

Değişik Kökenli Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

Ş A Akpınar
Maden Yuk Muh İzmir

G Konak & Ç Pamukçu
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

ÖZET: Sağlıklı agrega üretimi, ülkemizin depremselliği göz önüne alınacak olursa giderek daha da önem kazanan bir endüstriyel hammadde girdisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada ilk adım olarak agreganın tanımı yapılmış, sahip olması gereken genel özellikler belirtilmiş ve yapı sağlamlığı açısından agregaların betonda sağladığı işlevler anlatılmıştır. Beton agregalarının seçiminde dikkat edilecek unsurlar detaylı şekilde verildikten sonra ülkemizde bulunan 3 farklı bölgeden (İzmir-Turgutlu, Bursa-Iğdır, Bursa-Gemlik) alınan 4 farklı agregaya TSE tarafından belirlenen ilgili kurallara bağlı kalınarak fiziksel, kimyasal ve mekanik uygunluk testleri yapılmıştır. Daha sonra ise, söz konusu agregalardan beton üretilerek, bunların tek eksenli basınç dayanımları ve bünyelerindeki su/çimento oranlarının etkilenen, agregaların kökenlerine göre karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

ABSTRACT: Proper aggregate extraction has gained more importance than before as an industrial mineral input due to the high earthquake potential of our country. In this study first of all, a brief description of aggregate has been made, the global properties of aggregates have been emphasized and the functions of aggregates within concrete blocks have been stated. After the criteria that would be considered in the selection concrete aggregates had been denoted profoundly, in the episode of case study, physical, chemical and mechanical tests have been conducted subject to TSE over 4 different types of aggregates compiled from 3 different regions of Turkey such as İzmir-Turgutlu, Bursa-Iğdır and Bursa-Gemlik. Later on, the uniaxial compressive strength of the concrete blocks made up of these aggregates have been determined and the water/cement ratios within their bodies have been given comparatively depending upon the diverse origins of aggregates.

1. GİRİŞ

Agregalar, bilindiği üzere mineral kökenli, genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli boyutlarda tanelerden oluşan, beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımıyla biraraya getirilen, organik olmayan, çakıl, kırmataş gibi doğal kaynaklı olan malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Agrega malzemesi, beton hacminin % 60-80'ını, ağırlığının ise yaklaşık % 80'ini oluşturduğu için betonun bileşimim tayin eden en büyük faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Betonun istenen mukavemet değerlerine sahip olması ise 1 derece deprem kuşağında bulunan bölgemizdeki yapı

sağlamlığını direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle, uygun bir agreganın sahip olması gereken özellikler ve agreganın betonda sağladığı işlevleri incelemekte fayda bulunmaktadır.

2. AGREGANIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Agrega, birinci şart olarak dayanıklı olmalıdır. Rutubet ve sıcaklık değişiminden dolayı hacim değişikliği göstermemelidir ve don karşı dayanıklı olmalıdır. Ayrıca agregalar kolay aşınmamalıdır. Eni, boyunun 1/5'inden daha fazla olan ince, uzun agregalar daha kolay kırılacakları için beton dayanımını düşürmektedir. Bu yüzden, beton

agregasında ağırlıkça % 15'den fazla ince, uzun kısım bulunması istenmeyen bir durumdur.

Bunun dışında, agregalar, süt, mika, kömür, talaş parçaları, kimyasal tuzlar, killi topraklar ve organik maddeler gibi yabancı maddeler içermemelidir. Bu elemanlar, agreganın mukavemetini düşürecek için çimento ile agreganın ıy bağlanabilmesini engelleyecektir.

3. AGREGANIN BETONDA SAĞLADIĞI İŞLEVLER

Agreganın, beton kapsamında üstlendiği görevler şu şekilde sıralanabilir:

V Betonun dış etkilere karşı direncini sağlayacak iskeleti oluşturur

V Kuruma büzülmesini (çimento hamurunda kapılar boşluklardaki kimyasal olarak bağlanmamış suyun zamanla buharlaşmasıyla hamurun hacimsel deformasyonu) önemli ölçüde azaltır.

V Tane dağılımı (granülometrik eğrisi), tane geometrisi ve yüzey pürüzlülüğü gibi üstünlükleri ile betonun doluluk oranını yükseltir.

V Betonun aşınmaya karşı direnç göstermesini sağlar.

4. BETON AGREGALARININ SEÇİMİNDE DİKKATE ALINACAK KRİTERLER

Dere yataklarından temin edilen doğal kökenli agregalar çoğunlukla yuvarlak şekilli olup, özellikle aktif şekilde akan derelerden çıkarılan çakıl ve kumlar, beton üretiminde daha çok tercih edilmektedir. Derelerden çıkarılan karışık agregaların yüzey nemleri kesinlikle hassas biçimde belirlenmeli ve beton tasarımında karışıma girecek su miktarında bu nicelik göz önünde tutularak gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Agregalardan beton için istenen petrografik özellikler incelenecek olursa; global olarak yassı ve uzun tanelerin karışım içindeki payı ne kadar az ise tane şekli açısından agrega o kadar iyidir. Yassı ve uzun agregaların kapasitesi düşük olduğundan ötürü arzu edilen işlenebilirlik için gerekli su miktarı fazla olmaktadır. Köşeli ve yüzeyi pürüzlü agregaların kullanımı durumunda ise agrega ile çimento arasındaki yapışma çok sağlam olmaktadır. Ancak, bu tür agregalarla üretilen betonların işlenebilirliği,

yuvarlak agregalı karışımlara nazaran daha zor olmaktadır. Yine de, yüzey özelliği düzgün olan çakılın çimento hamuruna adheransı en düşük olacağı için özellikle çekme gerilmesine maruz kalacak betonlarda bu durum dezavantaj yaratmaktadır.

Agrega yüzeyi fiziksel olarak sert bir cisim yardımıyla (çakı, çivi gibi) çizilemiyorsa, agrega yüzey aşınma derecesi avantajlı olarak adlandırılabilir. Buna ek olarak, mukavemet yönünden beton yapımında düşünülen agrega hemen ufalanmamalı ve üzerine çekiç ile vurulduğunda kof bir ses vermemelidir. Agregaların aynı zamanda homojen bir renk sergilemesi ve farklı aliterasyon zonları içermemesi de betonlarda talep edilen bir başka özellik olarak karışıma çıkmaktadır. Agregaların beton yapımında rahatlıkla kullanılabilmesi için özgül ağırlıkları > 2,6 olmalıdır. Su ile temas ettiğinde yüzeylerde bir çözünme ve dağılma gözlemlenmemelidir. Hafif yapı elemanları dışındaki normal ağırlıklı beton karışımlarında agreganın su emme kapasitesi daima % 1,5-2'den küçük olmak zorundadır (Erdoğan, 1995).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Agreganın beton üretimine sağladığı katkılar ve beton agregalarının seçiminde dikkate alınacak kriterler incelendikten sonra sıra farklı orijinli agregaların beton kalitesi üzerindeki etkilerini araştırabilmek için deneysel çalışmaların yapılmasına gelmiştir.

Söz konusu amaç için kullanılmak üzere 3 ayrı bölgeden toplamda 4 farklı karakterde agrega numunesi temin edilmiştir. Bu numunelerden ilk 2'si Turgutlu bölgesi akarsu kökenli bir ocaktan alınan yıkanmış ve tüvanan haldeki agregalardır. Sonraki 2 numune ise Bursa-İğdır köyü kireçtaşı ocağından alınmış yıkanmış agrega ve yine Bursa-Armutlu köyünden alınmış volkanik kökenli bazalt agregasıdır. Çalışmanın bundan sonraki kısmında Turgutlu'dan alınan tüvanan ve yıkanmış numuneler için sırasıyla "numune 1" ve "numune 2", İğdır köyü yıkanmış ocak agregası için "numune 3", Gemlik kökenli bazalt agregası için ise "numune 4" isimlendirmeleri kullanılacaktır.

5 I. Agregaya Uygulanan Testler

Burada betonun bileşimine girecek olan agregaların uygunluğunu saptamak üzere TSE tarafından belirlenen standartlar çerçevesinde öncelikle laboratuarda aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

- Elek analizi deneyi
- Su emme deneyi
- Özgür ağırlık tayini deneyi
- Yüzey nemi oranının tayini deneyi
- 0,074 mm'lik elekten geçen malzeme miktarı tayini
- ince madde oranı tayini
- Hafif madde oranı tayini
- Dona dayanıklılık deneyi
- Aşınmaya dayanıklılık deneyi
- Organik kökenli madde tayini
- Yeterlilik deneyi

Elek Analizi Deneyi: Her 4 numune için elek analizi yapılmış ve agrega numuneleri +25 ile 0,25 mm arasındaki fraksiyonlara bölünerek ağırlıkça sınıflandırılmışlardır. Buna göre 4,75 mm'lik eleğin kümülatif elek altı baz alınarak granülometrik eğriler çizilmiştir. Sonuçta, Numune 1 için bu fraksiyonun altında kalan malzeme miktarı ağırlıkça % 34,51; Numune 2 için % 32,00; Numune 3 için % 33,72 ve Numune 4 için % 29,85 olarak hesaplanmıştır. Bu verilerin ışığında çizilen granülometrik eğrilerinin TS 706'ya göre belirlenen sınırlar içinde kaldığı tespit edilmiştir.

Su Emme Deneyi: Bu deney, beton karışımında yer alacak olan su ve agrega miktarının hesaplanması için yapılmıştır. Beton karışımında en önemli parametre bilindiği gibi su/çimento oranıdır. Bu bağlamda numuneler önce suya doygun hale getirilerek tartılmıştır. Daha sonra ise 105° C lik etüvde kurutularak bünyedeki tüm nemin uçması ve kütlenin sabit bir değere düşmesi sağlanmıştır. Bu

çalışmaların sonucunda iri ve ince tane fraksiyonlarındaki su emme oranlarındaki değişim Çizelge 1 'de izlenmektedir.

Her ne kadar Numune 3 yüksek değerler arz etse de, bu değerler, bir önceki bölümde verilen sınırların içinde kalmaktadır.

Özgül Ağırlık Tavini: Pıknometre deneyleri, öğütülmüş (-200 mm) ve etüvde kurutulmuş numune parçaları üzerinde uygulanmıştır. Numune 1'in özgül ağırlığı 2,62; Numune 2'nin özgül ağırlığı 2,65; Numune 3'ün özgül ağırlığı 2,63; ve Numune 4'ün özgül ağırlığı ise 2,9 olarak bulunmuştur. Özgül ağırlıkları 2,60 dan büyük agregalar beton üretimi için uygun olarak görülmekte olup, optimal aralık TS 35262'ye göre 2,6-2,9'dur. Tüm bu bulunan değerler belirlenen sınırlar içinde kalmaktadır.

Yüzey Nemi Oranının Tayini: Burada bulunacak olan yüzey nem miktarı, karma suyu miktarından çıkarılarak net su miktarının ortaya konması açısından önem arz etmektedir. Yüzey nemi oranları tane iriliği ile ters orantılı bir ilişki içinde olup, Numune 1 için % 0,10-0,35; Numune 2 için % 0,08-0,26; Numune 3 için % 0,08-0,27; Numune 4 için % 0,06-0,20 aralıklarında yüzey nemi oranları bulunmuştur.

0.074 mm'lik Elekten Geçen Malzeme Miktarı Tavini: Bu deney, numunenin yıkanarak içindeki kil ve silt yüzdelilerinin ortaya konması açısından önemlidir. TS 3530'a göre söz konusu elekten geçen malzeme için sınır değerler ince agregalarda % 3, iri agregalarda % 10 olarak belirtilmektedir. Çizelge 2 incelenecek olursa, Numune 1 dışındaki örnekler sınırlar içinde kalırken, 1 no'lu numune ile yapılması olası betonda karma suyu miktarının artırılması gerekecektir.

Çizelge 1. Agregada Numunelerinin Su Emme Oranları (%)

Tane iriliği (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
31,5-25	0,70	0,17	0,60	0,17
25-12,5	0,75	0,27	0,95	0,24
12,5-4,75	0,99	0,29	1,01	0,17
4,75	0,97	0,37	1,51	0,23

Çizelge 2. 0,074 mm' lık Elekten Geçen Malzeme Miktarı

Tür	% Ağırlık
Numune 1	10,11
Numune 2	9,19
Numune 3	8,52
Numune 4	7,01

İnce Madde Oranı Tavini: İnce maddeler, agrega tanelerine yapışık olarak bulunan yıkanabilir maddelerdir. Bir başka deyişle 0,063 mm'lik elekten geçen malzeme olarak da tanımlanır. Elimizdeki örnekler için TS 1114'e göre izin verilen ağırlıkça maksimum ince madde limiti % 3'tür. Bu tayinler sonucunda 1 no'lu Numune standartların oldukça üstünde sonuçlar vermiştir (~ % 5). Bu numune ile yapılabilecek betonda yapışmış ince maddeler yüzünden, adherans, dolayısıyla direnç azalacaktır.

Hafif Madde Oranı Tavini: Betonun dayanımını olumsuz etkileyen ve betonda renk değişikliklerine sebep olan, yoğunluğu 2,0 gr/cm³'ten küçük olan maddelerin tayininde ortalama özgül ağırlığı 2,0 olan deney sıvısı (NaCl⁺) kullanılmıştır ve Çizelge 3'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3. Numunelerin Hafif Madde Oranları (% Ağırlık)

Tane iriliği (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
4-9,51	0,39	0,01	0,04	0,04
24	0,47	0,01	0,06	0,04
1-2	0,55	0,06	0,31	0,11
0,5-1	0,69	0,11	0,31	0,13
0,25-0,5	0,74	0,19	0,40	0,15

Çizelge 4, agregadaki hafif madde sınırdeğerlerini veren referans tablo olarak ele alınırsa, 2,3 ve 4 no'lu numuneler hafif madde açısından sınırlara dahil olsalar da, Numune 1'in ince fraksiyonları standartları sağlayamamaktadır.

Çizelge 4. Agregada Hafif Madde Limitleri (Yılmaz et al., 1999)

Agrega Sınıfı	%
İnce agrega için beton yüzey görünümünün önemli olduğu haller	0,5
Diğer bütün betonlarda	1,0
İri agrega için	0,5-1,0

Dona Dayanıklılık Tavini: Na₂SO₄ tuzunun % 20'lik sulu çözeltisinin hazırlanmasıyla numunelerin dona karşı dayanımları ölçülmeye çalışılmıştır. Buna göre numunelerin don kayıpları yüzde cinsinden Çizelge 5'teki gibi bulunmuştur.

Çizelge 5. Don Kayıpları Verileri (%)

Tane iriliği (mm)	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
9,51-12,5	4,11	3,06	1,7	1,5
4-9,51	6,92	5,16	2,2	2,1

Don kaybı oranlarının tümü TS 706'da verilen dona dayanıklılık sınır değerlerinin çok altında seyretmektedir (max. % 15,0).

Asınma Oranı Tavini: Numunelerden 2,5 kg lık temsili alt numune ayrılarak, bunlar, içinde 12 bilçe bulunan tamburun içine konmuş ve 500 devir yapmaları beklenmiştir. Bunun sonucunda aşınma oranları Numune 1 için % 24,0; Numune 2 için % 22,0; Numune 3 için % 21,50; Numune 4 için % 17,6 olarak kaydedilmiştir. Standartlara göre malzeme aşınma oranının 100 devir sonunda ağırlıkça % 10'unun, 500 devir ve 1000 devir sonunda % 50'den fazlası olması istenmez. Dolayısıyla, tüm ürünler aşınmaya karşı dirençli olarak gruplandırılabilir.

Organik Kökenli Madde Tavini: Tüm numuneler üzerinde yapılan deneyler sonucunda numunelerin % 3'lük sodyum hidroksit çözeltisinde 24 saat bekletilmesinden sonra standarttaki referans rengiyle yapılan kıyaslamada çözeltinin, 1 no'lu referans renginde olduğu gözlenmiştir. Bu durumda, numuneler herhangi bir zararlı madde içermektedir.

Çizelge 6 Numuneler için Yeterlilik Oranları (% n)

Yükleme Türü	Referans Beton	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
Kırılma Yuku (kg)	56700	46097	50038	50956	51977
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	252,00	204,88	222,39	226,47	231,51
Yeterlilik Oranı	100	81,30	88,25	89,87	91,67

Yeterlilik Deneyi Bu deney, tane dayanımı, zararlı maddeler, ince maddeler ve zararlı organik maddelerin varlığından kuşku durumlarda uygulanmaktadır. Deneyde kullanılmış olan beton numuneleri, daha önce TS 706'ya uygun agregalardan aynı reçete ile yapılmış bir referans beton ile karşılaştırılmaktadır. Burada kullanılan beton numuneleri 15 cm'lik kubik numuneler olup, kategori olarak BS 20 beton sınıfına girmektedir. Testlerde yükleme hızı 680 kg/s olarak alınmıştır. TS 706 uyarınca, yeterliliği belirlenecek olan betonun tek eksenli basınç dayanımı, referans betonun basınç dayanımının % 85'inden daha yüksek olmak zorundadır. Burada sadece, tuvanan halde olan akarsu kökenli Numune 1 yetersiz kalmaktadır (Çizelge 6).

5.2 Beton ile Yapılan Deneyler

Farklı özellikteki agregaların beton içerisindeki davranışlarını belirlemek ve betonların mukavemetini yorumlayabilmek için söz konusu 4 farklı örnek ile üretilen beton numuneleri 9 ayrı koşul altında tek eksenli basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Bu deneyler için BS 25 sınıfında 15 cm boyutunda ve kup şeklinde beton numuneler hazırlanmıştır. Araştırmış olduğumuz değişkenlerin uygun bileşimini bulmak için deneylerin ilk 5 tanesinde su/çimento oranları değiştirilip beton mukavemet değerleri incelenmiştir. Diğer 4 deney ise sabit bir su/çimento oranında beton içeriğindeki agrega tane boyutlarının bileşim miktarlarının önemini anlamaya yönelik olarak yürütülmüştür. Dökülen beton 1 gün sonra kalıplardan çıkarılarak su içinde bekletilmiş ve anılan deneyler 7 gün ve 28 gün sonunda olmak üzere 2 kez tekrar edilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı testlerinde kullanılmış olan deney değişkenleri Çizelge 7'de özetlenmiştir.

Çizelge 7 Deney Değişkenleri (Akpınar, 2002)

Deney No	Değişken Parametre	Su/Çimento Oranı (%)
1	Referans Deney	69,05
2	Çimento miktarı % 10 artırıldı	62,77
3	Çimento miktarı % 20 artırıldı	57,54
4	Çimento miktarı % 10 azaltıldı	76,72
5	Çimento miktarı % 20 azaltıldı	86,31
6	(0-4,75 mm) % 10 azaltıldı, (4,75-9,51 mm) % 5 artırıldı, (9,51-19 mm) % 5 artırıldı	69,05
7	(0-4,75 mm) % 10 artırıldı, (4,75-9,51 mm) % 5 azaltıldı, (9,51-19 mm) % 5 azaltıldı	69,05
8	(0-4,75 mm) sabit, (4,75-9,51 mm) % 10 azaltıldı, (9,51-19 mm) % 10 artırıldı	69,05
9	(0-4,75 mm) sabit, (4,75-9,51 mm) % 10 artırıldı (9,51-19 mm) % 10 azaltıldı	69,05

Çizelge 8. 7 Gün Sonundaki Tek Eksenli Basınç Dayanımları (kg/cm)

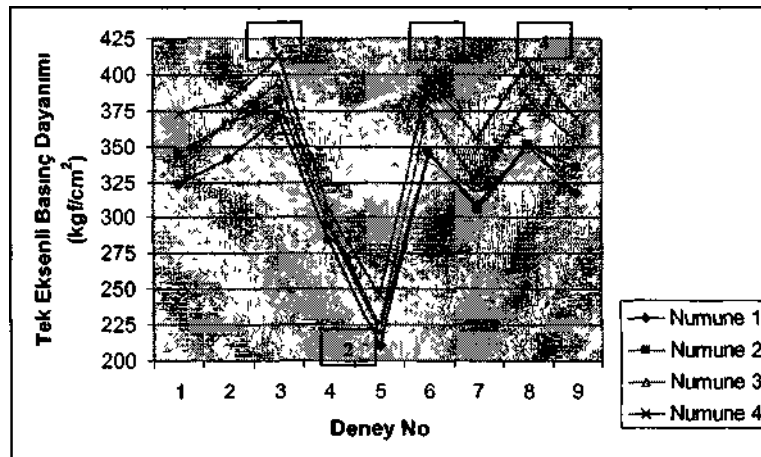
Deney No	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
1	234,21	246,65	251,7	264,21
2	245,33	255,68	256,75	278,13
3	262,70	274,65	284,56	287,29
4	198,80	209,47	218,20	219,08
5	151,96	157,40	159,12	178,54
6	253,49	262,16	274,8	396,7
7	222,64	237,21	237,16	243,48
8	265,51	274,75	283,20	286,10
9	225,51	231,40	246,20	256,95

Çizelge 9 28 Gün Sonundaki Tek Eksenli Basınç Dayanımları (kg/cm)

Deney No	Numune 1	Numune 2	Numune 3	Numune 4
1	323,21	345,31	339,8	372,54
2	341,00	365,26	365,60	381,40
3	370,10	381,46	395,22	411,69
4	284,34	295,01	299,16	305,75
5	210,41	220,27	224,17	245,68
6	345,21	346,84	376,14	396,70
7	309,10	305,38	321,80	356,19
8	351,4	351,46	381,92	407,79
9	316,76	334,8	353,8	369,11

7 gün sonunda ve 28 gün sonunda elde edilen dayanım sonuçları Çizelge 8 ve 9'da verilmektedir. Yukarıdaki deney sonuçlarına ve Yılmaz et al, (1999) tarafından hazırlanan Beton Hedef Mukavemeti Değeri çizelgesine göre, B25 sınıfındaki bir beton için dayanım değeri en az 310 kg/cm² olmak zorundadır. Bu nedenle, betonun belli

bir süre bekletilip 28 gün sonunda basınç deneylerine maruz kalması mukavemet açısından daha sağlıklı sonuçlar verecektir. 28 gün sonunda yürütülen tek eksenli basınç dayanımı deneylerinin sonuçları tüm numuneler ve deney koşulları için birleştirilmiş halde Şekil 1'e yansıtılmıştır.



Şekil 1. Tek Eksenli Basınç Dayanımlarının Değişimi

Bu grafiklerde en dikkat çekici nokta, her deney koşulu altında 4 no'lu bazalt numunesinin en yüksek dayanıma sahip olduğudur. Yukarıdaki grafik ekstremum değerler gösterdiği yerlerde 4 ayn zona bölünerek incelenebilmektedir.

1 no'lu zon, çimento miktarının % 20 artırdığı, dolayısıyla, su/çimento oranının % 57,54'e çekildiği 3. deneye karşılık gelmektedir. Doğal olarak betondaki çimento malzemesi arttığı için betonun dayanımı da pik değerlere ulaşmış gözükmemektedir.

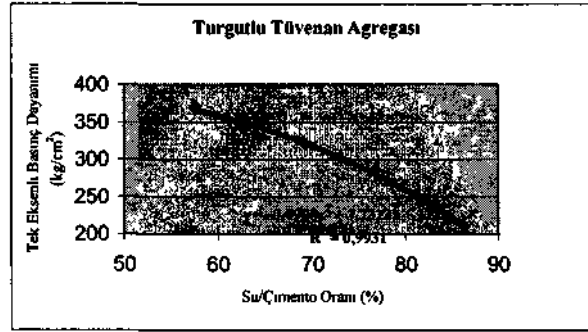
2 no'lu zon ise tüm numunelerin hemen hemen aynı davranışı gösterdiği bir bölgedir. Bu zonda çimento miktarı % 20 azaltılarak, su/çimento oranı % 86,31 seviyelerine çıkmıştır. Her bir numunenin dayanım miktarları referans deneye göre % 34,05-36,21 arasında büyük düşüşler göstermiştir.

3 no'lu zon 6. deneye karşılık gelmekte olup, burada ince malzeme fraksiyonu (0-4,75 mm)

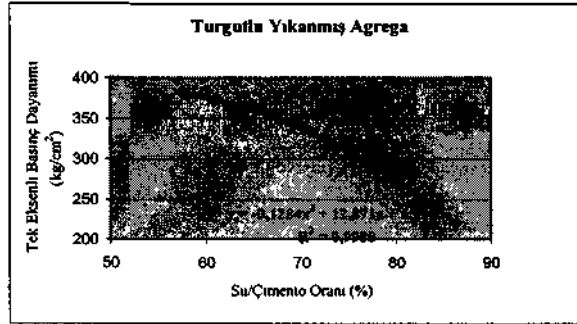
azaltılarak bunun beton mukavemetine etkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Beton içindeki ince ve veya hafif maddelerin uzaklaştırılmasıyla, tek eksenli basınç dayanımının arttığı gözlenmiştir.

4 no'lu zon ise Deney 8'e karşılık gelip, bu bölgede ikinci en yüksek dayanım değerleri elde edilmiştir. Burada ince malzeme miktarı sabit tutulurken, ara malzeme (4,75-9,51 mm) azaltılmış, aynı anda in malzeme de (9,51-19 mm) artırılmıştır. Mukavemet açısından Deney 3'e yakın olmasından ve aynı zamanda çimento ilavesi gerektirmemesinden ötürü beton üretiminde daha ekonomik bir çözüm vermektedir.

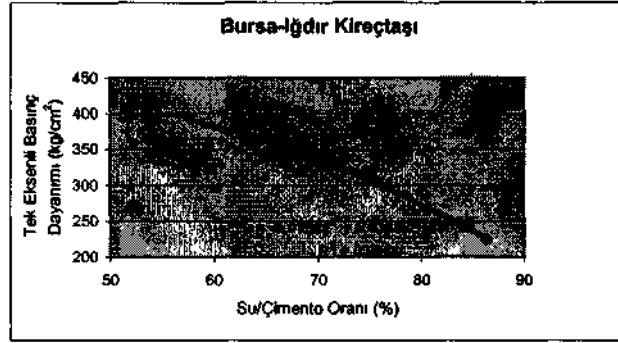
Bunun yanında, tek eksenli basınç dayanımı ile su/çimento arasındaki ilişkiyi veren grafikler ise her numune için ilk 5 deney göz önüne alınarak ortaya konmuş ve her bir numune için sırasıyla korelasyon oranları Şekil 2-5'de sunulmuştur.



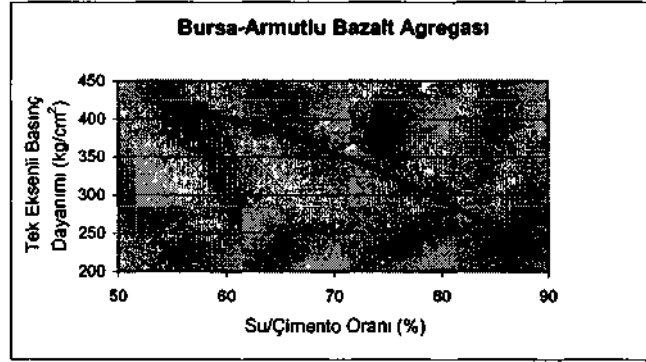
Şekil 2. Numune 1 İçin Su/Çimento Oranı-Dayanım İlişkisi



Şekil 3. Numune 2 İçin Su/Çimento Oranı-Dayanım ilişkisi



Şekil 4. Numune 3 İçin Su/Çimento Oranı-Dayanım İlişkisi



Şekil 5. Numune 4 İçin Su/Çimento Oranı-Dayanım İlişkisi

Şekiller 2-5 incelenecek olursa çimento miktarının azalmasıyla betonun mukavemeti arasında çok güçlü bir korelasyon mevcuttur ($R^2= 1$). Bunun nedeni doğal olarak bağlayıcı madde olan çimentonun taneler arasındaki boşluğu tamamen doldurması ve taneleri birbirine yapıştırarak dayanımı artırmasıdır.

6. SONUÇLAR

Bilindiği üzere Türkiye, çok ciddi depremlerin meydana geldiği ve gelebileceği kuşak içinde yer almaktadır. Bu durum da, inşaat mühendislerini ve müteahhitleri yapılarda daha sağlam malzeme kullanmaya yöneltmektedir. Bu bağlamda yürütülen çalışmamız kapsamında ülkemizde 3 ayrı bölgeden alınan 4 tür agrega numunesi üzerinde agrega için standartlara uygunluk ve yeterlilik, beton için ise

mukavemet deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tüm numuneler 28 gün sonundaki tek eksenli basınç deneylerinde tatmin edici sonuçlar verseler de en dayanımlı beton, bazalt agregasından yapılan üretim sonucunda kaşıma çıkmaktadır. En düşük dayanım ise akarsu kökenli ve tüvanan haldeki Turgutlu agregası için elde edilmiştir. Oysa, sadece basit bir yıkama ile oluşturulan 2 no'lu Numune ile de oldukça iyi dayanım değerleri elde etmek mümkün olmaktadır. Birleştirilmiş mukavemet grafikleri incelendiğinde maksimum dayanım zonlarının, çimentonun artırıldığı veya agrega içindeki ince malzeme miktarının azaltılırken nispeten iri malzeme miktarının fazlaştığı deneylere karşılık geldiği görülmektedir. Her ne kadar çizilmiş olan korelasyon grafikleri, çimentonun artırılması ile doğru orantılı şekilde dayanım miktannın da artış gösterdiğini gözler önüne serse de, bu durum aynı zamanda beton

dökme maliyetini yükseltecektir. Optimal amaç makul bir maliyette en dayanımlı betonu elde etmek olduğuna göre, salt çimento eklemekten ziyade agreganın bileşimindeki malzeme fraksiyonları ile oynanarak da sonuçta dayanıklı ve maliyeti yüksek olmayan bir beton üretilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akpınar, A.Ş., 2002. *Değişik Kaynaklı Agregaların Beton Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Fen Bil. Enst., İzmir, 43-98.
- Albayrak, H.F., 1988. *Beton Cep Kitabı*, Hazır Beton Birliği Yayınları, Ankara.
- Erdoğan, T.Y., 1995. *Betonu Oluşturan Malzemeler-Agregalar*, Hazır Beton Birliği Yayınları, Ankara.
- Yılmaz, A.O., Arıoğlu, E., & Anoğlu, N. 1999. *Çözümlü Beton-Agrega Problemleri*, İstanbul.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1980. *Beton Agregaları-TS 706*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1980. *Beton Agregalarının Yüzey Nemi Oranı Tayini-TS 3523*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1980. *Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini-TS 3526*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1980. *Beton Agregalarında İnce Madde Oranı Tayini-TS 3527*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1980. *Beton Agregalarında Hafif Madde Oranı Tayini-TS 3528*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1980. *0,074 mm'lık Elekten Geçen Malzeme Tayini-TS 3530*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1981. *Beton Agregalarında Dona Dayanıklılık Tayini-TS 3655*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1973. *Beton Agregalarında Organik Kökenli Madde Tayini-TS 3673*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1981. *Beton Agregalarında Aşınmaya Dayanıklılık ve Aşınma Oranı Tayini-TS 3694*, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, 1983. *Beton Agregalarında Yeterlilik Deneyi-TS 3821*, Ankara.