

---

# ÇİMENTO KOMPOZİSYONUNUN VE KİMYASAL KATKI KÖKENİNİN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Serdar AYDIN  
İnşaat Yüksek Mühendisi  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İzmir, Türkiye

Ahmet Hilmi AYTAÇ  
İnşaat Mühendisi  
Dokuz Eylül Üniversitesi  
İzmir, Türkiye

Kambiz RAMYAR  
Doç. Dr.  
Ege Üniversitesi  
İzmir, Türkiye

## ÖZET

Bu çalışmada, üç farklı kimyasal kompozisyona sahip Portland çimentosu ve üç farklı kökenli kimyasal katkı kullanılarak üretilen betonların, taze ve sertleşmiş haldeki özellikleri belirlenerek, çimento-kimyasal katkı uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, linyosülfonat esaslı normal akışkanlaştırıcı (LNA), naftalin esaslı süper akışkanlaştırıcı (NSA) ve polikarboksilat esaslı yeni nesil süper akışkanlaştırıcı (PSA) katkı kullanılmıştır.

Üretilen betonların çökme, birim hacim ağırlığı, hava içeriği ve basınç dayanımı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, kimyasal katkılar ve çimento arasındaki etkileşimin sadece bir nedene bağlanamayacağı, etki eden faktörlerin, çimentonun birtakım fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortak bir etkisi olduğu görülmüştür.

---

## GİRİŞ

Betonun kalitesi ve özellikleri, çimento hamurunun akışkanlığı ile kontrol edilir. Daha iyi akışkanlık, akışkanlaştırıcı kimyasal katkıların kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir. Ancak, süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkıları kullanarak üretilen betonların başlangıçtaki yüksek işlenebilirlikleri, kısa süre sonra kaybolabilmektedir [1]. Katkılar, serbest halde katı veya çözelti olarak kalabilir, yüzey ile etkileşime girebilir, çimento hamuru veya çimento bileşenleri ile birleşebilir. Etkileşimin tipi ve boyutu, su ihtiyacı, hidrasyon ısı, oluşan hidrasyon ürünlerinin kompozisyonu, priz süresi, mikroyapı ve durabilite gibi betonun fiziko-kimyasal ve mekanik özelliklerini etkileyebilir [2]. Yüksek performanslı betonların reolojisi, çimento, süper akışkanlaştırıcı veya bunların etkileşimi ile ilgili birçok parametreden etkilenir [3]. Bu parametreler, çimentonun kimyasal ve faz bileşimi, özellikle  $C_3A$  ve alkali içeriği, inceliği, çimentodaki kalsiyum sülfat miktarı ve tipi, süper akışkanlaştırıcının kimyasal yapısı ve ortalama molekül ağırlığı, sülfonasyon derecesi, dozajı ve ekleme metodu olarak ayırtılabilir.

Alkalilerin işlenebilirlik üzerindeki etkilerine yönelik olarak yapılan bir çok çalışma mevcuttur. Jawed vd. tarafından yapılan araştırmalar, yüksek oranda alkali içeren çimentolarla hazırlanan, kimyasal katkı içermeyen betonların genellikle daha kötü reolojik davranış sergilediğini göstermiştir [4]. Ancak, polinaftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı kullanıldığında, düşük oranda alkali içeren çimento hamurlarının reolojik özelliklerinin, karışıma bir miktar alkali sülfat ( $Na_2SO_4$ ) ilave edilerek geliştirilebildiği görülmüştür [1]. Diğer yandan, azalan alkali içeriğinin süper akışkanlaştırıcı katkılı karışımların işlenebilirliğini arttırdığını bildiren yayınlar da mevcuttur [4]. Jiang vd., süper akışkanlaştırıcı katkı içeren çimento hamurlarının akışkanlık ve akışkanlık kaybını kontrol eden ana parametrenin, çözelti içerisine ilk zamanlarda geçen çözünebilir alkali miktarı olduğunu bildirmiştir. Başlangıç akışkanlığını artırma ve zamanla akışkanlık kaybını azaltma bakımından optimum çözünebilir alkali içeriği, süper akışkanlaştırıcı dozajından ve çimento tipinden bağımsız olarak, %0.4-%0.5  $Na_2O$  eşdeğeri olarak bulunmuştur. Ayrıca, optimum çözünebilir alkali miktarına sahip olan çimentolarda,  $C_3A$  içeriğinin akışkanlık kaybı üzerinde pratik olarak etkisinin olmadığı görülmüştür [1].

Tagnit-Hamou vd. [5] ve Nawa vd. [6], süper akışkanlaştırıcı katkılı çimento hamurlarında, çimento-süper akışkanlaştırıcı uyumsuzluğunun çimentodaki kalsiyum sülfat yetersizliğinin bir sonucu olduğunu ileri sürmüştür. Sülfatın varlığı viskoziteyi azaltmıştır. Bu durum sülfatın varlığı sebebiyle,  $C_3A$  ve  $C_4AF$

tarafından adsorbe olan katkı miktarının düşük olmasına bağlanmıştır. Bu nedenden dolayı, sülfatların varlığında silikat fazları daha iyi dağılır ve akışkanlık artar. Karışımın viskozitesi, çimentoya eklenen sülfatın tipine de bağlıdır. Bu olay, genellikle  $SO_4^{-2}$  iyonlarının çözünme hızındaki değişikliklere bağlanmaktadır. Nawa vd., Sülfonik Naftalin Formaldehit'in anhidrit yapıdaki sülfat içeren çimentoyla hazırlanan karışımlarında, dehidrat ve hemihidrat içeren karışımlara göre göreceli olarak çok daha yüksek viskozite gözlemlenmiştir [6].

Çimentodaki bileşenlerin hidratasyonu, karışım suyundaki  $Ca^{+2}$ ,  $OH^-$  ve  $SO_4^{-2}$  iyonlarının konsantrasyonundan etkilenir. Bu iyonların konsantrasyonu, alkali sülfat, alçı taşı ve  $C_3S$  bileşeninin hidratasyonu sonucu oluşan serbest kireç miktarına bağlıdır. Hidratasyon özellikle kirece doygunluk oranından etkilenir.  $Ca^{+2}$ ,  $OH^-$  ve  $SO_4^{-2}$  iyonlarının yüksek konsantrasyonda olması durumunda oluşan küçük etrenjit kristalleri, reaksiyona girmemiş bileşenlerin üzerini kapatır ve hidratasyon hızı yavaşlar. Diğer taraftan düşük konsantrasyonda, yüksek miktarlarda iğne formunda etrenjit oluşumu gözlenir. Bileşenlerin hidratasyonu nedeniyle etrenjit oluşumu devam eder ve "yalancı priz" adı verilen durum ortaya çıkabilir [7, 8].

Boragafio ve Macias [9], süper akışkanlaştırıcı etkinliğinin  $C_3A/CaSO_4$  oranına bağlı olduğunu, bu oranın yüksek olması durumunda akışkanlığın azaldığını bildirmiştir.  $C_3A+C_4AF$  miktarı fazla olan çimentolarda, katkının bu bileşenlere adsorbe olması nedeniyle  $C_3S$  ve  $C_2S$  bileşenleri üzerinde adsorbe olan katkı miktarı göreceli olarak azalır ve böylece hamurun akışkanlık davranışı olumsuz etkilenir [10]. Perenchio vd. [11],  $C_3A$  içeriği yüksek olan çimentoların çok daha fazla çökme kaybı gösterdiğini belirtmiştir.

Bonen ve Sarkar [12], çökme kaybını  $C_3S$  bileşeninin hidratasyonu sonucunda ortaya çıkan iğne formundaki etrenjit yapısının oluşumuna bağlamış, ayrıca,  $C_3S/C_2S$  oranının yüksek olmasıyla akışkanlığın arttığını bildirmiştir.

Süper akışkanlaştırıcılar kökenleri dolayısıyla birbirlerinden farklı etkiler gösterebileceği gibi, aynı kökenli süper akışkanlaştırıcılar da, moleküler ağırlık ve kimyasal kompozisyonlarındaki, özellikle de katyon tipindeki değişiklikler nedeniyle farklı etkiler gösterebilir [2, 10].

Kimyasal katkıları, çimento tanelerinin zeta potansiyel değerinin negatifliğini artırarak çimento tanelerinin daha iyi dağılmasını sağlar. Bu artışın çimentonun kimyasal kompozisyonuna da bağlı olduğu yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır. Asakura vd., naftalin kökenli kimyasal katkı kullanarak yaptıkları deneylerde, silikat ve alüminat oranı arttıkça, zeta potansiyelin azaldığını, viskozitenin arttığını bulmuştur [13].

Katkının adsorplanma miktarı ve hızı, katkının moleküler ağırlığı ile artmaktadır [2,14]. Ancak, yapılan bazı araştırmalar molekül ağırlığındaki artışın bir noktaya kadar işlenebilirliği arttırdığını, daha sonra etkilemediğini hatta azalttığını [2, 15] göstermiştir.

### AMAÇ

Bu çalışmada, çimentonun kimyasal kompozisyonunun ve kimyasal katkının kökeninin taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, A, B ve C olarak adlandırılan üç farklı kimyasal kompozisyona sahip Portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoların kimyasal analizi Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Kullanılan çimentoların kimyasal analizi**

Bileşen (%)	Çimento			Bileşen	Çimento		
	A	B	C		A	B	C
SiO <sub>2</sub>	18.72	18.69	20.44	C <sub>3</sub> S (%)	62.54	60.74	40.47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.00	5.91	6.22	C <sub>2</sub> S (%)	6.47	7.75	28.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.49	2.42	3.22	C <sub>3</sub> A (%)	7.32	11.57	11.03
CaO	63.12	63.51	61.51	C <sub>4</sub> AF (%)	10.63	7.37	9.78
MgO	1.09	1.11	2.44	Özgül ağırlık	3.13	3.10	3.15
Na <sub>2</sub> O	0.29	0.30	0.34	Özgül yüzey (m <sup>2</sup> /kg)	380	366	320
K <sub>2</sub> O	0.76	0.76	0.98				
SO <sub>3</sub>	2.95	2.80	1.50				
Cl <sup>-</sup>	0.106	0.004	0.005	Na <sub>2</sub> O eşdeğer (%)	0.79	0.80	0.98
Serbest CaO	1.27	1.14	0.98	C <sub>3</sub> A/SO <sub>3</sub>	2.48	4.13	7.35
Kızdırma kaybı	3.56	4.08	2.14	C <sub>3</sub> S/C <sub>2</sub> S	9.67	7.84	1.44
Çözünmeyen kalıntı	0.38	0.89	2.44	C <sub>3</sub> A+C <sub>4</sub> AF (%)	17.95	18.94	20.81

Kimyasal katkı olarak, linyosülfonat esaslı normal akışkanlaştırıcı (LNA), naftalin esaslı süper akışkanlaştırıcı (NSA) ve polikarboksilat esaslı yeni nesil süper

akışkanlaştırıcı (PSA) katkı kullanılmıştır. Katkılar ile ilgili olarak üretici firmadan alınan bilgiler Tablo 2’de sunulmuştur. Agregada olarak doğal kum, 0-5 mm ve 5-15 mm kırma kireçtaşı kullanılmıştır.

**Tablo 2. Kullanılan kimyasal katkıların özellikleri**

Katkı	Katı madde (%)	pH	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Viskozite (cps)
LNA	39.08	4.8	1.170	--
NSA	27.2	5.3	1.118	75
PSA	39.74	5.4	1.095	--

Beton karışımlarının hazırlanması esnasında öncelikle, agregalar ve çimento kuru olarak karıştırılmış, daha sonra kimyasal katkı su ile karıştırılarak karışıma dahil edilmiştir. Karışımların tamamı 20±1 °C sıcaklıkta hazırlanmıştır. Hazırlanan betonların karışım oranları Tablo 3’de verilmiştir. Karışımların üretilmesinde referans beton olarak A çimentosu ile üretilen betonlar seçilmiştir. Bu gruptaki betonların çökme değeri 130±20 mm olacak şekilde su kesme oranları belirlenmiş, diğer çimentolarla üretilen betonlarda da aynı karışım oranları uygulanmıştır.

**Tablo 3. Karışım oranları**

Karışım	S/Ç	Çim. (kg/m <sup>3</sup> )	Su (kg/m <sup>3</sup> )	Kum (kg/m <sup>3</sup> )	0-5 (kg/m <sup>3</sup> )	5-15 (kg/m <sup>3</sup> )	Katkı (%)	Su Kesme (%)
KONTROL	0.63	350	221	661	249	774	-	-
LNA	0.56	350	196	686	259	804	0.8	11
NSA	0.53	350	186	697	263	817	1,3	18
PSA	0.46	350	160	722	272	847	1.4	33

\* Agregada ağırlıkları kuru yüzey doygun durum için verilmiştir.

Üretilen taze beton karışımlarının çökme, birim hacim ağırlığı ve hava içeriği belirlenmiştir (Tablo 4). Ayrıca, üretilen betonların basınç dayanımları 1, 3, 28 ve 90. günde belirlenmiştir. Bu amaçla, üretilen betonlar 100 mm ayrıtlı küp kalıplara iki tabaka halinde doldurulmuş, her tabaka sarsma tablası kullanılarak sıkıştırılmıştır.

Tablo 4’de görüldüğü gibi, gerek kontrol betonunda gerekse katkıli betonlarda en yüksek çökme değeri C çimentosu ile üretilen betonlarda, en düşük çökme değeri ise B çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Bu alanda yapılan çalışmalar, çökme değerinin çimentonun inceliğine ve kimyasal kompozisyonuna bağlı olduğunu bildirmektedir.

**Tablo 4. Taze beton özellikleri**

Karışım	A			B			C		
	Çökme (mm)	B.H.A (kg/m <sup>3</sup> )	Hava (%)	Çökme (mm)	B.H.A (kg/m <sup>3</sup> )	Hava (%)	Çökme (mm)	B.H.A (kg/m <sup>3</sup> )	Hava (%)
KONTROL	130	2316	2.5	100	2319	2.2	180	2313	2.3
LNA	110	2349	2.9	90	2328	3.8	180	2315	4.0
NSA	150	2346	2.8	150	2340	3.2	220	2369	2.5
PSA	150	2400	2.9	130	2386	3.2	170	2374	3.2

Tablo 1’den de görüleceği üzere, A, B ve C çimentoları için özgül yüzey alanı değerleri sırası ile 380, 366 ve 320 m<sup>2</sup>/kg’dır. Tüm karışımlarda en yüksek çökme değeri en düşük özgül yüzey değerine sahip olan C çimentosu ile üretilen betonlarda, en düşük çökme değeri ise, A çimentosunun özgül yüzey alanı B çimentosundan biraz yüksek olmasına rağmen, B çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir.

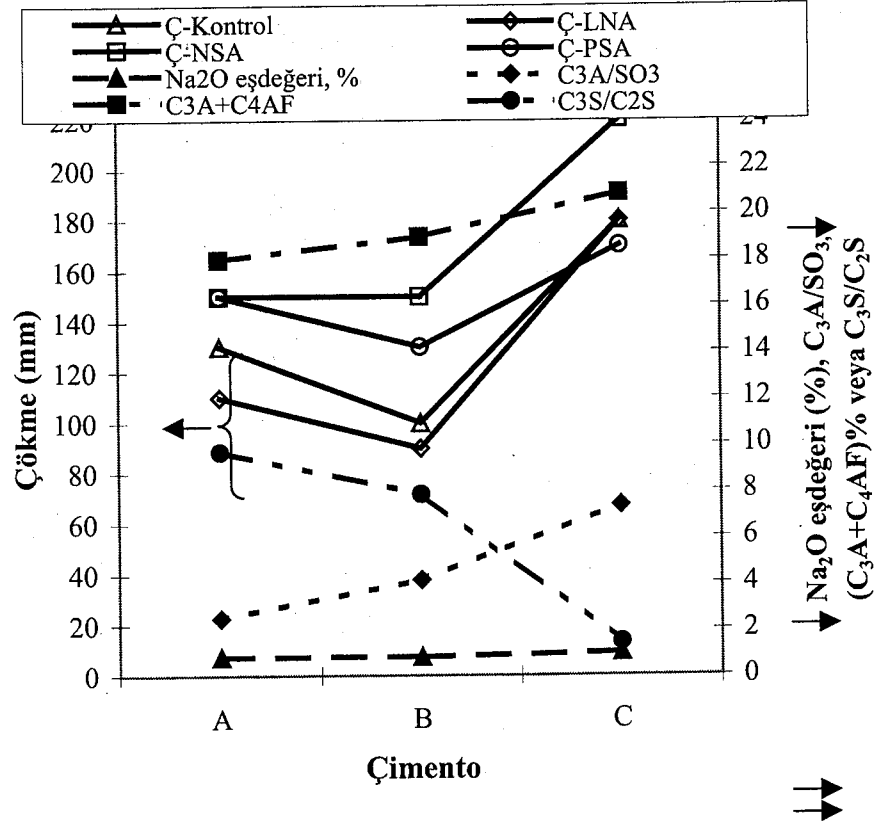
Şekil 1’de kontrol karışımı ve kimyasal katkı içeren betonların çökme değerleri ile C<sub>3</sub>A/SO<sub>3</sub> oranı, C<sub>3</sub>S/C<sub>2</sub>S oranı, C<sub>3</sub>A+C<sub>4</sub>AF değeri ve Na<sub>2</sub>O eşdeğeri arasındaki ilişki verilmiştir. Tablo 1’den de görüleceği üzere, A, B ve C çimentoları için Na<sub>2</sub>O eşdeğeri alkali yüzdesi sırası ile 0.79, 0.80 ve 0.98’dir. Şekilden de görüldüğü gibi, tüm karışımlarda en yüksek çökme değeri en yüksek oranda alkali içeren C çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Bununla birlikte, toplam alkali miktarı A ve B çimentoları için yaklaşık olarak eşit olmasına rağmen çökme değerleri aynı olmayıp, B çimentosu ile üretilen betonların çökme değeri daha düşüktür. Esasen, hidrasyon reaksiyonlarının hızını azaltmasından dolayı, düşük oranda alkali içeren çimentolarla üretilen betonların daha yüksek çökme değeri vermesi beklenmektedir. Ancak, süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı içeren çimento hamuru ve betonlar üzerinde son zamanlarda yapılan araştırmalar, en yüksek işlenebilirlik değerinin ve en az çökme kaybının optimum bir çözünebilen alkali içeriğinde (0.4%-0.5% Na<sub>2</sub>O eşdeğeri) elde edildiğini göstermiştir [1]. Bu oranın altında alkali içeren çimento hamuru ve betonların daha kötü reolojik özellikler gösterdiği bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, yapmış olduğumuz araştırmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Toplam alkali

miktarları yaklaşık olarak eşit olan A ve B çimentolarından, A çimentosunun çözünebilir alkali miktarının optimum değere daha yakın olduğu düşünülmektedir.

Şekil 1’de görüldüğü gibi, en yüksek çökme değeri  $C_3A/SO_3$  oranı en yüksek,  $C_3S/C_2S$  oranı en düşük,  $(C_3A+C_4AF)\%$  değeri en yüksek olan C çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Esasen,  $C_3A/SO_3$  oranı düşük olan çimentolarla üretilen betonlarda kimyasal katkıının adsorpsiyonunun daha az olmasından dolayı, bu tür çimentolarla üretilen betonların daha yüksek işlenebilirlik vermesi beklenir [2].

En yüksek çökme değeri,  $C_3S/C_2S$  oranı en düşük olan C çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Ancak, en düşük çökme değeri, en yüksek  $C_3S/C_2S$  oranına sahip olan çimento ile üretilen betonlarda elde edilmemiştir (Şekil 1).  $C_3S/C_2S$  oranının düşük olması kimyasal katkı içeren betonlarda zeta potansiyeli daha fazla negatifleştirmesinden dolayı çimento tanelerinin daha iyi dağılmasını ve dolayısı ile daha yüksek çökme değerlerinin elde edilmesini sağlar [2]. Diğer yandan, bu oranın yüksek olması halinde daha fazla  $Ca^{+2}$  ortaya çıkacağından ortamın kirece doygunluk oranı artacak ve daha küçük boyutlu etrenjit kristalleri oluşarak, reaksiyona girmemiş fazların yüzeyini kaplayarak hidrasyonun yavaşlamasına neden olacaktır [15].

Şekil 1’ de görüldüğü gibi, en yüksek çökme değeri,  $(C_3A+C_4AF)\%$  değeri en yüksek olan C çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Ancak, en düşük çökme değeri, en düşük  $(C_3A+C_4AF)\%$  değerine sahip olan A çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmemiştir. A, B ve C çimentoları için  $(C_3A+C_4AF)\%$  değerleri arasındaki fark önemli mertebede olmasa da, literatürde [15] bu değerlerin düşük olmasının işlenebilirliği arttırdığı belirtilmektedir.



Şekil 1. Na<sub>2</sub>O eşdeğeri (%), C<sub>3</sub>A/SO<sub>3</sub>, (C<sub>3</sub>A+C<sub>4</sub>AF)% ve C<sub>3</sub>S/C<sub>2</sub>S oranına bağlı olarak başlangıç çökme değerlerinin değişimi

Görüldüğü gibi, çökme değerleri direk olarak sadece belirli bir bileşen grubunun etkisi ile ilişkilendirilememektedir. Hatta, bazı durumlar için (C<sub>3</sub>A/SO<sub>3</sub> oranı, (C<sub>3</sub>A+C<sub>4</sub>AF)% değeri, C<sub>3</sub>S/C<sub>2</sub>S oranı) literatürde verilen sonuçlarla tamamen ters sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların ışığında, çökme değerini belirleyen baskın faktörün özgül yüzey ve alkali içeriği olduğu görülmüştür. Bu durum, Jiang ve arkadaşları [1] tarafından kanıtlanan optimum bir alkali içeriği için işlenebilirliğin C<sub>3</sub>A miktarından bağımsız olduğu fikrini destekler niteliktedir.

Tablo 4'de hava içeriğinin ve birim hacim ağırlığının kullanılan çimento ve katkı tipine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi, en yüksek oranda hava içeriği LNA katkısı ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. NSA ve PSA katkıları ile üretilen betonlar için bulunan hava içerikleri de kontrol karışımının üzerindedir. Kullanılan çimentonun etkisi, özellikle LNA katkısı ile üretilen betonlarda daha belirgin bir şekilde görülmüştür. LNA katkılı C çimentosu ile üretilen betonlarda %4 oranında hava bulunurken, A çimentosu ile üretilen betonlarda bu oran



%2.9'dur. Diğer katkıların kullanımı da hava miktarını etkilemiştir. Bu durum, kullanılan katkıların yanında, kullanılan çimentonun da beton içerisindeki hava miktarını etkileyeceğini göstermiştir. Karışımların birim hacim ağırlığı, kullanılan katkıların su kesme kabiliyeti arttıkça artmaktadır.

Tüm karışımların 1, 3, 28 ve 90 günlük basınç dayanımları ve kontrol karışımına göre bağıl dayanımları Tablo 5'te verilmiştir. Beklendiği üzere, kullanılan kimyasal katkıların su kesme kabiliyeti arttıkça dayanımların arttığı görülmektedir. 1. günde en düşük bağıl dayanım değerleri A çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Bu fark, özellikle PSA katkısı ile üretilen betonlarda daha fazladır. Bağıl dayanımlar açısından en düşük 3 günlük dayanımlar, A çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Basınç dayanımları açısından incelediğimizde ise, kontrol betonları, LNA ve NSA katkılı betonlar için A çimentosu ile üretilen betonların basınç dayanımları B ve C çimentosu ile üretilen betonlara kıyasla daha yüksektir. A çimentosu ile üretilen betonların basınç dayanımlarının daha yüksek olması, bu çimentonun inceliğinin ve C<sub>3</sub>S oranının diğer çimentolara kıyasla daha yüksek olması ile ilişkilidir. Ancak, bu durum PSA katkılı betonlar için tam tersi olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, 28 ve 90 günlük bağıl dayanımların her üç çimento ve katkı için yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir. Basınç dayanımları da 28. ve 90. günde yaklaşık olarak eşittir. Sonuç olarak, kimyasal katkıların bağıl dayanımlar üzerindeki etkisinin erken yaşlarda çimento tipine bağılı olarak değiştiği, ancak ileri yaşlarda bu farkın ortadan kalktığı söylenebilir.

**Tablo 5. Tüm karışımların 1, 3, 28 ve 90 günlük basınç dayanımı ve bağıl dayanımı**

Çimento	Karışım	Basınç Dayanımı (MPa)			
		1 gün	3 gün	28 gün	90 gün
A	KONTROL	12.3 (100)	21.1 (100)	36.1 (100)	40.8 (100)
	LNA	13.5 (110)	26.3 (125)	44.1 (122)	49.5 (121)
	NSA	15.6 (127)	27.5 (130)	44.8 (124)	48.5 (119)
	PSA	16.3 (133)	42.2 (200)	57.3 (159)	62.3 (153)
B	KONTROL	7.4 (100)	17.6 (100)	36.3 (100)	38.0 (100)
	LNA	11.0 (149)	26.9 (153)	43.4 (120)	48.0 (126)
	NSA	11.0 (149)	26.9 (153)	44.6 (123)	46.9 (123)
	PSA	20.0 (270)	41.5 (236)	55.2 (152)	59.2 (156)
C	KONTROL	8.6 (100)	17.6 (100)	34.6 (100)	38.3 (100)
	LNA	10.0 (116)	23.8 (135)	40.3 (116)	46.5 (121)
	NSA	11.9 (138)	26.9 (153)	41.7 (121)	46.8 (122)
	PSA	16.9 (196)	42.0 (239)	54.7 (158)	61.3 (160)

\* Parantez içindeki değerler, katkılı betonlar için kontrol karışımına göre bağıl dayanımları ifade etmektedir.

---

## SONUÇ

En yüksek çökme değeri, hem kontrol betonlarında hem de katkıli betonlarda özgül yüzey alanı en düşük olan C çimentosunda elde edilmiştir. Başlangıç çökme değerinin çimentonun inceliği ve alkali içeriğinin bir fonksiyonu olduğu görülmüştür.  $C_3A$ ,  $C_4AF$  ve  $SO_3$  bileşenlerinin etkisinin, bu etkiler yanında minör kaldığı anlaşılmıştır. Bu durum, Jiang ve arkadaşları tarafından kanıtlanan, optimum bir alkali içeriği için işlenebilirliğin  $C_3A$  miktarından bağımsız olduğu fikrini destekler niteliktedir.

Kimyasal katkı kullanımı ile betonların hava içeriği artmıştır. En yüksek hava oranı linyosülfonat esaslı modifiye süper akışkanlaştırıcı (LNA) ile üretilen betonlarda bulunmuştur. Ayrıca, katkıli betonlarda, özellikle de linyosülfonat esaslı kimyasal katkı içeren betonlarda, betonun hava içeriği üzerinde, kullanılan çimentonun kompozisyonunun da önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Üretilen betonların birim hacim ağırlığı, kimyasal katkı kullanımı ile su/çimento oranının azalması nedeniyle artmıştır. Bu artış, polikarboksilat esaslı süper akışkanlaştırıcı (PSA) katkı kullanımı ile %3 değerine kadar ulaşmıştır.

Erken yaşlarda en yüksek basınç dayanımı, inceliği ve  $C_3S$  oranı diğer çimentolara kıyasla daha yüksek olan A çimentosu ile üretilen betonlarda elde edilmiştir. Ancak ileri yaşlarda bu etki ortadan kaybolmuştur.

Kimyasal katkının bağıl basınç dayanımı üzerindeki etkisinin erken yaşlarda çimento özelliklerinden önemli ölçüde etkilendiği, ancak zamanla bu etkinin azaldığı görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan çimentoların temininde sağladıkları katkıdan ötürü, Çimentaş, Batisöke ve Batıçim Batı Anadolu çimento fabrikalarına, kimyasal katkıların temininde sağladıkları katkıdan dolayı KONSAN firmasına teşekkür ederiz.

---

---

## KAYNAKLAR

1. Jiang S., Kim B.K., Aïtcin P.C., "Importance of Adequate Soluble Alkali Content to Ensure Cement-Superplasticizer Compatibility", *Cem. Concr. Res.* 29, 1999, 71-78.
2. Ramachandran V.S. (Ed.), *Concrete Admixtures Handbook*, Noyes Publications, New Jersey, USA, 1995.
3. Huynh H.T., "La Compatibilite Ciment-Adjuvant. Etude Bibliographique", *Bulletin des Laboratoire des Ponts et Chaussees*, No. 206, November-December, pp. 63-74.
4. Jawed I., Skalny J., "Alkalis in Cement: a review", *Cem Concr Res* 8, 1978, pp. 37-51.
5. Tagnit-Hamou A., Baalbaki M., and Aïtcin P.C., 9th International Congress on the Chemistry of Cement, New Delhi, V, 1992, pp. 21-25,
6. Nawa T., Eguchi H., Fukaya Y., 3<sup>rd</sup> International Conference on Superplasticizers, Ottawa, SP119-21, 1989.
7. Uchikawa H., Uchida S., Ogawa K., Hanehara S., "Influence of CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O, CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O, and CaSO<sub>4</sub> on the Initial Hydration of Clinker with Different Burning Temperature", *Cem. Concr. Res.* 14, 1984, pp. 645-656.
8. Uchikawa H., "Hydration of Cement and Structure Formation and Property of Cement Paste in the Presence of Organic Admixture", *Conference in Tribute to Micheline Moranville Reguard at Beton Canada Conference, Sherbrooke, Canada, 1994*, pp. 63-117.
9. Boragafio, J. R. and Macias, "A., Rheological Properties of Cement Mixes Containing Different Organic Dispersants", 9th Inter. Cong. Chem. Cements, (IV), New Delhi, 1992, pp. 557-563.
10. Chandra S., Björnström J., "Influence of Cement and Superplasticizers Type and Dosage on the Fluidity of Cement Mortars-Part I", *Cem. Concr. Res.* 32, 2002, pp. 1605-1611.
11. Perenchio W.F., Whiting D.A., Kantro D.L., "Water Reduction, Slump Loss and Entrained Air Void Systems", in: V.M. Malhotra (Ed.), *ACI SP 62*, 1979, pp. 137-156.
12. Bonen D., Sarkar S.L., "The Superplasticizer Adsorption Capacity of Cement Pastes, Pore Solution Composition and Parameters Affecting Flow Loss", *Cem. Concr. Res.* 25 (7), 1995, pp. 1423-1434.
13. Asakura, E., Yoshida, H., and Nakae, H., "Influence of Superplasticizer on Fluidity of Fresh Cement Paste with Different Clinker Phase Composition", 9th Int'l. Cong. Chem. Cements, New Delhi, India, (IV), 1992, pp. 570-576.
14. Rixom M.R., Waddicor J., "Role of Lignosulfonates as Superplasticizers", *International Conf. on Developments in the Use of Superplasticizers, SP-68, Amer. Concr. Inst.*, 1981, pp. 359-379.
15. Basile F., Biagini S., Ferrari G., Collepari M., "Influence of Different Sulfonated Polymers on the Fluidity of Cement Paste", *ACI SP-119*, 1989, pp.209-220.

