

BETON ÜRETİMİNDE SÜPER AKIŞKANLAŞTIRICI ÇEŞİTİ VE ORANININ BELİRLENMESİ

Osman ŞİMŞEK, Hüseyin Yılmaz ARUNTAŞ ve İlhami DEMİR*

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500 Teknikokullar, Ankara

* İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale

simsek@gazi.edu.tr, aruntas@gazi.edu.tr, ildemir@kku.edu.tr

(Geliş/Received: 23.11.2006; Kabul/Excepted: 02.08.2007)

ÖZET

Beton en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Betonda aranan en önemli özellikler işlenebilirlik ve basınç dayanımıdır. Silis dumanı (SD) ve süper akışkanlaştırıcı (SA) katkıların betonda kullanımı son yıllarda artmıştır. Bu çalışmada %10 SD ikame edilen betona üç farklı SA üç farklı oranlarda kullanılmıştır. Bu karışımların, taze beton özelliklerinden çökme, Ve-Be ve hava miktarları incelenmiştir. Ayrıca sertleşmiş betonda 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı ile donma-çözülme dayanıklılığına etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, en yüksek basınç dayanımı ve donma-çözülme dayanıklılığı, sırasıyla %1 modifiye linyosülfonat SA katkılı beton ile % 2 modifiye linyosülfonat SA katkılı betonda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, basınç dayanımı, silis dumanı, süper akışkanlaştırıcı

DETERMINATION OF TYPE AND RATIO OF SUPERPLASTICIZERS IN CONCRETE PRODUCTION

ABSTRACT

Concrete is the most commonly used construction material. The most significant properties of the concrete are the workability and compressive strength. The use of silica fume (SF) and super plasticizers (SP) in concrete has considerably increased in recent years. In this research, three different SP in three different ratios were added to 10 % SF substitution of concrete. Slump, Ve-Be and air content properties were examined in the fresh sample concrete mixtures. In addition, the effects of 2, 7 and 28-day compressive strength and freezing-thawing resistance on hardened concrete were investigated. As a result, the highest compressive strength and freezing-thawing resistance were obtained with 1 % modification lignosulphanate SP additive concrete and 2 % modification lignosulphanate SP additive concrete, respectively.

Keywords: Concrete, compressive strengths, silica fume, super plasticizers

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Silis dumanının beton ve çimento üretiminde kullanılması ile birlikte, ekonomik, teknolojik ve durabilite açısından önemli avantajlar sağladığı anlaşıldıktan sonra kullanım miktarı artmıştır. SD, Silisyum metalinin veya Ferrosilisyum alaşımlarının üretimi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkan puzolanik bir malzemedir. SD'nın çok ince taneli ve yüksek oranda amorf silis içeriği ile etkin bir puzolan olduğu bilinmektedir. SD'nın dezavantajı ise, çok ince taneli olması sebebiyle beton karışım suyunu arttırması ve işlenebilirliğini azaltmasıdır. SA katkı

maddelerinin beton üretiminde kullanımı ile birlikte bu dezavantaj da ortadan kalkmıştır. Ayrıca SD ve SA katkı maddelerinin betonun dayanım ve dayanıklılığını artırdığı bilinmektedir. Yapılan araştırmalarda genellikle %10 SD kullanımının en yüksek basınç dayanımını verdiği görülmüştür. SD beton içindeki mikro boşlukları doldurduğu gibi serbest kireci de bağlamakta, beton sertleşme süresi üzerinde etkili olduğu vurgulanmaktadır [1-5]. Akışkanlaştırıcı katkıları, düşük s/ç oranı ile istenilen işlenebilirlikte beton üretimini sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. Böylece betonda dayanım artışı sağlandığı gibi işlenebilirlik ve pompayla istenilen

yere ve yüksekliğe ulaştırılması gibi yararlar sağlanmıştır [6]. Genellikle kimyasal kökenlerine göre; linyosülfonat bazlılar normal, melamin ve naftalin sülfona formaldehit bazlılar süper, polikarboksilat bazlılar ise hiper akışkanlaştırıcılar olarak isimlendirilmektedir [3,5,6]. Linyosülfonat esaslı katkıları akışkanlaştırıcılık etkisi yanında hava sürükleyici özelliği de göstermektedir. Bu katkılarla üretilen betonların basınç dayanımı yanında donma-çözülme dirençleri de yüksektir [4].

Omar ve arkadaşları, silis dumanlı betonlarda plastik büzülme SA'nın etkisi, üzerine yaptıkları çalışmada; SD katkılı ve SD katkısız 4 farklı betona, 4 farklı SA ilave edilerek beton grupları oluşturmuştur. % 7,5 oranında SD ikameli ve modifiye edilmiş akışkanlaştırıcı katkıları üretilen betonun plastik büzülme çatlağı en az olurken en fazla ve büyük çatlak ise SD betona ilave edilen sülfonatlaştırılmış naftalinli SA betonda görüldüğü belirtilmiştir [7].

Chistitodoulou, SD ve SA ile yaptığı çalışmada, SD taze betondaki hava miktarını azaltır iken SA katkıları betonun kendi kendine sıkışma özelliğini artırdığından dolayı basınç dayanımına olumlu yönde etkisi olduğunu belirtmektedir [8]. Ayrıca SD, çimento taneleri arasındaki suyla yer değiştirerek granülometriyi iyileştirirken serbest suyun bağlaması sonucu taze betonun terlemesini azaltmaktadır. Bu olumlu etkiye rağmen SD tanelerinin ıslanması ve yüzey alanından dolayı su ihtiyacı SD miktarı ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir [9]. Yüksek dayanımlı betonlarda SD'nin çimento ağırlığının % 5-20'si oranında ikame edilerek ve işlenebilmeyi sağlamak için SA katkıları birlikte kullanılması önerilmektedir [10,11].

Uyan ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; sabit işlenebilirlikte linyosülfonat, melamin ve naftalin esaslı SA kullanılarak, rötre ve ağırlık kaybı ölçülmüştür. SA'ların genellikle harçların kuruma rötresini artırdığı görülmüştür [12]. Başka bir çalışmada ise; melamin, naftalin ve modifiye linyosülfonat kökenli SA, çimento hamurlarının su ihtiyacını %12'den fazla azalttığı gibi priz süresini de uzatmakta olduğu saptanmıştır [5, 13].

Bu çalışmanın amacı, beton dayanımına etki eden ve en çok kullanılan kimyasal esasları farklı üç değişik firmanın ürettiği SA katkının, üç farklı (% 1, %1,5 ve %2) oranının beton basınç dayanımına etkilerinin belirlenmesidir.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Malzeme (Material)

Çalışmada Ankara yöresinden temin edilen 0-4 mm ve 4-16 mm olmak üzere iki farklı grup kırmataş ile CEM I 42,5 R çimentosu, içme suyu, silis dumanı ve üç farklı süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

Agregaların granülometrik bileşimi ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Agreganın özellikleri (Properties of aggregate)

Agrega boyutu (mm)	Elekten geçen (%)							Özgül ağırlık	Su emme (%)
	0.25	0.5	1	2	4	8	16		
4-16	0	0	0	0	23	42	100	2,69	0,65
0-4	3	16	22	46	77	100	100	2,50	2,78

2.1.1. Silis dumanı (SD) (Silica fume)

Beton karışımlarında kullanılan SD Antalya Etibank Elektrometalurji işletmesinden temin edilmiştir. SD çimento yerine % 10 ikameli olarak kullanılmıştır. SD'nin Ankara Set Çimento Fabrikasında yapılan kimyasal analizi Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. SD'nin kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri (Chemical composition and physical properties of silica fume)

Kimyasal bileşim	(%)	Fiziksel özellikler	
SiO ₂	81.88	Özgül ağırlık	2,36
Al ₂ O ₃	0.71		
Fe ₂ O ₃	0.92		
CaO	1.27	Özgül yüzey (BET) (m ² /kg)	20000
MgO	5.80		
SO ₃	0.33		
K ₂ O	3.45		
Na ₂ O	0.00		

2.1.2. Süper akışkanlaştırıcı (SA) (Super plasticizer-SP)

Beton karışımlarında, ASTM C 494 (14) F tipine uygun üretilen ve piyasada en çok tercih edilen üç farklı firmanın ürettiği kimyasal yapısı farklı SA katkı maddeleri kullanılmıştır [14]. Katkının firmalar tarafından tavsiye edilen miktarları çimento ağırlığının %0,8-3'ü arasındadır. Naftalin formaldehit sülfanat (N) ve Modifiye linyosülfonat (MD) edilmiş katkıları koyu kahverengi, melamin (ML) esaslı katkı ise açık sarı renktedir.

2.2. Yöntem (Method)

Beton karışım hesabı TS 802'ye [15] uygun olarak yapılmıştır. Karışım hesabında en büyük tane çapı 16 mm ve agregatane sınıfları 0-4 mm % 55 ve 4-16 mm, % 45, s/ç oranı 0.53 (sabit), çökme değeri 70 mm, karışım suyu 167 lt/m³ (sabit), çimento miktarı 315,10 kg/m³ olarak hesaplanmıştır. Taze betonun çökme deneyi, TS EN 12350-2 'ye Ve-Be deneyi TS EN 12350-3 ve hava % si TS EN 12350-7 esas alınarak yapılmıştır [16.17.18]. Beton basınç dayanımları, TS EN 12390-3 [19]'e, donma-çözülme dayanımları, TS 3449 'a göre yapılmıştır [20].

Tablo 3. Malzeme miktarları ve taze beton özellikleri (Material amounts and properties of fresh concrete)

Beton kodu	Agrega (kg)		Çimento (kg)	SD (%)	SA (%)	Çökme (mm)	Ve-Be (sn)	Hava miktarı (%)
	İri	İnce						
RB	885	1005	315,1	0,0	0,0	65	14	1,2
SD	885	1005	283,6	31,5	0,0	35	18	1,4
N 1.0	885	1005	283,6	31,5	3,15	90	10	1,6
N 1.5	885	1005	283,6	31,5	4,73	135	7	1,9
N 2.0	885	1005	283,6	31,5	6,30	190	5	2,1
ML 1.0	885	1005	283,6	31,5	3,15	95	11	1,5
ML 1.5	885	1005	283,6	31,5	4,73	145	5	1,8
ML 2.0	885	1005	283,6	31,5	6,30	205	3	2,0
MD 1.0	885	1005	283,6	31,5	3,15	85	12	1,6
MD 1.5	885	1005	283,6	31,5	4,73	130	7	1,9
MD 2.0	885	1005	283,6	31,5	6,30	175	5	2,3

SD ağırlıkça %10 oranında çimento ile ikameli olarak kullanılmıştır. SA'lar ise çimento ağırlığının % 1, % 1,5 ve % 2 oranlarında karışıma katılarak betonlar üretilmiştir. Her bir karışımdan 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı ve donma çözülme dayanıklılığı için 150 x 300 mm boyutunda toplam 132 adet silindirik beton numunesi hazırlanmıştır.

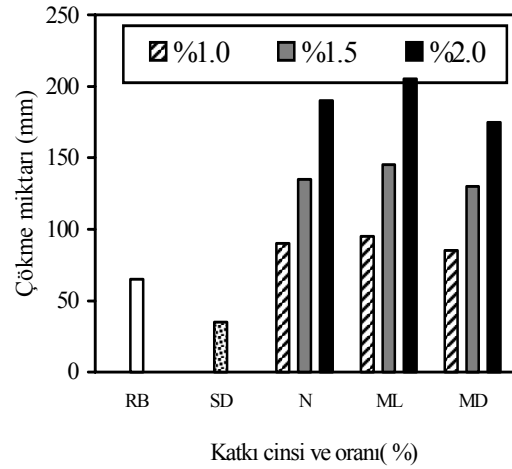
3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. SA'nın Taze Beton Özelliklerine Etkisi (The Effect of Super Plasticizers on Properties of Fresh Concrete)

SD ve kimyasal esasları farklı üç değişik SA'nın taze beton özelliklerine etkisi referans betonla (RB) birlikte Tablo 3'de verilmiştir.

Referans betonun (RB) çökme değeri 65 mm olarak bulunmuştur. Bu değer TS 802 de önerilen ve kabul edilen sınır (50-100 mm) değerlerin içinde çıkmıştır. S/Ç oranı sabit tutulduğunda SD ikameli betonun çökme miktarı RB'a oranla yaklaşık % 50 azalmıştır. Bu durum, karışıma giren SD yüzey alanının çimento yüzey alanından çok büyük olması sebebiyle daha çok karışım suyuna ihtiyaç duyması olarak açıklanabilir. SA katkılı betonlarda ise çökme değerinin, katkı miktarına bağlı olarak RB'nun çökme değerinin üç katına kadar arttığı görülmüştür (Şekil 1). Kimyasal esaslarına ve çökme değerlerinin yüksekliğine göre SA katkıları ML, N ve MD olarak sıralanmıştır. Bütün SA' larda katkı oranı arttıkça çökme değeri artmıştır.

Ve-Be değerleri ile çökme değerleri arasında benzerlik bulunmaktadır. SD ikamesi RB'nun Ve - Be süresini artırmaktadır. Bu sonuç SD' lı betonun işlenebilirliğini azalttığını göstermektedir. SA katkı ise RB'un Ve - Be süresini katkı oranına bağlı olarak azaltmaktadır. Ve-Be sürelerine bağlı olarak SA katkıların betonun işlenebilirliğini artırdığı görülmektedir (Tablo 3). Kimyasal esaslarına ve Ve - Be sürelerine bakılarak sırasıyla ML, N ve MD SA katkıların betonun işlenebilirliğini en iyi derecede artırdığı görülmüştür.



Şekil 1. Beton tipleri ile çökme miktarı ilişkisi (The relation between concrete type and slump value)

Deney sonuçlarına göre SA katkıların betonlarda % 1,4- %2,3 oranında hava oluşturduğu görülmüştür. Bu değerler standartta belirtilen miktarı aşmamıştır.

SA katkıların beton içerisinde topaklanmayı önlemeleri ve aynı zamanda yağlayıcı etki göstermeleri betonun iç sürtünmesini azaltmaktadır. Bu sebeple SA katkıları beton içerisinde bir miktar hava oluştururlar. Bu miktar kullanılan SA katkı ve oranına göre değişmektedir. Katkı oranı arttıkça hava % si artmaktadır (Tablo 3).

3.2. SA'nın Sertleşmiş Beton Özelliklerine Etkisi (The Effect of SP on Properties of Hardened Concrete)

SD ve SA'nın sertleşmiş betonlarının basınç dayanımı ve donma - çözülme dayanım sonuçları Tablo 4' de verilmiştir.

3.2.1. SA katkıların basınç dayanımına etkisi (The Effect of SP Additions to Compressive Strengths)

Betonun basınç dayanımı Tablo 4'de verilmiştir. Bu tabloda görülen betonların basınç dayanımları bir-

birleri ile karşılaştırılmıştır. Betonların kırılma yaşları karşılaştırılarak yaşın etkisi analiz edilmiştir. Referans beton %10 SD ikameli betonla karşılaştırılarak SD'nin etkisi gözlenmiştir. SD ile üretilen betona ikame edilen SA kimyasal katkı maddesinin cinsi oranları ile karşılaştırılarak beton üzerine etkisi tartışılmıştır.

Tablo 4. Sertleşmiş beton özellikleri (Properties of hardened concrete)

Beton kodu	Basınç dayanımı(MPa)			Donma-çözülme	
	2 Gün	7 Gün	28 Gün	DF	Ağırlık kaybı (%)
RB	13,1	20,1	32,7	15,3	1,70
SD	11,9	24,2	35,6	21,9	0,80
N 1.0	15,6	26,0	42,1	21,4	0,90
N 1.5	14,2	26,4	44,7	24,7	0,80
N 2.0	12,3	26,6	44,9	26,8	0,70
ML1.0	16,3	27,1	45,7	25,4	0,75
ML1.5	16,1	27,3	45,0	27,2	0,65
ML2.0	15,5	25,8	46,1	28,4	0,55
MD1.0	16,3	29,1	47,3	25,6	0,70
MD1.5	15,5	27,3	46,0	28,6	0,45
MD2.0	14,5	26,7	44,1	29,6	0,40

Beton kırılma yaşı arttıkça bütün karışımların katkı oranlarında betonun basınç dayanımında artış olduğu söylenebilir.

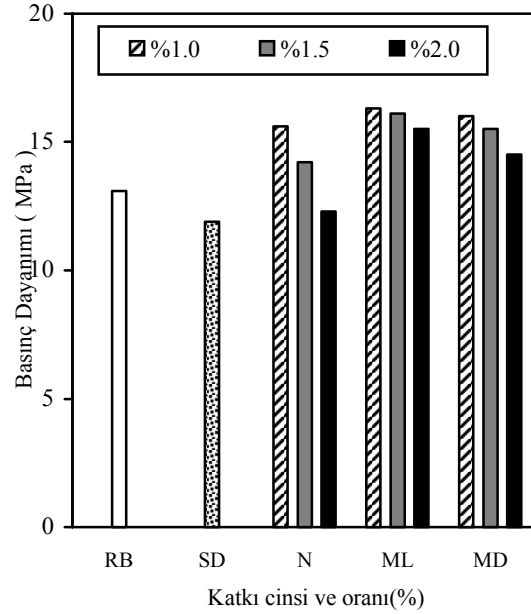
Araştırmada betonunun 2 günlük basınç dayanımları Şekil 2' de görüldüğü gibi referans betona (RB) göre karşılaştırıldığında; SD ikame edilmesiyle elde edilen betonun basınç dayanımında yaklaşık olarak % 9 oranda azalma görülmüştür. SD betonun 2 günlük dayanımına olumsuz etki göstermiştir.

2 günlük basınç dayanımlarında SD lı betona SA katkıların etkileri incelendiğinde; N esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımlarının sırasıyla yaklaşık olarak % 31, % 19 ve % 3 oranında arttığı görülmüştür. Katkı oranı arttıkça basınç dayanımındaki artış oranı azalmaktadır.

ML esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları sırasıyla yaklaşık olarak % 37, % 35 ve % 30 oranında artarken, katkı oranı arttıkça basınç dayanımında azalma görülmesine rağmen SD'li referans betondan yüksek olduğu saptanmıştır.

MD katkının % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 oranlarıyla üretilen betonların basınç dayanımları sırasıyla yaklaşık olarak % 37, %30 ve % 22 oranlarında artış sağladığı saptanmıştır. İki günlük betonların basınç dayanımları ile katkı oranları arasında ters ilişki olduğu saptanmıştır. Literatürde SA katkıların betonun priz süresini uzattığı belirtilmektedir [5]. 2 günlük basınç dayanımlarında katkı oranı arttıkça

basınç dayanımında azalma olması literatüre uygun olduğunu göstermektedir.



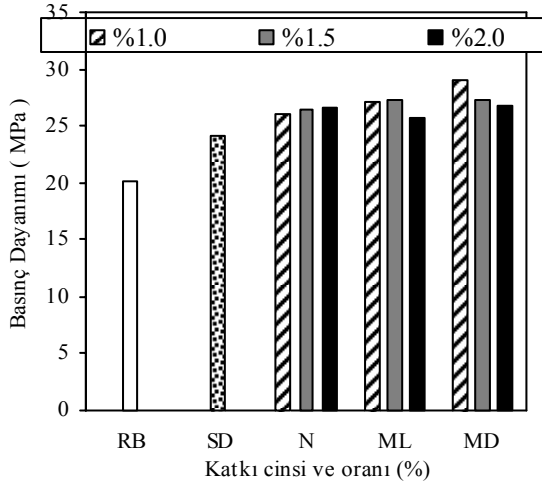
Şekil 2. 2 Günlük betonların basınç dayanımı – katkı oranı ilişkisi (Compressive strength and additive ratio relationship for 2 days concrete samples)

7 günlük basınç dayanımları Şekil 3'de görüldüğü gibi RB ile karşılaştırıldığında; SD ikame edilmesiyle betonun basınç dayanımında % 20 oranında artış görülmüştür. SD betonun 7 günlük dayanımına olumlu etki göstermiştir. Bunun nedeni ise SD'nin kimyasal reaksiyonunu tamamlaması olarak görülmüştür.

7 günlük basınç dayanımlarında SD lı betona SA katkıların etkileri incelendiğinde; N esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları sırasıyla yaklaşık olarak % 20, %7 ve % 9 arttığı görülmüştür.

ML esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları yaklaşık olarak sırasıyla % 12, % 13 ve % 7 oranlarında artarken, katkı oranı arttıkça basınç dayanımında azalma veya artış olduğunu söylemek mümkün değildir. Çünkü en yüksek basınç dayanımı çok az miktarda da olsa % 1.5 SA katkılı beton vermiştir.

MD katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları ise ortalama olarak sırasıyla % 20, % 12 ve % 10 oranlarında artmıştır. Dayanımdaki bu artış, 2 günlük dayanımdaki artışa paralellik göstermektedir. Katkı oranı arttıkça basınç dayanımında belirli oranlarda azalma görülmektedir. Yani beton basınç dayanımı ile MD katkı oranı arasında ters orantı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. 7 Günlük betonların basınç dayanımı – katkı oranı ilişkisi (Compressive strength and additive ratio relationship for 7 days concrete samples)

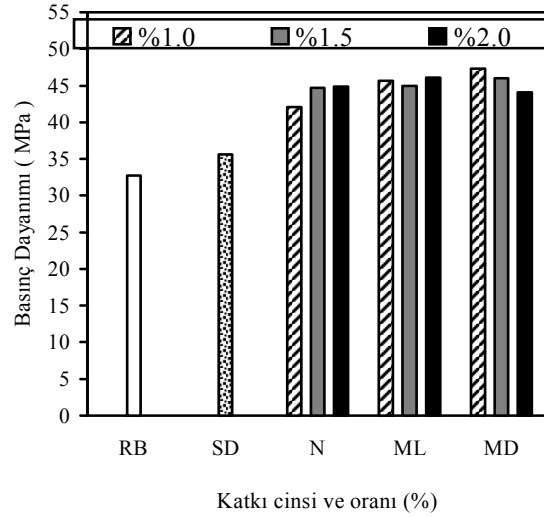
28 günlük basınç dayanımları Şekil 4’de görüldüğü gibi RB göre karşılaştırıldığında; SD’nın beton basınç dayanımını yaklaşık %9 oranında arttırdığı saptanmıştır. SD, betonun 28 günlük dayanımına olumlu etki göstermiştir. Bunun nedeni ise SD tanelerinin boşlukları doldurması sonunda betonun porozitesinin azalması ile açıklanabilir.

28 günlük basınç dayanımlarında SD lı betona SA katkıların etkileri incelendiğinde; N esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları sırasıyla % 18, % 26 ve % 26 artış sağladığı görülmüştür. SA katkı oranı arttıkça basınç dayanımının da arttığı görülmüştür.

ML esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları sırasıyla % 28, % 26 ve % 29 oranlarında artarken, katkı oranı arttıkça basınç dayanımında azalma veya artış olduğunu söylemek mümkün değildir. 28 günlük basınç dayanımları 7 günlük dayanımlar ile paralellik göstermektedir.

MD katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların basınç dayanımları sırasıyla % 33, % 29 ve % 24 oranlarında artış sağlamıştır. Dayanımdaki bu artış, 2 ve 7 günlük dayanımlardaki artışa paralellik göstermektedir. SA katkı oranı arttıkça basınç dayanımında belirli oranlarda azalma görülmektedir.

Sonuç olarak SD ile % 1,0 modifiye edilmiş katkıyla üretilen betonlar en yüksek basınç dayanımını vermiştir. Bu en yüksek basınç dayanımı veren betonun diğer özellikleri ise; çökmesi 85 mm, Ve-Be si 12 sn ve 2 günlük basınç dayanımı 16 MPa, 7 günlük basınç dayanımı 29 MPa ve 28 günlük basınç dayanımı 47 MPa olduğu saptanmıştır.



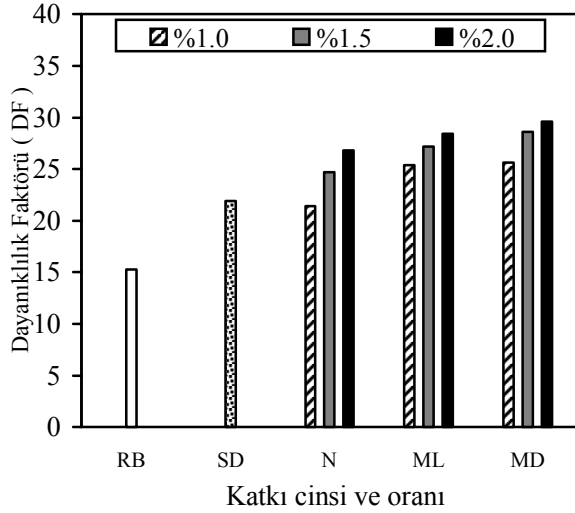
Şekil 4. 28 Günlük betonların basınç dayanımı – katkı oranı ilişkisi (Compressive strength and additive ratio relationship for 28 days concrete samples)

3.2.2. SA’ nın donma - çözülme dayanıklılığına etkisi (The effect of SP additions to freezing-thawing resistance)

Tablo 4. ve Şekil 5’ de SA katkı oranı ve donma-çözülme dayanıklılık faktörü (DF) ilişkisi görülmektedir. SD ile üretilen betonun donma - çözülme dayanıklılık faktörü RB’ye göre % 43 artış göstermiştir. SD lı betona göre, SA katkıların donma - çözülme dayanıklılık faktörü incelendiğinde; N esaslı katkının % 1,0 oranıyla üretilen betonların donma - çözülme dayanıklılık faktörü yaklaşık olarak % 2,0 oranında azalırken, katkı oranı % 1,5 ve % 2,0 oranlarıyla üretilen betonların donma - çözülme dayanıklılık faktörü yaklaşık olarak sırasıyla % 13 ve % 22 artış sağladığı görülmüştür. N esaslı katkı ile üretilen betonların SD betona göre donma - çözülme dayanıklılık faktörü % 1,0 oranında azalırken, % 1,5 ve % 2,0 oranlarında artış göstermiştir.

ML esaslı katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların SD ile üretilen betona göre donma - çözülme dayanıklılık faktörü sırasıyla % 16, % 24 ve % 30 oranlarında artarken, SA katkı oranı arttıkça betonun donma - çözülme dayanıklılık faktörünün arttığı görülmüştür.

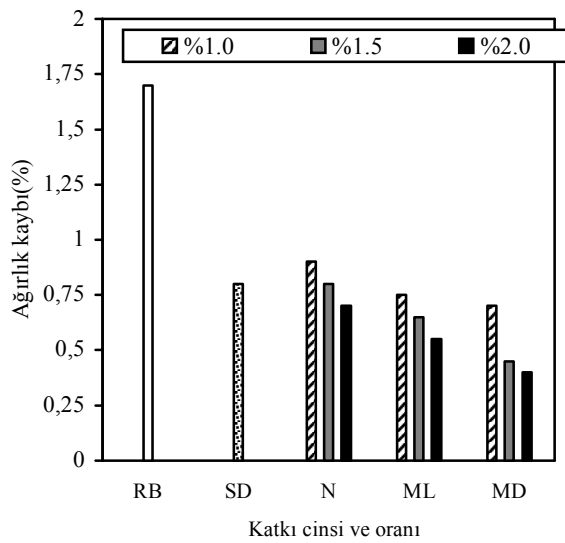
MD katkı oranı % 1,0, % 1,5 ve % 2,0 olan betonların SD ile üretilen betona göre donma-çözülme dayanıklılık faktörü sırasıyla % 17, % 31 ve % 35 oranlarında artmıştır. SA katkı oranı arttıkça betonun donma - çözülme dayanıklılık faktörünün de arttığı görülmüştür. Başka bir deyişle betonun donma - çözülme dayanıklılık faktörü ile katkı oranı arasında doğrusal ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Beton tipleri arasındaki katkı oranı ve ağırlık kaybı ilişkisi (The relationship between additive ratio and The resistance of factor in concrete types)

Katkı cinsi ve oranları incelendiğinde en iyi sonuçları SD ikameli Modifiye edilmiş linyosülfonatlı SA katkının verdiği görülmektedir.

Şekil 6'da katkı cinsi ve miktarı donma - çözülme sonrası ağırlık kaybı ilişkisi incelendiğinde tüm numunelerde 60 günlük donma - çözülme deneyine bağlı olarak bir ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Ağırlık kaybının SA katkı miktarına bağlı olarak değiştiği, katkı miktarı arttıkça ağırlık kaybının azaldığı görülmektedir. Elde edilen veriler deney numunelerinin DF sonuçları ile karşılaştırıldığında ise DF yüksek olan numunelerde ağırlık kaybının daha az olduğu görülmüştür. İnceleme sonucunda %10 SD ikameli ve modifiye edilmiş linyosülfonatlı SA katkı kullanılan numunelerde ağırlık kaybı en düşüktür.



Şekil 6. Beton tiplerinin katkı oranı ve ağırlık kaybı ilişkisi (The relation of concrete types addition proportion between the loss of weight)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

SD ikameli taze betonların çökme değeri SD ikamesiz betonlara oranla % 50 azalmıştır. Ve - Be değeri ile çökme değerleri arasında paralellik görülmüştür. Kimyasal yapısına göre sırasıyla melamin, naftalin ve modifiye edilmiş SA katkıların betonun işlenebilirliğini en iyi derecede arttırdığı görülmüştür. SA, bütün karışımlarda kullanılan katkı oranına bağlı olarak işlenebilirliği arttırmıştır. Katkı oranı arttıkça hava miktarı da çok küçük oranlarda artmıştır.

SD betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımını arttırmıştır. Silis dumanı betonların 2 günlük basınç dayanımını düşük çıkmasına rağmen 7 ve 28 günlük dayanımları ise daha yüksektir. % 1 SA katkılı betonların dayanımlarında da RB'ye göre artış görülmüştür. SD'lı %1 modifiye edilmiş SA katkı maddesinin basınç dayanımını arttırdığı görülmüştür.

SD ve SA katkı ilavesinin betonun donma - çözülme dayanıklılığını olumlu yönde etkilediği ve modifiye edilmiş linyosülfonatlı SA katkı maddesinin betonun donma - çözülme dayanıklılığında en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yeğinoğlu, A., "Silis Dumanı ve Çimento ile Betonda Kullanımı", TÇMB/AR-GE / Y01.01, Ankara, 2005.
2. Yazıcı, Ş., "Değişik Akışkanlaştırıcıların Betondaki Performansları", *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4, 2, 41-52, 2002.
3. Ramaschandran V.S., Malhotra M., *Concrete Admixtures Handbook-Part 7: Superplasticizerse*, Noyes Publications, pp. 462-463, 1984.
4. Parlak N., Akman M.S., "linyosülfonatların Üretimi, Özellikleri ve Süper Akışkanlaştırıcı Olarak Geliştirilmesi", *Sika Teknik Bülten*, 1,3-13, 2002.
5. Şimşek O., Dur A., Yaprak H. "Silis dumanı ve Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Harçların Özellikleri", *Politeknik Dergisi*, Cilt 7, Sayı 2, 2004.
6. Türkel S., Felekoğlu B., "Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi", *DEÜ mühendislik fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6,1,78-79, 2004.
7. Omar S. et al., "Effect of type and dosage of silica fume on plastic shrinkage in concrete exposed to hot weather", *Construction and Building Materials*, 18, 737-743, 2004.
8. Chistodoulou G., "A comparative study of the effects of silica fume, metakaolin and pfa on the air content of fresh concrete", *School of Tecnology of Glamorgan, Pontypridd*, CF37 IDL,UK, 2000.
9. Xiaofeng, C. et al., "Role of silica fume in

- compressive strength of cement paste, mortar and concrete ”, **ACI Materials Journal**, Detroit 89(4),375-388, 1993.
10. Yogendran, V. et al., “Silica fume in high strength concrete”, **ACI Materials Journal**, Detroit,(84)2 124-129, 1987.
 11. Bentur, A., Goldman, A., “Curing effects, strength and physical properties of high strength silica fume concretes”, **J. Materials in Civil Engineering**, 1(1), 46-58, 1958.
 12. Uyan, M., Karagüler, M., Yücesoy, S., “Süperakışkanlaştırıcı Katkıların Portland Çimento Harçlarının Rötresine Etkisi”, **TMMOB. İMO. 4. Ulusal Beton Kongresi**, ‘Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar’ İstanbul, 81- 93, 1996.
 13. Ollivier J. P., Carles-Gibergues A. and Hanna, B. “Activite pouzzolannique et action de remplissage d'une fumee de silica dans les matrices de betons de haute resistance”, **Cement and Concrete Research**,V. 18, Issue 3, pp 438-448, May 1988.
 14. ASTM C 494-92, “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete”, **Annual Book Of ASTM Standarts**, Vol: 04.02, Concrete and Aggregates, American Society for Testing and Materials, Philidelphia, pp. 251-259, 1994.
 15. TS 802, “Beton Karışım Hesap Esasları ”, **TSE**, Ankara, 1-15, 1985.
 16. TS EN 12350-2, “Beton – Taze Beton Deneyleleri- Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi”, **TSE**, Ankara, 2002.
 17. TS EN 12350-3, “Beton – Taze Beton Deneyleleri- Bölüm 3: Ve-Be Deneyi”, **TSE**, Ankara, 2002.
 18. TS EN 12350-7, “Beton – Taze Beton Deneyleleri- Bölüm 7: Hava İçeriğinin Tayini - Basınç Metotları ”, **TSE**, Ankara, 2002.
 19. TS EN 12390-3, “Beton – Sertleşmiş Beton Deneyleleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç dayanımının Tayini”, **TSE**, Ankara, 2003
 20. TS 3449, “Çabuk Donma ve Çözülme Koşulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini”, **TSE**, Ankara, 1980