



Makale

Agrega Granülometrisinin Yüksek Performanslı Beton Özelliklerine Etkisi

Osman ÜNAL* Tayfun UYGUNOĞLU* Ufuk ÇOŞKUN**

*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar

**TÜMTAŞ Hazır Beton, Afyonkarahisar

ÖZET

Bu çalışmada, agrega granulometrisi ve kimyasal katkının yüksek performanslı beton özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, dört farklı tane boyutundaki agregalardan oluşan beş farklı granulometri seçilmiştir. Karışıma giren agregalardan doğal kum ve kırmataş-I oranları sabit, kırma kum ile kırmataş-II oranları değiştirilmiştir. Karışımlarında optimum su/çimento oranı 0.65 ve çimento miktarı 350 kg/m^3 olarak belirlenerek, katkılı ve katkısız olmak üzere 10 farklı seri beton numuneleri üretilmiştir. Numuneler kalıptan alındıktan sonra 7, 28 ve 56 gün süreyle suda kür edilmiştir. Numuneler üzerinde, birim hacim ağırlığı, ultrases geçiş süresi ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, agrega granulometrisinin betonun özellikle basınç dayanımı üzerine etkisinin fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca taze betonun işlenebilirliğini kolaylaştırmak amacıyla hazır beton santrallerinde kimyasal katkının kullanılmasının gerekli olduğu görülmüştür.

1.GİRİŞ

Afyon bölgesinde ruhsatlı olarak 22 kum-çakıl ocağı, 6 stabilize-sıva kumu-ariyet ocağı ve 10 taş ocağı faaliyet göstermektedir. Bunlar genel olarak merkez ve ilçelerde kuruluşlarını gerçekleştirerek elde ettikleri ham malzemeyi üretime sunmaktadırlar. Bu ocaklardan üretilen malzemeler hazır beton santrallerinde beton agregası, inşaatlarda blokaj ve sıva malzemesi, karayollarında stabilize ve mıcır olarak kullanılmaktadır.

Beton üretiminde kullanılan mineral kökenli, kum, çakıl ve kırmataş gibi taneli yapı malzemelerine agrega adı verilmektedir. Agregalar betonun toplam hacminin %70'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle agregaların kimyasal bileşimi, mineralojik ve petrografik yapısı ile fiziksel özelliklerinin iyi etüd edilmesi gerekmektedir. Bunların başlıca özellikleri granulometri, tane şekli ve boyutu, yüzey şekli, su emmesi, dayanımı, elastisite modülü, kimyasal ve mineral bileşimi, petrografik tanımlama ve özgül ağırlıktır. Bütün bu özellikler, betonun performansını ve durabilitesini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir [1].

Kaliteli beton üretiminde standartlara uygun agregalar kullanılması gerekmektedir. Beton agregalarında aranacak özellikler ve yapılacak deneyler, TS 706 EN12620'de[2] belirtildiği gibi, ince ve iri agregalar olmak üzere ayrı ayrı incelenmesi uygun olmaktadır. Beton üretiminde birçok farklı ocaktan sağlanan değişik türde agregalar kullanılmaktadır. Bu bakımdan her agrega türü için laboratuvar ortamında granulometri, su emme, özgül ağırlık ve aşınma özelliklerin araştırılması için deneylerin yapılması beton

üretimi açısından önemlidir. Ayrıca iyi bir beton dayanımı için karışıma katılacak agrega oranlarında standartlarda belirtilen referans eğrileri arasında kalması gerekmektedir.

Agrega, doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin, genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklükteki kırılmamış veya kırılmış tanelerdir. Agregalar, elde edilmiş şekillerine göre Doğal ve Yapay agrega, tür, boyut ve kullanımlarına göre ise İri agrega (Çakıl, Kırmataş, Yapay taş), İnce agrega (Kum, Kırma kum, Yapay kum) ve Taş unu (Filler) şeklinde sınıflandırılabilir. Genel olarak tane boyutu 4mm kare gözlü elekten geçen malzemeye ince agrega, elek üstünde kalan malzemeye de iri agrega, 0.25 mm kare gözlü elekten geçen ince malzemeye de Taş unu adı verilmektedir. Taş unu, özellikle taze betonun ayrışmasını önleyen yani kohezyonu yüksek beton üretimine olanak veren bir malzeme çeşididir. Agreganın suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir[3-4].

Betonu oluşturan malzemeler içerisinde en büyük orana sahip olan agrega doğal kaynakları giderek tükenen ve standartlara uygun, temiz, kaliteli örneklerin bulunması zor bir malzeme olarak, özellikle büyük şantiye ve hazır beton sektöründeki stratejik önemini daha da artırmaktadır. Gerçekten ülkemizde bir çok taş ocağı ve çakıl ocakları beton agregası üretme amacıyla faaliyet vermektedir. Ancak bunların bir kısmında bilinçli olarak agrega üretimi yapacak şekilde standartlara uygunluk belgesi, buna uygun donanımı ve kalifiye personeli bulunmaktadır. Diğer üreticiler ise beton üreticilerine yararlı olmadıkları gibi bilinçsiz ve teknolojiye yoksun üretim yöntemleriyle çevreye de onarılmaz tahribatlar bırakıyorlar. Bunun sonucunda pek çok beton üreticisi standartlara uygun, kaliteli agregayı uygun koşullarda sağlayamadıkları için yan birimler yada şirketler kurup, taş ocakları işleterek, agregayı doğrudan üretim yoluna gidiyorlar.

Agrega ocaklarından alınan malzemeler üzerinde genel olarak önce petrografik özellikler (doku, mineral bileşimi, tane boyutu vb.) belirlenir. Kimyasal özelliklerin incelenmesi sonucu bileşimdeki oksit miktarları, klorür ve sülfat oranları ile alkali azalması ve çözünen silis miktarları belirlenir. Ayrıca fiziksel özellikler olarak tanımlanan granülometri, özgül ağırlık, su emme, organik madde, aşınma, tane şekli ile dona ve basınç dayanımları da araştırılır.

Gelişen teknolojiyle beraber üretilen agregaların çoğunluğu artık hazır beton sektöründe kullanılmaktadır. Kaliteli bir hazır betonda kullanılacak agreganın mutlaka TSE EN belgesi ve imalata yeterlilik belgesi alınarak üretilmesi şartı aranmalıdır. Ayrıca deprem kuşağında bulunan ülkemizde kaliteli bir betonda kullanılacak agreganın kil, mil, toprak ve yaprak malzeme gibi hazır betonun kalitesini bozacak zararlı ve yabancı maddelerden tamamen arındırılmış, gerekli basınç ve mukavemet deneyleri yapılarak beton normlarına uygun ölçüde kontroller edilerek beton üretiminde kullanılması sağlanmalıdır. Agreganın üretilmesi ve kullanımında standardizasyonun sağlanması ve inşaat sektöründe yaşanan sorunların giderilebilmesi açısından da agrega üreticileri birliğinin kurulması, ve bu birliğe bilinçli üreticilerin katılmasını sağlayarak kaliteli beton üretiminde olduğu gibi, agrega üretiminde de standartlara uygunluğun kontrol altına alınabilmesi açısından önemli gelişmenin olacağı söylenmektedir[3].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Agreganın Özellikleri

Agreganın granülometrisinin beton özelliklerine etkisinin belirlendiği çalışmada 0-3mm doğal kum, 0-6mm kırma kum, 6-12mm ve 12-22mm tane boyutlarında kırmataş agregaları olmak üzere dört agrega sınıfı malzeme kullanılmıştır. Laboratuara getirilen malzemeler üzerinde standartlarda belirtilen deney yöntemlerine göre; Granülometri deneyi (TS706), özgül ağırlık, birim ağırlık, aşınma deneyi, (TS3526), yapılarak sonuçlar tablo.1'de verilmiştir [5-6-7]. Aşınma oranı % 20.91 bulunmuştur.

Tablo: 1 Agregaların Fiziksel Özellikleri

Numune Cinsi	Elek Çapı							Karışım Oranı (%)	Özgöl Ağırlık kg/dm ³	Birim Ağırlık kg/dm ³
	31,5 (mm)	16 (mm)	8 (mm)	4 (mm)	2 (mm)	1 (mm)	0,25 (mm)			
0-3 Doğal	100	100	100	100	77	45	20	14	2,62	1,625
0-6 Kıırma	100	100	100	86	52	33	17	4236302418	2,65	1,410
6-12 KıırmaTaşI	100	100	76	7	5	0	0	16	2,71	1,365
12-22 KıırmaTaşI	100	58	2	1	0	0	0	2834404652	2,70	1,362

2.2 Çimento

Beton karışımlarında Afyonkarahisar SET çimento fabrikasının üretimi olan PKÇ42.5 tipi portland kompoze çimentosu kullanılmıştır. TS 24'e göre çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri çimento fabrikası laboratuvarında yapılmış ve sonuçların T.S 19'da belirtilen standart değerlere uygun olduğu görülmüştür. Çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 2.'de, fiziksel ve mekanik özellikleri de Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. PKÇ 42,5 Portland Kompoze Çimentosu Fiziki ve Mekanik Özellikleri

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanımı N/mm ² (TS19)			Priz başlama süresi (TS19)	Priz sonu (TS19)	Hacim Genleşme mm (TS19)	Özgöl Yüzey
	2 günlük	7 günlük	28 günlük				
42,5	26.5 (21)	38.7 (34)	46 (42,5)	2.52 (1sa)	4.36 (10sa)	3 (10)	3685 (3500)

Tablo 3. PKÇ 42,5 Portland Kompoze Çimentosu Kimyasal Özellikleri

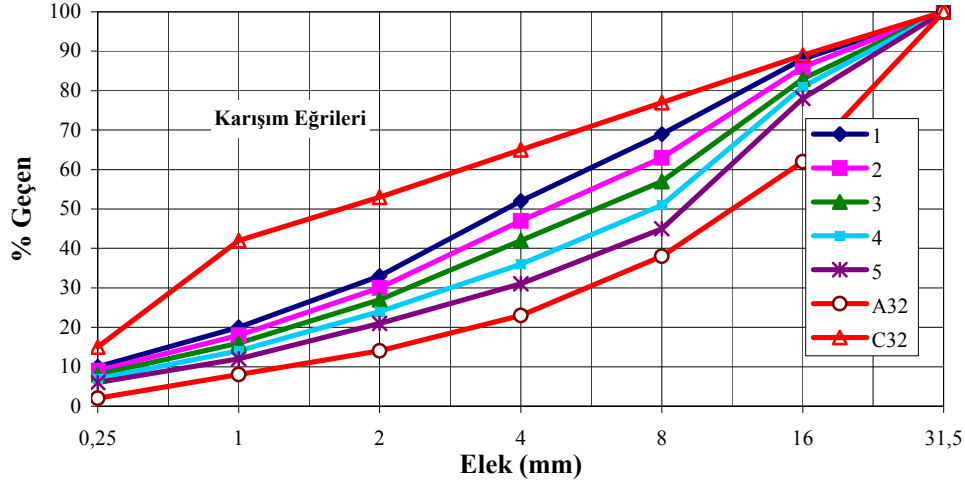
Bileşik Adı	% (TS 19)
Kızdırma Kaybı	1,92 (4)
Çözünmeyen Kalıntı	0,67(1,5)
Magnezyum Oksit	2,33 (5)
Kükürt Trioksit	2,91 (3,5)
C3A (Triokalsialüminat)	8,37

2.3 Beton Katkı Maddesi.

Katkılı beton karışımlarında MR50 orta akışkanlaştırıcı katkı maddesi çimento ağırlığının % 1(%0,4-1,5) oranında kullanılmıştır. Karışıma suyla karıştırılarak ilave edilmiştir.

2.4 Beton Karışımı ve Üretimi

Agregalar üzerinde yukarıda belirtilen deneyler tamamlandıktan sonra agregaların yeterliliğini belirlemek amacıyla çimento miktarı 350 kg/m^3 , su/çimento oranı 0,65'e göre uygun beton karışım hesabı yapılarak beton üretilmiştir. 1 m^3 beton karışımında hacimce $0,65 \text{ m}^3$ teşkil eden agregalardan 0-3mm doğal kum %14 ve 6-12 mm kırma taş %16 sabit kabul edilmiştir. Diğer malzemelerin toplam değeri %70 olmak üzere; 0-6 mm kırma kum %42 den %18'e kadar azalmasına karşılık, 12-22 kırma taş malzemesi % 28'den %52'e kadar değişen beş farklı granülometri eğrisine ait karışım oranları kullanılmıştır. Bu oranlara göre betoniyere ağırlık cinsinden malzemeler katılarak uygun beton karışımı sağlanmıştır.



Şekil.1 Agraga Granulometri Eğrileri ve Standart Değerler

Beton karışımına girecek teorik miktarlar birim hacim denkleminde bulunmuş olup, ön deneyler yapılarak, 1000 dm^3 için gerçek malzeme miktarları belirlenmiştir. Beton karışımları üzerinde taze beton deneylerinden çökme, birim ağırlık ve hava metre deneyi sonuçları tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Normal Beton Özellikleri

Karışım	Çökme (cm)	B.A (kg/dm^3)	Hava (%)	Beton Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
Ş.B	10	2394	1,7	12
NB1	10	2401	1,5	12
NB2	16	2387	0,8	11
NB3	18	2379	0,8	12
NB4	18	2384	0,75	12

Hazırlanan beton karışımları tablalı sarsma vibratörü ile kalıba yerleştirildi ve sıcaklığı $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ve %65 nemli laboratuvar ortamında 24 saat bekletildikten sonra kalıplarından çıkarılarak 20°C kirece doymuş su içerisinde bekletildiler. Deney gününden bir gün önce su içerisinde çıkarılan numuneler normal hava şartlarına bırakılarak 7,28 ve 56.cı günlerdeki beton özellikleri belirlenmiştir. Su emme deneyi sadece 28 günlük numunelerde yapılmıştır. Üretilen serilerde NB ile normal beton, KB ile katkılı beton gösterilmiştir.

Sertleşmiş beton numuneleri üzerinde 7,28 ve 56 günlük basınç, ultrases hızı ve 28 günlük su emme deneyi yapılmıştır. Ayrıca küp numuneleri üzerinde su emme deneyi yapılarak birim hacim ağırlıklar ve görünen porozite değerleri hesaplanmıştır.

3.DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Agrega granülometrisinin beton özelliklerine etkinin belirlendiği çalışmada elde edilen sonuçlar tablo 5 ve tablo 6'da verilmiştir. Tablolarda 0-3mm doğal kum %14, 0-6mm kırma % 42, 6-12mm kırma %16 ve 12-22mm %28 oranlarına ait beton serisi şahit beton (řB) olarak kabul edilerek her bir zaman dilimi içerisinde beton özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

Tablo.5 Normal Beton Özellikleri

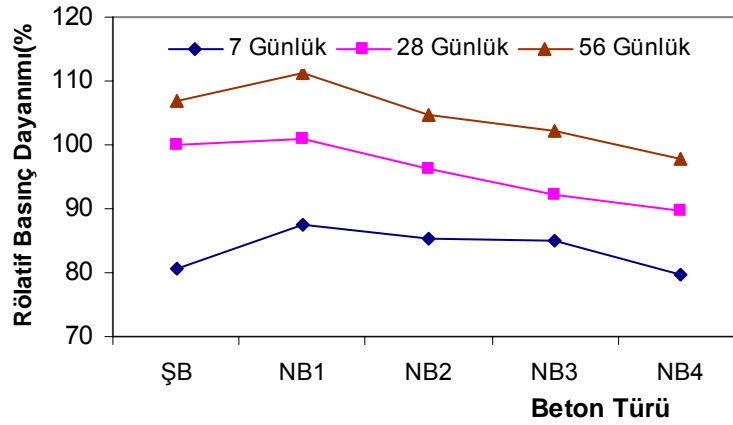
Beton Yaşı	Beton Türü	$\sum \frac{\text{inceagrega}}{\text{iriagrega}}$	Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Ultrases Hızı (km/sn)	Dayanım (MPa)
7 GÜN	řB	1.27	2,402	4,63	29,0
	NB1	1	2,437	4,64	31,4
	NB2	0.78	2,438	4,62	30,6
	NB3	0.61	2,410	4,62	30,5
	NB4	0.47	2,449	4,59	28,6
28 GÜN	řB*	1.27	2,429	4,66	35,9
	NB1	1	2,443	4,86	36,3
	NB2	0.78	2,433	4,66	34,6
	NB3	0.61	2,417	4,79	33,1
	NB4	0.47	2,467	4,66	32,2
56 GÜN	řB	1.27	2,409	4,62	38,4
	NB1	1	2,445	4,83	40,0
	NB2	0.78	2,452	4,77	37,6
	NB3	0.61	2,441	4,88	36,7
	NB4	0.47	2,472	4,98	35,1

Agrega granülometrisinin beton basınç dayanımına etkisi ile ilgili sonuçlar incelendiğinde, karışımlardaki ince malzeme oranı azaltılıp iri malzeme oranı artırılması durumunda genel olarak basınç dayanımlarında şahit numuneye göre azalma eğilimi görülmüştür (şekil 2 ve şekil 3). Karışımdaki iri malzeme oranının artmasına paralel olarak yerleştirmedeki olumsuz etkilerle birlikte iç yapıda boşluk oranı artacaktır. Boşluk oranının artması yapısal kusur olduğundan dayanımlarda azalacaktır. Elde edilen sonuçlar bunu vurgulamaktadır. Beton seri içerisinde en iyi dayanıma sahip beton bileşiminin granülometrisi NB1 ve KB2 serisine ait olan agrega oranlarıdır. Basınç dayanımlarındaki rölatif değişimlerde en belirgin azalmada NB4 ve KB4 serilerinde görülmüştür. Bu serilerde ince agrega/iri agrega oranı 0,47'dir. Bu oran 1'e yaklaştıkça dayanımların olumlu yönde arttığı görülmüştür. Bütün serilerin basınç dayanımlarının zamanla değişimleri incelendiğinde erken yaşlardaki dayanım artış hızı ileriki yaşlarda belirgin olarak azalmaktadır.

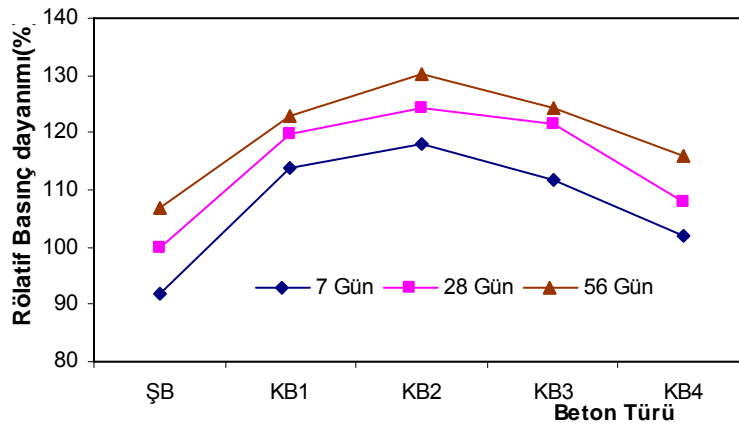
Katkılı betonların özelliklerine bakıldığında karışıma katılan orta akışkanlaştırıcı kimyasalın işlenebilmeyi kolaylaştırmasının yanı sıra yerleşme esnasında da minimum boşluk oranının sağlandığı KB2 serisinde maksimum değerler elde edilmiştir. Kılcallık sonuçlarından da görünen porozite ve difüzyon katsayısı açısından NB1 ve KB2 serileri yukarıdaki bulguları doğrulamakta olduğu söylenebilir.

Tablo.6 Katkılı Beton Sonuçları

Beton Yaşı	Beton Türü	$\sum \frac{\text{inceagrega}}{\text{iriagrega}}$	Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Ultraseshızı (km/sn)	Dayanım (Mpa)
7 GÜN	KB1	1	2,415	4,61	40,8
	KB2	0.78	2,432	4,77	44,5
	KB3	0.61	2,395	4,74	40,1
	KB4	0.47	2,423	4,67	35,2
28 GÜN	KB1	1	2,417	4,80	42,9
	KB2	0.78	2,448	4,80	44,6
	KB3	0.61	2,463	4,92	43,6
	KB4	0.47	2,461	4,92	41,4
56 GÜN	KB1	1	2,405	4,82	44,1
	KB2	0.78	2,439	4,78	46,8
	KB3	0.61	2,450	4,68	44,6
	KB4	0.47	2,452	4,89	39,1

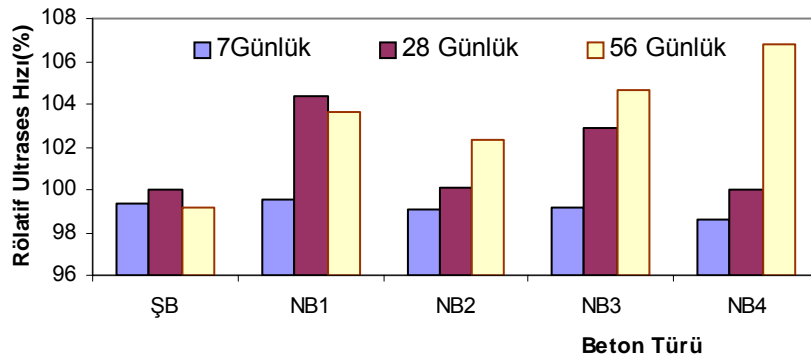


Şekil.2 Normal Betonlarda Agreg Granülometrisi ile Rölatif Dayanım



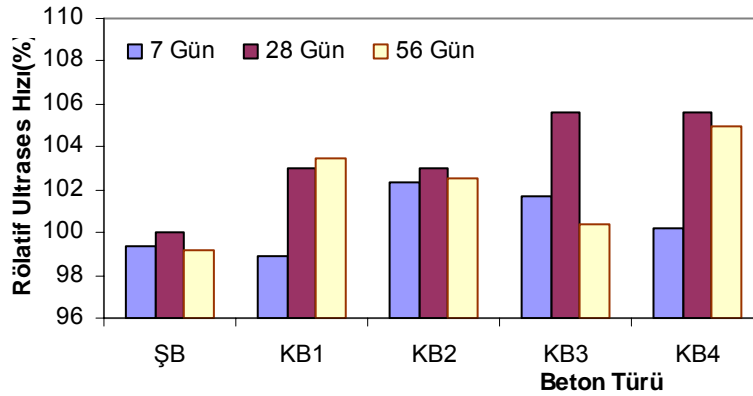
Şekil.3 Katkılı Betonlarda Agreg Granülometrisi ile Rölatif Dayanım

Agrega granülometrisinin değişmesi basınç dayanımını etkilediği gibi birim ağırlık ve ultraseshıza da etki etmektedir. NB1 ve KB2 betonlarının değişim mertebesi diğer betonlardaki değişime göre daha az olmuştur. Diğer taraftan birim ağırlığın agrage granülometrisine göre değişimi zamana bağlı olarak artma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4. Normal Betonlarda Agregra Granülometrisi ile Rölatif Ultrases Hızı

Agregra granulometrisinin betonun ultrases hızına etkisi şekil 4 ve şekil 5’de görüldüğü gibi, erken yaşlardaki etkisi ileriki yaşlara göre daha az olmuştur.



Şekil 5. Katkılı Betonlarda Agregra Granülometrisi ile Rölatif Ultrases Hızı

Üretilen numunelere ait tablo.7’de verilen su emme deneyi sonuçlarına göre; Basınç dayanımına benzer davranışlar elde edilmiştir. Üretilen normal beton karışımlarında iri malzeme oranı artarken boşluk yapısına bağlı olarak görünen porozite artmıştır. Katkılı betonlarda ise katkı maddesine bağlı olarak görünen porozite normal betona göre daha düşük çıkmıştır. Numunelerin birim zamanda emdikleri su miktarları arasındaki ilişki 0,98 mertebesinde olup sonuçların uygun olduğu söylenebilir. Ancak difüzyon katsayısı açısından sonuçlar arasında dağılımın iyi olmadığı dikkate alındığında granulometrinin etkisi tam belirlenemese de R’nin 1’e yakın çıkması ilişkinin olumlu olduğunu göstermiştir.

Tablo:7 28 Günlük Betonların Su Emme Deneyi Sonuçları

Numune No	B.A. kg/dm ³	G.Porozite (%)	R ²	$D' = \frac{\pi}{4} s^2 \times 10^{-5}$
NB1	2,289	13,23	0,986	12,13
NB2	2,255	14,73	0,983	19,40
NB3	2,290	13,63	0,970	2,94
NB4	2,288	13,64	0,980	3,70
KB1	2,304	13,64	0,998	6,80
KB2	2,315	12,67	0,979	6,40
KB3	2,311	12,05	0,986	6,80
KB4	2,390	13,15	0,990	15,3

4. SONUÇLAR

Agrega granülometrisinin normal ve katkılı beton özelliklerine etkisi üzerine yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Betonun basınç yükü altındaki davranışı bileşimine ve bileşimindeki malzeme özelliklerine bağlıdır. Agreg a granülometrisi ve su çimento oranı bu davranışı etkileyen iki önemli faktördür. Agreg a granülometrisi, agrega-harç fazı arasındaki mikro-çatlak oluşumunu, su/çimento oranı ise hamur veya harç fazının özelliklerini etkiler. Bu bilgilere göre basınç dayanımı olarak en iyi agrega granülometrisi NB1 ve KB2 serileri sağlamıştır.C25/30 beton sınıfından daha yüksek dayanımlar elde edilmiştir. Basınç dayanımlarındaki rölatif değişimlerde en belirgin azalma 28 günlük numunelerde yaklaşık olarak %15 mertebesinde olmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın uygulama aşamasında malzeme, laboratuar ve elamanlarının bilgi ve tecrübelerinden yararlanan Kolsan İnşaat Otomotiv Sanayi Ve Ticaret A.Ş.ne teşekkür ederim.

5.KAYNAKLAR

1. TAŞDEMİR,C.,”Agreg a Tür ve Boyutunun Beton Performansına Etkisi”,THBB Hazır Beton Mart-Nisan 2001.
2. TS706 Beton Agregaları Aralık 1980.
3. Set Beton ve Madencilik AŞ,. “Agreg a”, THBB,.mart-Nisan2001.
4. ÜNAL,O., “Afyon Yöresi Agregaların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması”, 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık 2003 İstanbul
5. TS3526 Beton Agregalarında Özgöl Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, Aralık1980.
6. TS 3694 Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık,.Aralık1981.
7. TS802 Beton Karışım Hesap Esasları,Ocak1985.