



## Betonda silis dumanı ve polipropilen lif kullanımının beton özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi

Betül Sümer<sup>1\*</sup>, Mehmet Sarıbıyık<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Bölümü, SAKARYA

*19.07.2012 Geliş/Received, 22.01.2013 Kabul/Accepted*

### ÖZET

Betonların bazı özelliklerini iyileştirmek için çeşitli mineral katkıları ve lifler kullanılmaktadır. Bunlardan birisi silis dumanıdır. Betona optimum miktarda silis dumanı eklenmesi hidrasyon ısısını düşürmesi, yüksek hedef dayanımı ve düşük permeabilite sağlaması, alkali silika reaksiyonunu ve sülfat etkisini kontrol altına alması gibi birçok yararlar sağlamaktadır. Silis dumanı katkısı agrega-hamur ara yüzey bölgesini sıkılaştırarak daha boşluksuz ve daha mukavemeti yüksek betonlar elde edilmesini sağlar. Buna karşın silis dumanının işlenebilirliği düşürmesi gibi olumsuz etkileri de vardır. Betondaki optimum silis dumanı miktarı bu etkilerin göreceli değerlerine bağlı olarak belirlenir ve çimento, agrega, akışkanlaştırıcı katkı tipi ve miktarları ile bakım koşulları gibi faktörlerden de etkilenir. Polimer liflerden betona katılan ve en iyi sonucu veren ve en yaygın kullanılan polipropilen liflerdir. Polipropilen lif betonun içinde üç boyutlu bir mikro donatı ağı oluşturarak, betonda doğal olarak varlığı kabullenilen eksiklik ve zaafı azaltıp betonun bazı özelliklerini iyileştirebilirler. Bu çalışmada endüstriyel bir atık malzeme olan silis dumanının saha betonunda kullanımının beton özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve silis dumanının beton üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirmek için polipropilen lif katılarak beton özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton teknolojisi, Endüstriyel Atık, Silis Dumanı, Polipropilen Lif.

## Investigation of polypropylene fiber effect to the silica fume concrete

### ABSTRACT

Some of the characteristics of concretes of a variety of mineral additives to improve and participate in threads. The optimum amount of heat of hydration to reduce the addition of silica fume concrete, high strength and low permeability to provide the target, the effect of alkali-silica reaction and sulfate provides many benefits like getting under control. Optimum silica fumes may be added to concrete, high strength and low heat in the hydration destination, alkali silica reaction and to provide permeability under control provides many benefits such as receiving the effect of sulfate. Search surface area silica fumes contribution aggregates-paste without spaces and more than high strength concretes. However, there are also negative effects such as silica exposure by being streamed. The amount of the relative values of these effects optimum silica smoke and cement, aggregates, is determined based on the type and quantities such as the terms of maintenance with plasticizer additive factors are also affected. Polymer fibers, giving the best results and to participating in, and the most widely used polypropylene fiber blends. Polypropylene fiber concrete in three dimensions by creating a micro accessory network, reduce the deficit and the presence of natural concrete to be pumped some properties. In this study, exposure to silica, which is a waste material in the industrial field on the properties of concrete betonunda and silica exposure by joining concrete to improve the effects of the adverse effects on properties of polypropylene fiberconcrete.

**Keywords:** Concrete Technology, Industrial Waste, Silica Fume, Polypropylene Fibers.

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Beton sürekli çimento hamuru ile dağılı agrega fazı ile bu iki fazın temas yüzeyinin oluşturduğu arayüz fazından meydana gelen kompozit bir malzemedir [1]. Bu haliyle beton son yıllarda en çok kullanılan en önemli ve popüler yapı malzemesidir [2-11]. Türkiye'deki yapı üretiminin %90'ının betonarme taşıyıcı sistem olarak gerçekleştirildiği bilinmektedir [12]. Bu durumda, betonarme ve yapı malzemelerine ilişkin bilgilerin önemi artmaktadır.

Beton katkı maddeleri; su, agrega ve çimento dışında betonlara çimento kütlelerinin % 5'ini geçmemek üzere, katılan organik ve inorganik kimyasal maddelerdir. Çimentonun sahip olduğu özellikleri, iyi yönde ve belirli bir ölçüde değiştirmek amacı ile beton üretilirken veya üretildikten sonra katılarak taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini geliştirirler.

Mineral ve kimyasal olarak iki guruba ayrılırlar. Kimyasal katkılar betonun akışkanlığının artırılması, erken ve yüksek dayanıma ulaşılması, geçirimsizliği ve dona dayanımının sağlanması yanında priz sürelerini değiştirmek gibi amaçlarla kullanılmaktadırlar. Akışkanlaştırıcılar, uygulamada su/çimento oranını azaltarak daha yüksek dayanım kazanabilmek, kütle betonlarında hidratasyon ısısını düşürmek için çimento miktarının azaltılması veya aynı işlenebilmeyi sağlayabilmek ve kolay yerleşmeyi sağlamak amacıyla kullanılmaktadırlar. Akışkanlaştırıcılar su içerisinde eriyen boşluklu kimyasal dizilişleri ile suyun yüzey gerilimini düşüren organik maddelerdir ve beton içine hava sürükleyerek çimento topaklaşmasını önleyerek etkili olmaktadır. Su indirgeyiciler negatif elektriksel yüke sahip olup, su yüzeyinde hareket etme eğilimindedirler. Su ve çimento reaksiyona girdiğinde çimento taneleri su moleküllerini çevreleyerek flokül bir yapı oluştururlar. Suyun bu şekilde kapanması istenen akışkanlığa ulaşabilmek için daha fazla su ilavesini gerektirir. Akışkanlaştırıcı madde ilave edildiğinde çimento tanecikleri tarafından adsorbe edilerek negatif yüklü katkı partikülleriyle birleşirler ve aynı yüklü olduklarından birbirlerini iterler. Sonuçta kapanmış olan su açığa çıkar. Katkının defloküller etkisi sonunda çimento flokülleşmesi önlenmekte ve açığa su çıkmaktadır. Bu maddelerin topaklaşmayı önlemeleri ve aynı zamanda tanelerin birbiri üzerinde kaymalarını kolaylaştırarak yağlayıcı etki göstermeleri betonun iç sürtünmesini azaltmakta ve işlenebilirliği artırmaktadır.

Çok düşük sıcaklıklarda yüksek kalitede beton dökümünü sağlayan özellikle hafif don halinin gün boyu devam ettiği durumlarda, gece boyunca don olması ve ani sıcaklık düşüşü beklenen hallerde, dondan koruyan katkı

kullanılmaktadır. Beton antifrizi olarak kullanılan bu katkıların özeliği betonun donma noktasını düşürmeleridir. Antifriz sıvısı olarak çoğunlukla alkol, alkol esaslı sıvılar ve etilen glikol kullanılmaktadır. Etilen glikol cinsi bir antifriz suyun içine edildiğinde oluşan çözeltinin birim yüzeyindeki su molekülü sayısı dolayısıyla da buhar faza geçen su molekülü miktarı azaltılmaktadır. Kolligatif özellik olarak bilinen bu durumda suyun buhar basıncı buna paralel olarak da suyun donma noktası düşmekte, suyun buharlaşma ısısı yükselmektedir.

Katkının cinsi ve miktarı donma noktasındaki değişimi etkilemektedir. Kullanılan katkının su miktarını artırmadan işlenebilirliği artırdığı, işlenebilirliği azaltmadan su miktarını azalttığı ve dona karşı dayanımı ve basınç dayanımını artırdığı belirtilmektedir. Kışın – 10°C ısıya kadar beton dökümünde kalıp ve donatı suya, kara ve buza karşı korunarak gerektiğinde ısıları önceden 0°C'ye getirilerek ve beton ısı en az 5°C' de tutularak kullanılması öngörülmektedir.

Bu gün beton sektöründe birçok değişik katkı maddesi kullanılmaktadır. Bunlar sektörün hizmetini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Bundan dolayı beton katkıları, beton bileşenleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır.

Beton katkı maddeleri taze betonun işlenebilme, kıvam, su ihtiyacı ve priz süreleri gibi özelliklerini istenildiği yönde değiştirmek, terlemesini azaltmak için kullanılmaktadır. Taze betonun özellikleri, başta dayanım ve dayanıklılık olmak üzere, sertleşmiş betonun tüm özelliklerini ve ekonomikliğini etkilemektedir.

Katkı maddeleri kullanarak gerek ilk günlerde ve gerekse nihai olarak daha yüksek beton dayanımı elde edilmektedir. Ayrıca, beton katkı maddelerinin kullanımları ile sertleşmiş betonun çevreden veya ortamdan kaynaklanan yıpratıcı etkenlere karşı (donma-çözülme olaylarına, aşınmaya, alkali-agrega reaksiyonuna ve sülfat hücumlarına, korozyona diğer yıpratıcı etkenlere karşı) daha dayanıklı olabilmesi sağlanmaktadır.

Bilindiği gibi betonların daha dayanımlı ve daha geçirimci olması için çeşitli puzolonik maddeler kullanılmaktadır. Bunlardan biride silis dumanıdır. Ayrıca betonun çekme dayanımı zayıf olduğundan çekme dayanımını arttırmak amacı ile çeşitli lifler kullanılmaktadır. Bu çalışmada da silis dumanının betonun basınç dayanımına etkilerinin araştırılması ve hava alanı betonları, yol betonları gibi, yüzey alanı fazla olan betonlarda yüzeyde oluşacak çekme gerilmelerinden dolayı betonun çatlamasının önlenmesinde Polipropilen Liflerin etkinliğinin araştırılması

amaçlanmıştır. Bu nedenle C25/30 betonu karışımı yapılarak katkısız beton üretimi yapılmıştır. Bu beton karışımına çeşitli oranlarda silis dumanı ve polipropilen lifler katılarak silis dumanlı ve lifli betonlar üretilmiştir. Bu betonlar üzerinde basınç dayanım, su emme ve çekme deneyleri yapılmıştır.

## 2. KULLANILAN MALZEMELER (METARIALS USED)

Deneysel çalışmalarda beton üretimine giren agregalar Sakarya bölgesinden sağlanan (0-4 mm) Kum , (4-12mm) kırmataş ve PÇ42.% N çimento kullanılmıştır. Süper Akışkanlaştırıcı olarak Sikacret PP1-H12 kullanılırken, Polipropilen lif olarak ta (polimerize Olofin) kullanılmıştır. Agregaların özellikleri Tablo1’de, Polipropilen liflerin özellikleri Tablo 2’de, Çimentonun ve Silis dumanının özellikler Tablo 3’de verildiği gibidir.

Tablo 1. Agregaların Özellikleri(Properties of aggregates)

Malzeme	Elekten Geçen %							Özgül ağırlık kg/dm <sup>3</sup>
	16	8	4	2	1	0.5	0.25	
Kum(0-4)	10	10	10	80	65	50	33	2.65
1No Mıdır (4-12)	10	55	32	2	0	0	0	2.72

Tablo 2. Polipropilen Liflerin Özellikleri(Properties of Polypropylene Fibers)

Malzeme Sembolü	MF20
Uzunluk (mm)	20
Çap (µ)	34
Malzeme	Polimerize olefin
Yoğunluk	0,910 g / cm <sup>3</sup>
Erime noktası	160°C - 170°C
Renk	Beyaz
Çekme dayanımı	300 - 400 N / mm <sup>2</sup>
Kimyasal dayanım	Mükemmel

Tablo 3. Çimento ve Silis dumanının Özellikleri(Properties of cement and silica fume)

Bileşen	Çimento %	Silis Dumanı %
SiO <sub>2</sub>	20.63	94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.41	0.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.71	1.2
CaO	63.64	0.8
MgO	1.24	1.3
SO <sub>3</sub>	2.98	
Cl <sup>-</sup>	0.04	
Kızdırma Kaybı	1.25	0.7
K <sub>2</sub> O	0.91	0.9
Na <sub>2</sub> O	0.23	0.3
Serbest kireç CaO	1.1	
Fiziksel Özellikleri		
Özgül ağırlık	3.12	
İncelik (Blaine ) (cm <sup>2</sup> /g)	3545	

## 2.2. Beton Karışım Hesapları(Concrete Mixing Calculations)

Yukarıda özellikleri verilen agrega ve çimento kullanılarak C25/30 şahit beton karışım oranları hesaplanmıştır. Hesaplarda çökme değeri 15 cm sabit tutulmaya çalışılmıştır. Çimento miktarı 250 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Teorik malzeme miktarları kullanılarak su miktarı 15 cm lik çökmeye göre ayarlanmıştır. Daha sonra şahit beton için belirlenen miktarlara çimentonun %5, %10,ve %15 oranında silis dumanı ilave edilerek betonlar üretilmiştir. Üretilen silis dumanlı betonlardan % 10 silis dumanı ilaveli beton karışımlarına % 01, % 05 ve % 1 oranında polipropilen lif ilave edilerek betonlar üretilmiştir.Lif miktarı çimento hacmi yerine konulmuştur. Her seriden 6 adet 10 cm lik küp numuneler ve 1 adet 30x30x10 cm’ lik plak numuneler üretilmiştir. Her karışımda 20 lt beton üretilmiştir..

Üretilen betonlarda kullanılan malzeme miktarları ve kodlama aşağıda Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. 1 m<sup>3</sup> 'e Giren Malzeme Miktarları ve Beton Kodlamaları(Concrete encodings and Substitution Metarial to 1 m<sup>3</sup> concrete)

Numune Cinsi	Numune Kodu	Çimento (kg)	Kum (kg)	I No kırma taş (kg)	Su (kg)	Silis Dumanı (kg)	Polipropilen Lif(kg)
Şahit Beton	ŞB	250	912	1070	175	0	0
% 5 Silis Dumanlı Beton	ŞBS5	250	912	1070	180	12.5	0
%10 Silis Dumanlı Beton	ŞBS10	250	912	1070	190	25.0	0
%15 Silis Dumanlı Beton	ŞBS15	250	912	1070	205	37.5	0
%15 Silis Dumanlı %0.1 Polipropilen Lifli Beton	ŞBS15 P.01	250	912	1070	195	25.0	0.9
%15 Silis Dumanlı %0.5 Polipropilen Lifli Beton	ŞBS15 P.05	250	912	1070	207	25.0	4.5
%15 Silis Dumanlı %1 Polipropilen Lifli Beton	ŞBS15 P.10	250	912	1070	210	25.0	9

### 2.3. Deneilerin Yapılması ve Sonuçlarının İrdelenmesi(Making experiments and analysis of the results)

Üretilen plak numuneler oda sıcaklığında saklanarak yaklaşık 90 gün boyunca takip edilmiştir. Bu süreç içerisinde betonların yüzeylerinde herhangi bir nedenle çatlak olup olmayacağı gözlenmiş, ancak herhangi bir yüzeysel çatlak oluşmadığı belirlenmiştir. Genelde yüzey alanı büyük olan betonlarda sıcaklık ve su kaybı nedeniyle çekme gerilmelerinin oluşması nedeniyle yüzeysel çatlaklar görülebilmektedir. Çalışmamızda yüzeysel çatlak görülmesi ve bunların polipropilen liflerle önlenmesinin mümkün olduğunu görmek amaçlanmıştır. Ancak deneysel çalışmalarımızın sonbahar ve kış aylarına rastlaması bunu engellediği görülmüştür. Ancak betonlarda silis dumanı ve polipropilen liflerin etkisini görmek için üretilen betonlar üzerinde basınç, su emme ve eğilme deneyleri yapılmıştır.

Küp numuneler üzerinde 28 gün sonra yapılan basınç ve su emme deneyleri yapılmıştır ve sonuçları Tablo 5. ve Tablo 6.' da verildiği gibi saptanmıştır. Plaklar ikiye bölünerek 15x30x10 cm lik çubuklar üzerinde eğilme

deneyleri yapılmış bulunan değerler Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 5. Beton basınç dayanımları(Compressive strength of concrete)

Numune NO	Kırılma Yüğü (N)	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
Şahit Beton	229500	22.90	23.65
	272800	27.28	
	207600	20.76	
% 5 Silis Dumanlı Beton	313400	31.34	29.27
	293000	29.30	
	271800	27.18	
% 10 Silis Dumanlı Beton	300400	30.00	31.98
	372400	37.20	
	287500	28.75	
% 10 Silis Dumanlı % 0.1 Polipropilen Lifli Beton	342900	34.29	34.09
	315900	31.59	
	363900	36.39	
% 10 Silis Dumanlı % 0.5 Polipropilen Lifli Beton	350400	35.04	33.45
	327200	32.72	
	324600	32.46	
% 10 Silis Dumanlı % 1 Polipropilen Lifli Beton	308000	30.80	30.60
	317000	31.70	
	293000	29.30	

Tablo 6. Betonların su emme değerleri(Water absorption values of concretes)

Numune NO	Kuru ağırlığı (gr)	Su emmiş ağırlığı (gr)	Emilen su Miktarı (gr)	Ağırlıkça Su Emme oranı %	Ortalama Ağırlıkça Su Emme oranı %
Şahit Beton	22	22	52	2.34	2.61
	20	72			
	23	24	64	2.67	
	96	60			
	21	22	62	2.82	
% 5 Silis Dumanlı Beton	96	58			2.06
	22	22	48	2.15	
	32	80			
	23	24	48	2.04	
	56	04			
% 10 Silis Dumanlı Beton	22	22	44	1.98	1.70
	18	62			
	23	23	38	1.65	
	04	42			
	23	24	40	1.67	
% 10 Silis Dumanlı % 0.1 Polipropilen Lifli Beton	94	34			2.03
	22	23	40	1.77	
	60	00			
	22	22	50	2.23	
	44	90			
% 10 Silis Dumanlı % 0.5 Polipropilen Lifli Beton	22	22	44	2.00	2.06
	04	48			
	23	23	44	1.87	
	48	92			
	22	22	50	2.26	
% 10 Silis Dumanlı % 1 Polipropilen Lifli Beton	16	66			2.18
	23	23	46	1.96	
	42	88			
	22	22	44	1.97	
	30	74			
% 10 Silis Dumanlı % 1 Polipropilen Lifli Beton	22	23	53	2.31	2.18
	92	45			
	22	23	50	2.22	
	52	02			
	23	24	48	2.01	
	86	38			

Tablo 7. Betonların eğilme deneyi sonuçları(Bending test results for concretes)

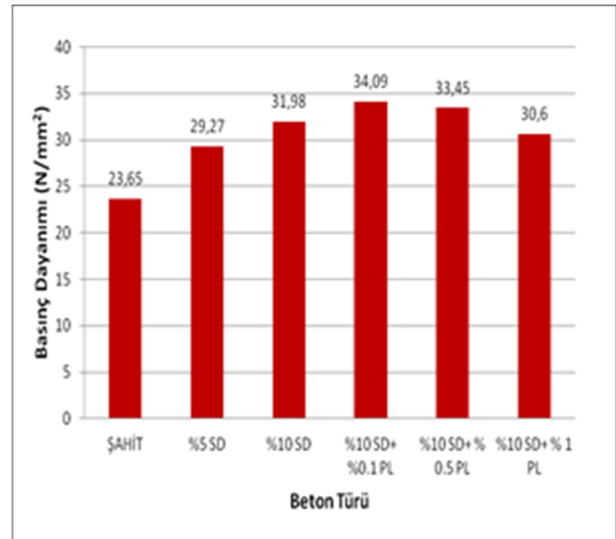
Numune NO	Açıklık L (cm)	Eni b (cm)	Kalınlık h (cm)	Eğilme Yüğü P (kg)	$\sigma=3PL/2bh^2$ (N/mm <sup>2</sup> )	Ortalama Eğilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
Şahit Beton (k1)	25	15	10	1800	4.50	4.38
	25	15	10	1700	4.25	
% 5 Silis Dumanlı Beton (k2)	25	15	10	2050	5.13	4.82
% 10 Silis Dumanlı Beton (k3)	25	15	10	1800	4.50	5.19
	25	15	10	1950	4.88	
% 10 Silis Dumanlı %0.1 Polipropilen Lifli Beton (L1)	25	15	10	2200	5.50	5.70
	25	15	10	2200	5.50	
% 10 Silis Dumanlı %0.5 Polipropilen Lifli Beton (L2)	25	15	10	2300	5.75	6.09
	25	15	10	2450	6.13	
% 10 Silis Dumanlı %1 Polipropilen Lifli Beton (L3)	25	15	10	2450	6.13	4.84
	25	15	10	1900	4.75	
	25	15	10	2050	5.13	

Deneylerin yapıları ile ilgili resimler Şekil 1 'de verildiği gibidir. Lif konulmamış betonlarda çatlaktan sonra yük taşıması sona ermiştir. Kiriş iki parça halinde parçalanmıştır. Lifli kiriş kırılmasında çatlak büyümesine karşılık yükleme tablasında yük birden sıfıra düşmemiş, yük taşımaya devam etmiştir.



Şekil 1. Lifsiz kiriş eğilme deneyi(Lint-free beam bending test)

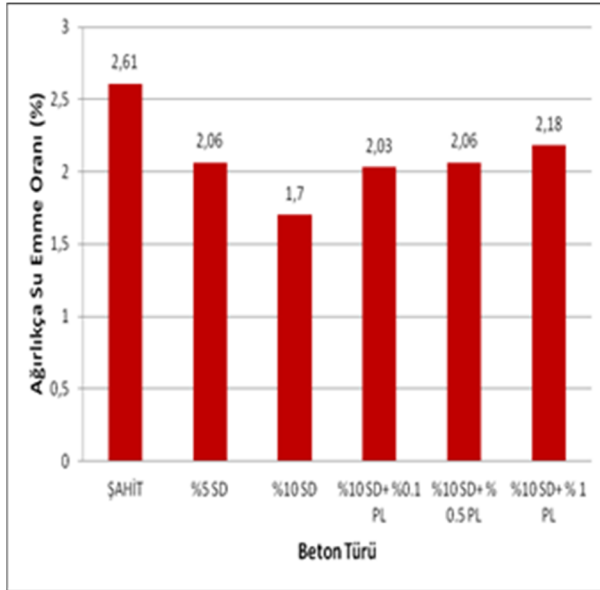
Deneyde elde edilen sonuçlar incelendiğinde betonlarda silis dumanının kullanılması olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Genelde % 10 Oranında silis ilaveleri yeterli olmaktadır. Daha fazla silis kullanımı uygun olmamaktadır. Çünkü silis dumanı miktarı arttıkça işlenebilirlik azalmaktadır. İşlenebilirliği arttırmak için akışkanlaştırıcı kullanılmaktadır. Aynı zamanda silis dumanının maliyeti çimentodan daha fazladır bu nedenle silis dumanı oranı arttıkça maliyette artmaktadır. Bu sebeple silis dumanı deneylerde en fazla %10 oranında katılmıştır. Çalışmamızda silis dumanının artmasıyla basınç dayanımlarının arttığı ve su emmelerin azaldığı, dolayısıyla geçirimsizliğin arttığı görülmüştür. (Şekil 1. Şekil 2.)



Şekil 2. Basınç dayanımlarının değişimi (Change in compressive strength)

Elde edilen basınç dayanımları analiz edilmiş ve grafiklerde farklı oranlarda silis dumanının ve

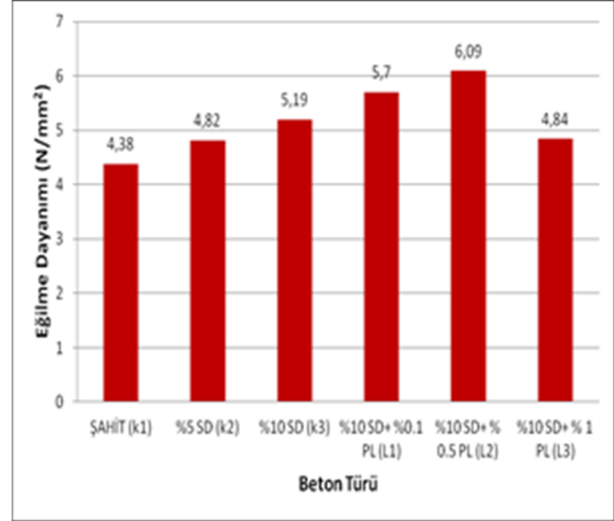
polipropilen lifin betona katılmasıyla, basınç dayanımında meydana gelen değişiklikler izlenmiştir. %0.1 %0.5 ve %1 Polipropilen lifle güçlendirilmiş % 10 silis dumanı içeren betonların basınç dayanımlarının tayini 28 günlük küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Şekil 2' deki grafikte görüldüğü gibi polipropilen lif ve silis dumanı miktarı arttıkça basınç dayanımlarının artmıştır. % 5 ve % 10 Silis dumanı katkılı betonların basınç dayanımları şahit betona kıyasla yaklaşık sırasıyla % 23 ve %35 oranlarında artmıştır. En yüksek basınç dayanımını % 10 silis dumanı katkılı betonda görüldüğü için polipropilen lif % 10 silis dumanı katkılı betona %0.1, % 0.5 ve %1 oranlarında katılmıştır. Polipropilen lifin basınç dayanımına etkisi şahit betona kıyasla yaklaşık sırasıyla % 44, %41 ve %30 oranlarında artış görülmüştür. Polipropilen lif arttıkça basınç dayanımının azaldığı görülmektedir. Çünkü polipropilen lif oranı arttıkça buna bağlı olarak işlenebilirlik azalmakta ve matris bazında homojen bir karışım sağlanmadığından betondaki kusurlar artabilmektedir. Ancak polipropilen liflerin miktarı arttıkça daha sünek davrandığı patlamadıkları ve basınç altında da enerji yutma özelliğinin arttığı görülmüştür.



Şekil 3. Betonlarda su emme oranının değişimi (Change in the rate of water absorption of concrete)

Silis dumanı ve polipropilen lifle güçlendirilmiş betonların su emme oranlarının tayini 28 günlük küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Silis dumanı miktarı arttıkça su emme oranlarının azaldığı polipropilen lif miktarı arttıkça su emme oranlarının arttığı görülmüştür. (Şekil 3.) %5 ve % 10 silis dumanı katkılı betonların su emme oranlarına etkileri şahit betona kıyasla sırasıyla yaklaşık %21 ve %35 oranlarında azalma görülmüştür. % 10 silis dumanı katkılı betona %0.1, %0.5 ve %1 oranlarında polipropilen lif katılmış ve su emme

oranlarına etkileri %10 silis dumanı katkılı betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %20, %21 ve %28 oranlarında artış ve şahit betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %22, %21 ve %15 oranlarında azalma görülmüştür.



Şekil 4. Eğilme dayanımlarının değişimi (Change in flexural strength)

Polipropilen liflerle güçlendirilmiş ve silis dumanı katkılı betonların eğilme dayanımı deneyleri 30x30x10 cm'lik plak numuneler ortandan ikiye bölünerek 15x30x10 cm'lik çubuklar üzerinde yapılmıştır. %5 ve %10 silis dumanı katkılı betonların eğilme dayanımları şahit betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %10 ve %18 oranlarında artış görülmüştür. En fazla eğilme dayanımı %10 silis dumanı katkılı betonda görülmüş ve %10 silis dumanı katkılı beton %0.1, %0.5 ve %1 oranlarından polipropilen lif katılmıştır. Polipropilen lif ve silis dumanı katkılı betonların eğilme dayanımları şahit betona kıyasla sırasıyla yaklaşık olarak %30, %39 ve %10 oranlarında artış görülmüştür. (Şekil 4.) Silis dumanı ve polipropilen lif miktarı arttıkça eğilme dayanımının arttığı görülmektedir. Ancak % 1 oranında lif kullanımının betonun sıkıştırılmasını zorlaştırdığı için uygun olmadığı görülmüştür. Eğilme dayanımını etkileyen faktörler, lifin şekli, lif görünüm oranı, lif hacmi, deney numunesi boyutları ve liflerin beton içerisindeki dağılımları ve esas olarak betonla lif arasındaki aderans gerilmesinin artırılmasıdır.

Betonlarda lif kullanımının %0.1 ve %0.5 oranında kullanılmasının basınç dayanımlarını arttırdığı ve su emme oranlarını azalttığı saptanmıştır. Plaklarda yüzeysel çatlaklarını önlemesi de olasıdır. Çünkü yapılan eğilme deneylerinde eğilme dayanımlarının arttığı saptanmıştır. % 1 oranında lif kullanımının betonun sıkıştırılmasına olumsuz katkısı olduğundan uygun olmayacağı görülmüştür.

Silis dumanı katkılı betonlarda su emme oranı azaldıkça eğilme ve basınç dayanımlarının arttığı görülmektedir. Polipropilen lif ve silis dumanı katkılı betonlarda ise su emme oranı azaldıkça eğilme dayanımının arttığı görülmüş fakat %10SD+%1PL katkılı betonda su emme oranında artış eğilme dayanımında azalma görülmüştür.

### **3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (CONCLUSION AND EVALUATION)**

Deneysel çalışmaların ışığı altında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Silis dumanının ince olması nedeniyle yapılan deneylerde de görüldüğü gibi su ihtiyacı aynı çökme değeri için artmıştır. Çok ince madde olan silis dumanı betonun en küçük boşluklarını doldurmada ve betonu iyileştirmektedir. Ancak silis dumanı betonlarda fazla su nedeniyle kusmanın fazla olması ve sıcak havalarda buharlaşma hızının çok olması yüzeysel çekme gerilmeleri nedeniyle çatlaklar olmaktadır. Bu yüzey alanı büyük olan hava alanı gibi betonlarda olmaması istenir ve çeşitli tedbirler alınır. Bunlardan biride lif kullanımıdır. %10 silis dumanı katkılı betonlara %0.1, %0.5 ve %1 oranlarında polipropilen lif katılmış ve su ihtiyacı aynı çökme değeri için artmıştır. Farklı dozlarda ve değişik katkı içeriklerinde hazırlanan numunelerde kontrol karışımına kıyasla, karışım suyu %2 ile %20 arasında artmıştır.

2. Silis dumanı aşırı ince malzeme olmasından dolayı su ihtiyacını arttırmaktadır. Silis dumanlı betonların işlenebilmesi azdır. Betona katılan silis dumanının oranı çimento ağırlığının %5'inden daha yukarılara çıktıkça, beton daha yapışkan olmakta, yüzey düzeltme işlemlerinde kullanılan malzemelere yapışarak güçlük çıkarmaktadır. Polipropilen lif kullanımında işlenebilirliği azalttığı görülmüştür. Bu nedenle yapılan deneylere işlenebilirliği arttırmak için süper akışkanlaştırıcı katılmıştır.

3. Silis dumanı ve polipropilen lif kullanımı katkı içeriğine bağlı olarak şahit numunelerine nazaran basınç dayanımında %23 ile %44 arasında artış sağlamıştır. %10 silis dumanına % 0.1 ve %0.5 oranında katılan polipropilen lifler basınç dayanımını arttırmış fakat %1 polipropilen lif oranında artan lif hacimleri ile beton basınç dayanımını azaltma eğiliminde olduğu görülmüştür.

4. Eğilme dayanımı sonuçlarına göre %5 ve % 10 silis dumanı katkılı betonlarda ve %10 SD+%0.1 PL ile %10 SD+%0.5 PL katkılı betonlarda şahit betona kıyasla eğilme dayanımı %10 ile %39 arasında artış görülmüştür. %10SD+%1 PL katkılı betonlarda ise eğilme dayanımında azalma görülmüştür. % 1 oranında

polipropilen lif kullanımı beton karışımına fazla gelmiş ve olumsuz etkileyerek eğilme dayanımını azaltmıştır.

5. Betona katılan silis dumanı artıkça şahit betona kıyasla su emme oranları azalmıştır. %10 silis dumanı katkılı betona belirli oranlarda polipropilen lif katılmış lif oranı artıkça su emme oranının %10 silis dumanı katkılı betona kıyasla arttığı şahit betona kıyasla azaldığı görülmüştür. Polipropilen lifin silis dumanıyla kullanımında, polipropilen lif oranı artıkça silis dumanının su emme oranlarına olan olumsuz etkilerinin azaldığı görülmüştür.

Bu çalışmada da silis dumanlı betonlara lif ilavesinin basınç ve eğilme dayanımını arttırdığı saptanmıştır. Polipropilen liflerin saha betonlarında kullanılmasının uygun olacağı deneysel çalışma ile vurgulanmıştır. Yapılan deneyler sonbahar ve kış aylarına denk geldiği için yüzeysel çatlak olup olmadığı izlenememiştir. Bu deney yaz aylarında yapılarak silis dumanlı betonlara lif ilavesinin betonda yüzeysel çatlakları ne yönde etkilediği görülebilir.

### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1] Çelik, Ö., "Uçucu Kül, Silis Dumanı Ve Atık Çamur Katkılarının Çimento Dayanımlarına Etkileri" Beton 2004 Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı.
- [2] Yeğinoğlu A, 1993. Silis Dumanının Betonda Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu Bildirileri, Ankara, S.149-167.
- [3] Özbek, R., 1998. Silis Dumanının Betonun Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 86s.
- [5] Erbaş, M. (2003) Polipropilen Lifler Ve Betonun Dürabilitesine Etkisi., 5. Ulusal Beton Kongresi, Mmo Yayınları, İstanbul, S.82-86.
- [7] Erdoğan, T.Y.(2003), Beton, Odtü Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim A.S., Ankara. 54 S.
- [9] Türker, S., Balanlı, A., (1992).Yapı Malzemeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, S. 45-72.
- [10] Temiz, H. Ve Yeğinoğlu, A.,1995. "Uçucu Kül Ve Silis Dumanı Katkılı Çimento Hamur Ve Harçlarının Bazı Özellikleri", Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 213-226, İmo, Ankara.
- [11] Yetgin, Ş. Ve Çavdar, A., 2005, Doğal Puzolan Katkı Oranının Çimentonun Dayanım,

- İşlenebilirlik, Katılma Ve Hacim Genleşmesi Özelliklerine Etkisi, Fırat Üniv. Fen Ve Müh. Bil. Der.,17 (4): 687-692.
- [12] Arslan, A. Ve Aydın A.C., 1999, Lifli Betonların Genel Özellikleri, Hazır Beton Dergisi, (36): 67-75.
- [13] Yıldırım, S.T., 2002. Lif Takviyeli Betonların Performans Özelliklerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ, 193s.
- [14] Ünal, B., Köksal, F., Eyyubov, C, 2003. Polipropilen Ve Çelik Liflerin Donma Çözülme Ve Aşınma Dirençlerine Ortak Etkisi. 5. Ulusal Beton Kongresi, Betonun Dayanıklılığı, İstanbul, S.345-354.
- [15] Ünal, B., 2003. Çelik Tel Ve Polipropilen Lif İçerikli Beton Yolların Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 71s.
- [16] Uyan, M., 1985. Lifli Betonların Genel Özellikleri Ve Gelişimi. İnşaat Fakültesi Malzeme Semineri, İstanbul, S.121-132.