

## **AŞIRI DOZDA AKIŞKANLAŞTIRICI KATKI KULLANIMININ BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Mücteba UYSAL<sup>1</sup>, Kemalettin YILMAZ<sup>2</sup>

**ÖZET :** Bu çalışmada, 300 ve 450 dozajlı betonlarda aşırı dozda normal ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanımının beton basınç dayanımına, su emme yüzdesine etkisi araştırılmıştır. Katkı miktarları normal akışkanlaştırıcı (NA) katkılarda % 0.5, % 1, % 5 ve % 10, süper akışkanlaştırıcı (SA) katkılarda ise % 1.5, % 3, % 5 ve % 10 oranlarında kullanılmıştır. Üretilen bu betonlar üzerinde taze halde iken birim ağırlık ve çökme deneyleri, sertleşmiş halde iken basınç dayanımı ve su emme deneyi yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre aşırı dozda katkı kullanımının beton basınç dayanımını ciddi oranda düşürdüğü ve kalıp alma süresini uzattığı görülmüştür. Basınç dayanımı olarak en ideal katkı yüzdesinin % 1 - % 1.5 arasında olduğu anlaşılmıştır. Sertleşmiş betonların su emme yüzdesi oranlarının % 1.95 - % 5.65 aralığında olduğu görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELELER :** Beton, Kimyasal katkı, Basınç dayanımı, Su emme.

## **THE EFFECT OF THE USE OF EXCESSIVE DOSAGES OF PLASTICIZER ON PROPERTIES OF CONCRETE**

**ABSTRACT :** In this study, the effect of the use of excessive dosages of normal and superplasticizer admixtures on the compressive strength and absorption properties of concrete was investigated. Normal plasticizer admixtures were used 0.5 %, 1 %, 5 % and 10 % by weight of cement and superplasticizer admixtures were used 1.5 %, 3 %, 5 % and 10 % by weight of cement. Unit weight and slump tests were conducted on the fresh concretes and compressive strength and water absorption tests were conducted on the hardened concrete samples. Test results indicated that the use of excessive dosages of chemical admixtures significantly decreased compressive strength of concretes and extended demoulding time. Moreover, the best plasticizer proportion range was found 1 % - 1.5 %. Furthermore, water absorption values were obtained in the range of 1.95 % - 5.65 %.

**KEYWORDS :** Concrete, Chemical admixture, Compressive strength, Water absorption.

## 1. GİRİŞ

Beton, çimento, agrega, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin belli oranlarda homojen olarak karıştırılmasıyla elde edilen başlangıçta plastik kıvamlı olup zamanla çimentonun hidrasyonu nedeniyle katılaşp sertleşen bir yapı malzemesidir. Ülkemizin büyük bölümü deprem kuşağında yer almakta, sıkça karşılaşılan afetlerde büyük can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle yapı güvenliği açısından beton kalitesi çok önemlidir. Beton katkı maddeleri beton içerisine karışım öncesi veya karışım sırasında oldukça az miktarlarda ilave edilen organik veya inorganik maddelerdir [1]. Bu katkılar, mineral ve kimyasal olarak iki gruba ayrılır. Kimyasal katkılar betonun akışkanlığının artırılması, erken ve yüksek dayanıma ulaşması, geçirimsizliğin ve donatı dayanımının sağlanması yanında priz sürelerini değiştirmek gibi amaçlarla kullanılmaktadır [2]. Akışkanlaştırıcılar uygulamada su/çimento oranını azaltarak daha yüksek dayanım kazanabilmek, kütle betonlarında hidrasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması veya aynı işlenebilmeyi sağlamak ve kolay yerleşmeyi sağlamak amaçlarıyla kullanılmaktadır [3, 4]. Akışkanlaştırıcılar, su içerisinde eriyen boşluklu kimyasal dizilişleri ile suyun yüzey gerilimini düşüren organik maddelerdir ve beton içerisine hava sürükleyerek çimentonun topaklaşmasını önlemektedir [2].

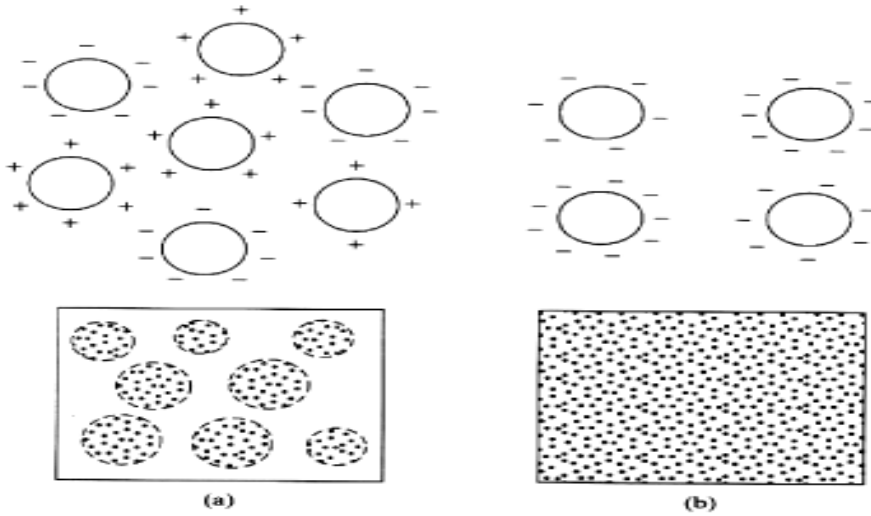
Ülkemizde özellikle hazır beton sektöründe akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanımını uygulamada çok yaygınlaşmıştır. 90'lı yıllarda hazır beton sektöründe kimyasal katkı kullanım oranı % 15 - % 20 mertebesinde iken günümüzde hazır beton sektöründe katkı kullanımını vazgeçilmez bir unsur olarak kabul edilmektedir. Genel olarak, akışkanlaştırıcı katkılar üç amaca yönelik olarak kullanılmaktadır [5];

- Katkı içermeyen kontrol betonu ile aynı çimento dozajı ve işlenebilirliğe sahip, düşük su/çimento oranı ile beton üretiminde su azaltma amaçlı olarak,
- Hem su hem de çimento miktarını azaltarak katkı içermeyen kontrol betonu ile aynı işlenebilirlikte ve aynı dayanıma sahip beton üretiminde,
- Katkı içermeyen kontrol betonu ile aynı bileşenlere sahip katkılı betonun işlenebilirliğini artırmak amacıyla akışkanlaştırıcı katkıları kullanılmaktadır.

Akışkanlaştırıcı katkıları kimyasal yapılarına göre farklı su azaltma performansı göstermektedir. Deneysel olarak azaltılacak su miktarı; katkı dozajı, su/çimento oranı, ortam sıcaklığı ve kullanılacak agrega gradasyonunun bir fonksiyonudur. Her akışkanlaştırıcı katkı için uygun bir çalışma dozajı aralığı mevcut olup bu aralık dışında kullanımda priz süresinde aşırı gecikme veya kısalma, erken mukavemette düşüş, kalıp alma süresinde uzama, ayrışma gibi bazı yan etkilerle karşılaşılabılır [6]. Bazı durumlarda betonun

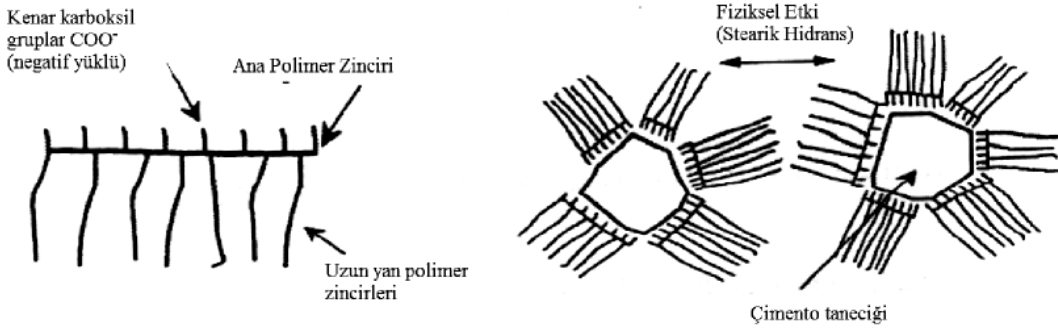
çökme değeri aşırı artmakta, beton stabilitesini kaybederek ayrışabilmekte, hava sürüklenme etkisinde değişiklikler olabilmektedir [5]. Bazı durumlarda ise kimyasal katkıların aşırı dozajda kullanımı, betonda stabilite kaybına neden olmamakla beraber betonun priz almasını aşırı geciktirerek kalıp alma süresini haftalarca uzatabilmektedir. Diğer taraftan katkı oranı değişimiyle karakter değiştiren katkılarda mevcuttur. Örneğin,  $\text{CaCl}_2$  düşük dozajlarda (çimento ağırlığının % 0,1'i ile % 0,3'ü aralığında) priz geciktirici, yüksek dozajlarda ise priz hızlandırıcı etki gösterebilmektedir [7]. Bu yüzden katkılar optimum dozajlarında kullanılmalıdır [8, 9]. Akışkanlaştırıcı katkıların su azaltma oranının artırılması dayanımın artışı bir dereceye kadar sağlamakta, daha yüksek su azaltma girişimlerinde karışım suyundaki aşırı azalma katkının etkinlik derecesine göre farklı şiddette olmak üzere taze beton reolojisini olumsuz etkileyerek sıkıştırma enerjisi ihtiyacını artırabilmektedir [6].

Kimyasal katkı maddeleri, çimento ile fiziksel, elektriksel ya da fizikokimyasal bir etkileşime girip çimentonun hidrasyon hızını ve oranını değiştirebilmektedir. Ancak kimyasal katkıların temel etkisi fizikseldir [8]. Kimyasal katkılar, çimento hamuruyla kimyasal bir reaksiyona girmemekte fakat dolaylı yoldan çimento hamurunun hidrasyonunda hızlandırıcı veya yavaşlatıcı etki göstermektedir. Bu etkiler çeşitli araştırmacılar tarafından çökme, iyon konsantrasyon değişimi, kümeleştirme ya da ayrıştırma gibi değişik mekanizmalarla açıklanmaktadır [5]. Topaklaşma eğilimi gösteren çimento tanecikleri kimyasal katkının ayırıcı etkisiyle dağılmakta ve su ile temas eden yüzeyler artmaktadır. Bu etki elektrostatik etki olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1).



Şekil.1 Su azaltıcı katkıların elektrostatik dağıtma etkisi [9].

Polimer esaslı katkılarda ise elektrostatik etkinin yerini daha değişik ayırıcı etkiler almaktadır [10]. Özellikle polimer bazlı katkılarda elektrostatik etkinin yanında polimer zincirlerinin çimento tanesinin üzerine yapışarak oluşturduğu fiziksel etki daha baskın olmakta ve bu etki Şekil 2’de görüldüğü üzere stearik etki olarak isimlendirilmektedir [11].



Şekil 2. Akışkanlaştırıcı katkıların stearik etkisi [12].

Akışkanlaştırıcı katkıları, düşük su/çimento 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 da sağlanmaktadır [8]. Genellikle kimyasal kökenlerine göre; linyosülfonat bazlılar normal, melamin ve naftalin sülfona formaldehit bazlılar süper, polikarboksilat bazlılar ise hiper akışkanlaştırıcılar olarak isimlendirilmektedir [5, 8, 13]. Linyosülfonat esaslı katkıları akışkanlaştırıcılık özelliği yanında hava sürükleyici etki de göstermektedir. Bu katkıları ile üretilen betonların basınç dayanımı yanında donma-çözülme dirençleri de yüksektir [14].

Uyan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; sabit işlenebilirlikte melamin, naftalin ve linyosülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkıları kullanılarak, rötre ve ağırlık kaybı değişimleri ölçülmüştür. Süper akışkanlaştırıcıları genellikle harçların kuruma rötresini artırdığı görülmüştür [15]. Bir başka çalışmada ise; melamin, naftalin ve modifiye linyosülfonat kökenli süper akışkanlaştırıcı katkıları, çimento hamurlarının su ihtiyacını %12’den fazla azalttığı gibi priz süresini de uzatmakta olduğu anlaşılmıştır [13,16]. Chistitodoulou, süper akışkanlaştırıcı katkı ile yaptığı çalışmada süper akışkanlaştırıcı katkıları betonun kendi kendine sıkışma özelliğini artırmasından dolayı basınç dayanımına olumlu yönde etkisinin olduğunu belirtmektedir [17].

Bu çalışmada, iki farklı tür normal akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılarak üretilen betonların farklı yaşlardaki basınç dayanım değişimleri incelenmiş ve akışkanlaştırıcı katkıların su azaltma yüzdeleri ile su emme oranına etkileri araştırılmıştır.

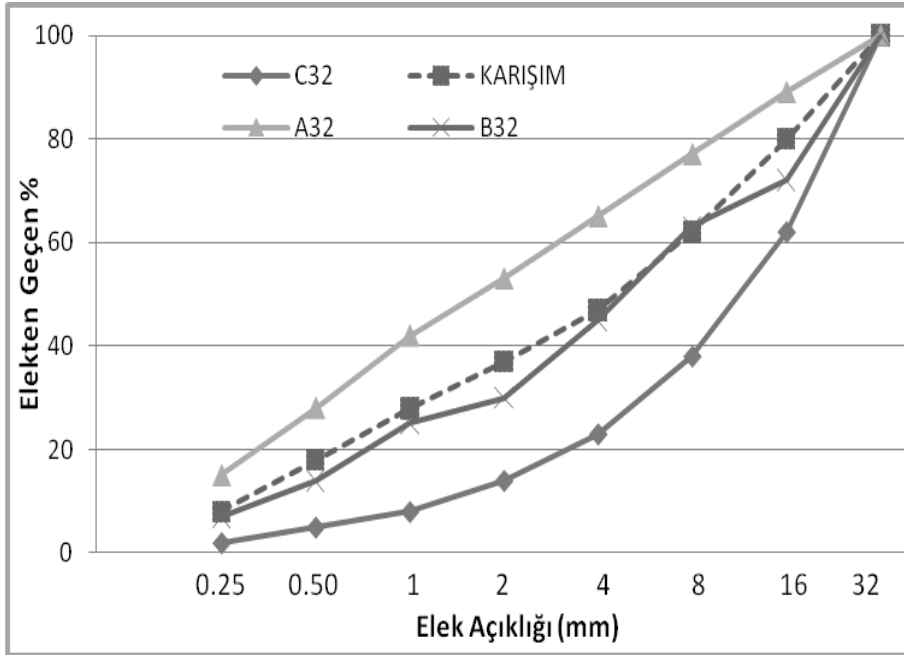
## II. KULLANILAN MALZEMELER

Bütün karışımlarda çimento olarak CEM I 42.5 normal Portland çimentosu, agrega olarak Sakarya-Geyve yöresinden tedarik edilen kalker agregası, kimyasal katkı olarak da farklı iki firmadan tedarik edilen normal ve süper akışkanlaştırıcı katkı olmak üzere toplam 4 farklı akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. CEM I 42.5'e ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

*Çizelge 1. CEM I 42.5'e ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler.*

Kimyasal Bileşim (%)			
Bileşen Adı	Çimento		
SiO <sub>2</sub> Çözünen	22,06		
Çözünmez kalıntı	0,12		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,25		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20		
CaO	65,39		
MgO	1,13		
SO <sub>3</sub>	2,98		
Kızdırma Kaybı	2,53		
Tayin Edilemeyen	1,90		
Serbest CaO	1,51		
Na <sub>2</sub> O	0,53		
K <sub>2</sub> O	0,50		
Fiziksel Özellikler			
Priz Başlangıcı (dak.)	135		
Priz Sonu (dak.)	160		
Hacim Sabitliği (mm)	4,0		
Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	4400		
Mineralojik Bileşenler		Mekanik Özellikler	
C <sub>3</sub> S	54,88	Gün	Basınç Dayanımı (MPa)
C <sub>2</sub> S	26,01	2	34
C <sub>3</sub> A	11,80	7	50
C <sub>4</sub> AF	0,71	28	63

Numunelerin hazırlanmasında 300 ve 450 doz olmak üzere iki farklı çimento dozajı kullanılmış ve numuneler 10 cm ebatında küp olarak üretilmiştir. Deneylerde üretilen tüm numunelere katılan su miktarı, 160-190 mm arasında çökme değerini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Üretilen numuneler kalıptan alındıktan sonra  $20 \pm 2$  C° kirece doygun su içerisinde deney zamanına kadar bekletilmiştir. Beton numuneleri üzerinde 3, 7, 28 ve 90 gün sonunda basınç dayanım deneyleri yapılarak, iki farklı çimento dozajında, iki farklı firmaya ait normal akışkanlaştırıcı (Lignosülfonat esaslı) ve süper akışkanlaştırıcı (Melamin sülfonat esaslı) katkılı ve katkısız olarak hazırlanan numuneler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Böylelikle, normal akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkı kullanımının betonda meydana getirdiği basınç dayanımı değişimleri, su azaltma yüzdesi değişimleri ve su emme yüzdesi değişimleri araştırılmıştır. Üretilen betonlarda kullanılan agregaların granülometrik analizi TS 3530'a göre yapılmış ve Şekil 3'te gösterilmiştir [18].



Şekil 3. Deneyde kullanılan agregaların elek analizi.

Çalışmada toplam 34 seri beton üretimi gerçekleştirilmiş, 16 seride katkı maddesi olarak Lignosülfonat esaslı normal akışkanlaştırıcı katkı, 16 seride ise katkı maddesi olarak Melamin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmış 300 ve 450 dozlu şahit betonlarda ise herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır. Normal akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkı maddelerinin özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Her gruba ait üç numune basınç deneyine tabi tutulmuştur.

**Çizelge 2.** Kimyasal katkı özellikleri.

Akışkanlaştırıcı tipi	Normal I	Normal II	Süper I	Süper II
Kimyasal yapı	Modifiye Lignosülfonat	Modifiye Lignosülfonat	Sentetik polimer	Melamin sülfonat
Betona etkisi	Su azaltıcı+priz hızlandırıcı	Su azaltıcı	Yüksek oranda su azaltıcı+priz hızlandırıcı	Yüksek oranda su azaltıcı+priz hızlandırıcı
Yoğunluk (kg/l)	1,11	1,12	1,17	1,21

Beton karışımlarının hazırlanması esnasında öncelikle, agregalar ve çimento kuru olarak karılmış, daha sonra kimyasal katkı su ile karıştırılarak karışıma dahil edilmiştir. Karışımların tamamı  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  ortam sıcaklığında hazırlanmıştır. Standartlara uygun olarak yapılan deney yöntemleriyle üretim aşamasında her grupta taze betonun slump (çökme) değerleri tespit edilmiştir. Hazırlanan numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Bununla birlikte numunelerin kuru ağırlıkları da belirlenmiş ve numuneler test uygulanacağı zamana kadar bekletilmek üzere kür havuzunda su içerisinde tutulmuştur. Daha sonra, beton numuneleri üzerinde 3, 7, 28 ve 90 günlük tek eksenli basınç dayanım deneyleri yapılmış ve her seri beton için su emme yüzdesi deneyleri ise 28 günlük numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Su emme yüzdesi deneyi için daha önceden kuru ağırlıkları belirlenen numuneler su içerisinden çıkarıldıktan sonra tartılmış ve bu değerler kuru ağırlık değerlerinden çıkarılarak kuru ağırlık değerlerine oranlanmış ve böylelikle her seri için su emme yüzdeleri belirlenmiştir.

Üretilen betonların kodlandırılmasında ilk üç rakam çimentonun dozajını, sonraki harf katkı türünü, daha sonraki rakam katkı firmasını ve geriye kalan rakamlar ise katkı oranlarını ifade etmektedir. Bu kodlandırma Çizelge 3'te verilmiştir. Bu özelliklere bağlı olarak üretilen betonların karışım oranları Çizelge 4'te görülmektedir.

**Çizelge 3.** Üretilen betonların kodlandırılması.

300	300 Dozlu Beton
450	450 Dozlu Beton
N1	A firmasının normal akışkanlaştırıcı katkı maddesi
N2	B firmasının normal akışkanlaştırıcı katkı maddesi
S1	A firmasının süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi
S2	B firmasının süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi

Çizelge 4. Her seri için beton karışımlarına dahil olan malzeme miktarları.

Beton No	Beton kodu	Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	Su (kg/m <sup>3</sup> )	s/ç	Katka Miktarı (kg)	Kırma Kum (kg/m <sup>3</sup> )	Kırmetaş I (kg/m <sup>3</sup> )	Kırmetaş II (kg/m <sup>3</sup> )	Çökme (mm)	Birim Ağırlık (kg)
1	300ŞAHİT	300	174	0.58	-	760	760	380	170	2350
2	300N1%0.5	300	159	0.53	1.50	760	760	380	175	2340
3	300N1%1	300	150	0.50	3.00	760	760	380	170	2380
4	300N1%5	300	139	0.46	15.0	760	760	380	180	2380
5	300N1%10	300	114	0.38	30.0	760	760	380	190	2370
6	300N2%0.5	300	159	0.53	1.50	760	760	380	165	2345
7	300N2%1	300	150	0.50	3.00	760	760	380	170	2380
8	300N2%5	300	139	0.46	15.0	760	760	380	175	2385
9	300N2%10	300	114	0.38	30.0	760	760	380	185	2380
10	300S1%1.5	300	165	0.55	4.50	760	760	380	165	2350
11	300S1%3	300	156	0.52	9.00	760	760	380	170	2380
12	300S1%5	300	142	0.47	15.0	760	760	380	170	2380
13	300S1%10	300	123	0.41	30.0	760	760	380	175	2370
14	300S2%1.5	300	165	0.55	4.50	760	760	380	160	2350
15	300S2%3	300	156	0.52	9.00	760	760	380	175	2385
16	300S2%5	300	142	0.47	15.0	760	760	380	170	2375
17	300S2%10	300	123	0.41	30.0	760	760	380	170	2360
18	450 Şahit	450	186	0.41	-	692	692	346	155	2390
19	450N1%0.5	450	177	0.39	2.25	692	692	346	185	2340
20	450N1%1	450	171	0.38	4.50	692	692	346	175	2360
21	450N1%5	450	142	0.31	22.5	692	692	346	180	2370
22	450N1%10	450	119	0.26	45.0	692	692	346	180	2365
23	450N2%0.5	450	177	0.39	2.25	692	692	346	165	2345
24	450N2%1	450	171	0.38	4.50	692	692	346	170	2350
25	450N2%5	450	142	0.31	22.5	692	692	346	185	2355
26	450N2%10	450	119	0.26	45.0	692	692	346	180	2380
27	450S1%1.5	450	171	0.38	6.75	692	692	346	175	2410
28	450S1%3	450	160	0.35	13.5	692	692	346	190	2380
29	450S1%5	450	144	0.32	22.5	692	692	346	195	2400
30	450S1%10	450	104	0.23	45.0	692	692	346	195	2390
31	450S2%1.5	450	171	0.38	6.75	692	692	346	170	2415
32	450S2%3	450	160	0.35	13.5	692	692	346	185	2370
33	450S2%5	450	144	0.32	22.5	692	692	346	190	2410
34	450S2%10	450	104	0.23	45.0	692	692	346	185	2380



Sertleşmiş beton deneyleri olarak basınç dayanımı deneylerinde 200 ton kapasiteli basınç presi kullanılmış olup, yüklemeler  $2,5 \text{ kgf/cm}^2/\text{sn}$ 'lik bir hızla gerçekleştirilmiştir. Beton basınç presine konulan numuneler ilgili deney zamanlarında basınç dayanım deneyine tabi tutularak her numune için basınç dayanımı değerleri standartlarda belirtilen hususlara dikkat edilerek bulunmuştur.

### **III. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA**

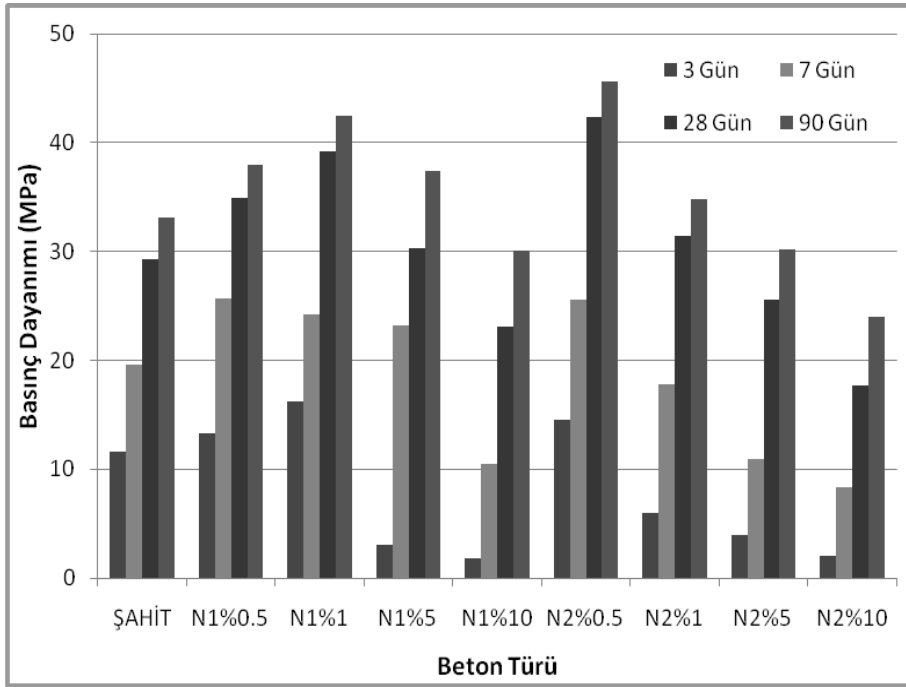
Beton üretiminde normal akışkanlaştırıcı ve süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımının beton performansına etkisinin sertleşmiş beton numuneleri üzerinde farklı yaşlarda basınç dayanımı ile su emme ve su azaltma yüzdeleri şeklinde belirlendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar Şekil 4-11'de görülmektedir. Şekil 4'te erken yaşlardaki dayanım göz önüne alındığında süper akışkanlaştırıcı katkıların yüksek miktarlarda kullanımında bile erken dayanımın etkilenmediği görülmüştür. Süper akışkanlaştırıcı katkı ilaveli karışımlarda beton dökümünden bir gün sonra priz tamamlanmış iken, özellikle N2 katkı ilaveli karışımlar N1 ilaveli karışımlara göre daha geç priz almıştır. Bu nedenle 3 günlük dayanımlar kıyaslandığında N2 katkı ilaveli karışımların daha düşük dayanım sonuçları verdiği görülmüştür.

3 günlük basınç dayanımı sonuçları kıyaslandığında 300 dozda en yüksek basınç dayanımı değerini N1 katkısının % 1 oranında kullanıldığı karışım (16,2 MPa) vermiştir ve bu dayanım değeri şahit betona kıyasla (11,6 MPa) %28 daha fazladır. N1 katkısının diğer katkılara göre erken yaşlarda daha yüksek dayanım sonuçları vermesi, bu katkının yapısında bulunan priz hızlandırıcı etkiden kaynaklanmaktadır. 450 dozlu betonlar içerisinde S1 katkısının beton karışımına % 1,5 oranında ilave edilmesiyle elde edilen karışım 3. günde en yüksek dayanım değerini (33,8 MPa) vermiş ve bu değer şahit betona göre (25,6 MPa) % 24 daha fazladır.

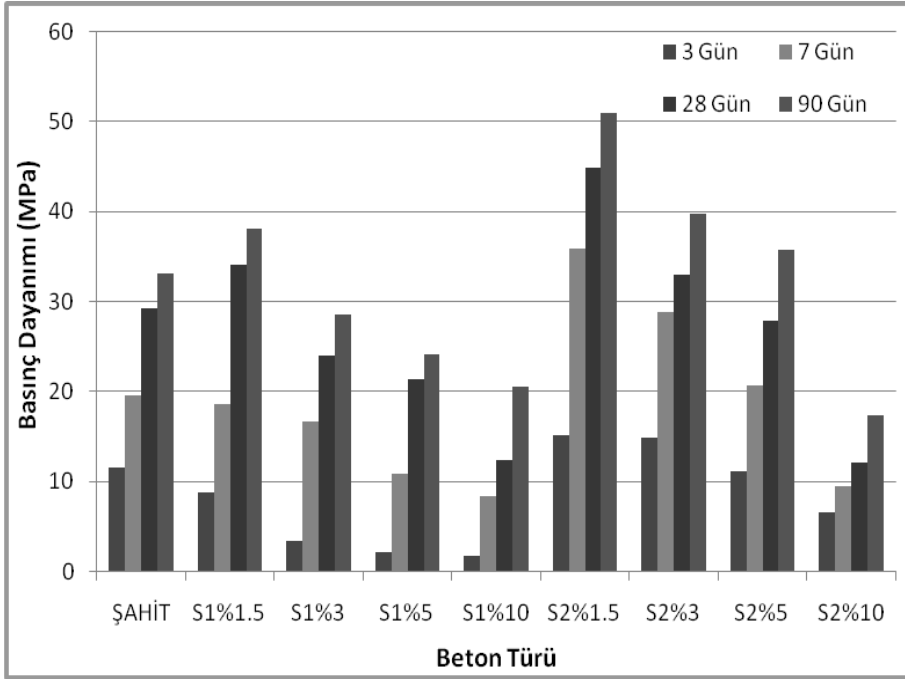
Katkı dozajı artışıyla basınç dayanımında farklı yaşlarda meydana gelen değişiklikler Şekil 4-7'de görülmektedir. 300 dozlu betonlar içerisinde 7 günlük dayanımlar kıyaslandığında S2 katkısının betona % 1.5 oranında ilave edilmesiyle üretilen karışım en yüksek dayanım değerini (35.9 MPa) vermiş ve bu değer şahit beton için 7. günde elde edilen dayanım değerine (19.6MPa) kıyasla % 45 daha fazla olduğu görülmektedir. 7 günlük basınç dayanımı sonuçları kıyaslandığında 450 dozda en yüksek basınç dayanımı değerini S1 katkısının % 1.5 oranında kullanıldığı karışım (46.5 MPa) vermiştir ve bu dayanım değeri şahit betona (37.6 MPa) kıyasla %19 daha fazladır. S2 katkısının 300 dozda % 1.5 oranında beton karışımına ilave edilmesiyle üretilen karışım 28. günde en iyi performansı göstererek 44.9 MPa dayanım değeri vermiştir. Bu değer şahit beton için 28. günde elde edilen 29.3 MPa değerine kıyasla % 35 daha fazladır. 450 dozda S1 katkısının beton karışımına % 1.5 oranında ilave edilmesiyle elde edilen karışım

28. günde en yüksek dayanım değerini (58.3 MPa) vermiş ve bu değer şahit beton için 28. günde elde edilen değere (47.8 MPa) kıyasla % 18 daha fazladır.

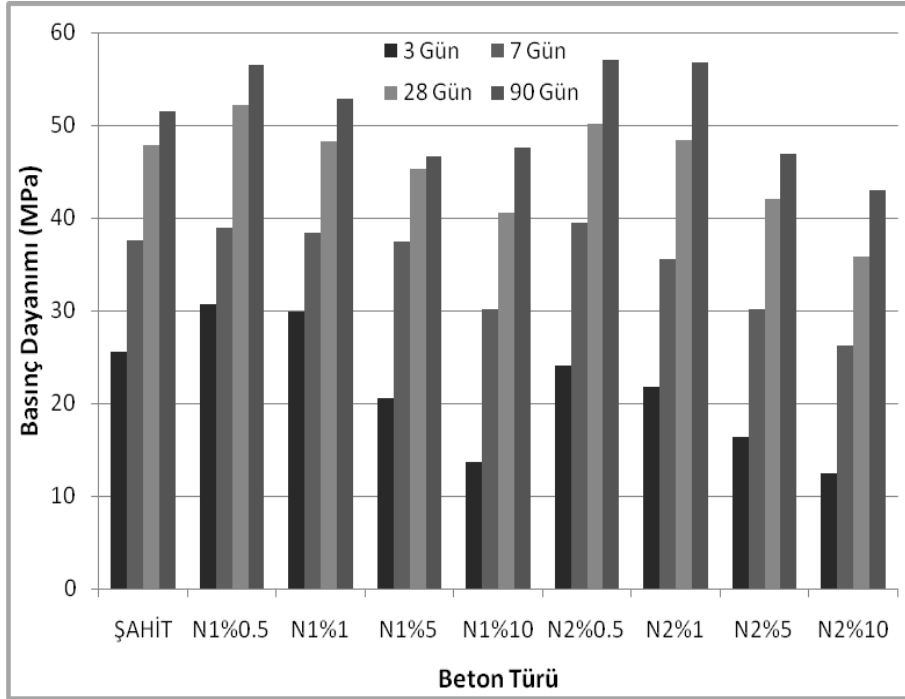
90 günlük numuneler içerisinde 300 dozda en yüksek dayanım değeri S2 katkısının beton karışımına % 1.5 oranında ilave edilmesiyle üretilen karışımdan (50.9 MPa) elde edilmiş ve bu değer şahit beton olarak üretilen karışımdan 90. günde elde edilen dayanım değerinden (33.1 MPa) %35 fazla olduğu görülmüştür. 450 dozda S1 katkısının % 1.5 oranında beton karışımına ilave edilmesiyle üretilen karışım, 90. günde en iyi performansı göstererek en yüksek dayanım değeri (60 MPa) vermiş ve bu değer şahit beton için 90. günde elde edilen dayanım değerine (51.5 MPa) oranla %14 daha fazla olduğu görülmüştür. Akışkanlaştırıcı katkı dozajlarının artışıyla birlikte her yaş grubu için dayanım değerinde azalma görülmüştür. Bu durum, betonun stabilite kaybederek ayrışması ve homojenliğini kaybetmesinden kaynaklanmaktadır [8]. Genel olarak 300 dozda S2 katkısının, 450 dozda ise S1 katkısının daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.



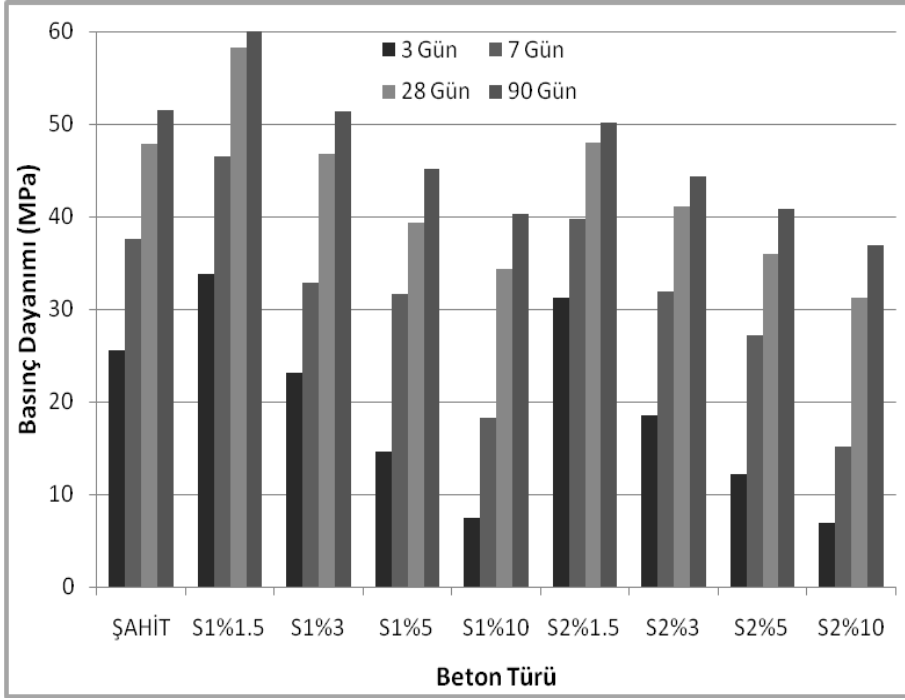
Şekil 4. 300 dozda farklı oranlardaki NA katkı ilavesinin basınç dayanımına etkisi.



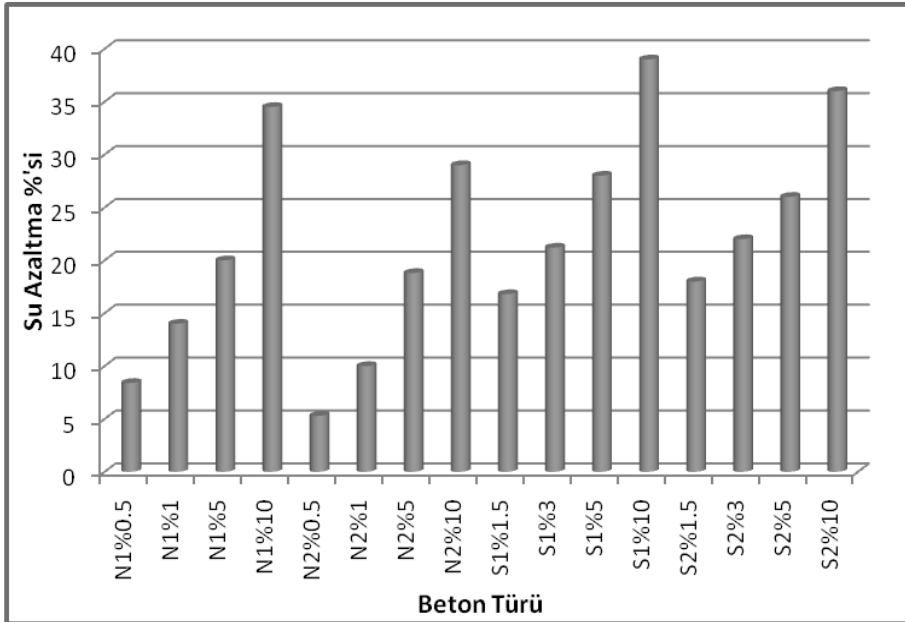
Şekil 5. 300 dozda farklı oranlardaki SA katkı ilavesinin basınç dayanımına etkisi.



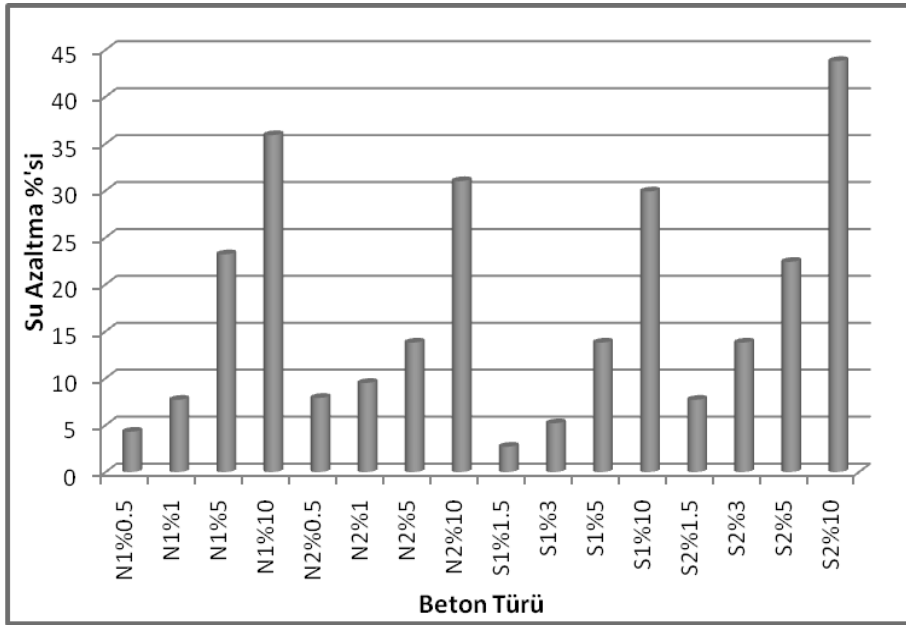
Şekil 6. 450 dozda farklı oranlardaki NA katkı ilavesinin basınç dayanımına etkisi.



Şekil 7. 450 dozda farklı oranlardaki SA katkı ilavesinin basınç dayanımına etkisi.



Şekil 8. 300 dozda farklı oranlardaki NA ve SA katkı ilavesinin beton suyunu azaltmaya etkisi.

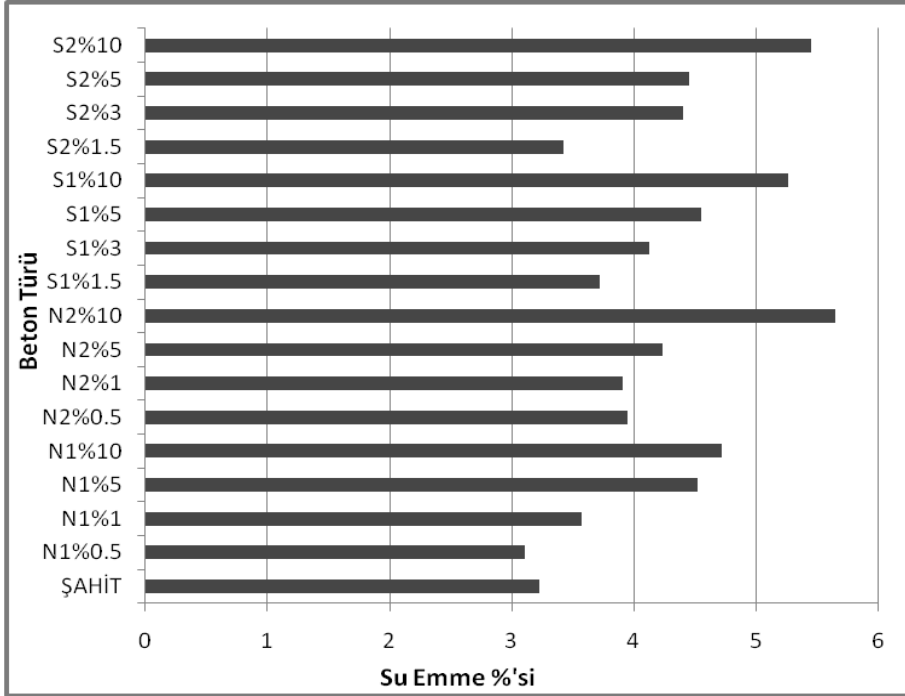


Şekil 9. 450 dozda farklı oranlardaki NA ve SA katkı ilavesinin beton suyunu azaltmaya etkisi.

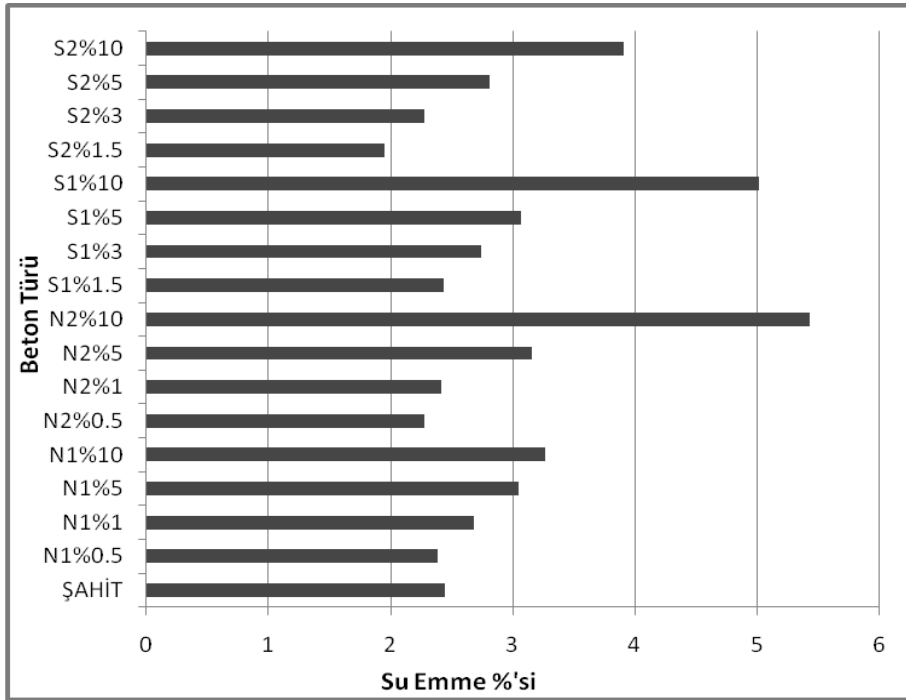
NA ve SA katkı kullanımının beton karışım suyunu azaltma etkisi incelendiğinde Şekil 8-9'da görüleceği üzere akışkanlaştırıcı katkı dozajlarının artışıyla birlikte su azaltma yüzdeleri de beklendiği üzere artış göstermiştir. SA katkı ilaveli karışımlar NA katkı ilaveli karışımlara göre daha fazla beton karışım suyunu azaltmıştır. 300 ve 450 doz birarada değerlendirildiğinde N1 katkısı N2 katkısına göre % 15 daha fazla su azaltmış iken S2 katkısı da S1 katkısına göre %17 daha fazla su azaltmıştır.

Şekil 10-11'de 300 ve 450 dozda NA ve SA katkı ilavesinin beton su emme yüzdesine etkisi görülmektedir. 300 dozlu karışımlar % 3.11 - % 5.65 arasında su emme yüzdesi değerleri göstermekte iken 450 dozlu karışımlar ise % 1.95 - % 5.43 arasında su emme yüzdesi değerleri göstermiştir. 300 dozlu karışımlar ortalama olarak % 4.25 su emme yüzdesi değeri vemiş iken 450 dozlu karışımlarda ise ortalama su emme yüzdesi % 3.02 olarak elde edilmiştir. 300 dozlu karışımlar içerisinde su emme yüzdesi olarak en iyi performansı N1 katkısının % 0.5 oranında beton karışımına ilave edilmesiyle üretilen karışım (% 3.11) vermiştir. Bu karışım şahit betona (3.22) kıyasla % 3 daha az su emme performansı göstermiştir. N2 katkısının % 10 oranında beton karışımına ilave edilmesiyle üretilen karışım (% 5.65) ise şahit betona kıyasla % 43 daha fazla su emmiştir. 300 dozda NA katkı ilaveli karışımlar, SA katkı ilaveli karışımlara göre su emme yüzdesi olarak daha iyi performans göstermiştir. 450 dozlu karışımlar içerisinde su emme yüzdesi olarak en iyi performansı S2 katkısının % 1.5 oranında kullanılmasıyla üretilen karışım (% 1.95) vermiştir. Bu karışım şahit betona (2.44) kıyasla % 20 daha az su emme performansı göstermiştir. N2 katkısının % 10 oranında beton karışımına ilave edilmesiyle üretilen

karışım (% 5.43) ise şahit betona kıyasla % 55 daha fazla su emmiştir. 450 dozda ise SA katkı ilaveli karışımlar, NA katkı ilaveli karışımlara göre su emme yüzdesi olarak daha iyi performans göstermiştir. Kandemir ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada aşırı dozda katkı kullanımının beton özelliklerine etkisi incelenmiş ve bu kapsamda katkı dozajının artışına bağlı olarak su emme oranı deneyleri yapılmıştır [19]. Deney sonuçları değerlendirildiğinde aşırı dozda katkı kullanılmış betonların diğer betonlara göre daha fazla su emdiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar bu çalışmayı desteklemektedir.



Şekil 10. 300 dozda farklı oranlardaki NA ve SA katkı ilavesinin beton su emme yüzdesine etkisi.



Şekil 11. 450 dozda farklı oranlardaki NA ve SA katkı ilavesinin beton su emme yüzdesine etkisi.

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- S1 ve S2 katkı ilaveli karışımlarda beton dökümünden bir gün sonra priz tamamlanmış iken, özellikle N2 katkı ilaveli karışımlar N1 ilaveli karışımlara göre daha geç priz almıştır. Genel olarak 300 dozda S2 katkısının, 450 dozda ise S1 katkısının basınç dayanımı olarak daha iyi performans gösterdiği söylenebilir. Akışkanlaştırıcı katkı dozajlarının artışıyla birlikte her yaş grubu için dayanım değerinde azalma görülmüştür. Katkı dozajları kıyaslandığında basınç dayanımı olarak en ideal katkı yüzdesinin %1- %1.5 arasında olduğu görülmüştür.
- SA katkı ilaveli karışımlar NA katkı ilaveli karışımlara göre daha fazla beton karışım suyunu azaltmıştır. 300 ve 450 doz birarada değerlendirildiğinde N1 katkısı N2 katkısına göre % 15 daha fazla su azaltmış iken S2 katkısı da S1 katkısına göre %17 daha fazla su azaltmıştır.
- 300 dozlu karışımlar % 3.11 - % 5.65 arasında su emme yüzdesi değerleri göstermekte iken 450 dozlu karışımlar ise % 1.95 - % 5.43 arasında su emme yüzdesi değerleri göstermiştir. 300 dozlu karışımlar ortalama olarak % 4.25 su emme yüzdesi değeri vermiş iken 450 dozlu karışımlarda ise ortalama su emme yüzdesi % 3.02 olarak elde edilmiştir.

- 300 dozda NA katkı ilaveli karışımlar, SA katkı ilaveli karışımlara göre su emme yüzdesi olarak daha iyi performans göstermiştir. 450 dozda ise SA katkı ilaveli karışımlar, NA katkı ilaveli karışımlara göre su emme yüzdesi olarak daha iyi performans göstermiştir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] İ.B. Topçu, A. Demir, A.R. Boğa, ‘‘Akışkanlaştırıcı ve Süperakışkanlaştırıcı Katkı Kullanımının Taze Beton Özelliklerine Etkisi’’, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 434, ss.38-40, 2004.
- [2] İ.B. Topçu, ‘‘Akışkanlaştırıcı ve Dona Dayanım Katkılarının Beton Özelliklerine Etkisi’’, 4. Ulusal Beton Kongresi, 30-31 Ekim- 1 Kasım 1996, İstanbul, ss. 45-53.
- [3] M. S. Akman, ‘‘Beton Katkı Maddelerinin Ana İşlevleri ve Yan Etkileri’’, İTÜ İnşaat Fakültesi, Malzeme Seminerleri, 1987, İstanbul.
- [4] H. Yıldırım, V. Yorulmazel, E. Ardaç, ‘‘Süper ve Normal Akışkanlaştırıcı Katkıların Çimento ile Uyuşumu’’, 4. Ulusal Beton Kongresi, 30-31 Ekim- 1 Kasım 1996, İstanbul, ss. 25-33.
- [5] V.S. Ramachandran, M. Malhotra, ‘‘Concrete Admixtures Handbook-Part 7: Superplasticizers’’, Noyes Publications, pp. 462-63, 1984.
- [6] B. Felekoğlu, B. Baradan, ‘‘Akışkanlaştırıcı Katkıların Harçta Su Kesme Performansı- Mukavemet İlişkisine Etkileri’’, *İMO Teknik Dergi*, Cilt 15, Sayı 2, ss. 3869-3872, 2006.
- [7] P.K. Mehta, P.J.M. Monteiro, ‘‘Concrete Microstructure, Properties and Materials, Chapter 8: Admixtures’’, Indian Concrete Institute, Chennai, pp. 256-271, 1997.
- [8] S. Türkel, B. Felekoğlu, ‘‘Aşırı Dozda Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı Kullanımının Taze ve Sertleşmiş Betonun Bazı Özellikleri Üzerine Etkileri’’, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt.6, Sayı., ss.79-91, 2004.
- [9] C.F. Ferraris, ‘‘Measurement of the Rheological Properties of High Performance Concrete: State of the Art Report’’, *Journal of the National Institute of Standards and Technology*, Vol.104, No.2, pp. 461-478, 1999.
- [10] T.A. Bürge, ‘‘Multi component Polymer Concrete’’, First International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, 1999, Rilem Publications, S.A.R.L., pp. 411-424, 1999.
- [11] İ. Çil, ‘‘Yeni Kuşak Hieprakışkanlaştırıcı Beton Katkıları’’, *YKS Vizyon Dergisi*, SKW-MBT, Mart-Nisan-Mayıs, Sayı.2, ss.32-35, 2000.
- [12] M. Collepardi, ‘‘Admixtures-Enhancing Concrete Performance’’, 6th Int. Congress on Global Construction and Ultimate Concrete Opportunities, pp.120-211, 2005, Dundee.
- [13] O. Şimşek, A. Dur, H. Yaprak, ‘‘Silis dumanı ve Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Harçların Özellikleri’’, *Politeknik Dergisi*, Cilt 7, Sayı 2, ss. 41-44, 2004.



- [14] N. Parlak, M.S. Akman, “Linyosülfonatların Üretimi, Özellikleri ve Süper Akışkanlaştırıcı Olarak Geliştirilmesi”, *Sika Teknik Bülten*, s.1, ss. 3-13, 2002.
- [15] M. Uyan, M. Karagüler, S. Yücesoy, “Süperakışkanlaştırıcı Katkıların Portland Çimento Harçlarının Rötresine Etkisi”, İMO 4. Ulusal Beton Kongresi, 1996, ss. 81- 93, İstanbul.
- [16] J. P. Ollivier, A. Carles-Gibergues, B. Hanna, “Activite pouzzolannique et action de remplissage d'une fumee de silica dans les matrices de betons de haute resistance”, *Cement and Concrete Research*, Vol. 18, No.3, pp 438-448, 1988.
- [17] G. Chistodoulou, “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.
- [18] TS 3530, “*Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini*”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
- [19] G. Kandemir, M. Mutlu, A.R. Sağlam, N. Parlak, “Aşırı dozda katkı kullanımının beton özelliklerine etkileri”, İMO 4. Ulusal Beton Kongresi, 1996, ss. 133- 142, İstanbul.