

Betonda Taş Tozu ve Kırmakum Kullanımı

Using Crushed Stone And Crushed Sand in Concrete

Mehmet HÜRBAŞ, Şevket KORUÇ, Reşat SÖNMEZ

AKÇANSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.
mehmet.hurbas@akcansa.com.tr, sevket.koruc@akcansa.com.tr, resat.sonmez@akcansa.com.tr

ÖZET: Kırmataştan üretilen ince agregalann, betonda doğal agregalann yerine ne şekilde ikame edilebileceği araştırıldı. Çalışmada Çatalca Bölgesi beyaz kalkerinden yararlanıldı. Farklı kırma prensipleriyle çalışan kırıcılar ile kırmakumlar üretildi. Üretilen bu kırmakumlar ve betonda doğal agrega olarak kullanılan deniz kumu numunelerinden alınan ince kesitler, mikroskopta incelenerek şekilsel özellikleri belirlendi. Üretilen kırmakumlar, deniz kumu ve yine Çatalca beyaz kalkerinden üretilen taş tozu ile fiiliyatta beton santrallerinde uygulanan beton dizaynı baz alınarak toplam 24 adet beton denemesi yapıldı. Tüm denemelerde aynı yığından alınan agregalar kullanıldı. Etkin su/çimento oranı ve çimento dozajı, tüm denemelerde sabit tutuldu. Yapılan denemelerde her bir beton numunesine üretildiği anda çökme deneyi yapılarak, işlenebilirliği hakkında bilgi edinildi. Ayrıca beton numunelerinin 3, 7 ve 28 günlük basınç mukavemetleri belirlendi. Böylece şahit beton dizaynının işlenebilirliği ve basınç mukavemetleri ile üretilen diğer beton numunelerinin işlenebilirlik ve mukavemetleri kıyaslandı. Çalışmada farklı kırma prensipleriyle çalışan kırıcılarda üretilen kırmakumların, benzer miktarlarda köşeli, yassı ve kübik taneler içerdiği ve bu kırmakumların beton içerisinde de farklı etkilere yol açmadıkları belirlendi. Taş tozu ve kırmakum taneleri arasındaki şekil farklılığının betonun işlenebilirliğine olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlendi. Betonda taş tozu kullanım oranının artmasıyla diğer beton dizaynlarına kıyasla betonun su ihtiyacının arttığı, ancak buna rağmen şahit beton dizaynlarına göre beton mukavemetlerinin yükseldiği belirlendi.

Anahtar kelimeler: Beyaz kireçtaşı, Kırmataş, İnce agrega, beton,

ABSTRACT: The substitution of natural fine aggregates by using crushed fine aggregates were investigated. White limestone were used in this investigation. Samples of these crushed sands and natural sands were investigated at microscope and the differences in their shapes were determined. 24 concrete mixes were produced and the mix designs were used as the same as the ready mix plants' mix designs. Effective water/cement ratio and cement content were kept constant in all the mixes. Slump tests were done to determine the workability. 3,7 and 28 days compressive strenghts were also investigated. Compressive strenghts and workability of the mixes were compared. It was found that crushed sands produced by different crushers have same angled and cubic particles. It was also noted that concrete mixes needs more water as the amount of crushed stone increases in concrete. However compressive strenght of concrete mixes were higher than compressive strenght of reference concrete.

Keywords: White limestone, Crushed stone, fine aggregates, concrete

1. GİRİŞ

Betonun iskeletini oluşturan kum, çakıl, kırmataş gibi taneli mineral malzemelere agrega adı verilmektedir. Betonun hacim olarak yaklaşık %70-75'ini oluşturan agregalar, betonda ince ve iri agrega olmak üzere iki sınıfta kullanılırlar. Bunun nedeni beton içinde daha boşluksuz ve homojen bir yapının oluşturulması ve agrega ile çimento hamuru arasında iyi bir kenetlenmenin olmasıyla yüksek mukavemetli betonun elde edilmesidir. Agregalar aynı zamanda betona önemli teknik avantajlar sağlar; beton, çimento hamuruna göre daha iyi bir hacim sabitliğine ve çevre etkilerine karşıda daha çok dayanıklılığa sahip olur. Bunlarla birlikte taze betonun işlenebilmesi ve pompalanabilmesinde, beton içerisindeki hava miktarı ve agrega da önemli parametrelerdir [1]. Betonda boşluksuz yapının oluşmasında en büyük etken, agregalar arasındaki düzenli yüzey teması ve kenetlenmedir. Bunun içinde iri agregalar arasındaki boşluğu doldurmak amacıyla değişik oranlarda (ince agreganın özelliklerine bağlı olarak) ince agregalar kullanılır. İnce agrega miktarının betonda optimum seviyelerde kullanılması son derece önemlidir. Gereğinden yüksek miktarlarda ince agrega kullanımı agrega toplam yüzey alanının ve beton su ihtiyacının artmasına neden olur. Betona fazladan ilave edilen su ise, su/çimento oranlarında değişikliğe neden olacağından beton mukavemetlerinin olumsuz etkilenmesine yol açar. Agrega-agrega arasında ve agrega-çimento hamuru arasındaki etkileşim agregaların;

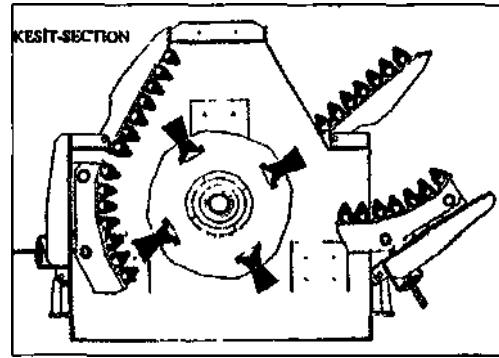
- Şekil ve yüzey özelliklerinden,
- Temizlik, kirlilik özelliklerinden,
- Düzenli gradasyona sahip olmalarından,
- Minerolojik ve petrografik yapılarından büyük ölçüde etkilenir.

Günümüzde ince agrega olarak doğal ve kırmataştan üretilen agregalar betonda sıkça kullanılmaktadır. Doğal agregalardan deniz kumu, kırmataştan üretilen ince agregalara kıyasla daha ince gradasyona sahip, denizde geçirdiği evrelerden dolayı daha yuvarlak tane şeklinde ve içerdiği minerallerden dolayı da taneler arası içsel sürtünme kuvveti daha düşüktür. İstanbul'da Karadeniz kıyılarındaki Podima Bölgesi'nden çıkarılan deniz kumu, bölgedeki rezervin azalması ve bazı yasal

düzenlemelerden ve yeni rezervlerin işletmeye açılmamasından dolayı, betonda yüksek maliyetli bir hammadde haline gelmiştir.

Diğer bir doğal agrega olan dağ kumu ise gösel ve denizel kökenli yataklardan üretilmekte ve yataklarda kum katmanları arasında yer alan kil tabakalarından dolayı, çoğu zaman birkaç defa yıkandıktan sonra betonda kullanılabilir bir hammadde haline gelebilmektedir. Bu durum dağ kumu üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

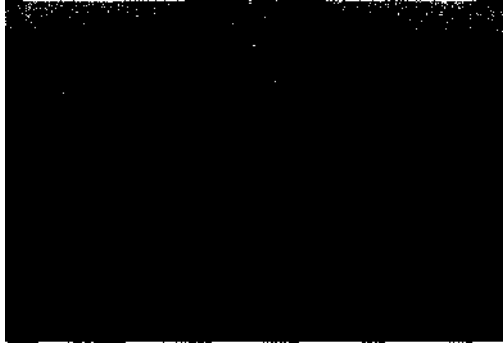
Kırmataştan üretilen kırma kumları ise günümüzde yatay ve dikey milli kırma kumları vasıtasıyla üretilmektedirler. Bunlardan yatay milli kırma kumları malzemeyi, kırıcıdaki paletler ve mesafesi ayarlanabilir pandüller arasında adeta darbeye öğütme prensibine göre kırarlar. Şekil 1'de tipik bir yatay milli kırma kum kırıcısı kesit görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 1, Yatay Milli Kırma Kum Kırıcısı

Dikey milli kırma kum kırıcıları ise kırıcıya beslenen malzemenin kırıcı içinde yüksek devirde dönen rotor paletleri ile kırıcı yan duvarlarına çarpılması prensibine göre kırma kumu üreten kırıcılardır. Şekil 2'de dikey milli kırma kum kırıcısı kesit görüntüsü yer almaktadır.

Her iki yöntemde de mevcut ürün eleklerinin elek üstü malzemesinin (yani temiz iri agreganın) bu kırıcılara beslenmesiyle, temiz kırma kum üretimi mümkün olabilmektedir. Yapılan bu çalışmada, kırmataştan üretilen ince agregaların, betonda doğal agregaların yerine ne şekilde ikame edilebileceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 2. Dikey Milli Kırmakum Kincisi

Bunun için İstanbul Avrupa yakası beton santrallerinin agrega ihtiyacını karşılayan Çatalca bölgesi beyaz kalkerinden üretilen ince agregalar kullanılmış ve en ideal beton dizaynı tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Malzemeler

Çizelge 1'de deneylerde kullanılan agregalar ve bu agregaların ne şekilde üretildiklerine yer verilmiştir. Çizelge 1'den de görüldüğü gibi deneylerde ince agrega olarak farklı kırma prensipleri ile kırmakum üreten kırıcılardan faydalanılmıştır. Bu şekilde yatay ve dikey milli kırıcılar kullanılarak üretilen kırmakumların kendi aralarında ve doğal kum olarak kullanılan Podima kumuna göre şekilsel açıdan farklılık gösterip göstermediklerinin tespit edilmesi için, söz konusu agregalardan

numuneler alınmış ve bu numunelerden laboratuvar ortamında oluşturulan ince kesitler, mikroskopta incelenmiştir. Şekil 3'te yatay milli kırıcıda üretilen kırmakum taneleri, Şekil 4'te dikey milli kırıcıda üretilen kırmakum taneleri verilmiştir. Şekillerin her ikisinde de kırmakumların benzer miktarlarda yassı, yapraksı ve köşeli taneler içerdiği görülmektedir. Şekil 5'te ise doğal kum olarak betonda kullanılan Podima kumu taneleri ve Şekil 6'da örnek Podima kumu tanelerinin yüzey özellikleri ayrıntılı olarak görülmektedir. Aynı kırmakum tanelerinde olduğu gibi Podima kumunun da yassı, yapraksı ve köşeli yapıda taneler içerdiği şekillerde dikkati çekmektedir.

Çizelge 2'de kullanılan agregalara ait elek analiz sonuçlarına, Çizelge 3'te ise agregaların özgül ağırlık ve su emme değerlerine yer verilmiştir.

2.2. Üretilen Karışımlar

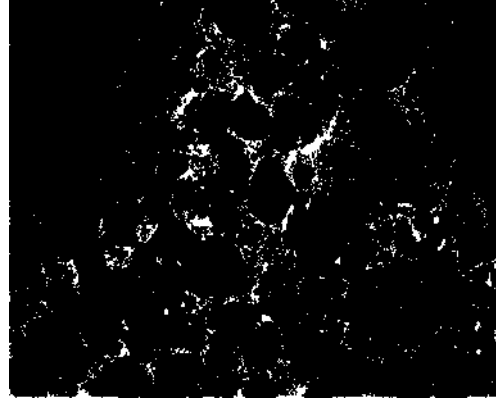
Bu çalışmada İstanbul Çatalca Bölgesi beyaz kalkerinden üretilen agregalar ve Podima Bölgesi deniz kumu kullanılarak toplam 24 adet beton denemesi yapıldı. Beton numunelerinin üretimleri esnasında, taze beton numunelerine 0. ve 30. dakikalarda çökme deneyleri yapılarak, betonların işlenebilirliği ve 30 dakika sonraki kıvamlarındaki değişim hakkında bilgi sahibi olunmaya çalışılmıştır. Üretilen tüm küp beton numuneleri 20 °C kirece doymun suda bekletilerek 3., 7. ve 28. günlerdeki mukavemetleri belirlenmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde Kullanılan Agregalar

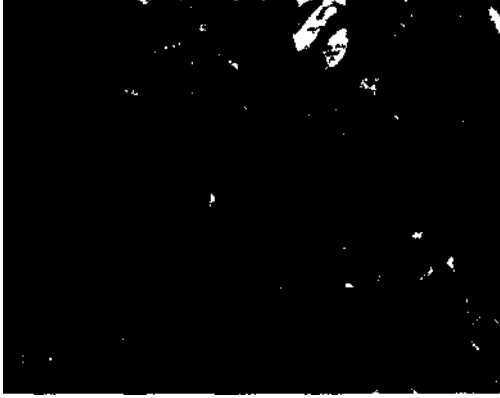
Kullanılan Agregalar	Üretim Yerlerine Göre Agregaların Tanımı
Podima Kumu	İstanbul Avrupa yakası, Karadeniz kıyısındaki podima bölgesinde üretilen ve fiilyatta beton santrallerinde kullanılan doğal kum.
Taş Tozu	Agregasa Çatalca Agrega Tesisi'nde, normal agrega üretim prosesi esnasında üretilen 5-12 mm. boyutundaki ince agrega.
1 Numara Mıdır	Agregasa Çatalca Agrega Tesisi'nde, normal agrega üretim prosesi esnasında üretilen 5-12 mm. boyutundaki iri agrega.
2 Numara Mıdır	Agregasa Çatalca Agrega Tesisi'nde, normal agrega üretim prosesi esnasında üretilen 12-22 mm. boyutundaki iri agrega.
Kırma Kum-A (KKA)	Dik milli kırma kum kırıcısında üretilen 0-3,4 mm. boyutundaki kırma kum.
Kırma Kum-B(KKB)	Yatay milli kuma kum kincisinde üretilen 0-4 mm. boyutundaki kırma kum.
Kırma Kum-C (KCC)	Dik milli kırma kum kincisinde üretilen 0-3,7 mm. boyutundaki kırma kum.



Şekil 3. Yatay Milli Kırıcıda Üretilen
Çatalca Kalkeri Kıymakumu



Şekil 5. Podima Kumu



Şekil 4. Dikey Milli Kırıcıda Üretilen
Çatalca Kalkeri Kıymakumu



Şekil 6. Podima Kumu Taneleri

Çizelge 2. Kullanılan Hammaddelerin Elek Analizi Sonuçları S Sonuçları

Kullanılan hammadde	Elekten geçen - % -									
	Elek açıklığı - mm- -									
	31,5	25	19	16	8	4	2	1	0,5	0,25
Podima Kumu	100	100	100	100	100	99,5	99,0	96,5	71,8	21,5
Taş Tozu	100	100	100	100	100	99,8	76,0	49,0	31,8	20,0
1 No.Mıçır	100	100	100	100	76,4	17,5	4,1	2,7	2,4	2,1
2 No.Mıçır	100	100	98,0	68,6	1,0	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Kıymakum-A	100	100	100	100	100	100	93,1	66,2	43,8	28,4
Kıymakum-B	100	100	100	100	100	100	86,3	52,0	31,6	19,7
Kıymakum-C	100	100	100	100	100	100	75,2	47,6	29,8	17,7

Çizelge 3. Kullanılan Agregaların Özgül Ağırlık ve Su Emme Değerleri.

Kullanılan Agregalar	Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	Su Emme (%)
Podima Kumu	2,60	1,1
Taş Tozu	2,60	1,4
1 No.Mıdır	2,60	1,4
2 No.Mıdır	2,60	1,4
Kırmakum-A	2,60	1,4
Kırmakum-B	2,60	1,4
Kırmakum-C	2,60	1,4

İstanbul'da faaliyet gösteren beton santrallerinin bir çoğunun fiiliyatta Podima kumu kullanarak uyguladığı şahit beton dizaynına, işlenebilirlik ve mukavemet olarak en yakm sonucu veren beton dizaynı belirlenmeye çalışıldı. Şahit beton özelliklerine yakın sonuçlar veren dizaynlar ile uçucu kül ve PKÇ-32,5 (portlant kompoze çimento) kullanılarak da denemeler yapıldı. Yapılan tüm deneylerde aynı yığından alınan agrega numuneleri kullanıldı. Şahit betonlarda uygulanan efektif su/çimento oranı, çimento dozajı ve katkı miktarları tüm deneylerde sabit tutuldu. Üretilen betonların etkin su/çimento oranları 0,65'tir. Yalnızca uçucu kül kullanılarak üretilen numunelerde etkin su/çimento oranı 0,70 alınmıştır. Betonların toplam su/çimento oranları ise agreganın su emme kapasitesine göre değişmektedir. Betondaki etkin su, agrega taneleri tarafından emilmeyen ve kanşımın işlenebilmesi için kullanılan sudur [2]. Üretilen betonların bileşimleri ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. İnce Agregaların Şekilsel Özellikleri İle İlgili Sonuçlar

Farklı kırma prensipleri ile kırmakum üreten kınıclar kullanılarak üretilen kırmakumların kendi aralarında ve Podima kumu tanelerine göre şekilsel özelliklerinin incelenmesi için, agrega numunelerinden oluşturulan ince kesitler laboratuvar ortamında mikroskopta incelenmiştir.

Yuvarlak, yassı ve köşeli kum taneleri Şekil 3 ve Şekil 4'te yatay ve dikey milli kınıclarda üretilen kırmakum taneleri arasında, rahatlıkla seçilmektedir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi hem yatay hem de dikey milli kırmakum kınıcları ile benzer şekilsel özelliklere sahip kırmakumların üretimi mümkün olabilmektedir. Şekil 5'te, fiiliyatta beton santrallerinde doğal kum olarak kullanılan Podima kumunun da, Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilen kırmakum tanelerinde olduğu gibi yassı, köşeli ve yuvarlak kum tanelerini içerdiği görülmektedir. Ayrıca bu taneler arasında kınılmış deniz kabuğu ve kavkı adı verilen organizma tanelerinin de bulunduğu belirlenmiştir. Şekil 6'da ise, örnek bir kuvars tanesinin yüzeyi görülmektedir. Bu şekilden de kuvars tanesinin sanki kırmataştan üretilen bir kırmakum tanesi gibi, yüzeyinde pürüzlülükler bulunduğu ve yine bu tane yanında dikey şekilli bir yabancı maddenin var olduğu görülmektedir. Podima kumu içerisinde bulunan bu tür yabancı maddeler betonun su ihtiyacını artırarak, su/çimento oranlarının yükselmesine, dolayısıyla beton mukavemetlerinin olumsuz etkilenmesine neden olabilecektir. Bununla birlikte Podima kumundaki köşeli kum taneleri de beton işlenebilirliğini olumsuz etkileyebilecek parametrelerden biridir.

3.2. Beton Numunelerinin Kıvam ve İşlenebilirlikleri İle İlgili Sonuçlar

Laboratuvarda yapılan beton denemelerinden şahit beton dizaynındaki denemeye ait çökme deneyi görüntüsü Şekil 7'de verilmiştir. Deney esnasında yapılan gözlemlere göre oluşturulan beton numunesinin rahat bir şekilde kürekle karıştırılabildiği, düzenli agrega dağılımına sahip olduğu ve çökme deneyi esnasında da uygun yayılımı gösterdiği belirlenmiştir.

Kırmakum-a ile toplam 2 deney yapılmıştır. Yapılan ilk deneyde işlenebilirlik ve görünüm olarak şahit beton denemesinde elde edilen sonuçlara tam olarak yaklaşamadığından, kırmakum kullanım oranı artırılarak 2. deney yapılmıştır.

2. beton denemesinde yapılan gözlemler neticesinde, beton numunesinin görünüm ve işlenebilirlik olarak şahit beton görünümü ve

işlenebilirliğine benzer olduğu belirlenmiştir. Şekil 8'de beton numunesine yapılan çökme deneyi görüntüsü verilmiştir.



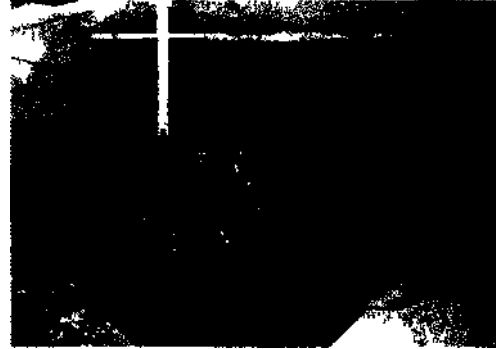
Şekil 7. Şahit Beton Çökme Deneyi



Şekil 8. Kırmakum-a Çökme Deneyi

Kırmakum-b ve kırmakum-c agregalarının her biri ile toplam 3 ayrı deney yapılmıştır. Yapılan deneylerde, kırmakumların kırmakum-a ve Podima kumuna göre daha iri gradasyonda olmalarından dolayı, oluşturulan beton numunelerinde işlenebilirliğin son derece zor olduğu ve betonlarda ayrışma olduğu sonucuna varılmıştır. Deneylerde kırmakum miktarının 616 kg/m^3 'e çıkartılmasına rağmen betondaki kaba görünümün giderilemediği, dolayısıyla da toplam ince agreganın kullanım oranı olan %42 ince agreganın miktarının, betondaki iri agregaların etrafını doldurmaya yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca taş tozuna kıyasla daha yuvarlak ve kübik taneler içeren kırmakum miktarının betonda artırılmasına rağmen, beton işlenebilirliğinde kayda değer bir düzelmenin görülmemesi nedeniyle, ince agregalar için tane

şeklinin betonda işlenebilirliği çok fazla etkilemediği, agregalar arası içsel sürtünme kuvvetinin daha fazla ön plana çıktığı sonucuna varılmıştır. Şekil 9'da kırmakum-b ile oluşturulan beton numunesine yapılan çökme deneyi görüntüsü, Şekil 10'da ise kırmakum-c ile oluşturulan beton numunelerine ait çökme deneyi görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 9. Kırmakum-B Çökme Deneyi



Şekil 10. Kırmakum-C Çökme Deneyi

Betonda ince agreganın olarak yalnızca taş tozunun kullanılmasıyla yapılan deneylerde, ince agreganın miktarının %42 olması durumunda, betonda iri agregaların etrafını dolduracak yeterli miktarda ince agreganın olmadığı belirlenmiştir. Buna karşın ince agreganın miktarının %52'ye çıkartılmasıyla yapılan deneyde, beton işlenebilirliği ve görüntüsünün şahit beton işlenebilirliği ve görüntüsünde olduğu belirlenmiştir. Böylelikle diğer ince agregalara kıyasla daha yapraksı ve yassı taneler içeren taş tozunun uygun gradasyonda olması ve betonda yeterli miktarda kullanılması durumunda,

betonda istenilen işlenebilirliğin elde edilebileceği belirlenmiştir. Bunun yanısıra ince agrega olarak yalnızca taş tozunun kullanılması ve taş tozu tanelerinin düzensiz yüzeysel özelliklerinden dolayı betonun diğer beton denemelerinde elde edilen kıvama gelebilmek için daha fazla suya ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. Şekil 11'de toplam %52 ince agrega oranında taş tozu kullanılarak yapılan beton denemesine ait çökme deneyi görüntüsü yer almaktadır.

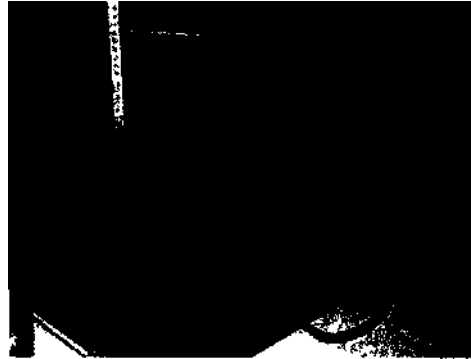


Şekil 11. Taş Tozu İle Oluşturulan Beton Numunesine Ait Çökme Deneyi Görüntüsü

Podima kumu kullanılarak yapılan deneylerde ise Podima kumuna göre taş tozunun maksimum seviyede kullanılması ve yalnızca taş tozu ile yapılan denemelerde betonun ihtiyaç duyduğu su miktarının bir miktar daha düşürülmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda yapılan denemelerde betonda toplam ince agrega oranının yine %52 olduğu ve %10 Podima kumu, %42 taş tozu kullanılarak yapılan beton denemesinin şahit beton işlenebilirliği ve görünümüne yakın sonuç verdiği, ayrıca da yalnızca taş tozunun kullanıldığı beton denemesine göre betonun aynı kıvam değeri için ihtiyaç duyduğu su miktannında düştüğü gözlenmiştir. Şekil 12'de %10 Podima kumu ve %42 taş tozu kullanılarak yapılan beton denemesine ait çökme deneyi görüntüsü verilmiştir.

%52 taş tozu ve %10 Podima kumu %42 taş tozu kullanılarak oluşturulan beton dizaynları ile şahit beton dizaynlarında uçucu kül katkısı ve PKÇ-32.5 katkılarının denemesi neticesinde, beton numunelerinin görünüm ve

işlenebilirliklerinde belirgin farklılıkların olmadığı, ancak PKÇ-32.5 ile yapılan beton denemelerinde, betonun uçucu kül ve PÇ-42.5 kullanıldığı durumlardakine nazaran daha yüksek miktarda suya ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. Bunun yanısıra daha önce olduğu gibi yalnızca taş tozunun kullanıldığı beton dizaynında, betonun diğer dizaynlardaki kıvam değerine ulaşabilmek için ihtiyaç duyduğu su miktarının uçucu küllü ve PKÇ-32.5'li dizaynlarda da arttığı belirlenmiştir.

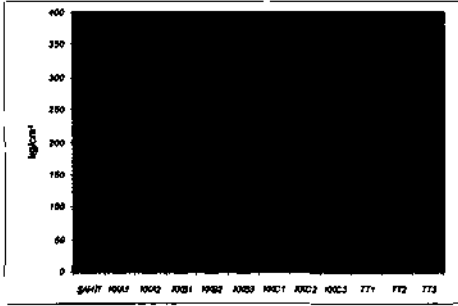


Şekil 12. Podima Kumu İle Yapılan Beton Denemesine Ait Çökme Deneyi

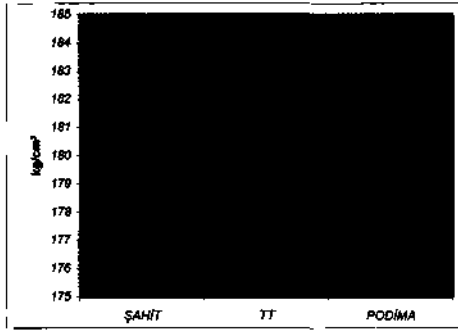
3.3. Basınç Dayanımı Sonuçları

Yapılan tüm beton denemelerinde kırmakum-a, kırmakum-b, kırmakum-c ve taş tozu kullanılarak oluşturulan beton dizaynlarının 3, 7 ve 28 günlük basınç mukavemet değerleri şahit beton dizaynında oluşturulan beton numunelerinin basınç mukavemet değerlerinden yüksek ya da çok yakın değerlerde çıkmıştır. Yalnızca taş tozu kullanılarak yapılan deneylerde taş tozu miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak beton mukavemetlerinde de bir miktar düşüş gözlenmektedir. Bu ise artan taş tozu miktarı ile birlikte betondaki kullanılan su miktarının da artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Podima kumu kullanılarak yapılan gerek şahit beton denemesi gerekse diğer Podima kumlu denemelerde basınç mukavemetlerinin diğer kırmakumlu beton denemelerine göre düşük çıkmasının ise Podima kumu içerisinde bulunan yabancı maddelerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Şekil 13'te PÇ-42.5 kullanılarak oluşturulan beton dizaynlarında, 28

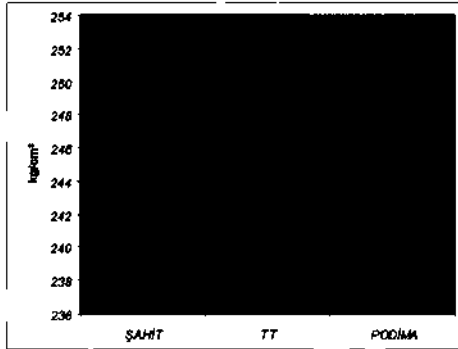
günlük basınç mukavemet değerleri yer almaktadır. Şekil 14'te ise PKÇ-32.5 çimento ile Şekil 15'te de uçucu kül kullanılarak yapılan beton denemelerine ait 28 günlük mukavemet değerleri bulunmaktadır.



Şekil 13. PÇ-42.5 ile Yapılan Beton Denemeleri Basınç Mukavemetleri



Şekil 14. PKÇ-32,5 Çimentolu Beton Mukavemetleri



Şekil 15. Uçucu Küllü Beton Mukavemetleri

Yukardaki grafiklerde deneyler, kullanılan agrega sınıflarının baş harflerine göre ve şahit beton dizaynı için ŞAHİT adı ile kodlandırılmıştır. KKA, KKB, KKC, TT ve PODİMA sırasıyla kırmakum-a, kırmakum-b, kırmakum-c, taş tozu ve Podima kumunu temsil etmektedir. Ayrıca kodlardan sonra gelen rakamlar her bir malzeme grubu ile yapılan deney numarasını ifade etmektedir.

4. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Beton santrallerinde fiiliyatta doğal agrega olarak kullanılan Podima kumunun, kırmataş kumunda olduğu gibi köşeli ve yüzeyi pürüzlü taneler içerdiği belirlenmiştir.
- Podima kumu bünyesinde, yüksek oranda, beton mukavemetlerini olumsuz etkileyecek yabancı mineral bulundurmaktadır.
- İnce agrega tane şeklinin beton işlenebilirliği ve mukavemetine çok önemli boyutta bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.
- Betonda taş tozu kullanım oranının, Podima kumuna göre artması, betonun su ihtiyacını da artırmaktadır. Ancak yine de Podima kumuna göre kullanılan taş tozunun çok daha temiz bir agrega olması, beton mukavemetlerinin şahit beton mukavemetlerinin altına düşmemesini sağlamaktadır.
- Betonda PKÇ-32,5 katkısının kullanılması, PÇ-42,5 ve uçucu kül katkılı beton dizaynlarına göre, betonun su ihtiyacını artırmaktadır.
- Yatay ve dikey milli kırıcılarda üretilen kırmakumların betondaki etkilerinin benzer olduğu belirlenmiştir.
- Kırmakum-b ve kırmakum-c ile yapılan deneylerin hiçbirinde şahit beton deney sonuçlarına yakın sonuçlar elde edilememiştir. Bunun ise dizaynlarda kullanılan kırmakum ve taş tozunun içerdiği filler miktarının toplam %44 ince agrega oranında, betonda iri agregaların etrafını doldurmaya yeterli olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.
- %52 taş tozu ile Podima kumu kullanılmaksızın ve %10 Podima kumu ile %42 taş tozu kullanılarak oluşturulan beton dizaynlarının, mukavemet ve işlenebilirlik

olarak, laboratuvar denemelerinde şahit beton dizaynı sonuçlarına benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmadaki yardımlarından dolayı Akçansa Genel Müdür Yardımcısı Hakan GURDAL'a, Betonsa Teknik Müdürü Ziya YÜCEER'e, Betonsa Bölge Kalite Uzmanı Mahmut DEMİR'e, Agregasa Çatalca Agregat Tesis Sorumlusu Birsen GÜMUŞ'e, Betonsa Teknoloji Merkezi Ürün Geliştirme Uzmanı Hakan EKİM ve Laborant Hükmü AĞAÇ'a teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] ŞENGÜL Ö., "Agregat Türünün Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Davranışına Etkisi", 2000, İstanbul, 1.
- 2] NEVILLE A.M., 1997, "Properties of Concrete", John Wiley & Sons Inc.

Çizelge 4 Deneylerde Oluşturulan Beton Karışımları ve Sonuçları

	ŞAHİT			KIRMAKUM-A			KIRMAKUM-B			KIRMAKUM-C			TAŞ TOZU						PODIMA KUMU					
Kum (kg/m³)	411	411	418	411	523	411	467	616	411	467	616	0	0	0	0	0	0	187	317	504	187	179	178	190
Taş Tozu (kg/m³)	411	393	418	411	280	411	336	187	411	336	187	822	877	971	928	924	988	635	485	299	784	750	747	798
1 No Mıcır (kg/m³)	560	536	570	560	560	560	560	560	560	560	560	560	541	467	446	444	475	560	560	560	467	446	444	475
2 No Mıcır (kg/m³)	485	446	494	485	504	485	504	504	485	504	504	485	448	429	411	409	437	485	504	504	429	411	409	437
Çimento (kg/m³)	280	235	190	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	235	245	190	280	280	280	280	235	245	190
Uçucu Kül (kg/m³)	0	53	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	47	0	0	0	0	0	53	47	0
PKÇ-32,5	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0	0	75
Efektif Su (kg/m³)	182	202	172	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	202	204	172	182	182	182	182	202	204	172
Toplam Su (kg/m³)	204	216	213	195	191	195	191	191	195	191	191	213	218	218	220	218	227	214	209	214	223	216	222	217
Kimyasal Katkı (Çimentoya Göre %)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Toplam Su/Bağlayıcı	0,73	0,75	0,8	0,7	0,68	0,7	0,68	0,68	0,7	0,68	0,68	0,76	0,78	0,78	0,76	0,75	0,86	0,76	0,75	0,76	0,8	0,75	0,76	0,82
Efektif Su/Bağlayıcı	0,65	0,7	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,65
Çökme (cm) (Odk)	11	14,5	13	13	15	11,5	10,5	13	13	10,5	11	13,5	15	15	16	13	12	12,5	12	12	12	16	16	13
Çökme (cm) (30 dk)	8	12	-	9	9,5	6	7	10,5	8	6	6	11	12	12	14	11	-	8	9,5	9	10	11,5	12	-
Birim Ağırlık (kg/m³)	2302	2263	2309	2312	2344	2308	2310	2320	2309	2341	2313	2310	2306	2309	2280	2265	2290	2288	2300	2288	2266	2272	2269	2301
3 Günlük Mukavemet (kg/cm²)	193	144	100	231	269	229	261	241	221	253	249	190	174	176	154	170	102	119	130	119	114	152	158	106
7 Günlük Mukavemet (kg/cm²)	239	196	135	295	325	289	322	307	279	320	310	248 316	237	237	200	224	135	170	176	166	165	195	206	139
28 Günlük Mukavemet (kg/cm²)	284	242	178	356	363	345	348	363	331	347	379	283	270	275	253	270	181	211	221	211	203	244	259	184