

İri Agregata Türü ve Akışkanlaştırıcı Katkı Dozajının KYB'nin Mekanik Performansına Etkileri

Beton 2011 Kongresi'nden

Selçuk Türkel¹
Burak Felekoğlu²

Özet

Bu çalışmada iri agregata türünün ve akışkanlaştırıcı katkı dozajının kendiliğinden yerleşen betonun taze ve mekanik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Sabit su/toz madde (çimento+kireçtaşı unu+uçucu kül) oranında kendiliğinden yerleşen betonlar hazırlanmıştır. Agregata hacmi tüm karışımlarda sabit tutulmuş, ancak kullanılan agregata türü değiştirilmiştir. Tüm karışımlarda kendiliğinden yerleşebilirliği stabiliteyi koruyarak sağlayan akışkanlaştırıcı katkı dozajları tespit edilmiştir. Ayrıca betonlarda stabilite problemleri yaratma potansiyeli olan yüksek katkı dozajlarında da performans karşılaştırması yapmak amacıyla beton üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan karışımlar üzerinde; yayılma çapı, V-hunisi akış süresi ve L-kutusu deneyleri yapılmıştır. Ayrıca 150 mm ayrıtlı küp ve 100 mm çaplı, 200 mm yükseklikteki silindirik örnekler kullanılarak sırasıyla 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ve silindirik yarma dayanımları belirlenmiştir. Deney sonuçları kırma agregata kullanımının aynı tane boyut dağılımındaki doğal agregata kullanımına kıyasla; akışkanlaştırıcı katkı ihtiyacını arttırırken mekanik özellikleri olumlu etkilediği belirlenmiştir.

1. GİRİŞ

Geleneksel beton üretiminde agregata hacmi, toplam beton hacminin %75-80'lerine ulaşmaktadır. Uygun tane boyut dağılımındaki agregatlar kullanılarak kompasitenin mümkün olduğunca arttırılması hedeflenmektedir. Böylece hem çimento hamurundan tasarruf edilmekte hem de agreganın yüksek mekanik özelliklerinden daha verimli bir şekilde yararlanılabilmektedir. Özellikle farklı agregatlarla yapılan yüksek dayanımlı beton araştırmalarında agregata türünün mekanik özelliklere etkisinin daha belirgin olduğu sonucuna ulaşılmıştır [1-3].

Ancak kendiliğinden yerleşen betonda (KYB), yüksek akış kabiliyetinin sağlanması amacıyla agregata hacmi azaltılmıştır. Dolayısıyla hamur hacmi de farklı toz maddelerin ilavesi ile arttırılmaktadır. Bu durumda agregatların birbirine temas ederek sıkışma olasılığı azalmaktadır [4]. Diğer taraftan, agregatların KYB'nin mekanik performans etkileri de geleneksel betondaki kadar baskın değildir. Akıcılığı kontrol eden parametre hamur fazının viskozitesi olup, akış sırasında agregata hamur fazı içinde sürüklenen katı tanecikler olarak kabul edilmektedir [5-6]. KYB'de kullanılan agregata hacmine ve hamur fazının viskozitesine bağlı olarak agregata özelliklerinin reolojik davranışa etkileri, Geiker vd. [6] tarafından kapsamlı deneysel çalışmalarla incelenmiştir. Bu çalışmalarda agregata özelliklerine bağlı olarak bazı yaklaşımlar ve kabuller yapılarak en uygun hamur fazı

Effects Of Coarse Aggregate Type and Plasticizing Admixture Dosage on Mechanical Performance of Scc

The effects of coarse aggregate type and plasticizing admixture dosage on fresh and mechanical properties of self-compacting concrete have been investigated in this study. Self compacting concretes have been prepared at constant water/powder (cement+limestone powder+fly ash) ratios. Aggregate volume of all mixtures was kept constant however, the type of aggregate have been changed. The required amounts of plasticizing admixture dosages have been determined to obtain self compactability and stability at the same. Additionally, in order to make performance comparison, concretes have been prepared by using high dosages of admixture that may create potential stability problems.

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh.Fak. İnşaat Müh. Bölümü, İzmir, selcuk.turkel@deu.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh.Fak. İnşaat Müh. Bölümü, İzmir, burak.felegoglu@deu.edu.tr

hacmi hesaplanmış ve farklı agregalar farklı hamur hacimlerinde karşılaştırılmıştır. Agreganın en büyük tane boyutu, boyut dağılımı ve tane şekli gibi özelliklerin taze KYB'nin eşik kayma gerilmesi ve plastik viskozite gibi reolojik parametrelerine etkileri deney sonuçları ışığında tartışılmıştır. Yazarlara göre hamur fazının dolayısıyla agreganın hacminin toplam hacme oranı agregaların reolojik davranışa etkisini kontrol etmektedir [6].

Bu çalışmada iri agreganın türünün ve akışkanlaştırıcı katkı dozajının KYB'nin taze ve mekanik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar kapsamında sabit su/toz madde (çimento+kireçtaşı unu+uçucu kül) oranında KYB'ler hazırlanmıştır. Agreganın hacmi de tüm karışımlarda sabit tutulmuş, ancak kullanılan agreganın türü değiştirilmiştir. İlk aşamada farklı kaynaklardan temin edilen iki tür çakıl ve doğal kum kullanılarak KYB karışımları hazırlanmıştır. İkinci aşamada çakıl agregaları ile aynı tane boyut dağılımlarına sahip olacak şekilde kırma kireçtaşı agregaları kullanılarak KYB'ler üretilmiştir. İnce agreganın fazı da söz konusu karışımlarda kırma ince agreganın ile değiştirilmiştir. Tüm karışımlarda kendiliğinden yerleşebilirliği stabili-

teyi koruyarak sağlayan akışkanlaştırıcı katkı dozajları tespit edilmiştir. Ayrıca betonlarda stabilite problemleri yaratma potansiyeli olan katkı dozajlarında da performans karşılaştırması yapmak amacıyla beton üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Slump-flow spread, V-funnel flowing time and L-box tests have been performed. Additionally, 150 mm cube samples and cylindrical samples with 100 mm diameter and 200 mm height have been used in 7 and 28 days compressive strength and splitting tension tests respectively. Test results showed that employment of crushed aggregate rather than natural aggregate at the same gradation increased the plasticizing admixture requirement and improved the mechanical properties.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Malzemeler

Çimento, uçucu kül ve kireçtaşı unu:

Deneysel çalışmalarda kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilen CEM I 42.5R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. KYB'nin toz ihtiyacını sağlamak için Soma B Termik santralinden temin edilen ve özellikleri Çizelge 1'de sunulan C sınıfı bir uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu külün özgül ağırlığı 2,20 olup, puzolanik aktivitesi TS EN 450 [7]'ye

göre %93.8 olarak tespit edilmiştir. Kendiliğinden yerleşen betonun toz ihtiyacının bir kısmı da 63 mikron elekten geçirilmiş kireçtaşı unu ile karşılanmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kireçtaşı ununun özgül ağırlığı 2,65 ve Blaine değeri 538 m²/kg'dır.

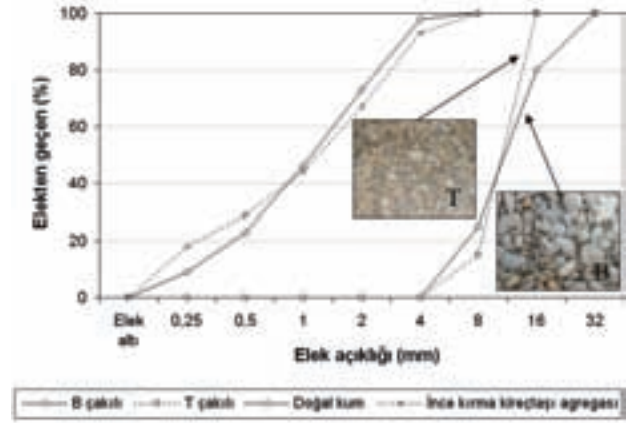
Çizelge 1. CEM I 42.5R tipi Portland çimentosu ve uçucu külün kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

Kimyasal Bileşenler	CEM I 42.5R	C-sınıfı uçucu kül	Fiziksel Özellikler	
	%	%		
CaO	63,7	26,96	Priz başlangıç süresi	135 d.
SiO ₂	19,68	42,14	Priz bitiş süresi	245 d.
Al ₂ O ₃	5,75	19,38	Blaine	340 m ² /kg
Fe ₂ O ₃	3,00	4,64	Özgül ağırlık	3,14
MgO	0,90	1,78	Mekanik Özellikler	
Na ₂ O	0,20	-	2 g. basınç dayanımı	25,4 MPa
K ₂ O	0,83	1,13	7 g. basınç dayanımı	41,1 MPa
SO ₃	0,18	2,43	28 g. basınç dayanımı	50,6 MPa

İri ve ince doğal agregalar: Deneysel çalışmalarda iki farklı bölgeden temin edilen doğal teras malzemesi iri agreganın kullanılmıştır. Bu iri agregaların sırasıyla "**Bergama çakılı (B)**" ve "**Turgutlu çakılı (T)**" olarak isimlendirilmiştir. Agregaların üreticileri tarafından en büyük tane boyutları sırasıyla 32 ve 16mm olacak şekilde eleklerden geçirilmiş ve doğal gradasyonlarıyla stoklanmıştır. Agregaların elek analizleri Şekil 1'de ve fiziksel özellikleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Tane şekilleri açısından yassı ve şekilsiz tane oranı Turgutlu çakılında daha yüksektir. Beton üretiminde bu agregalarla beraber tek tip doğal kum kullanılmıştır.

İri ve ince kırma agregalar: Doğal iri agregalarla aynı tane boyut dağılımının elde edilmesi için kırma kireçtaşı agregalar 32-16, 16-8, 8-4 mm elek aralıklarında stoklanmıştır. Söz konusu kırma kireçtaşı iri agregaların fiziksel özellikleri Çizelge 2’de listelenmiştir. Bu agregalar uygun çene açıklığına sahip kırıcı ve eleklerden geçirilerek üretildikleri için yassı ve şekilsiz tane oranı ihmal edilebilecek kadar azdır. Kırma agregalarla üretilecek betonların ince agrega fazını oluşturacak ve doğal kumla yer değiştirecek olan kırma kireçtaşı ince agregası ise doğal kuma benzer tane boyut dağılımına sahiptir (Şekil 1). Kırma kireçtaşı ince agregasının fiziksel özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı: Kendiliğinden yerleşebilirliğin sağlanması amacıyla polikarboksilat bazlı bir süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Kimyasal katkının özgül ağırlığı 1,18 ve katı madde oranı %35,7’dir.



Şekil 1. Doğal agregaların ve kırma kumun tane boyut dağılımları ve tane şekilleri

Çizelge 2. Doğal ve kırma agregaların fiziksel özellikleri

Agrega türü	Yoğunluk (g/cm ³)	Yassı tane oranı (%)	Şekilsiz tane oranı (%)	Su emme (%)
Doğal agregalar				
Bergama çakılı (B)	2,55	3	5	0,50
Turgutlu çakılı (T)	2,56	13	17	0,70
Doğal kum	2,60	-	-	1,63
Kırma agregalar				
İri kırma kireçtaşı agregası*	2,70	<1	<1	0,40
İnce kırma kireçtaşı agregası	2,62	-	-	1,21

* Aynı kaynaktan 32-16, 16-8, 8-4 mm elek aralıklarında stoklanmıştır.

2.2. Agregalar Karışımlarının Hazırlanması ve Beton Karışım Oranları

Tüm beton karışımlarında hamur hacmi (çimento+uçucu kül+kireçtaşı unu+su) ve dolayısıyla agrega hacimleri sabit tutulmuştur. Çizelge 3’de karışım oranları görülmektedir. Agregalar hacmini oluşturan iri ve ince agregaların birbirlerine olan hacimsel oranları da sabit tutulmuştur (%40 iri, %60 ince agrega). BD kodlu karışımlarda iri agrega olarak “Bergama çakılı” ince agrega olarak “doğal kum” kullanılmıştır. TD kodlu karışımlarda ise “Turgutlu çakılı” ve “doğal kum” kullanılarak beton karışımları hazırlanmıştır. Söz konusu karışımların tane boyut dağılımları Şekil 2’de sunulmuştur.

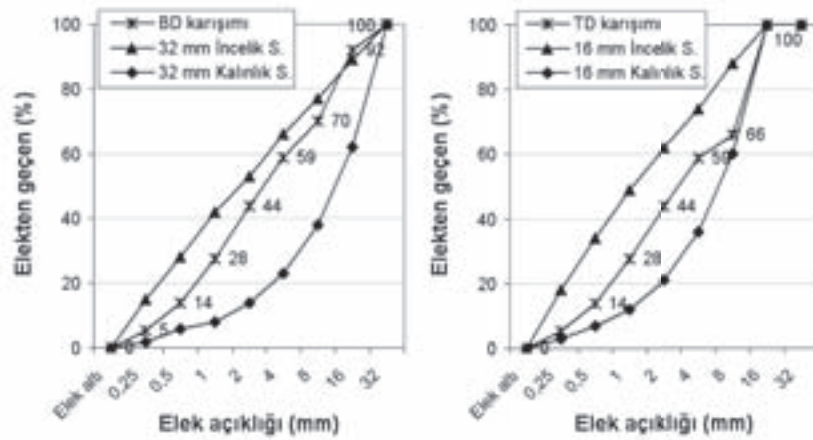
En büyük agrega tane boyutu 32 ve 16 mm için TS 802 [8] standardında geleneksel beton için önerilen tane boyut dağılımı aralıkları da aynı şekilde verilmiştir. Doğal agregalarla aynı tane boyut dağılımına sahip kırma kireçtaşı agregaları stoklardan tartılarak bir araya getirilmiş ve sırasıyla BK, TK kodlu karışımları hazırlanmıştır. BK ve TK karışımlarında ince agrega olarak da kırma kireçtaşı kullanılmıştır. Kırma kireçtaşı kullanılan karışımların tane boyut dağılımları da Şekil 3’de sunulmuştur. Böylece iri agrega kısmı aynı tane boyut dağılımına sahip olan, doğal ve kırma agregalı karışımlarla hazırlanacak KYB’lerin karşılaştırılması mümkündür.

Çizelge 3. 1m³ beton için gerekli malzeme miktarları

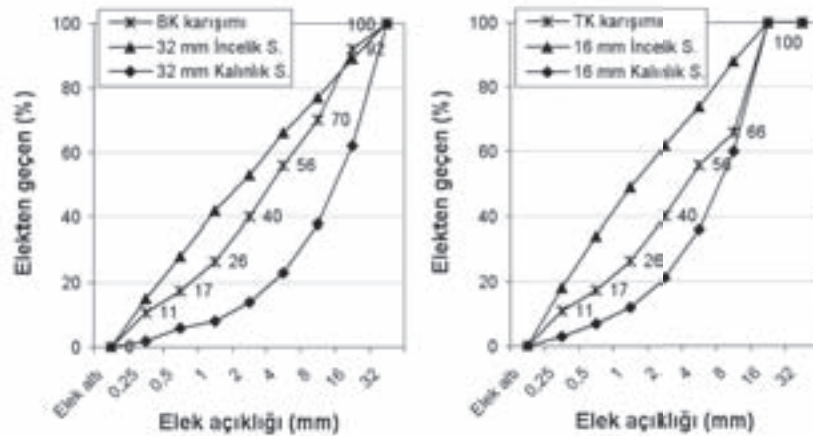
Bileşenler (kg/m ³)	BD-I ve II	TD-I ve II	BK-I ve II	TK-I ve II
Çimento	331	331	331	331
Kireçtaşı unu	166	166	166	166
Uçucu kül	165	165	165	165
Su	210	210	210	210
İri agrega*	536	538	567	567
İnce agrega*	816	816	823	823
Akışkanlaştırıcı katkı **	4,3 ve 8,0	4,3 ve 5,6	4,0 ve 6,0	5,3 ve 6,6

* Her seride kullanılan iri ve ince agregaların türleri farklı olup, ayrıntılı bilgi Bölüm 2.3'de sunulmuştur.

** BD-I ve BD-II serisinde kullanılan katkı miktarları ayrı ayrı verilmiştir.

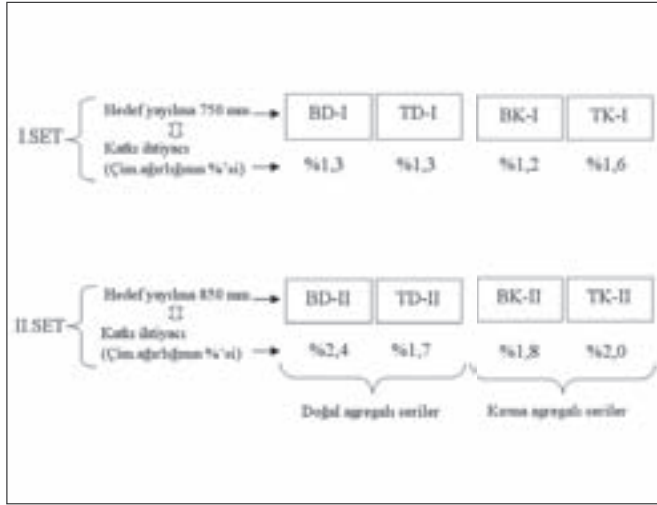


Şekil 2. Doğal agrega karışımlarının tane boyut dağılımları ve TS 802'nin geleneksel beton için önerdiği sınır değerler.



Şekil 3. Kırma kireçtaşı agregası karışımlarının tane boyut dağılımları ve TS 802'nin geleneksel beton için önerdiği sınır değerler.

Kendiliğinden yerleşen beton üretiminde dört seri beton karışımı (BD, TD, BK ve TK) için yayılma değeri olarak yaklaşık 750 mm hedeflenmiştir. Bu serilerden elde edilen betonlar I. Set olarak adlandırılmıştır. Yayılma değerini sabitlemek için gerekli akışkanlaştırıcı katkı miktarları farklılık göstermekte olup Çizelge 4'de sunulmuştur. Ayrıca, aynı beton karışımları akışkanlaştırıcı katkı dozajı yükseltilecek suretiyle stabilite problemi yaşanabilecek 850 mm yayılma çaplarında üretilmiştir. Bu serilerden elde edilen betonlar II. Set olarak adlandırılmıştır. Toplamda 8 farklı beton karışımı üretilmiş olup, karışımların kodlandırılma yöntemi Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Karışımların kodlanması

2.3. Taze ve Sertleşmiş Beton Deneyleri

Çizelge 3'de verilen karışım oranları kullanılarak her seriden 50 dm³ beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Kuru malzemelerin 100 dm³ kapasiteli yatay eksenli bir betoniyerde karıştırılmasının ardından su ve akışkanlaştırıcı katkı ilavesi yapılmış ve hedef yayılma çapları için gerekli katkı ihtiyacı belirlenmiştir. Şekil 4'de söz konusu katkı dozajları görülmektedir. Yayılma çapı ölçümlerinin yanı sıra EF-NARC [9] standartlarına göre sırasıyla 500 mm çapa yayılma süresi (T₅₀) ve V-hunisi deneyleri de gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Ayrıca sertleşmiş beton deneylerinde kullanılmak üzere 6'şar adet 150 mm ayrıtlı küp ve 100 mm çaplı, 200 mm yüksekliğe sahip silindir kalıplara örnek alınmıştır. Örnekler bir gün kalıpta bekletildikten sonra basınç ve silindir yarma deneylerinin 3'erli gruplar halinde gerçekleştirileceği 7. ve 28. güne kadar suda bekletilmiştir. Tüm serilerin 3'er örnekten elde edilen ortalama basınç ve silindir yarma dayanımları da Çizelge 4'de listelenmiştir.

Çizelge 4. Taze ve sertleşmiş beton deney sonuçları

Karışım kodu	BD-I (%1,3*)	BD-II (%2,4)	BK-I (%1,2)	BK-II (%1,8)	TD-I (%1,3)	TD-II (%1,7)	TK-I (%1,6)	TK-II (%2,0)
Taze beton özellikleri								
Yayılma çapı (mm)	760 ↗	870 ↘	745 ↗	865 ↘	745 ↗	880 ↘	730 ↗	825 ↘
T ₅₀ süresi (s)	3 ↘	1 ↗	3 ↘	2 ↗	3 ↘	1 ↗	3 ↘	1 ↗
V-hunisi akış süresi (s)	7,5 ↘	5,5 ↗	8 ↘	6 ↗	7,5 ↘	5,5 ↗	7,5 ↘	5,5 ↗
Mekanik özellikler								
7g. Basınç dayanımı (MPa)	26	29,5	33,3	35,2	29,8	29,0	39,5	39,4
28g. Basınç dayanımı (MPa)	39,7	43,1	45,3	52,2	41,5	42,9	51,1	52,8
7g. S.yarma dayanımı (MPa)	2,2	2,2	3,1	2,7	2,7	2,5	2,9	3,7
28g. S.yarma dayanımı (MPa)	3,7	3,5	3,8	3,8	4,5	3,6	4,8	4,3

* Akışkanlaştırıcı katkı dozajı (Çimento ağırlığının %'si)

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

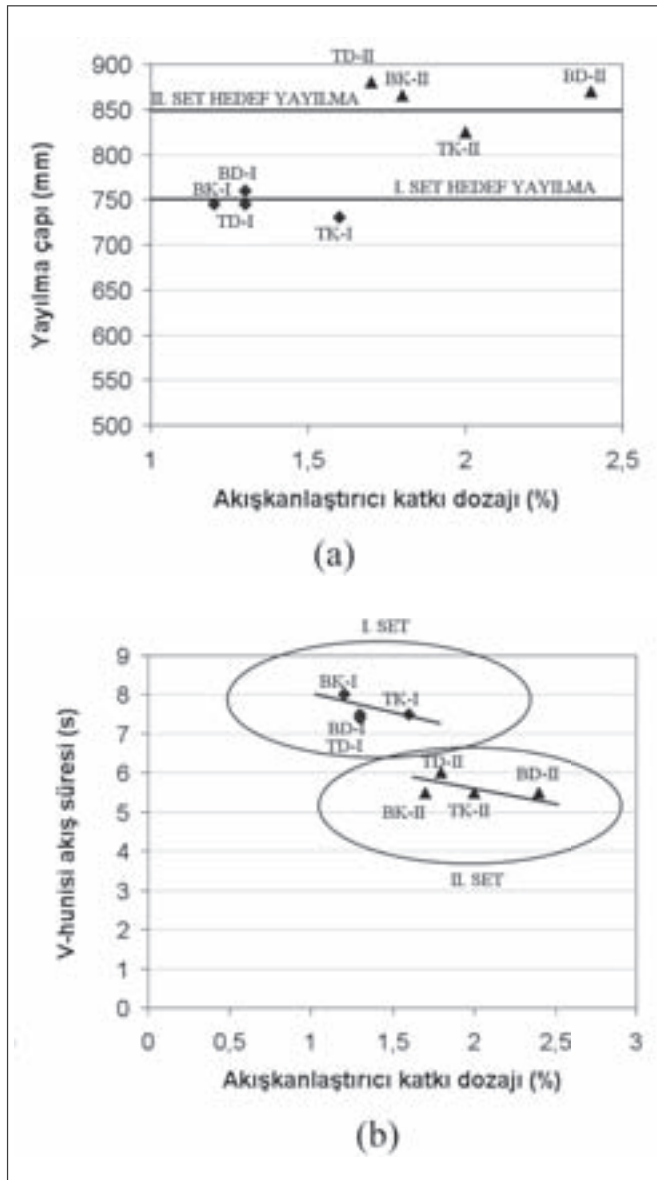
3.1. Taze Beton Deney Sonuçları

Hedef yayılma değerinin 750 mm ve 850 mm olduğu I. ve II. setlerde akışkanlaştırıcı katkı dozajı ihtiyacı ile yayılma çapı arasındaki ilişki Şekil 5a'da görülmektedir. Stabil KYB karışımlarının üretildiği I.sette doğal agrega türünün katkı ihtiyacına belirgin bir etkisi tespit edilememiştir (BD-I ve TD-I). Aynı tane boyut dağılımında kırma kireçtaşlarının kullanıldığı BK-I ve TK-I karışımlarında ise sadece Turgutlu çakılıyla aynı iri agrega tane boyut dağılımına sahip karışımda (TK-I) katkı ihtiyacı artışı tespit edilmiştir. Kırma agregaların köşeli yapısı katkı ihtiyacını arttırmış olabilir.

Ancak Bergama çakılında katkı ihtiyacında küçük bir miktar azalma meydana gelmiştir. Diğer yandan doğal kum yerine kırma kireçtaşı ince agregası kullanılması da katkı ihtiyacını arttırmayacak bir unsurdur.

Hedef yayılma çapının 850 mm olduğu II.set dökümlerde kendiliğinden yerleşen karışımlarda beklenileceği üzere stabilite problemleri gözlenmiştir. Aşırı katkı dozajı yayılma çapı artışının yanında 500 mm çapa yayılma süresini (T₅₀) ve

V-hunisi akış sürelerini kısaltmıştır. Akış süresindeki kısalma dolaylı olarak plastik viskozitedeki azalma ile ilişkilendirilebilir. Deney sonuçları katkı dozajı artışı ile karışımların plastik viskozitelerinde azalma (akma süresinde kısalma) meydana geldiğini göstermiştir. Şekil 5b'ye göre agrega türünün akma sürelerine belirgin bir etkisi tespit edilememiştir. Beton hacminin çok büyük bir kısmını hamur fazı oluşturduğu için agrega şeklinin akışa etkisi geri planda kalmaktadır.



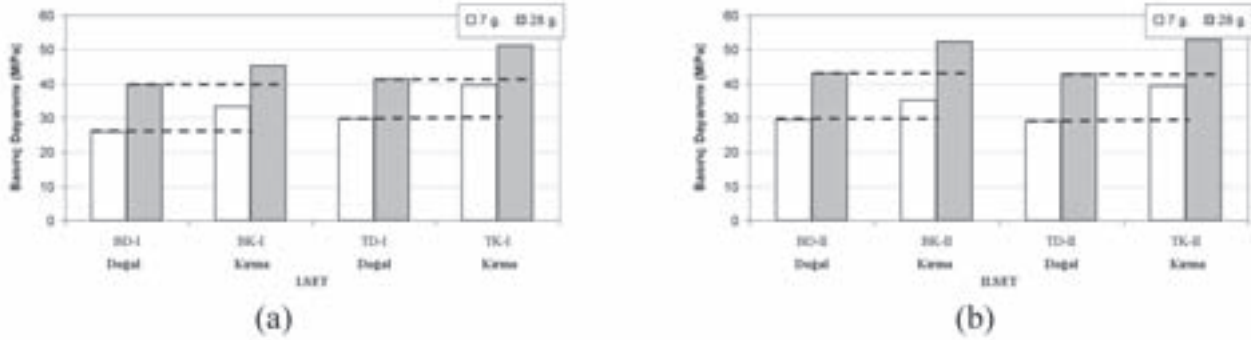
Şekil 5. Taze beton özelliklerinin katkı dozajı ile değişimi
a) Yayılma çapı,
b) V-hunisi akış süresi

3.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

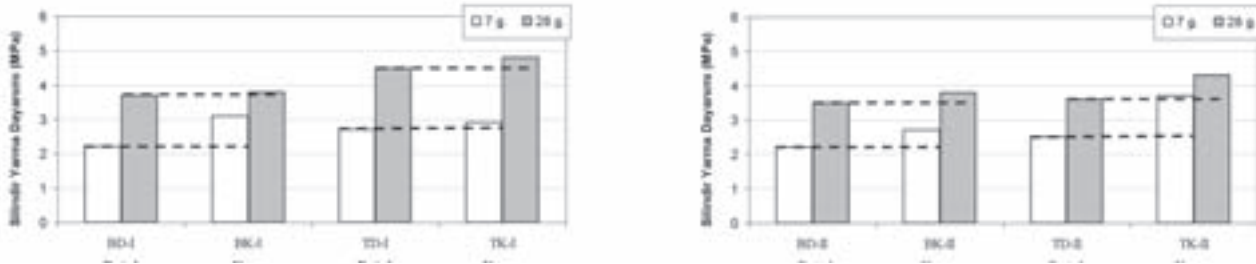
Aynı tane boyut dağılımına sahip doğal iri agrega ve kumun, kırma agregalarla değiştirilmesi her iki agrega türü için de kendiliğinden yerleşen betonun basınç dayanımını belirgin bir şekilde arttırmıştır. Hem 7 günlük hem de 28 günlük basınç dayanımlarında kırma agrega kullanılarak elde edilen artışlar Şekil 6a'da görülmektedir. Tane şekli açısından sorunsuz ve köşeli yapıdaki kırma agregalar kendiliğinden yerleşen betonda dayanımların artmasını sağlamıştır. Bu durum stabilite problemi olan II.set karışımlarda da devam etmektedir. Stabilite problemi basınç dayanımında önemli bir problem yaratmamış hatta basınç dayanımı ayrışmayla artmıştır ya da önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir (Şekil 6b). Bazı örneklerde görülen dayanım artışı, akışkanlaştırıcı katkının dolaylı yoldan betonun sıkışma potansiyelini arttırmasından kaynaklanmış olabilir. Kendiliğinden meydana gelen söz konusu sıkışma küçük numunelerde çökmenin yarattığı heterojen etkiyi görmemizi engellemektedir.

Doğal agregaların basınç dayanımına etkileri karşılaştırıldığında Turgutlu çakılının yüksek oranda şekilsiz ve yassı tane içeriğine rağmen daha yüksek basınç dayanımı verdiği görülmektedir (Şekil 6a). Ancak bu agregaların tane boyut dağılımlarının ve en büyük agrega boyutlarının da farklı oldukları dikkate alınmalıdır.

Silindir yarma deneyi sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Doğal agregalarla hazırlanan kendiliğinden yerleşen betonların yarma dayanımlarının, aynı tane boyut dağılımına sahip kırma agregalı betonlara kıyasla belirgin derecede düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum her iki doğal agrega için de geçerlidir. 7 günlük örneklerin yarıma yüzeyleri incelendiğinde doğal agregaların genellikle yarılmadığı, yüzeylerinden matrisin sıyrılması şeklinde göçmenin gerçekleştiği görülmüştür. Aynı yaşta kırma agregalarda ise kırılma agregası bünyesinden devam etmiştir. Bu durum, erken yaşlarda agrega matris arayüzey dayanımının kırma agregalı örneklerde daha iyi olduğunu göstermektedir. 28 günlük silindir yarma dayanımlarında ise doğal agregalı serilerle kırma agregalıları arasındaki dayanım farkı azalmıştır. Yarılan yüzeyler incelendiğinde doğal agregaların da yarıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. Kendiliğinden yerleşen betonların basınç dayanımları
a) I.Set (750 mm yayılma çapı hedeflenen), b) II.Set (850 mm yayılma çapı hedeflenen)

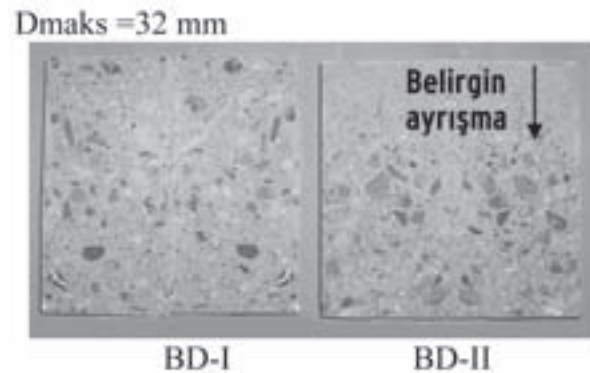


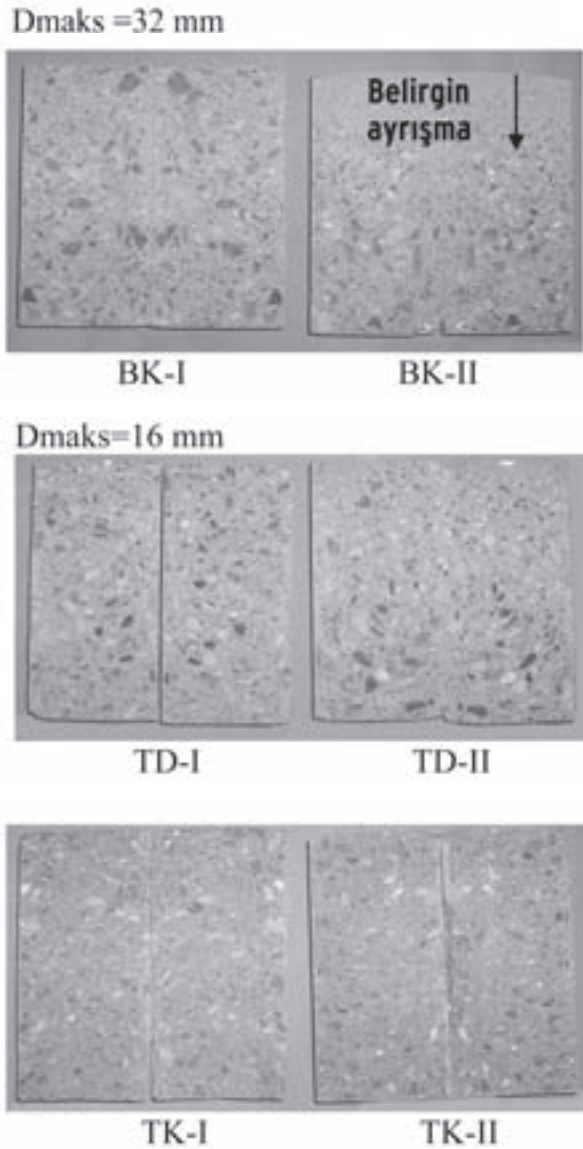
Şekil 7. Kendiliğinden yerleşen betonların silindir yarma dayanımları
a) I.Set (750 mm yayılma çapı hedeflenen), b) II.Set (850 mm yayılma çapı hedeflenen)

Akışkanlaştırıcı katkı dozajının silindir yarma dayanımlarına etkisini incelemek amacıyla Şekil 7a ve 7b karşılaştırılabilir. Katkı dozajı artışı ile doğal agregaya içeren tüm serilerde 28 günlük silindir yarma dayanımlarında azalma meydana gelmiştir. Kırma agregalı serilerde de benzer durum söz konusudur. Ancak dayanım kayıpları doğal agregalı serilere kıyasla daha azdır (Şekil 7). KYB karışımlarında matris fazının yüksek mukavemeti silindir yarma dayanımlarına agregaya türünün etkisini baskılamış, geleneksel beton kadar belirgin farklılıklar elde edilememiştir.

Yarma deneyinden sonra ikiye ayrılan örnek yüzeyleri incelendiğinde dayanım kayıplarının, karışımların ayrışma dereceleri ile yakından ilişkili olduğu gözlenmiştir. Şekil 8'de yarıma yüzeylerinin fotoğrafları sunulmuş ve ayrışmanın yarıma yüzeylerindeki agregaya yoğunluğunu nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Taze betonun kalıplara doldurulduktan sonra düşük hamur viskozitesi nedeniyle iri agregalar çökelmeye başlamış, bu durum en büyük tane boyutu 32 mm olan serilerde daha belirgin hale gelmiştir (Şekil 8). Genel olarak katkı dozajı artışı ile meydana gelen ayrışma basınç dayanımını etkilemezken silindir yarma dayanımlarında etkili olmuştur.

Doğal agregalarla üretilen betonların silindir yarma dayanımları birbirleri ile karşılaştırıldığında (BD ve TD serileri) basınç dayanımına benzer şekilde Turgutlu agregası içeren karışımların daha yüksek dayanım verdiği tespit edilmiştir. Agregaya şekli bakımından daha sorunlu olan Turgutlu agregasının daha iyi mekanik performans vermesi, agregaların diğer özelliklerinin de (agregaların gradasyonu ve en büyük tane boyutu farklılıkları) dayanımda etkin olduğunu göstermiştir. En büyük tane boyutu daha düşük olan Turgutlu agregası ile hazırlanan betonlarda ayrışmanın daha az olduğu Şekil 8'deki fotoğraflardan da net bir şekilde görülmektedir.





Şekil 8. Silindir örneklerin yarıma yüzeylerinde agregaların dağılımı

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

KYB'de aynı gradasyondaki kırma agrega doğal agregaya kıyasla mekanik özellikleri geliştirmede daha etkili bulunmuştur. KYB gibi hamur fazı oranı geleneksel betona kıyasla yüksek olan akıcı betonlarda iri agreganın mekanik özelliklere etkisi göreceli olarak azalsa da mekanizması geleneksel betona benzer şekildedir. Beton yaşı ile agrega-matris arayüzey bağının gelişiminin basınç dayanımına etkisinde geleneksel betonda olduğu gibi KYB'de de pürüzsüz yüzeyli doğal agregalar, kırma agregalara kıyasla geri kalmıştır.

Doğal ve kırma agregaların kullanıldığı KYB karışımlarında akışkanlaştırıcı katkı dozajındaki farklılıklar stabilite problemlerine yol açmıştır. Ancak KYB üretiminde stabilite probleminin varlığını sadece basınç dayanımı deneyi ile tespit etmek mümkün değildir. Basınç dayanımında baskın faktör daha çok hamur fazının sıkışabilirliği olarak görülmektedir. Ayrışmanın tespitinde silindir yarma deneyi sonuçları ve yarılmış beton yüzeylerinin incelenmesi daha uygun olacaktır.

Kaynaklar

- Özturan T., Çeçen C., Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strength, **Cem. Concr. Res.** 27 (2), pp.165-170, 1997.
- Larrard F., Belloc A., The influence of aggregate on the compressive strength of normal and high-strength concrete, **ACI Mater. J.** 94 (5), pp.417-425, 1997.
- Wu K.-R., Chen B., Yao W., Zhang D. Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of high-performance concrete, **Cem. Concr. Res.** 31, pp.1421-1425, 2001.
- Khayat K.H., Hu C., Laye J.M., Importance of Aggregate Packing Density on Workability of self-Consolidating Concrete, **First North American Conference on Design and Use of SCC**, 53-64, 2002.
- Koehler E.P., **Aggregates in Self-consolidating concrete**. PhD. Thesis, The University of Texas Austin, August 2007.
- Geiker M.R., Brandl M., Thrane L.N., Nielsen L.F., On the Effect of Coarse Aggregate Fraction and Shape on the Rheological Properties of Self-Compacting Concrete, **Cem. Concr. Aggr.**, 24(1), ASTM Int., pp.3-6, 2002.
- TS EN 450, Uçucu Kül - Betonda Kullanılan - Tarifler, Özellikler ve Kalite Kontrolü, Ankara, 1998.
- TS 802, **Beton karışımı hesap esasları**, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 2007.
- EFNARC, The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use. The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems, 2005.