

BETONDAKİ BOYUT ETKİSİNİN BİLEŞİMLE İLGİSİ

T-46325

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Ekrem YAVUZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Haziran 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Haziran 1995

Tez Danışmanı : Dr. Osman Nuri Oktar

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Mehmet Ali Taşdemir

Doç. Dr. M. Hulusi Özkul

HAZİRAN, 1995

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bulunan basınç dayanımı ve ultrases hızına, numune boyutu-agrega granülometrisinin etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmaların tümü İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarlarında yapılmıştır.

Araştırma süresince tezimi yöneten ve çalışmalarım sırasında ilgi ve teşviklerini esirgemeyen, gerek tez gerek diğer konularda bilgilerinden faydalandığım Sayın Hocam Öğr.Gör.Dr.Osman Nuri OKTAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hesaplarımın incelenmesinde yardımını esirgemeyen Araş.Gör.Canan TAŞDEMİR'e ve emeği geçen tüm Yapı Malzemesi Laboratuvarı elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul-1995

Ekrem YAVUZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ	ii
NOTASYON	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması	2
1.1.1. Malzemelerin Özellikleri	2
1.1.1.1. Fiziksel Özellikler	2
1.1.1.2. Geometrik Özellikler	3
1.1.1.3. Kimyasal Özellikler	3
1.1.1.4. Mekanik Özellikler	3
1.1.2. Betonun Mukavemetini Etkileyen Faktörler	4
1.1.2.1. Çimento ve Çimento Dozajı	4
1.1.2.2. Karışımdaki Agrega Miktarı ve Özellikleri	4
1.1.2.3. Su/Çimento Oranı	5
1.1.2.4. Komposite	5
1.1.3. Betonun Basınç Mukavemeti Üzerinde Numune Biçiminin Boyut Etkisi	6
1.1.3.1. Numune Biçimi	6
1.1.3.2. Numune Hacmi	9
1.1.3.3. Boyut Etkisi İle Agrega ve Granülometre İlişkisi	9
1.1.3.4. Boyut Etkisine Etkiyen Diğer Faktörler	10
1.1.4. Ultrases Hızı ve Basınç Mukavemeti İlişkisi	11

1.1.4.1. Ultrasesin Özellikleri	11
1.1.4.2. Ultrases Hızı Yardımıyla Basınç Dayanımı Tahmini	11
1.1.4.3. Ultrases Hızına Etkiyen Faktörler	13
1.1.4.3.1. Beton Karışım ve Birleşim Faktörleri	13
1.1.4.3.2. Deney Şartları	13
BÖLÜM 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	15
2.1. Kullanılan Malzemeler	15
2.1.1. Kum	15
2.1.2. Kırmataş (1 ve 2)	15
2.1.3. Çimento	16
2.2. Beton Karışımları	17
2.2.1. Kabul Edilen Esaslar	17
2.2.2. Bileşim Hesapları	18
2.2.2.1. Birinci Karışım	18
2.2.2.2. İkinci Karışım	18
2.2.2.3. Üçüncü Karışım	18
2.2.2.4. Dördüncü Karışım	18
2.2.2.5. Beşinci Karışım	19
2.2.2.6. Altıncı Karışım	19
2.2.3. Üretim, Karıştırma ve Yerleştirme ..	23
2.2.4. Numune Tipi ve Sayısı, Saklama Koşulları	23
2.2.5. Taze Beton Deneyleri	23
2.2.5.1. Birim Ağırlık Deneyi	23
2.2.5.2. Çökme Deneyi	24
2.2.5.3. VeBe Deneyi	24
2.2.6. Numune İçinde Ultrases Hızının Tayini	24
2.2.7. Numunelerin Basınç Dayanımlarının Tayini	26
BÖLÜM 3. DENEY SONUÇLARI	31
3.1. Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızı İle İç Yapı Etkenlerinin İlişkisi	64
3.1.1. Basınç Dayanımı İle İçyapı Etkenle- rinin İlişkisi	64
3.1.2. Ultrases Hızı İle İçyapı Etkenleri- nin İlişkisi	67

3.2. Betonun Basınç Dayanımı İle Ultrases Hızı Arasındaki İlişkinin Saptanması ..	68
3.3. Betonun Basınç Dayanımı İle Ultrases Hızı ve Birim Ağırlığın İlişkisi	70
BÖLÜM 4. SONUÇLARIN İNCELENMESİ	72
4.1. Grafiklerin İncelenmesi	72
4.1.1. Numune Boyutunun Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi	72
4.1.2. En Büyük Tane Boyutunun Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi	73
4.1.3. L/D Oranının Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi	74
4.1.4. Agreganın Granülometrisinin Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi	74
4.1.5. Numune Boyutunun "Basınç Dayanımı-Ultrases Hızı" Bağlantısına Etkisi..	75
4.1.6. Agreganın Karışım Granülometrisinin "Basınç Dayanımı-Ultrases Hızı" Bağlantısına Etkisi.....	76
4.2. Bağlantıların İncelenmesi	76
4.2.1. Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızı İç Yapı Etkenlerinin İlişkisini Veren Bağlantıların İncelenmesi.....	76
4.2.2. Basınç Dayanımı İle Ultrases Hızı ve Birim Ağırlığın İlişkisini Veren Bağlantıların İncelenmesi.....	76
BÖLÜM 5. SONUÇLAR.....	78
KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	82

NOTASYON

C	: 1m ³ betondaki çimento miktarı (kg)
D	: max. agrega çapı
E	: 1m ³ betondaki su miktarı (lt)
δ	: Agregâ özgül ağırlığı (kg/dm ³)
δ _c	: Çimento özgül ağırlığı (kg/dm ³)
F _c	: Beton basınç dayanımı (N/mm ²)
h	: 1 m ³ taze betondaki hava miktarı (dm ³)
k	: Kopmasite
L	: Numune boyutu (cm)
m	: İncelik modülü
R	: Korelasyon katsayısı
v	: Ultrases hızı (km/sn)
V _a	: Agregâ hacmi (dm ³)
V _h	: Hava hacmi (dm ³)
W _{KT1}	: Agregâ (KT ₁)'in ağırlığı (kg)
W _{KT2}	: Agregâ (KT ₂)'in ağırlığı (kg)
W _{KUM}	: Kum ağırlığı (kg)
Δ	: Birim ağırlık (kg/dm ³)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 2.1.	Malzeme Granülometrisi (Max. Elek Çapı 8 mm)	19
Şekil 2.2.	Malzeme Granülometrisi (Max. Elek Çapı 16 mm)	20
Şekil 2.3.	D=8 mm İçin Referans Bölgeleri ve 1. Karışım Eğrisi	20
Şekil 2.4.	D=8 mm İçin Referans Bölgeleri ve 2. Karışım Eğrisi	21
Şekil 2.5.	D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 3. Karışım Eğrisi	21
Şekil 2.6.	D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 4. Karışım Eğrisi	21
Şekil 2.7.	D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 5. Karışım Eğrisi	22
Şekil 2.8.	D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 6. Karışım Eğrisi	22
Şekil 3.1.	A8-B8 Granülometrisi İçin Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	32
Şekil 3.2.	B8 Granülometrisi İçin Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	32
Şekil 3.3.	B8-C8 Granülometrisi İçin Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	33
Şekil 3.4.	A16-B16 Granülometrisi İçin Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	33
Şekil 3.5.	B16 Granülometrisi İçin Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	34
Şekil 3.6.	B16-C16 Granülometrisi İçin Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	34
Şekil 3.7.	20x20x20 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı.	35
Şekil 3.8.	20x20x20 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı.	35
Şekil 3.9.	15x15x15 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı.	36

Şekil 3.10.15x15x15 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınc Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı	36
Şekil 3.11.7x7x7 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınc Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Dağılımı.	37
Şekil 3.12.7x7x7 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınc Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.	37
Şekil 3.13.A8-A8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	38
Şekil 3.14.B8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	38
Şekil 3.15.B8-C8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	39
Şekil 3.16.A16-B16 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	39
Şekil 3.17.B16 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	40
Şekil 3.18.B16-C16 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	40
Şekil 3.19.20x20x20 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	41
Şekil 3.20.20x20x20 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	41
Şekil 3.21.15x15x15 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	42
Şekil 3.22.15x15x15 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	42
Şekil 3.23.7x7x7 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	43
Şekil 3.24.7x7x7 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	43
Şekil 3.25.A8-B8 Granülometrisi İçin Basınc Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Dağılımı	44
Şekil 3.26.B8 Granülometrisi İçin Basınc Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Dağılımı	44
Şekil 3.27.B8-C8 Granülometrisi İçin Basınc Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Dağılımı	45

Sekil 3.28. A16-B16 Granülometrisi İçin Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Dağılımı	45
Sekil 3.29. B16 Granülometrisi İçin Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Dağılımı	46
Sekil 3.30. B16-C16 Granülometrisi İçin Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Dağılımı	46
Sekil 3.31. 20x20x20 cm'lik Numeler İçin, Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Değişimi	47
Sekil 3.32. 20x20x20 cm'lik Numeler İçin, Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Değişimi	47
Sekil 3.33. 15x15x15 cm'lik Numeler İçin, Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Değişimi	48
Sekil 3.34. 15x15x15 cm'lik Numeler İçin, Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Değişimi	48
Sekil 3.35. 7x7x7 cm'lik Numeler İçin, Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Değişimi	49
Sekil 3.36. 7x7x7 cm'lik Numeler İçin, Basınç Dayanımlarının Ultrases Hızlarına Göre Değişimi	49
Sekil 3.37. 20x20x20 cm'lik Numelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	50
Sekil 3.38. 15x15x15 cm'lik Numelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	50
Sekil 3.39. 7x7x7 cm'lik Numelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	51
Sekil 3.40. 20x20x20 cm'lik Numelerde B8-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	51
Sekil 3.41. 15x15x15 cm'lik Numelerde B8-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/çimento Oranına Göre Değişimi	52
Sekil 3.42. 7x7x7 cm'lik Numelerde B8-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	52
Sekil 3.43. 20x20x20 cm'lik Numelerde A8-C8 ve B16-C16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	53
Sekil 3.44. 15x15x15 cm'lik Numelerde A8-C8 ve B16-C16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	53

Şekil 3.45. 7x7x7 cm'lik Numelerde A8-C8 ve B16-C16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	54
Şekil 3.46. 20x20x20 cm'lik Numelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrisi İçin, Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	54
Şekil 3.47. 15x15x15 cm'lik Numelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrisi İçin, Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	55
Şekil 3.48. 7x7x7 cm'lik Numelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrisi İçin, Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	55
Şekil 3.49. 20x20x20 cm'lik Numelerde B8 ve B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.	56
Şekil 3.50. 15x15x15 cm'lik Numelerde B8 ve B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.	56
Şekil 3.51. 7x7x7 cm'lik Numelerde B8 ve B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	57
Şekil 3.52. 20x20x20 cm'lik Numelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrisi İçin, Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	57
Şekil 3.53. 15x15x15 cm'lik Numelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrisi İçin, Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	58
Şekil 3.54. 7x7x7 cm'lik Numelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrisi İçin, Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi	58
Şekil 3.55. E/C=0.45 İçin Basınç Dayanımı İle L/F'nin Değişimi	59
Şekil 3.56. E/C=0.5 İçin Basınç Dayanımı İle L/F'nin Değişimi	59
Şekil 3.57. E/C=0.55 İçin Basınç Dayanımı İle L/F'nin Değişimi	60
Şekil 3.58. E/C=0.6 İçin Basınç Dayanımı İle L/F'nin Değişimi	60
Şekil 3.59. E/C=0.65 İçin Basınç Dayanımı İle L/F'nin Değişimi	61
Şekil 3.60. E/C=0.7 İçin Basınç Dayanımı İle L/F'nin Değişimi	61
Şekil 3.61. E/C=0.45 İçin Ultrases Hızı İle L/F'nin Değişimi	62
Şekil 3.62. E/C=0.5 İçin Ultrases Hızı İle L/F'nin Değişimi	62
Şekil 3.63. E/C=0.55 İçin Ultrases Hızı İle L/F'nin Değişimi	63
Şekil 3.64. E/C=0.6 İçin Ultrases Hızı İle L/F'nin Değişimi	63

Şekil 3.65. $E/C=0.65$ İçin Ultrases Hızı İle	
L/F'nin Değişimi	64
Şekil 3.66. $E/C=0.7$ İçin Ultrases Hızı İle	
L/F'nin Değişimi	64



TABLO LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 1.1.	A.S.T.M. ve B.SZ'de Biçim Etkisi	
	Değerleri	7
Tablo 1.2.	L'Hermite Göre Biçim Etkisi Değerleri ..	7
Tablo 1.3.	Postacıoğlu'na Göre Biçim Etkisi	
	Değerleri	7
Tablo 2.1.	Malzemelerin Elek Analizi	16
Tablo 2.2.	Agregaların Birim ve Özgül Ağırlıkları .	16
Tablo 2.3.	Üretilen Betonların Bileşimleri ve	
	Taze Haldeki Özellikleri	25
Tablo 2.4.	Ultrases Hızları ve Basınç Dayanımları .	27
Tablo 4.1.	Küp Kenar Uzaklıkları ve Ortalama	
	Ultrases Hızları	72
Tablo 4.2.	Agrega Granülometrisi ve Ortalama Hava	
	Boşlukları	75

ÖZET

Bu çalışmanın amacı betonun basınç dayanımı ve ultrases hızı üzerindeki boyut etkilerinin ve bu etkilerin beton bileşimiyle ilgilirinin araştırılmasıdır.

Deneysel çalışmalar için 6 adet karışım granülometrisi seçilmiştir. Çimento dozajı üretilen tüm betonlar için 400 kg/m^3 alınmıştır. Her granülometri için birbirinden farklı 5 değişik beton üretilmiştir ve üretilen ilk betonun su miktarı saptanırken vebe derecesinin 7-10 sn arasında olması sağlanmıştır. Aynı granülometrideki diğer 4 betonun su/çimento oranları, ilk üretilen betonun oranına her defasında 0.05 eklenerek bulunmuştur.

Her karışımdan 4 tane $20 \times 20 \times 20$ cm'lik ve 5'er tane $15 \times 15 \times 15$ cm ile $7 \times 7 \times 7$ cm'lik küp numuneler hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde 28.gün sonunda önce ultrases değerleri saptanmış, daha sonra basınç dayanımları ölçülerek, deneysel çalışmalar tamamlanmıştır. Elde edilen değerlere göre ortaya çıkanlar şöyle özetlenebilir.

- * Numune boyutunun azalması, basınç dayanımı arttırmıştır.
- * Numune boyutunun azalması ultrases hızında yükseltmiştir. Ancak bu yükselme, heterojenliğin artışından değil "Numune boyutu/Dalga boyu" oranının değişmesinden dolayıdır.
- * Agrega karışımının incelik modülü azaldıkça basınç dayanımının ve ultrases hızının azaldığı gözlenmiştir. Ancak bu azalmanın kısmen veya tamamen hava boşluğundaki artıştan doğduğu düşünülebilir.
- * Aynı ultrases hızına sahip numunelerden, daha büyük boyutlu olanının daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu yönünde bir eğilim gözlenmiştir.

SUMMARY

SIZE EFFECTS ON THE COMPRESSIVE

STRENGTH AND ULTRA SOUND VELOCITY OF CONCRETE

The most important qualification in concrete is compressive strength. In various researches carried out on concrete it is seen that some qualification of concrete directly changes parallel to compressive strength. Because of this relations compressive strength of concrete is used as a major of concrete's quality. However the relations between the other qualifications and the compressive strength is not absolute.

Control over the quality of concrete is needed in all countries, especially in our contry. So as in other countries standart the compressive strength of concrete at 7 and 28 days must be greater than the characteristic strength of a given concrete class. The main factors that effect the compressive strength of concrete are; the ratio of water/cement, the quality of aggregate, the cure of concrete, the kind of cement and dosage of cement.

Since there is a relation between the compressive strength and size and glometry of the specimen i.e., the height/lateral dimension, there has been a standartisation of size and form in specimens. Order to have a right idea about compressive strenth. As a result of this compressive strength is calculated in experiment that are made on specimens formed as cube and cylinder. The size of the cubes are 20 cm length in Germany Standart and Germany, 15 cm length in England.

The diameter and height of the cylinders are 6 inch and 12 inch, respectively in U.S.A., 16 cm and 32 cm in France, and 15 and 30 cm in Turkey. Although 20 cm cubic specimans had been proposed in old addition of Turkish Standarts, 15 cm cubic mould are widely used in the application.

Variation of compressive strength with the to form of the specimen is related to frictional forces between thr surface of the specimen and plate of the compressive

testing machine. Because of this forces the lateral expansion of the specimen is prevented and dispersion is delayed. Relative to slenderness of specimen (height/diameter) the friction force becomes less or more. When the slenderness decreases, the frictional forces become active through the whole height of the specimen and prevent lateral expansion, thus compressive strength increases. If slenderness increases, lateral expansion forms freely and the compressive strength becomes less. As in the cylinder specimens the compressive strength goes down by the rise in sizes in cube and prism formed specimens.

The values of slenderness effect on the strength of concrete in American and British Standards are as follows;

h/d	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
A.S.T.M.	1.00	0.99	0.97	0.94	0.91
B.S	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92

L'Hermite who researched the size effect on concrete compressive strength on cylinders that have 16 cm diameter, determined below values.

h(cm)	8	16	24	32	48	64
h/d	0.5	1	1.5	2	3	4
f_c (N/mm ²)	50	37	33	32	31	30
$f_c / f_{c,32}$	1.56	1.16	1.03	1.00	0.97	0.94

Size effect was investigated on cube specimen by Kuczynski and the values of size effect given below

Cube dimension (cm)	10	15	20	30
The ratio of strength	1.26	1.08	1.0	0.77

Size effect is closely related to the maximum aggregate size. Some standards bring restrictions about the specimen size and the maximum aggregate diameter. The size effect in concrete compressive strength is changeable with concrete's geometric heterogeneity based on aggregate size. Because of this ratio of specimen diameter, which is a characteristic of concrete geometric heterogeneity, to average aggregate diameter is used in concrete compressive strength.

The size effect also changes with the experimental conditions. Such as wall effect, inner tensions formed after temperature changes, size of specimen/max. aggregate diameter, moisture inside and surface of specimens, cure conditions and the rate of loading.

Size effect might be doserved differently according to elastic modulus of concrete and compressive strength. If the strength of material is high, the size and form factors have slight effecion experimental result. In the oppositte situation great changes will happen in strength values by the effect of these factors.

Size effect of light weight aggregate concrete in compressive strength is less influenced by grading curve of aggregate. That means, size effect on light aggregate concrete has small values compared to normal concrete.

There is a close relation between compressive strength and ultrasound velocity in concrete. But we have to know the ultrasound and it's properties.

The ultrasound waves have of reQUENCY over 16,000 Hz. Sound waves of experiments in order to control the quality of concrete in buildings has a application in handestructive testing technology today. By measuring sound velocity we can have an idea about elastic constant of concrete as well as the strength of it.

There are some factors that effect the sound velocity in concrete, for example grading of aggregate, normal changes in grading might change the velocity results belove 12%, but the changes might be more in thick or thin grain size.

The overdose of cement also effects sound velocity. In high dosed concrete compressive strength increases but sound velocity dosen't change.

The purpose of this investigation is to search the size effects on concrete compressive strength and ultra

sound velocity and to find relations between this effects and concrete.

For experimental works, six grading curves were chosen. The dosage of cement was taken constant 400 kg/m³ for all concretes produced. For each aggregate mixture five different kinds of concrete were produced. While calculating the water quantity for the first concrete, attention has been taken that vebe time is between 7 or 10 second. For the other four concrete mixes water/cement ratios were found by increasing the water/cement ratio, first concrete mix in 5% increments.

From each mixture four 20x20x20 cm, five 15x15x15 and five 7x7x7 cm cubic specimens were cast. After keeping the specimens in the formwork for one day, they were demoulded and kept under wet cloth for one week and than remained in room tempature until the age of 28 days. After 28 th. day, first ultra sound velocity was measured and than the compressive strength of specimens were obtained so experimentalworks have ended.

The conclusions driven in this study can be given briefly as follows;

- * Decrease in specimen sizes, increase in compressive strength.
- * Smaller specimen sizes, higher the sound velocity but this is not because of the increase of heterogeneity it's because of the change in the ratio of specimen size to wave length.
- * In concretes of which grading curve is between A-B curves or close to B curve, the increase in maximum aggregate diameter decreases the compressive strength. Besides this concrete of which grading curve is between B-C curves, in when maximum aggregate diameter, increases the compressive strength decreases.
- * In cubes with 20 cm size, maximum aggregate diameter dosen't have an effect on sound velocity. Moreover as the specimen sizes decrease and maximum aggregate diameter climbs, sound velocity goes up.
- * The increase in ratio of "specimen size/maximum aggregate diameter" causes the compressive strength and the sound velocity drop down.

- * When the modulus of fineness of aggregate mixture goes down, it is observed that the compressive strength and ultra sound velocity also drop. But it might be estimated that this decrease might be partly or completely because of the increase in air voids in concrete.
- * It has been seen that, larger the size of specimen, which has the same sound velocity with the others, greater the compressive strength than the ones in small size.
- * It has been seen that grading curve doesn't have a specific effect on the relation between compressive strength and sound velocity.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Temel bir yapı malzemesi olan beton, doğası bakımından diğer yapı malzemelerinden ayrılır. Beton özelliklerinin tıpkı yaşayan sistemlerde olduğu gibi, zamanla gelişme gösterdiği saptanmıştır. Betonun bir bütün olarak doğası, bileşenlerinin özelliklerinin tek tek süperpozisyonu ile elde edilemez. Beton davranışlarının önemli bir bölümü, bu bileşenlerin arasındaki etkileşimler sonucu ortaya çıkar.

Betonda aranılan en önemli özellik basınç dayanımıdır. Beton üzerinde yapılan çeşitli araştırmalarda bu malzemenin muhtelif özellikleri ve basınç dayanımı arasında ilişkiler aranmıştır. Bu araştırmalar sonucunda betonun çeşitli özelliklerinin, basınç mukavemeti ile aynı yönde değiştiği görülmüştür. Bu ilişkiden dolayı betonun basınç dayanımı, betonun kalite ölçütü olarak kullanılmıştır. Ancak diğer özelliklerle basınç dayanımı arasındaki bağıllık mutlak değildir. Özel uygulamalarda, sözkonusu uygulamada önem taşıyan özelliğin deneysel olarak incelenmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Üretilen betonun kalitesinin tüm ülkelerde ve özellikle perde ve yönetmeliklere uyulmayan, yapı güvenlik katsayısının 1 civarında olabildiği ülkemizde titizlikle kontrolü gerekmektedir. Bunun için diğer ülke standartlarında olduğu gibi ülkemiz standartlarında da betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımını belirli bir değerde olması öngörülmektedir. Betonun basınç dayanımını başta su/çimento oranı olmak üzere, agreganın cinsi ve oranları, betonun kuru, çimentonun cinsi ve dozajı gibi faktörler etkilemektedir. Bunların yanısıra betonun basınç dayanımını deney koşulları da etkiler. Numune boyutları da bu deney koşullarından birisidir.

Betonun basınç dayanımının bitmiş bir yapıda yapılmasa da, uygulamada, özellikle ihtilaflı durumlarda gerekmektedir. Bunun için bazı tahribatsız deney yöntemleri kullanılmaktadır. Sert bir maddeye çarpan, elastik bir kütlenin sıçrama miktarı ve malzemenin sertliği arasındaki ilişkiden tasarlanan beton çekici yöntemi veya ses dalgalarının beton içindeki hızını saptamaya yarayan ultrases yöntemi gibi. Her iki yöntemde kendi başlarına kullanıldıkları zaman betonun homojenliği, boşluk oranı ve kalitesi hakkında ön bilgi verir. Bu ölçümler, yapıdan alınan beton karotların basınç dayanımları ile birleştirilerek yapıdaki beton kalitesi hakkında hükme varılmaktadır.

Numune boyut ve biçimi ile basınç dayanımı arasında yakın bir ilişki olmasından dolayı, basınç dayanımı hakkında doğru bir fikir elde edebilmek için numunelerde boyut ve biçim standartlaşmasına gidilmiştir. Bunun sonucunda basınç dayanımı belirir boyutlarda küp ve silindir şeklindeki numuneler üzerinde yapılan deneylerde saptanmaktadır. Küp şeklinli numunelerin boyutları Almanya'da 20 cm kenarlı, İngiltere'de 15 cm kenarlı olup silindir boyutları A.B.D.'de $\phi 6-h12$ inç, Fransa'da $\phi 16-h32$ cm ve Türkiye'de $\phi 15-h30$ cm dir. Kenar uzunluğu 15 cm veya 20 cm olan küpler de Türkiye'de kullanılmaktadır.

1.1. Literatür Araştırması

1.1.1. Malzemelerin Özellikleri

1.1.1.1. Fiziksel Özellikler

Birim ağırlık, özgül ağırlık, yoğunluk, porozite kompasite, su emme, malzemenin ihtiva ettiği rutubet miktarı, kapilarite, geçirimsizlik, rötire ve şişme, donmaya dayanıklılık, genleşme katsayısı, termik

iletkenlik katsayısı, ateşe ve yangına dayanma kabiliyeti, ısı iletkenliği, akustik özellikler [1].

1.1.1.2. Geometrik Özellikler

Granülometrik bileşim, özgül alan, tanelerin biçimi, yüzey durumu [1].

1.1.1.3. Kimyasal Özellikler

Malzemenin kimyasal bileşimi ile mekanik özellikler arasında yakın bağlantı vardır. Kimyasal özelliklerin mekanik ve fiziksel özellikler üzerine etkisinden malzemenin kalitesinin düzeltilmesi ve yükseltilmesi bakımından faydalanılmaktadır.

Malzemede aranılan en önemli özelliklerden biri de hacim sabitliğidir. Malzemeyi oluşturan muhtelif elemanların aralarında oluşan kimyasal bir reaksiyon yeni bir madde meydana gelmesine ve bu arada bir hacim değişikliğine yol açar. Buda olumsuz etkiler yapabilir. (Gerilmelerin artmasına, çatlakların, yarıkların hasıl olmasına vs) [1].

1.1.1.4. Mekanik Özellikler

Çekme, basınç dayanımı, şekil değiştirme işi ve tokluk, kayma gerilmesi etkisinde davranış, sertlik, akma koşulları, kırılma, yorulma, sünme ve gevşeme [2].

1.1.2. Betonun Mukavemetini Etkileyen Faktörler

1.1.2.1. Çimento ve Çimento Dozajı

Betonu meydana getiren agrega tanelerini birbirine bağlayan çimento hamuru mukavemetini kaybettiği zaman betonun da mukavemeti sona erecektir. Buradan betonda çimento hamurunun mukavemet üzerinde oynamış olduğu rolün önemi anlaşılmaktadır. Bu etkiye şekline göre çimento iki bakımdan beton mukavemetinin değişmesine neden olmaktadır.

Bunlardan birincisi; çimento dozajı yani 1 m^3 beton-
daki çimento miktarıdır. Çimento miktarının artması ile çimento hamurunun hacmini arttırmış oluruz. Yalnız çimento hamuru hacmi ile basınç mukavemeti arasındaki ilişki bir hayli karmaşıktır. Çimento dozajının, daha çok su/çimento oranını etkileyerek dayanım üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olduğu kabul edilmektedir. Diğer taraftan fazla çimento rötreye sebep olur ki bu da çatlakları oluşturarak çekme mukavemetinin büyük değerler almasını engeller [3].

Çimentonun mukavemet üzerine ikinci etkisi çimentonun inceliği ve kimyasal bileşimi ile ilgilidir. C_3S , C_2S ve C_3A klinker mineralleri oranları çimento hamurunun mukavemet kazanmasında en önemli faktörlerdir. C_3S ilk yaşlardaki mukavemete, C_2S daha yavaş hidratasyonla daha sonraki yaştaki mukavemete etki eder. C_3A ise erken yaşlardaki mukavemete etkili olmakla birlikte, pek etkili değildir [4].

1.1.2.2. Karışımdaki Agrega Miktarı ve Özellikleri

Betonun mukavemetini etkileyen agrega özellikleri şu şekilde sıralanabilir. Agrega tanelerinin geometrik şekilleri, granülometrisi, agreganın mekanik özellikleri ve agrega-çimento hamuru temas yüzeyi üzerinde oluşan

etkileşimler.

Betonun mukavemeti üzerinde su/çimento oranı çok önemlidir. Optimum oranın sağlanabilmesi için agregaların su ihtiyacı olabildiğince az olmalıdır. Bu su ihtiyacı miktarı özellikle agrega granülometrisi, agrega taneleri geometrik şekli ve mineral kompozisyonundan etkilenir [4].

1.1.2.3. Su/Çimento Oranı

Betonun mukavemet ve dayanıklılık niteliğini etkileyen en önemli birleşim parametresi su/çimento oranıdır. Betonun işlenebilirliği su/çimento oranını belirler. Agreganın niteliği ve niceliği bunda önemli rol oynar. Düşük su/çimento oranı yüksek mukavemet vermektedir. Ancak su miktarı çok azalırsa, betonu yerleştirmek mümkün olmaz. Bundan dolayı mukavemeti maksimum yapan bir optimum su değeri vardır. Bu optimum değerden az veya çok su kullanılmasında mukavemette azalmaya yol açar [3].

<u>Su miktarının optimum değerden</u>	<u>Mukavemette</u>
%10 eksik olması	%10 azalmaya
%20 eksik olması	%50 azalmaya
%20 fazla olması	%30 azalmaya
%30 fazla olması	%50 azalmaya
%100 fazla olması	%80 azalmaya

neden olur.

1.1.2.4. Kompasite

Betonun kompasitesi ile 1 m^3 betonda katı cisimlerin yani çimento, kum ve iri agreganın işgal ettikleri m^3 cinsinden gerçek hacimlerin toplamı anlaşılmaktadır. Kompasitenin küçük oluşu betondaki boşlukların (bu boşluklar kısmen su ve kısmen hava ile doludur) büyük olması demek-

tir. Boşlukların veya porozitenin büyük olmasının mukavemeti azalttığı ise yapı malzemesinin en önemli kanunlarından biridir. Betondaki boşluklar genellikle iri agrega ile çimento hamuru arasında meydana gelmekte, bu durum bu iki cisim arasındaki aderans kuvvetini önemli derecede azaltmaktadır. Çimento hamuru ile agrega taneleri arasındaki aderansın küçülmesi ise betonun mukavemetini büyük ölçüde düşürmektedir [3].

1.1.3. Betonun Basınç Mukavemeti Üzerinde Numune Biçiminin ve Boyutunun Etkileri

1.1.3.1. Numune Biçimi

Basınç dayanımının numune biçimine bağlı olarak farklı değerler alması, numune yüzeyleri ile presin tablaları arasındaki sürtünme kuvvetlerine bağlıdır. Bu kuvvete bağlı olarak numunenin serbest bir şekilde genişlemesi önlenmekte ve kırılıp dağılması gecikmektedir. Numunenin narinliğine (yükseklik/çap oranı) bağlı olarak sürtünme kuvveti azalır ve çoğalmaktadır. Şöyle ki narinlik azaldığı zaman sürtünme kuvvetleri numunenin tüm yüksekliği boyunca etkin olmakta ve yanall genişlemeyi önleyerek basınç dayanımını artırmaktadır. Narinliğin artması halinde ise yanall genişleme serbestçe oluşmakta ve basınç dayanımı azalmaktadır.

Silindirik numunelerde olduğu gibi küp ve prizma şeklinli numunelerde de basınç mukavemeti, boyut artışı ile azalır. Mukavemet üzerindeki boyut etkisi, mukavemetin standart sapmasına bağlı olduğundan, boyut etkisi betonun homojenlik etkisine göre daha küçüktür. Böylece hafif betonlardaki boyut etkisi daha küçük olabilir, yinede bu fikri destekleyen güvenilir veriler olmasına rağmen bu fikir herhangi bir doğruluk derecesi ile doğrulanmamıştır [7].

Biçim etkisi için Amerikan ve İngiliz standartlarından alınan değerler şu şekildedir [8].

Tablo 1.1. A.S.T.M. ve B.SZ'de Biçim Etkisi Değerleri

h/d	2.00	1.75	1.50	1.25	1.00
A.S.T.M	1.00	0.99	0.97	0.94	0.91
B.S	1.00	0.99	0.96	0.94	0.92

L'.Hermite'e göre biçim etkisi için çapı 16 cm olan silindir numunelerde yapılan araştırmalarda yüksekliğe bağlı olarak aşağıdaki değerler saptanmıştır [9].

Tablo 1.2. L'Hermite Göre Biçim Etkisi Değerleri

h (cm)	8	16	24	32	48	64
h/d	0.5	1	1.5	2	3	4
R(N/mm ²)	50	37	33	32	31	30
R/R32	1.56	1.16	1.03	1.00	0.97	0.94

Postacioğlu'nun biçim etkisi için çeşili kenar uzunluklu küpler için Kuczynski'den aktardığı değerler aşağıdaki gibidir.

Tablo 1.3. Postacioğlu'na Göre Biçim Etkisi Değerleri

Küp Kenarı (cm)	10	15	20	30
Dayanım Oranı	1.26	1.08	1.0	0.77

Betonun basınç mukavemeti üzerinde boyut etkisi incelenirken şu faktörlerin önemli olduğu da saptanmıştır.

Bileşim, yerleştirme, kür koşulları ve yükleme hızı. Bunların yanısıra küçük boyutlu numunelerin daha fazla sünme yaptıkları ise saptanmıştır [10].

Belli bir boyuttan sonra boyut etkisi kaybolmaktadır. Breau yaptığı araştırmalarda çapları 457, 610 ve 914 mm olan numunelerin aynı mukavemette olduklarını saptamıştır. Aynı araştırmalar düşük mukavemetli betonlardaki boyut etkisinin, yüksek mukavemetli betonlara göre daha fazla olduğunu göstermiştir [7].

Bu etkisini silindirik numuneler üzerinde inceleyen araştırmalardan oldukça çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. Hondros mukavemetin çapla doğru orantılı olarak arttığını saptamıştır. Hondros bu deneylerde çapı 150 ve 600 mm arasında değişen numuneler kullanmıştır [11]. Sabnis ve Mirza 25-150 mm, Chen ve Yuan 76-152 mm ve Ross Thompson ve Tedesco 21-511 mm çapları arasında yaptıkları deneylerle mukavemetin çap ile ters orantılı olduğunu saptamışlardır [12]. Daha geniş boyut aralıklarında (çap 100-3000 mm arasında) çalışan Hasegawa daha karışık bir davranış ortaya koymuştur. Küçük çaplar için mukavemet çapla ters orantılı olarak değişmekte ancak belli bir çap değeri aşıldığında bu değişim tersine dönmektedir [13]. Bu araştırmaların sonuçlarıyla ilgili olarak şu sonuca varılmıştır.

Belli bir çapa kadar mukavemet, çapla ters orantılı olarak değişir, ancak bu çap geçildiğinde boyut etkisini kırılma sonucu oluşan enerji salınımı ile açıklayan bu kanun kullanılamaz ve mukavemeti ve numune çapını gösteren grafik, bu çap değerinden sonra bir yatay asimtota yaklaşır ve boyut etkisi kaybolur. Asimtota yaklaşan eğrinin eğimi negatif veya pozitif olabilir [12]. Bu sonuca benzer olarak Hasegawa boyut etkisi ile ilgili şu sonuçlara varmıştır. Çapı 50 cm den küçük numuneler için boyut etkisi vardır ve çapın küpköküyle ters orantılıdır. Çapı 50 cm den büyük numuneler için boyut etkisi yoktur. Şekil değiştirme dağılımı ve çatlak modeli farklı çaplardaki numunelerde farklı olmaktadır ve bu farklılık boyut etkisinin sebeplerinden biride olabilir [14].

1.1.3.2. Numune Hacmi

Numune hacmi, betonun bünyesindeki kusurlar ile basınç dayanımını etkiler. Beton üretilirken ne kadar dikkat edilirse edilsin, beton homojen olmayan kusurlu bir yapıya sahip olur. Bunun için betonun her bölgesinde basınç dayanımı bir değildir. Numune ne kadar büyükse önemli kusur bulunması ihtimali o kadar yüksek olacağından numune hacmi arttıkça basınç dayanımı azalır [6], [15].

1.1.3.3. Boyut Etkisi İle Agreg a ve Agreg a Granülometrisinin İlişkisi

Numune boyutlarının, betonu oluşturan max agreg a boyutundan daha büyük olacağı şüphesizdir. Çeşitli standartlar numune boyutu ve max. agreg a çapı ile ilgili sınırlamalar getirmektedir. BS 1881:1970 100 mm boyutlu küp numune için max. 25 mm boyutlu agreg a kullanılmasını önermektedir ve oranı 4 olarak vermektedir. A.S.T.M de ise silindir numuneler için silindir çapının, maksimum agreg a çapına oranı 3 verilmiş U.S. Bureau düzeltmelerinde ise bu oran 4 kabul edilmiştir. Bu oran için 3 ve 4 arasındaki değerler genel olarak tahmin edicidir.

Agreg a granülometrisinde sınırlamanın ortaya çıkmasının sebebi cidar etkisidir. Cidar etkisi betonun şekillendirilmseinde etkilidir. İri taneli agregalar arasında kalan boşlukları doldurmak için harca ihtiyaç duyulduğundan ve bunun sonucunda beton içinde gerektiğinden çok harç kullanılmakta ve leverişli karışım elde edilmektedir.

Agreg a boyutları sınırlanan değerlerin dışında kaldığı zaman, sınırlamayı sağlayacak boyutlara ulaşmak için agreganın gerekli eleklerden geçirilmesi yoluna gidilir. Bu işlem mukavemet üzerinde önemli bir etki göstermektedir. Örneğin max. çapı 38 mm olan agreg a karışımından, max. çapı 18 mm olan karışım elde edilerek beton

üretildiğinde mukavemetin %7 arttığı görülmüştür. Bir diğer araştırmada 152.4 mm max. agreg a çaplı karışım dan elde edilen, 38.1 mm max. agreg a çaplı karışım dan üretilen numunelerde basınç mukavemetinin %17 ile %29 arasında arttığı saptanmıştır [7].

Beton basınç mukavemetinde boyut etkisi, agreg a boyutu üzerine kurulan betonun geometrik heterojenliği ile değişmektedir. Bundan dolayı betonun geometrik heterojenliğinin bir karakteristiği olan numune çapının, ortalama agreg a çapına oranı betonun basınç mukavemetinde kullanılmaktadır [15].

Numune çapının, agreg a çapına oranının 8 den küçük olduğunda, boyut artışı ile mukavemetin doğru orantılı olduğunda saptanmış ve agreg a boyutlarının, boyut etkisi üzerindeki etkisi gösterilmiştir [15].

1.1.3.4. Boyut Etkisine Etkiyen Diğer Faktörler

Boyut etkisi deney koşulları ve değişik etkenlerle ilgili olarak değişim göstermektedir. Bunlar cidar etkisi, numune boyutlarının, max. agreg a çapına oranı, ısı değişimleri sonucu oluşan iç gerilmeler, numunenin yüzeyi ve iç kısmındaki rutubet, numune ve basınç tablası arasındaki teğetsel gerilme kuvveti ve kür koşullarındaki farklılıktır [7].

Boyut etkisi kullanılan betonun elastisite modülü ve basınç dayanımına göre de farklı şekillerde gözlenebilir. Malzemenin mukavemeti büyük ise boyut ve biçim faktörlerinin deney neticeleri üzerinde etkisi önemli olmayacak, aksi takdirde ise bu faktörlerin etkisiyle mukavemet değerlerinde büyük değişiklikler meydana gelecektir [16].

Hafif agregalı betonların basınç mukavemetinde boyut etkisi, agreganın boyut etkisinden az etkilenmektedir. Yani hafif agregalı betonun basınç mukavemeti üzerinde boyut etkisi, normal betona göre küçük değerler almaktadır [15].

1.1.4. Ultrases Hızı Basınç Mukavemeti İlişkisi

1.1.4.1. Ultrasesin Özellikleri

Duyulabilen ses dalgalarının frekansı 16-16.000 Hz arasında bulunmaktadır. Frekansın 16.000 in üzerine çıkması halinde kulakla duyulmayan ve ultrases denilen ses dalgaları oluşur. Bu dalgalar gazlar, şevler veya katılar içinde yayılırlar. Ultrases dalgalarının betonu katediş süreleri ölçülüp, katettikleri mesafeye bölünerek ultrases hızı hesap edilir. Ancak bu ölçümler yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlardan en önemlisi alıcı ve verici malzemeye temas ettirilirken, malzeme temas yüzeyi üzerinde herhangi bir boşluğun mevcut bulunmasını önlemektir. Bir diğer husus da üzerinde deney yapılan numune uzunluğunun, belirli bir minimum değerın altına düşmemesidir. Max. agrega çapının 3.5 katından daha küçük mesafeler için ultrases hızını ölçmek, doğru sonuç vermez. Ultrases hızı ölçülürken ortamın sıcaklığı 5° ile 30°C arasında olmalıdır. Bu sıcaklıklar dışında ultrases hızı için belirli katsayı-lardan faydalanılarak hesap yapılır [16].

1.1.4.2. Ultrases Hızı Yardımıyla Basınç Dayanımı Tahmini

Yapıların betonlarını yerinde sınamak amacıyla geliştirilen yıkıntısız deneyler arasında ultrasonit yöntem günümüzde geniş uygulamada kazanmıştır. Ultrases dalgalarının beton içerisindeki yayılım hızının belirlenmesi ile betonun elastik sabitleri ve mukavemeti hakkında güvenilir bilgiler sağlanabilmektedir [17].

Beton elastisite modlünün ses hızından hesaplanabilmesi için şu formüllerden faydalanılır.

$$E = 10^n \frac{(1+\nu)(1-\nu)}{1-\nu} \frac{\Delta}{g} V^2 \dots\dots\dots (1.1)$$

Bu formülde;

ν : Poisson oranı

Δ : Betonun yoğunluğu (kg/dm^3)

g : Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)

V : Ses hızı (km/sn)

göstermektedir. Dinamik elastisite modülü (kgf/cm^2) cinsinden hesaplanır. Poisson oranını 0.15 almak mümkündür. Ancak yoğunluk farklı değerler alabilir. Yapı üzerinde yoğunluk ölçülmesi olanaksızdır. Bu yönden yoğunluğunda hızın bir fonksiyonu olarak yaklaşık bir şekilde belirlenmesi yararlıdır. Yoğunluğu, hıza bağlı olarak şu formülle ifade edebiliriz.

$$\Delta = 0.12.V + 1.82 \dots\dots\dots (1.2)$$

Bu formül yardımı ile bina üzerinde olanıksız olan yoğunluk tayini yapılabilir [13].

Elastisite modülü hesaplanmış numunenin basınç dayanımı ise Hermite formülüne göre $E = k\sqrt{f_c}$ ile hesaplanır. Burada k bir sabittir. Beton içindeki V hızının düşük olması, malzemenin boşluklu olduğunu göstermektedir. Malzeme içinde boşluk olması, malzeme mukavemetinde düşük olduğunu gösterir [15].

Ultrases hızının bize mukavemetin ancak yaklaşık bir değerini verdiği unutulmamalıdır. Çünkü V nin değeri bize beton içindeki boşluk miktarını açıklamaktadır. Ancak aynı boşluk değerine sahip betonların mukavemetlerinin çok farklı olabileceği unutulmamalıdır [16].

Açıklanan sebeplerden dolayı ultrases deneyi ile başka yöntemlerin beraberce kullanılmasına çalışılmaktadır. Kolay ve ucuz bir başka yıkıntısız deney yöntemi beton yüzeyinde sertlik ölçmektir. Sertlik ölçme yöntemlerinin en yaygın olanı ise schmidt çekici yöntemidir. Yalnız başına oldukça yaklaşık olan bu metod, ultrasonik deneyle birleştirildiğinde yüksek bir yaklaşım sağlar. Hollanda yapı araştırma kurumunca önerilen aşağıdaki formül bu anlamdadır.

$$\text{Log } f_c = 0.1149 \times S + 0.3794V + 0.4332 \dots\dots\dots (1.3)$$

F_c : Küp basınç muk. (kgf/cm²)

S : Schmidt sayısı

V : Ultrasonik ses geçiş hızı (km/sn)

Ultrases hızı ve schmidt sayısı ile ilgili buna benzer değişik formüllerde kullanılmaktadır [18].

1.1.4.3. Ultrases Hızına Etkiyen Faktörler

1.1.4.3.1. Beton Karışım ve Birleşim Faktörleri

Agrega granülometrisi, normal sınırlar içindeki granülometri değişimleri, sonuçları %12'nin altında kalan mertebelerde etkiler, ancak iri dane yığılmalarına yol açan çok ince veya çok kalın granülometrilere etki çok daha fazlalaşır [19].

Agreganın mineralojik yapısı bazı durumlarda %40'a varan hatalara yol açabilir [20].

Çimento dozajının yükselmeside bir başka hata nedenidir, yüksek dozajlı betonlardaki mukavemet artışına karşılık ses hızında belirli bir artış gözlenmemektedir [21].

1.1.4.3.2. Deney Şartları

Sıcaklık ve nemin etkisi belirli sınırlar içinde yok kabul edilebilir. 5°C-30°C arası uygundur. Bunlar dışında betonun suya doygun olması dikkate alınmalıdır. Suya doygun ve donmuş bir betonda ses hızında %7 kadar bir artış olabilir, 60°C nin üstünde ise %5 mertebesinde bir azalma vardır [22].

Numunenin boyu, yüzey durumu, kullanılan birleştirme malzemesi ve kristalleri bastırma kuvveti önemli faktör-

lerdir. Yüksek frekanslı dalgalar daha kolay söndüklerinden uzun ölçü mesafelerinde uygunsuz olurlar [22]. Birleştirme malzemesi olarak gres yağı, mastik, bentonit kili, alçı ve gliserin önerilmektedir. Ancak bunların her biri farklı zaman ölçülerine yol açmaktadır. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için tam deneylerin aynı malzeme ile yapılmış olması gerekir [18].



BÖLÜM 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Kum

Üretilen betonlarda İstanbul bölgesi deniz kumu kullanılmıştır. Kum üzerinde yapılan granülometri deneylerinin sonuçları Tablo 2.1'de, özgül ağırlık ve birim ağırlık deneylerinin sonuçları Tablo 2.2'de verilmektedir. Granülometrik bileşim TS 706'daki elek takımına göre belirlenmiştir.

2.1.2. Kırma Taş (1 ve 2 Nolu)

İstanbul yöresinden temin edilen kırmataşların özellikleri Tablo 2.1 ve 2.2'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Malzemelerin Elek Analizi

Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)		
	KT1	Kum	KT2
16	100	100	100
8	69	98	4
4	15	97	1
2	3	95	0
1	2	93	0
0.5	0	85	0
0.25	0	7	0

Tablo 2.2. Agregaların Birim ve Özgül Ağırlıkları

Malzemeler	Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Özgül Ağırlık (kg/dm ³)
KT1	1.38	2.71
KT2	1.38	2.73
Kum	1.41	2.64

2.1.3. Çimento

Beton üretiminde KÇ 325 (TS 10156) çimento kullanılmıştır. Aslan çimento fabrikası 1994 yılı üretimidir.

TS 24'e göre fiziksel ve mekanik özellikler aşağıdaki gibidir.

Fiziksel Özellikler:

- Blaire özgül yüzeyi : 343 m²/kg
- 4700 delikli elekte kalan (90 mikronda): %4.7
- 950 delikli elekte kalan (200 mikronda): %0.65
- Özgül ağırlık : 2.86 gr/cm³
- Le Chetelier iğneler toplam açılması : 3 mm
- Priz başlangıcı : 2 saat 40 dak.
- Priz sonu : 5 saat 5 dak.

Mekanik Özellikler:

	<u>7 günlük</u>	<u>28 günlük</u>
Basınç dayanımı (N/mm ²)	20.7	36
Eğilme çekme dayanımı (N/mm ²)	4.7	7.5

2.2. Beton Karışımları

2.2.1. Kabul Edilen Esaslar

Araştırmada çimento dozajı sabit tutularak, 6 agrega granülometrisi kullanılmış ve her agrega granülometrisi için 5 değişik su/çimento oranında beton üretilmiştir. İlk üç agrega granülometrisinde max. agrega çapı 8 mm seçilmiş ve A8-B8, B8 ve B8-C8 referans eğrilerine göre, diğer üç granülometride max. agrega çapı 16 mm olmak üzere A16-B16, B16 ve B16-C16 referans eğrilerine göre agrega karışım hesapları yapılmıştır. Her granülometri için önce 7-10 sn VeBe derecesi veren E/c oranı denenerek saptanmış, bu oran ve her defasında bu orana 0.05 eklenecek bulunan diğer dört oran kullanılarak 5 değişik karışım üretilmiştir. Bu şekilde 6 granülometri için toplam 30 karışım üretilmiştir. Herbir karışımda ise 5 adet 7x7x7 cm³, 5 adet 14x14x14 cm³ ve 4 adet 20x20x20 cm³ boyutlu küp numuneler dökülmüştür.

2.2.2. Bileşim Hesapları

2.2.2.1. Birinci Karışım (A8-B8)

Kum %40 ve KT1 %60 olacak şekilde hesaplanan karışım granülometri eğrisi A8-B8 referans eğrileri arasında bırakılmaya çalışılmıştır. Şekil 2.1 ve 2.2'de granülometrilere Şekil 2.3'de karışım ve referans granülometrisi verilmiştir.

2.2.2.2. İkinci Karışım (B8)

Kum %45 ve KT1 %55 olarak karışım hesaplanmış, granülometri eğrisi B8 referans eğrisine yakın olacak şekilde seçilmiştir. Şekil 2.4'de 2. karışım ve referans granülometrisi gösterilmiştir.

2.2.2.3. Üçüncü Karışım (B8-C8)

Kum %60 ve KT%40 olarak seçilmiş ve karışım granülometri eğrisinin B8C8 referans eğrileri arasında olmasına çalışılmıştır. Şekil 2.5'de 3. karışım ve referans granülometri eğrileri bulunmaktadır.

2.2.2.4. Dördüncü Karışım (A16-B16)

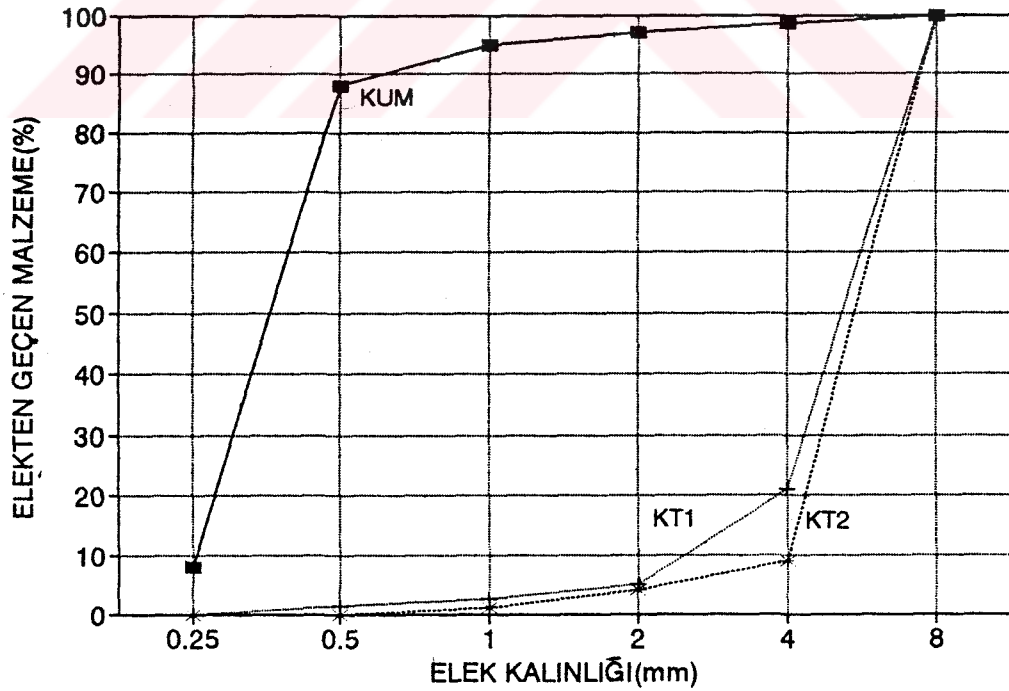
Kum %30, KT1 %49 ve KT2 %21 olarak hesaplanmıştır. Bu karışım hesaplanırken karışım granülometri eğrisinin A16-B16 referans eğrileri arasına sokulmaya çalışılmıştır. Şekil 2.6'da 4. karışım ve referans granülometri eğrileri gösterilmektedir.

2.2.2.5. Beşinci Karışım (B16)

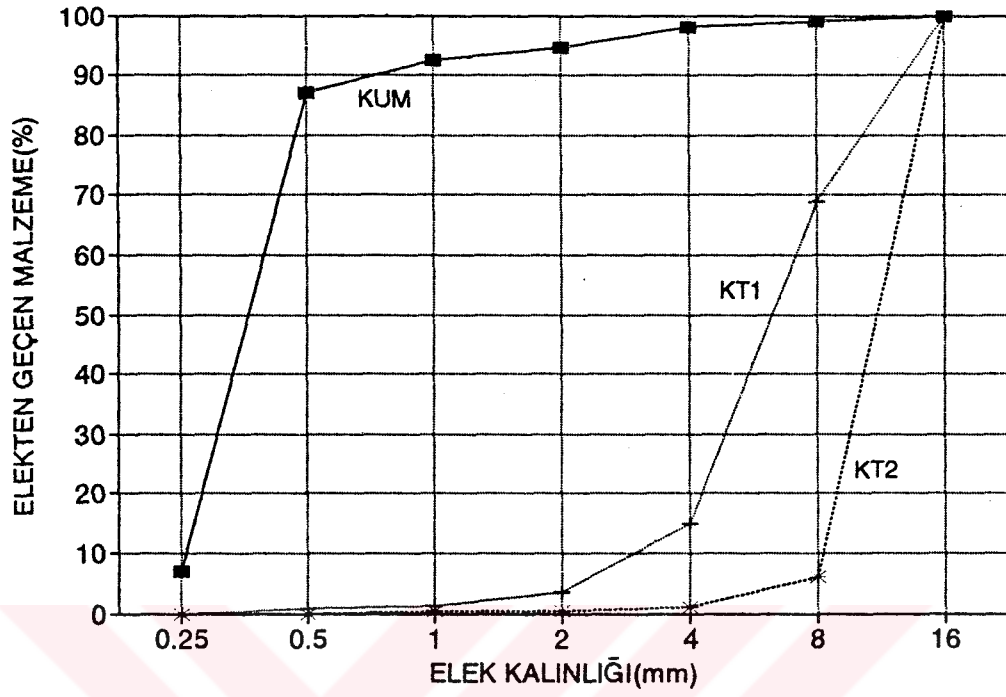
Karışım granülometri eğrisi B16 referans eğrisine yakın olacak şekilde karışım oranları bulunmuştur. Kum %42.6, KT1 %35 ve KT2 %22.4 hesaplanmıştır. 5. karışım ve referans granülometri eğrileri Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

2.2.2.6. Altıncı Karışım (B16-C16)

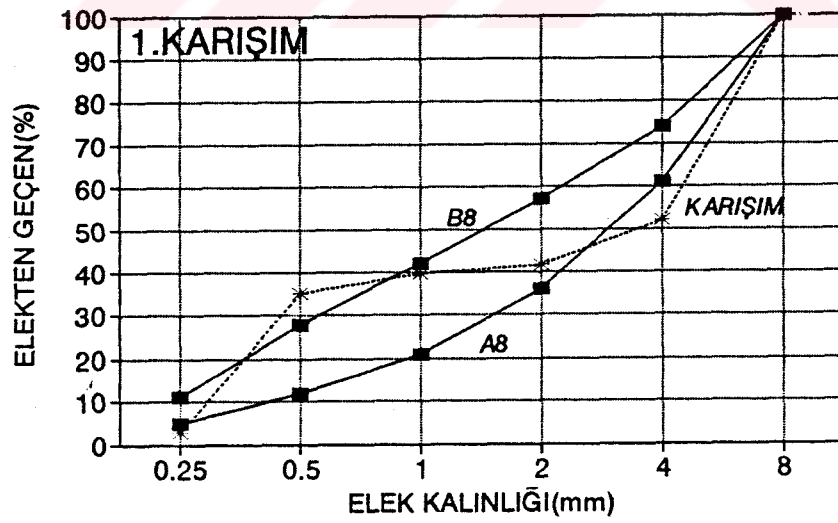
Kum %50, KT1 %40 ve KT2 %10 olarak hesaplanan son karışım granülometri eğrisi B16-C16 referans eğrileri arasındadır. 6. karışım ve granülometri eğrileri Şekil 2.8'de verilmiştir.



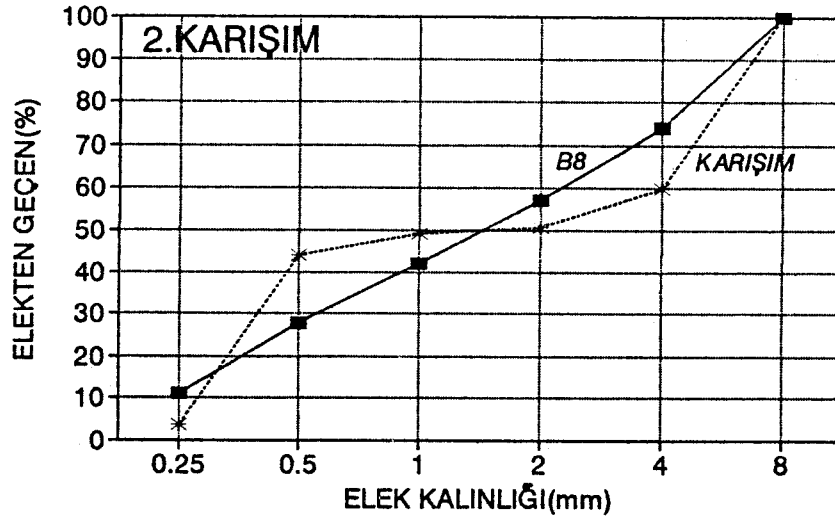
Şekil 2.1. Malzeme Granülometrisi (Max. Elek Çapı 8 mm)



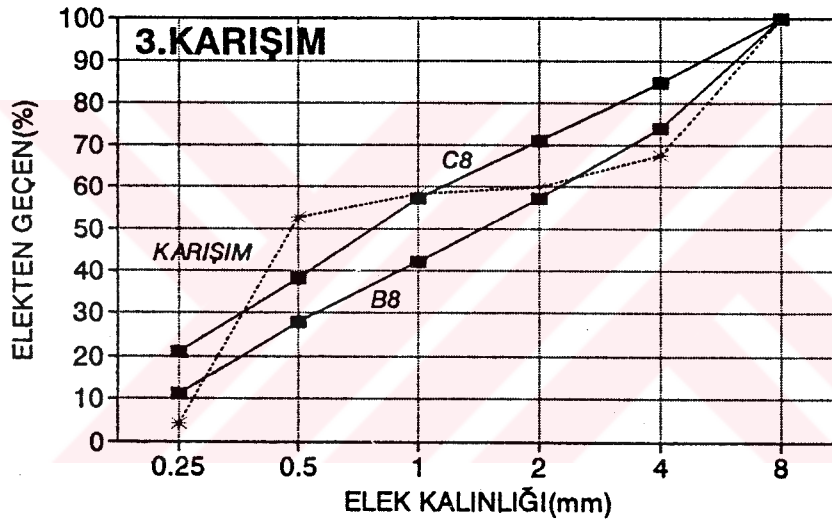
Şekil 2.2. Mazleme Granülometrisi (Max. Elek Çapı 16 mm)



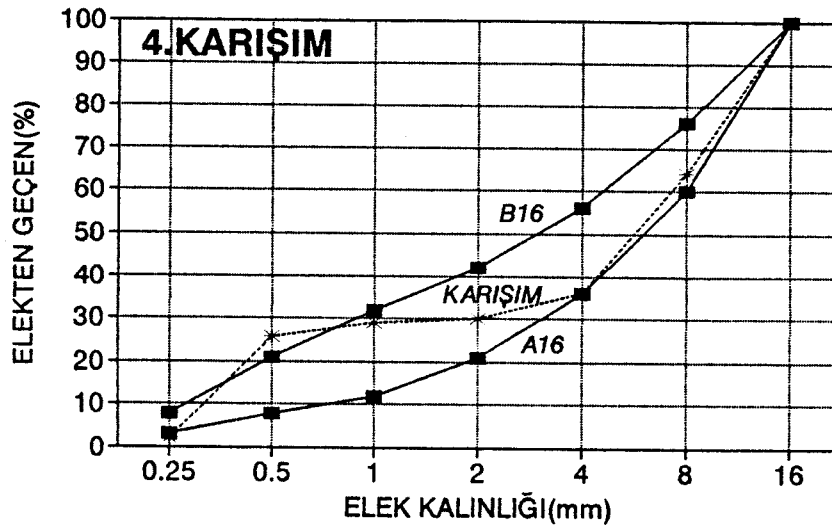
Şekil 2.3. D=8 mm İçin Referans Bölgeleri ve 1. Karışım Eğrisi



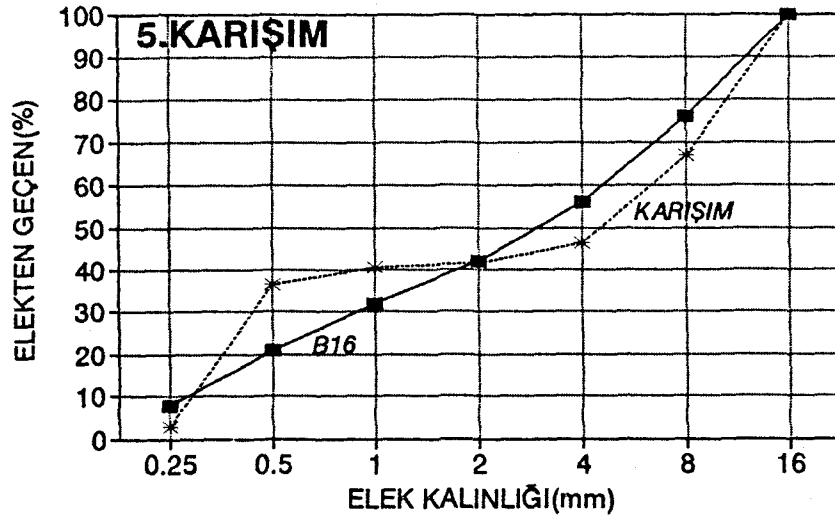
Şekil 2.4. D=8 mm İçin Referans Bölgeleri ve 2. Karışım Eğrisi



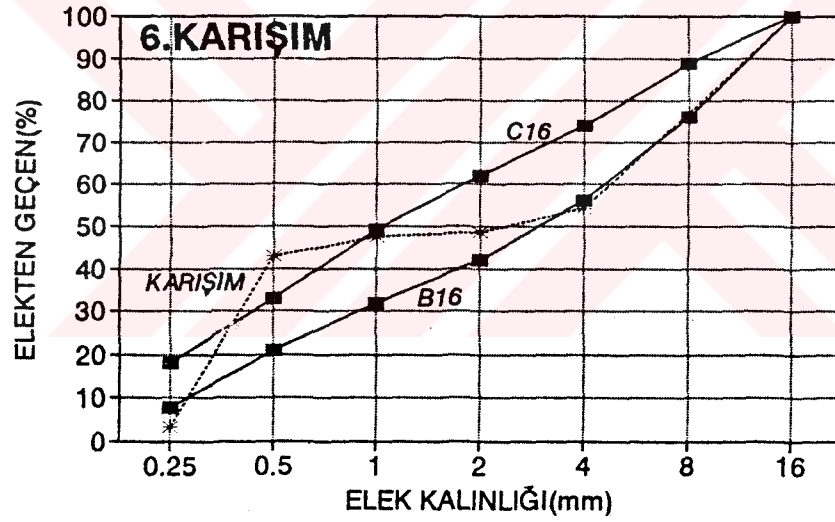
Şekil 2.5. D=8 mm İçin Referans Bölgeleri ve 3. Karışım Eğrisi



Şekil 2.6. D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 4. Karışım Eğrisi



Şekil 2.7. D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 2. Karışım Eğrisi



Şekil 2.8. D=16 mm İçin Referans Bölgeleri ve 3. Karışım Eğrisi

2.2.3. Üretim Karıştırma ve Yerleştirme

Bütün betonlar 55 lt kapasiteli, düşey eksenli cebri karıştırıcılı malaksorde üretilmiştir. Beton üretiminde kullanılacak agrega, çimento ve kum betoniyein içine konulup yaklaşık 1 dakika karıştırılmıştır, daha sonra su ilave edilerek 2 dakika daha karıştırılmıştır.

Taze beton deneyleri yapıldıktan sonra (çökme, VeBe ve birim ağırlık) 7x7x7, 15x15x15 ve 20x20x20 cm'lik çelik kalıplara yerleştirilip vibrasyon uygulanmıştır.

2.2.4. Numune Tipi ve Sayısı, Saklama Koşulları

Her karışımdan 4 adet 20x20x20 cm'lik ve 5'er adet 15x15x15 cm ile 7x7x7 cm'lik küp numuneler hazırlanmıştır.

Numuneler 1 gün kalıpta tutulduktan sonra, kalıplardan alınmış ve 1 hafta ıslak çuval altında saklanmıştır. Daha sonra 28. güne kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Üretilen numuneler üzerinde 28. gün sonunda önce ultrases deneyleri yapılarak ultrases hızları saptanmıştır. Bu deneylerden sonra numunelerin basınç mukavemeti değerleri ölçülmüştür.

2.2.5. Taze Beton Deneyleri

2.2.5.1. Birim Ağırlık Deneyi

20x20x20 cm'lik kalıbın darası alınmıştır (W_d). Beton kalıba doldurulup vibrasyon uygulanmıştır. Beton yüzeyi düzeltilerek kalıbın üst seviyesine getirilmiştir. Tartım yapılarak W bulunmuştur.

$$W_b = \frac{W - W_d}{V_k} \dots\dots\dots (2.1)$$

W_k : ölçü kalıbının hacmidir.

2.2.5.2. Çökme Deneyi

Üst çapı 10 cm, alt çapı 20 cm ve yüksekliği 30 cm olan Abrams konisi, yüksekliği eşit 3 tabaka halinde doldurulmuş, her tabaka 25 kez şişlenmiştir. Daha sonra beton sarsılmadan koni çekilmiş ve betonun çökme miktarı ölçülmüştür (cm).

2.2.5.3. VeBe Deneyi

Çökme deneyindeki beton üzerinde klavuzlanmış disk yerleştirilmiştir. Vibrasyon masası çalıştırılarak beton iyice yerleşinceye, yani diskin tam oturuncaya kadar geçen süre kronometre ile ölçülmüştür (sn).

Taze beton deneyi sonuçları Tablo 2.3'de verilmiştir.

2.2.6. Numune İçinde Ultra Ses Hızının Tayini

Küp şeklindeki beton numunesinin bir yüzündeki önceden saptanmış orta noktasına ultrases üreten bir verici prob ve diğer tarafında malzeme içinden geçen ses dalgalarını toplayan bir alıcı yerleşmiştir. Alıcı prob tarafından alınan ses dalgaları bir osilografa iletilerek sesin A dan B ye ulaşması için geçen zaman mikrosaniye (10^{-6} sn) cinsinden tayin edilmiştir.

Verici ve alıcı, malzemeye temas ettirilirken herhangi bir boşluğun bulunmasını önlemek için ysg tabakası sürülmüştür.

Tablo 2.3. Üretilen Betonların Bileşimleri ve Taze Haldeki Özellikleri,

NO	Referans Egrisi	Nominal Dozaj	E/c	Gerçek Miktarlar				E	Hava Vh	Kompasite	Çökme	VeBe	Birim Ağırlık
				Çimento	W _{KCT1}	W _{KCT2}	W _{KCT3}						
	T.S 706	kg		kg	kg	kg	kg	lt	dm3	m3/m3	cm	sn	kg/dm3
1	A8-B8	400	0.45	395	1059	-	688	178	32	0.79	0.3	10	2.310
2	"	"	0.5	401	1043	-	678	201	18	0.789	1	8	2.323
3	"	"	0.55	404	1019	-	662	222	10	0.768	2	6	2.300
4	"	"	0.6	399	990	-	643	240	12	0.748	7.5	3	2.270
5	"	"	0.65	404	967	-	628	263	1	0.736	15	1.3	2.262
6	B8	"	0.45	394	873	-	851	177	40.6	0.782	0.25	10.5	2.295
7	"	"	0.5	395	857	-	835	198	31.6	0.771	0.6	9.5	2.285
8	"	"	0.55	401	835	-	814	221	23	0.767	2	5	2.270
9	"	"	0.6	401	815	-	795	241	16.7	0.743	3.5	2.5	2.253
10	"	"	0.65	404	801	-	780	263	5	0.732	14	1	2.248
11	B8-C8	"	0.45	411	723	-	1058	185	3.6	0.812	0.4	10.6	2.188
12	"	"	0.5	380	675	-	986	190	54.4	0.755	1	9.5	2.231
13	"	"	0.55	394	651	-	951	217	45.3	0.738	2	4.5	2.213
14	"	"	0.6	400	640	-	935	240	29.8	0.73	3	4	2.215
15	"	"	0.65	404	630	-	921	263	15	0.723	8.5	1.8	2.218
16	A16-B16	"	0.5	403	815	354	487	242	3	0.755	0.75	9.5	2.346
17	"	"	0.55	400	835	362	499	220	11	0.769	7	2.3	2.315
18	"	"	0.6	399	860	373	514	200	13	0.788	15	1.5	2.301
19	"	"	0.65	405	791	344	473	263	1	0.738	16	0.5	2.276
20	"	"	0.7	399	760	330	454	279	9	0.712	-	-	2.222
21	B16	"	0.5	400	617	399	731	200	10	0.79	1	7	2.348
22	"	"	0.55	407	638	413	599	235	3	0.762	4.5	4	2.313

Tablo 2.3'ün devamı

NO	Referans Egrisi	Nominal Dozaj	E/c	Gerçek Miktarlar				E	Hava Vh	Komposite	Çökme	VeBe	Birim Ağırlık
				Çimento	W _{K1}	W _{K2}	W _{K3}						
	T.S 706	kg		kg	kg	kg	kg	lt	dm3	m3/m3	cm	sn	kg/dm3
23	"	"	0.6	398	581	376	689	239	10	0.752	12.5	2	2.283
24	"	"	0.65	401	565	366	670	260	4	0.736	15	0.5	2.263
25	"	400	0.7	401	547	354	649	281	3	0.717	-	-	2.233
26	B16-C16	"	0.5	392	687	174	837	195	35	0.77	0.5	9	2.283
27	"	"	0.55	398	667	169	812	218	28	0.754	2.5	4	2.263
28	"	"	0.6	399	652	165	795	239	20	0.741	7	2	2.249
29	"	"	0.65	407	646	163	786	265	1	0.738	-	-	2.266
30	"	"	0.7	404	618	156	753	283	6	0.712	-	-	2.214

2.2.7. Numunelerin Basınç Dayanmalarının Tayini

Tablalı prese konulan numuneler kırıldığı anda okunan değer, numunenin pres yüzeyleri ile temas eden yüzey alanına bölünerek basınç dayanımı saptanmıştır.

Pres tabakalarının, numune yüzeyine tam olarak oturmasına ve bunun yanısıra yükleme hızının tüm numuneler için aynı alınmasına dikkat edilmiştir.

Basınç dayanımları ve ultrases hızları Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4. Ultrases Hızları ve Basınç Dayanımları

NO	E/c	Referans Eğrisi	Numune Boyutları (cm)	Ultrases Hızı (km/sn)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
1	0.45	A8-B8	7x7x7	4.721	23.934
			15x15x15	4.407	26.144
			20x20x20	4.271	23.245
2	0.5	"	7x7x7	4.712	31.924
			15x15x15	4.434	28.21
			20x20x20	4.27	26.308
3	0.55	"	7x7x7	4.635	32.875
			15x15x15	4.314	29.444
			20x20x20	4.298	27.706
4	0.6	"	7x7x7	4.43	25.834
			15x15x15	4.16	23.576
			20x20x20	3.994	22.473
5	0.65	"	7x7x7	4.371	21.549
			15x15x15	4.025	20.566
			20x20x20 (cm)	3.871 (km/sn)	19.746 (N/mm ²)
6	0.45	B8	7x7x7	4.581	28.892
			15x15x15	4.368	29.076
			20x20x20	4.23	27.768
7	0.5	A8-B8	7x7x7	4.585	29.987
			15x15x15	4.279	27.861
			20x20x20	4.149	25.747

Tablo 2.4'ün Devamı

NO	E/c	Referans Eğrisi	Mumune Boyutları (cm)	Ultrases Hızı (km/sn)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
8	0.55	A8-B8	7x7x7	4.365	25.953
			15x15x15	4.164	24.957
			20x20x20	4.201	24.368
9	0.6	B8	7x7x7	4.303	27.309
			15x15x15	4.086	23.424
			20x20x20	4.23	20.051
10	0.65	"	7x7x7	4.211	20.818
			15x15x15	3.969	19.458
			20x20x20	3.772	17.875
11	0.45	B8-C8	7x7x7	4.404	21.474
			15x15x15	4.247	24.423
			20x20x20	4.148	22.781
12	0.5	B8-C8	7x7x7	4.385	27.12
			15x15x15	4.232	24.202
			20x20x20	4.36	23.191
13	0.55	"	7x7x7	4.287	24.276
			15x15x15	4.044	21.164
			20x20x20	3.885	19.606
14	0.6	"	7x7x7	4.213	23.355
			15x15x15	4.071	19.621
			20x20x20	3.882	17.387
15	0.65	"	7x7x7	4.23	23.122
			15x15x1	4.025	20.706
			20x20x20	4.892	19.411

Tablo 2.4'ün Devamı

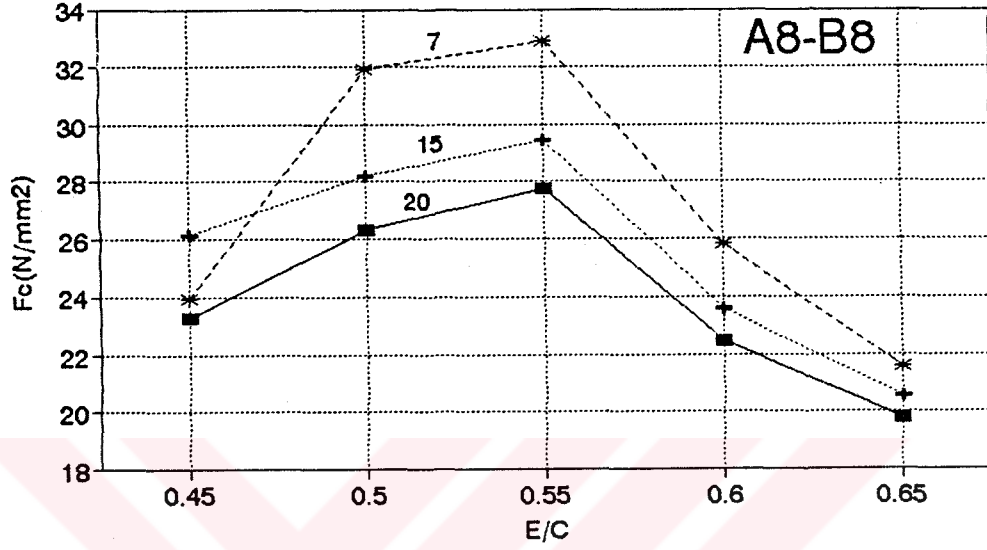
NO	E/c	Referans Egrisi	Numune Boyutları (cm)	Ultrases Hızı (km/sn)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
16	0.5	A16-B16	7x7x7	4.777	31.13
			15x15x15	4.428	26.652
			20x20x20	4.3	24.71
17	0.55	A16-16	7x7x7	4.705	29.493
			15x15x15	4.353	25.534
			20x20x20	4.334	25.684
18	0.6	"	7x7x7	4.603	23.251
			15x15x15	4.181	20.255
			20x20x20	4.009	19.113
19	0.65	"	7x7x7	4.355	20.767
			15x15x15	4.100	18.269
			20x20x20	3.874	17.346
20	0.7	"	7x7x7	4.32	15.123
			15x15x15	3.777	14.308
			20x20x20	3.699	13.682
21	0.5	B16	7x7x7	4.845	30.859
			15x15x15	4.373	26.766
			20x20x20	4.358	25.881
22	0.55	"	7x7x7	4.567	26.21
			15x15x15	4.277	21.377
			20x20x20	4.18	20.324
23	0.6	B16	7x7x7	4.507	24.199
			15x15x15	4.14	20.628
			20x20x20	3.991	18.9

Tablo 2.4'ün Devamı

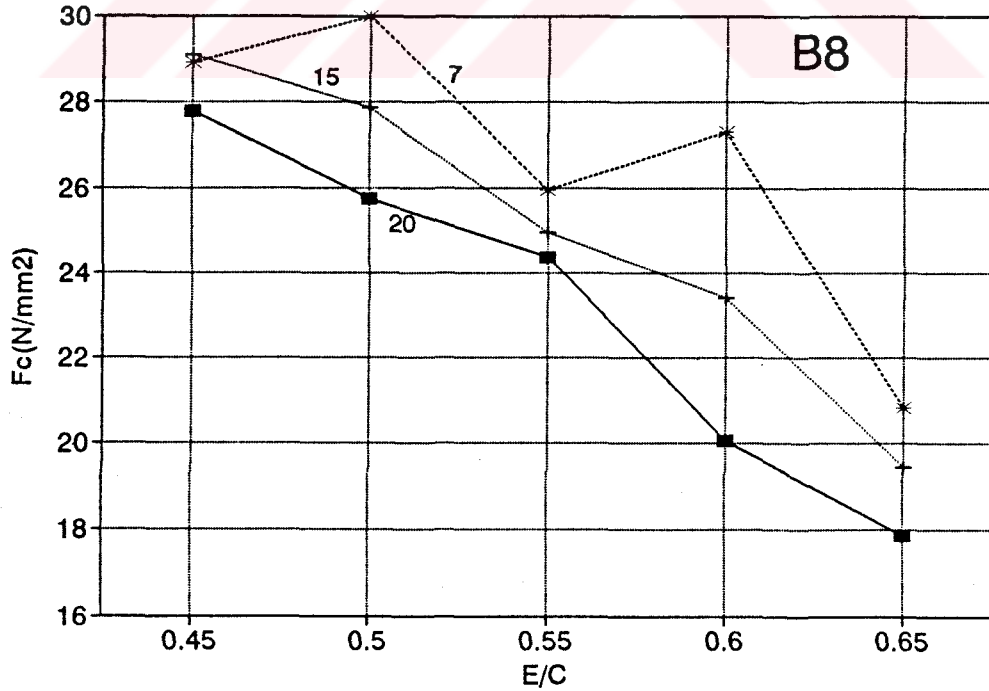
NO	E/c	Referans Eğrisi	Namune Boyutları (cm)	Ultrases Hızı (km/sn)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
24	0.65	▪	7x7x7	4.517	19.196
			15x15x15	4.064	17.378
			20x20x20	3.881	16.865
25	0.7	B16	7x7x7	4.389	21.064
			15x15x15	4.035	19.18
			20x20x20	3.864	17.531
26	0.5	B16-C16	7x7x7	4.58	27.767
			15x15x15	4.287	25.168
			20x20x20	4.118	23.069
27	0.55	▪	7x7x7	4.393	27.019
			15x15x15	4.066	22.879
			20x20x20	3.956	21.301
28	0.6	▪	7x7x7	4.425	24.177
			15x15x15	4.077	19.928
			20x20x20	3.912	18.227
29	0.65	▪	7x7x7	4.175	19.233
			15x15x15	3.85	18.821
			20x20x20	3.801	18.589
30	0.7	▪	7x7x7	4.243	18.803
			15x15x15	3.941	18.467
			20x20x20	3.87	17.631

BÖLÜM 3. DENEYSEL SONUÇLAR

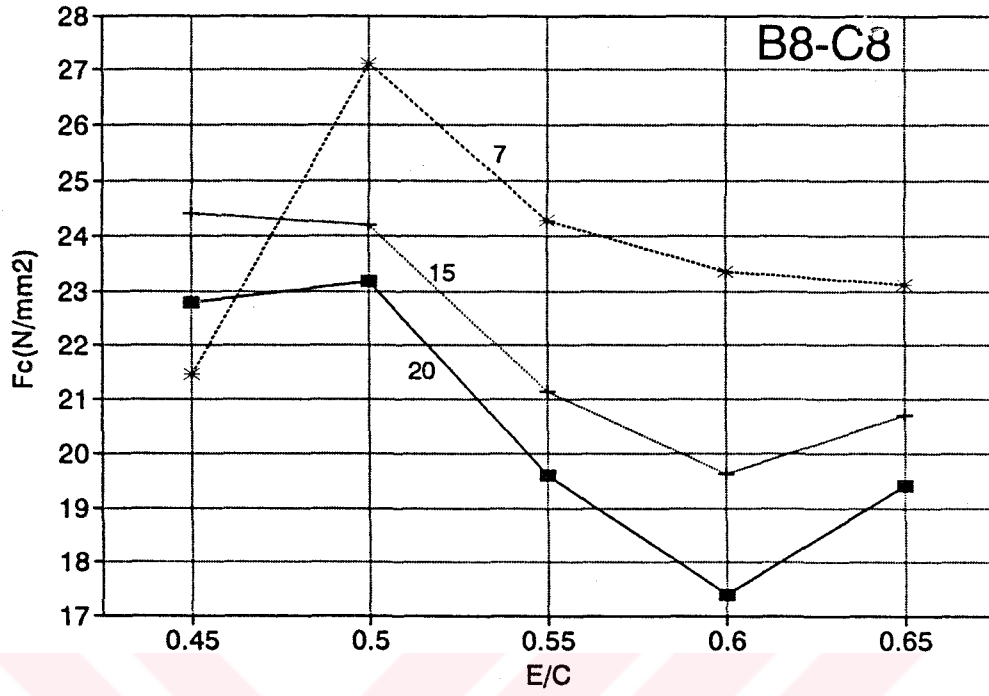
Bu çalışmadaki deneysel sonuçlar iki grup altında toplandı. İki grupta deneylerden elde edilen değerler grafikler yardımı ile incelenmiş ve sonuçların daha iyi görülmesi sağlanmıştır. İkinci bölümde ise deney sonuçları yardımıyla çeşitli bağıntılar kurulmuş ve bu bağıntıların sabitleri ile korelasyon katsayıları hesaplanarak, güvenilirlikleride belirlenmiştir. Deney sonuçlarını gösteren grafikler on ana kısım altında toplanabilir. İlk kısımda (sf 32, 33, 34) agrega granülometrisi sabit olmak üzere basınç dayanımı ve su/çimento oranı karşılaştırılmıştır. İkinci grup grafiklerde (sf 35, 36, 37) numune boyutları aynı tutularak basınç dayanımı ve su/çimento oranlarının değişimi gösterilmektedir. Üçüncü kısımda (sf 37, 38, 39) ise yine agrega granülometrisi için ultrases hızları ile su/çimento oranı ilişkisi incelenmiştir. Dördüncü grup grafikler (sf 40, 41, 42) numune boyutları sabit olmak üzere, ultrases hızları ile su/çimento oranının dağılımını göstermektedir. Granülometrisi değiştirilmeden basınç dayanımı ile ultrases hızı arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler (sf 43, 44, 45) beşinci kısmı oluşturmaktadır. Altıncı kısımda (sf 46, 47, 48) ise numune boyutları sabit alınmış ve basınç dayanımı ile ultrases hızı ilişkisi grafiğe dökülmüştür. Numune boyutları değiştirilmeden, max. tane çapı farklı granülometrisi basınç dayanımı ve su/çimento oranı yedinci bölümde (sf 49, 50, 51, 52, 53, 54) ve ultrases hızı-su/çimento oranı ilişkisi ise sekizinci grup grafiklerde (sf 54, 55, 56, 57, 58, 59) gösterilmiştir. Dokuzuncu kısımda (sf 59, 60, 61) su/çimento oranı değiştirilmeden basınç dayanımı L/D ilişkisi incelenmiş ve regresyon analizi yapılmıştır. Aynı şekilde onuncu kısımda (sf 62, 63, 64) ise ultrases hızı ile L/D oranı ilişkisi grafikte gösterilmiş ve korelasyon katsayısı ile bağıntılar grafikler üzerinde yazılmıştır.



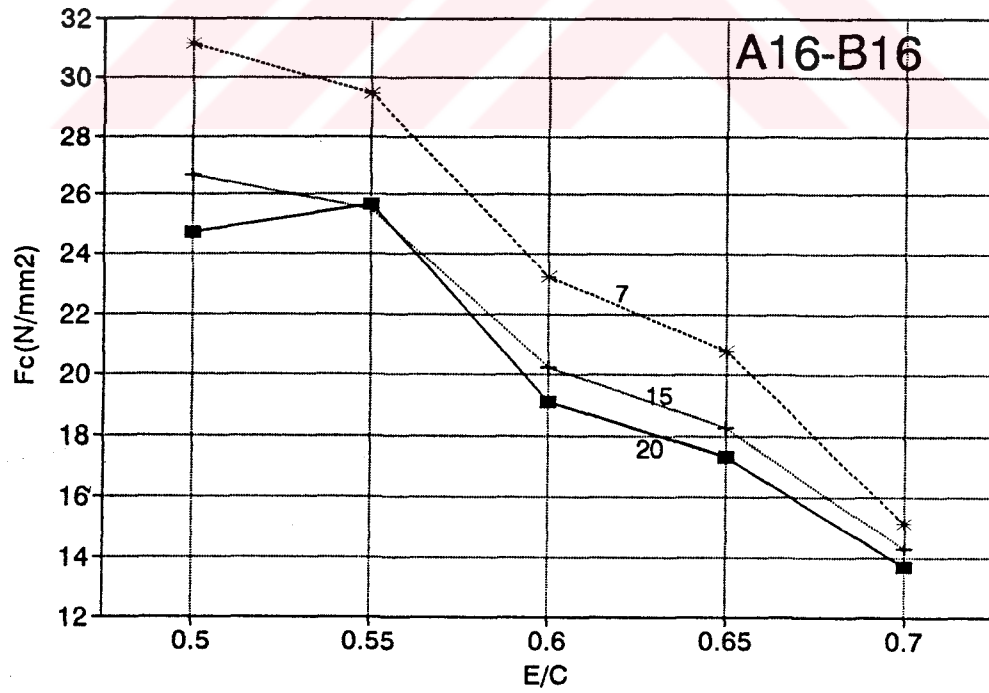
Şekil 3.1. A8-B8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



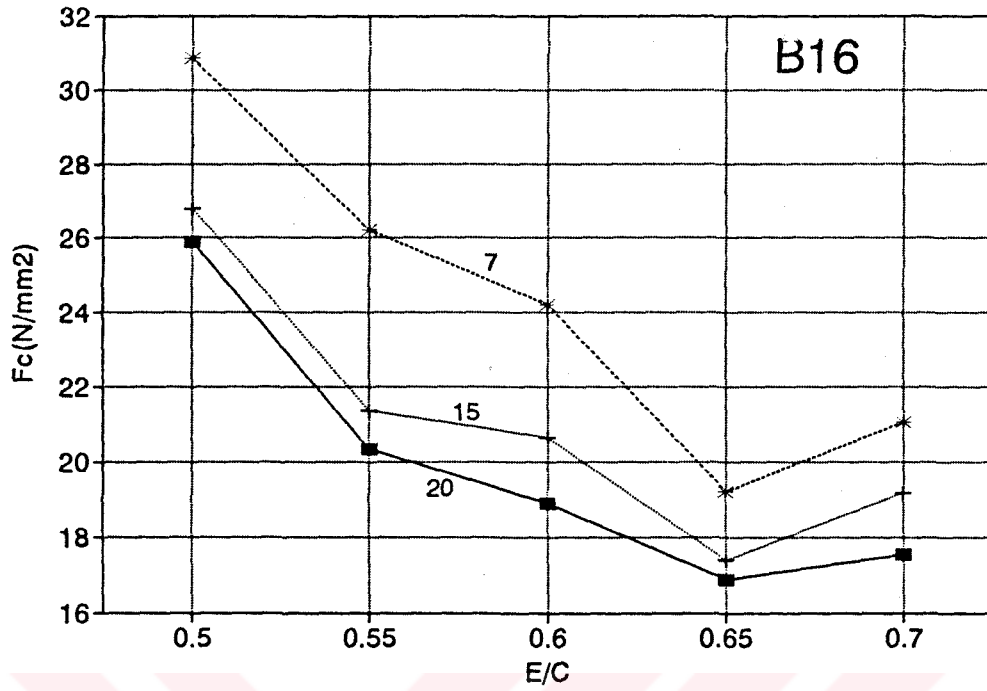
Şekil 3.2. B8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



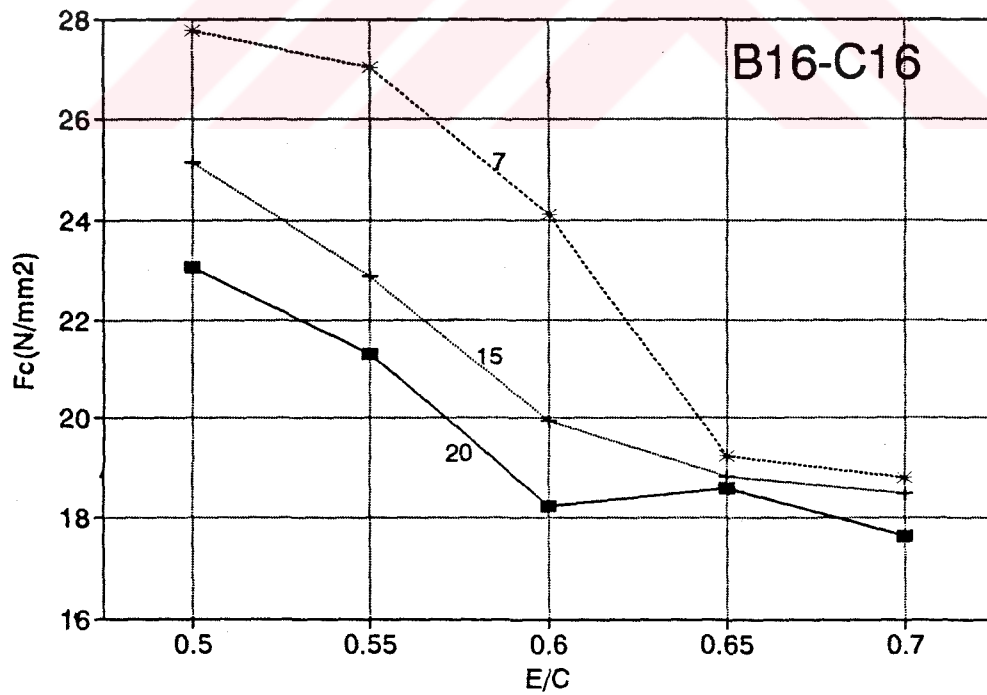
Şekil 3.3. B8-C8 Granülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numu-
nelerin Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına
Göre Değişimi.



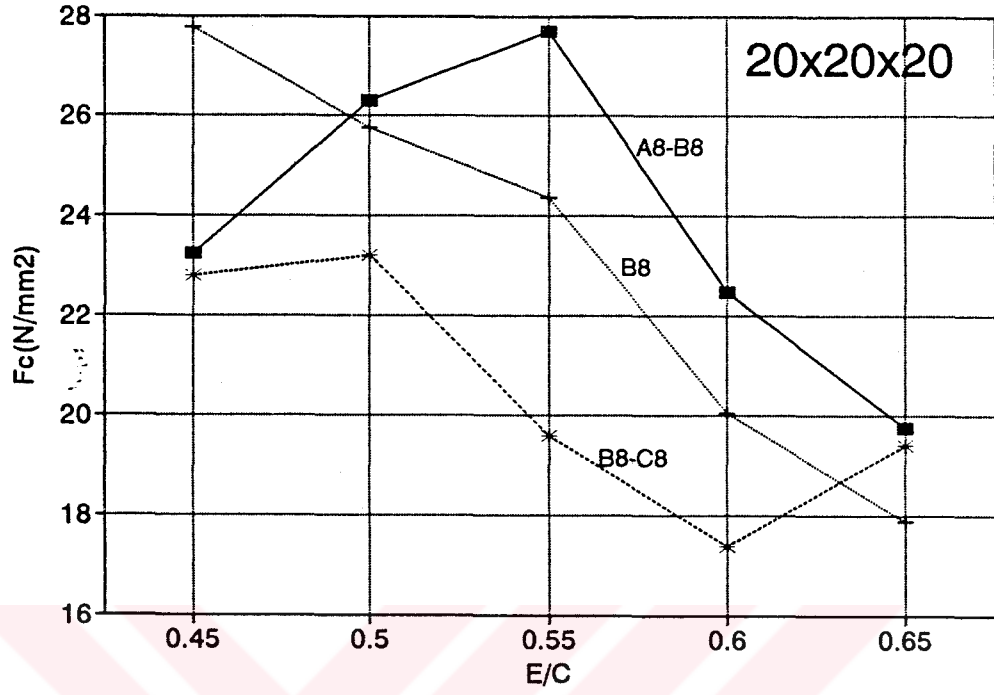
Şekil 3.4. A16-B16 Granülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numu-
nelerin Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına
Göre Değişimi.



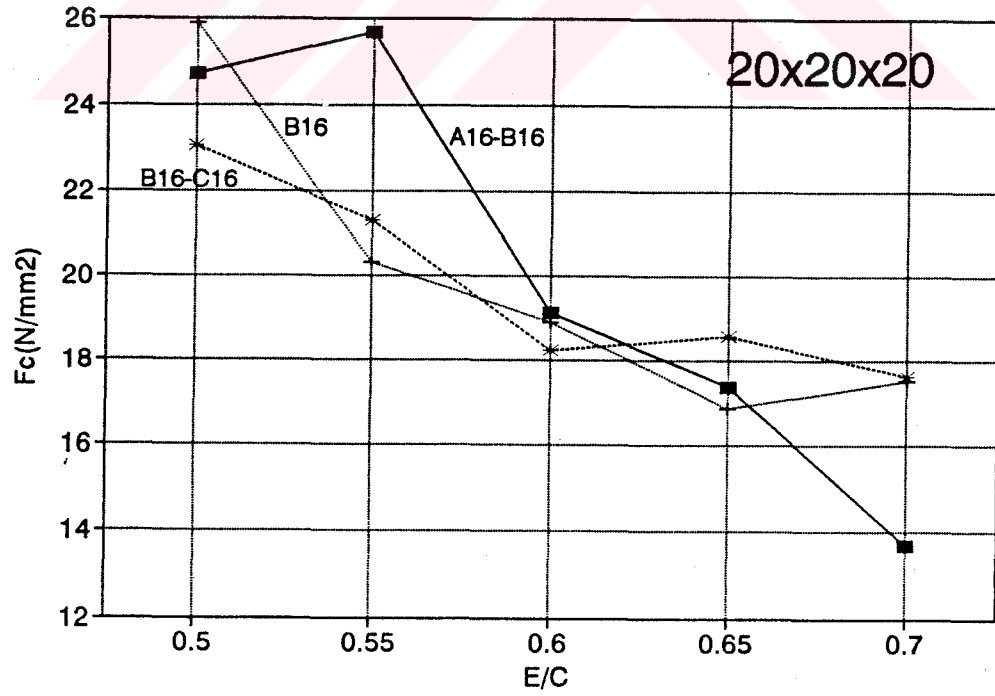
Şekil 3.5. A16-B16 Granülometrisi ve Uç Boyuttaki Numuneler İçin Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



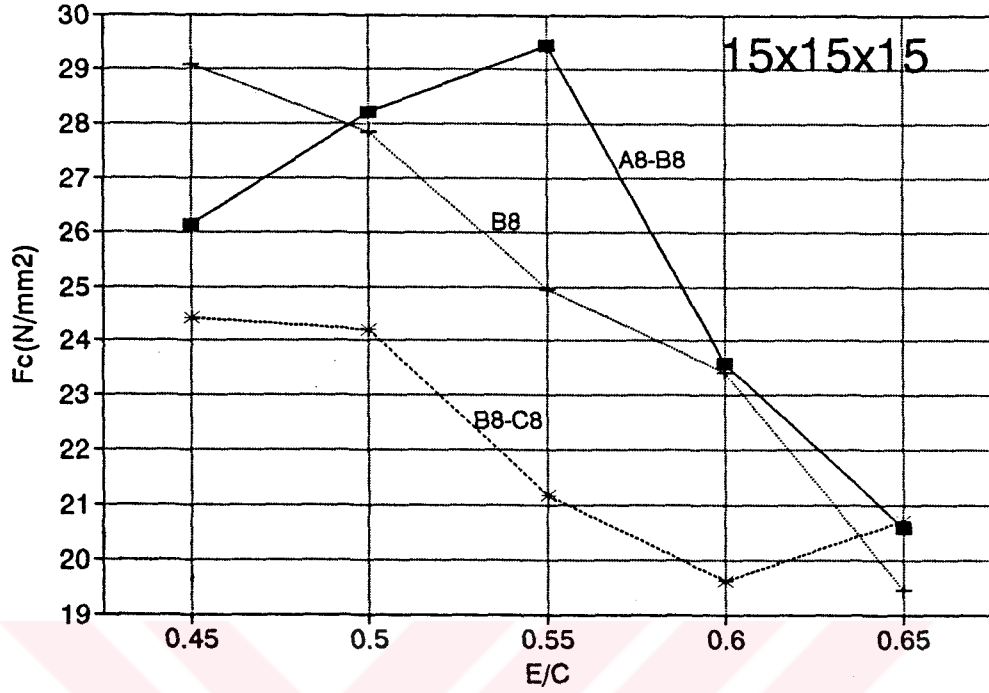
Şekil 3.6. B16-C16 Grönülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numunelerin Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



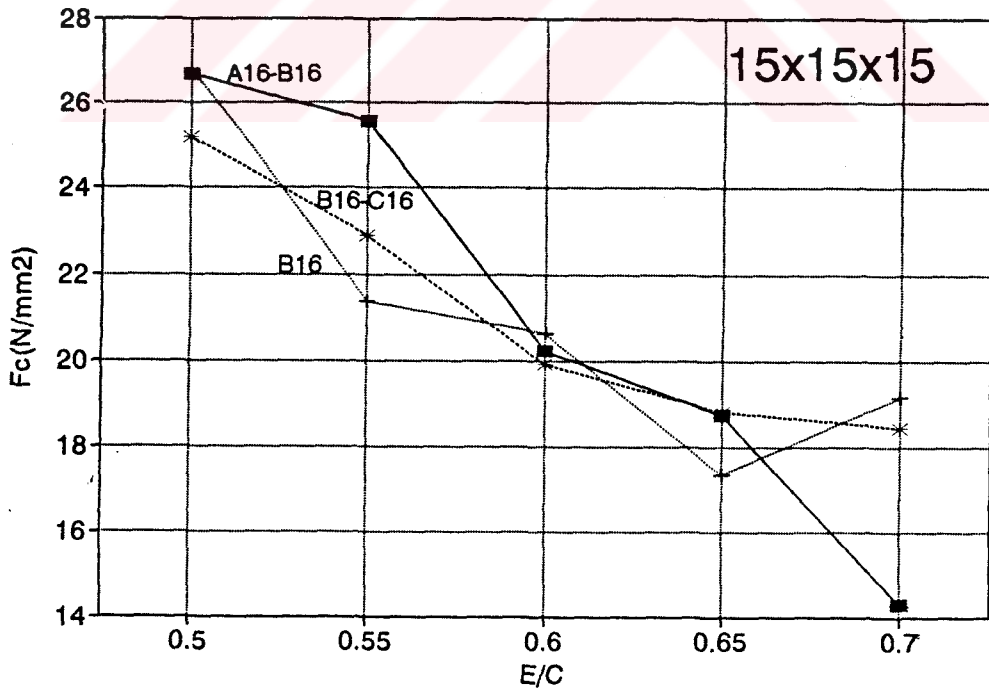
Şekil 3.7. 20x20x20 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



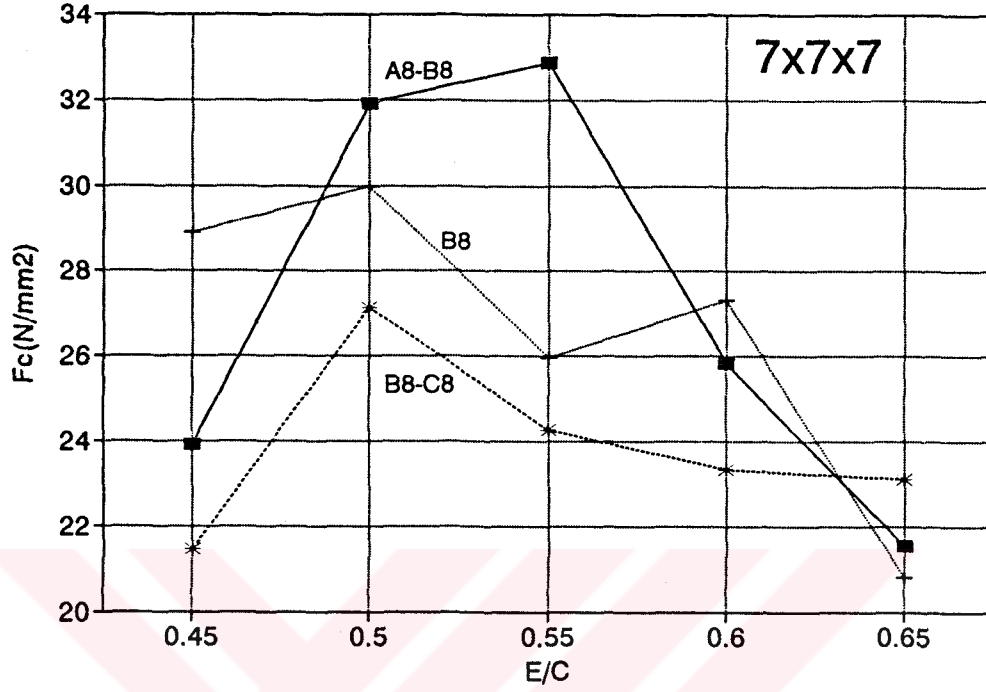
Şekil 3.8. 20x20x20 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



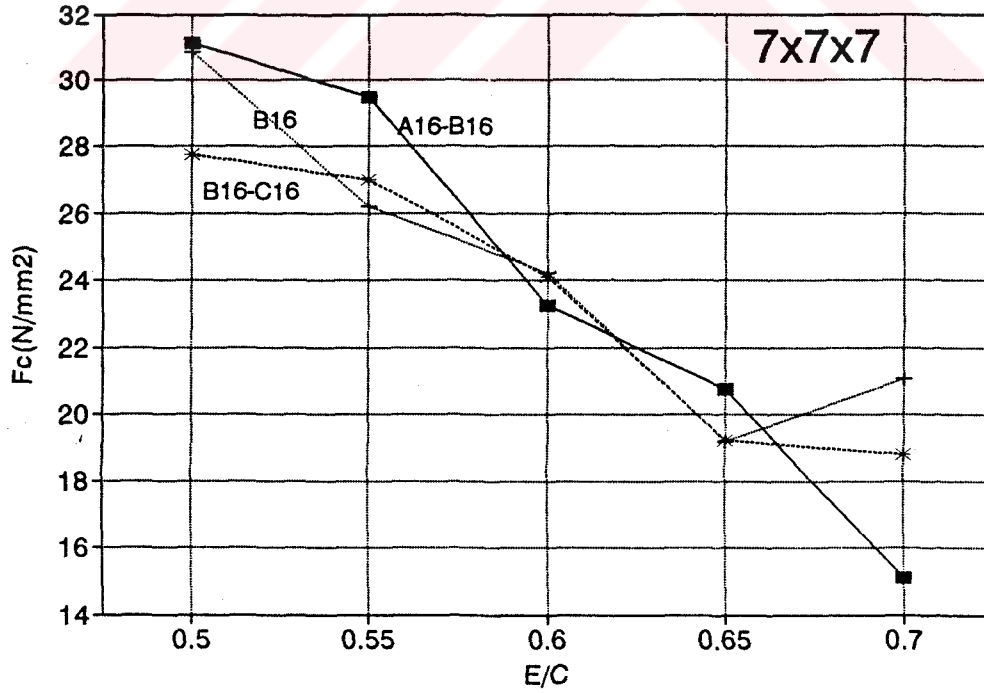
Şekil 3.9. 15x15x15 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometreler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



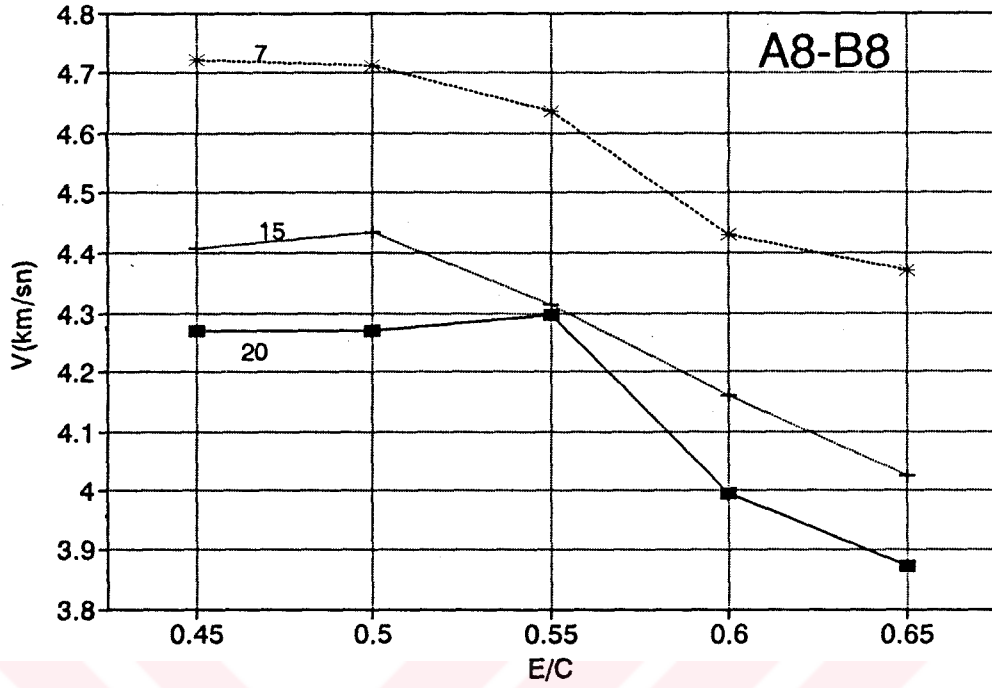
Şekil 3.10. 15x15x15cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometreler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



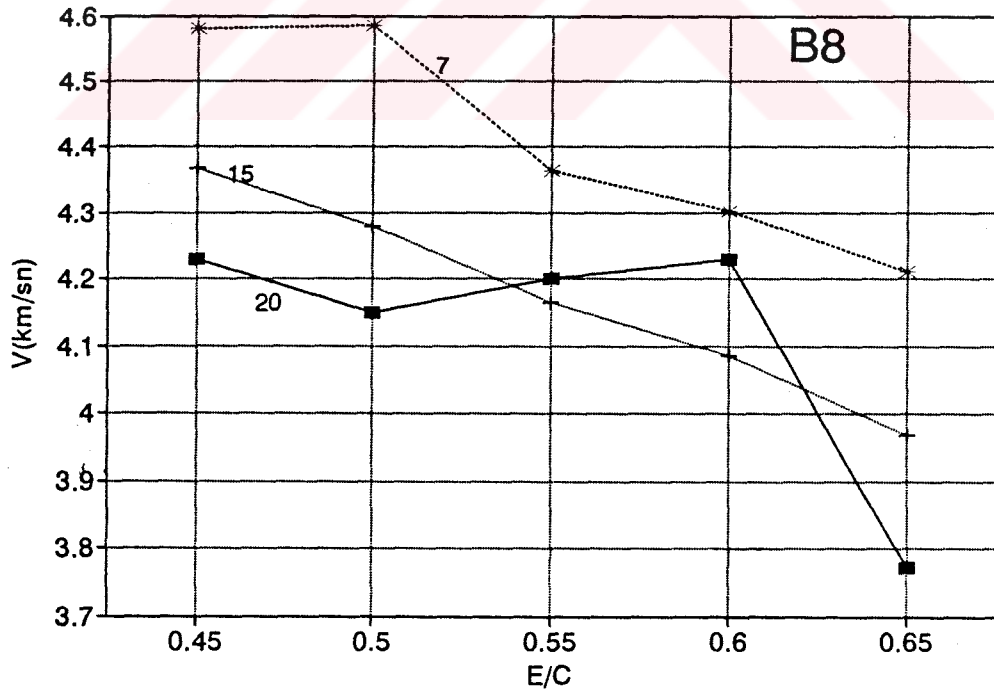
Şekil 3.11. 7x7x7 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



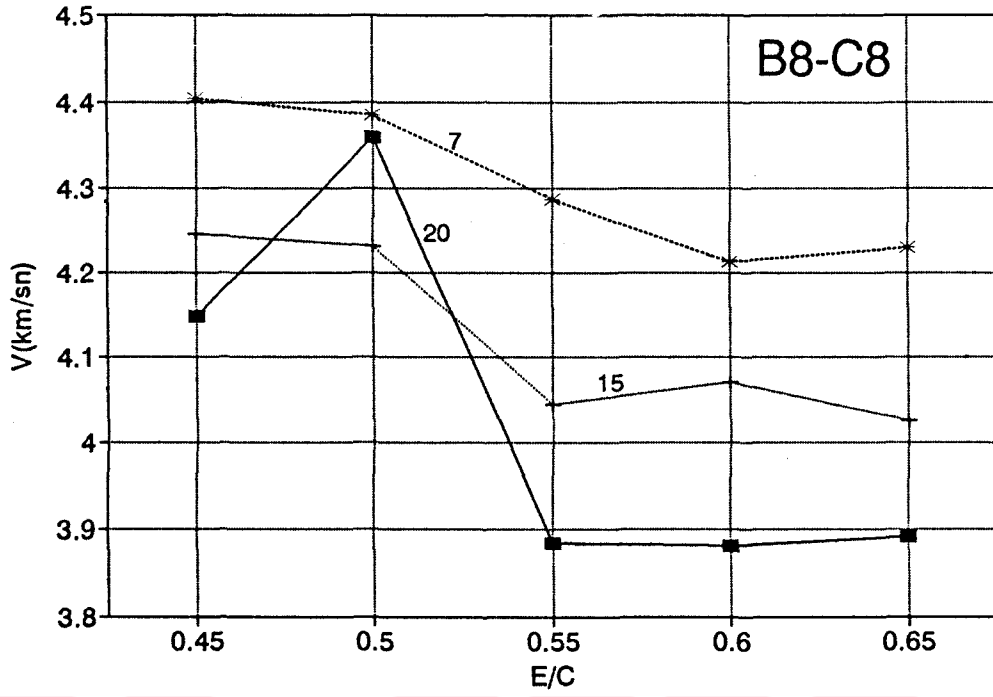
Şekil 3.12. 7x7x7 cm'lik Küp Numunelerin Değişen Granülometriler İçin, Basınç Dayanımlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



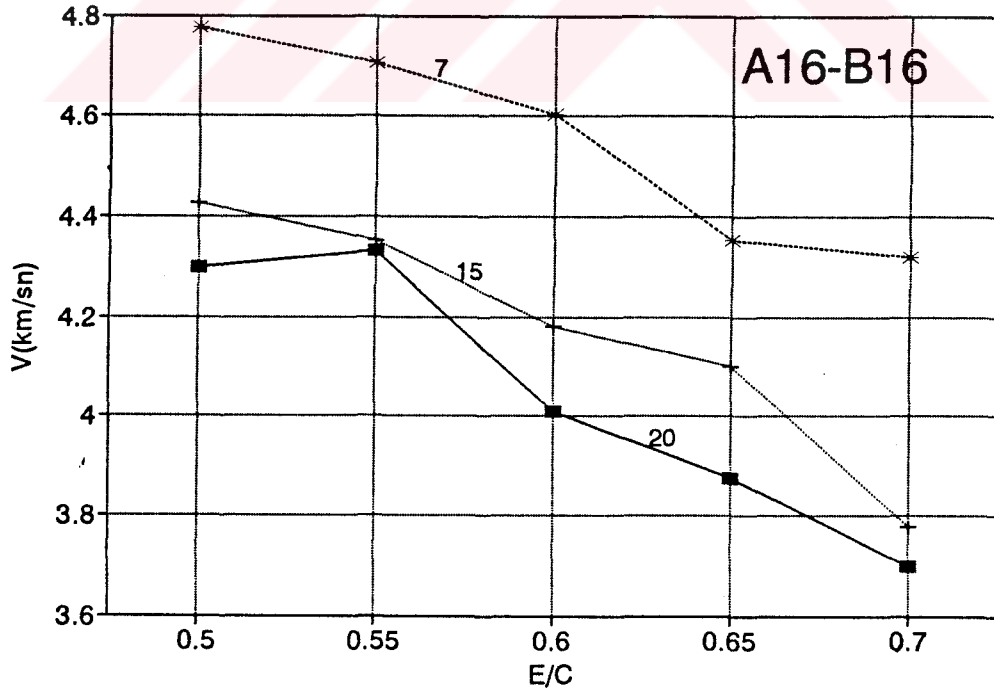
Şekil 3.13. A8-B8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



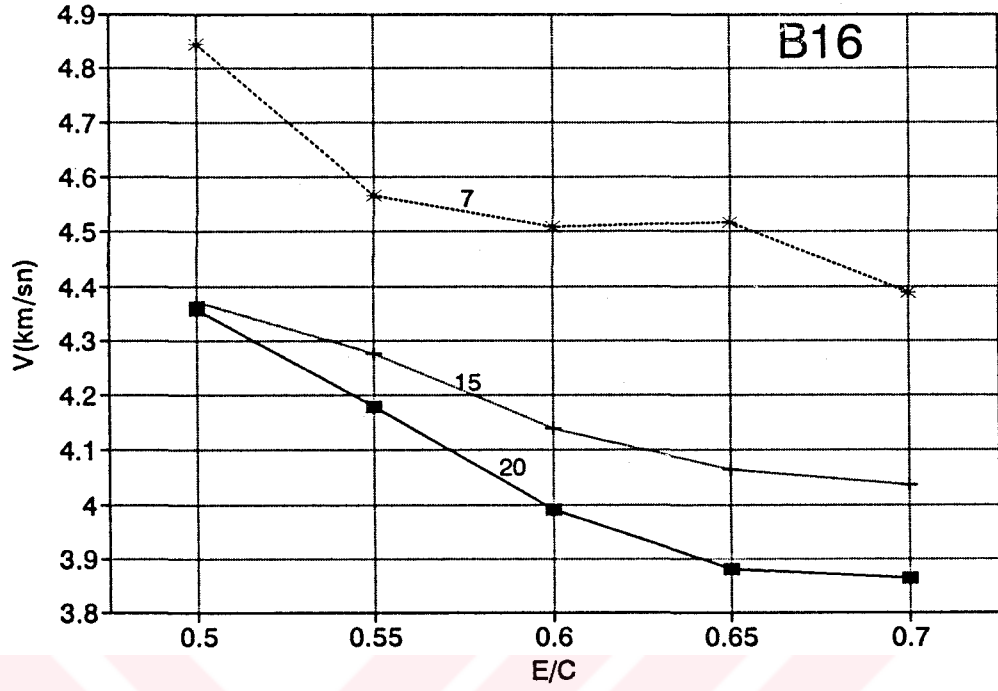
Şekil 3.14. B8 Granülometrisi İçin, Üç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



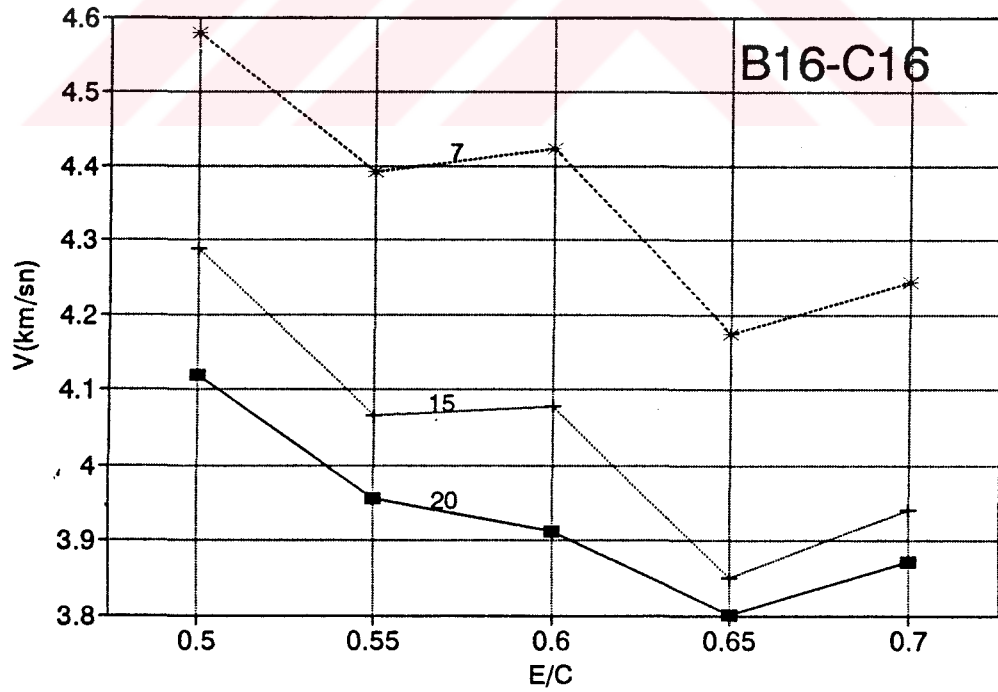
Şekil 3.15. B8-C8 Granülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



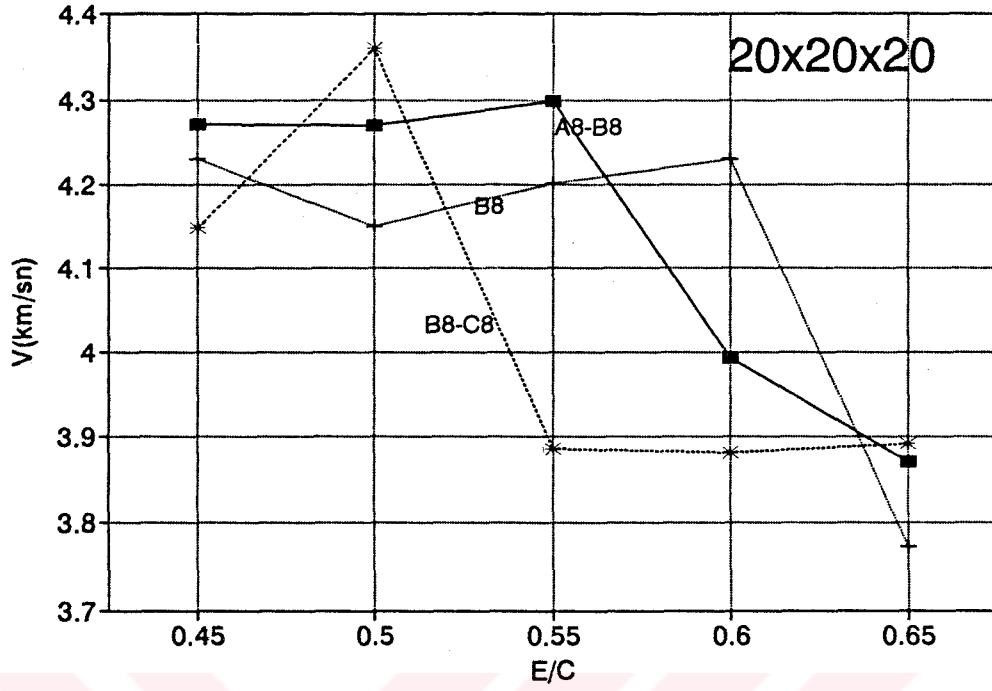
Şekil 3.16. A16-B16 Granülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



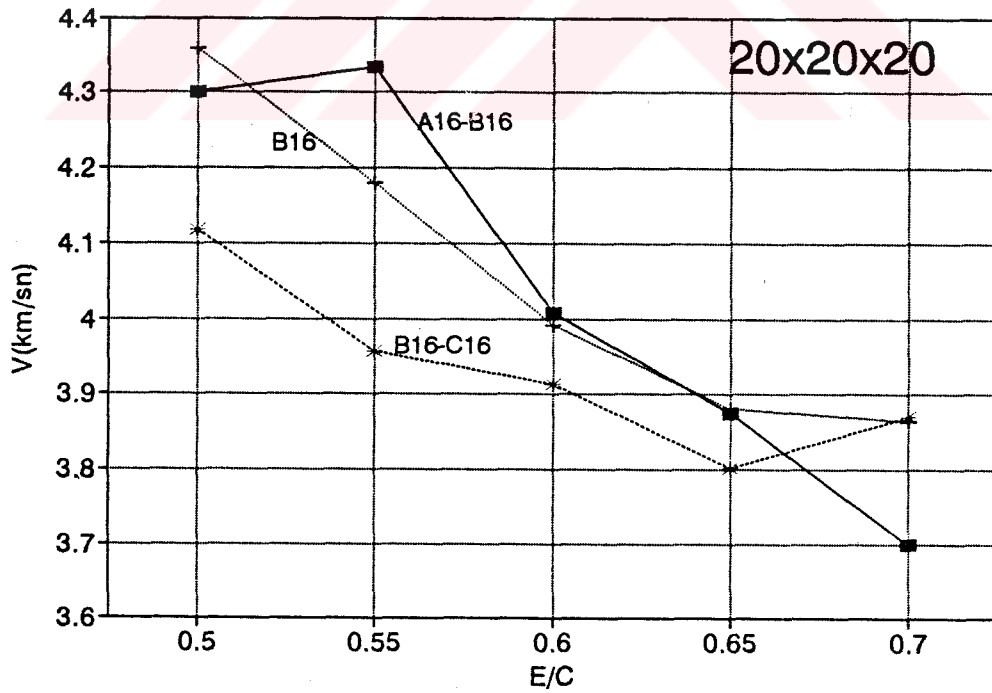
Şekil 3.17. B16 Granülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



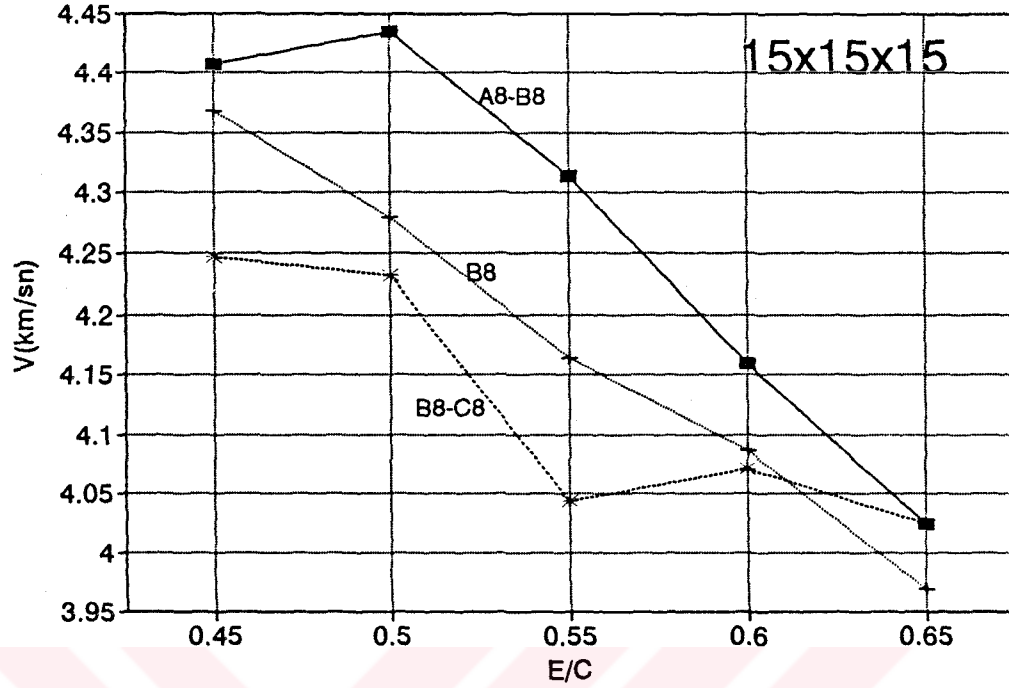
Şekil 3.18. B16-C16 Granülometrisi İçin, Uç Boyuttaki Numunelerin Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



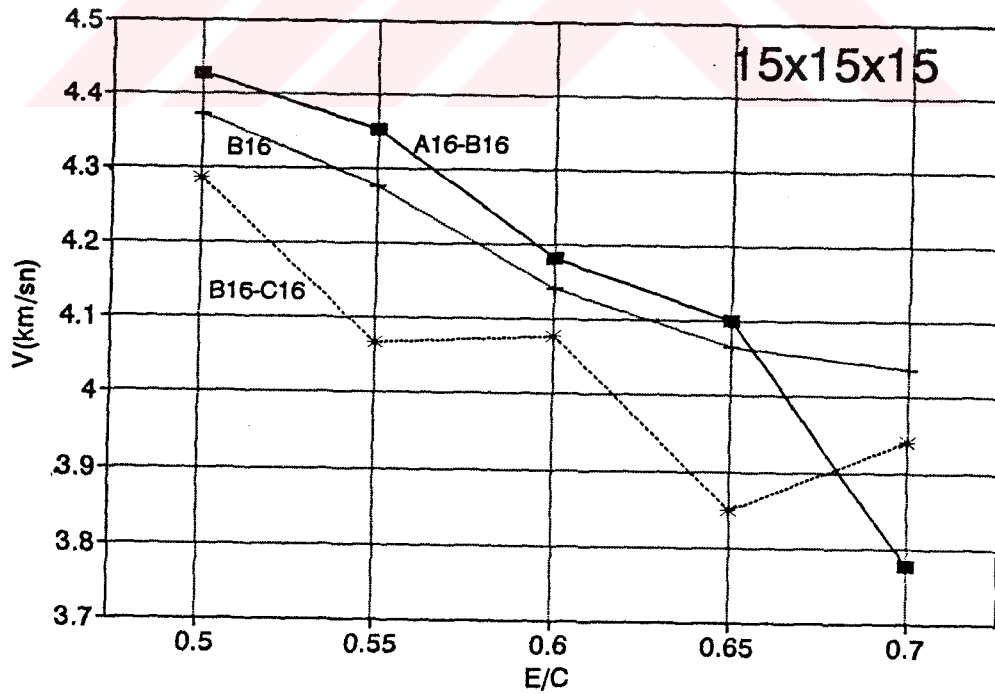
Şekil 3.19. 20x20x20 cm'lik Numuneler İçin Değişen Granülometrilere Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



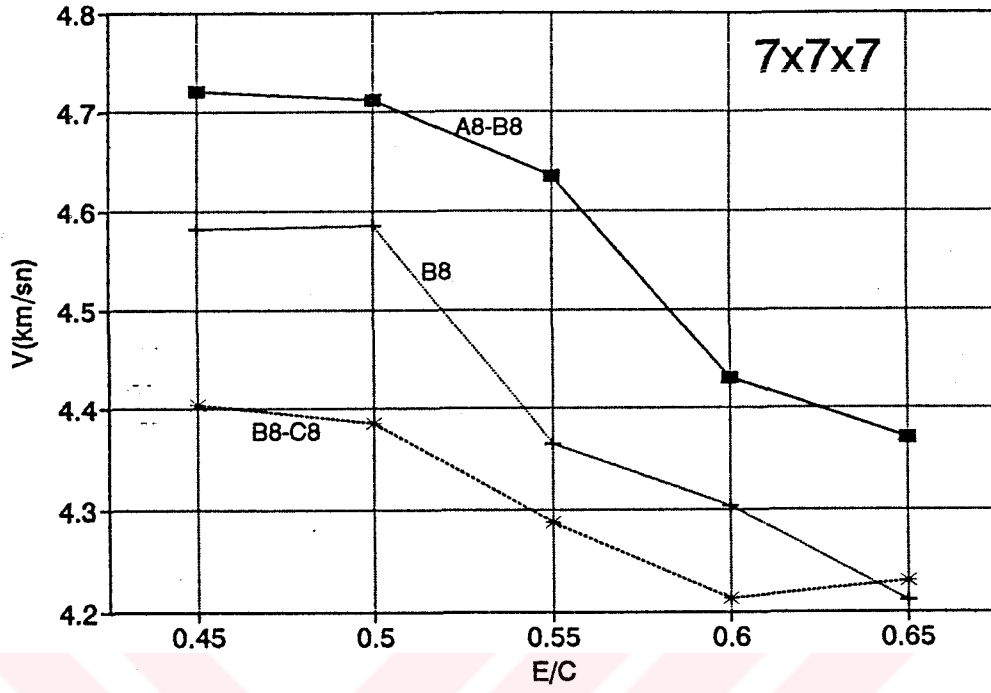
Şekil 3.20. 20x20x20 cm'lik Numuneler İçin, Değişen Granülometrilere Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



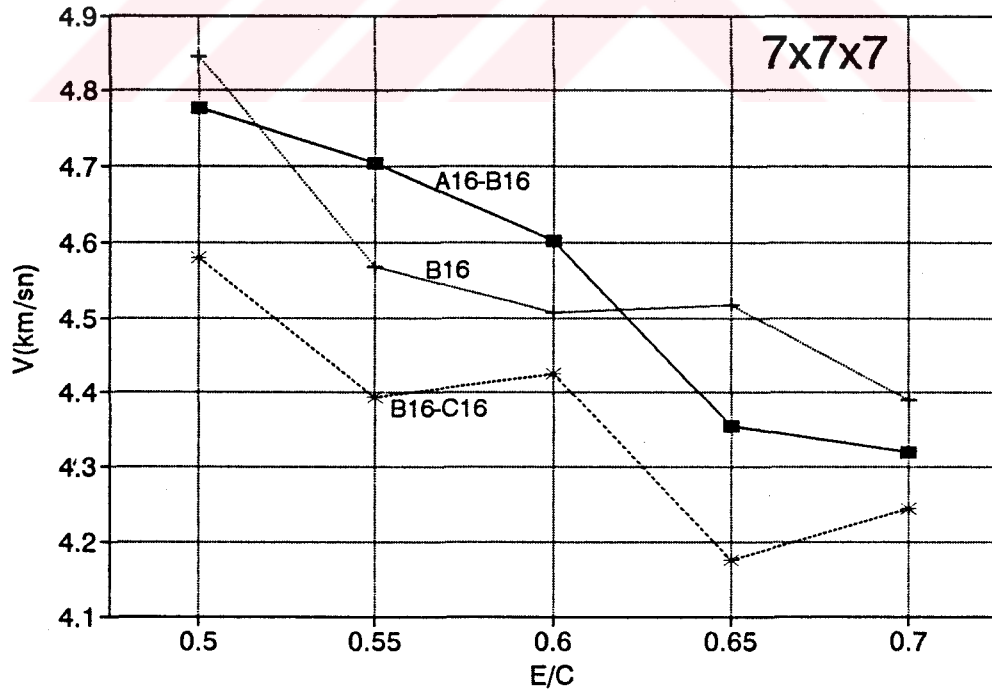
Şekil 3.21. 15x15x15 cm'lik Numuneler İçin Değişen Granülometrilere Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



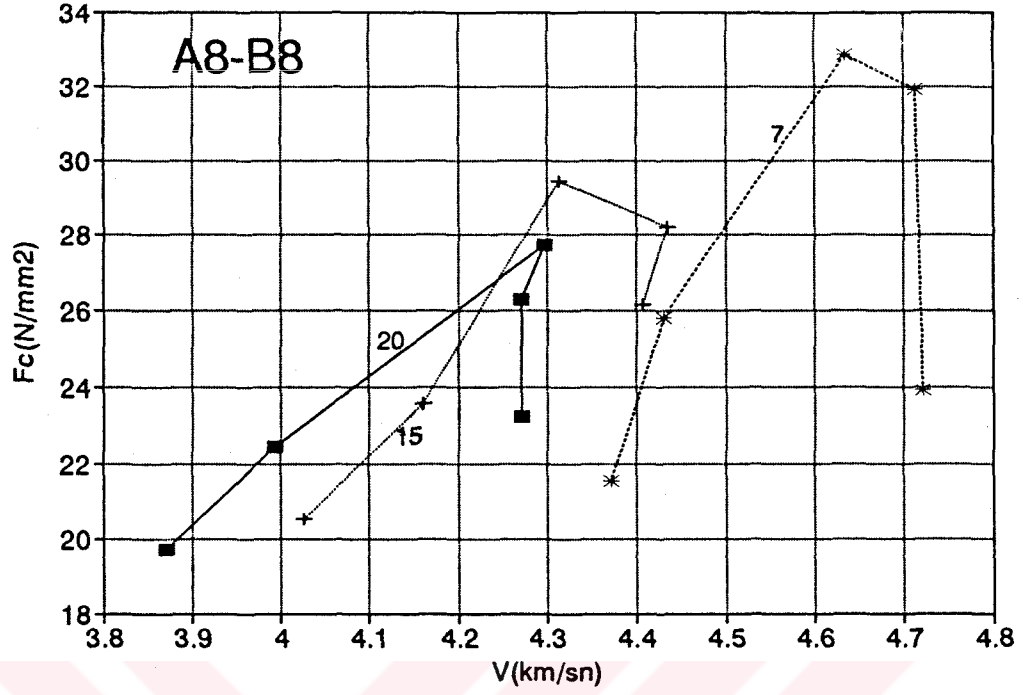
Şekil 3.22. 15x15x15 cm'lik Numuneler İçin Değişen Granülometrilere Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



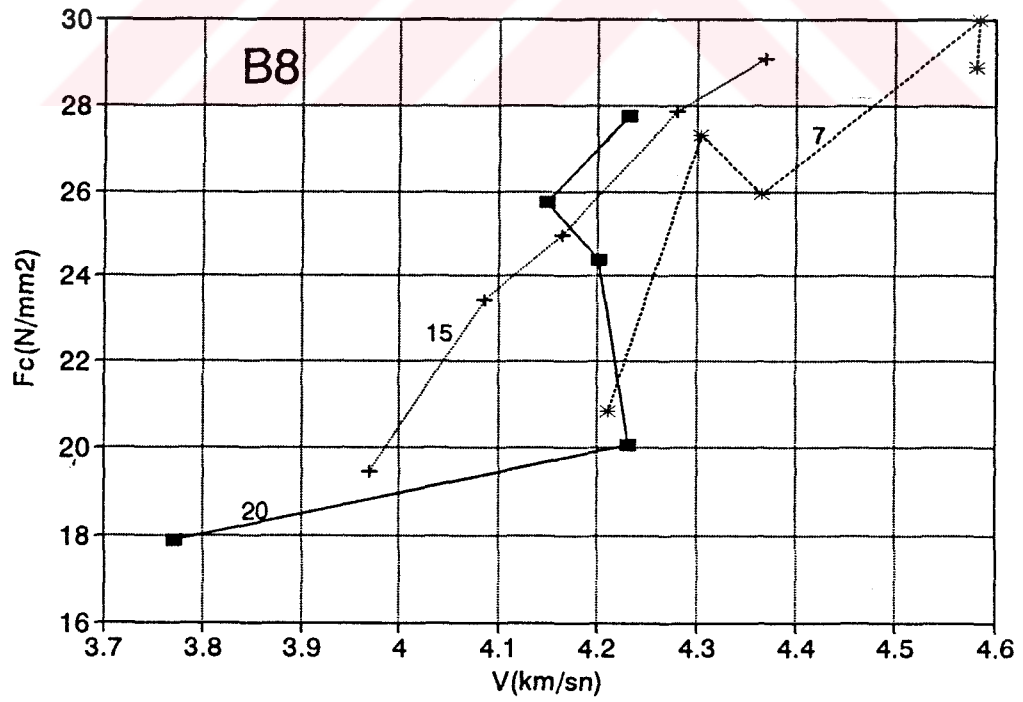
Şekil 3.23. 7x7x7 cm'lik Numuneler İçin Değişen Granülo-metrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



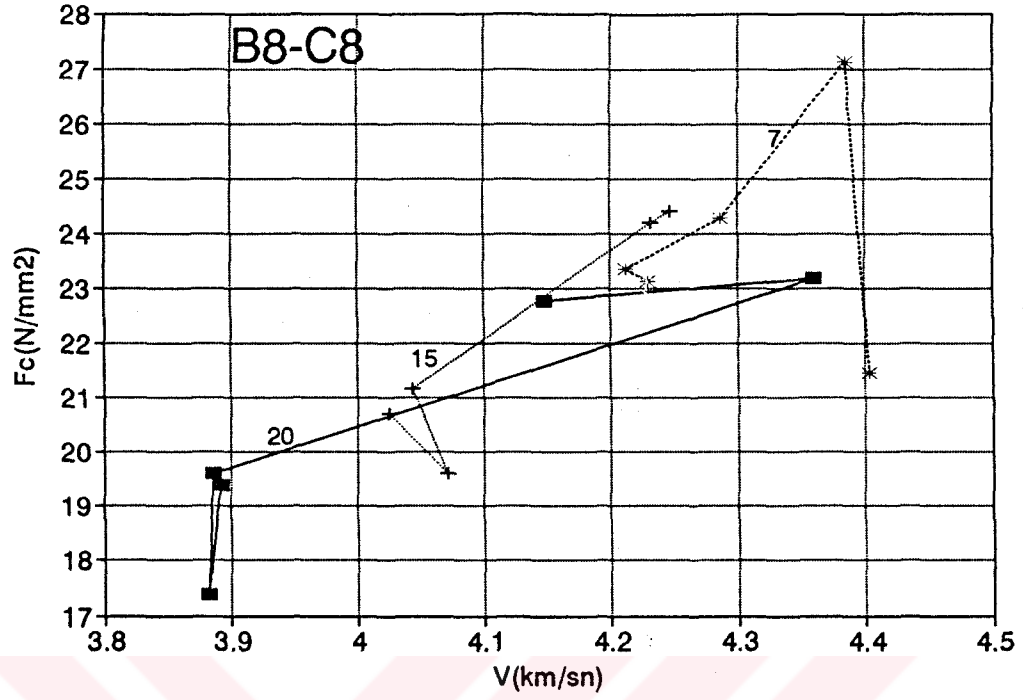
Şekil 3.24. 7x7x7 cm'lik Numuneler İçin Değişen Granülo-metrilerde Ultrases Hızlarının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



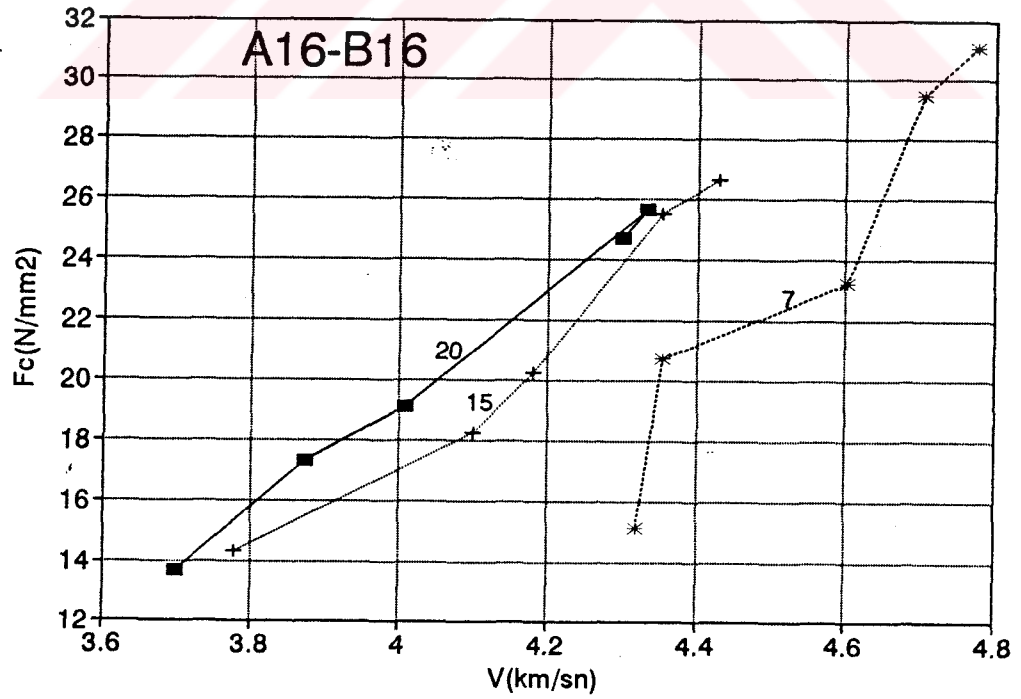
Şekil 3.25. A8-B8 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi.



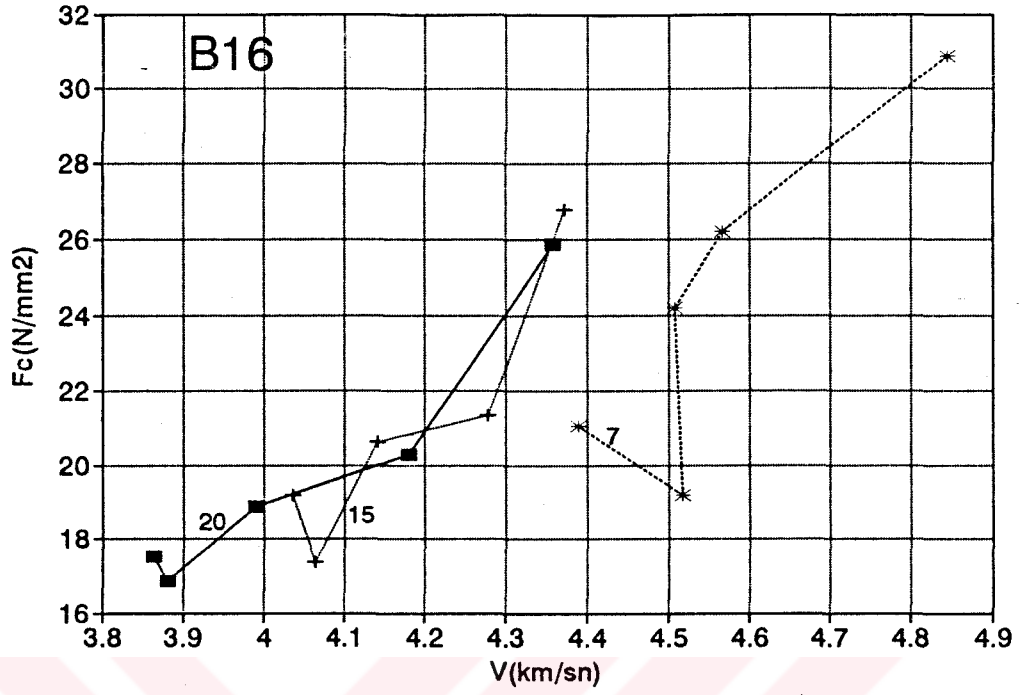
Şekil 3.26. B8 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi.



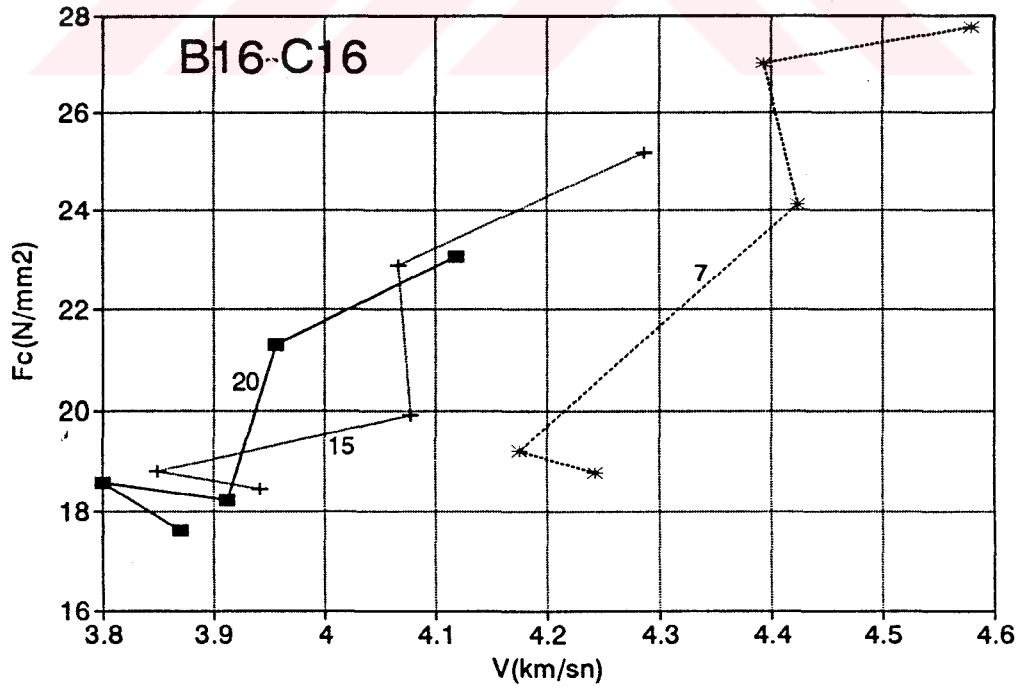
Şekil 3.27. B8-C8 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi.



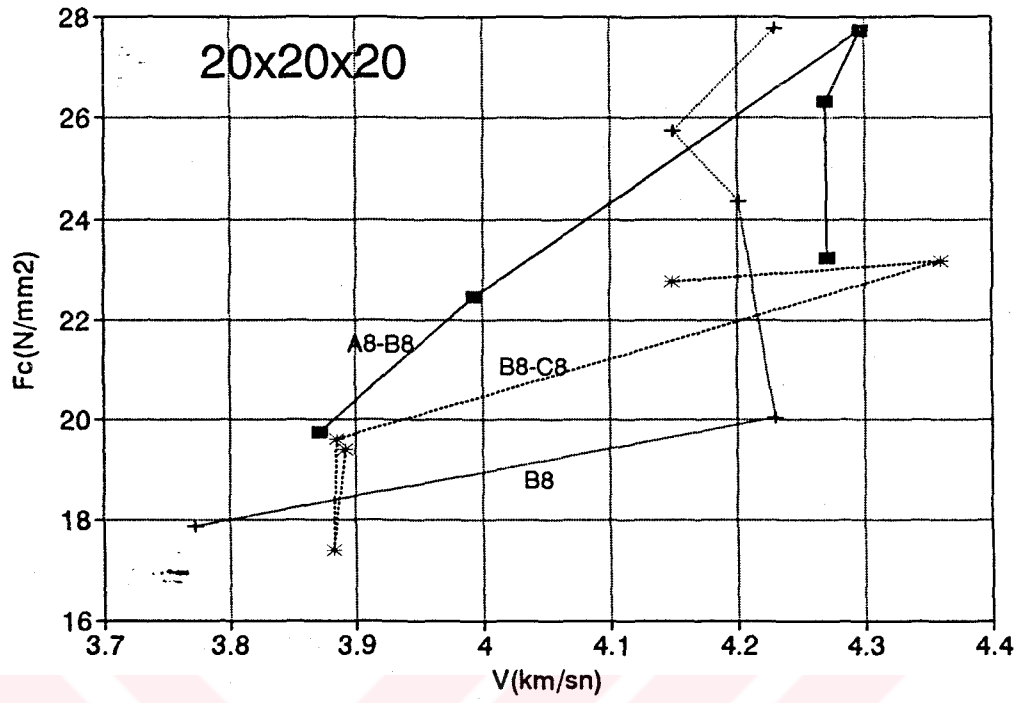
Şekil 3.28. A16-B16 Granülometrisi İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi.



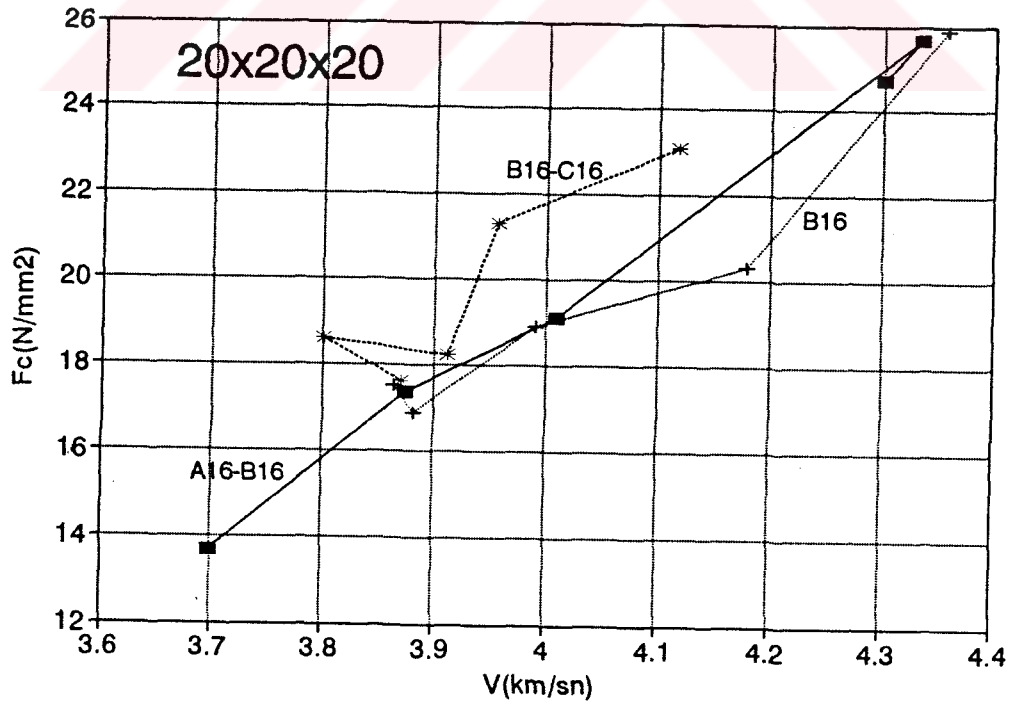
Şekil 3.29. B16 Granülometrisi İçin, Basınc Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi



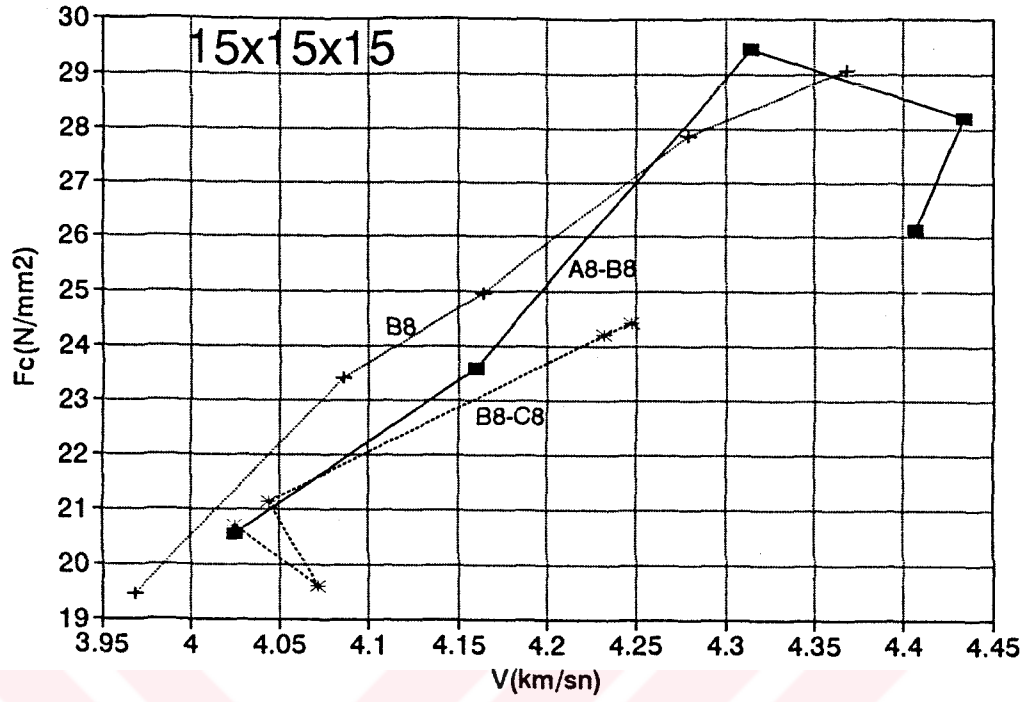
Şekil 3.30. B16-C16 Granülometrisi İçin, Basınc Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi.



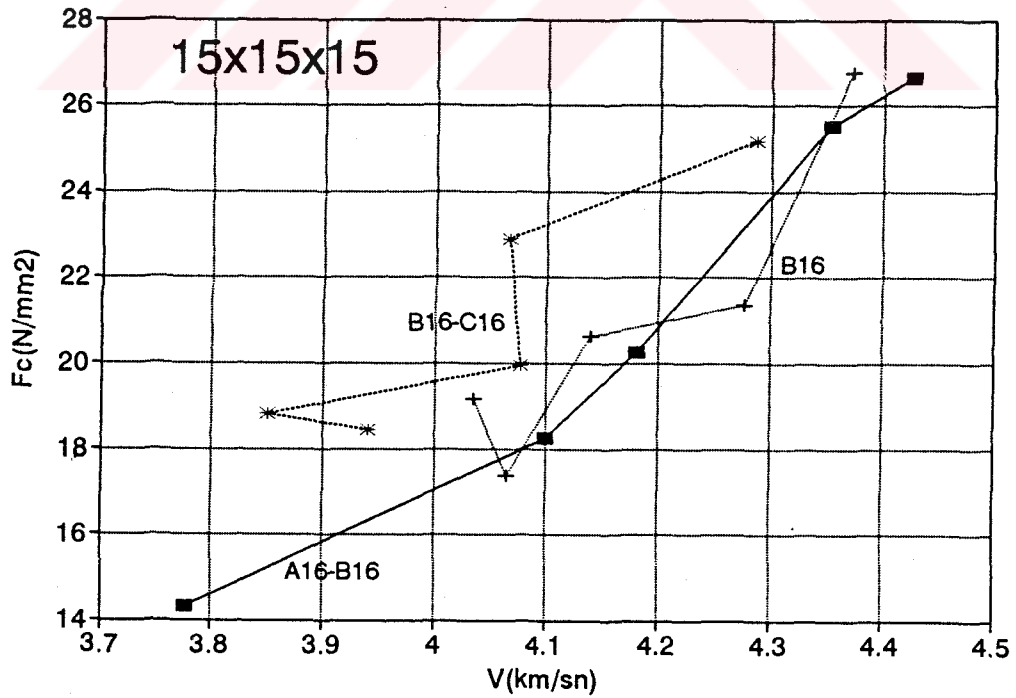
Şekil 3.31. 20x20x20 cm'lik Numuneler İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişim



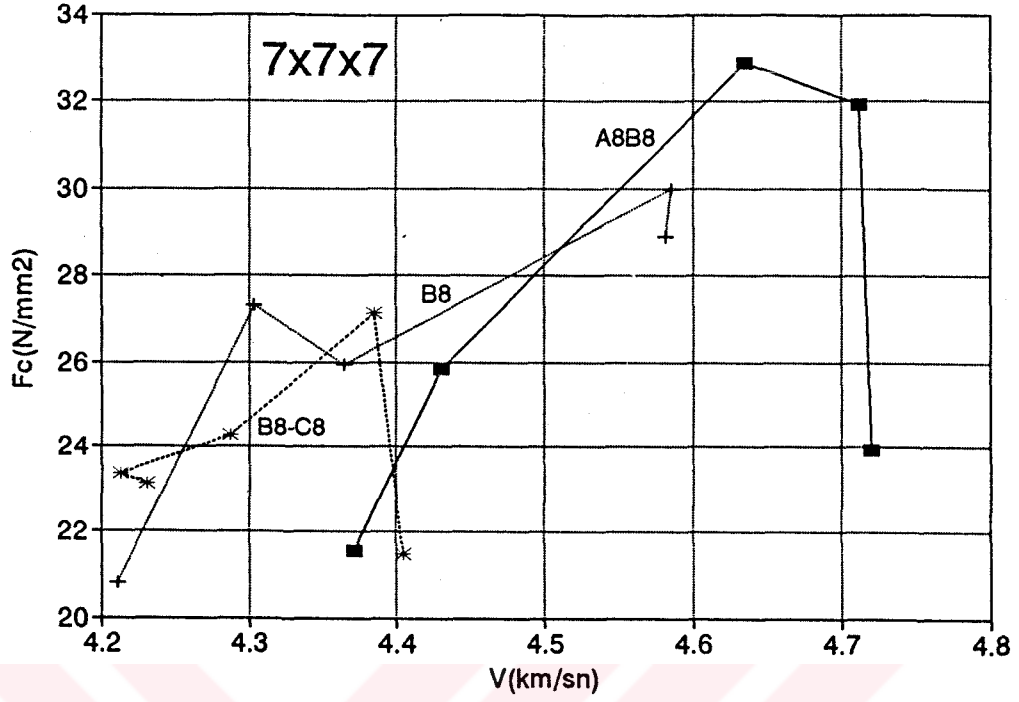
Şekil 3.32. 20x20x20 cm'lik Numuneler İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi



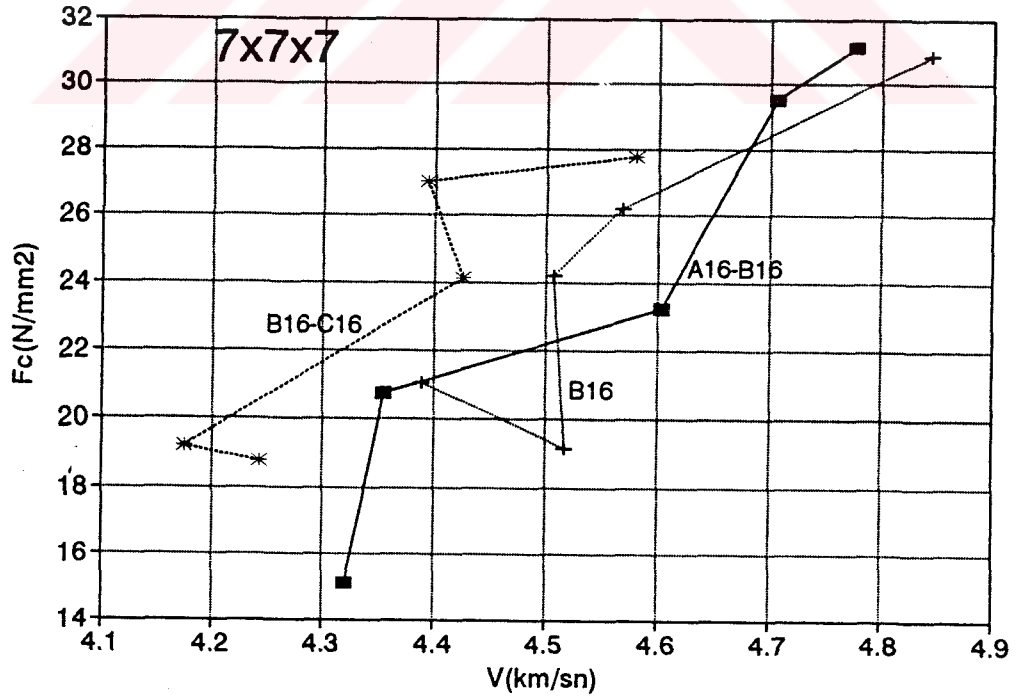
Şekil 3.33. 15x15x15 cm'lik Numuneler İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi



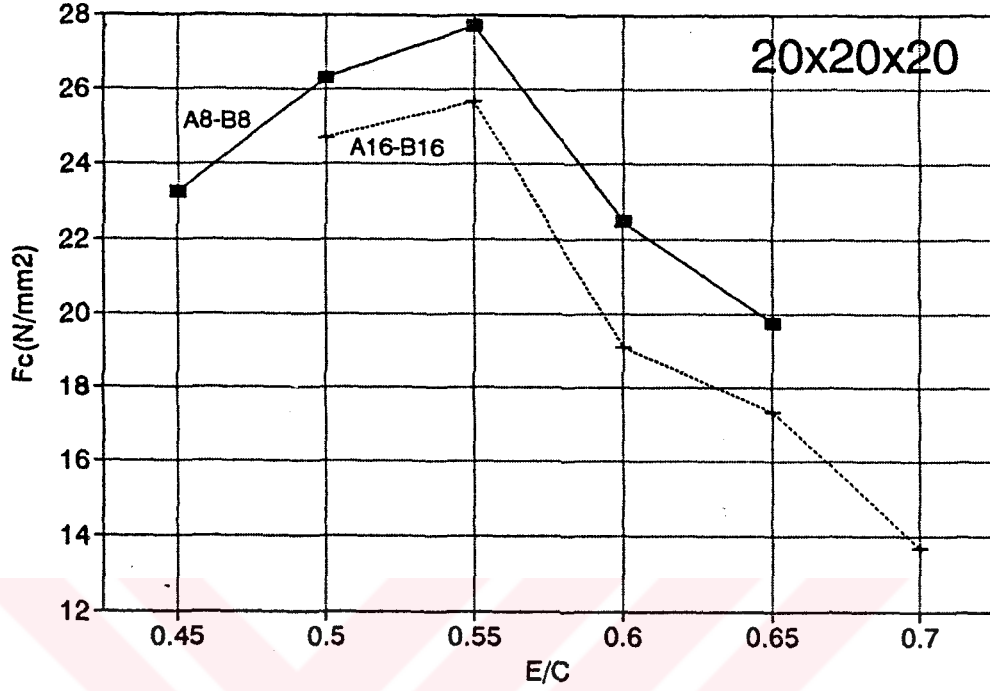
Şekil 3.34. 15x15x15 cm'lik Numuneler İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi



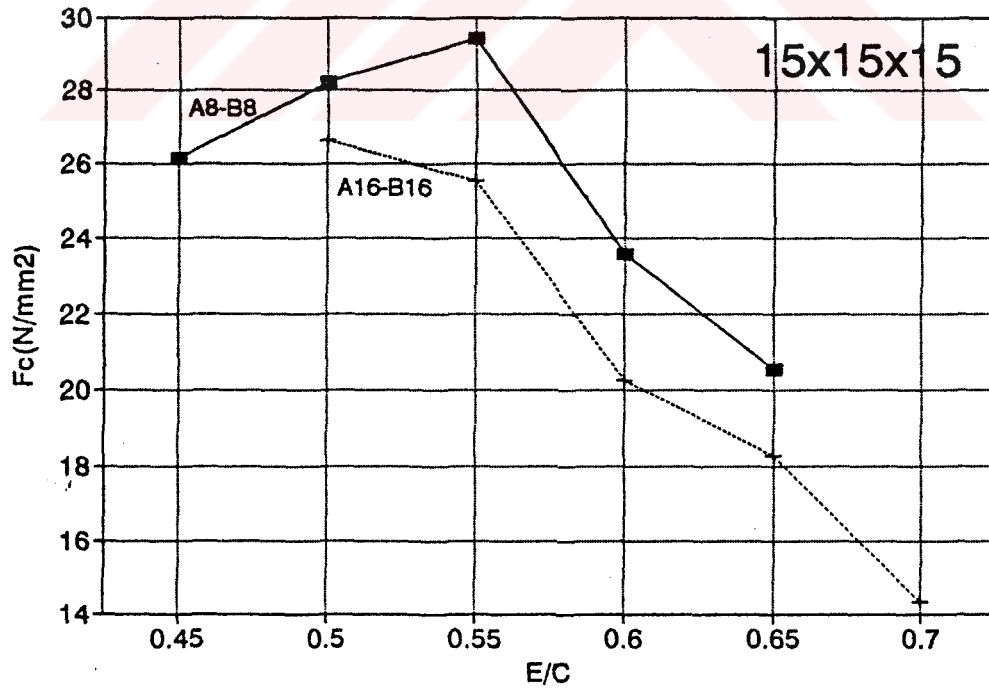
Şekil 3.35. 7x7x7 cm'lik Numuneler İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi



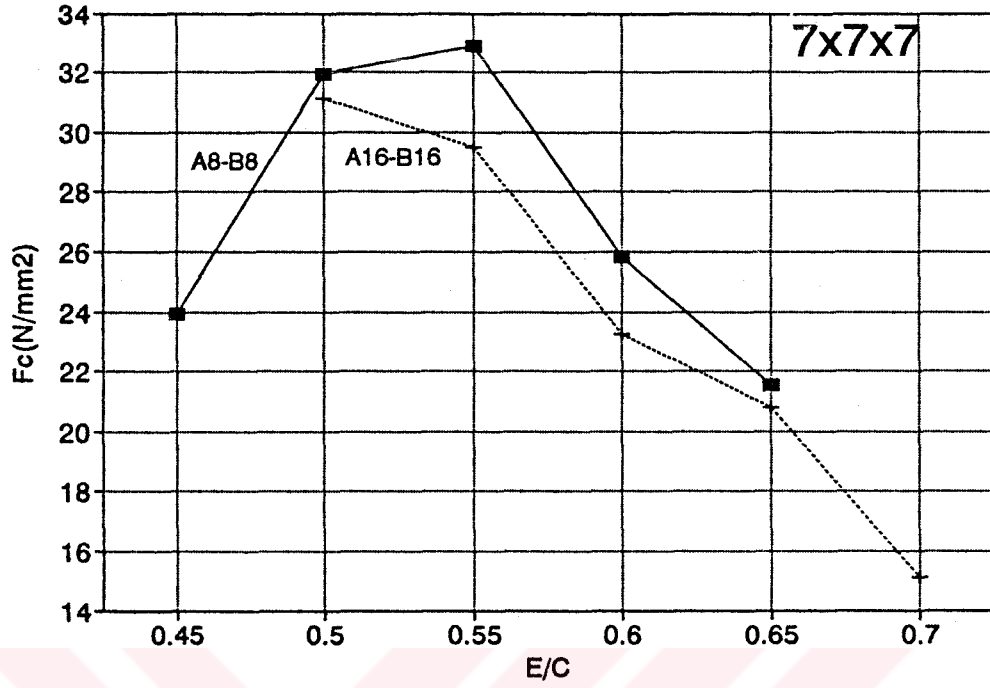
Şekil 3.36. 7x7x7 cm'lik Numuneler İçin, Basınç Dayanımlarının, Ultrases Hızlarına Göre Değişimi



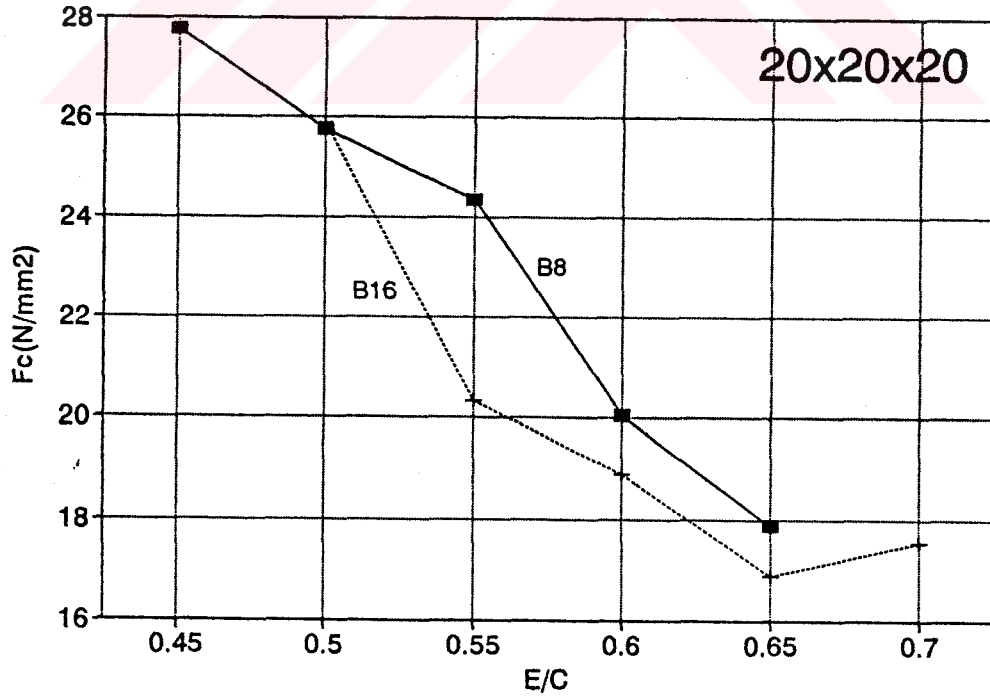
Şekil 3.37. 20x20x20 cm'lik Numunelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



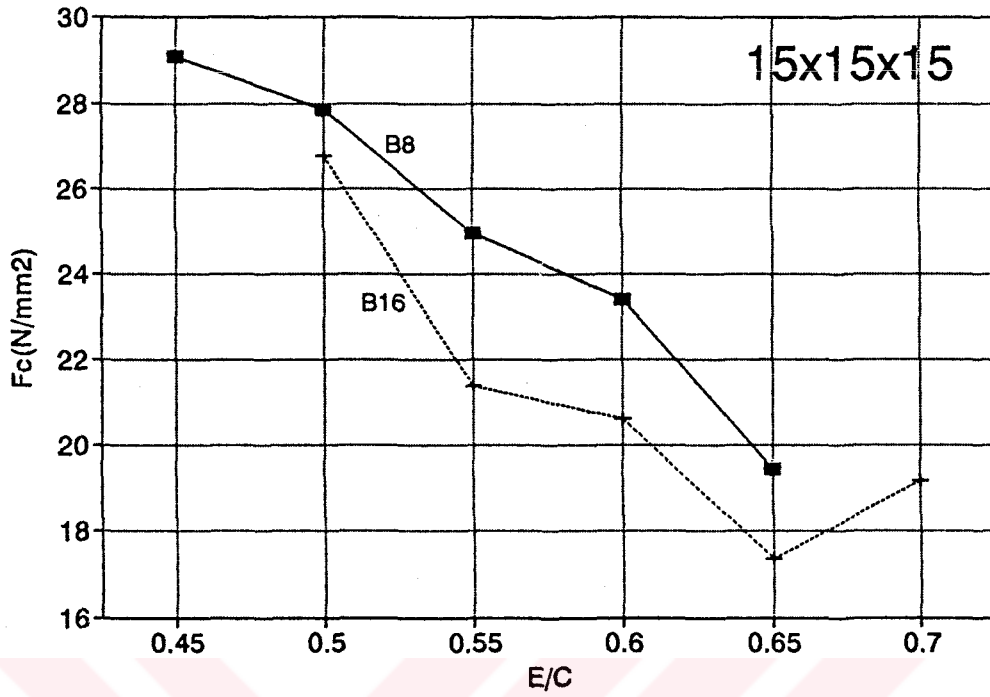
Şekil 3.38. 15x15x15 cm'lik Numunelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi.



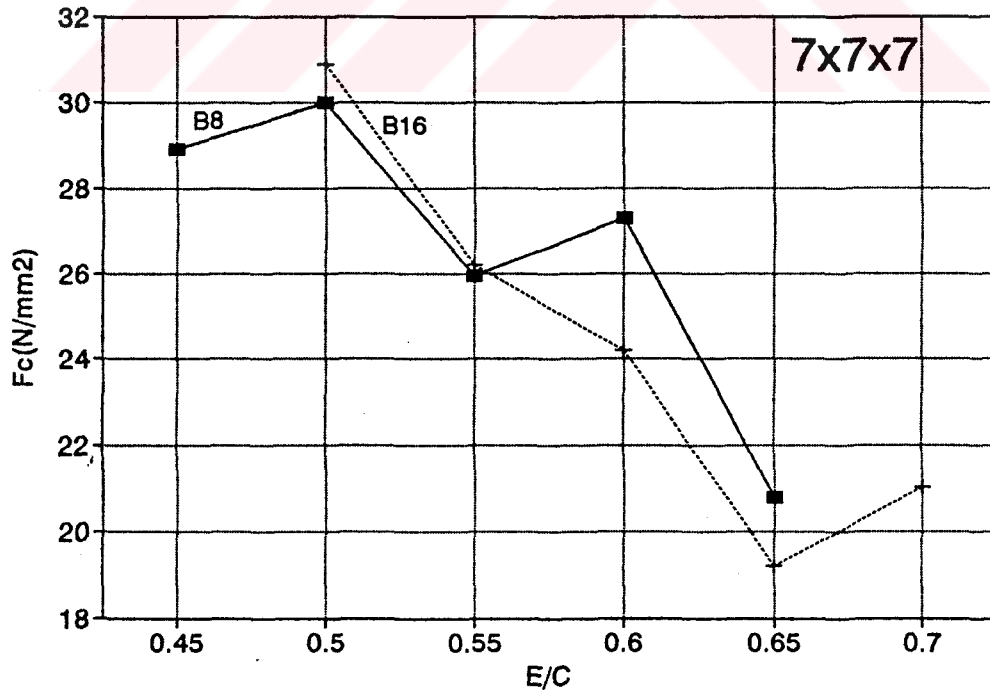
Şekil 3.39. 7x7x7 cm'lik Numunelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



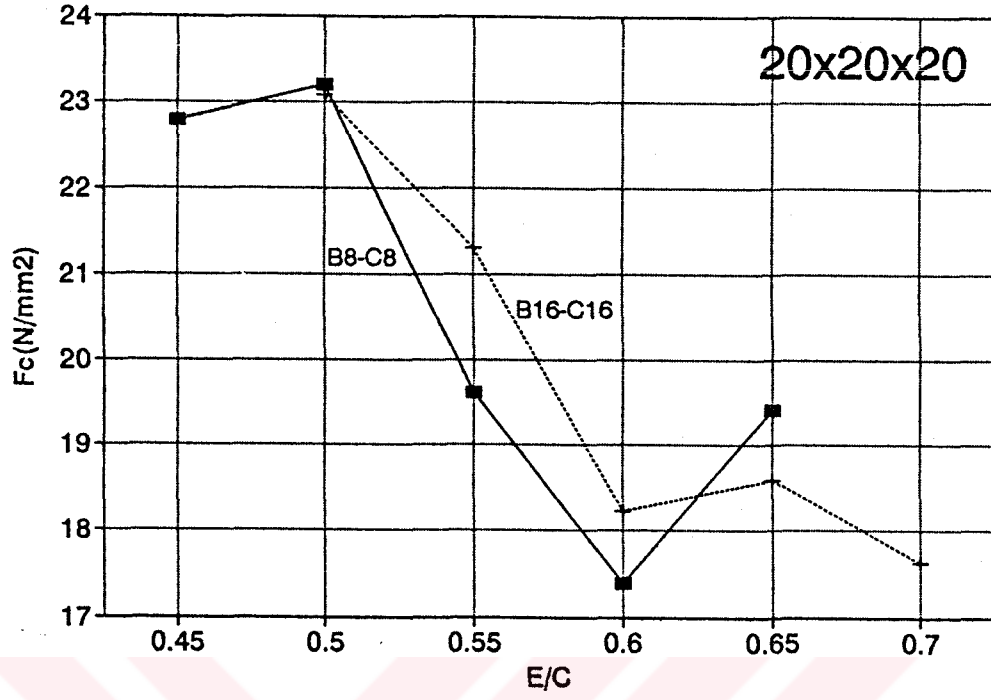
Şekil 3.40. 20x20x20 cm'lik Numunelerde B8 ve B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



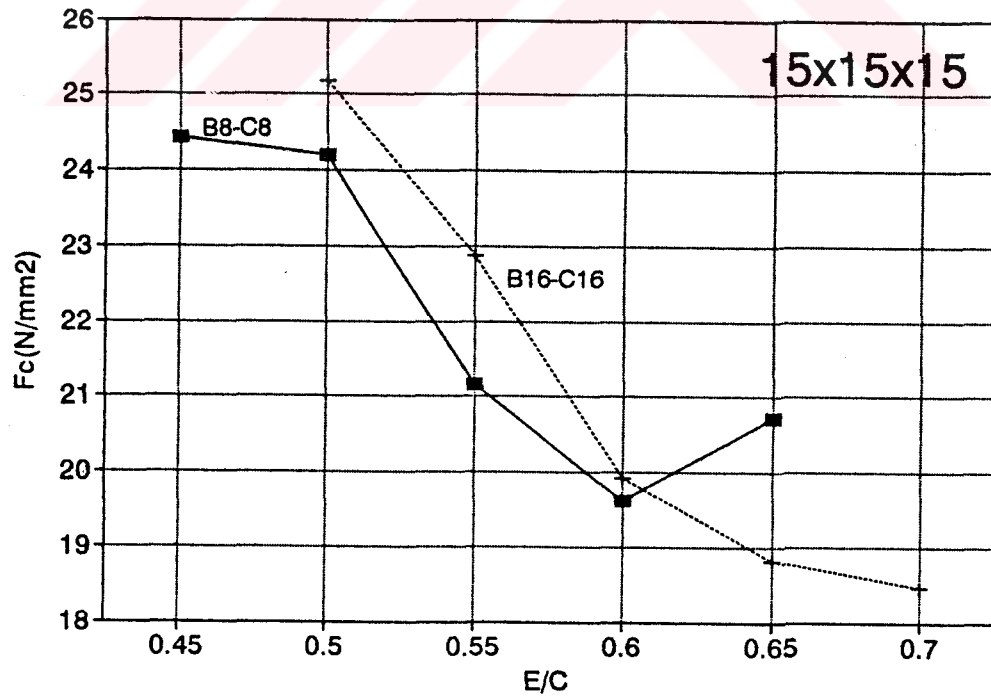
Şekil 3.41. 15x15x15 cm'lik Numunelerde B8-B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



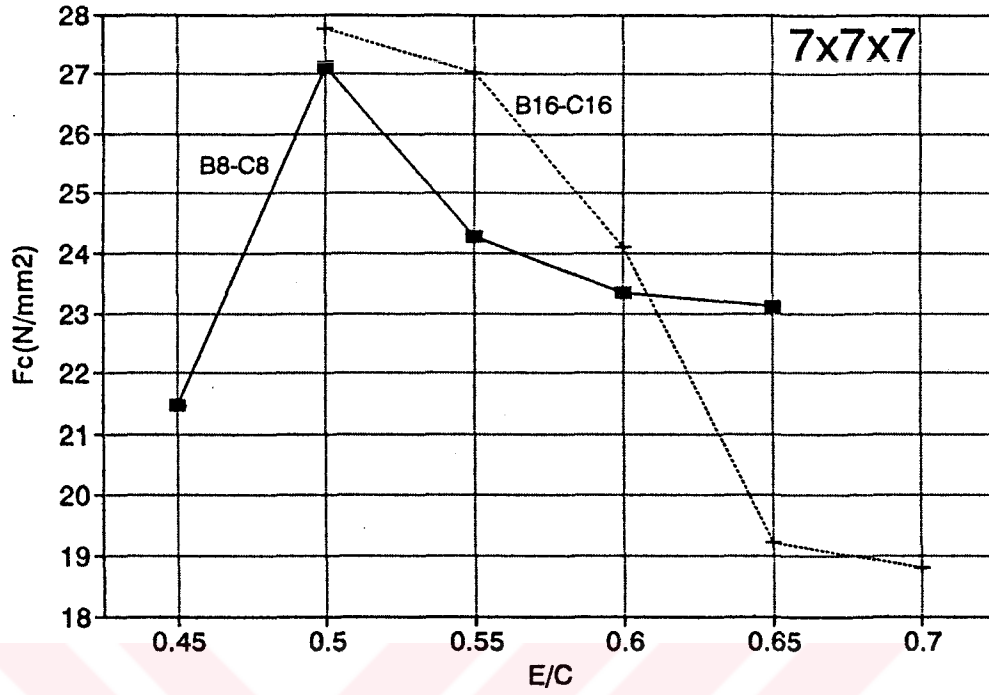
Şekil 3.42. 7x7x7 cm'lik Numunelerde B8-B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



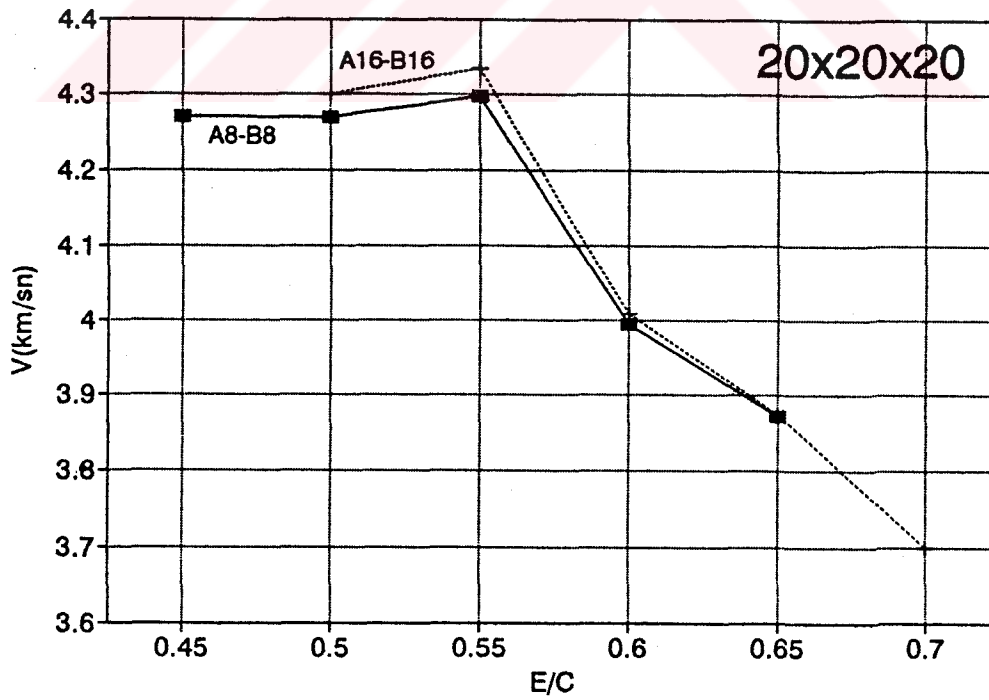
Şekil 3.43. 20x20x20 cm'lik Numunelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



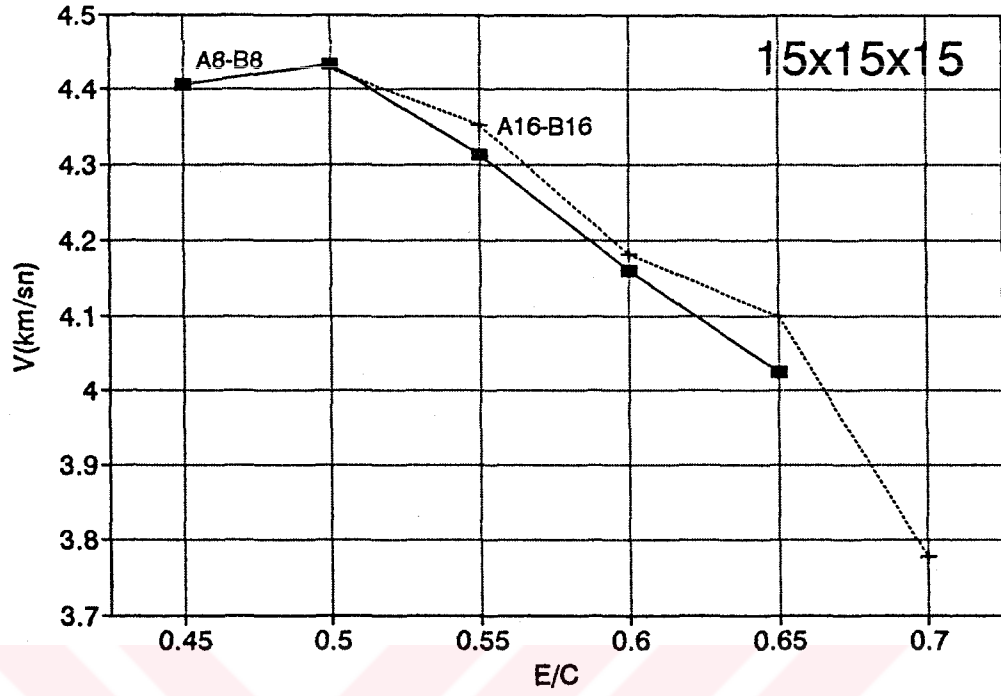
Şekil 3.44. 15x15x15 cm'lik Numunelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



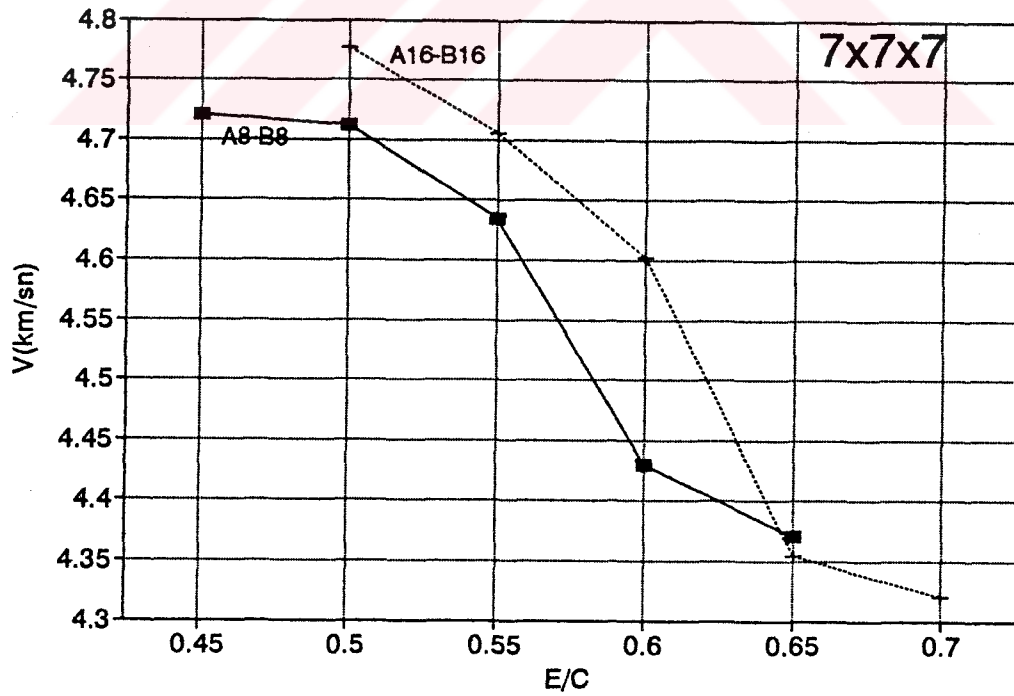
Şekil 3.45. 7x7x7 cm'lik Numunelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



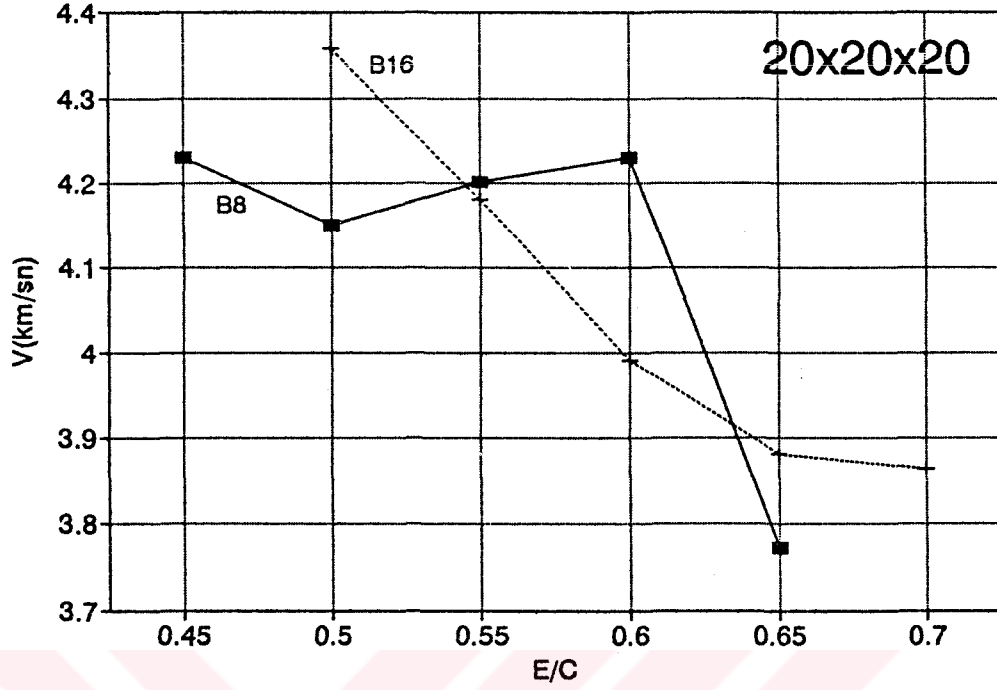
Şekil 3.46. 20x20x20 cm'lik Numunelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrileri İçin, Ultrases Hızlarının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



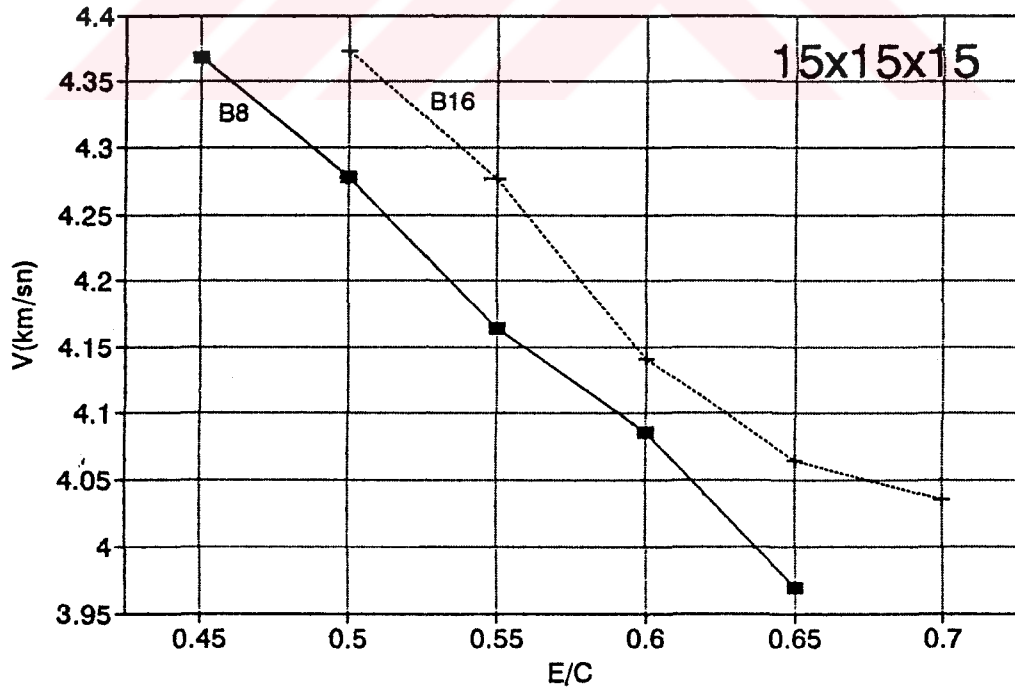
Şekil 3.47. 15x15x15 cm'lik Numunelerde A8-B8 ve A16-B16 Granülometrileri İçin, Ultrases Hızlarının, Su/Çimento Oranına Göre Değişim



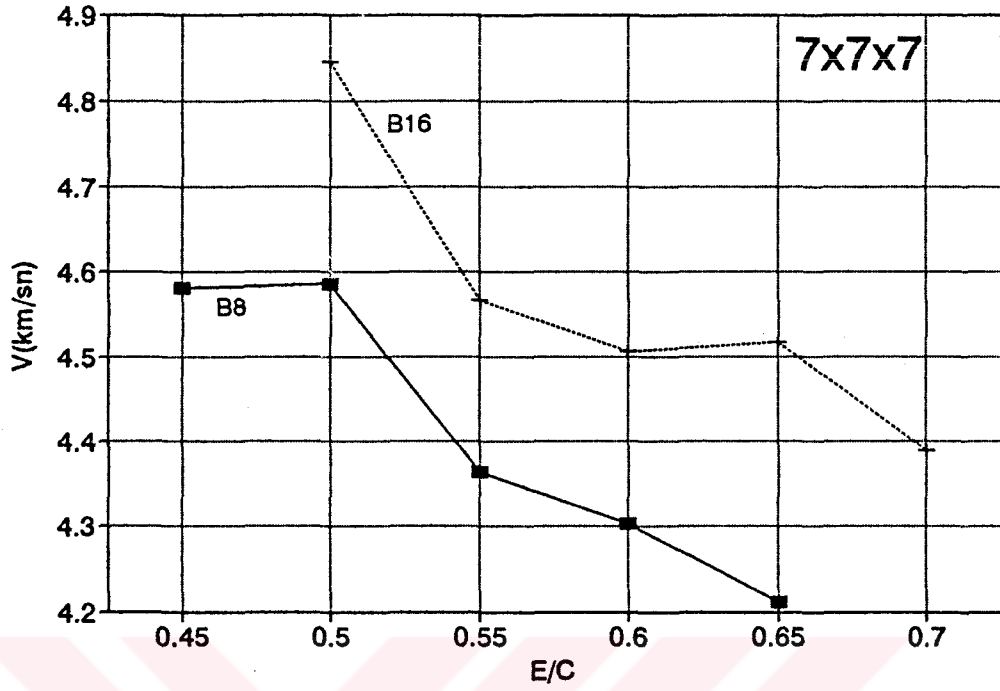
Şekil 3.48. 7x7x7 cm'lik Numunelerde A9-B8 ve A16-B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



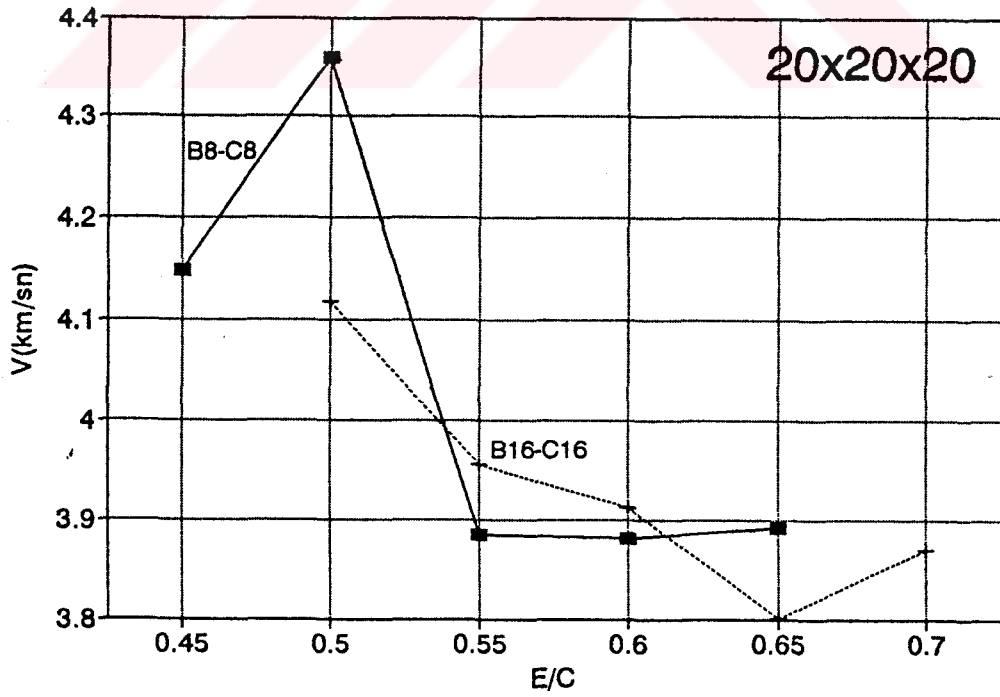
Şekil 3.49. 20x20x20 cm'lik Numunelerde B8 ve B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



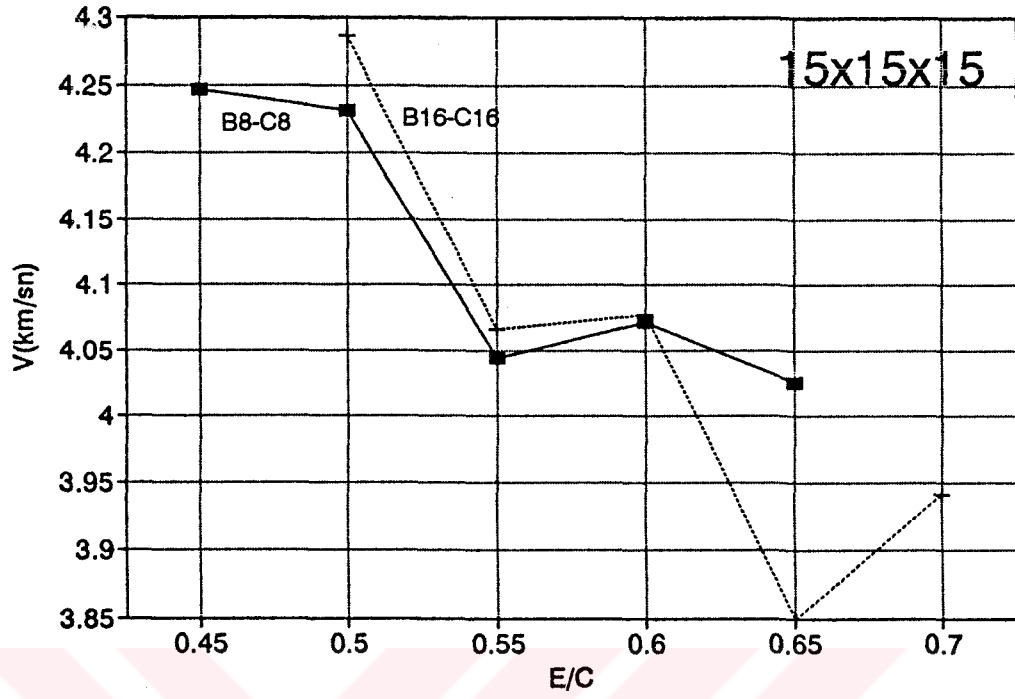
Şekil 3.50. 15x15x15 cm'lik Numunelerde B8 ve B16 Granülometrileri İçin, Basınç Dayanımının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



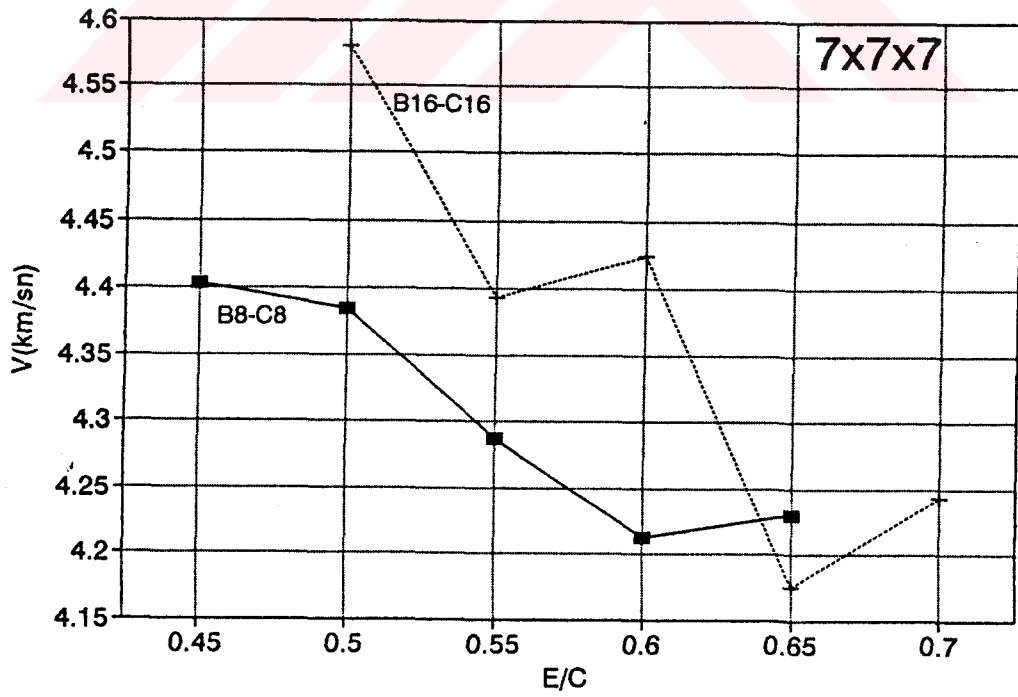
Şekil 3.51. 7x7x7 cm'lik Numunelerde B8 ve B16 Granülometrilere İçin Ultrases Hızlarının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



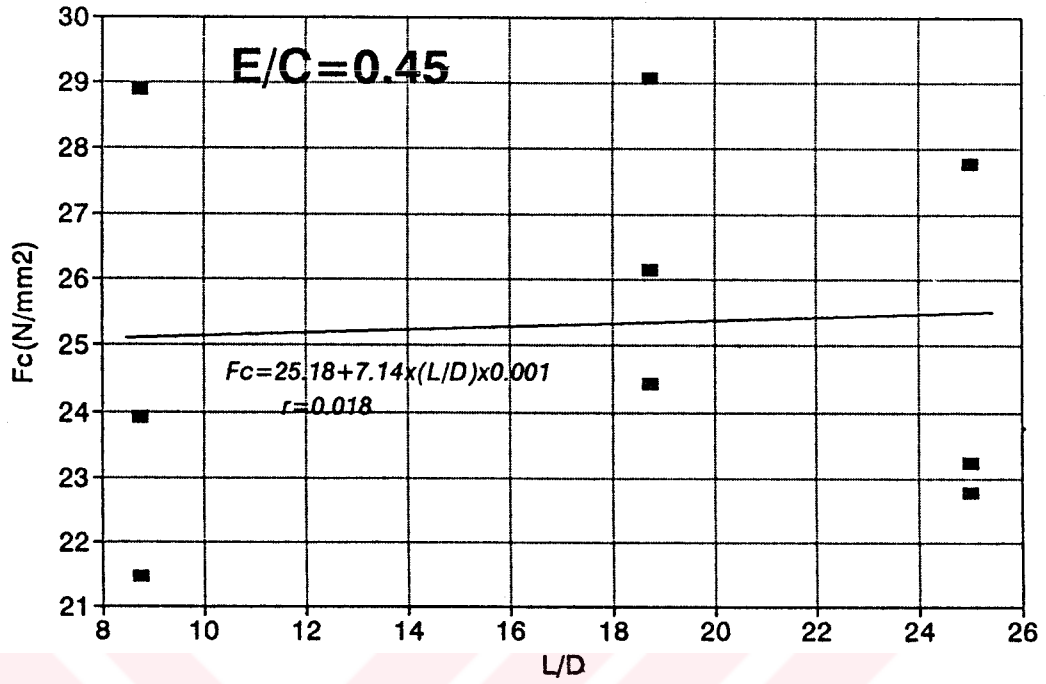
Şekil 3.52. 20x20x20 cm'lik Numunelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrilere İçin Ultrases Hızlarının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi



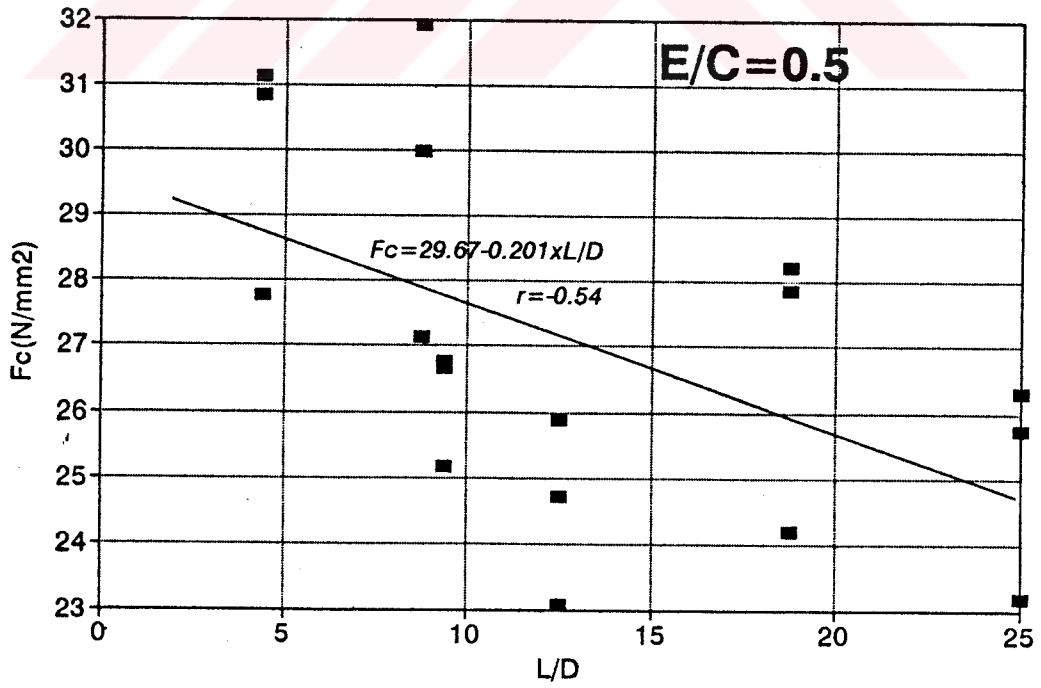
Şekil 3.53. 15x15x15 cm'lik Numunelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrileri İçin Ultrases Hızlarının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi

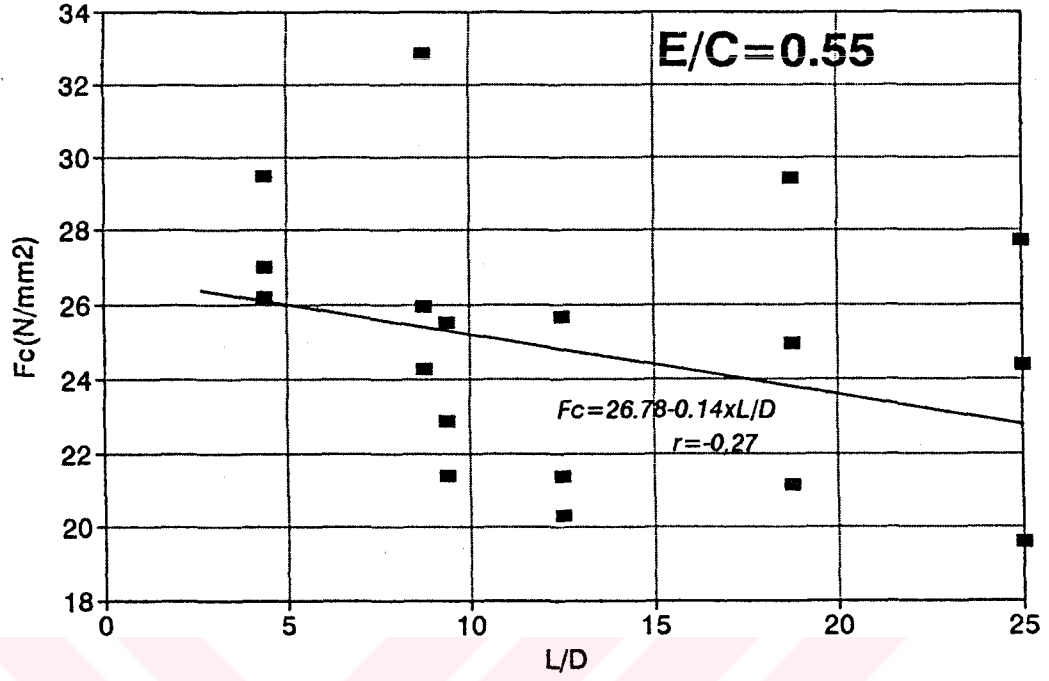


Şekil 3.54. 7x7x7 cm'lik Numunelerde B8-C8 ve B16-C16 Granülometrileri İçin Ultrases Hızlarının, Su/Çimento Oranına Göre Değişimi

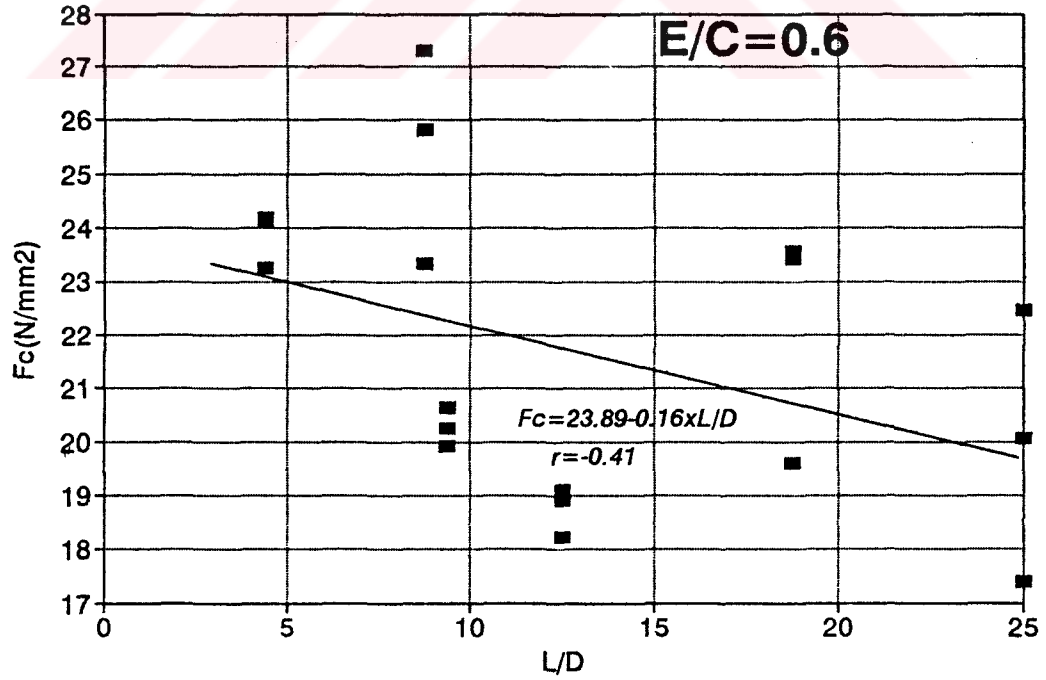


Şekil 3.55. E/C= 0,45 İçin Basınç Dayanımı İle L/D'nin Değişimi.

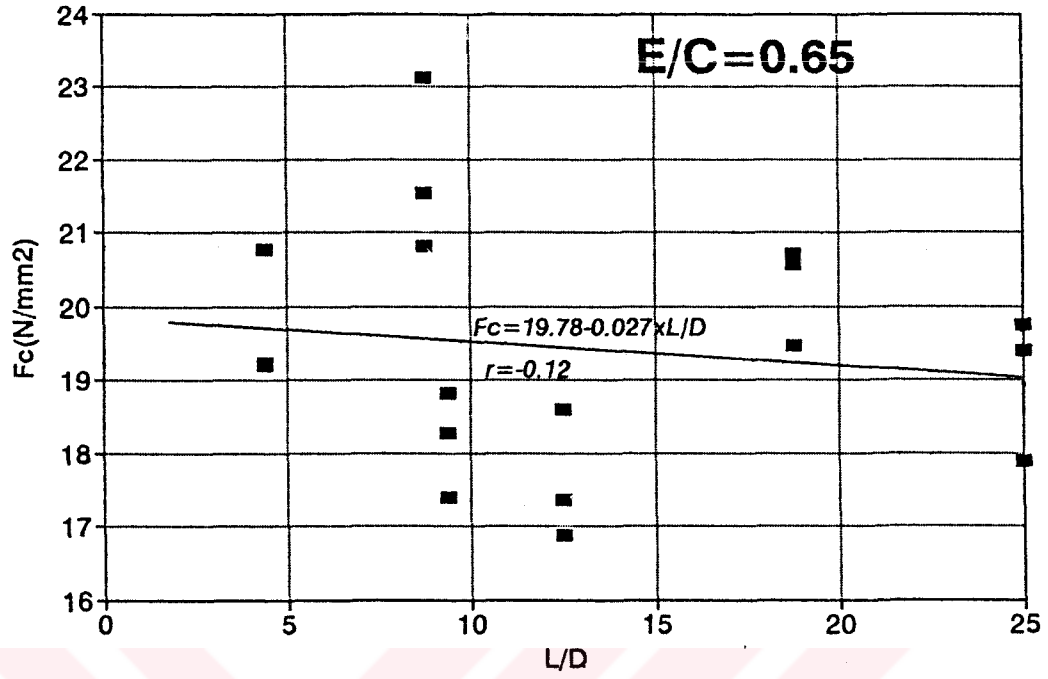




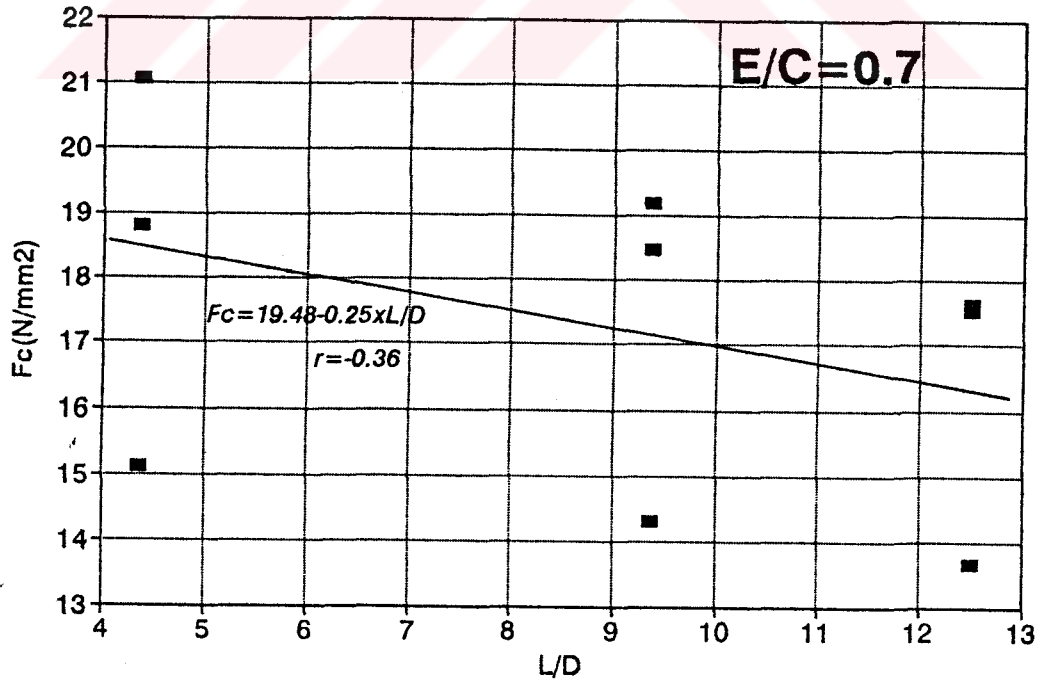
Şekil 3.57. E/C= 0,55 İçin Basınç Dayanımı İle L/D'nin Değişimi.



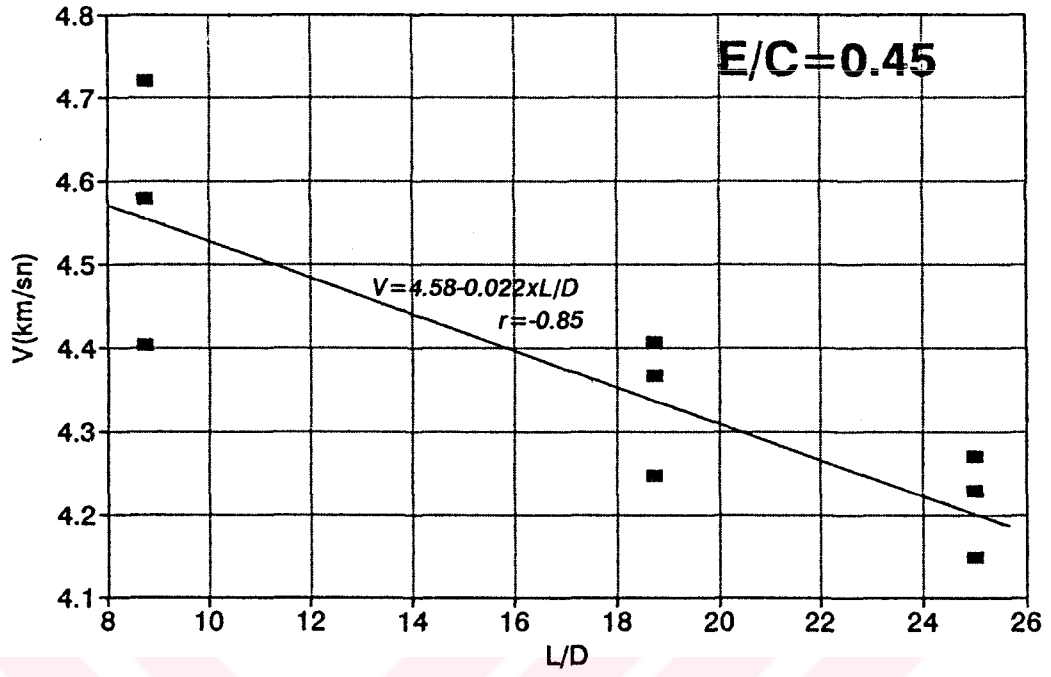
Şekil 3.58. E/C= 0,6 İçin Basınç Dayanımı İle L/D'nin Değişimi



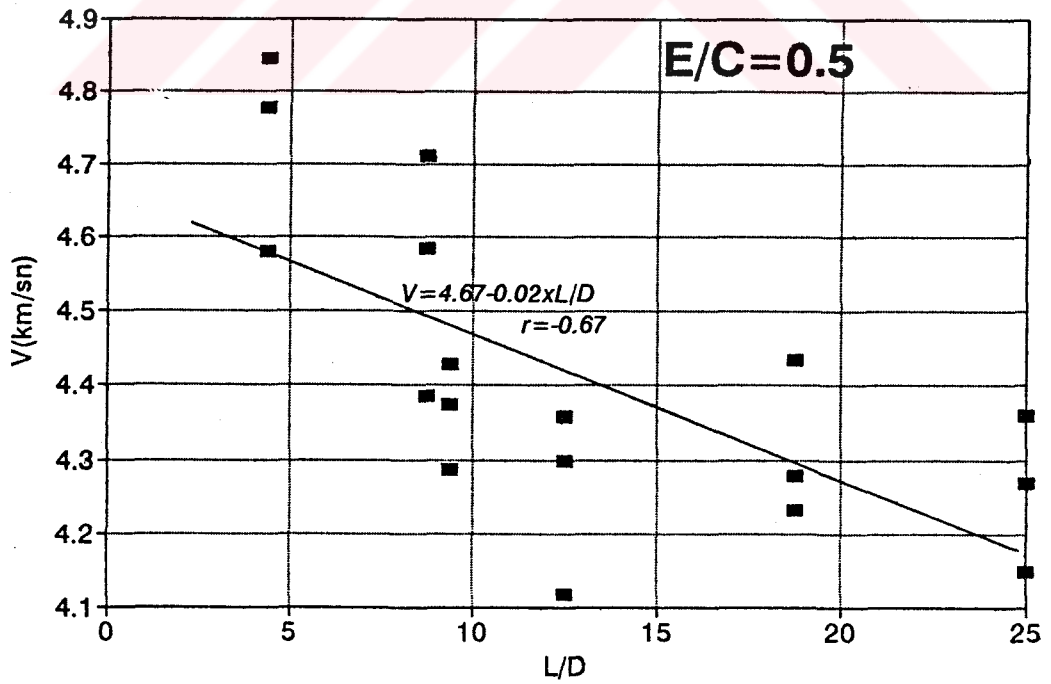
Şekil 3.59. E/C= 0,65 İçin Ultrases Hızı İle L/D'nin Değişimi.



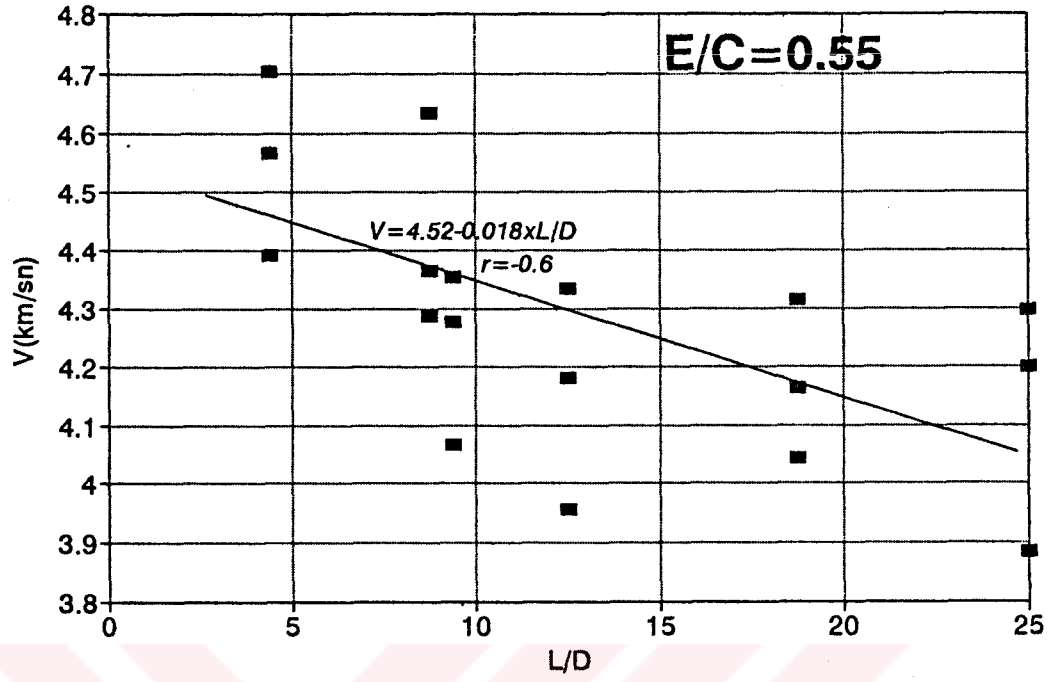
Şekil 3.60. E/C= 0,7 İçin Ultrases Hızı İle L/D'nin Değişimi



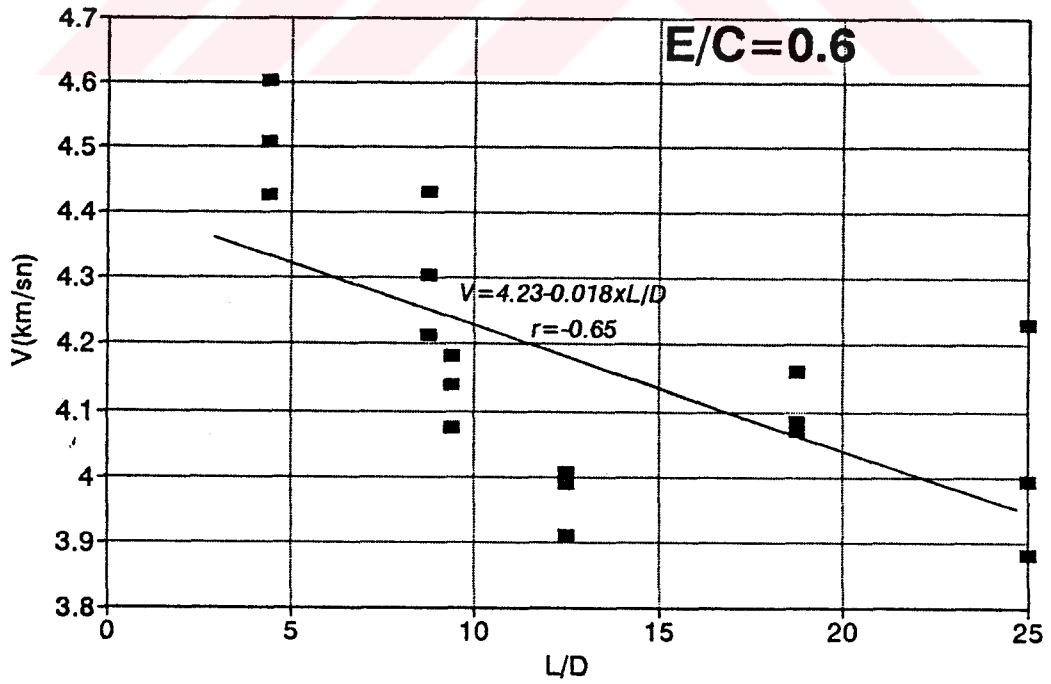
Şekil 3.61. E/C= 0,45 İçin Ultrases Hızı ile L/D'nin Değişimi.



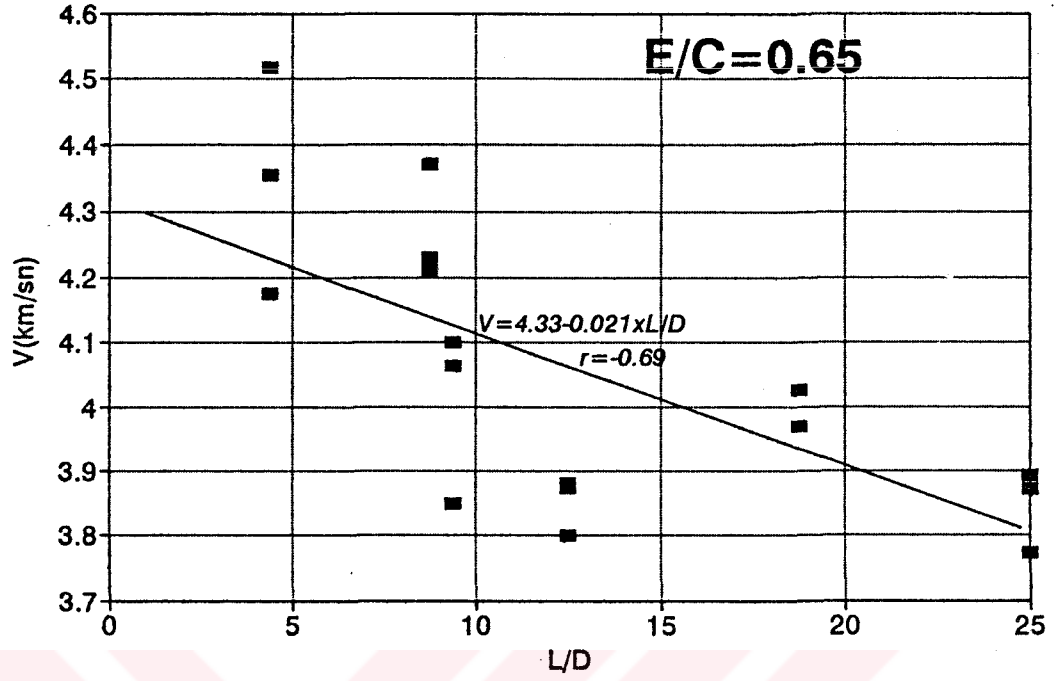
Şekil 3.62. E/C= 0,5 İçin Ultrases Hızı ile L/D'nin Değişimi



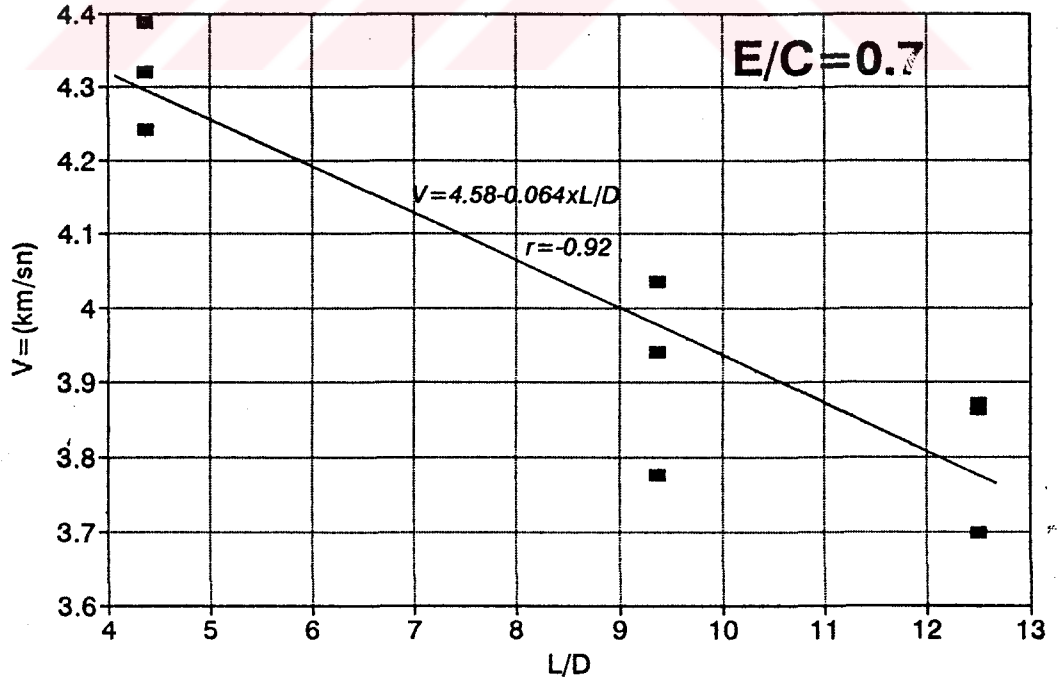
Şekil 3.63. E/C= 0,55 İçin Ultrases Hızı İle L/D'nin Değişimi.



Şekil 3.64. E/C= 0,6 İçin Ultrases Hızı İle L/D'nin Değişimi



Şekil 3.65. E/C= 0,65 İçin Ultrases Hızı İle L/D'nin Değişimi.



Şekil 3.66. E/C= 0,7 İçin Ultrases Hızı İle L/D'nin Değişimi

3.1. Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızı İle İçyapı Etkilerinin İlişkisi

3.1.1. Basınç Dayanımı İle İçyapı Etkenlerinin İlişkisi

F_c = Basınç dayanımı (N/mm^2)

k = Bağıntı korelasyon katsayısına en büyük değeri veren parametre

C = Çimento miktarı (kg)

E = Su miktarı (lt)

h = Hava miktarı (dm^3)

m = İncelik modülü

L = Numune boyutu

D = Max. agrega boyutu

R = Korelasyon katsayısı

3.1.1.1.

$$F_c = -8.12 \frac{C}{k \cdot E + h} - 2.22 m - 0.18(c + e + h) - 0.17 \frac{L}{D} + 116.65$$

$$R = 0.792$$

3.1.1.2.

$$F_c = -8.24 \frac{C}{k \cdot E + h} - 0.95 m - 0.18(c + e + h) - 0.03 L + 112.80$$

$$R = 0.837$$

3.1.1.3.

$$F_c = -8.37 \frac{C}{k \cdot E + h} - 0.38 m - 0.17(c + e + h) - 0.19 D + 105.36$$

$$R = 0.764$$

$$\begin{aligned}
3.1.1.4. \quad f'_c &= f_c / f_{ort} & L' &= L / L_{ort} \\
m' &= m / m_{ort} \\
(c+e+h)' &= (c+e+h) / (C+e+h)_{ort} & D' &= D / D_{ort} \\
(L/D)' &= (L/D) / (L/D)_{ort}
\end{aligned}$$

$$F'_c = -0.61 \left[\frac{C}{K+E+h} \right]' - 0.31m' - 3(c+e+h)' - 0.1 \left[\frac{L}{D} \right]' + 5.016$$

$$R = 0.787$$

3.1.1.5.

$$F'_c = -0.02 \left[\frac{L}{D} \right]' + 1.02 \quad R = 5.92 \times 10^{-2}$$

$$3.1.1.6. \quad F'_c = -0.35m' - 2.11(c+e+h)' - 0.1 \left[\frac{L}{D} \right]' + 3.56$$

$$R = 0.768$$

3.1.1.7.

$$F'_c = -2.1(c+e+h)' - 0.05 \left[\frac{L}{D} \right]' + 3.16 \quad R = 0.735$$

3.1.1.8.

$$F'_c = -0.951 \left[\frac{C}{K+E+h} \right]' - 0.41m' + 0.09 \left[\frac{L}{D} \right]' + 0.54$$

$$R = 0.59$$

3.1.1.9.

$$F'_c = 0.92 \left[\frac{C}{K+E+h} \right]' - 0.04 \left[\frac{L}{D} \right]' + 0.12 \quad R = 0.539$$

3.1.1.10.

$$F'_c = -0.33m' - 0.06 \left[\frac{L}{D} \right]' + 1.4 \quad R = 0.227$$

3.1.1.11.

$$F'_c = -0.63 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.12m' - 2.94(c+e+h)' - 0.17L' + 4.87$$

$$R = 0.83$$

$$3.1.1.12. \quad F'_c = -0.16m' - 2.03(c+e+h)' - 0.17L' + 3.36$$

$$R = 0.81$$

$$3.1.1.13. \quad F'_c = -2.05(c+e+h)' - 0.17L' + 3.22 \quad R = 0.802$$

3.1.1.14.

$$F'_c = 0.91 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.24m' - 0.17L' + 0.5$$

$$R = 0.656$$

3.1.1.15.

$$F'_c = 0.9 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.17L' + 0.27 \quad R = 0.634$$

$$3.1.1.16. \quad F'_c = -0.21m' - 0.17L' + 1.39 \quad R = 0.385$$

3.1.1.17.

$$F'_c = -0.65 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' + 0.08m' - 2.88(c+e+h)' - 0.1D' + 4.56$$

$$R = 0.761$$

$$3.1.1.18. \quad F'_c = -0.17D' + 1.17 \quad R = 0.301$$

$$3.1.1.19. \quad F'_c = 0.02m' - 1.95(c+e+h)' - 0.1D' + 3.01 \quad R = 0.741$$

$$3.1.1.20. \quad F'_c = -1.95(c+e+h)' - 0.09D' + 3.04 \quad R = 0.738$$

3.1.1.21.

$$F'_c = 0.84 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.04m' - 0.14D' + 0.26 \quad R = 0.576$$

3.1.1.22.

$$F'_c = 0.85 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.13D' + 0.28 \quad R = 0.577$$

$$3.1.1.23. \quad F'_c = 0.26m' - 0.24D' + 0.99 \quad R = 0.324$$

3.1.2. Ultrases Hızı İle İçyapı Etkenlerinin İlişkisi

3.1.2.1.

$$V = -0.0083 \frac{C}{K+E+h} - 0.054m - 0.007(c+e+h) - 0.021 \frac{L}{D} + 7.342$$

$$R = 0.796$$

3.1.2.2.

$$V = -0.08 \frac{C}{K+E+h} + 0.108m - 0.006(c+e+h) - 0.003L + 6.736$$

$$R = 0.917$$

3.1.2.3.

$$V = -0.09 \frac{C}{K+E+h} - 0.152m - 0.006(c+e+h) - 0.006L + 6.156$$

$$R = 0.616$$

3.1.2.4. $V' = V/V_{ort}$

$$V' = -0.025 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.038m' - 0.605(c+e+h)' - 0.067L' + 1.735$$

$$R = 0.798$$

3.1.2.5.

$$V' = -0.025 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.089m' - 0.549(c+e+h)' - 0.106L' + 1.59$$

$$R = 0.918$$

3.1.2.6.

$$V' = -0.024 \left(\frac{C}{K+E+h} \right)' - 0.123m' - 0.535(c+e+h)' - 0.017D' + 1.454$$

$$R = 0.617$$

3.2. Betonun Basınç Dayanımı İle Ultrases Hızı Arasındaki İlişkinin Saptanması

3.2.1. 7 cm'lik Küpler İçin Bağlantı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.261 \times v^{3.45}$$

$$r = 0.616$$

3.2.2. 15 cm'lik Küpler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.866 \times \rho^{2.655} \quad r = 0.866$$

3.2.3. 20 cm'lik Küpler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.277 \times \rho^{3.98} \quad r = 0.872$$

3.2.4. Max. Agreg a Çapı 8 mm Olan Numuneler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.829 \times \rho^{2.881} \quad r = 0.790$$

3.2.5. Max. Agreg a Çapı 16 mm Olan Numuneler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.583 \times \rho^{2.507} \quad r = 0.799$$

3.2.6. A8-B8 ve A16-B16 Granölometriili Numuneler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.437 \times \rho^{2.727} \quad r = 0.618$$

3.2.7. B8-B16 Granölometriili Numuneler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.582 \times \rho^{2.548} \quad r = 0.726$$

3.2.8. B8-C8 ve B16-C16 Granölometriili Numuneler İçin Bağntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.93 \times \rho^{2.216} \quad r = 0.816$$

3.2.9. Tüm Numuneler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.618 \times \rho^{2.501} \quad r = 0.775$$

3.3. Betonun Basınç Dayanımı İle Ultrases Hızı ve Birim Ağırlığın İlişkisi

3.3.1. 7 cm'lik Küpler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.096 \times \rho^{2.173} \Delta^{2.628} \quad r = 0.655$$

3.3.2. 15 cm'lik Küpler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.129 \times \rho^{3.715} \Delta^{-0.1734} \quad r = 0.867$$

3.3.3. 20 cm'lik Küpler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.172 \times \rho^{3.08} \Delta^{0.628} \quad r = 0.885$$

3.3.4. Max. Agrega Çapı 8 mm Olan Numuneler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.353 \times \rho^{2.088} \Delta^{1.524} \quad r = 0.856$$

3.3.5. Max. Agrega Çapı 16 mm Olan Numuneler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.115 \times \rho^{2.042} \Delta^{2.835} \quad r = 0.828$$

3.3.6. A8-B8 ve A16-B16 Granülometrilili Numuneler İçin
Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.016 \times p^{1.998} \Delta^{5.369} \quad r = 0.868$$

3.3.7. B8-B16 Granülometrilili Numuneler İçin Bağıntı ve
Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.514 \times p^{2.523} \Delta^{0.199} \quad r = 0.727$$

3.3.8. B8-C8 ve B16-C16 Granülometrilili Numuneler İçin
Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.12 \times p^{1.962} \Delta^{3.065} \quad r = 0.888$$

3.3.9. Tüm Numuneler İçin Bağıntı ve Korelasyon Katsayısı

$$f_c = 0.354 \times p^{2.357} \Delta^{0.358} \quad r = 0.787$$

BÖLÜM 4. SONUÇLARIN İNCELENMESİ

4.1. Grafiklerin İncelenmesi

4.1.1. Numune Boyutunun Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi

Şekil 3.1-3.6'da numune boyutunun azalmasının, basınç dayanımını arttırdığı net olarak görülmektedir. Bu şekillerde de görüldüğü gibi, 7cm boyutlu numunelere ait grafik en üstte, 15cm'liklere ait olanı ortada, 20cm'lik numunelere ait olanı ise en altta yer almaktadır.

Şekil 3.13-3.18'de numune boyutundaki azalmanın ultrases hızını da arttırdığı görülmektedir. Ancak buradaki boyut etkisi basınç dayanımındaki kadar net değildir. Şekillerin tümünde 7cm boyutlu numunelere ait grafikler en üstte olmalarına rağmen 15 ve 20cm boyutlu numunelere ait olan grafikler bazı şekillerde yer değiştirmektedirler.

Numune boyutunun ultrases hızı üzerindeki bu etkisini açıklayabilmek amacıyla daha sonra 5'er adet 7, 15 ve 20 boyutlu çimento hamuru numuneleri üretildi. Bulunan sonuçlar aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4.1. Küp Kenar Uzunlukları ve Ortalama Ultrases Hızları

Küp Kenar Uzunluğu (cm)	Ortalama Ultrases Hızı (km/sn)
20	3.58
15	3.63
7	3.74

Buna göre, çimento hamuru numunelerinde de, boyut küçüldükçe ultrases hızı artmaktadır. Bu durumda betonda gözlenen azalmayı, boyut küçüldükçe L/D oranının azalmasına, yani heterojenliğin artmasına bağlamak mümkün değildir. Bu tümüyle "Numune boyutlu/Dalga boyu" oranının değişmesinden ortaya çıkan bir sonuç olarak görünmektedir.

4.1.2. En Büyük Tane Boyutunun Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi

En büyük tane betonunun basınç dayanımına etkisi Şekil 3.37 ve 3.46'da görülmektedir. Granülometrisi A-B ve B eğrilerine uyan 20, 15 ve 7 cm'lik numunelerde (Şekil 3.37 ve 3.42) $D = 8$ mm'ye ait değerler, muhtemelen yeterli bir şekilde yerleşmemiş numunelere ait olanlar hariç, $D = 16$ mm'ye ait değerlerin üzerinde yer almaktadır. Bu durumda, bu granülometrilere agreganın en büyük tane boyutunun artmasının basınç dayanımını düşürdüğü anlaşılmaktadır.

Granülometrisi B-C eğrileri arasında kalan numunelerde ise (Şekil 3.43 ve 3.45) bunun tersi bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu şekillerde $D = 8$ mm'ye ait değerler, $D = 16$ mm'ye ait olanların genellikle altında yer almaktadır. Buna göre, ince tanelerin oldukça fazla olduğu bu granülometrilere, agreganın en büyük tane boyutunun artması, basınç dayanımını da arttırmaktadır.

Agreganın en büyük tane boyutunun ultrases hızına etkisi Şekil 3.46 ve 3.54'de izlenmektedir. 20 cm boyutlu numunelerde, bütün granülometrelerde, en büyük tane boyutunun ultrases hızı üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir. Buna karşı numune boyutu küçüldükçe $D = 16$ mm'ye ait eğriler üstte çıkmakta ve bu durum bilhassa 7 cm boyutlu numunelerde çok belirgin bir hal almaktadır, yani küçük boyutlu numunelerde agreganın en büyük tane boyutunun artması, ultrases hızını yükseltmektedir.

4.1.3. L/D Oranının Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi

L/D oranının basınç dayanımına etkisi Şekil 3.55 ve 3.60'de görülmektedir. Şekillerden E/L oranı 0.45 olan betonlar haricinde, L/D oranının artmasının, basınç dayanımını azalttığı görülmektedir.

Şekil 3.61 ve 3.66'da L/D oranının, ultrases hızına olan etkisi gösterilmektedir. Burada da, basınç dayanımında olduğu gibi L/D oranının artması, ultrases hızını azaltmaktadır.

4.1.4. Agrega Granülometrisinin Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızına Etkisi

Şekil 3.7 ve 3.12'de agrega granülometrisinin, basınç dayanımına etkisi görülmektedir. Genel olarak A-B granülometrilere ait grafikler en üstte, B granülometrilere ait olanlar ortada, B-C granülometrisinin eğrileri de en altta yer almaktadır. (Şekil 3.18, 3.10, 3.12'de B ve B-C granülometrilere bazı E/C oranları için yukarıdaki sonuca uyumaktadır.)

Şekil 3.19-3.24'de ultrases hızı ile granülometri ilişkisi görülmektedir. En yüksek ultrases hızı A-B granülometrilere ait olan eğrilerde oluşmakta, B granülometrisi eğrileri ortada ve B-C granülometrisi eğrileri de en altta yer almaktadır. (Şekil 3.19, 3.20, 3.22'de 4 adet E/C değeri için istisna durum görülmektedir.)

Bu durumu açıklayabilmek amacıyla çeşitli granülometrilere ait hava boşluklarının ortalama değerleri hesaplanıp aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 4.2. Agrega Granülometrisi ve Ortalama Hava Boşlukları

Granülometri	Ortalama Hava Boşluğu (dm^3/m^3)
A8-B8	14
B8	23
B8-C8	30
A16-B16	7
B16	5
B16-C16	18

Yukarıdaki tabloda, A-B granülometrelerinden B-C granülometrelerine doğru gidildikçe hava boşluğunun genel olarak arttığı görülmektedir. Bu durumda agrega granülometrelerinin, basınç dayanımı ve ultrases hızı üzerindeki yukarıda açıklanan etkilerinin kısmen veya tamamen hava boşluklarındaki farklardan doğduğunu düşünebiliriz.

4.1.5. Numune Boyutunun "Basınç Dayanımı-Ultrases Hızı" Bağıntısına Etkisi

Şekil 3.19-3.24'de ultrases hızı ile granülometri ilişkisi görülmektedir. En yüksek ultrases hızı A-B granülometrelerine ait olan eğrilerde oluşmakta, B granülometrisi eğrileri ortada ve B-C granülometrisi eğrilerinde en altta yer almaktadır. (Şekil 3.19, 3.20, 3.22'de 4 adet E/C değeri için istisna durum görülmektedir.)

Bu durumu açıklayabilmek amacıyla çeşitli granülometrelere ait hava boşluklarının ortalama değerleri hesaplanıp aşağıda belirtilmiştir.

Şekil 3.25 ve 3.30'da görüldüğü üzere, genel olarak 20 cm ve 15 cm'lik numunelere ait eğrilerin oldukça karışık ve düzensiz bir şekilde birbirlerinin içine geçmiş olduğu ve altta kaldığı saptanmıştır. Buna karşılık

7 cm'lik numunelere ait olanlar ise daha üstte yer almaktadır. Bu grafikleri irdeleyerek aynı ultrases hızına sahip numunelerden, daha büyük boyutlu olanların, basınç dayanımlarının da daha yüksek olduğu şeklinde bir sonuç çıkarılabilir. Ancak bu sonuç ortaya konulurken şekil 3.26, 3.27 ve 3.30'da eğrilerin dizilişlerinin çok net olmadığı unutulmamalı ve bu sonucun bir kesinlik taşımadığı düşünülerek biraz ihtiyatla öne sürülmelidir. Numune boyutunun, basınç dayanımı-ultrases hızı üzerindeki etkisi çok kesin olarak saptanamamıştır.

4.1.6. Agreg a Karışım Granülometrisinin "Basınç Dayanımı-Ultrases Hızı" Bağıntısına Etkisi

Şekil 3.31-3.36'da çeşitli granülometrilere ait eğrilerin gelişigüzel olarak birbirinin içine girdiği görülmektedir. Buradan agreg a granülometrisinin "basınç dayanımı-ultrases hızı" ilişkisini belirgin bir şekilde etkilemediği anlaşılmaktadır.

4.2. Bağıntıların İncelenmesi

4.2.1. Basınç Dayanımı ve Ultrases Hızı İle İç Yapı Etkilerinin İlişkisini Veren Bağıntıların İncelenmesi

Basınç dayanımı ve ultrases hızını çeşitli iç yapı etkilerine ve boyut etkisi ile ilgili olan L , D ve L/D etkilerine bağlı olarak ifade eden lineer regresyon bağıntıları ve bunların korelasyon katsayıları bağıntı 3.1.1.1-3.1.1.3 ve bağıntı 3.1.2.1-3.1.2.3'de bunların boyutsuz hale getirilmiş şekilleri ise bağıntı 3.1.1.4-3.1.1.23'de gösterilmektedir. Bu bağıntılarda ya korelasyon katsayıları küçük olmakta; yada sabit terim diğer katsayılardan çok daha büyük çıkmakta ve böylece diğer etkenlerin etkisini örtmektedir. Örneğin, muhtemelen

bu sebepten $C/K.E+h$ etkeninin katsayıları negatif olmaktadır. Bu yüzden, bu bağıntılara dayanılarak yorum yapılmamıştır.

4.2.2. Basınç Dayanımı İle Ultrases Hızı ve Birim Ağırlığının İlişkisini Veren Bağıntıların İncelenmesi

Basınç dayanımı ile ultrases hızı ilişkisini veren bağıntılar, bağıntı 3.2.1 ve 3.2.9 arasındadır. Basınç dayanımı ile ultrases hızı ve birim ağırlığın etkisini birlikte ifade eden bağıntılarsa 3.3.1 ve 3.3.9 nolu bağıntılar arasındadır. Bu bağıntılarda da görüldüğü üzere basınç dayanımını, ultrases hızı ve birim ağırlıkta beraber ifade eden bağıntılar, korelasyon katsayıları daha büyük olmasından dolayı daha güvenilirlerdir.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sınırları içinde elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

- 1- Numune boyutunun azalması basınç dayanımını arttırmıştır.
- 2- Numune boyutunun azalması ultrases hızını da yükseltmiştir. Ancak bu yükselme heterojenliğin artışından değil, "Numune boyutu/Dalga boyu" oranının değişmesinden dolayıdır.
- 3- Granülometrisi A-B eğrileri arasında kalan veya B eğrisine uyan betonlarda, agreganın en büyük tane boyutunun artması basınç dayanımını düşürmüştür. Buna karşı granülometrisi B-C eğrileri arasında kalan betonlarda en büyük tane boyutunun artması basınç dayanımını yükseltmiştir.
- 4- 20 cm boyutlu küplerde, agreganın en büyük tane boyutunun ultrases hızı üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemiştir. Buna karşı numune boyutu küçüldükçe, agreganın en büyük tane boyutunun artması ultrases hızını yükseltmiştir.
- 5- "Numune boyutu/agreganın en büyük tane boyutu" oranının artması, basınç dayanımını ve ultrases hızını azaltmıştır.
- 6- Agregası karışımının incelik modülü azaldıkça basınç dayanımının ve ultrases hızının azaldığı gözlenmiştir.

Ancak bu azalmanın kısmen veya tamamen hava boşluğundaki artıştan doğduğu düşünülebilir.

- 7- Aynı ultrases hızına sahip olan numunelerden, daha büyük boyutlu olanının daha yüksek basınç dayanımına sahip olduğu yönünde bir eğilim gözlenmiştir.
- 8- Agreganın granülometrisinin "Basınç dayanımı-ultrases hızı" ilişkisini belirgin bir şekilde etkilemediği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [11] POSTACIOĞLU, B., Yapı Malzemesi Esasları, Cisimlerin Genel Özellikleri, Cilt 1, Teknik Univ.Mat., Gümüşsuyu, 1966, s.387-393-398.
- [12] ONARAN, Kaşif., Malzeme Bilimi, İTÜ Kütüphanesi,İst. 1989, Sayı 1402.
- [13] POSTACIOĞLU, B., Beton, Cilt 1-2, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul 1987.
- [14] ARIOĞLU, E., Yüksek Mukavemetli Betonlar, Bitirme Ödevi, Haziran 1991.
- [15] SUNER, M Yüksek Mukavemetli Beton, Bitirme Ödevi, Ocak 1991.
- [16] KAHVECİ, R., Bitirme Ödevi, KTÜ İnşaat ve Mimarlık Fak., Haziran 1980.
- [17] NEVILLE, A.M., Properties of Concrete, Pitman Publishing, 1971.
- [18] A.S.T.M. C-42-68.
- [19] HERMITE. L., Au Pied Du Mur, Socie'te'de Diffüsiön des Techniques du Batiment et des TrauauX Publics, Paris 1970.
- [101] GAJANAN, M., Sanis and SAMUEL Aron, Size Effects in Material System-The State of the Art, Structure, Solid Mechanics and Engineering Design., Part 1, 1969.
- [111] HONDURAS, G., "Evaluation of Poisson Ratio and the Modulus of Materials of Low Tensile Resistance by the Brazilian Test with Particular References to Concrete", Austrilian Journal of Applied Science, V-10, No:3, 1959.
- [121] ZDENEK, P., BAZANT, TAGHI, M., HASEGAWA, T., and MAZARS, J., "Size Effect in Brazilian Split-Cylinder Tests:Measurement and Fracture Analysis", ACI Materials Journal, May-June 1991.

- [13] HASEGAWA, T., SNIOYA, T., and OKADA, T., "Size Effect on Splitting Tensile Strength of Concrete", Proceedings, Japon Concrete Institute 7th Conference, June 1985.
- [14] HASEGAWA, T., "Size Effect on Splitting Tensile Strength of Concrete", Institute of Technology, Seimizu Construction Co.Ltd.
- [15] TANIGAWA, Y., and YAMADA, K., "Size Effect in Compressive Strength of Concrete", Cement and Concrete Research, Vol.8, 1978.
- [16] POSTACIOĞLU, B., "Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri", Cilt 1, İTÜ İnşaat Fakültesi, Teknik Univ. Matbaası, 1981.
- [17] AKMAN, S., "Ultrasonik Titreşimlerin Betona Uygulanması", İTÜ Dergisi, Cilt 23, Sayı:3, 1965.
- [18] AKMAN, S., TAŞDEMİR, M., "Ultrasonik Ölçmelerle Beton Mukavemetinin Belirlenmesi", İTÜ Mim. Fak. Y.A.K., Sayı 1, Ocak 1977.
- [19] GALAN, A., "L' Influence des Variations du Rapport de la Teneur en Gravier et en Sable a la Vitesse d'Implusion et a la Correlation entre la Resistance et la Vitesse des Implusions", Rilem II.nd International Symposium, Constanza 4-7, Vol.II, Sept 1974,
- [20] KARSMANSKA, K., "Investigation of the Mechanical Properties of the Arial Carbonate Rocks by means of Ultrasonics", Rilem, II Nol International Symposium, Constanza, Vol II, 1974.
- [21] FACAORU, I., POPESCU, P., STAMATE, Gh, TANNENBAUM, M., "Quality Control of Concrete in Prestressed Elements by Non-Destructive Testing Methods-Incerc", Romania, Bucharest, 1970.
- [22] JONES, R., FACAORU, I., "Recommendations for Testing Concrete by Ultrasonic Pulse Method-Materiaux et Constructions", Rilem, No:10, 1969.

ÖZGEÇMİŞ

02.07.1970 tarihinde Eskişehir'de doğdu. İlkokul öğrenimini Eskişehir Murat Atılğan ilkokulunda tamamladı. Orta öğrenimini Eskişehir Süleyman Çakır Lisesi'nde gördü. Üniversite eğitimini İstanbul Teknik Üniversite'-sinde tamamladı. Yüksek Lisans eğitimi almak için İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ne kaydını yaptırıp İnşaat Fakültesi Yapı Malzeme Ana Bilim Dalı'nda eğitimine devam etti.

**E.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ**