



Agrega Kil Oranının Betonun Mekanik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması

Güven GÜRBÜZ^{1*}, Ferhat AYDIN²

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Hendek Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Sakarya, Türkiye
² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye
 Güven GÜRBÜZ ORCID No: 0000-0001-7243-4391
 Ferhat AYDIN ORCID No: 0000-0001-9472-8366

*Sorumlu yazar: guvengurbuz@subu.edu.tr

(Alınış: 13.12.2020 Kabul: 10.05.2021, Online Yayınlanma: 25.06.2021)

Anahtar Kelimeler
 Kil,
 Beton,
 Dayanım,
 Basınç,
 Eğilme

Öz: Agregada içerisinde bulunan farklı oranlardaki kil miktarının betonun mekanik özelliklerini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla bu çalışmada, geleneksel beton üretiminde kullanılan agregalarda bulunan kil içeriğinin beton özellikleri üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla referans beton numuneleri ile birlikte çeşitli oranlarda ince agregada miktarının %5, %10, %15, %20'si oranında kil ikameli beş seri halinde standart küp ve kiriş numuneler üretilmiştir. Çalışmalar kapsamında, üretilen taze betonlarda (çökme) kıvam, sertleşmiş beton küp numunelerinde ise ultrases geçiş hızı ile basınç dayanım deneyleri ve kiriş numunelerinde eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre taze betonda kil oranının artışı ile işlenebilirlik düzeyinin arttığı, sertleşmiş betonda ise kil miktarı arttıkça basınç ve eğilme dayanımlarında büyük oranda azalma olduğu belirlenmiştir. Kil-silt miktarının artmasıyla taze betonda çökme miktarının %43'e varan oranlarda arttığı, basınç dayanımının %39 ve eğilme dayanımının ise %84 oranında azaldığı tespit edilmiş olup ultrases geçiş hızlarının da artan kil oranı ile birlikte azaldığı belirlenmiştir.

144

Investigation of the Effects of Aggregate Clay Rate on Concrete Mechanical Properties

Keywords
 Clay,
 Concrete,
 Strength,
 Compression,
 Flexure

Abstract: In this study, the effects of clay content in aggregates used in conventional concrete production on concrete properties were experimentally investigated in order to determine how the amount of clay in different ratios in the aggregate affects the mechanical properties of concrete. For this purpose, five series of standard cube and beam samples with clay substitution of 5%, 10%, 15%, 20% of the fine aggregate amount in various proportions were produced together with the reference concrete samples. Within the scope of the studies, consistency tests were carried out on fresh concrete (slump), and compression strength tests with ultrasonic pulse velocity on hardened concrete cube samples and bending tests on beam samples were performed. According to the results of the experiments, it was determined that the workability level increases with the increase of the clay ratio in fresh concrete, and the pressure and bending strengths of the hardened concrete decrease significantly as the amount of clay increases. It has been determined that with the increase in the amount of clay-silt, the amount of settling in fresh concrete increased up to 43%, the compressive strength decreased by 39% and the bending strength decreased by 84%, and it was determined that the ultrasonic pulse velocity decreased with the increasing clay ratio.

1. GİRİŞ

Günümüzde üretilen geleneksel betonların hacimce yaklaşık %70'ini agregalar oluşturması sebebiyle betonun hem dayanımını hem de dayanıklılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Bundan dolayı agregalar fiziksel, kimyasal, mekanik, mineralojik ve petrografik yapıları itibarıyla beton üretimine uygun özelliklerde olmalıdır.

Bu, beton üretiminde kullanılan kırmataş agregaların elde edildiği ana kayaların özelliklerinin doğru bir şekilde tespiti ile mümkündür [1-2]. Beton üretiminde farklı ocaklardan sağlanan değişik türde agregalar kullanılabilir. Taş ocaklarından çıkartılan taşların, çeşitli araçlarla kırılarak istenilen boyutlara getirilmesiyle oluşan agregalara kırmataş agregada denilmektedir [3]. Beton üretiminde kullanılan ince

agregalar yakın zamanlara kadar doğal kaynaklardan temin edilmekte iken beton üretimindeki artışa bağlı olarak doğal kaynaklar ince agregaya temininde yetersiz kalmıştır [4-5]. Özellikle ince agregaya içerisinde bulunan veya sonradan çökerek agregaya karışan kil-silt gibi ince maddeler betonların bazı mekanik özelliklerini düşürmektedir. Genellikle doğal agregaya içerisindeki, kil-silt betonlar için büyük bir problem oluşturmaktadır ve bu problemi ortadan kaldırmak için doğal agregalar çeşitli yıkama işlemleri uygulanmaktadır. Ancak kırmataş agregalar için yıkama işlemleri çoğu zaman yapılmamaktadır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yapay agregalarda da betonu olumsuz yönde etkileyecek miktarda kil-silt bulunduğu tespit edilmiştir. Kil-silt miktarı Amerikan standardında [6] ince agregada 0.075 mm elekten geçen malzeme miktarının en fazla %7, iri agregaya için ise en fazla %1 olabileceğini, TS 706 EN 12620, 2009'de [7] %4 olarak sınırlandırılmış olmasına rağmen genellikle yapay agregaların içerisinde bulunan kil-silt miktarı dikkate alınmamaktadır.

Ayrıca TS 706 EN 12620 standardındaki değerlerin aşılması halinde TS EN 933-9'a göre [8] Metilen mavisi deneyi ve/veya TS EN 933-8'e göre [9] kum eşdeğerliliği deneyi yapılması tavsiye edilmiştir [10]. Konu ile ilgili Olanitör 2012 yılında yaptığı deneysel çalışmalarda [11] %10 oranındaki kilin beton dayanımını yaklaşık yarısına kadar düşürebileceğini ifade etmiştir. İpek ve arkadaşlarının 2003 yılında yaptıkları çalışmada [12] düşük oranlar için kil-silt miktarının beton basınç dayanım değerini fazla etkilemezken, %2'den daha yüksek oranların basınç dayanımını yaklaşık olarak %25 oranında düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Kadiroğlu yaptığı çalışmada [13] betona zarar verecek orandaki kil-siltin, çimento hamuru ile agregalar arasındaki aderansı zayıflattığını ve bunun dayanımı olumsuz yönde etkilediğini yine su içerisinde fazla miktarda kil bulunmasının hacim değişikliklerine yol açabildiğini ve bunun betonun durabilitesini olumsuz yönde etkilediğini tespit etmiştir. Küçük [14] beton agregalarında fazla miktarda kil bulunmasının, karışım suyu ve priz süresini artırdığı, çimento hamuru ile agregaya ara yüzeyi arasındaki aderansı azalttığını, yük etkisinde betonun bu ara yüzeyden çatlamasına yol açtığını, kilin bünyesine su işledikçe hacim genişlemesi yaparak betonu çatlattığını belirtmiştir. Ayrıca bazı kil türlerinin çimento bileşikleri ile zararlı kimyasal reaksiyona girerek betonu olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir.

Benjeddou ve arkadaşlarının 2017 yılındaki çalışmalarında [15] betondaki çok ince malzeme muhtevasının artmasının işlenebilirlik ve kıvam kaybı gibi sorunlara neden olduğunu belirtmektedir. Benzer şekilde başka çalışmalarda da [16, 17, 18] kırmataş içerisindeki ince madde oranının beton özelliklerini etkileyen bir unsur olup betondaki içeriğinin belli oranlarda olması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Taş kırma tesislerinde tekniğine uygun üretim yapılmaması kırma kum içerisindeki kil ve silt miktarını artırmakta ve kırma kum kalitesini bozmaktadır. Agregaya ocağındaki çökel kaya tabakaları arasında olabilecek kil bantlarının kırılan kayalardan ayrılmadan doğrudan kırıcılara

verilmesi sonucunda by-pass olarak adlandırılan topraklı malzeme içindeki kil ve silt ince dağılmış olması sebebiyle kırma kuma karışabilmektedir. Bu sebeple taş kırma işletmeleri betonda kullanılacak agreganın üretimi esnasında toprağı kayaktan ayıracak ön elek sistemlerini kurması ve agregaya ocaklarında alınacak ilave tedbirler ile bu gibi istenmeyen malzemelerin kırma kuma karışmasını engellemelidirler [10].

Bu çalışmada kilin yukarıda bahsi geçen zararları, çeşitli oranlarda kil katkılı betonlar üretilerek taze ve sertleşmiş haldeki bazı özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan agregalar yıkama işlemine tabi tutularak kilden tamamen arındırılmıştır. Kil oranı hacimce %0, 5, 10, 15, 20 olacak şekilde ince agregaya miktarına göre ikame edilerek kullanılmıştır. Üretilen betonların taze halde kıvamı, sertleşmiş haldeyken küp numunelerde basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızları kırış şeklindeki numunelerde ise eğilme dayanım değerlerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Literatüre eğilme dayanımlarındaki dayanım kayıplarının da olduğu Türkiye bir çalışma kazandırılmıştır.

2. MALZEME VE METOT

2.1. Malzeme

Çalışmalarda kullanılan agregalar aynı kaynaktan elde edilen %100 Kireçtaşı kırmataş ve kum agregaları kullanılmıştır. Agregalar deneylerde kullanılmadan önce 0,063 mm'lik elekten elenerek tamamen kil-silt karışımından arındırılarak kullanılmıştır.

Çimento TS EN 197-1'e uygun olarak [19] Ankara Çimento Fabrikası (Limak Çimento Sanayi Tic. A.Ş.) tesisinde üretilen Cem II 32,5R Portland Kompozit Çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Cem II 32,5R Portland Kompozit Çimento Özellikleri

Özellikler	CemII32,5R	Standart	Birim
Priz Başlangıcı	224	Min. 75	Dakika
Priz Sonu	290	-	Dakika
Hacim Genleşmesi	0,98	Max. 10	mm
Özgül Yüzey (Blaine)	4447	-	cm ² /g
Litre Ağırlığı	870	-	g/l
2 Günlük Dayanım	19	Min. 10	Mpa
28 Günlük Dayanım	39	Min. 32,5- Max. 52,5	Mpa
SO₃	2,57	Max. 3,5	%
Cl	0,0126	Max. 0,1	%

Deneylerde kullanılan kil-silt, laboratuvarında ince agreganın 0,063 mm'lik elekten yıkanarak elenmesi ile elde edilmiştir. Elekten geçen malzeme etüvde kurutulduktan sonra hazır hale getirilmiş ve su olarak şebeke suyu kullanılmıştır.

Agregalar üzerinde; özgül ağırlık ve su emme oranı tayini TS 3526 [20] deney metotları uygulanmıştır. Agregaların yapılan deneylerde ince agregaya ait su emme oranı %1,2 olarak, kuru özgül ağırlık 2,70 kg/dm³

ve doygun kuru yüzey özgül ağırlık değeri $2,74 \text{ kg/dm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

2.2. Metot

Agrega içerisinde bulunan kil oranının betonun çökme, basınç, eğilme ve ultrases geçiş hızına etkilerine belirlemek amacıyla beton karışımında kullanılan ince agregaya hacimce %5-10-15-20 oranında kum ikameli kil katılarak ilgili deneyler 28 günlük kür sonunda gerçekleştirilmiştir.

Taze betonun yeterli düzeyde sıkıştırılabilmesi, ayrışma olmaksızın taşınması, yerleştirilmesi ve yüzeyine gerekli işlemlerin yapılabilmesi için, kıvamının istenilen miktarda olması gereklidir. Bu özelliklerin kontrolü için Kıvam (Çökme) deneyi yapılmıştır.

Basınç dayanımı betonun en önemli mekanik özelliği olmasının yanı sıra basınç dayanım deneyi, beton kalitesinin kontrol ve tespitinde kullanılan önemli bir metot olup deneylerde 15 cm'lik küp numuneler üretilerek test edilmiştir.

Eğilme dayanımı betonun çekme mukavemetinin tespitinde kullanılan bir deney yöntemi olup deneylerde genellikle kare kesitli kiriş numuneler kullanılmaktadır. Farklı kare kesitli boyutlar kullanılmakla beraber deneylerde 7,5x7,5x50 cm boyutlu kiriş numuneler test edilmiştir. Bu yöntemde donatısız kirişlerin tek veya simetrik iki noktasal yük altında denemeleri esastır. Deney metodu tek eksenli yük hali olup mesnet açıklığı 46 cm olarak belirlenmiştir.

Beton karışım hesabı, TS 802 [21] Beton karışım hesabı esasına göre yapılmıştır. Karışımda kullanılan S/Ç oranı 0,51 ve beton sınıfı C20/25 olarak belirlenmiştir. Beton karışım oranları ve kil-silt miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Her oran için her numune türünden üçer adet hazırlanmış ve bu numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılarak deneylerin yapılacağı güne kadar 20 °C sıcaklıktaki kirece doygun su içinde bekletilmiştir. Basınç ve ultrases deneyleri için 15 cm'lik küp numuneler, eğilme deneyi için 7,5x7,5x50 cm'lik kiriş numuneler kullanılmıştır.

Tablo 2. Beton malzeme bileşenlerinin miktarı

Kil-Silt Oranı (%)	Kıvam Değerleri (cm)	Değişim Oranı (%)
0	14,0	0
5	16,5	+17,9
10	17,0	+21,4
15	18,0	+28,6
20	20,0	+42,9

Taze beton deneylerinden kıvam belirleme deneyinde TS EN 12350-2 [22] sertleşmiş betonun basınç dayanımının saptanmasında TS EN 12390-3 [23], Eğilme dayanım değerinin saptanmasında TS EN 12390-5 [24] standardı kullanılmıştır. Şekil 1'de numunelere basınç, eğilme ve ultrases geçiş hızı testi uygulaması görülmektedir.



Şekil 1. Basınç, Eğilme ve Ultrases geçiş testleri

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Kıvam Deneyi Sonuçları

Kil ve silt ilave edilen beton numunelerde, kil-silt miktarı arttıkça çökme miktarı değerinin arttığı tespit edilmiştir (Tablo 3). Kil-silt miktarı ile çökme miktarı arasında doğru orantı söz konusudur. Kil-silt miktarının artışı ile taze betonun işlenebilirlik özelliğine yapmış olduğu olumlu katkı olarak söylenebilir.

Tablo 3. Kıvam değerleri

Kil-Silt Oranları (%)	Çimento (kg)	Kil-Silt (kg)	Su (kg)	Kum (kg)	I Nolu		II Nolu	
					Mıdır (kg)	Mıdır (kg)		
0	374,0	0	191,1	786,0	663,0	480,0		
5	374,0	25,1	191,1	746,7	663,0	480,0		
10	374,0	50,2	191,1	707,4	663,0	480,0		
15	374,0	75,3	191,1	668,1	663,0	480,0		
20	374,0	100,4	191,1	628,8	663,0	480,0		

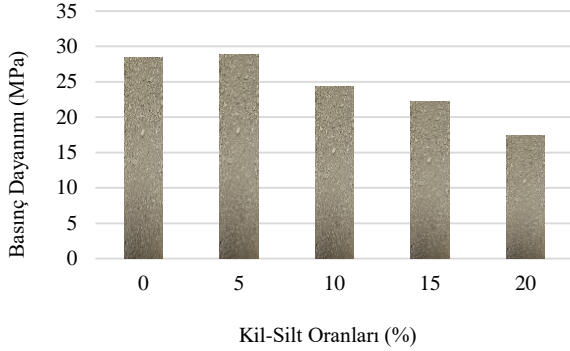
İçerisinde kil olmayan referans betonlara göre içerisine % 5-10-15-20 oranında kil ikame edilen betonların kıvam değerleri sırasıyla yaklaşık %18-21-29-43 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu durum karışım içerisindeki kil-silt muhtevasının betonun işlenebilirliğine olumlu katkı sağladığını ortaya çıkarmıştır.

3.2. Basınç Dayanım Deneyi Sonuçları

Basınç testleri sonucunda elde edilen 28 günlük basınç dayanım sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. 28 günlük ortalama basınç dayanım değerlerine göre, %5 oranındaki kil-silt karışımli beton numuneler dışındaki karışım oranlarında referans betona göre basınç değerlerinde azalma söz konusudur. Referans betonda 28 günlük ortalama basınç dayanım değeri 28,41 MPa iken kil-silt ilaveli betonların ortalama basınç dayanımlarının büyük oranlarda düştüğü görülmektedir. Yani beton basınç dayanım değerleri ile kil-silt miktarı arasında ters orantı söz konusudur. Numunelerde kil-silt miktarı arttıkça, basınç dayanım değerlerindeki düşüşün sebepleri olarak S/Ç oranının bozulması, kil-silt taneciklerinin aderansa yaptığı olumsuz etki ve yine çimento hidratasyonunu zayıflatıcı etkisinden bahsedilebilir. Şekil 2'de kil oranına göre basınç dayanımındaki düşüşler görülmektedir.

Tablo 4. Beton basınç dayanımları

Kil-Silt Oranı (%)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	Değişim Oranı (%)
0	28,41	0
5	28,80	+1,4
10	24,30	-14,5
15	22,22	-21,8
20	17,44	-38,6

**Şekil 2.** Beton küp numune basınç dayanımları

Grafikten anlaşılacağı üzere %5 oranındaki kil ilavesinin beton basınç dayanımına belirgin bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak kilin matris içindeki kılcal boşlukları doldurarak kompasiteyi artırması ve böylelikle basınç dayanımına yaptığı pozitif etki olarak söylenebilir. Kil oranının arttığı diğer %10-15-20 oranında kil ikameli betonlardaki basınç dayanımı düşüş oranları sırasıyla yaklaşık %15-22-39 oranında olduğu belirlenmiştir.

3.3. Eğilme Dayanım Deneyi Sonuçları

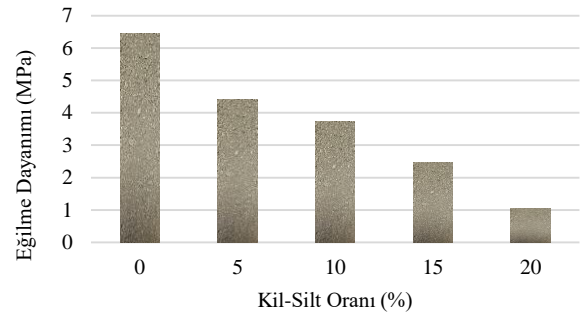
Kirişler üzerinde yapılan testler sonucunda hesaplanan eğilme dayanımları Tablo 5'te verilmiştir. Yapılan deneylerde referans betona göre kil katkılı beton numunelerde dayanım kaybının %20 kil katkılı betonlarda %84 civarında olduğunu göstermiştir. Dayanım kaybının %84'lere kadar artmasının sebebi olarak kil-silt içeriğinin çimento hidrasyonunu zayıflattığı, çimento jel yapısı ile agregalar arasındaki aderansı azalttığı söylenebilir. Kil-silt içeriğinden dolayı beton basınç dayanım değerlerine kıyasla eğilmeye çekme dayanım değerlerindeki düşüş çok daha dikkat çekicidir.

Tablo 5. Eğilme Dayanım Değerleri

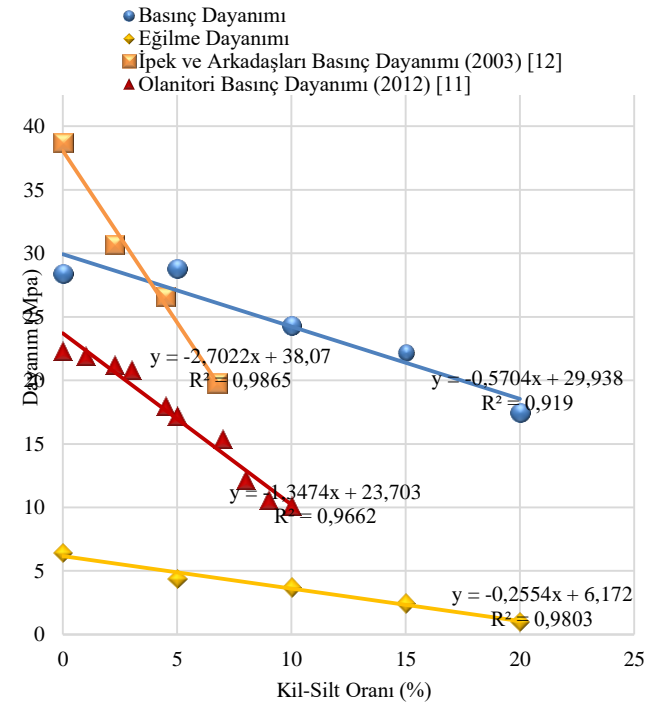
Kil-Silt Oranı (%)	Eğilme Dayanımları (Mpa)	Değişim Oranı (%)
0	6,44	0
5	4,42	-31,4
10	3,73	-42,1
15	2,47	-61,3
20	1,03	-84,0

Eğilme dayanımlarındaki düşüş oranları %5-10-15-20 oranında kil ikameli betonlar için sırasıyla %31-42-61-84 oranında olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Eğilme dayanım değerindeki düşüşlerin oranları, özellikle kilin beton karışımı içindeki suyu bünyesine alıp hapsederek çimento hidrasyonunu zayıflatması ve çimento jel yapısı ile agregalar arasında güçlü ve yeterli düzeyde bir

aderans oluşmasına engel olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.

**Şekil 3.** Eğilme dayanımları karşılaştırması

Kil ikameli beton numunelerin basınç ve eğilme dayanımlarındaki azalma miktarları, literatürde belirtilen bazı çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılarak Şekil 4'te verilmiştir. Referans betonlarda yaklaşık 28 MPa basınç dayanımı olan numunelerin artan kil oranına göre basınç dayanımlarındaki düşüş eğilim grafiğinin R^2 değeri 0,919 ve denklemi $y = -0,5704x + 29,938$ 'dir. Eğilme dayanım değerlerindeki düşüşlerin R^2 değeri 0,98 ve eğilim çizgisi denklemi ise $y = -0,2554x + 6,172$ 'dir. Her iki mekanik özeliğin azalış grafiğinde de yüksek bir uyumun olduğu görülmektedir.

**Şekil 4.** Kil oranına göre basınç ve eğilme dayanımlarındaki değişimin ilgili çalışmalarla karşılaştırılması

Konu ile ilgili benzer çalışmaların grafikleri de oluşturulup değerlendirmeler yapılmıştır. İlgili çalışmalarda kil ilaveli betonların yalnızca basınç dayanımındaki düşüşler değerlendirilmiş olup, çalışmalarda veriler kullanılarak düşüş eğrileri çizilip karşılaştırmalar yapılmıştır. Olanitori, 2012 yılında yaptığı çalışmada [11] referans olarak kullandığı betonun ortalama basınç dayanımı 22 MPa olan betonların içerisinde %10'a kadar kil ikame ederek testler yapmıştır.

İçerisine kil ilave edilen betonlarda büyük dayanım kayıplarının ortaya çıktığını ve %10 kil ikameli betonlarda %55 oranında basınç dayanım kaybı ortaya çıktığı görülmektedir. İlgili eğrinin R^2 değeri %97 oranında uyumlu ve denklemi $y=-1,3474x + 23,703$ 'dir. İpek ve arkadaşlarının [12] farklı oranlarda kil ilavesi (maksimum %6,75) ile ürettikleri beton numunelere ait basınç dayanım değerlerindeki düşüşler incelendiğinde daha keskin düşüşlerin olduğu görülmektedir. Ortalama basınç dayanımları 38 MPa olan betonlarda %98 uyumlu eğrinin denklemi $y=-3,04x + 38,07$ olarak tespit edilmiştir.

3.4. Ultrases Test Deneyi Sonuçları

Ultrases dalgalarının deney yapılan numune içine problar yardımıyla, demetler şeklinde yolanıp, numune veya binanın içyapısının durumuna göre değişim geçiren ultrases dalgalarının değişimlerine göre kusur, çatlak veya donatıların saptandığı yöntem ultrases hız yöntemi adı verilmektedir. Ultrases ölçümleri küp numunelerin beton döküm yönüne dik düzgün olan karşılıklı yüzlerinden alınmıştır. Ölçüm alınırken problar karşılıklı olarak aynı noktalarda olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Bunu sağlamak için yeryüzüne paralelliği tam olarak sağlanan mermer bir tezgah üzerinde ölçüm için bir düzenek hazırlanmıştır. Ölçüm alınacak yüzeyler tozdan arındırılarak temizlenmiştir. Problar ile numune arasında boşluk kalmayacak şekilde tam teması sağlamak için jel kıvamlı gress yağı kullanılmıştır. Her bir numunenin 3 farklı yerinden ultrases ölçümü alınarak ortalamaları verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Beton numunelere ait ultrases ölçüm değerleri

Kil-Silt Oranları (%)	Ultrases hızı ortalaması (V) (km/sn)	Değişim Oranı (%)
0	4,74	0
5	4,78	+0,8
10	4,71	-0,6
15	4,70	-0,8
20	4,65	-1,9

Referans betonlara göre %5-10-15-20 oranında kil ikame edilen betonlardaki ultrases hızındaki değişim sırasıyla yaklaşık % +0,8, -0,6, -0,8 ve -1,9'dur. Ultrases hızındaki değişimler basınç dayanımı değişimine benzer şekilde %5 ikameli killi betondan sonra düşüşler görülmüştür. Bu küçük oranlardaki ultrases dalgalarının geçiş hızındaki düşüşlerin, beton içerisinde kil-silt oranına bağlı olarak oluşan boşluklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- ✓ Yapılan deneysel çalışma sonuçlarına göre beton içerisindeki kil miktarının beton işlenebilme özeliğine olumlu katkı sağladığı belirlenmiştir. Referans betonlara göre içerisine %5-10-15-20 oranında kil ikame edilen betonların kıvam değerleri sırasıyla %18-21-29-43 oranında artmıştır.
- ✓ Basınç dayanım değişimleri değerlendirildiğinde betonda %5 kil miktarının basınç dayanımını çok etkilemediğini fakat beton içindeki kil oranının

%10-15-20 oranında olduğu durumlarda basınç dayanımının sırasıyla %15-22-39 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

- ✓ Kil oranına göre eğilme dayanımdaki düşüşlerin değerlendirilmesinde basınç dayanımına göre çok daha agresif düşüş oranlarının ortaya çıkabileceği görülmüştür. Eğilme dayanımlarındaki düşüş oranları %5-10-15-20 oranında kil ikameli betonlar için sırasıyla %31-42-61-84 oranında çıkmıştır. Özellikle %20 oranında killi betonların dayanımlarının çok büyük kısmını kaybedebileceği görülmüştür.
- ✓ Ultrases geçiş hızı değerlendirildiğinde basınç dayanımı değişimlerine benzer bir seyir izlediği görülmüştür. İçerisinde kil bulunmayan betonlara göre ultrases geçiş hızların küçük oranlarda azaldığı belirlenmiştir.
- ✓ Konuyla ilgili benzer çalışma sonuçları ile karşılaştırıldığında literatürde genellikle basınç dayanım değerlendirilmiş ve küçük oranlı kil ikameli betonların incelendiği görülmüştür. Literatürdeki çalışmaların basınç dayanımındaki düşüşlerin bu çalışmadaki basınç dayanım düşüşlerine göre daha büyük oranda oldukları belirlenmiştir.
- ✓ Elde edilen sonuçlara göre eğilme ve basınç dayanımı yüksek bir beton elde etmek için mutlaka ortamdan kil-silt unsurunun uzaklaştırılması mümkünse agregaların yıkanması gerektiğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Neville AM. Concrete in the Year 2000. Advances in Concrete, Technology. V.M. Malhotra (Ed.), CANMET, Ottawa, Second Edition; 1994.
- [2] Aitcin, PC, Mehta, PK. Effect of Coarse Aggregate Characteristics on Mechanical Properties of High Strength Concrete. ACI Materials Journal, 1990;88(2):103-107.
- [3] Şimşek O. Yapı malzemesi II, Ankara Üniversitesi Basımevi; 2000.
- [4] Laserna S, Montero J. Influence of natural aggregates typology on recycled concrete strength properties. Construction and Building Materials, 2016;115:78-86.
- [5] Rashad A. Cementitious materials and agricultural wastes as natural fine aggregate replacement in conventional mortar and concrete. Journal of Building Engineering. 2016;5: 119-141.
- [6] ASTM C 117. Standart test method for materials finer than 75-µm (No.200) sieve in mineral aggregates by washing. American Society for Testing and Materials. 2017.
- [7] TS 706 EN 12620. Beton agregaları. Türk Standartları Enstitüsü. 2009.

- [8] TS EN 933-9. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler, İnce tanelerin tayini, Metilen mavisi deneyi. Türk Standartları Enstitüsü. 2010.
- [9] TS EN 933-8. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler, İnce tanelerin tayini, Kum eşdeğeri tayini. Türk Standartları Enstitüsü. 2012.
- [10] Özbebek H, Açık H. İnce Agregalarda Yapılan Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğerliği Deney Sonuçlarının Beton Özelliklerine ve Maliyetine Etkisi. Beton Kongresi; 2011.
- [11] Olanitori LM. Cost Implication of Mitigating the Effect of Clay/Silt Content of Sand on Concrete Compressive Strength. Journal of Civil Engineering and Urbanism, 2012;2(4):143-148.
- [12] İpek M, Meral Z, Çelik MH. Sakarya Pamukova Bölgesinden Alınan Yapay Agregata (Kırmataş) İçerisindeki Kil - Silt Miktarının Deneysel Olarak Beton Basınç Dayanımına Etkisi. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2003;7(3).
- [13] Kadiroğlu İ, 2001. Deniz Suyunun Beton Karma Suyu Olarak Kullanılabilirliği. Hazır Beton Birliği Dergisi, 2001;41.
- [14] Küçük B, Betonun Dayanım ve Durabilitesini Sağlayan Parametreler. Pamukkale Üniv. Müh. Bilimleri Dergisi. 2002;6(1).
- [15] Benjeddou O, Soussi C, Jedidi M, Benali M. Experimental and theoretical study of the effect of the particle size of limestone fillers on the rheology of self-compacting concrete. Journal of Building Engineering, 2017;10:32-41.
- [16] Ramyar K, Çelik T, Marar K. Taş tozunun beton özelliklerine etkisi, endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması. 2. Sempozyumu. Ankara:1995. p.227-237.
- [17] Uluöz S, Yakıt E, Düzbasan S. Kırmataşta taş unu ve kil miktarının beton kalitesine etkisi. Beton Kongresi, 2004. İstanbul: 2004. p.697-707.
- [18] Boğa AR, Kürklü G, Ergün A. Mermer tozu katkılı kendiliğinden yerleşen betonların taze ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. ISEM2014, Adıyaman:2014. p. 1239-1248.
- [19] TS EN 197-1. Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü. 2012.
- [20] TS 3526. Beton agregalarında özgül ağırlık ve su emme oranı tayini, Türk Standartları Enstitüsü. 1980.
- [21] TS 802. Beton karışımı hesap esasları, Türk Standartları Enstitüsü. 2009.
- [22] TS EN 12350-2. Taze beton deneyleri, Çökme (slamp) deneyi. Türk Standartları Enstitüsü. 2010.
- [23] TS EN 12390-3. Sertleşmiş beton deneyleri, Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü. 2010.
- [24] TS EN 12390-5. Sertleşmiş beton deneyleri, Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü. 2010.