

SAKARYA PAMUKOVA BÖLGESİNDEN ALINAN YAPAY AGREGA (KIRMATAŞ) İÇERİSİNDEKİ KİL - SİLT MİKTARININ DENEYSEL OLARAK BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Metin İPEK, Ziya MERAL, M. Haluk ÇELİK

Özet - Bu çalışmada, Sakarya Pamukova bölgesinden alınan agreganın içerisinde bulunan kil-silt oranının deneysel olarak beton basınç dayanımı ile ilgili ilişkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada değişik oranlarda kil-silt içerikli numuneler hazırlanarak 7 ve 28 günlük beton basınç dayanımları ölçülmüştür. Yapılan deneylerde BS20 beton sınıfı elde edilmiş ve hedeflenen her oran için hazırlanan beton numunelerinde aynı granulometrilili agregada ve aynı cins çimento kullanılmıştır. Her numune için su/çimento oranı 0.60 olarak sabit tutulmuştur. Agregada 0-4 mm ve 4-16 mm olmak üzere iki sınıfa ayrılmış 0-4 mm için % 0, 2, 4, 6 ve 4-16 mm için ise % 0, 0.25, 0.5, 0.75 oranlarında kil-silt ilave edilmiştir. Sonuç olarak düşük oranlar için kil-silt miktarı beton basınç dayanımı fazla etkilemezken, % 2'den yüksek oranlarda basınç dayanımını yaklaşık % 25 oranında düşürdüğü görülmüştür.

Anahtar Kelimeler -Yapay agregada, Kil, Silt, Beton, Basınç dayanımı.

Abstract - In this research, the effect of the ratio of the clay-silt mixture on the concrete compressive strength was studied by experimental way taken from Pamukova Sakarya region. The concrete samples were prepared by using clay-silt mixture and the compressive strengths of samples obtained 7 and 28 days curing conditions. Same kind of clay-silt mixture, aggregate and cement were used to obtain C20 class concrete. The water/cement ratio fixed as 0.60. Two different classification of aggregate, categories as 0-4 mm and 4-16 mm.

M. İpek; Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Esentepe Kampüsü, 54187, Adapazarı
Z. Meral; Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, 54187, Adapazarı
M. H. Çelik; Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Teknikokullar, 06500 Ankara

The mixture of clay-silt of 0 - 2 - 4 and 6% has been added to 0-4 mm, whereas clay-silt of 0 - 0.25 - 0.50 and 0.75 % has been added to 4-16 mm. Categories as a result, the clay-silt amount did not much effect the concrete compressive strength for low ratios, whereas it decreased the compressive strength by 25%, for ratios higher than 2%.

Key words - Artificial aggregate, Clay, Silt, Concrete, Compressive Strength.

I. GİRİŞ

Beton hacminin yaklaşık %70'ini oluşturan agregaların kalitesi betonun performansını ve durabilitesini büyük ölçüde etkilemektedir. İyi beton elde edebilmek için uygun agregada kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir. Agreganın kimyasal bileşimi, mineralojik ve petrografik yapısı, özgül ağırlığı, dayanımı, fiziksel ve kimyasal kararlılığı, boşluk yapısı, rengi gibi özellikleri elde edildiği kayacın özelliklerine bağlıdır. Bu kayacın özelliklerinin bilinmesi, beton içerisinde kullanılan agreganın kontrolü için önem taşımaktadır. Bütün bu özellikler beton kalitesi üzerinde önemli etkiye sahip olmasına rağmen yapılan çalışmalarda genellikle agreganın tane şekli ve boyutu, yüzey yapısı ve su emmesi gibi özellikleri göz önüne alınmaktadır [1-4]. Bu özelliklerin doğal agregalarda kontrol altında tutulabilmesinin zorluğu göz önüne alındığında yapay (kırmataş) agreganın önemi ortaya çıkmaktadır. Beton üretiminde birçok farklı ocaktan sağlanan değişik türde agregalar kullanılmaktadır. Taş ocaklarından çıkartılan taşların, çeşitli araçlarla kırılarak istenilen boyutlara getirilmesiyle oluşan agregalara kırmataş (yapay) agregada denilmektedir [5].

Genellikle agregada içerisinde, kil-silt doğal agregalar için büyük bir problem oluşturmaktadır. Bu problemi ortadan kaldırmak için doğal agregalar çeşitli yıkama işlemlerinden geçirilir ve kullanıma hazır hale getirilir. Oysa yapay (kırmataş) agregalar için yukarıda zikredilen işlemler yapılmamaktadır. Zira yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yapay agregalarda da betonu olumsuz yönde etkileyecek miktarda kil-silt bulunduğu

tespit edilmiştir. Kil-silt miktarı TS 706 da sınırlanmış olmasına rağmen genellikle yapay agregaların içerisinde bulunan kil-silt miktarı dikkate alınmamaktadır.

I.1 Literatür Taraması

TS 706 da agregada içerisindeki kil-silt miktarı yapay ve doğal agregada olarak ayırmadan tane sınıfına göre verilmiştir.

Tablo 1. Agregada içerisindeki kil-silt miktarının sınır değerleri

Agregada Tane Sınıfı (mm)	Kil-silt Miktarı Ağırlıkça %
0/1, 0/2, 0/4	4,0
1/2, 1/4, 2/4	3,0
4/16, 4/32, 8/16, 8/32, 16/32, 16/63, 32/63	0,5

Tablo 1'de agregada içerisinde bulunan kil-silt miktarının ağırlıkça yüzde sınır değerleri verilmiştir [6].

Beton agregalarında fazla miktarda kil bulunmasının, karışım suyunu ve priz süresini artırdığı (hidratasyonu geciktirdiği), çimento hamuru ile agregada ara yüzeyi arasındaki aderansı azalttığı, yük etkisinde betonun bu ara yüzeyden çatlamasına yol açtığı, kilin bünyesine su işledikçe hacim genişlemesi yaparak betonu çatlattığı ve ayrıca bazı kil türlerinin çimento bileşikleri ile zararlı kimyasal reaksiyona girerek betonu olumsuz yönde etkilemektedir [7].

Kadiroğlu yaptığı çalışmada; beton karışımında kullanılacak olan suyun, içerisinde betona zarar verecek derecede kil, silt, organik madde, asit, sülfat, klorür, yağ, endüstriyel atıkları v.b yabancı maddeleri bulundurmaması gerektiğini, karışım suyunun içerisinde betona zarar verecek orandaki kil-siltin, çimento hamuru ile agregalar arasındaki aderansı zayıflatmış ve bunun dayanımı olumsuz yönde etkilediğini yine su içerisinde fazla miktarda kil bulunmasının hacim değişikliklerine yol açabildiğini ve bunun betonun "dürabilite"sini olumsuz yönde etkilediğini tespit etmiştir [8].

Krstulović yaptığı çalışmada; puzolan karakterinde olmayan kalker taş ununu, beton içerisine değişik oranlarda ilave ederek basınç dayanımı üzerindeki etkilerini araştırmış ve beton basınç dayanımını olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur [9].

Bonavetti ve Irassar, ince kumun yerine % 0 - % 20 arasında taşunu kullanarak harçtaki etkisine bakmışlar ve ince kumun yerine kullanılan taşunu miktarı arttıkça, su miktarlarının ve su emme yüzdelilerinin doğru orantılı olarak arttığını gözlemişlerdir [10].

Ramyar, Çelik ve Marar'da, ince agreganın yerine taşununu, altı değişik oranda betonda kullanmışlar ve

taşunu oranı arttıkça kıvamın azaldığını, havanın, taşunu miktarıyla ters oranda azaldığını, taşunu ikamesinin % 10 olduğu durumda basınç ve eğilmede çekme dayanımında maksimuma ulaşıldığını ve su emmenin normal betonun değerine yakın olduğunu saptamışlardır [11].

Şimşek ve Erdal yaptıkları çalışmada; çimentonun yerine (ağırlık olarak) %10 - %15 - %20 - %25 oranlarında andezit ve kalker taşunu ikame edilmesi suretiyle üretilen betonların 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanımlarının, şahit olarak hazırlanan beton numunelerin basınç dayanım değerlerinden önemli miktarda düşük olmadığı saptanmıştır [12].

I.2 Amaç

Bu çalışmada kırmetaş agreganın içerisinde bulunan kil-silt oranlarının BS20 sınıfındaki betonun basınç dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bunun için kullanılan agregada 0-4 ve 4-16 olmak üzere iki sınıfa ayrılmış ve iki sınıfa değişik oranlarda kil-silt katılmıştır. Bu oranlar 0-4 için 0, 2, 4, 6 olarak, 4-16 için ise 0, 0,25, 0,5, 0,75 olarak agregada içerisine katılmıştır. Bu şekilde elde edilen basınç dayanımlarındaki değişimler tespit edilmiştir. Deneysel sonuçların doğruluğu kısıtlayıcı tek etkenli özel düzeyli deneyler kategorisinde tek yönlü varyans çözümlemesi yapılarak ölçülmüştür. Dik doğrusal bağıntılar kurularak düzeylerin birbiriyle olan etkileşimleri, "kil-siltin beton basınç dayanımına etkisi yoktur" hipotezi ile de sorgulanmıştır.

Deneysel çalışmalar, "Arıdil Beton" santralinin beton laboratuvarında yapılmıştır.

II. MATERYAL VE METOD

II.1 Malzeme

II.1.1 Agregada

Agregada olarak, Sakarya ili, Pamukova ilçesi sınırları içerisinde bulunan Ozay Taş Ocağında, kaya kütlelerinin patlatma yoluyla parçalara ayrılarak ve daha sonra konkresörde kırılarak eleme yoluyla istenilen tane boyutuna getirilmesi ile oluşmuş agregadan TS707 Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemine uygun olarak alınan agregalar kullanılmıştır.

II.1.2 Çimento

Deneylerde çimento olarak Arıdil beton firmasının çimento silolarında depolanan Eskişehir çimento fabrikası tarafından üretilen PÇ 42,5 çimentosu kullanılmıştır.

II.1.3 Kil ve Silt

Denyede kullanılan kil-silt, laboratuvarda agreganın 0.063 mm elekten yıkanarak elenmesi ile elde edilmiştir. Elekten geçen malzeme etüvde kurutulduktan sonra hazır hale getirilmiştir.

II.1.4 Karışım Suyu

Karışım suyu olarak Sakarya Şehir şebekesi suyu kullanılmıştır.

II.2 Metot

Beton üretiminde kullanılan agregada ile taze ve sertleşmiş beton örnekleri üzerinde uygulanan test metotları sırasıyla (Bölüm 3) verilmiştir. Araştırmada kullanılan agreganın hangi oranlarda karışıma gireceğinin tespitinde TS 802'deki A eğrisi kullanılmıştır.

Agregada üzerinde; tane büyüklüğü dağılımı tayini (TS 3530), özgül ağırlık ve su emme oranı tayini (TS 3526), kil-silt miktarı tayini (TS 3527), için metotlar uygulanmıştır.

Beton karışım hesabı, "TS 802 Beton Karışım Hesap Esası" standardına göre yapılmıştır. Karışımında kullanılan agregada maksimum tane çapı 16 mm, çökme miktarı 75 mm, s/ç=0,60 ve beton sınıfı BS 20 olarak kabul edilmiştir. Kil ve silt miktarı, agregada tane sınıfına göre % olarak belirlenmiş ve Tablo 2'de verilmiştir. Her oran için üçer adet numune hazırlanmış ve bu numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılarak basınç dayanım testinin

Tablo 3. Agregada Elek Analizi Sonuçları ve En Uygun Agregada Karışım Oranları

Elek Göz Açıklığı (mm)	Geçen %			
	İnce Agregada		İri Agregada	
	İnce Kum (0-2)	İri Kum (2-4)	İnce Çakıl (4-8)	Orta Çakıl (8- 16)
16.0	100	100	100	100
8.0	100	100	100	40
4.0	100	100	24	0
2.0	100	15	0	0
1.0	9	0	0	0
0.50	3	0	0	0
0.25	6	0	0	0
0.125	3	0	0	0
Oranlar	21	15	24	40

Tablo 3'te verilen değerler toplam agregada ağırlığının % si cinsinden ifade edilmiştir. Agreganın elek analizi eğrisi

yapılacağı güne kadar 20°C sıcaklıktaki kirece doymun su içinde bekletilmiştir. Basınç deneyi için 150 mm'lik küpler kullanılmıştır.

Tablo 2. Agregada Tane Sınıfına Göre, İlave Edilen Kil ve Silt Miktarı

Agregada tane sınıfı	Kil ve Silt Miktarı %
0-4 mm	0, 2, 4, 6
4-16 mm	0, 0,25, 0,5, 0,75

Tablo 2'de verilen kil-silt miktarı, agreganın ağırlık cinsinden %'si olarak verilmiştir.

Taze beton deneyleri; kıvam belirleme deneyinde (TS 2871), hava miktarının tayininde (TS 2901) ve birim ağırlığın tayininde ise (TS 1941) standardı esas olarak alınmıştır. Sertleşmiş betonun basınç dayanımının saptanmasında (TS 3114) standardı kullanılmıştır.

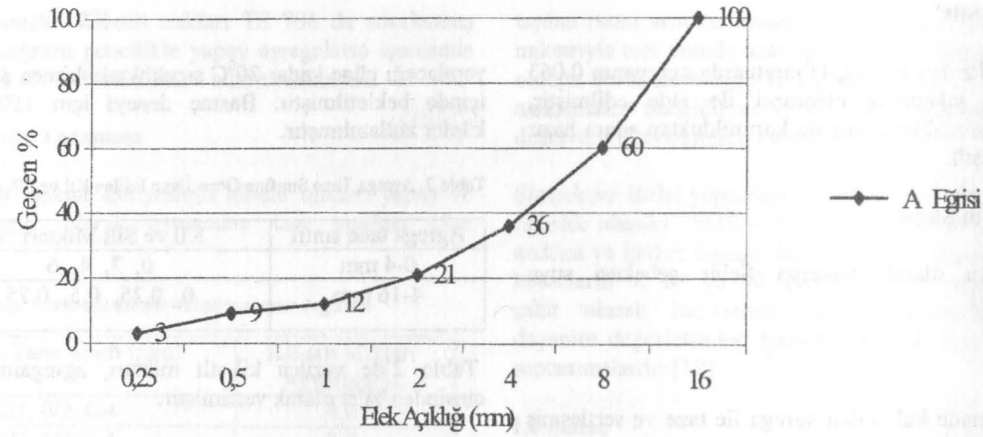
III. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

III.1 Agregada Deneyleri

III.1.1 Elek Analizi

Agregada üzerinde yapılan yukarıda standart numaraları verilen deneyler sonucunda, agregaların beton yapımına uygun olduğu görülmüş, agreganın granülometri eğrisi TS 802 de verilen $D_{max}=16mm$ ye göre A eğrisine uygun hale getirilmiştir. Agreganın karışım oranları tane sınıfına göre Tablo 3'te verilmiştir.

Şekil 1'de verilmiştir. Tane şekli yönünden değerlendirilen, doğal agregada tanelerinin, şekilce kusurlu tane oranının oldukça az olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 1. Agrega elek analizi eğrisi (TS 802 A Eğrisi D_{max}= 16 mm)

III.1.2 Agrega Fiziksel Özellikler Tayini

Şekil 1'de A eğrisine göre, 0-4 mm agrega sınıfı için, toplam agrega ağırlığının %36'sı, 4-16 mm agrega sınıfı için ise toplam agrega ağırlığının %64'ü kullanılmıştır.

Agrega üzerinde yapılan deneylerin fiziksel özelliklerini ihtiva eden sonuçları alınmış ve standartlara uygunluğu Tablo 4'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4. Agregaların Bazı Fiziksel Özellikleri

Agrega Sınıfı	Özgül ağırlık Kg/dm ³	Su emme (%)	Yıkanebilir ince madde oranı (%)
0-4mm	2,61	0,5	3,5
4-16mm	2,70	0,8	0,4
TS Değeri	İri	≥2,65	≤0,5
	İnce	≥2,60	≤2,0

Buna göre yukarıda verilen tablo incelendiği zaman kullanılan numunenin fiziksel özelliklerinin standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

Kil-siltin kontrollü bir şekilde betona katılabilmesi için agrega 0,063 mm'lik elekten yakanarak elenmiştir. Sonuç olarak 0,063 mm'lik elekten malzeme geçmediği görülerek kil-silt kontrolü fiilen sağlanmıştır.

III.2 Beton Deneyleri

III.2.1 Taze Beton deneyleri

Taze betonun literatüre göre, yeterli derecede sıkışması, ayrışma olmaksızın taşınması, yerleştirilmesi ve yüzeyine gerekli işlemlerin yapılabilmesi için, kıvam ve işlenebilirliği istenilen düzeyde olması gereklidir. Bu özelliklerin kontrolü için aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

III.2.1.1 Kıvam (Çökme Metodu) Deneyi

Kil ve silt ilave edilen betonda, kil-silt miktarı arttıkça çökme miktarı azalmaktadır (Tablo 5). Kil-silt ile çökme miktarı arasında ters orantı söz konusudur. Yani agrega

tane boyutu küçüldükçe karışımdaki malzemenin yüzey alanının arttığı, özgül ağırlığı büyük olan çimentonun yerine özgül ağırlığı daha küçük olan kil-siltin yer değişmesi nedeniyle hacim artışının olduğu bilinmektedir. Yüzey alanı arttıkça gereksinim duyulan su miktarı artmaktadır. Burada ise su miktarı sabit tutulduğu için çökme miktarı az olduğu tespit edilmiştir.

III.2.1.2 Hava Muhtevası

Yapılan araştırmada kil-silt miktarı arttıkça hava miktarının azaldığı görülmüştür. Yani taze betonda sıkışmış hava miktarı kil-silt miktarına ters orantılı azalma göstermiştir. Bu durum, kil-silt tanelerinin beton boşluklarını belirli bir derecede doldurmasına bağlanabilir. Kil ve silt için Tablo 5'de bütün oranların hava yüzdeleri verilmiştir.

III.2.1.3 Birim Ağırlığı

Kil ve silt miktarının artmasıyla birlikte kil-silt için taze beton birim hacim ağırlığına önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Tablo 5). Deneyde kullanılan betonun

malzeme bileşenlerinin miktarı ve taze beton özellikleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Taze Betonun Malzeme Bileşenlerinin Miktarı ve Taze Beton Özellikleri

Kil ve Silt (%)	1 m ³ Betonda Kullanılan Malzeme Miktarları								Taze Beton Özellikleri		
	Agrega Tane Sınıfı (mm)		Çimento Miktarı (kg/m ³)	Kil ve Silt (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Kum (kg)		Çakıl (kg)		Çökme (mm)	Birim Ağırlık (kg/m ³)
0-4 mm	0-16 mm	0-2 mm				2-4 mm	4-8 mm	8-16 mm			
0	0	293.63	0	176	389.58	278.27	460.59	767.64	75	2365	2.0
2	0.25	293.63	16.07	176	381.79	272.70	459.44	765.73	70	2365	1.9
4	0.50	293.63	31.46	176	373.99	267.14	458.28	763.80	68	2366	1.8
6	0.75	293.63	56.23	176	366.21	261.58	457.13	761.89	55	2366	1.75

III.2.2 Sertleşmiş Beton Özellikleri

Basınç dayanımı betonun önemli bir özelliğidir ve basınç dayanım deneyi, betonun kalitesini kontrol etmekte

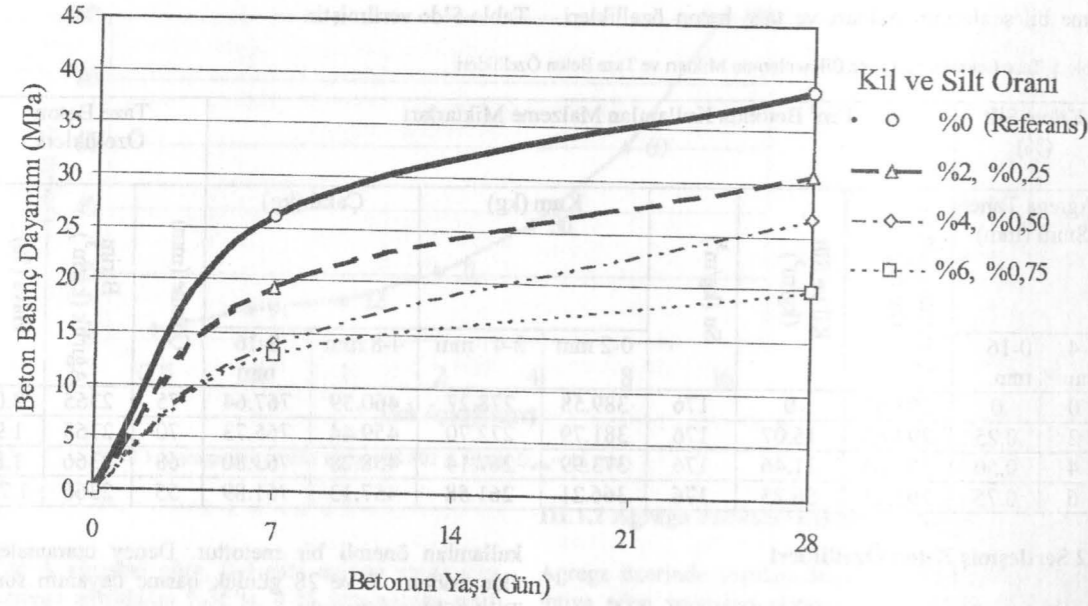
kullanılan önemli bir metottur. Deney numunelerinden elde edilen 7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. 7 ve 28 Günlük Basınç Dayanım Değerleri (Mpa)

	Basınç Dayanımları							
	Referans Numune		Kil ve Silt oranı %					
	0-4	4-16	0-4	4-16	0-4	4-16	0-4	4-16
	0	0	2	0.25	4	0.50	6	0.75
7 günlük	25,3		20,1		14,7		14,1	
	26,3		19,1		13,9		13,9	
	26,4		18,7		14,6		13,1	
Ortalama (Mpa)	26,2		20,3		14,1		13,7	
28 günlük	38,9		30,2		26,2		20,9	
	39,1		31,4		25,3		19,4	
	38,1		30,5		28,3		19,1	
Ortalama (Mpa)	38,7		30,7		26,6		19,8	

Kil ve siltli betonunun 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri, kil-silt miktarları ile ters oranda azalmıştır. Referans betonda 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri 26,2, 38,7 MPa iken, %6 + %0,75 kil-silt ilaveli betonda basınç dayanım değerleri 13,7 ve 19,8 MPa'dır. Numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerini

gösteren grafik Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'deki grafikte beton basınç dayanımının kil-silt miktarı ile ters orantılı olduğu görülmektedir. Numunelerde kil-silt miktarı arttıkça, dayanım testindeki yüke yenilmelerinin ani olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. Farklı oranlarda katılan Kil ve Siltin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değişimini gösteren grafik

IV. KİL-SİLTİN BETON BASINÇ DAYANIMINA AİT ANALİZ

Agrega içerisindeki kil-silt miktarının beton basınç dayanımına etkisine ait veriler Tablo 6'daki değerler göz önüne alınarak Tablo 7'de oluşturulmuştur.

Tablo 7. 28 Günlük Basınç Dayanım Değerleri (MPa)

	Referans Numune		Kil ve Silt oranı %					
	0-4	4-16	0-4	4-16	0-4	4-16		
	0	0	2	0,25	4	0,50	6	0,75
28 günlük	38,9	39,1	30,2	31,4	26,2	25,3	20,9	19,4
T_j	116,1	116,1	92,1	92,1	79,8	79,8	59,4	59,4
n_j	3	3	3	3	3	3	3	3
$\sum_{j=1}^{n_j} Y_{ij}^2$	4493,63	4493,63	2828,25	2828,25	2127,42	2127,42	1177,98	1177,98
								$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}^2 = 10627,28$

Yukarıdaki tabloyu analiz etmek için, matematiksel model denklemi (14); $Y_{ij} = \mu + \tau_{ij} + \epsilon$ olarak kurulmuştur. Bunun için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

Tablo 7'den yararlanarak, genel kareler toplamı; $KT_{genel} = 570,05$ olarak hesaplanır.

Denemeler arası kareler toplamı; $KT_{deneme} = 562,11$ olarak bulunmuştur buradan, Hata kareler Toplamı; $KT_{hata} = 7,94$

olarak bulunur. Bulunan bu değerlerden yararlanarak, Genel Kareler Ortalaması; $KO_{genel} = 187,37$ olarak bulunur.

Hata Kareler Ortalaması ise; $KO_{hata} = 0,99$ olarak hesaplanır ve buradan elde ettiğimiz verilere "F testi" ile F_{hesap} aşağıdaki gibi hesaplanır.

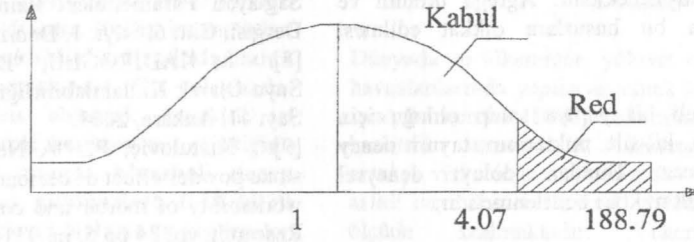
$F = 188,79$ Bulunan bu değer Tablo 8'deki varyans çözüm tablosuna aktarılır.

Tablo 8. Kil ve Siltin Beton Basınç Dayanımına Ait Varyans Çözümleri

Kaynak	Kil ve Silt	KT_{deneme}	KO_{genel}	F
Denemeler Arası	3	562,11	187,37	$F_{hesap} = 188,79$, $F_{tablo} = 95F_{3, 8} = 4,07$
Denemeler İçi	8	7,94	0,99	$F_{hesap} > F_{tablo}$
Toplam	11	570,05	188,36	Hipotez Red Olur

$\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyi dikkate alınır "F" dağılım tablosundan $F_{3, 8} = 4,07$ olarak bulunur. "Kil-siltin beton basınç dayanımına etkisi yoktur" hipotezi red olduğu için

Kil ve Silt ilavesinin beton basınç dayanımına etkisi olduğu kabul edilmiştir. İlgili anlamlılık grafiği Şekil 3'teki gibi olur.



Şekil 4. "F testi" grafiği ($\alpha = 0,05$)

IV.1 Kil ve Siltin Beton Basınç Değerlerine Ait Dik Doğrusal Bağlıntıların Kurulması ve Test Edilmesi

Varyans analizinin kontrolü için, deneyimizde serbestlik derecesi 3 olduğundan numuneler arasında üç adet dik doğrusal bağlantı kurulabilir. Buna göre;

$$\begin{aligned} C_1 &= T_1 - T_4 \\ C_2 &= T_2 - T_3 \\ C_3 &= T_1 - T_2 - T_3 + T_4 \end{aligned} \quad \text{olarak dik doğrusal} \quad \text{bağlıntılar kurulmuştur.}$$

Bu bağıntılardan yararlanılarak;

$$C_m = \sum_{j=1}^k C_{jm} T_{jm} \quad \sum C_{jm} = 0 \quad \text{ifadeleri}$$

kullanılıp,

$$\begin{aligned} C_1 &= 56,7 \\ C_2 &= 12,3 \\ C_3 &= 3,6 \end{aligned} \quad \text{değerleri hesaplanmıştır.}$$

$$\text{Bunlara ilişkin kareler toplamı; } KT_{cm} = \frac{C_m^2}{n \sum_{j=1}^k C_{jm}^2}$$

ifadesi kullanılarak hesaplanırsa;

$$KT_{C1} = 535,82, \quad KT_{C2} = 25,22,$$

$KT_{C3} = 1,08$ olarak bulunur.

Burada her bir dik doğrusal bağıntı için hipotez testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Deneme kareleri toplamı; $KT_{C1} + KT_{C2} + KT_{C3} = 562,12$

Her bir kareler toplamı 8 serbestlik dereceli hata ortalamasıyla test edilebilir.

$95F_{1, 8} = 5,32$ olarak tablodan bulunur.

$H_1: T_1 = T_4 \rightarrow F_{1, 8} = 539,87 > 5,32 \rightarrow H_1$ red olur.

$H_2: T_2 = T_3 \rightarrow F_{1, 8} = 25,41 > 5,32 \rightarrow H_2$ red olur.

$H_3: T_1 + T_3 = T_2 + T_4 \rightarrow F_{1, 8} = 1,09 < 5,32 \rightarrow H_3$ red olmaz.

Yapılan "F testi" neticesinde ilk iki hipotez red edilir, üçüncüsü red edilmez. Birinci ve dördüncü betonları ortalama dayanımları arasında önemli farklılık vardır. Aynı şekilde ikinci ile üçüncü arasında da önemli farklılık vardır. Ancak birinci ve dördüncü beton numunelerinin oluşturduğu kümenin ortalaması (29,25) ile ikinci ve üçüncü beton numunelerinin oluşturduğu kümenin ortalaması (28,65) arasında önemli farklılık yoktur [13]. Analiz sonucu olarak kil-silt ilavesinin beton basınç dayanımını etkileyerek düşürdüğü görülmüştür.

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonucunda kil-siltin beton basınç dayanımını düşürdüğü görülmüştür. Bundan dolayı beton içerisinde kullanılan agregaların ne şekilde elde edildiğine bakılmaksızın agregada içerisideki kil-silt miktarı belirlenmeli ve bu miktarın standarda uygunluğuna bakılmalıdır.

Agregadaki kil-silt oranının artması sonucunda beton içerisindeki kil-siltin suyun etkisi ile hacimsel olarak artış göstermektedir. Bunun sonucunda da betonda çatlaklar oluşmuştur.

Agregadaki kil-silt oranının fazla olması çökme miktarını 75 mm'den 58 mm düşürerek beton işlenebilirliğini azaltmaktadır. Bu durumda işlenebilirliği arttırmak için betona su ilave edilmesi gerekmektedir. İlave edilen su s/ç oranını değiştirerek betonun basınç dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir.

Kırmaş agregada ocaklarında kayaların toplanması sırasında kayaların üzerindeki doğal zemin örtüsü kayalar ile birlikte kırılma işlemine girmekte ve üretilen agregaya karışmaktadır veya agregalar depo yerlerinde kil-silt ve organik maddelerle karışmaktadır. Bunların sonucunda agregada içerisindeki kil-silt oranı artarak agreganın kalitesini düşürmektedir. Agregada üretimi ve depolanması sırasında bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Kil-silt çok ince taneli bir yapıya sahip olduğu için agreganın içerisindeki kil-silt miktarının tayini deney yapılmadan anlaşılamaz. Bundan dolayı deneysel çalışmalar sonucu kil-silt miktarı belirlenmelidir.

Son yıllarda hazır beton kullanımının arttığı ülkemizde, beton santrallerinde kullanılan agregaların sürekli kontrollerinin yapılarak standartlara uygunluğu denetlenmelidir.

VI. KAYNAKLAR

- [1]. Neville, A.M., Concrete in the Year 2000, Advances in Concrete, Technology, V.M. Malhotra (Ed.), CANMET, Ottawa, Second Edition, pp.1-17., 1994.
- [2]. Neville, A.M., Properties of Concrete, Pitmann Publishing, London, 1975.
- [3]. Taşdemir, M.A., Taşdemir, C., Akyüz, S., Jefferson, A.D., Lydon, F.D. and Barr, B.I.G., Evaluation of Strains at Peak Stresses in Concrete : A

Three Phase Composite
Model Approach, Cement and Concrete Composites,
V.20, pp.301-308, 1998.

- [4]. Aitcin, P.C. and Mehta, P.K., Effect of Coarse Aggregate Characteristics on Mechanical Properties of High Strength Concrete, ACI Materials Journal, V.88, No.2, pp.103-107, 1990.
- [5]. Şimşek, O., Yapı malzemesi II, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 2000.
- [6]. TS706 Agregalar "Türk standartları Enstitüsü" Ankara, 1980.
- [7]. B., Küçük, "Betonun Dayanım ve Durabilitesini Sağlayan Parametreler" Pamukkale Üniv. Müh. Bilimleri Dergisi, Cilt: 6, Sayı: 1, Denizli, 2002.
- [8]. İ., KADİROĞLU, "Deniz Suyunun Beton Karma Suyu Olarak Kullanılabilirliği", Hazır Beton Birliği Dergisi, Sayı 41, Ankara, 2001.
- [9]. Krstulović, P., "A New approach in evaluation of stone powder effect of cement II. The Effect on strength and workability of mortar and concrete", Cement and Concrete Research, vol 24 no 5, pp 931-936, 1994.
- [10]. Bonavetti, V.L., and Irassar, E.F., "The effect of stone powder content in sand" Cement and Concrete research, vol 29, no 3, pp 580-590, 1994.
- [11]. Ramyar, K., Çelik, T., Marar, K., "Taş tozunun beton özelliklerine olan etkisi", T.M.M.O. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması, Bildiriler Kitabı, s 227, Ankara, Kasım, 1995.
- [12]. Şimşek, O., Erdal, M., "Kalker Ve Andezit Taşunlarının Betonun Basınç Dayanımına Etkisi", T.M.M.O. Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması, Bildiriler Kitabı, s 227, Ankara, Kasım 1995.
- [13]. M. H. ÇELİK, "Deney Düzenleme ve Çözümleme Metotları Lisans Üstü Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Ankara, 2002.