

Styropor Katılarak Elde Edilen Betonun Karakteristik Özelliklerinin İncelenmesi

Servet YILDIZ, Ahmet KAYA ve Oğuzhan KELEŞTEMUR

Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 23119, Elazığ.
syildiz@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 14.09.2006; Kabul/Accepted: 27.11.2006)

Özet: Bu çalışmada; beton karışımına styropor ilave edilerek elde edilen hafif betonun karakteristik özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Araştırmada üretilen beton numuneler, katkısız ağırlığından %10, 20, 30 ve 40 oranlarında azalma oluşturacak miktarlarda styropor ilave edilerek hazırlanmıştır. Deneyler, ilgili TS standartları gözetilerek yapılmıştır. Styropor katılarak hazırlanmış beton numuneler üzerinde; basınç dayanımı, elastisite modülü, eğilmede çekme dayanımı ve sürtünme yoluyla aşınma kaybı deneyleri yapılarak elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beton, Styropor, Hafif Beton.

The Investigation of Characteristic Properties of Concrete Produced by Addition of Styrofoam

Abstract: In this study, the effect of styrofoam addition on the characteristic properties of the concrete has been experimentally investigated. The specimens were prepared with the addition of styrofoam amount decreasing 10, 20, 30 and 40% of the weight of the specimen without reinforcement of styrofoam. The tests have been carried out according to the related TS standards. The investigated characteristic properties are the compression strength, elasticity modulus, bending strength and wearing resistance of the concrete.

Keywords: Concrete, Styrofoam, Lightweight Concrete.

1. Giriş

Beton, günümüzde kullanılan en önemli yapı malzemelerinden birisidir. Üretimine kolaylığı, ucuzluğu, servis ömrünün uzun oluşu ve üzerine gelen yüklere karşı dayanımının yüksek oluşu onu en önemli yapı malzemesi durumuna getirmiştir [1].

Geleneksel betonların taşıyıcı özelliklerinin yüksek olmasına karşılık, birim kütlesinin fazlalığı yüksek yapıların inşasında problem olmakta, özellikle temel maliyetini artırmakta, büyük açıklıklarda eğilme elemanları kendi öz kütlesini bile taşıyamaz hale gelmektedir. Diğer taraftan, hafif beton ile üretilmeyen bu geleneksel yapıların depremden de önemli derecede etkilendikleri bilinen bir gerçektir. Bu sebeple taşıyıcı elemanlara gelen yükleri azaltmak için daha hafif malzemeler kullanılmalıdır.

Hafif beton, bağlayıcı çimento hamurunun genleştirilmesi suretiyle ya da sadece geleneksel iri agrega kullanılarak (kumsuz) elde edilebildiği

gibi beton bileşiminde, geleneksel agrega yerine, hafif agrega kullanılarak da elde edilebilir. Bağlayıcı çimento hamurunu genleştirme tekniği, bu hamur içinde hava kabarcıkları oluşturmaktan ibarettir. Ancak özellikle yapı betonu için tek başına kullanılan teknik, hafif agrega kullanmaktan ibarettir. Kullanılabilecek agregalar; pomza, volkanik tüf, volkanik cüruf gibi doğal malzemeler veya genleştirilmiş kil, genleştirilmiş şist, genleştirilmiş perlit, uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi yapay hafif agregalar ve tahıl taneleri gibi bazı organik malzemelerdir [2].

Son otuz yıl içinde, hafif beton kullanımı birçok sanayi ülkesinde özellikle; Belçika, Hollanda, Almanya, İngiltere, A.B.D. ve Japonya'da çok hızlı bir şekilde artmıştır. Söz konusu ve diğer sanayi ülkelerinde hafif betonla inşa edilmiş birçok yapı mevcuttur [3].

Yapılan literatür araştırması sonucu, ambalaj sanayisinde atık madde olarak açığa çıkan

styropor parçalarının hafif beton üretiminde kullanıldığı ve konu ile ilgili çeşitli çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür. Babu yapmış olduğu çalışmada, silis dumanı içeren genleştirilmiş köpüklü (EPS) hafif betonların davranışlarını incelemiştir [4]. Babu ve arkadaşları yapmış oldukları bir diğer çalışmada ise, uçucu kül içeren EPS agregalı betonların özelliklerini incelemiştir [5]. Babu ve arkadaşları bir başka çalışma ile, hafif betonun nem hareketi ve dayanımında EPS agregasının boyut etkisini incelemişlerdir [6]. Chen ve Liu yapmış oldukları çalışmada, çelik fiber takviyeli EPS'li hafif betonların özelliklerini incelemişlerdir [7]. Miled ve arkadaşları çalışmaları ile, EPS içeren betonların basınç altında hasar mekanizmasını ve boyut etkisini incelemişlerdir [8]. Laukaitis ve arkadaşları yapmış oldukları çalışma ile, çimento kompozit özelliklerine polistren köpük tanelerinin etkisini belirlemişlerdir [9]. Chen ve Liu yaptıkları çalışmada, EPS içeren hafif betonlarda polimerik katkı olarak styrene-butadiene rubber lateksini kullanmış ve elde ettikleri betonun mekanik özelliklerini araştırmışlardır [10]. Keleştemur ve Yıldız yaptıkları çalışma ile, styropor katkısının betonarme demirlerinin korozyonu üzerine etkisini incelemişlerdir [11]. Keleştemur ve Yıldız bir başka çalışmalarında, silis dumanı ilavesinin styropor katkılı betonlardaki donatı korozyonuna etkisini belirlemişlerdir [12].

Literatür ışığı altında yapılan bu çalışmada ise, ambalaj sanayisinde atık madde olarak açığa çıkan styropor parçaları granül hale getirilip beton üretiminde kullanılarak hafif beton üretilmeye çalışılmış ve elde edilen hafif betonun basınç dayanımı, elastisite modülü, eğilmede çekme dayanımı ve sürtünme yoluyla aşınma kaybı gibi karakteristik özellikleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Styropor katkılı betonun karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesi amacı ile

hazırlanan numuneler, katkısız ağırlığından %10, 20, 30 ve 40 oranlarında azalma oluşturacak miktarlarda styropor ilave edilerek hazırlanmıştır.

Beton karışım hesabı TS 802'ye göre yapılmıştır. Bölge iklim koşullarına dayanıklı ve yeterli dayanımda beton üretimi için, TS 802 esas alınarak su/çimento (W/C) oranı 0,45 olarak seçilmiştir.

Beton karışım malzemeleri laboratuvar tipi transmikser ile homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır. Hazırlanan beton numuneleri kalıplara üç tabaka halinde ve her tabaka 16 mm. çapında 60cm. uzunluğundaki bir şişle 25 defa şişlenip, beş defa lastik tokmakla kalıbın etrafına vurularak yerleştirilmiş ve beton üst yüzeyi mala ile düzeltilmiştir.

Beton karışımını oluşturan malzemeler ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

2.1. Styropor

Styropor bir petrol ürünüdür. Ham maddesini teşkil eden granüller, yaklaşık 1mm tane çapında parçacıklardan oluşmuş olup, ısı ve buharlaşma işlemleri ile hacimleri genleştirilir. Styroporun spektrumu incelendiğinde deneylerde kullanılan numunelerin polystren'den yapıldığı anlaşılmaktadır. Styropor malzemesine dair genel özellikler Tablo 1.'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan styropor malzemesine dair üretici firmanın belirlemiş olduğu bazı değerler şunlardır; yoğunluk 0.024 kg/dm^3 , basınç dayanımı 0.15 N/mm^2 , çekme dayanımı 0.30 N/mm^2 , E-Modülü 1.70 N/mm^2 , tamamen suya batmış durumda su alma durumu (1 yıl) hacimce % 4.1'dir.

Deneyisel çalışmada, 8 mm'lik elekten geçen 4 mm'lik elek üzerinde kalan tane boyut dağılımına sahip styropor kullanılmıştır.

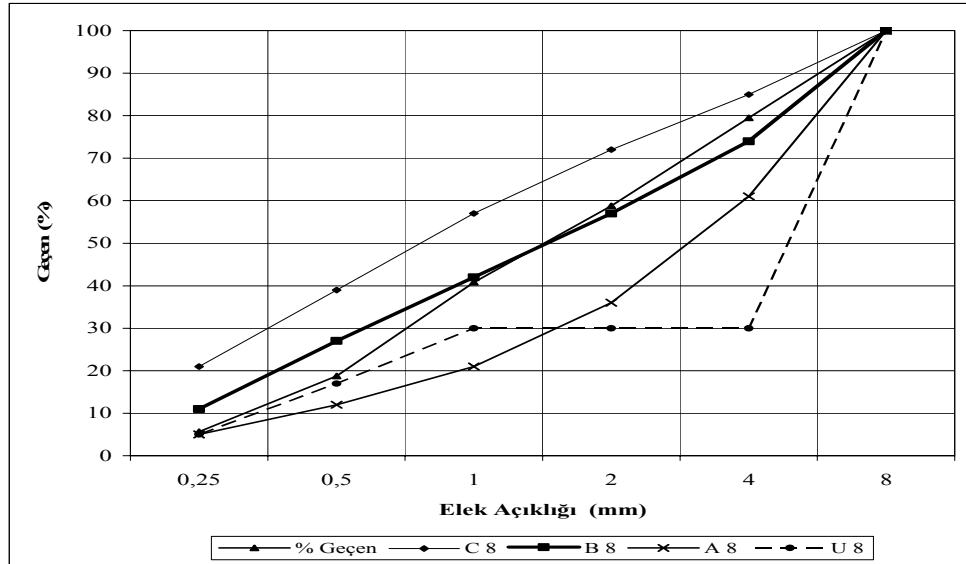
Tablo 1. Styropor'un genel özellikleri

Teknik Özellikler		İlgili Standart	Birim	Oran		
Yoğunluk		DIN 53420	kg/dm ³	0,015	0,020	0,030
Basınç Dayanımı		DIN 53421	N/mm ²	0,07-0,12	0,12-0,16	0,18-0,26
Çekme Dayanımı		DIN 53430	N/mm ²	0,15-0,23	0,25-0,32	0,37-0,52
Makaslama Dayanımı		DIN 53427	N/mm ²	0,09-0,12	0,12-0,15	0,19-0,22
Bükülme Dayanımı		DIN 53423	N/mm ²	0,16-0,21	0,25-0,30	0,42-0,50
E-Modülü		-	N/mm ²	0,6-1,25	1,0-1,75	1,8-3,1
Isısal Uzama Katsayısı		-	1/K	5-7.10 ⁻⁵	5-7.10 ⁻⁵	5-7.10 ⁻⁵
Özgül Isı Kapasitesi		DIN 4108	J / (kg.k)	1500	1500	1500
Su Buhar Geçirgenliği		DIN 53429	g/ m ² .d	40	35	20
Buhar Difüzyon Direnç Katsayısı, (μ)		DIN 4108	1	20/50	30/70	40/100
Tamamen Suya Batmış Durumda Su Alma Durumu	7 Gün	DIN 53428	Hacim, %	3,0	2,3	2,0
	1 Yıl		Hacim, %	5,0	4,0	3,5

2.2. Agrega

Kaliteli ve dayanımı yüksek bir beton üretiminde agreganın fiziksel özellikleri büyük önem arz etmektedir. Beton karışımında kullanılan agreganın fiziksel özelliklerinin, yapılan deneyler neticesinde standart da belirtilen değerlere uygun, granülometrik yapı-

sının ise TS 706'da belirtilen sınırlar içerisinde yer alıp, iyi bölgede olduğu tespit edilmiştir. Agregaya ait granülometri eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Agrega granülometrisi

2.3. Çimento

Yapılan tüm deneylerde Elazığ Altınova çimento fabrikasında üretilen Puzzolan Katkılı Portland Çimentosu PKÇ 32,5 kullanılmıştır. Bu

çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan PKÇ 32,5'in analiz sonuçları

Kimyasal Analizler		
Bileşenler		Bileşen Miktarı (%)
CaO		65.87
SiO ₂		20.42
Al ₂ O ₃		5.92
Fe ₂ O ₃		2.81
MgO		3.23
SO ₃		0.97
Çözünmeyen Kalıntı		0.18
Tayin Edilemeyen		1.10
(Na ₂ O+K ₂ O) Alkaliler		0.15
Klorür Cl ₂		0.1
Kızdırma Kaybı		2.16
C ₃ S		60.06
C ₂ S		13.31
C ₃ A		10.94
Fiziksel Analizler		
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		3.00
Özgül Yüzey (cm ² /gr)		3927
Elekte Kalan (%)	200mik	1.1
	90mik	7.6
Normal Kıvam Su (%)		-
Priz (s/dk)	Başlama	2.25
	Bitiş	3.55
Le Chatelier (mm)		5

2.4. Styroporlu betonda elastisite modülü tayini

Değişik oranlarda styropor katkılı beton numunelerin elastisite modüllerini belirlemek amacıyla, 15x15x15 cm. boyutlarındaki beton numuneler basınç deneyine tabii tutulmadan önce deformasyon ölçer aleti numunelere sabitlenmiştir. Bu alet sayesinde, basınç deneyi esnasında artan gerilmeye karşılık deformasyon değişimleri belirlenmiştir.

Sınır yüküne göre yapılan elastisite modülü tayini yönteminde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$E = [(\sigma_2 - \sigma_1) / (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)] \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de yer alan; E, elastisite modülünü (N/mm²); σ_1 , başlangıç yüküne karşı gelen gerilmeyi (N/mm²); σ_2 , sınır yüküne karşı gelen gerilmeyi (N/mm²); ε_1 , başlangıç yükünde okunan ortalama birim kısalmayı (mm); ε_2 , sınır

yükünde okunan ortalama birim kısalmayı (mm) ifade eder.

2.5. Styroporlu betonda eğilmede çekme dayanımının tayini

Betonun çekme mukavemeti basınç mukavemetinden çok küçük olup yaklaşık olarak onda biri mertebesinde dir. Beton basınç mukavemetini değiştiren çeşitli etkenler çekme mukavemetini de aynı yönde değiştirirler. Betonun çekme mukavemetinin belirlenmesi basınç mukavemetinin belirlenmesinden daha güçtür. Bu konuda Avrupa Beton Komitesi (C.E.B.) prizmatik epruvetler üzerinde eğilme deneyini en uygun deney olarak nitelemektedir. C.E.B., σ_{bec} betonun eğilmede çekme mukavemeti için, f_b basınç küp mukavemetine bağlı olarak;

$$\sigma_{bec} \approx 2,50.(f_b)^{1/2} \quad (3)$$

bağıntısından yaklaşık değerler elde edilebileceğini bildirmiştir.

Farklı oranlarda styropor katkılı numunelerin eğilmede çekme dayanımlarını belirleyebilmek için, 10x10x50 cm.'lik prizmatik numuneler kullanılarak TS 3284'e göre üç nokta ve dört nokta yüklenerek eğilmede çekme dayanımları belirlenmiş ve C.E.B.'nin küp basınç mukavemetinden pratik olarak elde edilebileceğini söylediği eğilmede çekme dayanım değerleri de elde edilerek mukayese edilmiştir.

2.6. Sürtünme yoluyla aşınma kaybı tayini

Bu çalışmada, farklı oranlarda styropor ihtiva eden beton numunelerin aşınma kayıpları, TS 699'da belirtilen şartlara uyularak Böhme yöntemi ile bulunmuştur. Böhme aşındırma deneyi; numunelerin kalınlıklarında veya hacimlerinde meydana gelen azalmanın ölçülmesi suretiyle yapılır. Çalışmada, sürtünme yolu ile aşınma kaybının bulunmasında hacim azalmasının ölçülmesi tercih edilmiş ve sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir.

Farklı oranlarda styropor ilave edilerek elde edilen beton karışımlarından, 100mm. boyutundaki kübik numuneler %90 bağıl nemde 24 saat bekletildikten sonra 23°C suda deney gününe kadar kür edilmiştir. Daha sonra, numuneler kesilerek 70 mm'lik küpler halinde

deneye hazır duruma getirilmiştir. Sürtünme yolu ile aşınma kaybı (AK), yüzey alanı (A) olan bir numune için aşağıdaki formül ile belirlenmiştir.

$$AK = [(H_o - H_s)/A] \times 50 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2 \dots(4)$$

Eşitlik (4)'de yer alan; AK, ağırlık kaybını (cm^3/cm^2); H_o , aşınma öncesi numune hacmini (cm^3); H_s , aşınma periyotları sonunda numune hacmini (cm^3); A, numunenin aşınma yüzeyi alanını (50 cm^2) ifade eder.

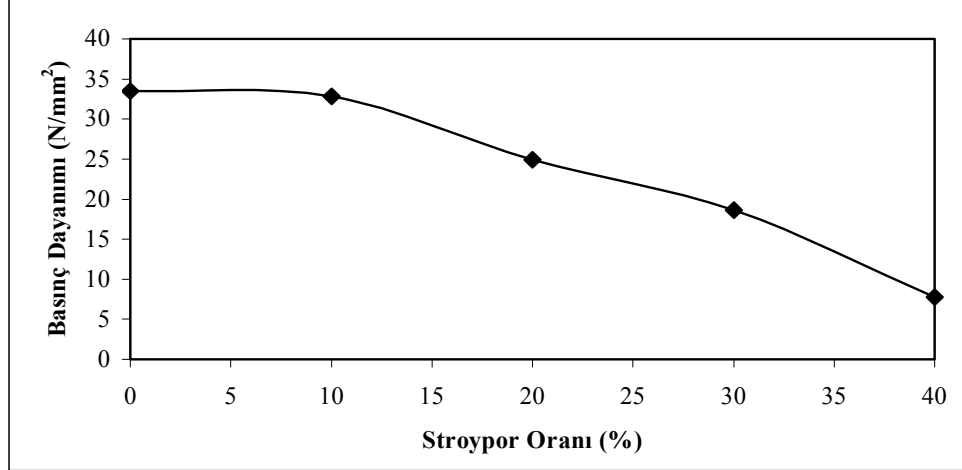
3. Bulgular ve Tartışma

3.1.Styroporlu betonda basınç dayanımı deney sonuçları

Farklı oranlarda styropor katkılı beton numunelerine ait basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 3'de çizelge halinde, Şekil 2'de ise grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 3. Styropor katkılı beton numunelerin 28 günlük basınç dayanımı deney sonuçları

Num No	Farklı Oranlarda Elde Edilen beton	Kırılma Yükleri F (N)				A (mm^2)	$f_g = F/A$ (N/mm^2)	f_g değişim $\pm$ (%)
		1	2	3	$F_{ort.}$			
1	Kontrol betonu	676000	771000	816000	754000	22500	33,5	-
2	%10 Styroporlu beton	710000	783000	723000	738000	22500	32,8	-2,1
3	%20 Styroporlu beton	582000	554000	547000	561000	22500	24,9	-25,67
4	%30 Styroporlu beton	418000	414000	426000	419000	22500	18,6	-44,48
5	%40 Styroporlu beton	182000	167000	176000	175000	22500	7,8	-76,81



Şekil 2. Styropor katkılı beton numunelerin basınç dayanım değişimleri

Şekil 2.'den de anlaşılabileceği gibi styropor oranındaki artışa bağlı olarak basınç dayanımında önemli azalmalar meydana gelmiştir. Ani büyük basınç azalması, %20 styropor ilaveli beton numunesinde gözlenmiştir.

TS 500'de beton sınıfı BS16 eşdeğer küp (150mm) basınç dayanımı 20 N/mm^2 olarak belirtilmiştir. Yine TS500'de beton numunelerinin BS16 sınıfına girebilmesi için

aşağıdaki koşulları sağlaması gerektiğini belirtmiştir.

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 1 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cmin} \geq f_{ck} - 3 \text{ N/mm}^2$$

Eşitliklerde yer alan; f_{cm} , betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımını; f_{cmin} , betonun 28 günlük minimum basınç dayanımını; f_{ck} , betonun karakteristik basınç dayanımını ifade eder.

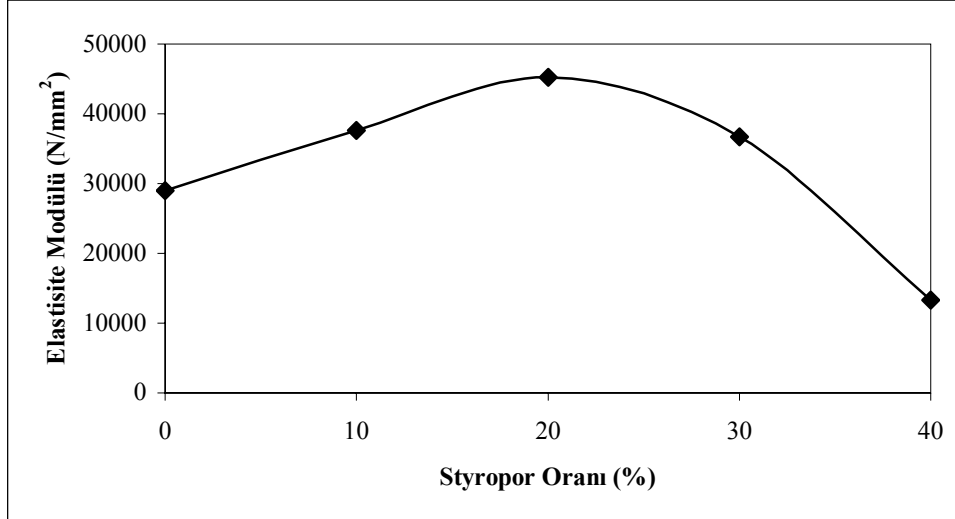
Bu durumda, %30 styroporlu betonun ortalama basınç dayanımı $18,6 \text{ N/mm}^2$ ise;

$18,6 \text{ N/mm}^2 \geq 20 + 1 = 21 \text{ N/mm}^2$ şartını sağlamamıştır.

$18,6 \text{ N/mm}^2 \geq 20 - 3 = 17 \text{ N/mm}^2$ şartını sağlamıştır.

3.2.Styroporlu betonda elastisite modülü deney sonuçları

Farklı oranlarda styropor ihtiva eden beton numunelerine ait elastisite modülü deney sonuçları Şekil 3’de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 3. Styropor katkıli beton numunelerin elastisite modülü değişimleri

Styropor katkıli beton numunelerindeki elastisite modülünde meydana gelen artışın, %30 styropor katkısına kadar devam ettiği Şekil 2’den açıkça görülmektedir.

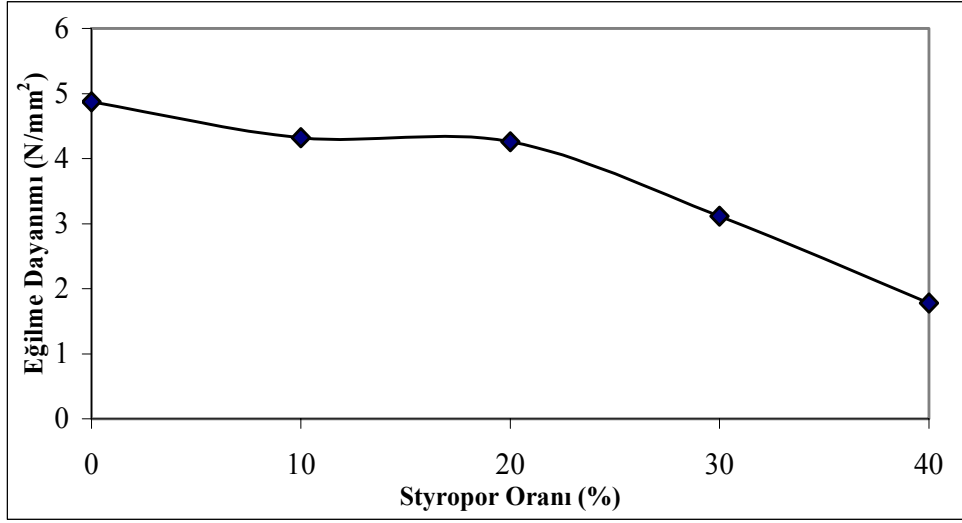
3.3.Styroporlu betonun eğilmede çekme dayanımı deney sonuçları

Değişik oranlarda styropor katkıli beton numunelerinin çekme dayanımlarını belirlemek üzere, üç nokta ve dört nokta eğilmede çekme

dayanımı deneyleri uygulanmış ve elde edilen değerler, sırasıyla, Tablo 4 ve Tablo 5’de çizelge halinde, Şekil 4 ve Şekil 5’de ise grafiksel olarak verilmiştir. Eğilmede çekme dayanımı değerleri C.E.B.’nin önerdiği şekilde basınç değerlerinden de yaklaşık olarak belirlenerek elde edilen sonuçlar Tablo 6’de çizelge halinde, Şekil 6’da ise grafiksel olarak verilerek mukayese edilmiştir.

Tablo 4. Üç noktadan yüklenmiş numunelerin kırılma dayanımı deney sonuçları

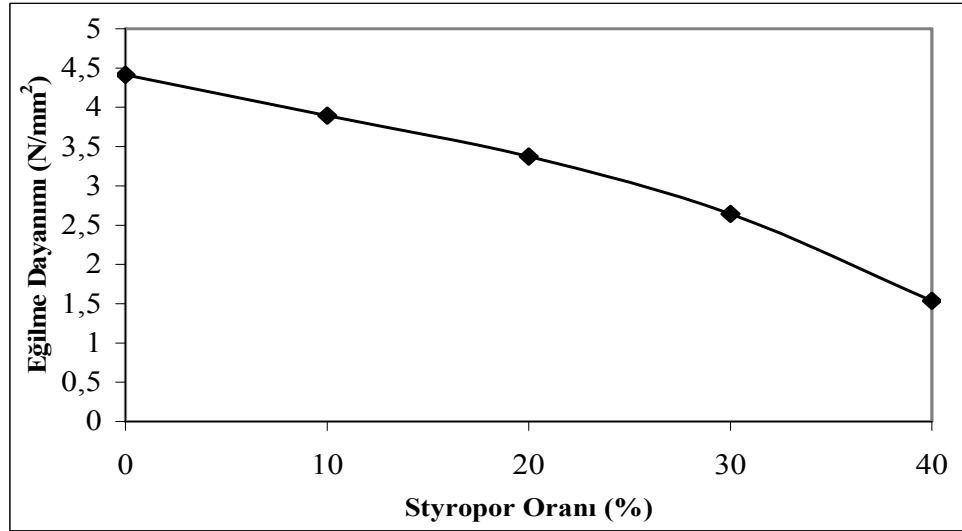
Numune	Kırılma Yükleri P (N)				L (mm)	b (mm)	h (mm)	$\sigma_{\text{çe}}$ N/mm ²	$\sigma_{\text{çe}}$ değişim $\pm(\%)$
	No.1	No.2	No.3	P _{ort}					
K	7300	5660	6540	6500	500	100	100	4.875	-
S ₁₀	4990	6060	5830	5630	500	100	100	4.323	-11.32
S ₂₀	5720	5200	6130	5680	500	100	100	4.260	-13.62
S ₃₀	4430	3870	4140	4150	500	100	100	3.113	-36.14
S ₄₀	2250	2520	2340	2370	500	100	100	1.778	-63.53



Şekil 4. Styropor katkılı beton numunelerin üç noktada eğilmede çekme dayanımı değişimi

Tablo 5. Dört noktadan yüklenmiş numunelerin kırılma dayanımı deney sonuçları

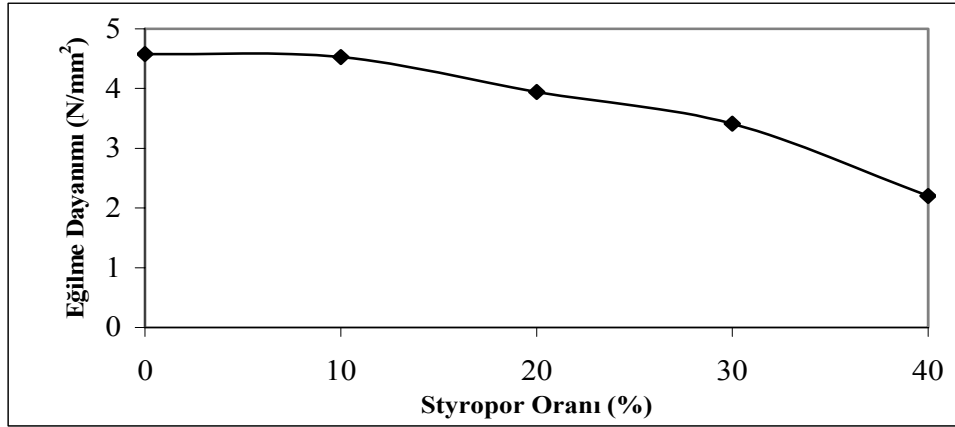
Numune	Kırılma Yükleri P (N)				L (mm)	b (mm)	h (mm)	$\sigma_{\text{çe}}$ N/mm ²	$\sigma_{\text{çe}}$ değişim ±(%)
	No.1	No.2	No.3	P _{ort}					
K	9180	7740	9580	8830	500	100	100	4,415	-
S ₁₀	7020	7730	8620	7790	500	100	100	3,895	-11,78
S ₂₀	6590	6070	7590	6750	500	100	100	3,375	-23,56
S ₃₀	5070	4970	5840	5290	500	100	100	2,645	-40,10
S ₄₀	3250	2830	3120	3070	500	100	100	1,535	-65,23



Şekil 5. Styropor katkılı beton numunelerin dört noktada eğilmede çekme dayanımı

Tablo 6. Betonun eğilmede çekme dayanımının basınç mukavemetinden yaklaşık olarak kestirilmesi

Numune	Numunelerin Basınç Küp Mukavemeti, σ_b (N/mm ²)	Numunelerin Yaklaşık Olarak Eğilmede Çekme Dayanımı, $\sigma_{beç}$ (N/mm ²)	$\sigma_{beç}$ (Değişim) $\pm$ (%)
K	33,5	4,576	-
S ₁₀	32,8	4,527	-1,07
S ₂₀	24,9	3,945	-13,78
S ₃₀	18,6	3,410	-25,48
S ₄₀	7,8	2,204	-51,84

**Şekil 6.** Styropor oranına bağlı olarak beton numunelerinin C.E.B'ye göre çekme dayanımı

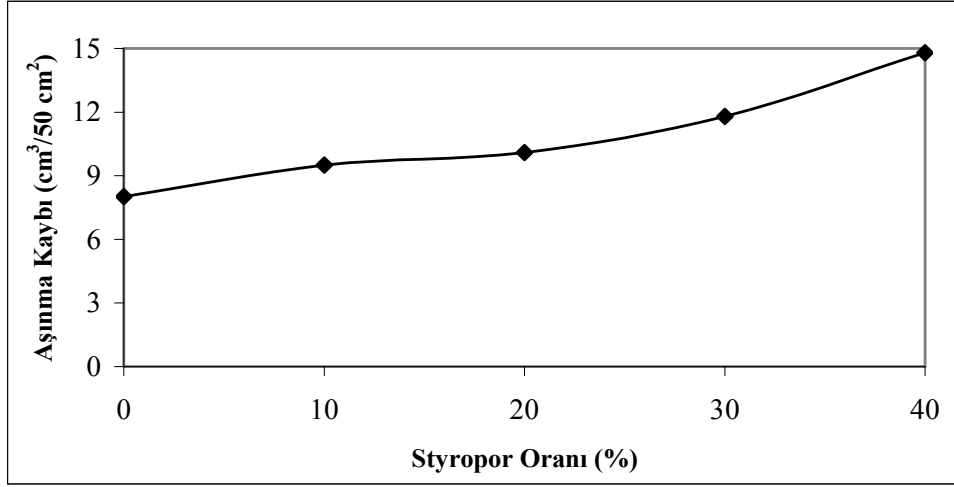
Styroporlu betonun eğilmede çekme dayanımı değerlerini belirlemek üzere yapılan deneylerde, styropor oranındaki artışa bağlı olarak eğilmede çekme dayanımları %20 styropor katkısından sonra önemli ölçüde düşüş göstermişlerdir. TS 3284'e göre belirlenen Tablo 4 ve 5'deki değerler, C.E.B.'nin önerdiği şekilde belirlenen Tablo 6'daki değerler ile mukayese edildiğinde, sonuçların birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmüştür.

3.4.Styroporlu betonun sürtünme yoluyla aşınma kaybı deney sonuçları

Farklı oranlarda styropor içeren beton numunelerin sürtünme yolu ile aşınma kaybı değerlerini belirlemek üzere yapılan deneyin sonuçları Tablo 7'da çizelge halinde, Şekil 7'de ise grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 7. Styroporlu beton numunelerin aşınma deneyi sonuçları

Numune No	Styropor Oranı (%)	Aşınma Yüzeyi (A), (cm ²)	Aşınma Öncesi Numune Hacmi (H ₀), (cm ³)	Aşınma Sonrası Numune Hacmi (H _s), (cm ³)	Aşınma Kaybı (AK) (cm ³ /50 cm ²)	Aşınma Kaybı Değişimi (%)
1	-	49	990	597	8,02	-
2	10	49	990	524,5	9,50	+18,45
3	20	49	980	485,1	10,10	+25,94
4	30	49	978	399,8	11,80	+47,13
5	40	49	973	247,8	14,80	+84,54



Şekil 7. Styropor oranına bağlı olarak beton numunelerin aşınma kaybı değişimi

Styropor oranındaki artışa bağlı olarak beton numunelerin sürtünme yoluyla aşınma kaybı değerlerinin arttığı Şekil 7'den net olarak görülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Farklı oranlarda styropor ihtiva eden beton numunelerin basınç dayanımı, elastisite modülü, eğilmede çekme dayanımı ve sürtünme yoluyla aşınma kaybı değerlerini belirlemek üzere yapılan çalışma neticesinde aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir.

Farklı oranlarda styropor ihtiva eden beton numuneler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, kontrol numunelerinin ortalama basınç dayanımı 33,5 N/mm² olarak belirlenmiştir. Beton numunelerde ki styropor ilavesinin artması ile basınç dayanımlarında düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. Basınç dayanımındaki ani azalma, %20 styropor ilaveli numunede meydana gelmiştir.

TS 500'de beton sınıfı BS16 eşdeğer küp (150mm) basınç dayanımı 20 N/mm² olarak belirtilmiştir. %30 styroporlu betonun basınç dayanımı kontrol betonuna oranla % 44,5'lik bir azalma ile 18,6 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Bu betonun, BS16 sınıfına girmemesine rağmen, 20 N/mm²'ye yakın bir basınç dayanımı değeri göstermiş olması, basınç dayanımı açısından olumlu bir netice olarak değerlendirilmiştir.

Değişik oranlarda styropor katkılı betonların elastisite modülünü belirlemek amacıyla yapılan

deneysel çalışmaların neticesinde, kontrol betonunun elastisite modülü 29015,6 N/mm² olarak belirlenmiştir. Betona styropor ilavesi ile birlikte elastisite modülünde artış meydana geldiği yapılan çalışma ile belirlenmiştir. Elastisite modülündeki artış %30 styropor katkısına kadar devam ederek %40 styropor katkısından sonra ani bir azalma göstermiştir.

%30 styropor katkısına kadar betonun elastisite modülünde meydana gelen artış, styroporun betona deformasyonları absorbe etme özelliği kazandırmış olmasına yorumlanmıştır.

Beton numunelerin styropor katkısına bağlı olarak eğilmede çekme dayanımlarında meydana gelen değişimleri belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, kontrol numunesinin üç noktada eğilmede çekme dayanımı 4,875 N/mm² olarak belirlenmiştir. Styropor katkılı beton numunelerin eğilmede çekme dayanımları, styropor oranının artması ile düşüş göstermiştir. %40 styroporlu beton numunesinin üç noktada eğilmede çekme dayanımı %64'e varan maksimum azalma ile 1,778 N/mm² olarak belirlenmiştir.

Kontrol beton numunesinin dört noktada eğilmede çekme dayanımı 4,415 N/mm² olarak belirlenmiştir. Üç noktada eğilmede çekme dayanımlarına benzer şekilde, styropor oranının artması ile birlikte dört noktada eğilmede çekme dayanımlarında azalmalar meydana gelmiştir. %40 styroporlu beton numunesinin eğilmede çekme dayanımı, üç noktada eğilmede çekme dayanımı ile benzerlik göstermiş ve %65'e varan

maksimum azalma ile 1,535 N/mm² olarak belirlenmiştir.

C.E.B.'nin ön gördüğü şekilde, basınç küp mukavemetleri kullanılarak beton numunelerinin eğilmede çekme dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen bu değerlerin, üç nokta ve dört nokta eğilmede çekme dayanımları deney sonuçları ile yakınlık gösterdiği görülmüştür.

TS 3284 ve C.E.B.'ye göre elde edilen styropor katkılı beton numunelerindeki eğilmede çekme dayanımı değerleri, ani düşüşün %20 styropor katkılı beton numunede meydana geldiğini göstermiştir.

Değişik oranlarda styropor katkılı beton numuneleri üzerinde yapılan aşınma deneyi sonucunda, styropor oranının artması ile aşınma kaybının da arttığı tespit edilmiştir. Kontrol betonunun aşınma kaybı 8.02 cm³/50cm² olarak belirlenirken, en yüksek aşınma kaybı 14.80 cm³/50cm² değeri ile %40 styropor ilaveli beton numunelerinde meydana gelmiştir.

TS 2824'e göre sürtünme yolu ile aşınma kaybı değeri 50 cm²'de ortalama 13 cm³'den fazla ise beton aşınmaya karşı mukavemetsiz kabul edilir. Elde edilen deney sonuçlarına göre, %10, 20 ve 30 styropor ilaveli beton numunelerin aşınma kaybı miktarları, TS

2824'de verilen standardın altında olup bu numunelerin aşınmaya karşı dayanıklı oldukları yapılan deneyler neticesinde belirlenmiştir. %40 styropor ilaveli beton numunesinin aşınma kaybı miktarı TS 2824'de belirtilen standardın üzerinde olduğundan dolayı bu numunelerin aşınmaya karşı mukavemetsiz oldukları saptanmıştır.

Elde edilen verilerden faydalanılarak konu ile ilgili aşağıda bazı öneriler geliştirilmiştir.

Yapılarda düşey yüklerin yaklaşık %75'i yapının taşıyıcı sisteminin ağırlığından oluşmaktadır. Styroporlu betonun taşıyıcı yapı elemanlarında da kullanılabilmesi için, basınç dayanım değerlerinin TS 2511'de taşıyıcı hafif betonlar için istenilen basınç dayanım değerine yükseltilmesi gerekmektedir. Bu artış, betonun basınç ve çekme dayanımını artıran, birim ağırlığı düşük olan kompozit malzemelerin karışıma ilave edilmesi ile sağlanabilir.

Styropor katkılı betonlar çatı döşemelerinde, kat döşemelerinde, hafifliği nedeniyle konsol döşemelerindeki tesviye çalışmalarında veya büyük merkezi ısıtma sistemlerindeki boruların çevresinde dolgu betonu olarak v.b. birçok sahada kullanım alanı bulabilir.

5. Kaynaklar

1. Kocataşkın, F. (1975). Yapı Malzemeleri Bilimi (Özellik ve Deneyler). Birsan Kitapevleri Yayınları, İstanbul.
2. Blanco, F., Garcia, P., Mateos J. and Ayala, J. (2000). Characteristics and Properties of Lightweight Conc. Manufactured With Cenospheres, Cement and Concrete Res., 30, 1715-1722.
3. Karaca, Z. (1995). Bir Sentez Çalışması Işığında Nervürlü Donatılı Hafif ve Geleneksel Betonarme Kiriş Davranışlarının Karşılaştırılması Olarak İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
4. Babu, K. G., Babu, D. S. (2003). Behaviour of Lightweight Expanded Polystyrene Concrete Containing Silica Fume, Cement and Concrete Res., 33, 755-762.
5. Babu, D. S., Babu, K. G., Wee, T. H., (2005). Properties of Lightweight Expanded Polystyrene Aggregate Concretes Containing Fly Ash, Cement and Concrete Res., 35, 1218-1223.
6. Babu, D. S., Babu, K. G., Wee, T. H. (2006). Effect of Polystyrene Aggregate Size on Strength and Moisture Migration Characteristics of Lightweight Concrete, Cement and Concrete Composites, 28, 520-527.
7. Chen, B. Liu, J. (2004). Properties of Lightweight Expanded Polystyrene Concrete Reinforced with Steel Fiber, Cement and Concrete Res., 34, 1259-1263.
8. Miled, K., Roy, R. L., Sab, K., Boulay, C. (2004). Compressive Behavior of an Idealized EPS Lightweight Concrete: Size Effects and Failure Mode, Mechanics of Materials, 36, 1031-1046.
9. Laukaitis, A., Zurauskas, R., Keriene, j. (2005). The Effect of Foam Polystyrene Granules on Cement Composite Properties, Cement and Concrete Composites, 27, 41-47.
10. Chen, B., Liu, J. (2005). Mechanical Properties of Polymer-Modified Concretes Containing Expanded Polystyrene Beads, Construction and Building Materials, Article in Pres.

11. Keleştemur, O., Yıldız, S. (2005). Styropor Katkısının Betonarme Demirlerinin Korozyonu Üzerine Etkisi, Politeknik Dergisi, Cilt:8, Sayı:3, 311-315.
12. Keleştemur, O., Yıldız, S. (2005). Silis Dumanı İlavesinin, Styropor Katkılı Betonlardaki Donatı Korozyonuna Etkisi, Korozyon Dergisi, Cilt:13, Sayı:1, 33-38.
13. TS 706, (1980a). Beton Agregaları, TSE, Ankara.
14. TS 802, (1985). Beton Karışım Hesap Esasları, TSE, Ankara.
15. TS 3068, (1978b.). Laboratuarda Beton Deney Numunelerinin Haz. ve Bakımı, TSE, Ankara.
16. TS 2511, (1977). Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesap Esasları, TSE, Ankara.
17. TS 2824 prEN 1338, (1996). Parke Taşları-Beton, TSE, Ankara.
18. TS 3114, (1990). Beton Basınç Mukavemeti Tayini, TSE, Ankara.
19. TS 500, (1984). Beton Sınıflaması, TSE, Ankara.
20. TS 3284, (1979). Betonun Eğilmede Çekme Dayanımı, TSE, Ankara.