

**TAŞUNU KULLANIMININ BETON  
ÖZELLİKLESİ ÜZERİNDEKİ  
ETKİSİ**

**EFFECT OF THE USE OF MINERAL FILLER  
ON THE PROPERTIES OF CONCRETE**

AH UĞURLU  
Kimya Müh.

DSİ Teknik Arş. ve Kalite Kontrol Dai.Bşk.'lığı  
Beton-Malzeme Laboratuvar Şb.Md.'lüğü  
Ankara, Türkiye

**ÖZET**

Beton üretiminde kullanılan agregada içerisinde 100 no.lu elekten geçen (< 0.149 mm) malzeme miktarı beton ile ilgili mühendisleri meşgul eden bir sorundur. Çok ince kum, taşunu yada mineralfiller diye isimlendirilen bu malzemeler taze ve sertleşmiş beton özelliklerini değiştirerek betondan beklenen nitelikleri olumlu yada olumsuz yönde etkileyebilirler. Bu nedenle, bu tane boyutundaki malzemelerin agregada içerisinde bulunması tartışma konusudur. Şimdiye kadarki uygulamalarda; yapılan elek analizleri ve 200 no.lu elekten geçen madde deneyleri sonucunda agregada içerisinde bu tane gmbundakimalzemelerin limitlerin üzerinde bulunması durumunda agreganın yıkılması yönündeydi. Uygulama, bu tane sınıfındaki malzemelerin kil kökenli olduğu önyargısına dayanmaktaydı. Laboratuvarında gerçekleştirilen bu araştırmada kalker

taşunu kullanarak beton özelliklerinin hangi yönde değiştiği tespit edilmiştir. Biri kırmataş kalker ve diğeri de doğal agrega kullanarak değişik taşunu ve çimento içeriklerinde betonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan beton serileri üzerinde sertleşmiş beton deneyleri yapılarak, değişik taşunu içeriklerindeki betonlar ile şahit numuneler mukayese edilmiştir. (0-2) mm tane grubundaki kum yerine değişik yüzdelerde taşunu ikame edilerek hazırlanan betonların % 7 ve % 10 taşunu içeriklerinde basıç dayanımı, geçirgenlik, su emme ve porozite gibi özelliklerinde iyileşmeler tespit edilmiştir. Taşunu içeriği % 15 olan karışımlarda ise beton özellikleri ya değişmemiş yada olumsuz yönde değişmiştir.

#### ABSTRACT

Engineers specialized in the field of concrete have been concerned with the amount of the material passing through the sieve 100# (<0.149 mm) in the production of concrete. The materials called as very fine aggregate or mineral filler may affect the performance of concrete in a positive or negative way. For that reason, discussions on aggregate consisting of very fine material of that size have not come to an end. Up to now, washing up the aggregate leaving with a reasonable amount of above mentioned materials (those passing 200#) has been the only way to solve this matter out. This mainly based on the debatable opinion that this kind of materials is of clay class. The main purpose of this research was to find out what properties of concrete get affected adversely and positively with the content of mineral filler. In this research, two types of aggregate (crushed calcereous aggregate and calcereous river aggregate) with different amounts of cement and mineral filler were used. Basically; some percentage of the fine aggregate (0-2)mm was replaced by mineral filler, and the effect of the use of different amounts of mineral filler on the concrete properties was investigated as compared to reference test samples. Addition of 7%-10% of mineral filler to fine aggregate (0-2)mm considerably improved the compressive strength, permeability, absorption capacity and porosity of hardened concrete. Usage of 15% of mineral filler has either not improved or adversely affected some of the properties of concrete samples.

## 1. GİRİŞ

Beton üretilmeden önce beton bileşenlerinin uygunluğunu tespit etmek üzere bir dizi deneyler yapılır. Bu deneyler içerisinde, özellikle elek analizi ve 200 no.lu elekten geçen madde deneyleri sonucunda bulunan değerler limitlerin üzerinde ise agregalar yıkatılarak kullanılır. Agreganın yıkatılarak kullanılmasında mantığının altında yatan bu tane grubundaki malzemelerin kil (<0.005 mm) olabileceği kuskusudur. Yukarıda adı geçen deneylerde 100 ve 200 no.lu elekler kullanılarak bu yargıya varılır. Bu eleklerin göz açıklıkları düşünülecek olursa, boyut olarak silt sınıfı (0.05-0.0005 mm) yada özellikle kırmataş agregası kullanıldığında taşunu malzeme inceliğindeki materyelleri de kapsayacak bir aralığa sahip olduğu görülecektir. Son yıllara kadar yapılan uygulamalarda beton agregası içerisindeki ince malzeme petrografik kökenine bakılmaksızın bütünüyle kil olarak algılanmıştır. Kil sınıfı malzemenin agregası içerisinde bulunması; betonda çimento hamuru-agregası aderansını zayıflatması, çimento hidrotasyonunu geciktirmesi, betonun hacimsel kararlılığını bozması açısından oldukça zararlıdır. Buna karşılık silt sınıfı ve taşunu malzemeler için aynı şeyleri söylemek mümkün değildir. Son yıllara kadar silt ve taşunu malzemeler de özgül yüzeylerinin büyük olduğu ve bu nedenle beton karma suyu miktarını (dolayısıyla su/çimento oranını) arttıracak, su tutma potansiyelleri nedeniyle rötreye yol açabileceği gibi endişelerle kullanılmamıştır. Agregası içerisinde ince malzemenin limitlerin üzerinde bulunması durumunda agregası yıkatılarak kullanılmıştır. Bu uygulamalar ekonomik bir külfete yol açabileceği gibi teknik olarak da agreganın ve dolayısıyla betonun zayıflamasına yol açacaktır.

Özellikle zayıf kayaların agregası olarak kullanılmak üzere kırılması sırasında yüksek miktarda taşunu boyutunda malzeme ortaya çıkmaktadır. Eğer kil değilse bu sınıf malzemelerin kullanılmasında beton kompozitesini arttırmak açısından oldukça faydalı olabilir. Ancak hangi ölçülerde kullanılacağı gerektiği, hangi ölçülerde kullanılırsa beton özelliklerini iyileştirebileceği bir araştırma konusudur. Bunun yanı sıra kırmataş agregaları ile üretilen zayıf dozlu betonların işlenebilirliğinde kohezyonun düşüklüğü nedeniyle bazı problemler yaşanır. İşlenebilirlikteki bu güçlük sonucunda beton kolayca yerleştirilip sıkıştırılmaz.

Yine bu betonlar yüksek bir kompoziteye sahip olmadıkları ve yerleştirme sonrasında karışım suyunu bünyelerinde tutacak yeterli ince malzemeye sahip

olmadıkları için karışım suyunu bünyelerinde tutamayıp kusurlar. Bu aşın terleme sonrasında çoğu zaman betonda plastik rötre çatlakları meydana gelir. Sonuçta geçirgenliği ve porozitesi yüksek, basınç dayanımı düşük olan dayanım ve dayanıklılık yönünden zayıf bir beton ortaya çıkar.

Anılan bu olumsuzlukları çimento dozajını arttırarak veya katkı maddesi kullanarak çözümlenmek mümkünse de bu ek bir maliyet artışı da beraberinde getirir. Bu durumların çözümü bağlayıcılığına ihtiyaç duyulmayan ama dolgu görevi görececek incelikte taşunu gibi malzemelere gereksinimi zorunlu kılar.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. Amaç, Kapsam Ve Program

Çalışmanın amacı, taşunu katılmayan referans beton ile değişik oranlarda taşunu içeren betonların sertleşmiş bazı beton özellikleri açısından karşılaştırmalı olarak incelenmesidir.

Bu amaçla çalışmada maksimum tane çapı 32mm olan agregalar ile toplam 6 seri (30 adet) beton karışımı hazırlanmıştır. Üç seri (F-1,...F-15) kırma taş kalker agregası, son üç seri (F-16...F-30) doğal dere malzemesi kullanılmıştır. Her bir seri 10-11 cm sabit çökme değerinde olacak şekilde hazırlanmıştır. Her seri için referans diğer dördü ise (0-2) mm tane grubundaki kumdan % 3, % 7, % 10 ve % 15 oranlarında azaltma yapıp yerine taşunu ikame edilerek betonlar hazırlanmıştır. Kırma taş ve doğal agregaların kullanıldığı bütün ana serilerde 200, 275 ve 350 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajları esas alınmıştır. Karışımarda herhangi bir katkı malzemesi kullanılmamıştır. Her serideki her bir karışım için (12x12x12) cm boyutlarında basınç dayanımı için 12 numune, eğilmede çekme dayanımı için (7.5x7.5x38) cm boyutlarında 12 numune ve geçirgenlik deneyleri için de (20x12) cm boyutlarında numune alınmıştır. Hazırlanan bu numuneler deney anına kadar standart kür koşullarında bekletilmiştir. Önce ilk üç numune deneye tabi tutulmuş, bu numunelerin sonuçları arasında herhangi bir uyumsuzluk çıkması olasılığına karşı da diğer üç numune hazır bekletilmiştir. Basınç ve eğilme dayanımları 7 ve 28 günler için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Geçirgenlik deneyleri ise döküm tarihinden 40 gün sonra gerçekleştirilmiştir.

## 2.2 Kullanılan Malzemeler Ve Yöntemler

Deneyisel çalışmalarda kullanılan iki değişik agreganın özellikleri çizelge 1'deki gibidir. Kırmataş kalker agregası Urfa yöresinden getirilen kayaların kırılıp elenmesi ile elde edilmiştir. Dere agregası ise Ankara civarındaki Kocaçaydan elde edilmiştir. Elde edilen bu iki farklı cins agregası beş ayrı tane grubuna ayrılarak (32-16)mm % 32, (16-8)mm % 22, (8-4) mm % 11, (4-2) mm % 13 ve (0-2) mm % 22 alınarak TS 706 da 32 mm maksimum tane büyüklüğü için verilen standart granülometri eğrisi elde edilecek şekilde kullanılmıştır.

Taşunu olarak izmir yöresinden elde edilen ve Tahtalı Barajının geçirimsiz perde çalışmasında kullanılan malzeme kullanılmıştır. Taşununun özellikleri çizelge 2'de verilmiştir.

Araştırmada Ankara Çimento Fabrikasının ürünü KÇ 32.5 çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özellikleri çizelge 3'de verilmiştir.

Sertleşmiş beton özelliklerini tespit etmek amacıyla basıncı dayanımı TS 3114, eğilmede çekme dayanımı TS 3285, geçirgenlik deneyleri TS 3455, özgül ağırlık, su emme ve boşluk oranı deneyleri ise TS 3624 standartları esas alınarak belirlenmiştir.

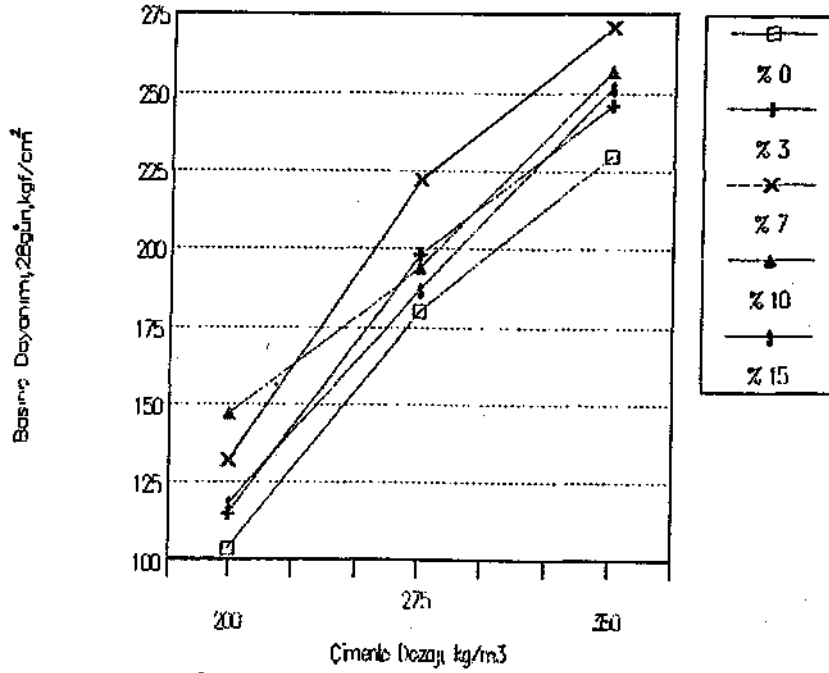
## 2.3. Deney Sonuçları

Hazırlanan değişik karışımlardan elde edilen numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş beton deneyleri sonuçları çizelge 4, 5,6,7, 8,9'da verilmiştir.

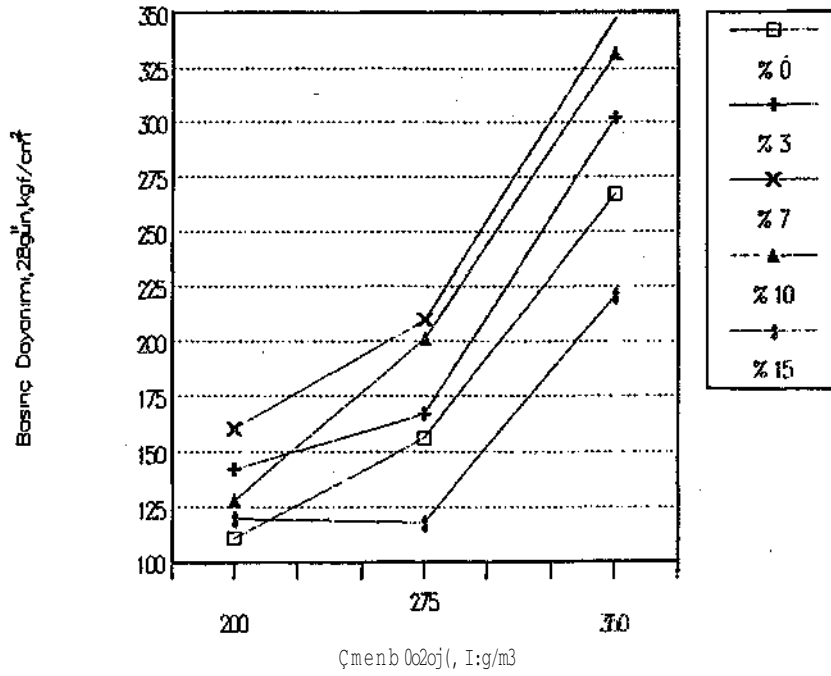
Geçirgenlik deney sonuçları değerlendirilirken; bulunan sonuçların çok küçük katsayılar olması durumu itibarıyla değerlendirilmesinin zor olabileceği düşünülmüş ve bulunan değerlerin (K60) terslerinin logaritmalan (1/K60) alınarak üstel fonksiyondan lineer hale getirilip geçirimsizlik ifade eden değerler olarak yorumlanmıştır.

## 3. İRDELEME VE YORUM

Bulunan deney sonuçları kırmataş ve doğal agregalı beton serileri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çizelgelerde verilen bazı sonuçlar grafik üzerinde de gösterilmiştir. Çizelgeler, Şekil 1 ve 2'den görüleceği üzere basıncı dayanımı ile çimento dozajı arasında sabit çökme değerinde doğru bir orantı vardır. Bu orantı % 7, % 10 taşunu içeriklerinde en yüksek değere ulaşmaktadır.



Şekil- 1. Farklı çimento ve taşunu içeriklerinde basınç dayanımının değişimi (kırmataş agregası)



Şekil- 2 Farklı çimento WE taşunu içeriklerinde basınç dayanımının değişimi (doğal agregası)

Kırmataş Kalker Agregası

Tane Sınıfı	Birim Ağırlık (kgf/cm <sup>3</sup> )	Öz. Ağırlık Su Emme, (%)	200 No.lu Elekten Geçen, (%)	Kil Topakları (%)	Organik Madde	Na <sub>2</sub> S <sub>0</sub> 4 Don Kaybı (%)	Aşınma Kaybı, (%)
(32-16) mm	1540	2,65 0,8	0,2	0,24	Açık Sarı	5,6	100 Dev. 5,8
(16-8) mm	1540	2,63 1,1	0,2	0,13			
(8-4) mm	1545	2,64 0,8	0,3	0,37			500 Dev. 25,5
(4-2) mm	1580	2,68 1,0	2,2	1,8			
(2-0) mm	1590	2,70 0,9	2,9	2,1			

Kocaçay Deresi Doğal Agregası

Kum	1630	2,63 2,5	3,6	0,8	Sarı	10,2	100 Dev. 5,6
Çakıl	1790	2,58 2,6	0,5	3,2		15,9	500 Dev. 25,5

Çizelge-1. Kullanılan Agregaların Özellikleri

Fiziksel Özellikler		Kimyasal Özellikler		Elek Analizi	
				Elek No	Elekte Kalan, %
Özgül Ağırlık :	2,82 gr/cm <sup>3</sup>	Çözünmeyen Kalıntı	% 0,331	8	0,0
		Kızdırma Kaybı	% 43,1.		
Su Erme	%0,6	CaO	% 55,6	16	0,0
		SiO <sub>2</sub>	% 0,33		
İncelik Modülü :	2,0	MgO	% 0,27	30	0,2
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% 0,11		
PH :	7,26	Bileşimi	Kireçtaşı	100	1,5
				Pan	97,8

Çizelge-2. Taşunu Malzemenin Özellikleri



Fiziksel Özellikler		Mekanik Özellikler	
Özgül Yüzey	312^ cm <sup>2</sup> /gr	Basınç Dayanımı, kgf/cm <sup>2</sup>	
200 m Elekte Kalan	% 1,0	7. Gün	2B. Gün
90 m Elekte Kalan	/& 1,Z	23Z	336
Özgül Ağırlık	3,İZ gr/cm	Eğilme Dayanımı, kgf/cm <sup>2</sup>	
Toplam Genleşme, (c-a)	if,0 mm		
Priz Başlangıcı	Z saat Z0 dakika	1. Gün	ZB. Gün
Priz Bitişi	3 saat 15 dakika	<b>kh</b>	57 .

Çizelge-3- Çimentonun Özellikleri

Grönölmetri No:	Su/Çimento Oranı (Ağırlıkça)	Filler (İnce Kum Varlına Kullanılan)	7/28 Günlük Basınç Dayanımı $M$		7/28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı $m$		Permeabilite Katsayısı $K_{60}$ (cm/sn)	$\log \left( \frac{1}{K_{60}} \right)$	Su Emme %	Su Emme (Kaynat- ma Sonrası) %	Kuru Özgöl Hacim Ağırlığı	DKY Özgöl Ağırlık MM	DKY Özgöl Ağırlık (Kaynat- ma Sonrası)	Görünür Özgöl Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Görünür Boşluk Oranı (Porozite)
			(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )									
F-1	0,92	0	76	104	8	16	$1,7 \times 10^{-7}$	6,8	6,3	5,5	2,22	2,35	2,32	2,51	12,7
F-2	0,94	3	92	115	10	17	$1,8 \times 10^{-7}$	6,7	6,4	5,7	2,23	2,37	2,34	2,54	12,6
F-3	0,95	7	104	132	11	19	$1,8 \times 10^{-8}$	7,7	5,5	5,0	2,25	2,38	2,36	2,56	10,5
F-4	0,98	10	112	147	12	21	$1,5 \times 10^{-8}$	7,8	5,4	4,6	2,27	2,40	2,38	2,53	10,3
F-5	0,98	15	107	118	10	17	$1,3 \times 10^{-8}$	7,9	6,0	5,5	2,24	2,38	2,36	2,55	12,2

M : Basınç dayanımı sonuçları (12x12x12) cm'lik küp numunelere aittir.

m i Eğilmede çekme dayanımı sonuçları (7,5x7,5x38) cm<sup>3</sup>lik prizma numunelere aittir.

MM s DKY\* Doygun kuru yüzey.

**Çizelge-4. Sertleşmiş Beton Özellikleri (Kalker formatas, 2DD kg/m<sup>3</sup> dozajlı)**

Grandlometri No:	Su/Çimento Oranı (Ağırlıkça)	Filler (İnce Kum Yerine Kullanılan) %	7/28 Günlük Basınç Dayanımı $M_i$ (kgf/cm <sup>2</sup> )		7/28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı $M_i^*$ (kgf/cm <sup>2</sup> )		Permeabilite Katsayısı $K_{60}$ (cm/sn)	$\log \left( \frac{1}{K_{60}} \right)$	Su Emme %	Su Emme (Nemlenme Sonrası) %	Kuru Özgül Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	DKY Özgül Ağırlık (Nemlenme Sonrası)	DKY Özgül Ağırlık (Nemlenme Sonrası)	Görünür Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Görünür Boşluk Oranı (Porozite)
F-6	0,71	0	139	180	16	25	$2,2 \times 10^{-8}$	7,7	5,6	5,3	2,24	2,36	2,35	2,53	11,30
F-7	0,71	3	156	198	17	26	$2,1 \times 10^{-9}$	8,7	5,4	5,2	2,22	2,36	2,35	2,55	11,00
F-8	0,71	7	167	222	18	29	$1,9 \times 10^{-9}$	8,7	5,0	4,7	2,20	2,34	2,30	2,57	10,33
F-9	0,72	10	160	194	17	26	$1,5 \times 10^{-9}$	8,8	5,2	4,9	2,25	2,35	2,34	2,54	11,30
F-10	0,73	15	158	187	15	25	$1,1 \times 10^{-9}$	8,9	5,0	4,5	2,21	2,32	2,30	2,56	10,52

$M_i$  : Basınç dayanımı sonuçları (12x12x12) cm'lik k0p numunelere aittir«

$M_i^*$  : Eğilmede çekme dayanımı sonuçları(7,5x7,5x38) cm'lik prizma numunelere aittir.

MMN : DKY= Doygun kuru yüzey.

Çizelge-5\* Sertleşmiş Beton Özellikleri .(Kalker Hırmataş, 275 kğ/m dozajlı)

Granülometri No:	Su/Cimento Oranı (Ağırlıkça)	Filler (İnce Kum Yerine Kullanılan) %	7/28 Günlük Basınç Dayanımı M (kgf/cm <sup>2</sup> )		7/28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı MM (kgf/cm <sup>2</sup> )		Permeabilite Katsayısı K <sub>60</sub> (cm/sn)	log(K <sub>60</sub> )	Su Emme %	Su Emme (Kaynat- ma Sonrası) %	Kuru Özgül Hacim Ağırlığı	DKY Özgül Ağırlık mm	DKY Özgül Ağırlık (Kaynat- ma Sonrası)	Görünür Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Görünür Boşluk Oranı (Porozite)
F-11	0,60	0	162	230	19	26	2,1x10 <sup>-9</sup>	8,7	5,3	5,0	2,24	2,30	2,28	2,55	11,52
F-12	0,61	3	171	246	23	30	2,0x10 <sup>-9</sup>	8,7	5,2	5,0	2,25	2,33	2,30	2,56	11,00
F-13	0,62	7	193	271	26	33	1,4x10 <sup>-9</sup>	8,9	4,9	4,6	2,27	2,36	2,32	2,59	10,4
F-14	0,61	10	180	257	21	27	1,4x10 <sup>-9</sup>	9,0	4,7	4,5	2,26	2,34	2,31	2,60	10,2
F-15	0,62	15	176	252	21	26	1,3x10 <sup>-9</sup>	8,9	5,0	4,8	2,25	2,32	2,28	2,58	11,2

M : Basınç dayanımı sonuçları C12x12x12) cm'lik küp numunelere aittir\*

MM ! Eğilmede çekme dayanımı sonuçları (7,5x7,5\*36) cm'lik prizma numunelere aittir.

mm % DKY= Doymun kuru yüzey,

Çizelge-6. Sertleşmiş Beton Özellikleri (Kalker Hırmataş, 350 kg/m<sup>3</sup> dozajla.)

Granülometri No:	Su/Cimento Oranı (Ağırlıkça)	Filler (İnce Kırma Yerine Kullanılan)	7/28 Günlük Basınç Dayanımı * (kgf/cm <sup>2</sup> )		7/28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı mm ** (kgf/cm <sup>2</sup> )		Permeabilite Katsayısı K <sub>60</sub> (cm/sn)	100/(K <sub>60</sub> )	Su Emme % %	Su Emme (Kaynatma Sonrası) %	Kuru Özgül Hacim Ağırlığı	DKY Özgül Ağırlık mm (Kaynatma Sonrası)	DKY Özgül Ağırlık (Kaynatma Sonrası)	Görünür Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Görünür Başlık Oranı (Porozite)
F-16	0,84	0	83	111	10	17	3,5x10 <sup>-8</sup>	7,5	3,6	5,2	2,17	2,26	2,29	2,46	12,00
F-17	0,85	3	94	142	12	19	1,8x10 <sup>-8</sup>	7,7	3,0	5,0	2,17	2,24	2,29	2,44	11,34
F-18	0,86	7	107	160	14	20	3,5x10 <sup>-9</sup>	8,4	2,8	5,0	2,14	2,20	2,24	2,36	10,20
F-19	0,87	10	93	128	12	17	1,1x10 <sup>-8</sup>	8,0	2,9	5,2	2,23	2,28	2,36	2,50	10,32
F-20	0,88	15	86	120	9	15	1,4x10 <sup>-8</sup>	7,9	2,8	5,4	2,22	2,28	2,34	2,52	10,46

M : Basınç dayanımı sonuçları (3,2\*12\*12) cm'lik küp numunelere aittir»

» : Eğilmede çekme dayanımı sonuçları (7,5x7,5x38) cm'lik prizma numunelere aittir.

mm % DKY= Doygun kuru yüzey.

Çizelge-7. Sertleşmiş Beton Özellikleri (Doğal Agrega, 200 kg/m<sup>3</sup> doxajli )

Granülometri No:	Su/Çimento Oranı (Ağırlıkça)	Filler (İnce Kum Yerine Kullanılan) %	7/28 Günlük Basınç Dayanımı M		7/28 Günlük Eğilmede Çekme Dayanımı M		Permeabilite Katsayısı K <sub>60</sub> (cm/sn)	log( $\frac{K}{60}$ )	Su Emme %	Su Emme (Kaynatma Sonrası) %	Kuru Özgül Hacim Ağırlığı	DMY Özgül Ağırlık	DMY Özgül Ağırlık (Kaynatma Sonrası)	Görünür Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Görünür Boşluk Oranı (Porozite)
			(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )									
F-21	0,60	0	118	156	15	21	2,6x10 <sup>-9</sup>	8,6	2,52	5,12	2,20	2,26	2,32	2,52	11,40
F-22	0,61	3	124	167	17	23	2,0x10 <sup>-9</sup>	8,9	2,40	4,51	2,22	2,26	2,30	2,53	10,62
F-23	0,62	7	157	210	18	24	1,5x10 <sup>-9</sup>	8,9	3,20	3,82	2,60	2,68	2,71	2,76	8,30
F-24	0,63	10	148	201	15	22	1,4x10 <sup>-9</sup>	8,9	3,30	3,70	2,27	2,34	2,36	2,49	9,24
F-25	0,65	15	118	180	15	21	1,6x10 <sup>-9</sup>	8,9	3,42	3,60	2,28	2,36	2,32	2,46	8,36

» : Basınç dayanımı aonuçları (12x12x12) cm'lik küp numunelere aittir.

•w : Eğilmede çekme dayanımı sonuçları (7,5x7,5x3B) cm'lik prizma numunelere aittir.

mm s DK≠ Doygun kuru yüzey»

Çizelge-8«. Sertleşmiş Beton Özellikleri (Doğal Agregası, 275 kğ/m<sup>3</sup> dozajlı)

Granülometri No:	Su/Cimento Oranı (Ağırlıkça)	Filler (İnce Kum Yerine Kullanılan) %	7/28 Gönlük Basınç Dayanımı $m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )		7/28 Gönlük Eğilmeye Çekme Dayanımı $m$ (kgf/cm <sup>2</sup> )		Permeabilite Katsayısı $K_{60}$ (cm/sn)	$100/K_{60}$	Su Emme %	Su Emme (Kaynat- ma Sonrası) %	Kuru Özgül Hacim Ağırlı- ğı	DKY Özgül Ağırlık $mm$	DKY Özgül Ağırlık (Kaynat- ma Sonrası)	Görünür Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Görünür Boşluk Oranı (Porozite)
			191	267	19	28									
F-26	0,50	0	191	267	19	28	$1,2 \times 10^{-9}$	8,9	2,60	2,56	2,28	2,33	2,31	2,53	10,52
F-27	0,54	3	235	302	20	30	$3,6 \times 10^{-10}$	9,4	2,54	2,50	2,26	2,34	2,32	2,50	10,46
F-28	0,56	7	270	348	22	32	$2,0 \times 10^{-10}$	9,6	2,41	2,34	2,30	2,40	2,36	2,63	9,20
F-29	0,56	10	260	332	20	31	$1,9 \times 10^{-10}$	9,7	2,40	2,38	2,28	2,34	2,30	2,49	9,00
F-30	0,57	15	180	221	17	29	$2,3 \times 10^{-10}$	9,6	2,58	2,47	2,27	2,32	2,28	2,52	10,32

$m$  : s Basınç dayanımı sonuçları (12x12x12) cm'lik küp numunelere aittir.

$m$  : Eğilmeye çekme dayanımı sonuçları (7,5x7,5x38) cm'lik prizma numunelere aittir.

$mm$  : t DKYs Doygun kuru yüzey.

Çizelge-9. Sertleşmiş Beton Özellikleri (Doğal Agrega, 35D kg/m dozajlı)

Çizelgeler, Şekil 3 ve 4'den görüleceği üzere eğilmede çekme dayanımı ile çimento dozajı arasındaki doğru ilişki % 7 ve % 10 taşunu içeriklerinde en yüksek değere ulaşarak artmaktadır.

Çizelgeler, şekil 5 ve 6'dan görüleceği üzere çimento dozajının artması ile betonun geçirgenliği % 7 ve % 10 taşunu içeriklerinde en yüksek derecede azalmaktadır. Yapılan karışımlarda taşunu içeriğinin artması ile betonun su/çimento oranının büyümesine rağmen bu azalış lineer bir şekilde devam etmektedir.

Çizelgelerden görüleceği üzere betonun su emmesi ve porozitesi de % 7 ve % 10 taşunu içeriklerinde en yüksek derecede azalmaktadır.

Olumlu anlamda gözlenen tüm bu sonuçlar % İS taşunu içeriklerinde olumsuz anlamda değişmektedir.

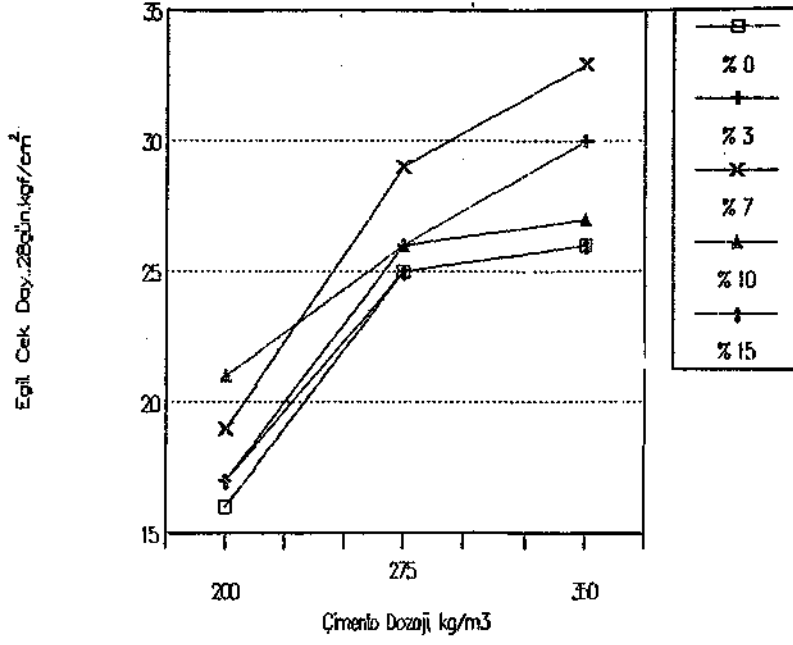
#### 4. SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda betonda taşunu kullanılmasıyla birlikte taze ve sertleşmiş beton özelliklerinde bazı değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu bölümde, meydana gelen bu değişiklikler genelleştirilecek şekilde özetlenip verilmiştir.

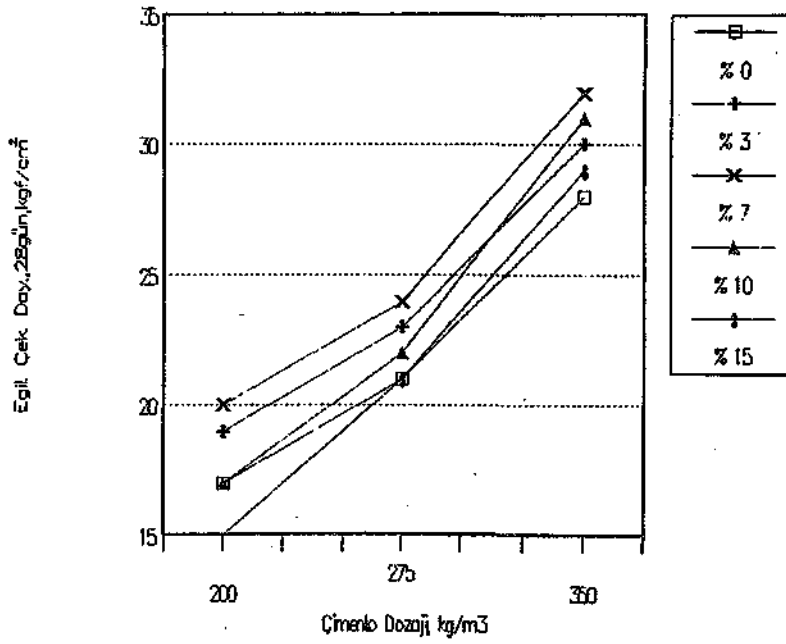
Araştırmaya başlamadan önce çıkış noktası olarak kabul edilen betonun boşluklu yapısı ve bu boşlukların gerek çimento ekonomisi ve gerekse de boşluk boyutu hesaba katılarak doldurulup, daha kesif bir beton dokusu meydana getirilerek beton özeuMerinin iyileştirilmesi yaklaşımının doğrulanması çabasına yönelikti. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bu yaklaşımın pratikte de doğrulandığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yapılan araştırma işlevseldir.

Bu işlevselliğin doğrulanması ve ortaya çıkan yönelişlerin doğru bir yöne kanalize edilmesi klasik beton üretimi anlayışının kırılması zorunluluğu gibi bir iddiayı da beraberinde getirmiştir. Bu iddia, kum (agrega) içerisinde 100 no.lu elekten geçen (yada 200 no.lu elekten geçen % miktar) malzemenin mineralojik kökeni araştırılmadan yıkatılarak agreganın bu malzemedan armdırılmaması gerçeği üzerinde somutlaşmaktadır. Başta da açıklandığı üzere, mineralojik yapıları kil olmamasına rağmen bu incelikteki materyelerin kullanılması mühendisler tarafından geçmişten beri pek sıcak karşılanmamaktadır. Bu olumsuz bakışın elbette ki baldı yönleri de vardır. Örneğin agreganın özgül yüzeyinin büyümesi sonucu karma suyu miktarında meydana gelen artış, betonun yerleştirilmesi sırasında ek işlemlere ihtiyaç duyulması, vs.



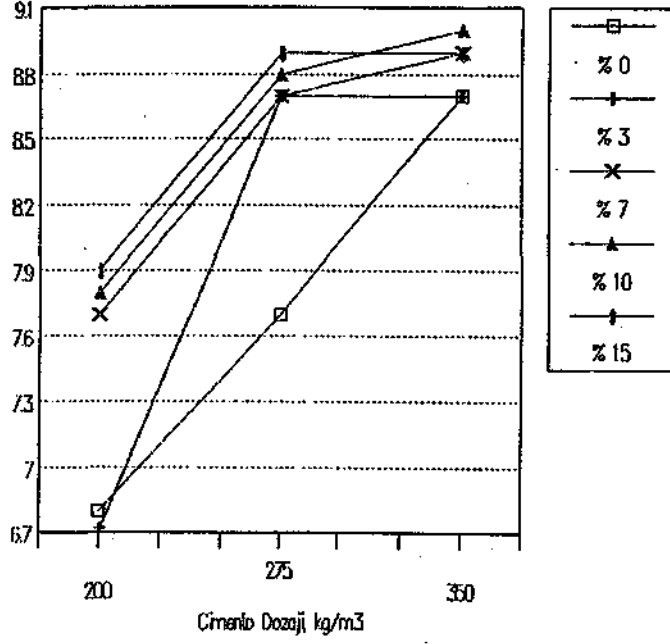


Şekil- 3 Farklı çimento ve taşuru içeriklerinde eğilmede çekme dayanımının değişimi (karmaşık agrega)



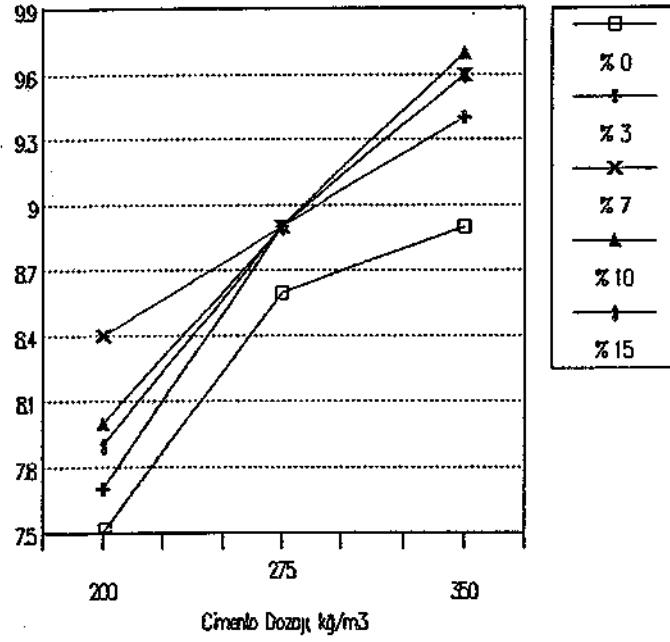
Şekil- 4 Farklı çimento ve taşuru içeriklerinde eğilmede çekme dayanımının değişimi (doğal agrega)

Geçirimsizlik Katsayısı (log 1/K60)



Şekil- 5 Farklı çimento ve taşıma içeriklerinde geçirimsizliğin değişimi (kıvımsız agrega)

Geçirimsizlik Katsayısı (log 1/K60)



Şekil- 6 Farklı çimento ve taşıma içeriklerinde geçirimsizliğin değişimi (duşul agregası)

Araştırma kapsamında yapılan taze ve sertleşmiş beton deneyleri sonucu bu malzemelerin kullanılmasında bazı faydalar olduğu tespit edilmiştir. Bu somut durumun varlığına rağmen elde edilen sonuçlar araştırmanın özgül koşulları içerisinde değerlendirilerek yorumlanmalıdır. Kısacası bu çalışma, sonuçları açısından bir reçete olarak değil bir çıkış noktası olarak kabul edilmelidir.

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır:

- Betonun basıncı dayanımı, çekme dayanımı, geçirgenliği, su emme yüzdesi üzerinde bağlayıcı hamurun önemli bir etkisi vardır. Betonun birçok özelliğinin bağlayıcı hamurun yapışma duyarlı olduğu düşünülecek olursa bu yapının değiştirilmesi sonucu beton özellikleri de değişmektedir.

- Beton içerisine çimento ile aderans verebilecek yapıda herhangi bir malzeme konulması durumunda betonun mikro ve makro yapısı değişerek taze ve sertleşmiş beton özellikleri etkilenmektedir. Bu etkileşim su/çimento oranları yaklaşık aynı olan bütün beton serileri üzerinde somut olarak izlenebilir.

- Klasik beton anlayışı sonucu, betonda makro ve mikro yapıya duyarlı özelliklerin su/çimento oranıyla doğrudan ilgili olduğu bilinir. Yapılan çalışma ile bu yaklaşım kendi içerisinde saklı kalmak koşuluyla geliştirilmiştir. Şöyle ki; aynı su/çimento oranlarına sahip beton serilerinde su/çimento oranı % 4-6 arasında artmasına rağmen taşıma ilavesi ile (daha düşük su/çimento oranına sahip betonlara göre) beton özelliklerinde iyileşmeler tespit edilmiştir.

- Gerek çimento ekonomisi ve gerekse de betonun mikro (bağlayıcı hamurun) yapısına müdahale ederek bu yapının değiştirilmesi sonucu betondan beklenen özelliklerin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar betona taşıma ilavesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle agrega içerisinde ince madde oranının fazla olması durumunda bu maddenin mineralojik yapısı araştırılmadan agrega yıkaılmamalıdır. Aksi durumda agrega kompozite yönünden zayıflayacak ve yıkama masrafları sonucu ekonomik yönden pahalı bir beton ortaya çıkacaktır. Bu nedenle agrega içerisindeki ince madde kil değilse bu malzemenin agrega içerisinde belli bir yüzde dahilinde bulunmasında fayda vardır.

- Betonda taşıma ilavesi kullanılması betonun boşlukta yapısına müdahale etme yönünden işlevsel ve teknik bir uğraştır. Betonda taşıma ilavesi kullanılması durumunda

betonun mafao ve mskro yapısı değişmekte ve bu yapıya duyarlı olan özeüükler de bu değişimden etkilenmektedir.

- Boşüuklu yapıya yapılan müdahale beton kompasitesinde somut olarak tespit edilmiştir. Teorik olarak hesaplanan beton kompasiteleri kullanılan % 7 ve % 10 taşunu değerlerinde maksimumdur. Bu olgu oram sertleşmiş beton özelliklerini tahmin etmekte bir baz olarak kullanılabilir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde betonun kompasitesi ile basmç-çekme dayanımları ve geçirimsizliği arasında doğru bir orantı olduğu görülecektir.

- Yapılan çalışmalar sonucunda betona taşunu ilavesiyle betonun basınç ve çekme dayanımlarında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Betonun geçirgenliği, su emme yüzdesi ve porozitesinde de azalmalar gözlenmiştir.

- Beton özelliklerinde meydana gelen bu iyileşmeler, taşunu içeriğinin % 7 ve % 10 değerleri için maksimumdur. Taşunu içeriğimin % 10'u geçmesi durumunda beton özellikleri ya değişmemekte yada olumsuz yönde değişmektedir.

- Özellikle düşük dozlu karışımlarda ( 200 kg/ra3) beton içerisine taşunu ilave etmenin yaran, betonun kohezyonu, işlenebilMriği ve kompasitesi açısından bir zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Arastama kapsam içerisinde çeşitli nedenlerle ölçülemeyen beton dayanıklılığı, betonun diğer özellikleri ile yakından ilgilidir. Betonun diğer özelliklerindeki iyileşmelerdikate alındığında, taşunu kullanımının beton dayanıklılığını olumlu yönde etkileyebileceğinin göstergesi olarak kabul edilebilir.

- Yine daha önce yapılan benzer çalışmalarda taşunu içeriğimin artması ile kuruma rötresinde artışlar olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple % 10'dan fazla taşunu kullanılması doğru değildir.

- Kırmataş agregası kullanarak yapılan çalışmalarda, özellikle kırmataş agreganın işlenebilMiğinde çıkan güçlükler nedeniyle düşük dozlu betonlarda taşunu kullanmak, betonun teknik özelliklerim iyileştirmek açısından bir zorunluluktur. Taşunu ilave edilen karışımlarda beton işlenebilMiğinde yüksek seviyede iyileşmeler gözlenmiştir.

- Bu nedenlerle betonda taşunu kullanmadan önce betonun maruz kalabileceği etkiler gözönüne alınarak değişik taşunu içeriklerinde deneysel karışımlar hazırlanmalı ve bunlar deneylere tabi tutulmalıdır. Bu deneylerden elde edilecek sonuçlar neticesinde hangi oranda taşunu kullanmanın yararlı olacağı optimize edilmelidir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, daha önce süregelen agrega içerisindeki ince madde miktarına bakış konusundaki tavırlara karşı alternatif olabilecek bulgulardır. Kuşkusuz burada en önemli ge beton katkısı gibi ilave bileşenler kullanılmaksızın beton yapısının değiştirilmesi ve teknik özelliklerinin iyileştirilmesidir.

Bu alışma; betonun boşluk ve harç fazı yapısı ile ince madde (taşunu) miktarına bakış konusunda bir reçete gibi algılanmamalı. Aksine, yaratılan tartışma sürecinin bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Bu şekilde yapılacak olan bir değerlendirme sonucunda teknik özellikleri daha üstün ve daha ekonomik bir beton elde edilecektir.

