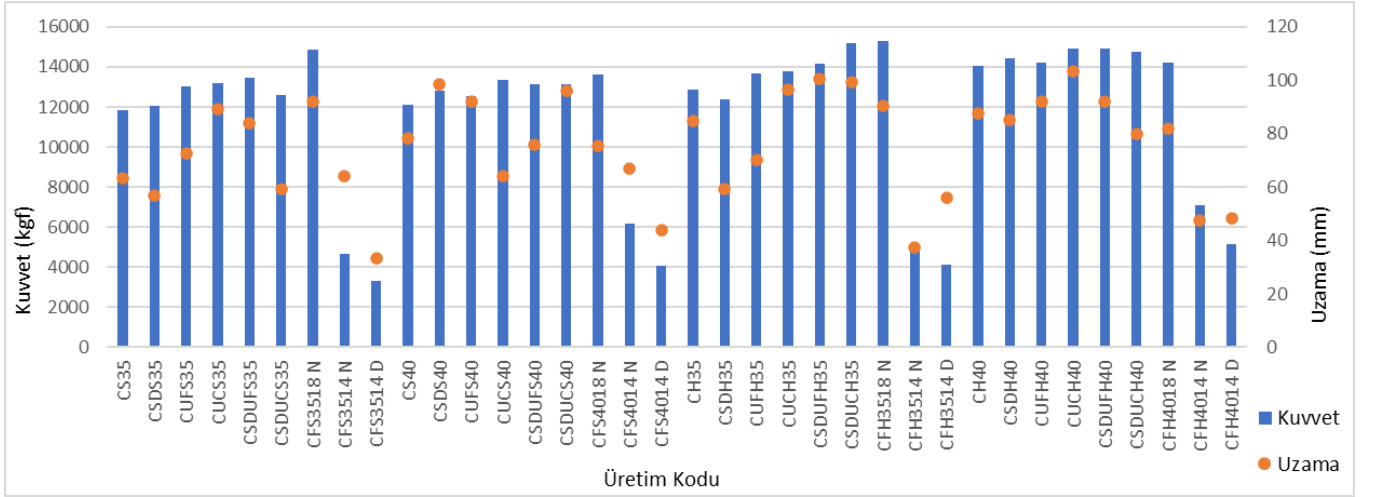
Şekil 5'e göre; kırmataşlı seride en yüksek basınç dayanımı (69.6 Mpa) C tipi uçucu kül ve Hiper akışkanlaştırıcı katkının birlikte kullanıldığı 400 dozlu betondan (KUCH40) elde edilmiştir. En düşük basınç dayanımı (40.6 Mpa) ise Silis dumanı ve Hiper akışkanlaştırıcı katkının birlikte kullanıldığı 400 dozlu betondan (KSDH40) elde edilmiştir.

Şekil 4 ve Şekil 5 birlikte değerlendirildiğinde, fiber katkıların çimento dozajı artışı ve hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanımıyla daha etkili olduğu görülmüştür. Hiper akışkanlaştırıcı katkının fiber katkının beton içerisinde homojen dağılmasına yardımcı olmasının bu sonuç için etkili olduğu düşünülmüştür. Kırmataşlı serilerde mineral katkı kullanımı çakıllı serilere göre daha yüksek basınç dayanımı artışı sağlamıştır. Kırmataş agreganın köşeli yapısı nedeniyle beton içerisinde oluşan boşlukları, ince taneli yapısıyla mineral katkıların doldurması basınç dayanımı sonuçlarına olumlu yansımıştır. Yine kırmataş agreganın

köşeli yapısı sayesinde çimento hamuru agrega kenetlenmesinin daha iyi olması, ortalama olarak kırmataşlı seri numunelerinden çakıllı seri numunelerine göre daha yüksek basınç dayanımı değeri elde edilmesini sağlamıştır.



Şekil 5. Kırmataşlı seri beton numunelerine ait basınç dayanımı değerleri



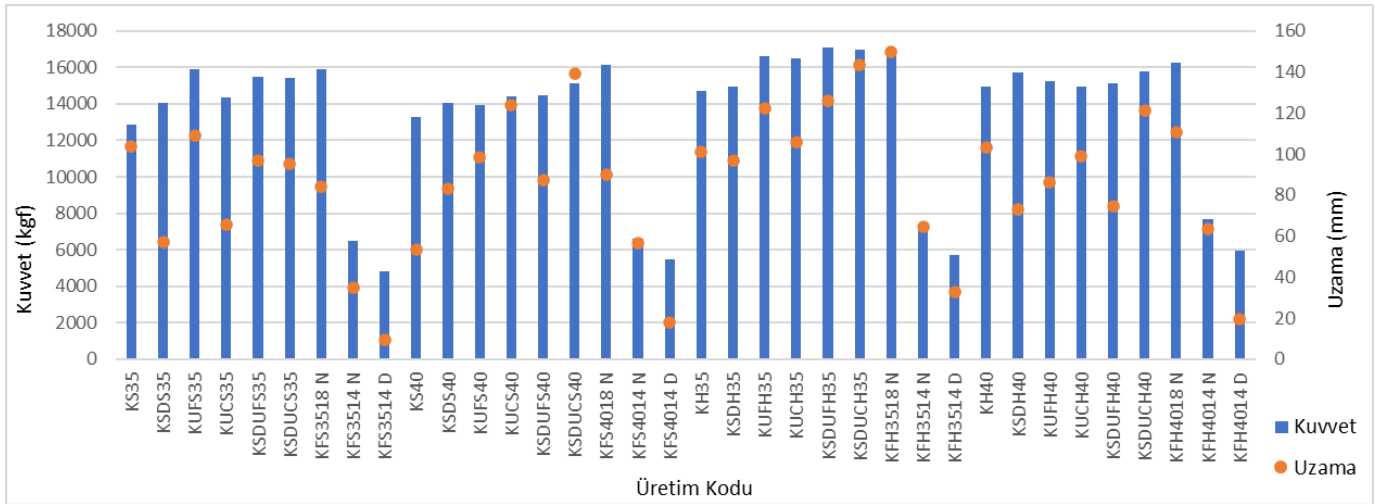
Şekil 6. Çakıllı seri beton numunelerine ait aderans kuvveti ve donatı uzama değerleri

Çakıllı seride en büyük aderans kuvveti CFH3518N betonundan (15297 kgf) ve uzama değeri (donatının beton içinden sıyrılması) ise CUCH40 (103.2 mm) betonunda en yüksek bulunmuştur. En küçük aderans kuvveti ve uzama değeri CFS3514D (3310 kgf ve 33.5 mm) betonundan elde edilmiştir. Çimento dozajı artışı aderans kuvveti değerlerine olumlu yansımıştır. Burada hiper akışkanlaştırıcı katkının süper akışkanlaştırıcı katkıya göre daha etkili olduğu görülmektedir. Hiper akışkanlaştırıcı katkının kullanıldığı serilerde genel olarak beton-donatı aderansı daha iyi olduğu için donatı sıyrılmadan önce daha fazla uzama yapabilmektedir. Özellikle 18 mm çapında nervürlü donatılarla üretilen betonlarda hem aderans kuvveti hem de donatı uzama miktarı değerleri yüksek çıkmıştır. Düz yüzeyli donatılarla üretilen betonlarda ise, donatı yüzey yapısının betonla aderans sağlayamaması nedeniyle en düşük sonuçlar elde edilmiştir. Mineral katkı kullanımı da genel olarak aderans kuvvetini artırıcı etki yaratmıştır.

Kırmataşlı beton serisinde en büyük aderans kuvveti KSDUFSH35 betonundan (17102 kgf), en büyük uzama değeri KSDUCH35 (143.2 mm) betonundan ölçülmüştür. En düşük aderans kuvveti ve uzama değerleri KFS3514D (4833 kgf ve 9.5 mm) betonundan elde edilmiştir.

Kırmataşlı seri için de çakıllı seriye benzer şekilde hiper akışkanlaştırıcı katkının süper akışkanlaştırıcı katkıya göre daha etkili olduğu görülmektedir. Hiper akışkanlaştırıcı katkının kullanıldığı serilerde genel olarak beton-donatı aderansı daha iyi olduğu için donatı sıyrılmadan önce daha fazla uzama yapabilmektedir. Çakıllı seriye benzer şekilde kırmataşlı seride de 18 mm çapında nervürlü donatılarla üretilen betonlarda hem aderans kuvveti hem de donatı uzama miktarı değerleri daha yüksek çıkmıştır. Düz yüzeyli donatılarla üretilen betonlarda ise en düşük sonuçlar elde edilmiştir. Mineral katkı kullanımı burada da genel olarak aderans kuvvetini artırıcı etki yaratmıştır.

Basınç dayanımı sonuçlarına benzer şekilde beton içerisinde kırmataş agregası kullanımı aderans kuvvetini artırıcı etki yaratmıştır. Ayrıca donatıyla kenetlenme iyileşmiş ve buna bağlı olarak ortalama donatı uzama miktarları da kırmataşlı seride daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 7. Kırmataşlı seri beton numunelerine ait aderans kuvveti ve donatı uzama değerleri

4. Sonuçlar

Beton katkılarının, çimento dozajının ve agregası tipinin; pull out deneyi için beton-donatı aderans kuvveti ve donatı uzaması değerlerine ayrıca beton basınç dayanımı sonuçlarına etkilerinin incelendiği bu deneysel çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Beton içerisinde kırmataş agregası kullanımı çakıl agregası kullanımına göre; betonun basınç dayanımı, aderans kuvveti ve donatı uzama değerlerini olumlu etkilemiştir.
- Mineral katkıların beton karışımında kullanılmasıyla beton basınç dayanımı değerleri yükselmiştir.
- Çimento dozajının artması her iki seride de basınç dayanımı açısından olumlu etki yaratmıştır. Ancak aderans kuvveti ve donatı uzama miktarı açısından çimento dozajı artışı sadece çakıllı seride olumlu sonuç vermiştir.
- Hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanımı süper akışkanlaştırıcı katkıya göre sonuçlara daha olumlu yansımıştır.
- Silis dumanı, uçucu kül (C ve F tipi) mineral katkıları betonların basınç ve aderans dayanımı sonuçları şahit betonlara göre yüksek çıkmıştır. Fiber katkıları betonlarda da bahsedilen dayanım değerleri şahit betonlara göre yüksektir.
- Hem kırmataş hem de çakıllı seri için, basınç dayanımının artmasıyla birlikte aderans dayanımı da artış göstermiştir.
- Betonarme donatılarının nervürlü seçilmesi aderans kuvveti ve sıyrılma anına kadar ki donatı uzaması açısından olumlu sonuç vermiştir.
- Donatı çapının artması da aderans dayanımı ve donatı uzama değerlerini artırmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi 1621-YL-08 no'lu bilimsel araştırma projesi ve TÜBİTAK 106M155 - 104M568 no'lu projeler tarafından desteklenmiştir ve 'Katkılı Betonların Aderans Dayanımının İncelenmesi' başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Referanslar

- [1] Camacho, R. E. R., Afif, R. U. (2002). Importance of using the natural pozzolans on concrete durability. *Cement and Concrete Research*, 32, 1851-1858.
- [2] Pereira, P., Evengelista, L., Brito, J. D. (2012). The effect of superplasticisers on the workability and compressive strength of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 28, 722-729. doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.10.050
- [3] Abdalla, L. B., Ghafor, K., Mohammed, A. (2019). Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers. *Results in Materials*, 1. https://doi.org/10.1016/j.rinma.2019.100004

- [4] Reddy, P. V. R. K., Prasad, D. R. (2022). A study on workability, strength and microstructure characteristics of graphene oxide and fly ash based concrete. *Materialstoday: proceedings*, 62(6), 2919-2925. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.495>
- [5] Özel, C., "Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi," Doktora Tezi, 249 s., Isparta, 2007.
- [6] Altun, F., Özcan, D. M., Vekli, M., Karahan, O. (2004). Çelik Lif Katkılı C 20 Betonun Mekanik Özelliklerinin Deneysel Araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 31-40.
- [7] Türker, P., Erdoğan, B., Katnaş, F., Yeğınobalı, A. Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri. *Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği*, Ankara.
- [8] Chen, M., Shen, S. L., Arulrajah, A., Wu, H. N., Hou, D. W., Xu, Y. S., (2015). Laboratory evaluation on the effectiveness of polypropylene fibers on the strength of fiber-reinforced and cement-stabilized Shanghai soft clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 43, 515-523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geotexmem.2015.05.004>
- [9] Grierson, L., H., Knight, J. C., Maharaj, R., (2005). The role of calcium ions and lignosulphonate plasticiser in the hydration of cement. *Cement and Concrete Research*, 35, 631-636.
- [10] Papadakis, V. G., (1999). Experimental investigation and theoretical modeling of silica fume activity in concrete. *Cement and Concrete Research*, 29, 79-86.
- [11] Taşdemir, M. A., Bayramov, F. (2002). Yüksek performanslı çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışı. *itüdergisi/d mühendislik*, 1(2), 125-144.
- [12] Weyers, M., Kearsley, E. P., "Effect of High Plasticiser Dosage on Ultra High-Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC)," *International Conference on Application of Superabsorbent Polymers & Other New Admixtures Towards Smart Concrete*, 2020, s. 248-255.
- [13] Edmeades, R. M., Hewlett, P. C. (1975). Plasticising Admixtures in Corresponding Mixes, *Advances in Ready Mixed Concrete Technology*, 177-192.
- [14] Yücel, K. T., "Pompa Betonlarında İşlenebilirliğin Harç Fazının Reolojisine Dayanarak Belirlenmesi," Doktora Tezi, 122s., İstanbul, 1997.
- [15] Ramezanianpour, A. A., Esmaili, M., Ghahari, S. A., Najafi, M. H. (2013). Laboratory study on the effect of polypropylene fiber on durability, and physical and mechanical characteristic of concrete for application in sleepers. *Construction and Building Materials*, 44, 411-418. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.076>
- [16] Hawreen, A., Bogas, J. A. (2018). Influence of carbon nanotubes on steel-concrete bond strength. *Materials and Structures*, 51(155), 1-16. <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1279-8>
- [17] Park, S. H., Kim, D. J., Ryu, G. S. Koh, K. T. (2012). Tensile behavior of Ultra High Performance Hybrid Fiber Reinforced Concrete. *Cement & Concrete Composites*, 34, 172-184. doi:10.1016/j.cemconcomp.2011.09.009
- [18] Konca, C., "Çimento Cinsi, Donatı Çapı ve Tipinin Beton-Donatı Aderansına Etkisi," Yüksek Lisans Tezi, 53s. İstanbul, 2006.
- [19] Döndüren, M. S., Çöğürçü, M. T., Altın, M. (2006). Betonla Donatı Arasındaki Aderans Davranışının Deneysel İncelenmesi. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 21(3), 57-68.