

KIRMATAŞ AGREGA İÇERİSİNDEKİ TAŞ-UNU MİKTARININ BETONUN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

Ercan ÖZGAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü,
Konuralp Kampusu/DÜZCE

ÖZET

Bu çalışmada kırma-taş agregası içerisinde bulunan taş-unu' nun betonun basınç mukavemetine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla kırma-taş agregadan elde edilen 200 dozlu beton içerisine, ince agregadan %0, %5, %10 ve %15 oranlarında azaltılmak suretiyle yerine taş unu ilave edilmiş ve basınç dayanımları araştırılmıştır. Beton uygulamalarında agregası içerisindeki ince malzeme belirli miktarları aştığında agregası yıkanarak kullanılmaktadır. Kırma-taş agregası içerisinde taş-unu bol miktarda bulunmaktadır. Bu malzemenin betonun özelliklerine olumsuz bir etkisinin görülmemesi agreganın yıkanması gereğini ortadan kaldıracaktır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre taş ununun kırma-taş agregası ile üretilen betonların basınç dayanımlarını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Agregası, Kırma-taş unu, Beton, Basınç dayanımı.

THE EFFECT OF STONE DUST IN STONE BALLAST AGGREGATE ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

ABSTRACT

In this study, the effect of stone dust in stone ballast aggregate on concrete compressive strength has been searched. For this reason, by decreasing the fine aggregate in 0%, 5%, 10% and 15% proportions, stone dust has been added in 200 dose concrete which is obtained from stone ballast aggregate and the compressive strength have been researched. When the fine material in aggregate passes beyond the allowable limits in concrete productions, aggregate has been used by washing. The fine material which is called stone dust exist in stone ballast aggregate in large amounts. Because this material doesn't have any negative effect on the compressive strength, the washing operation of aggregate will be eliminated. According to the search results, it has been seen that stone dusts has positive effect on the compressive strength of concrete are produced by stone ballast aggregate.

Key Words: Aggregate, Stone Dust, Concrete, Compressive Strength.

1. GİRİŞ

Günümüzde beton çok yaygın olarak kullanılmakta olan bir yapı malzemesidir. Beton kullanımına paralel olarak, beton agregasına olan talepte artmaktadır. Doğal agregaya kaynaklarının sınırlı olması ya da uygun olmaması, çevrenin korunması ve yüksek dayanımlı betona olan talep betonda kırma-taş kullanımını gerekli kılmaktadır. Kırma-taş' ta 75 µm elekten geçen taş tozunun bulunması kaçınılmazdır [1].

Uygulamada, agregaya içerisinde 200 numaralı elekten geçen malzeme miktarının verilen limitlerin üzerinde bulunması durumunda agregaya yıkandıktan sonra kullanılmaktadır. Bu uygulamanın nedeni ise 200 numaralı elekten geçen malzemenin kil olduğu düşüncesidir. Bilindiği gibi kil, çimento hamuru ile agregaya arasındaki aderansı zayıflatır, çimentonun hidrasyonunu geciktirir ve betonun hacimsel kararlılığını bozar [2].

TS 706' da 0,25 mm açıklıklı kare gözlü elekten geçen ve ince malzeme olarak tanımlanan taş-unu' nun kil gibi davranmamasına karşın beton karma suyunu ve dolayısıyla su/çimento oranını arttıracığı düşüncesiyle zararlı kabul edilmekte ve agregaya içerisinde bulunması istenmemektedir. Özellikle kırma-taş agregaya ile üretilen düşük dozajlı betonların işlenebilirliği ve kohezyonu zayıftır. Bu betonlar, düşük kompoziteli olmaları ve suyu tutacak yeterli ince malzemeye sahip olmamaları nedeniyle yerleştirildikten sonra karışım suyunu kusarlar. Bunun sonunda betonda rötre çatlakları meydana gelmektedir. Bu tabloda elde edilen betonların porozitesi yüksek ve basınç dayanımları düşük olmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için çimento dozajı artırılabilir yada katkı maddesi kullanılabilir. Ancak bu işlem ek bir maliyeti de beraberinde getirecektir [2].

ASTM C 33' e göre taş-unu' nun ince agregaya içerisinde % 7 oranında bulunmasına izin verilmektedir. TS 706' da da ince agregaya genel olarak, 63 µm açıklıklı elekten geçen kil, silt ve taş-unu gibi yıkanabilir maddeler olarak sınıflandırılmakta ve bunların ince agregaya içerisinde maksimum % 4 oranında bulunmasına müsaade edilmektedir.

1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada amaç, kırma-taş agregaya ile üretilen ve taş-unu içermeyen referans beton ile içerisine değişik oranlarda taş-unu katılan betonların basınç dayanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Çalışmada kırma-taş agregaya içerisinde doğal olarak bulunan taş-unu' nun betonun basınç dayanımına olan etkisinin araştırılması amacıyla ince malzemelerden arındırılmış agregaya içerisine kontrollü olarak ve ağırlıkça ince agregaya yerine ikame edilen taş-unu katılmış ve numuneler aynı koşullarda hazırlanarak kür edilmişlerdir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Sivas ili Ulaş ilçesi Tecer mevkiin' den temin edilen kırma-taş agregaya ve bağlayıcı olarak da PÇ 32,5 portland çimentosu kullanılmıştır. Agreganın granülometrisi TS 706' da verilen B32 eğrisine uygun olarak seçilmiştir. Agreganın granülometrik dağılımı ile deneylerde kullanılan iri agregaya, ince agregaya ve taş-ununun özgül ağırlıkları ve su emme oranları belirlenmiş olup aşağıda verilmiştir (Tablo 1, 2).

Tablo 1. Agreganın granülometrik dağılımı.

Agregaya sınıfı (mm)	32-16 arası	16-8 arası	8-4 arası	4-2 arası	2-1 arası	1-0 arası
Yığındaki oranı (%)	32	22	11	13	10	12

Tablo 2. Agreganın özgül ağırlık ve su emme oranı değerleri.

Agregaya grubu	Özgül ağırlık (kg/dm ³)	Su emme oranı (%)
İri agregaya	2,65	2,5
İnce agregaya	2,70	3
Taş-unu	2,90	5

2.2. Metot

Çalışmada en büyük tane çapı 32 mm olan ve TS 706'da verilen B-32 granülometri eğrisine uygun olarak seçilen agregalarla 4 seriden oluşan toplam 16 adet beton numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin dozajı 200 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Beton numunelerine, ince agregadan ağırlıkça azaltılarak yerine yine ağırlıkça taş-unu ilave edilmiştir. Hazırlanan numunelerin çökme değerleri 10 cm olacak tablode karışımlar hazırlanmıştır. Deney numuneleri TS 3068'e uygun olarak 15x15x15 cm ölçülerinde küp numuneler şeklinde hazırlanmış ve % 100 nemli bir ortamda 7 gün boyunca kür'e tabi tutulmuştur. Yedi günlük kürden sonra numuneler TS 3114'e uygun olarak basınç mukavemeti testine tabi tutulmuştur. Çalışmada, elde edilen verilerin yığın ortalamalarının karşılaştırılmasında tek etkenli, dört düzeyli "varyans analizi" yapılmış, "F testi" uygulanmış ve "Dik Doğrusal Bağlantı" metotları kullanılmıştır. Maksimum ve minimum beton basınç değerleri dikkate alınarak beton basınç değerleri için taş-unu miktarına (%'sine) bağlı olarak matematiksel model denklemleri oluşturulmuş ve korelasyon katsayıları da gösterilmiştir. Elde edilen model denklemleriyle her hangi bir taş-unu değeri için %95 güven aralığında beton basınç değeri tahmin edilebilmektedir.

2.3. Deney Yöntemi

Her seride 4'er numune olmak üzere hazırlanan 4 seri beton numunesi 7 günlük kürden sonra beton basınç dayanımı testine tabi tutularak beton test presinde kırılmış ve elde edilen değerler aşağıda verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Deney sonuçları ve tek yönlü varyans çözümlemesi için örneklem düzeni.

Sıra No	Katılan taş-unu miktarları ve basınç değerleri (kgf/cm ²)				
	% 0	% 5	% 10	% 15	
1	70	95	100	105	
2	75	90	95	100	
3	78	97	102	106	
4	73	95	100	103	Toplam
τ_i	296	377	397	414	1484
N_i	4	4	4	4	16
Y_i	74	94	99	104	93

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerin ortalaması bulunmuş ve hipotezler kurulmuştur.

Buna göre hipotezlerimiz;

H_0 : Taş-unu'nun betonun basınç dayanımının artmasına etkisi yoktur.

H_1 : Taş-unu'nun betonun basınç dayanımının artmasına etkisi vardır.

$H_0 = \mu_0 = m_1 = m_2 = m_3 = m_4$

$H_1 = \mu_1 = m_1 \neq m_2 \neq m_3 \neq m_4$

Varyans analizinde kareler toplamlarının bulunabilmesi için kodlanmış veri tablosu hazırlanarak aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Kodlanmış veri tablosu.

Sıra No	Her bir veri için sapma miktarları				
	% 0	% 5	% 10	% 15	
i_1	23	-2	-7	-12	
i_2	18	3	-2	-7	
i_3	15	-4	-9	-13	
i_4	20	-2	-7	-10	Toplam
τ_i	76	-5	25	-42	4
n_i	4	4	4	4	16
ΣY_{ij}^2	1478	33	183	462	2156

Tablo yardımıyla aşağıdaki işlemler yapılarak;

$$KT(\text{genel}) = \left(\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n Y_{ij}^2 \right) - \frac{T_{1,2,3,4}^2}{N} = 2156 \quad KT(\text{deneme}) = \frac{\sum_{j=1}^k T_{1,2,3,4}^2}{nj} - \frac{T_{1,2,3,4}^2}{N} = 2047,5 \text{ bulunur.}$$

Yapılan hesaplarla kareler toplamı genel 2156 ve kareler toplamı hata değeri 2047,5 olarak bulunmuştur. Bu durumda;

$$KT(\text{hata}) = KT(\text{genel}) - KT(\text{deneme}) \text{ olarak yazılırsa, } KT(\text{hata}) = 108,5 \text{ olarak bulunur.}$$

Bulunan değerler sonucunda varyans çözüm tablosunu oluşturmak için serbestlik dereceleri hesaplanmıştır.

$$\text{Genelde } sd = N-1 = 16-1 = 15$$

$$\text{Denemede } sd = k-1 = 4-1 = 3$$

$$\text{Hatada } sd = N-k = 16-4 = 12$$

olarak bulunur. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler aşağıda tablo halinde verilmiştir (Tablo 4).

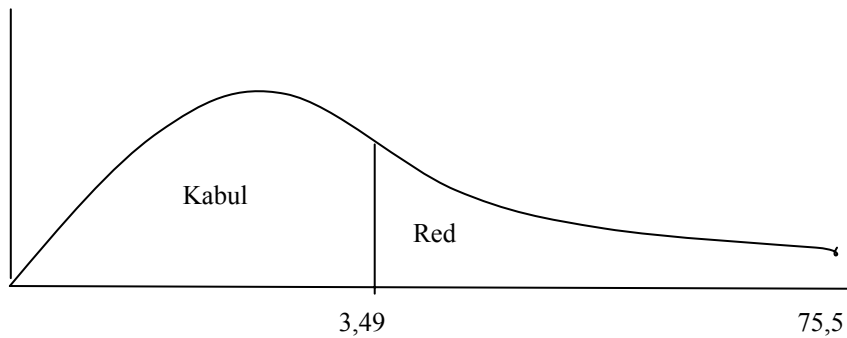
Tablo 4. Varyans çözüm tablosu.

Kaynak	Sd	KT	KO
τ_i (deneme)	3	2047,5	682,5
Σ_{ij} (hata)	12	108,5	9,04
Genel	15	2156	179,67

Deneylerden elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında F testi uygulanarak gruplar arasında farkların olup olmadığı araştırılmıştır.

$$F(\text{hesap}) = \frac{T_j(KO)}{\sum ij(KO)} \text{ olarak yazılıp gerekli hesaplar yapırsa } F(\text{hesap}) = 75,5 \text{ bulunur.}$$

$\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde F değeri tablodan “ $F_{3,12} = 3,49$ ” olarak tespit edilmiştir. Bu durumda $F_{\text{hesap}} > F_{\text{tablo}}$ olduğu için H_0 hipotezi reddedilir. Hesaplanan F değeri ile tablodan elde edilen F değeri arasında önemli derecede fark olduğu görülmektedir. Böylece, farklı oranlarda taş-unu içeren beton numunelerinin basınç dayanımlarının farklı olduğunu ve taş-unu miktarının artmasıyla beton basınç dayanımının arttığını söyleyebiliriz. Ayrıca, yapılmış olan F testine ait grafik de çizilerek aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. F testi grafiği.

Yapılmış olan deneylerle ilgili olarak küme ortalamaları arasındaki farkların önem derecelerinin araştırılması amacıyla “Dik Doğrusal Bağını” testi uygulanmıştır. Denemeler arası serbestlik derecesi 3 olduğundan üç adet dik doğrusal bağıntı kurulmuş ve T_j dik katsayıları aşağıda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Doğrusal bağıntı diklik katsayıları.

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
C ₁	1	0	0	-1
C ₂	0	1	-1	0
C ₃	1	1	-1	-1

Tablo 3'teki kodlanmış veri değerleri (τ_i değerleri) yardımıyla C değerleri hesaplanarak aşağıda gösterilmiştir.

$$C_1 = 1.T_1 + 0.T_2 + 0.T_3 + (-1).T_4 \Rightarrow 76 + 0 + 0 + 42 = 118$$

$$C_2 = 0.T_1 + 1.T_2 + (-1).T_3 + 0.T_4 \Rightarrow C_2 = 30$$

$$C_3 = 1.T_1 + 1.T_2 + (-1).T_3 + (-1).T_4 \Rightarrow C_3 = 138$$

olarak bulunur. Doğrusal bağıntı kareler toplamında $Sd=3$, $n_j=4$ olarak yazılırsa buradan;

$$KTc_1 = \frac{C_1^2}{n_j.Sd} = 1160, \quad KTc_2 = \frac{C_2^2}{n_j.Sd} = 75 \quad \text{ve} \quad KTc_3 = \frac{C_3^2}{n_j.Sd} = 1587 \quad \text{olarak bulunur.}$$

Her doğrusal bağıntının serbestlik derecesi 1 olduğundan kareler toplamı hata serbestlik derecesi 12 hata ortalamasıyla test edilir;

$$F_{1,12} = \frac{KTc_1/Sd}{KO} = 128,32, \quad F_{1,12} = \frac{KTc_2/Sd}{KO} = 8,30 \quad \text{ve} \quad F_{1,12} = \frac{KTc_3/Sd}{KO} = 175,55 \quad \text{bulunur.}$$

F tablosundan $\alpha = 0,05$ anlamlılık düzeyinde $F_{1,2} = 4,75$ olarak tespit edilmiştir.

Bu tablo değeri ile hesaplanan F değerleri karşılaştırılırsa;

$128,32 > 4,75$, $8,30 > 4,75$ ve $175,55 > 4,75$ olduğu görülür.

Buna göre, beton basınç dayanımlarının oluşturduğu kümeler arasında yapılan karşılaştırmada küme ortalamalarının arasında önemli derecede fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durumda beton içerisindeki taş-unu yüzdesi arttıkça betonun basınç dayanımının artacağı söylenebilir.

3. TAŞ-UNU MİKTARI İLE BETON BASINÇ DAYANIMI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MATEMATİKSEL MODELİ

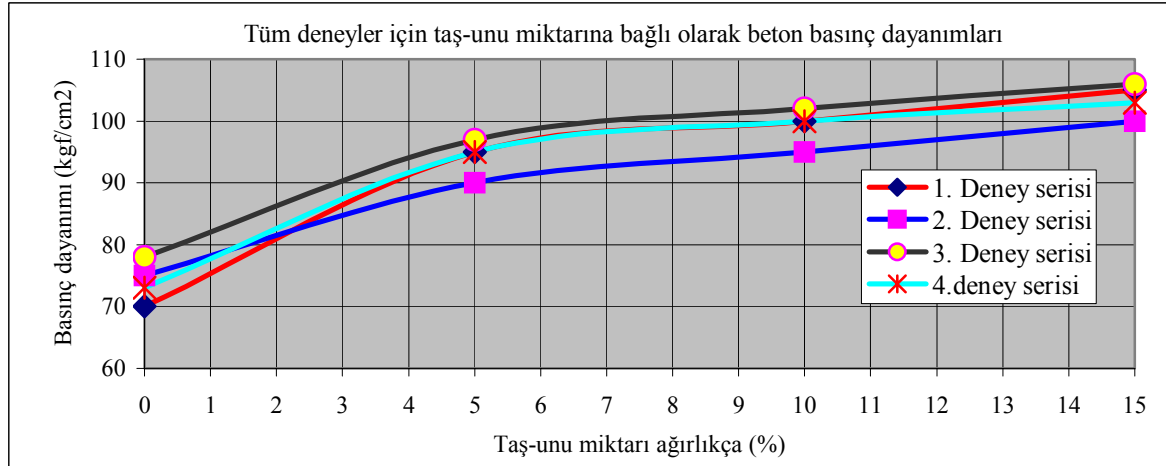
Yapılmış olan deneylerin sonuçlarına göre elde edilen beton basınç dayanımları arasındaki ilişki ve matematiksel model denklemleri hesaplanarak her hangi bir taş-unu miktarı (%'si) için beton basınç değeri % 95 güven aralığında model denklemleri yardımıyla hesaplanabilecektir. Deney sonuçları ve elde edilen model denklemleri aşağıda gösterilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Taş-unu miktarı ve basınç değerleri ile maksimum, minimum ve ortalama basınç değerleri.

Sıra No	Katılan taş-unu miktarları ve basınç değerleri (kgf/cm ²)			
	% 0	% 5	% 10	% 15
1	70*	95	100	105
2	75	90*	95*	100*
3	78*	97*	102*	106*
4	73	95	100	103
Ortalamalar	74	94,25	99,25	103,5
Max. değerler	78	97	102	106
Min. değerler	70	90	95	100

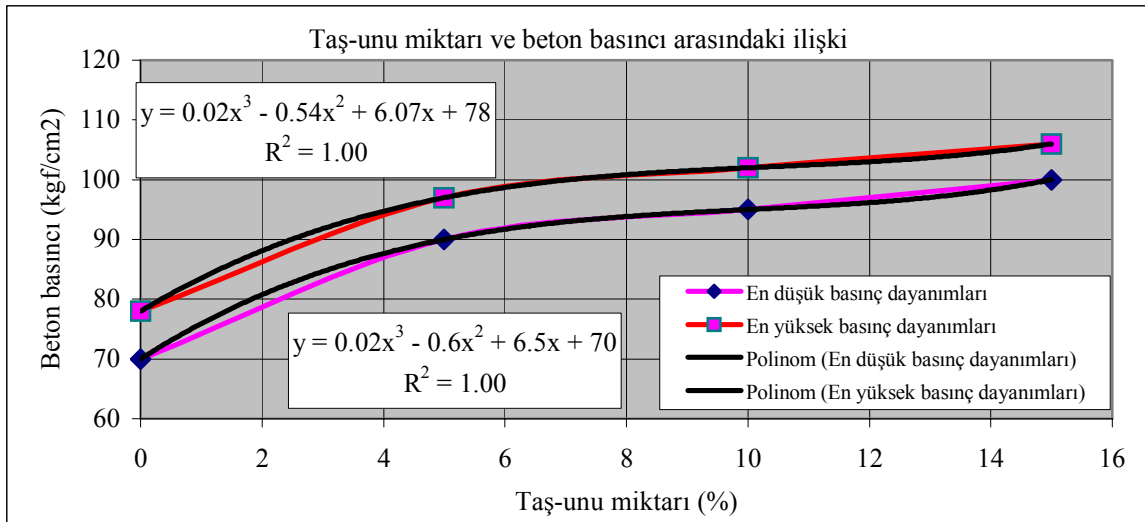
Tablodaki verilere göre, taş unu miktarı % 0 için en düşük basınç değeri 70 kgf/cm², en yüksek basınç değeri 78 kgf/cm² olup ortalama basınç değeri ise 74 kgf/cm²'dir. Taş unu miktarı % 5 için en düşük basınç değeri 90 kgf/cm²,

en yüksek basınç değeri 97 kgf/cm² olup ortalama basınç değeri ise 94,25 kgf/cm²'dir. Taş unu miktarı % 10 için en düşük basınç değeri 95 kgf/cm², en yüksek basınç değeri 102 kgf/cm² olup ortalama basınç değeri ise 99,25 kgf/cm²'dir. Taş unu miktarı % 15 için en düşük basınç değeri 100 kgf/cm², en yüksek basınç değeri 106 kgf/cm² olup ortalama basınç değeri ise 103,5 kgf/cm²'dir. Tüm deney serileri için taş unu miktarı ile betonun basınç değeri arasındaki ilişki grafik olarak gösterilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Betonun içerisine katılan taş unu miktarına bağlı olarak elde edilen beton basınç dayanımları.

Her bir deney serisi için, kullanılan taş unu miktarı ile elde edilen beton basınç değerlerine bağlı olarak çizilmiş olan grafiklerin birbirine çok büyük oranda benzediği görülmektedir. Bununla birlikte her bir deney serisi için Tablo 6'da gösterilmiş olan maksimum ve minimum beton basınç değerleri dikkate alınarak grafik çizilmiş ve grafik üzerinde basınç değerleri için matematiksel model denklemleri ile bu model denklemlerinin korelasyon kat sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Taş-unu miktarı ile maksimum ve minimum beton basınç dayanımları arasındaki ilişki.

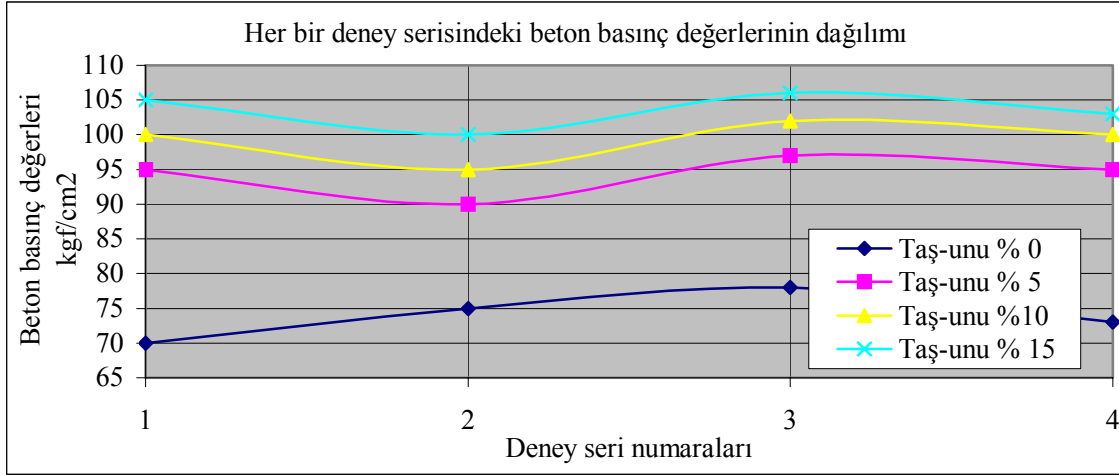
Deneyler sonucunda elde edilen maksimum basınç değerleri için taş-unu miktarına bağlı olarak beton basınç değerinin model denklemi %95 güven aralığında;

$$y = 0,02x^3 - 0,54x^2 + 6,07x + 78 \text{ olarak bulunmuş ve korelasyon kat sayısı } R^2=1 \text{ 'dir.}$$

Minimum basınç değerleri için elde edilmiş olan matematiksel model denklemi % 95 güven aralığında;

$y = 0,02x^3 - 0,6x^2 + 6,5x + 70$ olarak bulunmuş ve korelasyon kat sayısı $R^2=1$ 'dir.

Bu matematiksel ifadelerde bağımsız değişken olan "x" kırma-taş-unu miktarını % cinsinden, bağımlı değişken olan "y" de betonun basınç mukavemetini kg/cm^2 cinsinden göstermektedir. Aşağıda, her bir deney serisi için elde edilmiş olan beton basınç değerlerinin dağılımı da gösterilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Her bir deney serisi için beton basınç değerlerinin dağılımı.

Şekil 3' de de görüldüğü gibi referans numune olarak alınan ve içerisindeki taş-unu miktarı % 0 olan numunelere ait basınç değerleri en düşük durumdadır. Betonun basınç mukavemetinin %5, %10, ve % 15 oranlardaki taş-unu ilavesiyle arttığı görülmektedir. Bununla birlikte taş-unu ilave edilmiş haliyle elde edilen basınç mukavemeti değerlerine ait grafikler birbirinin belli oranda ötelenmesi sonucu elde edilen grafiklermiş gibi görünmekte olup bu artış değeri her bir deney serisi için paralellik göstermektedir. En yüksek basınç değerlerinin ise % 15 oranında taş-unu ilave edilmiş olan numunelerde olduğu açık olarak görülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonucunda, taş-unu' nun betonun basınç dayanımını arttırdığı görülmüştür. Şüphesiz betondaki basınç dayanımının artışı betonun diğer özelliklerine de yansiyacaktır. Yapılan çalışma sonucunda %0, %5, %10 ve %15 oranlarda taş unu içeren beton numunelerinin basınç dayanımları arasında önemli derecede fark bulunduğu ortaya çıkmış ve agrega içerisindeki taş-unu miktarı arttıkça betonun basınç dayanımının da arttığı gözlenmiştir. Ancak taş-unu miktarının (%'sinin) hangi orandan sonra betonun basınç mukavemetini azalttığı ayrıca yapılacak deneysel çalışmalarla belirlenmelidir. Taş ununun betonun içerisindeki boşlukları doldurarak betonun kompozitesini arttırdığı ve bu nedenle de beton basınç dayanımını olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Sonuç olarak kırma-taş agrega ile üretilen betonlarda agrega içerisinde bulunan taş-unu miktarının belli bir orandan fazla olması durumunda yıkanması gerekecektir. Bununla birlikte, betonun basınç dayanımını arttırdığı için beton yapımında ince agrega olarak belli bir orana kadar kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Ramyar, K., Çelik, T., Marar, K., Taş Tozunun Beton Özelliklerine Olan Etkisi-Endüstriyel atıkların İnşaat Sektöründe kullanılması, TMMOB İnş.Müh. Odası Bildiriler Kitabı, Ankara, 1995.
2. Uğurlu, A., Taşunu Kullanımının Beton Özellikleri Üzerindeki Etkisi, Mühendislik Haberleri, TMMOB yayını Ankara, 1993.
3. Öztutan, T., Hacıkamiloğlu, M., Hazır Betonda Taş Tozu Kullanımının Optimizasyonu. Kongre Tebliğleri ERMCO, 1995.
4. Erdoğan, T.Y., Beton, METU Press, Ankara, 2003.

5. Erdoğan, T.Y., Çimentolar, ODTÜ-Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara, 1995.
6. Erdoğan, T.Y., Karışım ve Bakım Suları, ODTÜ-Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara, 1995
7. Erdoğan, T.Y., Agregalar, ODTÜ-Türkiye Hazır Beton Birliği, Ankara, 1995.
8. TS 3530 Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm-1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini –Eleme Metodu, TSE, Ankara, 1999.
9. TS 706, Beton Agregaları, TSE, Ankara, 1980.
10. TS 3526, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, TSE, Ankara, 1980.
11. TS 3529, Beton Agregalarının Birim Ağırlıkları Tayini, TSE, Ankara, 1980.
12. TS 3814, Beton Agregalarında Tane Şekli Sınıfı Tayini Deney Metodu, TSE, Ankara, 1983.
13. TS 802, Beton Karışım Hesap Esasları, TSE, Ankara, 1985.
14. TS 2940, Taze Betondan Numune Alma Metotları, TSE, Ankara, 1999.
15. TS 3068, Beton Deneyleri – Deney Numuneleri, TSE, Ankara, 1999.
16. TS 3624, Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini Metodu, TSE, Ankara, 1981.
17. TS 3114, Beton Deney Numunelerinin Basınç Dayanımı Tayini, TSE, Ankara, 1998.