

**HAZIR BETON ÜRETİMİNDE BASINÇ DAYANIMI
STANDART SAPMALARI ETKEN
PARAMETRELERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ
ÜZERİNE ENDÜSTRİYEL BİR ÇALIŞMA**

Burak KALE

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2012

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Burak Kale'nin “Hazır Beton Üretiminde Basınç Dayanımı Standart Sapmaları Etken Parametrelerinin İstatistiksel Analizi Üzerine Endüstriyel Bir Çalışma” başlıklı **İnşaat Mühendisliği** Yapı Malzemeleri Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 15.06.2012 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Doç. Dr. ÖMER ARIÖZ	
Üye	: Prof. Dr. AHMET TUNCAN	
Üye	: Yard.Doç. Dr. FATİH ESER	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**HAZIR BETON ÜRETİMİNDE BASINÇ DAYANIMI STANDART SAPMALARI ETKEN
PARAMETRELERİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ ÜZERİNE ENDÜSTRİYEL BİR ÇALIŞMA**

Burak KALE

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ömer ARIÖZ

2012, 134 sayfa

Bu çalışmanın amacı, hazır beton sektöründe kullanılan hammaddelerin (çimento, agrega, su, mineral ve kimyasal katkı) beton dizaynında optimize edilmesi ve beton basınç dayanımı standart sapmaları etken parametrelerinin istatistiksel analizlerinin yapılmasıdır. Bu endüstriyel çalışmada, çeşitli hammaddeler uygun oranlarda kullanılmış, taze ve sertleşmiş betona ait deneyler yapılmış ve sonuçlar gözlenmiştir. İstatistiki analizler ve puanlama kriterleriyle bir hazır beton tesisinde yapılabilecek iyileştirmeler belirtilmiştir. Bu iyileştirmeler ile hazır beton tesislerinde hedeflenmiş olan iç ve dış müşteri istekleri (pompalanabilirlik, işlenebilirlik, istenilen basınç dayanımı, yerleştirme, düşük maliyet) ve müşteri memnuniyeti sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hazır beton, reçete optimizasyonu, istatistiksel analiz.

ABSTRACT

Master of Science Thesis

AN INDUSTRIAL RESEARCH ON STATISTICALLY ANALYSIS OF COMPRESSIVE STRENGTH STANDART DEVIATIONS' EFFICIENT PARAMETERS AT READY-MIXED CONCRETE PRODUCTION

Burak KALE

Anadolu University

Graduate School of Sciences

Civil Engineering Department Construction Materials Program

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer ARIÖZ

2012, 134 pages

This study aims to optimize the raw materials (cement, aggregate, water, mineral and chemical addmixtures) in mix design and to determine statistic analysis of compressive strength standart deviations' efficient parameters in ready-mixed concrete sector. In this industrial study, the fresh and hardened concrete tests are applied and the results are derived. With statistic analysis and grading criterias feasible enhancements are emphasized for a mix design optimization in ready-mixed concrete batching plant. The requests of internal and external customers (pumpability, workability, requested concrete strength, finishing, low cost) and customer satisfaction are provided.

Keywords: Ready-mixed concrete, mix design optimization, statistic analysis.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamda görüşleri ile katkıda bulunan, hiçbir konuda yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Ömer ARIÖZ' e, Dr. Kadir Kılınç'a ve Çimentaş A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında her an yanımda olan ve bana desteğini esirgemeyen eşim Tuğçe Kale'ye, bugünlere gelmemi sağlayan annem Nihal, babam Abdullah ve kardeşim Barış Kale'ye sonsuz teşekkür ederim.

Tezimi eşim Tuğçe Kale'ye ithaf ediyorum.

Burak KALE

Haziran 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii

1. GİRİŞ	1
1.1. Hammaddeler	4
1.1.1. Portland Çimentosu	4
1.1.1.1. Giriş	4
1.1.1.2. Tarihçe	5
1.1.1.3. Portland Çimentosunun Üretimi	6
1.1.1.4. Portland Çimentosunu Oluşturan Oksitler	6
1.1.1.5. Portland Çimentosunu Oluşturan Ana Bileşenler	7
1.1.1.6. Portland Çimentosundaki Oksit ve Diğer Bileşenlerin Önemi	8
1.1.2. Agregalar	12
1.1.2.1. Giriş	12
1.1.2.2. Agregaların Özellikleri	13
1.1.3. Karışım Suyu	13
1.1.4. Mineral Katkı	14
1.1.4.1. Uçucu Kül	14
1.1.5. Kimyasal Katkı	15

2. DENEYSEL ÇALIŞMA	16
2.1. Malzemeler	16
2.1.1. Çimento	16
2.1.2. Agregas	17
2.1.2.1. A1 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	18
2.1.2.2. A2 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	22
2.1.2.3. A3 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	26
2.1.2.4. A4 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	29
2.1.2.5. A5 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	32
2.1.2.6. A6 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	34
2.1.2.7. A7 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	39
2.1.2.8. A8 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	42
2.1.2.9. A9 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	46
2.1.2.10. A10 Agregas Ocağına ait Agregas Özellikleri	50
2.1.2.11. Agregas Ocaklarına ait Agregas İstatistikleri	54
2.1.2.12. Agregas Ocağı Bazında Agregas Puanlaması	57
2.1.3. Mineral Katkı	88
2.1.4. Kimyasal Katkı	88
2.2. Deney Yöntemleri	89
2.2.1. Taze Beton Deneyleri	89
2.2.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri	89
2.2.3. Agregas Bazında Beton Deneme Karışımları	90
2.2.3.1. A1 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	90
2.2.3.2. A2 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	94
2.2.3.3. A3 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	97
2.2.3.4. A4 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	100

2.2.3.5. A5 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	103
2.2.3.6. A6 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	106
2.2.3.7. A7 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	109
2.2.3.8. A8 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	112
2.2.3.9. A9 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	115
2.2.3.10. A10 Agregasına ait Beton Deneme Karışımları	118
3. DENEYSEL BULGULAR	123
3.1. A1 Agregasına ait Bulgular	123
3.2. A2 Agregasına ait Bulgular	123
3.3. A3 Agregasına ait Bulgular	124
3.4. A4 Agregasına ait Bulgular	125
3.5. A5 Agregasına ait Bulgular	125
3.6. A6 Agregasına ait Bulgular	125
3.7. A7 Agregasına ait Bulgular	126
3.8. A8 Agregasına ait Bulgular	126
3.9. A9 Agregasına ait Bulgular	126
3.10. A10 Agregasına ait Bulgular	127
4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	127
KAYNAKLAR	134

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. A1 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	18
2.2. A1 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	20
2.3. A1 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım	20
2.4. A1 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	21
2.5. A2 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	23
2.6. A2 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	24
2.7. A2 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım	24
2.8. A2 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	25
2.9. A3 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	27
2.10. A3 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	28
2.11. A4 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	30
2.12. A4 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	31
2.13. A5 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	32
2.14. A5 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	33
2.15. A6 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	35
2.16. A6 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	36
2.17. A6 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım	37
2.18. A6 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	38
2.19. A7 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	40
2.20. A7 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	40
2.21. A8 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	42
2.22. A8 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	43
2.23. A8 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım	44
2.24. A8 agrega karışımına ait agrega gradasyonu	44
2.25. A9 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	46

2.26. A9 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	47
2.27. A9 agregası ince agregası karışımı şekilsel dağılım	48
2.28. A9 agregası karışımına ait agregası gradasyonu	48
2.29. A10 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	50
2.30. A10 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım	51
2.31. A10 agregası ince agregası karışımı şekilsel dağılım	52
2.32. A10 agregası karışımına ait agregası gradasyonu	53
2.33. Agregası ocağı bazında 0-3 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri	54
2.34. Agregası ocağı bazında 0-5 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri	55
2.35. Agregası ocağı bazında 5-15 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri	55
2.36. Agregası ocağı bazında 15-25 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri	56
2.37. Agregası bazında 0-3 mm agregası su emme puanlaması	68
2.38. Agregası bazında 0-5 mm agregası su emme puanlaması	68
2.39. Agregası bazında 1 numara agregası su emme puanlaması	69
2.40. Agregası bazında 2 numara agregası su emme puanlaması	69
2.41. 0-3 mm agregası su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	70
2.42. 0-5 mm agregası su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	70
2.43. 1 numara agregası su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	71
2.44. 2 numara agregası su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	71
2.45. Agregası bazında 0-3mm agregası özgül ağırlık puanlaması	72

2.46. Agregada bazında 0-5 mm agregada özgül ağırlık puanlaması	72
2.47. Agregada bazında 1 numara agregada özgül ağırlık puanlaması	73
2.48. Agregada bazında 2 numara agregada özgül ağırlık puanlaması	73
2.49. 0-3 mm agregada özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	74
2.50. 0-5 mm agregada özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	74
2.51. 1 numara agregada özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	75
2.52. 2 numara agregada özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	75
2.53. Agregada bazında 0-3 mm agregada kirlilik puanlaması	76
2.54. Agregada bazında 0-5 mm agregada kirlilik puanlaması	76
2.55. 0-3 mm agregada kirliliğinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	77
2.56. 0-5 mm agregada kirliliğinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	77
2.57. Agregada bazında 0-3 mm ince agregada incelik modülü puanlaması	78
2.58. Agregada bazında 0-5 mm agregada ince agregada incelik modülü puanlaması	78
2.59. 0-3 mm agregada incelik modülünün işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	79
2.60. 0-5 mm agregada incelik modülünün işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	79
2.61. Agregada bazında ince agregada karışım incelik modülü puanlaması	80
2.62. İnce agregada karışım incelik modülünün işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama	80
2.63. Agregada bazında karışım incelik modülü puanlaması	81

2.64. Karışım incelik modülünün işlenebilirlik-dozaj-mukavemet	
üzerindeki etkilerine ait puanlama	81
2.65. A1 agrega puanlaması	82
2.66. A2 agrega puanlaması	82
2.67. A3 agrega puanlaması	83
2.68. A4 agrega puanlaması	83
2.69. A5 agrega puanlaması	84
2.70. A6 agrega puanlaması	84
2.71. A7 agrega puanlaması	85
2.72. A8 agrega puanlaması	85
2.73. A9 agrega puanlaması	86
2.74. A10 agrega puanlaması	86
2.75. Agrega puanlaması	87
2.76. Agrega dizaynının (4 bileşenli) işlenebilirlik-dozaj-mukavemet	
üzerindeki etkileri	87
2.77. Agrega dizaynının (3 bileşenli) işlenebilirlik-dozaj-mukavemet	
üzerindeki etkileri	88
2.78. A1 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	92
2.79. A1 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	93
2.80. A2 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	95
2.81. A2 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	96
2.82. A3 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	98
2.83. A3 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	99
2.84. A4 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	101
2.85. A4 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	102
2.86. A5 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	104
2.87. A5 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	105

2.88. A6 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	107
2.89. A6 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	108
2.90. A7 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	110
2.91. A7 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	111
2.92. A8 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	113
2.93. A8 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	114
2.94. A9 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	116
2.95. A9 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	117
2.96. A10 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları	119
2.97. A10 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi	120
2.98. Hazır beton üretiminde basınç dayanımı standart sapmaları etken parametreleri balık kılçığı modeli.....	121
4.1. Agrega bazında çimento dozajının (C25/30) 28 günlük dayanıma etkisi.....	127
4.2. K1 katkısının agreg bazında çimento dozajının (C25/30) 28 günlük dayanımına etkisi	128
4.3. K2 katkısının agreg bazında çimento dozajının (C25/30) 28 günlük dayanımına etkisi	129
4.4. Beton tasarımları bazında Dayanım/Maliyet oranları	132

ÇİZELGELER DİZİNİ

1.1. Portland çimentosunu oluşturan oksitler ve miktarları	7
1.2. Portland çimentosunu oluşturan ana bileşenler	7
1.3. Çimento ana bileşenlerinin relatif özellikleri	8
1.4. Portland Çimentosunun Tipik Kimyasal Analizi	9
2.1. CEM II B-M(L-W) 42,5 R (09.12.2011 ve 05.01.2012 tarihli) çimentosu analiz raporu	16
2.2. A1 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi	18
2.3. A1 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	19
2.4. A1 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	22
2.5. A1 agrega incelik modülü	22
2.6. A2 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi	22
2.7. A2 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	23
2.8. A2 agregası tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	26
2.9. A2 agregası incelik modülü	26
2.10. A3 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	26
2.11. A3 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	28
2.12. A3 agrega incelik modülü	29
2.13. A4 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	29
2.14. A4 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	31
2.15. A4 agrega incelik modülü	31
2.16. A5 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	32
2.17. A5 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	34
2.18. A5 agrega incelik modülü	34

2.19. A6 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi	34
2.20. A6 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	36
2.21. A6 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	38
2.22. A6 agrega incelik modülü	39
2.23. A7 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	39
2.24. A7 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	41
2.25. A7 agrega incelik modülü	41
2.26. A8 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi	42
2.27. A8 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	43
2.28. A8 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	45
2.29. A8 agrega incelik modülü	45
2.30. A9 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi	46
2.31. A9 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	47
2.32. A9 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	49
2.33. A9 agrega incelik modülü	49
2.34. A10 agregası 0-5 mm dere kumu elek analizi	50
2.35. A10 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi	51
2.36. A10 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri	53
2.37. A10 agrega incelik modülü	54
2.38. Agregası puanlama kriterleri	57
2.39. Agregası özelliklerine ait parametreler arasındaki önem katsayıları	58
2.40. Agregası özellikleri	59
2.41. Agregası puanlaması	60
2.42. Agregası su emmesinin işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	61
2.43. Agregası özgül ağırlığının işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	62

2.44. Agregada kirliliğinin işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	63
2.45. İnce agregada incelik modülünün işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	64
2.46. İnce agregada dizaynı incelik modülünün işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	65
2.47. Karışım incelik modülünün işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	66
2.48. Tesis agregasının işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri	67
2.49. A1 agregasına ait deneme beton reçeteleri	90
2.50. A1 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	91
2.51. A1 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	92
2.52. A2 agregasına ait deneme beton reçeteleri	94
2.53. A2 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	95
2.54. A2 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	96
2.55. A3 agregasına ait deneme beton reçeteleri	97
2.56. A3 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	98
2.57. A3 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	99
2.58. A4 agregasına ait deneme beton reçeteleri	100
2.59. A4 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	101
2.60. A4 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	102
2.61. A5 agregasına ait deneme beton reçeteleri	103
2.62. A5 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	104

2.63. A5 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	105
2.64. A6 agregasına ait deneme beton reçeteleri	106
2.65. A6 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	107
2.66. A6 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	108
2.67. A7 agregasına ait deneme beton reçeteleri	109
2.68. A7 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	110
2.69. A7 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	111
2.70. A8 agregasına ait deneme beton reçeteleri	112
2.71. A8 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	113
2.72. A8 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	114
2.73. A9 agregasına ait deneme beton reçeteleri	115
2.74. A9 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	116
2.75. A9 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	117
2.76. A10 agregasına ait deneme beton reçeteleri	118
2.77. A10 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri	119
2.78. A10 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri	120
2.79. Beton sınıflarına göre beton maliyetleri	131

1. GİRİŞ

Hazır beton, belirli hammaddeleri (çimento, agrega, su, mineral ve kimyasal katkıları) belirli ölçülerde karıştırılarak elde edilen bir ürün olarak düşünülebilir. Hazır beton ile ilgili alınan ilk patent 1903 yılında Almanya’da alınmıştır. Hazır betonun üretilmesi ve nakledilmesi ilk olarak A.B.D’ de 1913 yılında gerçekleşmiştir ve günümüzde kullanılan transmikserler 1926 yılında geliştirilmiştir. Hazır betonun ülkemizde yaygınlaşması 1980 yılından sonra başlamıştır. (Özkul ve ark. 2004)

Son yıllarda artan inşaat sektör hacmi dolayısıyla hazır beton ihtiyacı da bu artışla paralel olarak artmaktadır. Hazır beton günümüzde en çok tercih edilen yapı malzemesidir. Türkiye’de 2010 yılında tüketilen hazır beton yaklaşık olarak 70 milyon m³ civarındadır, bir anlamda kişi başına tüketim 1 m³’dür. Cembureau verilerine göre 2009 yılında çimento üretimi 3 milyar ton olarak belirlenmiştir. Ortalama beton sınıfı çimento dozajı 300 kg çimento olarak düşünüldüğünde, 2009 yılında yaklaşık olarak 9 milyar m³ hazır beton, hazır sıva ve hazır beton mamulleri üretilmiştir. Hazır beton ihtiyacının önümüzdeki yıllarda artması beklenilmektedir. (Şengül 2011)

Beton, çelik kadar ne dayanıklı ne de tok bir malzemedir fakat dünyada en çok tercih edilen mühendislik malzemesidir. Bunun en azından 3 ana nedeni bulunmaktadır. Birincisi beton suya karşı mükemmel bir direnci vardır. Ahşap ve sıradan çeliğe nazaran beton; suyu kontrol etmede, saklamada ve nakletmede herhangi bir bozulmaya uğramadığından dolayı ideal bir malzemedir. İkinci nedeni ise kolay şekil alabilir ve istenilen şekle sokulabilir olduğundan dolayı yapısal beton çok kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise betonun kolayca kalıplara akabilmesini sağlayan taze betonun plastik kıvamıdır. Üçüncü nedeni ise

mühendislik açısından en ucuz ve kolay elde edilebilir bir ürün olmasındandır. Bunların ana nedenlerin dışında betonun tamirat ve bakım masraflarının olmaması ve yangına karşı direncinin daha iyi olması betonun yapı malzemesi olarak tercih edilmesinin nedenlerindendir. (Mehta ve Monteiro 2006)

Beton çekme dayanımı düşük, basınç dayanımı daha yüksek olan bir yapı malzemesidir. İnşaat yapılarında beton basınç dayanımı açısından mühendislere avantaj sağladığından dolayı tercih edilmektedir. Hazır beton ve çeliğin yapılarda kullanılmasıyla elde edilen birlikteliğe ise “betonarme” denilmektedir. Betonarme yapılarda kullanılan hazır betonun basınç dayanımı ise çok çeşitli parametrelerden etkilenmektedir. Başlıca parametreler ise şu şekildedir;

- Su/Çimento (W/C) oranı; bu oran beton içerisindeki karışım suyu ile beton içerisindeki çimento dozajı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu ilişki ise basınç dayanımını ve dolayısıyla beton sınıflarını belirlemektedir. W/C oranı düşük olan bir beton karışımında basınç dayanımının yüksek olması beklenilmektedir.
- Hava miktarı; beton karışımı içerisindeki bulunan hava, karışım içerisinde gözenekli bir yapı oluşturmaktadır. Çimento ve agrega arasındaki aderansı düşüren bu yapı beton basınç dayanımını da olumsuz yönde etkilemektedir.
- Çimento cinsi; ASTM Tip I, Tip II, Tip III, Tip IV ve Tip V şeklinde sınıflandırılan portland çimentoları; hammadde, içerik ve hammadde kullanım oranları dolayısıyla birbirinden ayrılmaktadır. Çimento da beton gibi belirli testlerden geçerek basınç dayanımı belirlenmektedir.

Çimentonun 28 günlük basınç dayanımı direk olarak betonun basınç dayanımına etki etmektedir.

- Agregası; hazır betonun hacmen yaklaşık % 75'ini oluşturan malzemelerdir. Bu yüzden hazır beton üretiminde en çok dikkat edilmesi gereken malzemedir. Agregası kalitesi açısından kirlilik, yassılık, aşınma, donma-çözünme, ASR (alkali silika reaktifliği), AKR (alkali karbonat reaktifliği) önemli olan parametrelerdendir. Bu çalışmada daha çok üstünde durulan kısım olan agregası kalitesi ile ilgili birçok parametre bir sonraki bölümlerde bahsedilmiştir.
- Karışım suyu; TS EN 206'ya göre karışım suyu TS EN 1008 'e uygun olmalıdır. Standartta da bahsi geçtiği üzere içerisinde klor tuzları olmayan, PH 4 olan, organik madde, katı madde içermeyen, kokusuz olmalıdır. Türk Standartları hazır beton içerisinde kullanılacak olan suyun içilebilir su niteliğinde olmasını şart koşmuştur.
- Kimyasal katkıları; hazır beton üretiminde karışım suyuna ilaveten eklenen kimyasal katkıları özellikleri itibarıyla su kesme ve akışkanlaştırma etkileri yaratmaktadır. Su kesme özellikleri itibarıyla karışım suyunda azaltma yaparak W/C oranının düşürülmesi ve basınç dayanımının artırılması sağlanmaktadır. Fakat kimyasal katkı kullanım oranı, içerisindeki hava miktarı, hammadde özelliklerine bağlı olarak betonun bir takım özellikleri pozitif ve negatif yönde etkilenmektedir.
- Kürlenme koşulları; hazır betondan alınan numuneler standart koşullar altında (%100 nemli ortam, 20±2 °C) kürlenmeye tabi tutulmaktadırlar. Bu koşullara tabi tutulmayan numunelerde basınç dayanımlarında farklılıklar meydana gelmektedir.

- Test parametreleri; betondan alınan numuneler kırım zamanı geldiği zaman (örn. ikinci, yedinci, yirmi sekizinci günde) TS EN 12390-4'e uygun, kalibrasyonu yapılmış beton pres cihazlarında basınç dayanımına tabi tutulur. Uygun yükleme hızının olmaması, pres makinesinin kalibrasyonunun olmaması, numunenin düzgün yerleştirilememesi, numunenin alım esnasında ve/veya saklanması esnasında şekilsel bozukluklara sahip olması (kırılma, kalıp uygunsuzluğu) beton basınç dayanımını etkileyen etkenlerdendir.

1.1. Hammaddeler

Hazır beton; Portland çimentosu, agregası, su, kimyasal ve mineral katkıların birlikte uygun oranlarda karıştırılmasıyla üretilen bir yapı malzemesidir. Bu hammaddelerin kalitesini belirleyici analizler, kabul kriterleri ve değerlendirmeler sonraki bölümlerde bahsedilmiştir.

1.1.1. Portland Çimentosu

1.1.1.1. Giriş

Klinkerin çok az miktarda alçıtaşı ile birlikte öğütülmesiyle elde edilen bir ürüne Portland çimentosu denilmektedir. Klinker ise kalker ve kil karışımı hammaddelerin pişirilmeleri ile ortaya çıkan üründür.

Portland çimentosu tanelerin boyutları 1-200 µm arasında değişmektedir. Özgül ağırlığı 3.10-3.15 civarındadır. Torbalanmış çimentonun birim ağırlığı ise 1.5 t/m³ civarındadır.

“Hidratasyon” olarak adlandırılan kimyasal reaksiyonlar çimento ve suyun karışıma girdiği andan itibaren başlamakta ve devam etmektedir. Taze halde yumuşak plastik formda olan çimento hamuru, zaman içerisinde daha az plastik duruma gelmekte ve prizini almaktadır.

Çimento hamurunun priz hızı ve ne hızla dayanım kazanabileceği çimento içerisindeki ana bileşenlere ve su ile arasındaki kimyasal reaksiyonların hangi hızla ve ne ölçüde gerçekleşmiş olmasına bağlıdır. Böyle bir durum ise, çimento içerisindeki ana bileşenlerin oranlarına, çimento tanelerinin inceliğine, reaksiyonların devam edebilmesi için yeterli nemlilik ve sıcaklık ortamının mevcut olup olmamasına bağlı olmaktadır. (Erdoğan 2007)

1.1.1.2. Tarihçe

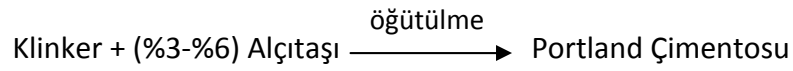
1824 yılında, İngiltere’nin Leeds kentinde Joseph Aspdin isimli bir duvar ustası, hazırladığı ince taneli kalker ve kil karışımını pişirerek ve daha sonra pişirilmiş durumdaki malzemeyi öğüterek bir ürün elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda, elde edilen malzemenin renk ve diğer özellikler bakımından Leeds kentine yakın olan Portland isimli küçük bir adadan getirilen yapı taşlarını andırdığı görülmüştür. Bunun üzerine, İngiltere’deki resmi otoriteye başvuruda bulunan J.Aspdin, elde etmiş olduğu ürün için “Portland Çimentosu” ismini taşıyan bir patent almıştır.

J.Aspdin tarafından üretilen çimento, üretim esnasında malzemenin yeterince yüksek sıcaklıklarda pişirilmediği ve öğütme işleminin çok iyi yapılmadığı için, bugün kullanılmakta olan portland çimentosunun özelliklerine

tamamen sahip olamamıştır. Kil ve kalker karışımı hammaddelerin yüksek sıcaklıklara kadar yeterince pişirilip öğütülmesi sonucu çimento elde edilebilmesi, ilk olarak 1845 yılında, Isaac Johnson isimli bir İngiliz tarafından gerçekleştirilmiştir. (Erdoğan 2007)

1.1.1.3. Portland Çimentosunun Üretimi

Kalkerli ve killi malzemelerden oluşan hammadde karışımı yüksek sıcaklıklara (1350 – 1450 °C sıcaklığa) kadar döner fırında pişirilerek “klinker” adı verilen bir ürün elde edilmektedir. Daha sonra, sıcaklığı çevre sıcaklığına düşerek azalmış olan klinkere %3-%6 oranında alçıtaşı katılarak bu iki malzeme birlikte öğütülmektedir. (Erdoğan 2007)



1.1.1.4. Portland Çimentosunu Oluşturan Oksitler

Portland çimentosunun içerisinde yer alan oksitler Çizelge 1.1’deki gibidir. Çizelge 1.1’de yer alan SO_3 dışındaki bütün oksitler çimento klinkerini de oluşturan oksitlerdir. SO_3 ise klinker içerisinde bulunmamakta, çimento üretiminde kullanılan alçıdan gelmektedir. (Erdoğan 2007)

Çizelge 1.1. Portland çimentosunu oluşturan oksitler ve miktarları (TS 19 - TS 12144)

Genel İsmi	Oksit	Miktarı (%)
Kireç	CaO	60 - 67
Silis	SiO ₂	17 - 25
Alümin	Al ₂ O ₃	3 - 8
Demir	Fe ₂ O ₃	0.5 - 6
Magnezi	MgO	0.1 - 4
Alkaliler	Na ₂ O + K ₂ O	0.2 - 1.3
Kükürt Anhidriti	SO ₃	1 - 3

1.1.1.5. Portland Çimentosunu Oluşturan Ana Bileşenler

Hammadde karışımının fırında pişirilmesi sonucu açığa çıkan ve klinkerin yapısını oluşturan ana bileşenler Çizelge 1.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Portland çimentosunu oluşturan ana bileşenler

Ana bileşenler	Çimento Kimyasına Göre Sembolü
Dikalsiyum silikat, 2CaO.SiO ₂	C ₂ S
Trikalsiyum silikat, 3CaO.SiO ₂	C ₃ S
Trikalsiyum aluminat, 3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetrakalsiyum aluminoferrit, 4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Çizelge 1.3’de görülebileceği gibi çimento hamurunun kazanabileceği nihai dayanım C_3S ve C_2S gibi kalsiyum silikatlı ana bileşenleri hidratasyonu sonucunda oluşmaktadır. Fakat C_2S bileşeninin ilk günlerdeki dayanıma etkisi az, son dayanıma etkisi ise daha çoktur. C_3A bileşeninin ise ilk günlerde ve son günlerdeki dayanıma etkisi azdır. Aslında C_3A bileşeninin ilk birkaç saat içerisinde dayanıma katkısı oldukça fazladır ama ilk dayanım süresi bir hafta olduğu düşünülürse bağlayıcılık değerinin düşük olduğu belirtilebilmektedir. (Erdoğan 2007)

Çizelge 1.3. Çimento ana bileşenlerinin relatif özellikleri

	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Reaksiyon Hızı	Orta	Yavaş	Hızlı	Orta
Hidratasyon Isısı	Orta	Az	Çok yüksek	Orta
İlk günlerdeki dayanım	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Son günlerdeki dayanım	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük

1.1.1.6. Portland Çimentosundaki Oksit ve Diğer Bileşenlerin Önemi

Çimento yapısında bulunan oksitlerin miktarları TS 687 VE ASTM C 114 standartlarında belirtilen kimyasal analiz yöntemleriyle yapılmaktadır. Fakat bu oksit miktarlarının bulunmasının yanı sıra, “çözünmeyen kalıntı”, “kızdırma kaybı” ve klor iyonu olarak adlandırılan bazı değerler de elde edilmektedir. Çizelge 1.4’te örnek verilmiş olan Portland çimentosunun tipik kimyasal analizinde oksitler ve ağırlıkça değerleri görülmektedir. (Erdoğan 2007)

Çizelge 1.4. Portland Çimentosunun Tipik Kimyasal Analizi

Oksitler ve Diğer Değerler	Miktarları (ağırlıkça,%)
CaO	63.6
SiO ₂	20.7
Al ₂ O ₃	6.0
Fe ₂ O ₃	2.4
SO ₃	2.1
MgO	2.6
Na ₂ O	0.1
K ₂ O	0.9
Çözünmeyen kalıntı	0.2
Kızdırma Kaybı	1.4
Serbest CaO	1.4
Cl ⁻	maksimum 0.1

CaO, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ miktarlarının önemi: Çimentonun bağlayıcılık kazanma hızı, hidratasyon hızı, hidratasyon ısısı gibi özellikleri çimentodaki ana bileşenlerin (C₂S, C₃S, C₃A, C₄AF) ne miktarda yer almış olduğuna bağlıdır. Yukarıda bahsi geçen oksitler ise çimento ana bileşenlerini oluşturan oksitlerdir ve dolayısıyla çimento ana bileşenlerinin miktarlarını etkilemektedirler.

SO₃ miktarının önemi: Çimentonun çok erken priz yapmasını önlemek amacıyla, çimento üretiminde klinker ve küçük bir miktar alçıtaşı birlikte öğütülmektedir. Yeterli miktarda alçıtaşı kullanılmadığı takdirde priz süresi kısaltmakta, gereğinden fazla kullanıldığı takdirde ise çimento hamuru genleşip hasar görmektedir.

MgO miktarının önemi: Portland çimentosu içerisindeki MgO, serbest CaO ve alkaliler, çimento hamurunun ve betonun özelliklerinde olumsuz etkiler yaratabilecek oksitlerdir. MgO, çimento hammaddelerinden olan kalkerden

gelmektedir ve döner fırındaki pişirme işlemiyle ortaya çıkmaktadır. Belirli bir miktardan fazla olması durumunda (%5'den fazla) sertleşmiş durumdaki çimento hamurunun veya betonun içerisinde içsel genleşmelere yol açarak betonun veya çimento hamurunun çatlamasına sebep olmaktadır.

Na₂O ve K₂O miktarlarının önemi: Çimento hammaddelerinde bulunabilecek olan bu alkaliler üretilen çimentonun yapısında da yer almaktadır. Beton üretiminde kullanılan agregalarda reaktif silis veya reaktif karbonat olması durumunda “alkali agreg reaksiyonu” meydana gelmektedir. Sonuç olarak çok büyük su emme kapasitesine sahip jeller meydana gelmekte ve büyük çapta genleşmeler oluşabilmektedir. Alkali agreg reaksiyonu zaman içerisinde geliştiğinden dolayı sertleşmiş beton içerisinde genleşmeler yaratıp çatlamalara ve hatta kırılmalara sebep olmaktadır. Bu nedenle çimento yapısında olan alkalilerin belirli bir seviye olması istenmektedir. ($\text{Na}_2\text{O} + 0.66\text{K}_2\text{O} < \%0.6$)

Çözünmeyen kalıntı miktarının önemi: Hidroklorik asit içerisinde konulan çimento numunesinin asit içerisinde çözünme göstermeyen kısmıdır. Döner fırında reaksiyon esnasında görev almamış bir miktar silis hidroklorik asit içerisinde çözünmemektedir ve çözünmeyen kalıntı miktarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Aslında çözünmeyen kalıntı yüzdesi döner fırındaki reaksiyonların tam olarak yer oluşup oluşmadığını göstermekte ve dolayısıyla yapılan üretimin ne denli mükemmel olduğuna işaret etmektedir. ($\text{I.R.} < \%0.75$)

Kızdırma kaybı miktarının önemi: Yüksek sıcaklıkta (950-1000 °C) kızdırılma sonucunda çimento bileşeninden ayrılacak maddeler, çimento içerisinde bulunabilecek olan nem ve karbon dioksittir. Çimento bünyesinde bulunabilecek olan nemin önemli bir miktarı havadaki nemin çimento ile reaksiyonundan ve böylece çimentonun bir bölümünün prehidratasyon yapmasından

kaynaklanmaktadır. Böyle bir reaksiyona maruz kalan çimentonun bağlayıcılık özellikleri azalmaktadır. Nemin bir kısmı ise çimento üretiminde kullanılan alçıdan gelmektedir. Çimento içerisindeki serbest CaO ve MgO havadaki nem ve CO₂ ile reaksiyonu sonucunda CaCO₃ ve MgCO₃ oluşmaktadır, yüksek sıcaklıklarda kızdırılan çimentoda ise CO₂ ayrılmakta ve çimento bünyesinde kayıp oluşturmaktadır. Kızdırma kaybı miktarı, çimentonun uygun koşullarda saklanmadığını veya uzun süre bekletilmiş olduğunu göstermektedir. Portland çimentosunun kızdırma kaybının belirli bir değerden yüksek olmaması istenmektedir. (K.K. < %3)

Serbest CaO miktarının önemi: Çimento hammaddesinde bulunan serbest CaO tamamının çimento ana bileşenlerinin oluşumunda yer alması beklenmektedir. Fakat bazen bir miktar CaO serbest biçimde çimento içerisinde yer alabilmektedir. Bu durumda serbest CaO çimento hamurunun içerisinde su ile birleşerek Ca(OH)₂ oluşturmakta ve bir miktar ısı açığa çıkmaktadır. Bu esnada ise hacim genleşmesi meydana gelmekte ve sertleşmiş çimento hamurunda çatlamlar oluşabilmektedir.

Cl⁻ miktarının önemi: Cl⁻ iyonunun çimento içerisinde %0.1' den fazla olması durumunda betonarme yapılarda kullanılan demir donatılardaki korozyon artmakta ve beton ile demir donatı arasındaki aderans azalmaktadır.

1.1.2. Agregalar

1.1.2.1. Giriş

Agregalar, beton yapımında kullanılan kum, çakıl ve kırmataş gibi malzemelerdir. Beton hacminin %75'i agregalar tarafından oluşmaktadır. Agregalar, beton maliyetinin içerisinde çimentoya nazaran daha ekonomik bir malzemedir, o nedenle istenilen hacim içerisinde daha yüksek oranda agregalar kullanılmak istenir. Agregalar sadece ekonomik olduğu için betonda kullanılmamaktadır, sağladığı teknik avantajlar ile betonun performansını önemli ölçüde şekillendirmektedir. (Erdoğan 2007)

- Çimento hamuru zaman içerisinde kuruyarak büzülme gösteren bir malzemedir. Beton içerisinde yer alan agregalar bu hacim küçülmesini önlemekte ve oluşabilecek çatlamları engellemektedir.
- Beton içerisinde kullanılan agregalar, genellikle sert ve dayanımı yüksek olan malzemelerdir. Agregalar dayanımının yüksek olması beton dayanımının da yüksek olmasını sağlamaktadır.
- Ekonomi avantajı getirmektedir.

2003 yılında yapılan bir araştırmada ankete katılan THBB üyelerinden alınan bilgilere dayanarak agregalar kullanımı yıllık 20 milyon ton olarak bildirilmiştir. Bu kullanımın %17'si doğal olarak elde edilirken, %83'ü kırma olarak elde edilmeye başlanmıştır. Doğal agreganın ise %22'si deniz kumu, %78'i ise dağ ve dereden elde edilmiştir. Agregalarda başlıca sorun kirlilik olarak nitelendirilmiştir. Sadece doğal kumlarda değil kırma kum üretiminde aksaklık olan tesislerde de bu problem yaşanmaktadır. Her 100 teslimatın ortalama 1,6'sında kirlilik, 1,3'ünde agregalar boyutlarında farklılık, 1'inde yassılık tespit edilmiştir. Agregalar kalitesindeki dalgalanmalardan dolayı her 100 teslimattan 1'inde beton kalite problemi yaşanmakta, ortalama 0,5'inde çimento dozaj artırımı yapılmaktadır. (Öztürk ve ark. 2003)

1.1.2.2. Agregaların Özellikleri

Agregalar Türk Standartları ve Amerikan standartlarına göre değerlendirilmekte ve avantaj/dezavantaj yapan özelliklerine belirlenmektedir. Bu değerlendirme kapsamında agregalar üzerinde; agrega tane sınıfları, iri agregaların yassılık indeksi, ince agregalar için çok ince madde muhtevası, çok ince malzeme kalitesi için kum eş değeri, çok ince malzeme kalitesi için metilen mavisi, iri agregaların parçalanmaya karşı direnci (Los Angeles), su muhtevası, tane yoğunluğu ve su emme oranı, yığın yoğunluğu, şekil indisi, iri agregalarda kavkı içeriği, alkali silika reaktifliği, kuruma çekmesi tayini, alkali karbonat reaktifliği, agregalarda sülfat içeriği, suda çözünebilir klorür tuzları, toplam kükürt muhtevası, hafif organik kirleticiler, organik madde tayini, donma çözünme deneyi gibi deney ve analizler yapılarak agrega özellikleri ortaya çıkmaktadır.

Bu analiz metodlarının bir kısmı deney sıklıklarına bağlı olarak hazır beton tesis laboratuvarlarında kolaylıkla yapılabilmekte bir kısmı ise yetkili kurumlarda yapılabilir.

1.1.3. Karışım Suyu

TS EN 206'ya göre karışım suyu TS EN 1008'e uygun olmalıdır. Standartta belirtildiği üzere kabul şartları şu şekildedir. Deterjanlar; herhangi bir köpük iki dakika içerisinde kaybolmalı, renk; geri kazanılan suların dışında rengi açık sarıdan daha açık olmalı, askıda kalan madde miktarı; geri kazanılan suların dışında 4 ml'den az olmalı, koku; geri kazanılan sularda içinde çimento veya yüksek fırın cürufu çimento olması halinde az bir miktar sülfür kokusu dışında

koku bulunmamalı, diğer sular içilebilir sularda bulunanın dışında herhangi bir koku bulunmamalı hidroklorik asit eklendiğinde hidrojen sülfür kokusu alınmamalı, asitler; pH≥4 olmalı, organik madde; NaOH eklendiğinde belirlenen renk sarıya dönük kahverengi veya daha açık olmalıdır.

1.1.4. Mineral katkı

1.1.4.1. Uçucu kül

Termik santrallerde kömürün yakılması sonucu bacalarda biriken atık külün toplanması ile elde edilen üründür. (Şengül 2011) Uçucu külün kimyasal bileşimi ve özellikleri kullanılan kömürün kalitesine ve bileşimine göre değişiklik göstermektedir. (Özkul ve Pekmezci 2008)

Uçucu kül tane çapı 1 ile 150 µm arasında ve inceliği 3500 ile 5000 cm²/g olarak değişmektedir. Uçucu kül beton karışımı içerisinde bağlayıcının bir kısmını oluşturabileceği gibi çimento yerine de kullanılabilir. Uçucu külün pozolanik aktivitesi, kalsiyum silikat hidrat moleküllerini oluşturan ince granüle yapıda camsı silika ve kirecin olması durumudur. Bu aktivitenin yüksek olması mekanik dayanımı da artırmaktadır. (Gambhir 1986)

Uçucu külün çimento yerine kullanım oranı %10 ile %30 arasında seyretmektedir. %30'un üzerinde kullanılan uçucu küllü karışımlarda betonun prizini geç aldığı bu da betondan istenilen performansın alınamadığını göstermektedir. Dünyada en yaygın olarak kullanılan pozolan uçucu küldür ve üretimi yaklaşık 450 milyon ton/yıl'dır. Fakat bu üretimin sadece %6'sı gibi bir kısmı çimento ve hazır beton sektörlerinde kullanılmaktadır. Türkiye'de faal

olarak çalışmakta olan 12 adet termik santral bulunmaktadır. Kimyasal bileşimine göre F ve C tipi olarak adlandırılan uçucu küllerden F tipi uçucu kül sadece Çatalağzı Termik Santrali'nden elde edilmektedir. Diğer tüm santraller ise C tipi uçucu küllere sahiptir. (Şengül 2011)

1.1.5. Kimyasal katkı

Beton içerisinde kullanılan kimyasal katkıları beton özelliklerini iyileştirmek ve beton maliyetlerini azaltmak amacı ile kullanılmaktadır. (Erdoğan 2007)

Kimyasal katkıları yardımıyla iyileştirilen beton özellikleri; erken yaşlarda dayanım kazanma, erken priz geciktirilmesi, beton basınç dayanımının artırılması, işlenebilirliğin artırılması, hidrasyon ısısının düşürülmesi, pompalanabilirliğin artırılması, segregasyonun azaltılması, eski ve yeni beton arasındaki bağların kuvvetlendirilmesi şeklinde sıralanabilir. (Gambhir 1986)

Kimyasal katkıları kendi içinde işlevlerine ve hammaddelerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Bu katkıları işlevlerine göre; su azaltıcı (akışkanlaştırıcı), priz geciktirici, priz hızlandırıcı, yüksek miktarda su azaltıcı, hava sürükleyici, antifrizler, su geçirimsizlik katkıları olarak ayrılmaktadırlar. Hammaddelerine göre; sodyum naftalin sülfonat esaslı, ligno sülfonat esaslı, melamin sülfonat esaslı ve polimer esaslı olmak üzere sınıflandırılmaktadırlar.

Birçok kimyasal katkıları çimento içerisindeki hammaddelere ve bu hammaddelerin kaynaklarına, ince agrega gradasyonuna ve içeriğine diğer katkıları örneğin hava sürükleyiciler birçok başka nedenden dolayı etkilenebilirler.

Buna göre istenilen performansı elde etmek için kimyasal katkı formülü ve dozajı çok dikkat isteyen bir konudur. (Dewar ve Anderson 1992)

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışma kapsamında beton hammaddelerin (çimento, agrega, mineral ve kimyasal katkı) özellikleri belirlenmiş olup; agrega bazında güncel hammaddelerle birlikte deneme beton karışımları yapılmıştır.

2.1. Malzemeler

2.1.1. Çimento

Deneme beton karışımlarında kullanılan CEM II B-M(L-W) 42,5 R* çimentosuna ait analiz raporu Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 2.1. CEM II B-M(L-W) 42,5 R (09.12.2011 ve 05.01.2012 tarihli) çimentosu analiz raporu

	09.11.2011 tarihli örnek	05.01.2012 tarihli örnek
% MgO	1,3	1,27
% Si ₂ O	21,31	21,83
% Al ₂ O ₃	6,53	7,23
% CaO	59,44	56,71
% Na ₂ O	0,32	0,37
% K ₂ O	0,80	0,86
% SO ₃	2,97	3,33

Çizelge 2.1. (Devam) CEM II B-M(L-W) 42,5 R (09.12.2011 ve 05.01.2012 tarihli)

çimentosu analiz raporu

	09.11.2011 tarihli örnek	05.01.2012 tarihli örnek
% CI	0,003	0,002
2 günlük dayanım (MPa)	29	28,9
7 günlük dayanım (MPa)	46	47,3
28 günlük dayanım (MPa)	58,6	59,5
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3	2,99
Özgül yüzey (cm ² /gr)	3670	3890
0,09 mm (%)	0,1	0,2
0,032 mm (%)	7,1	12
Hacim sabitliği (mm)	1	1,5
Priz Süresi başlangıç (dakika)	165	160
Priz Süresi sonu (dakika)	260	250
% Vicat Suyu	29,6	29,8

* CEM II B-M(L-W) 42,5 R: İçerisinde %65-79 klinker, %21-35 kalkersi uçucu kül ve kalker ve %0-5 oranında minör ilave bileşenler olan, hızlı priz alan Portland kompoze çimentosudur.

2.1.2. Agregat

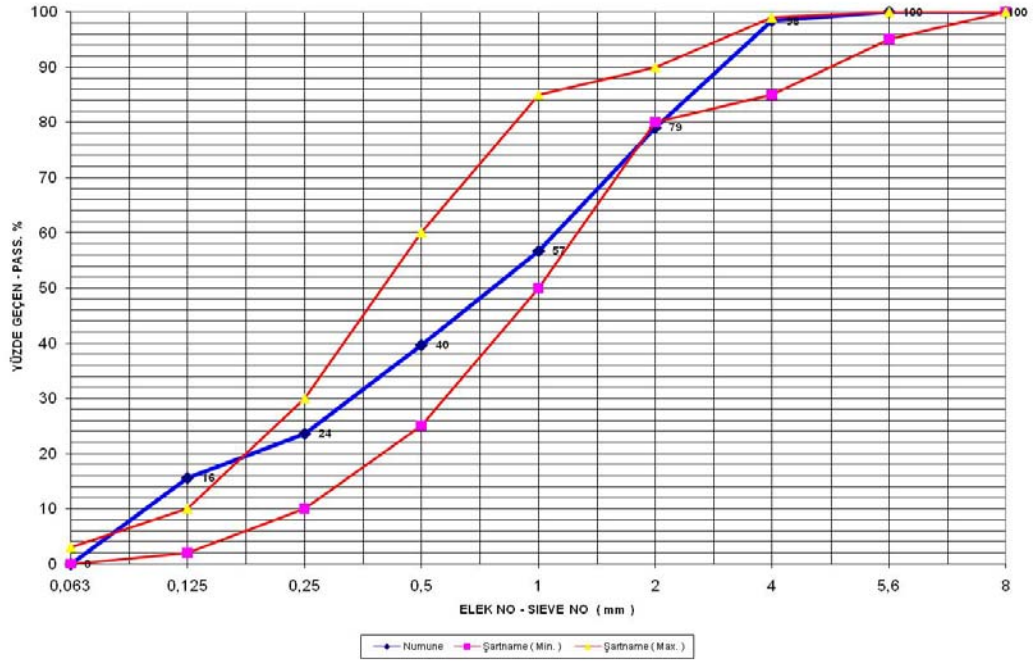
Agregat özellikleri agregat ocağı bazında incelemiş, agregalar üzerinde etken parametreler ve kriterler belirlenmiş ve bu bölümün sonunda tesis agregat puanlamaları yapılmıştır. Deneylerde kullanılan agregalar temin edilen ocaklarına göre A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 şeklinde isimlendirilmiştir.

2.1.2.1. A1 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A1 agregası ocağına ait agregası özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.2. A1 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-3 mm kırma kum		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	21	2	2	98	(90-100)
2,0	251	19	21	79	
1,0	291	22	43	57	(35-75)
0,5	222	17	60	40	
0,25	208	16	76	24	(8-25)
0,125	104	8	84	16	
Alt Tane	203	16	100	0	
Toplam	1300				

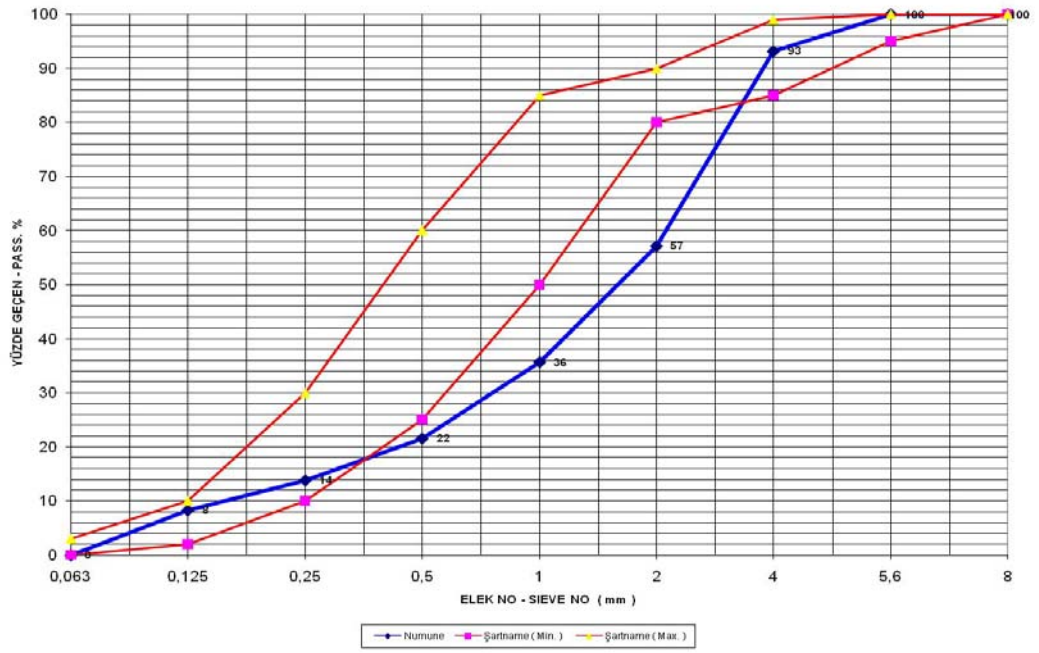


Şekil 2.1. A1 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

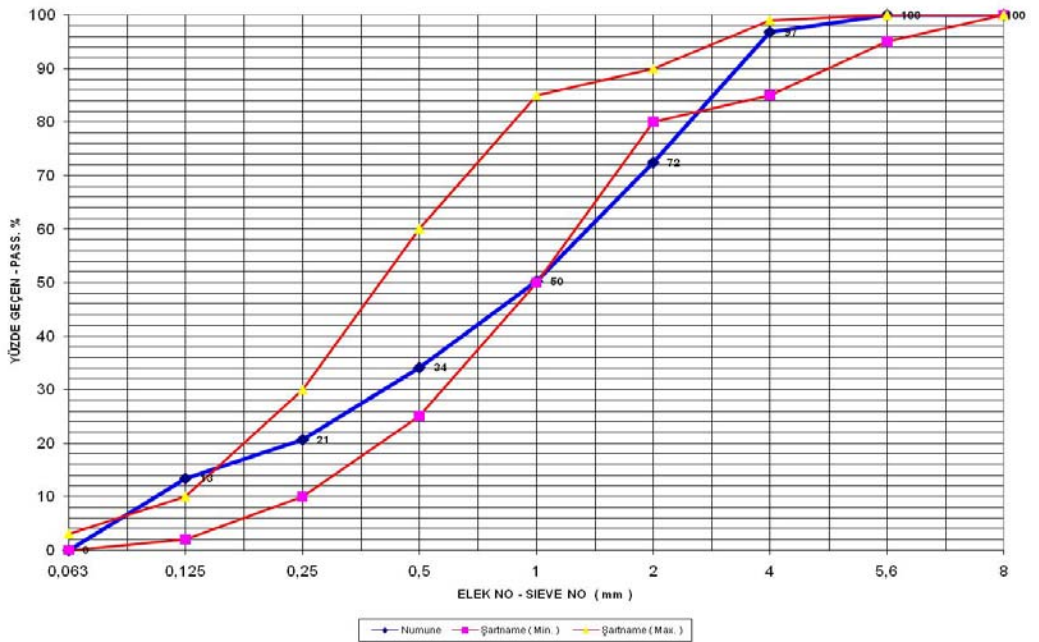
Şekil 2.1, 0-3 mm kırma kum malzemenin kendi içindeki dağılımını göstermektedir. Burada malzeme genel olarak üst ve alt limitler arasında yer almakta, fakat 0,125 mm elekte ise 0-3 mm malzemenin nispeten incelendiği görülmektedir. Bu durum beton dizaynının pompalanabilirliği arttırabileceğini göstermekte öte yandan beton dizaynının karışım suyu ihtiyacını da arttırmaktadır.

Çizelge 2.3. A1 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm kırma kum		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	89	7	7	93	(90-100)
2,0	468	36	43	57	
1,0	280	22	64	36	(35-75)
0.5	183	14	78	22	
0.25	100	8	86	14	(8-25)
0.125	72	6	92	8	
Alt Tane	108	8	100	0	
Toplam	1300				

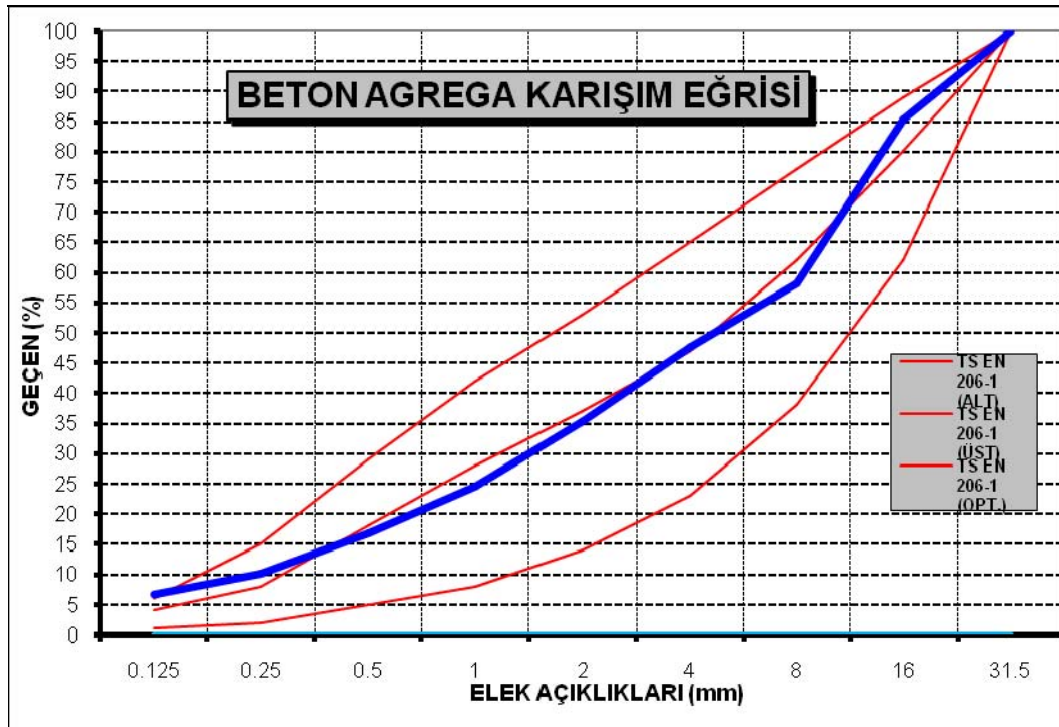


Şekil 2.2. A1 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım



Şekil 2.3. A1 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım

0-5 mm kırma kum malzemenin kendi içindeki dağılımına bakıldığında (Şekil 2.2) 0,5 mm, 1 mm ve 2 mm eleklerden geçen malzeme miktarı alt limitlerin de altında olduğu ve istenen incelikte olmadığı görülmektedir. İnce agreganın karışım dizaynının kendi içerisinde dağılımına bakıldığında (Şekil 2.3) bu karışımında limit değerler arasında seyretmediği görülmektedir.



Şekil 2.4. A1 agregası karışımına ait agregası gradasyonu

Şekil 2.4'te A1 agregasıyla yapılan karışım dizaynına bakıldığında, dizaynın pompalanabilir beton eğrisi üzerinden ilerlediği görülmektedir. Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'teki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.4. A1 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-3 mm kırma kum		0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,63	2,63	1,63	2,63	0,94	2,63	0,88	2,64

Çizelge 2.5. A1 agrega incelik modülü

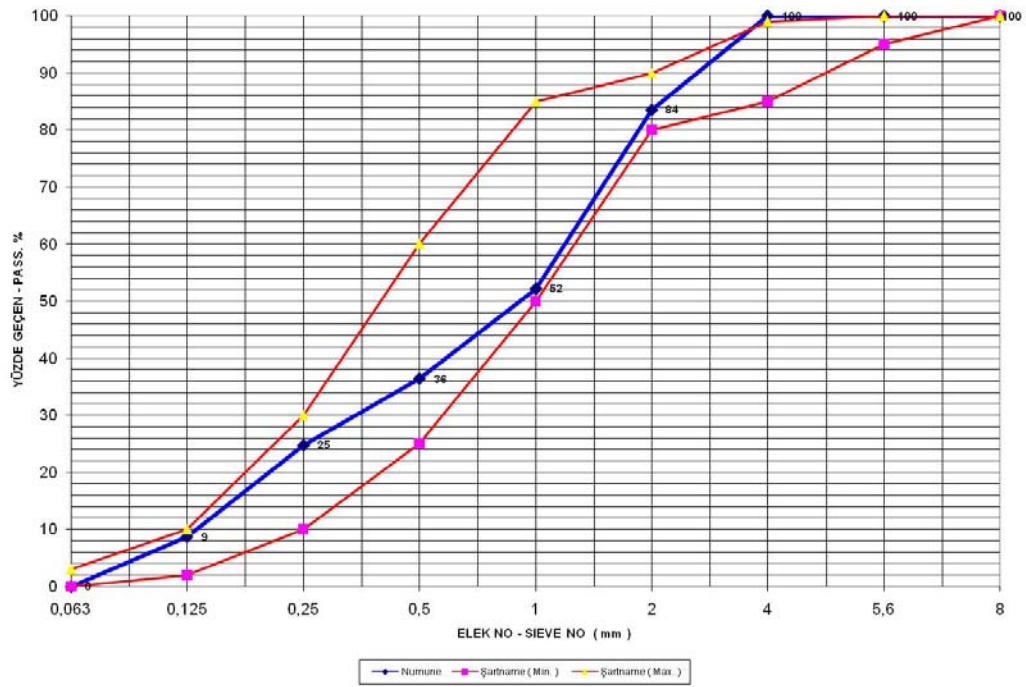
0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,01	2,79	4,22

2.1.2.2. A2 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A2 agregasına ait agrega özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.6. A2 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-3 mm kırma kum		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	0	0	0	100	(90-100)
2,0	288	16	16	84	
1,0	548	31	48	52	(35-75)
0,5	278	16	64	36	
0,25	203	12	75	25	(8-25)
0,125	282	16	91	9	
Alt Tane	151	9	100	0	
Toplam	1750				

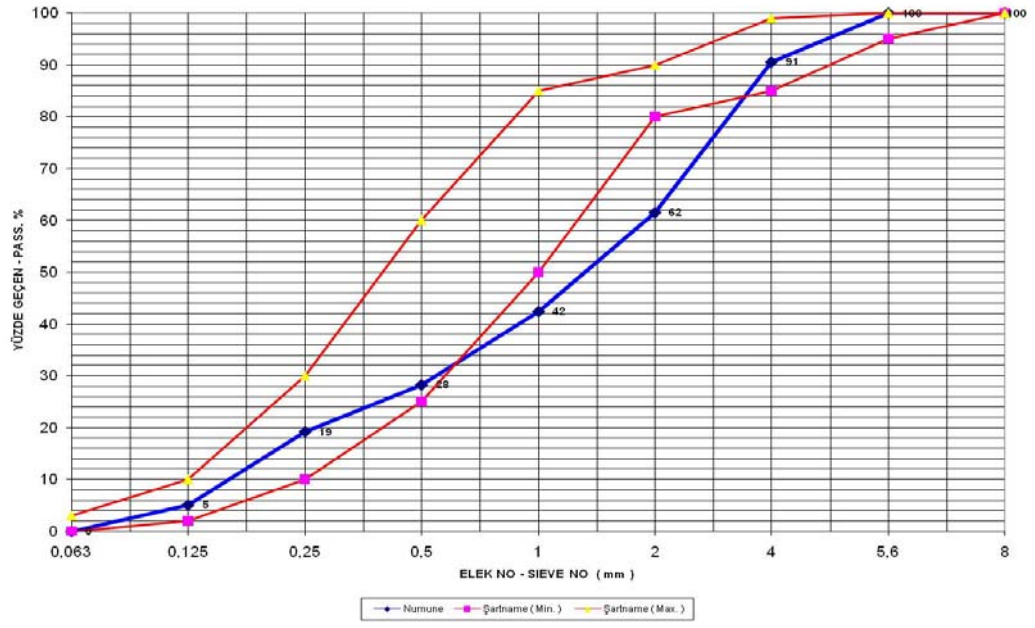


Şekil 2.5. A2 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

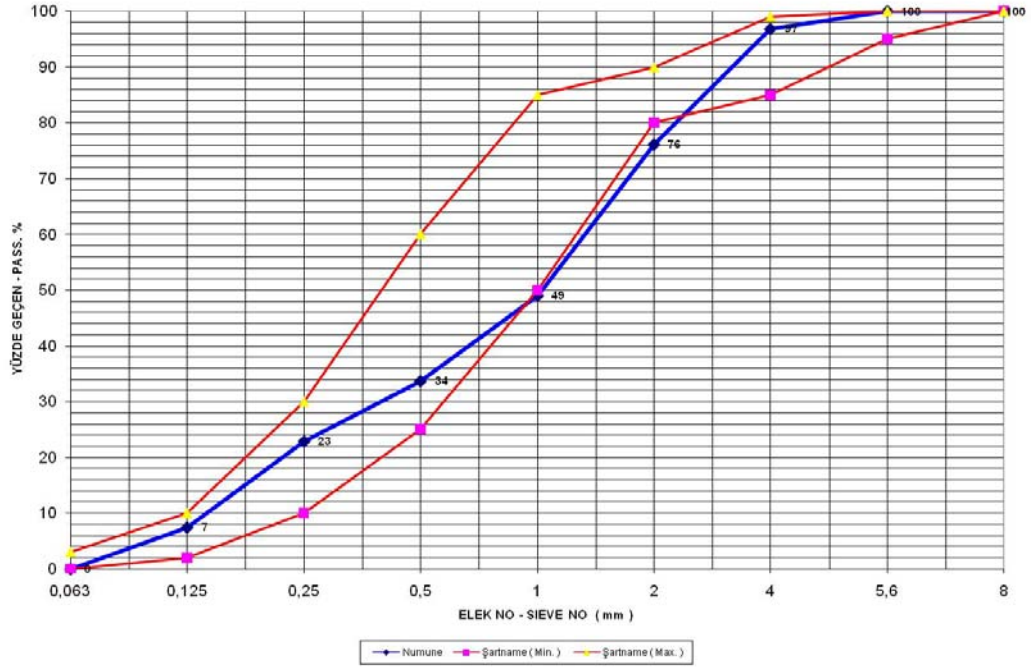
Şekil 2.5'te A2 agregasına ait 0-3 mm kırma kum malzemenin kendi içindeki dağılımına bakıldığında agreganın şartname limitleri arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.7. A2 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm kırma kum		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	198	9	9	91	(90-100)
2,0	609	29	38	62	
1,0	402	19	58	42	(35-75)
0.5	297	14	72	28	
0.25	192	9	81	19	(8-25)
0.125	296	14	95	5	
Alt Tane	106	5	100	0	
Toplam	2100				

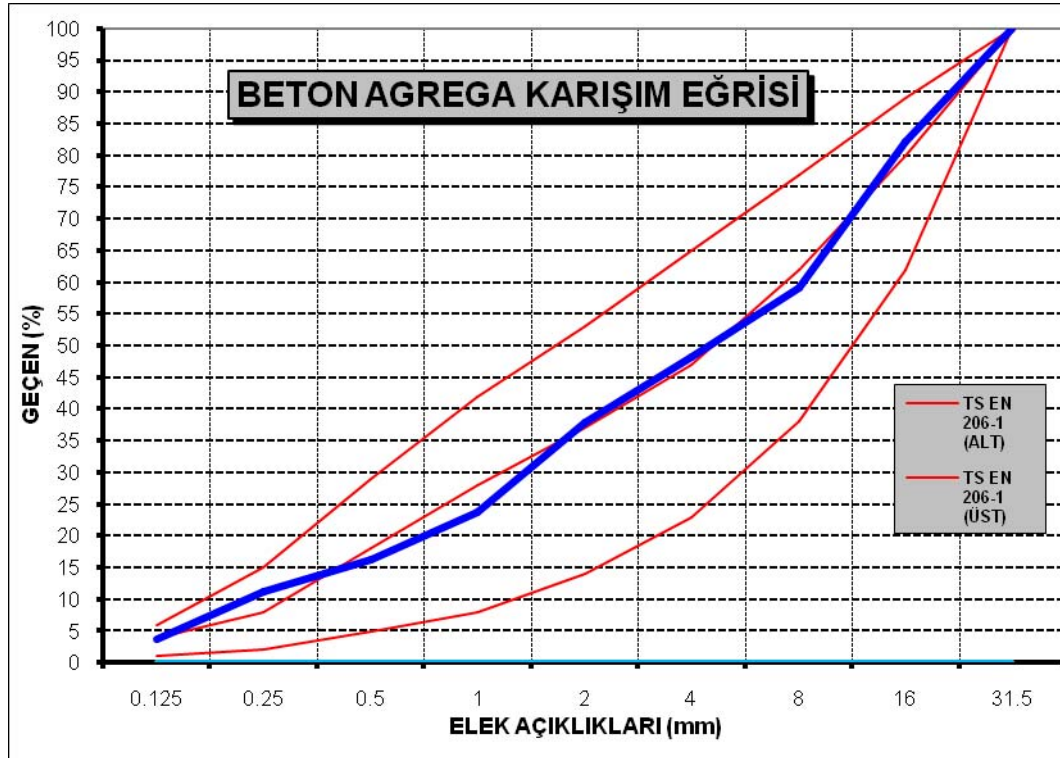


Şekil 2.6. A2 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım



Şekil 2.7. A2 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım

0-5 mm kırma kum malzemenin kendi içindeki dağılımında (Şekil 2.6) malzemenin 1 mm ve 2 mm elek alt sınır değerlerinden daha aşağıda olduğu, malzemenin bu gradasyona sahip kısmının ise kaba olduğu görülmektedir. İnce agreganın bu gradasyona sahip kısmının ise kaba olduğu görülmektedir. İnce agreganın bu gradasyona sahip kısmının ise kaba olduğu görülmektedir. İnce agreganın bu gradasyona sahip kısmının ise kaba olduğu görülmektedir. İnce agreganın bu gradasyona sahip kısmının ise kaba olduğu görülmektedir.



Şekil 2.8. A2 agregası karışımına ait agregası gradasyonu

Agregası karışımına bakıldığında ise dizaynın pompalanabilir beton eğrisi üzerinden gittiği görülmektedir. Çizelge 2.8 ve Çizelge 2.9'daki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.8. A2 agregası tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-3 mm kırma kum		0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,21	2,67	1,2	2,66	0,94	2,65	0,64	2,65

Çizelge 2.9. A2 agregası incelik modülü

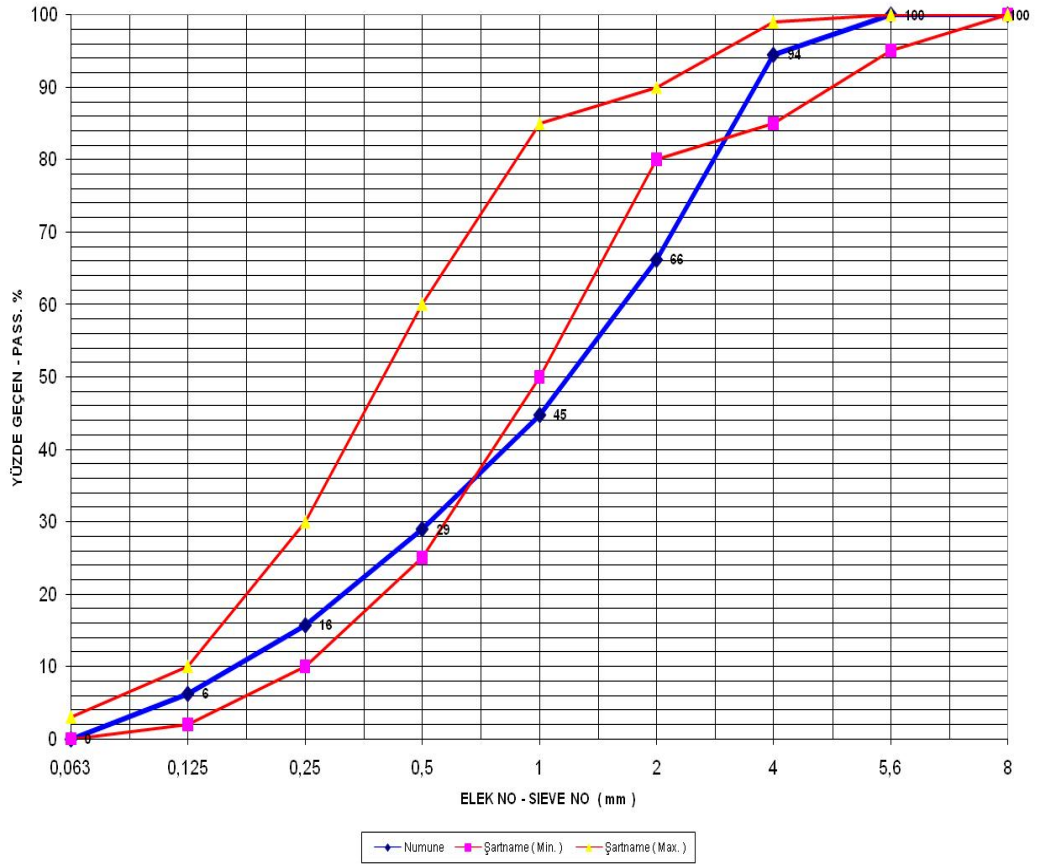
0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,03	2,58	4,21

2.1.2.3. A3 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A3 agregasına ait agregası özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

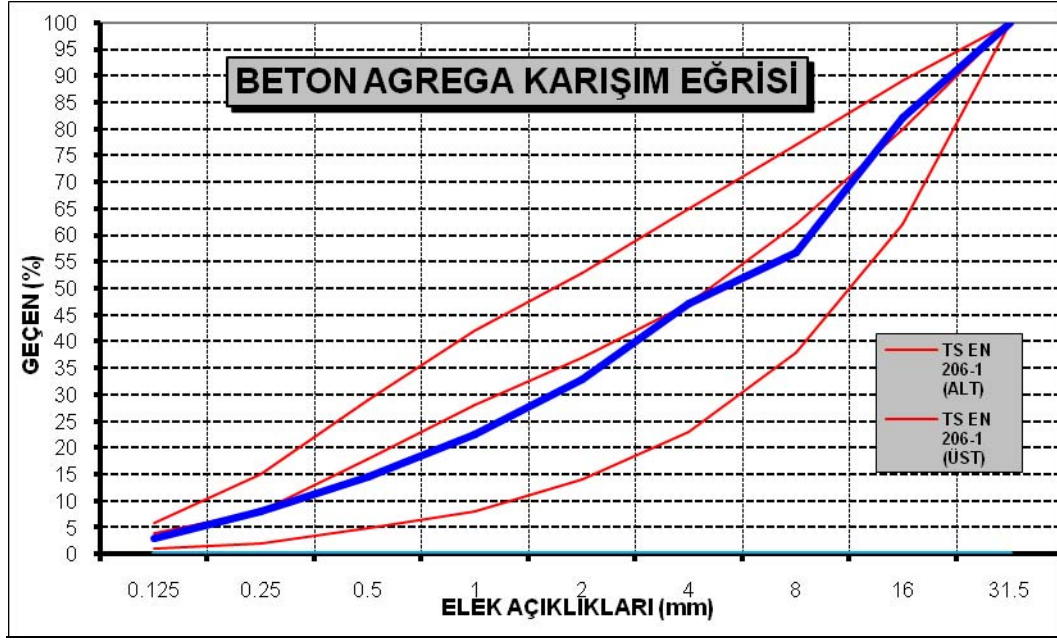
Çizelge 2.10. A3 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm Kırmataş		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	116	6	6	94	(90-100)
2,0	592	28	34	66	
1,0	449	21	55	45	(35-75)
0,5	332	16	71	29	
0,25	276	13	84	16	(8-25)
0,125	200	10	94	6	
Alt Tane	130	6	100	0	
Toplam	2095				



Şekil 2.9. A3 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

A3 agregasına ait 0-5 mm kırma kum malzemesine ait elek analizine baktığımızda 0,25 mm elekten geçen malzeme % 16 olduğu görülmektedir.(Çizelge 2.10) Dolayısıyla pratikte bu yüzdenin % 20'nin aşağısında olduğu durumlarda pompalanabilirlikte zorlanma oluşturabildiği bir durum ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 2.10. A3 agrega karışımına ait agrega gradasyonu

Agrega karışım dizaynına bakıldığında ise karışımın pompalanabilir eğri altında olduğu ve dolayısıyla nispeten kaba bir dizayn olduğu görülmektedir. Dizaynda ince agrega yüzdesinin bir miktar arttırılmasıyla dizayn pompalanabilir eğri üzerine çekilebilir. Çizelge 2.11 ve Çizelge 2.12'deki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.11. A3 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,25	2,67	0,77	2,66	0,88	2,66

Çizelge 2.12. A3 agrega incelik modülü

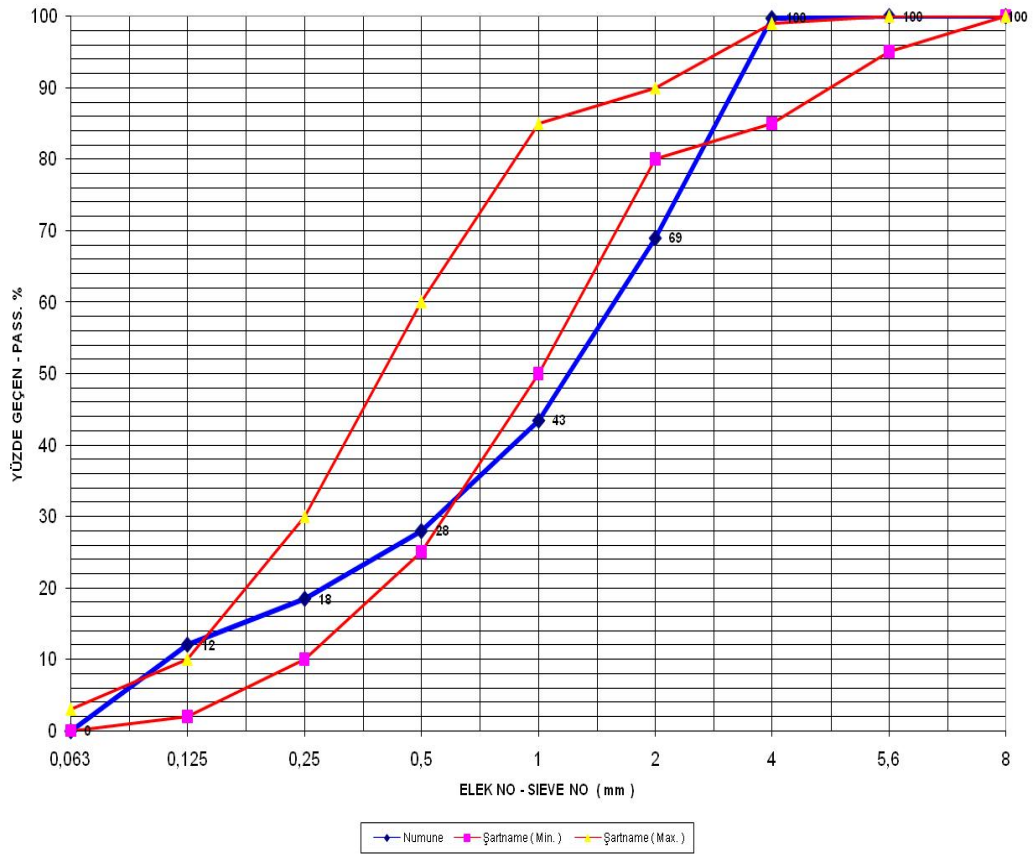
0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,50	4,36

2.1.2.4. A4 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A4 agregasına ait agrega özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

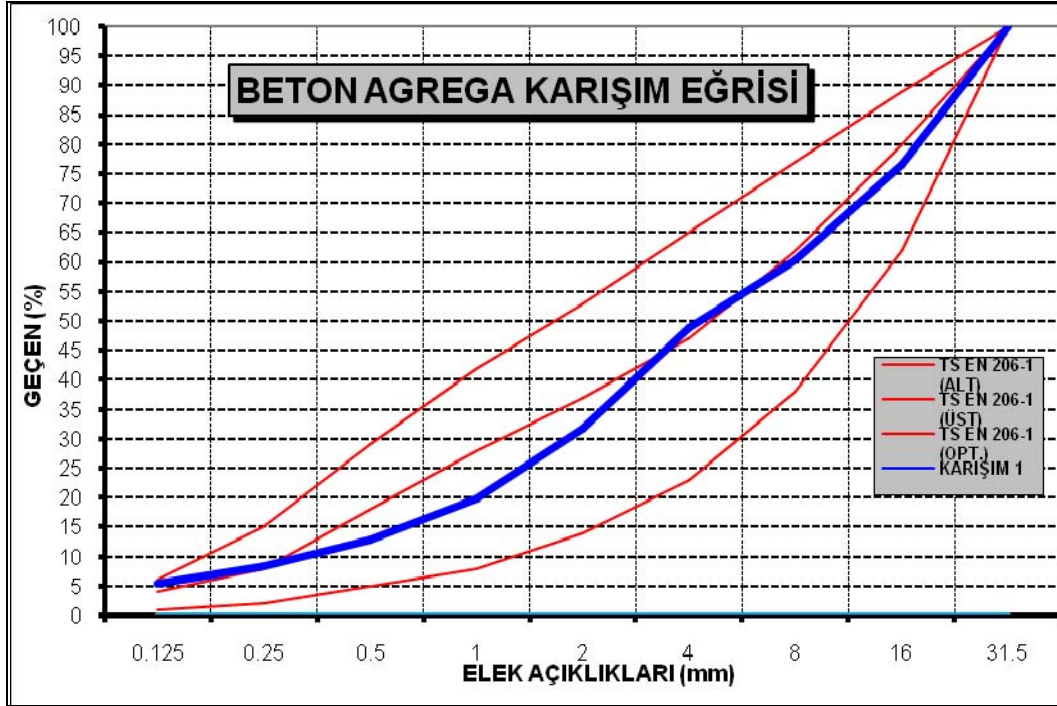
Çizelge 2.13. A4 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0		0	0	100	100
4,0	2	0	0	100	(90-100)
2,0	308	31	31	69	
1,0	256	26	57	43	(35-75)
0.5	154	15	72	28	
0.25	96	10	82	18	(8-25)
0.125	64	6	88	12	
Alt Tane	120	12	100	0	
Toplam	1000				



Şekil 2.11. A4 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

A4 agregasına ait 0-5 mm kırma kum malzemesine bakıldığında (Çizelge 2.13) 0,25 mm elekten geçen malzeme yüzdesinin %18 olduğu ve 0-5 mm kırma kum malzemesinin kendi içindeki dağılımına bakıldığında ise (Şekil 2.11) 1 mm ve 2 mm elekten geçen malzemenin alt sınırdan aşağıda olduğu göz önünde tutulduğunda 0-5 mm kırma kum malzemesinin kaba olduğu görülmektedir.



Şekil 2.12. A4 agrega karışımına ait agrega gradasyonu

Çizelge 2.14. A4 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,2	2,66	0,52	2,67	0,92	2,65

Çizelge 2.15. A4 agrega incelik modülü

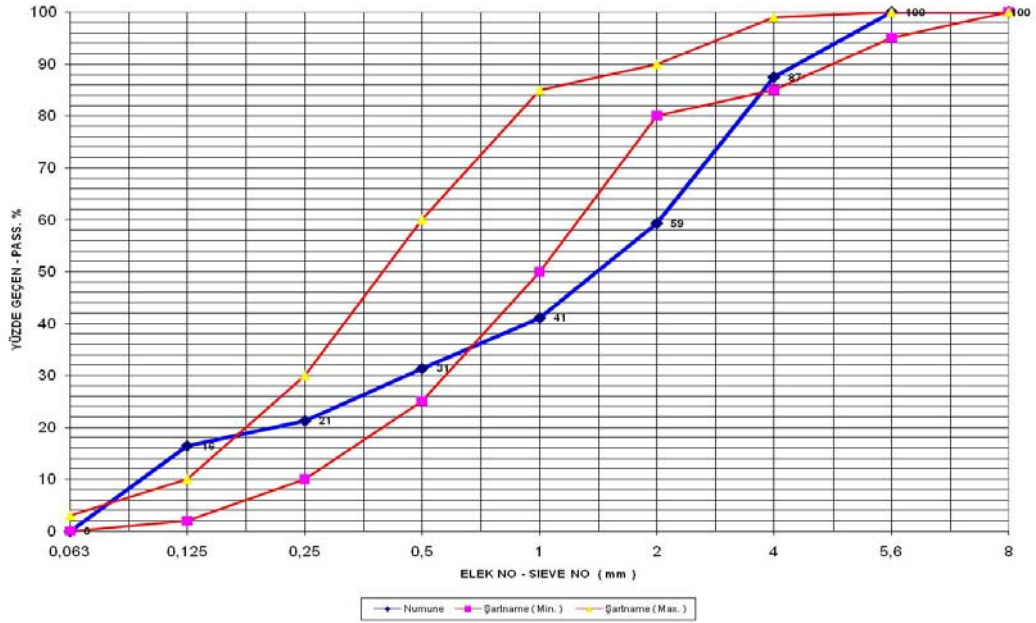
0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,41	4,42

2.1.2.5. A5 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A5 agregasına ait agregası özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

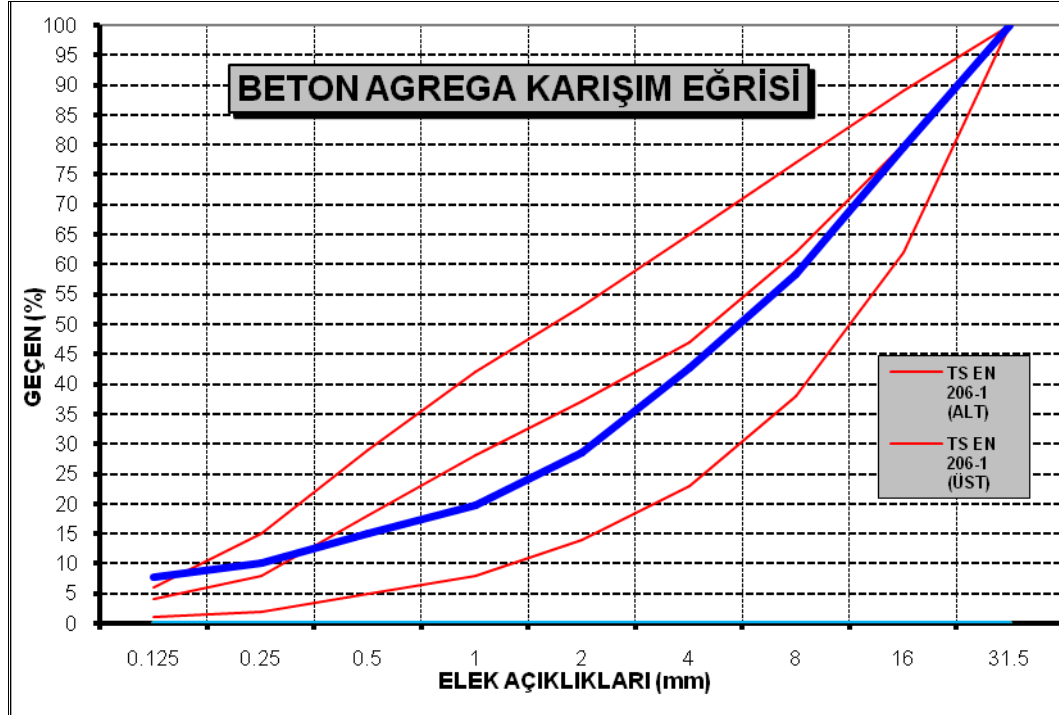
Çizelge 2.16. A5 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			05 toz mıcır		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0		0	0	100	100
4,0	172	13	13	87	(90-100)
2,0	384	28	41	59	
1,0	248	18	59	41	(35-75)
0,5	134	10	69	31	
0,25	138	10	79	21	(8-25)
0,125	66	5	84	16	
Alt Tane	224	16	100	0	
Toplam	1366				



Şekil 2.13. A5 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

A5 agregası 0-5 mm kırma kum malzemesine kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında (Şekil 2.13) 1 mm ve 2 mm eleklerden geçen malzeme yüzdesinin sınır değerler altında olduğunu ve bu eleklerdeki agregada gradasyonunun da kaba olduğu görülmektedir.



Şekil 2.14. A5 agregası karışımına ait agregada gradasyonu

Agrega karışım gradasyonunda (Şekil 2.14) 0-5 mm agreganın kendi içindeki dağılımında 2 mm elekten geçen malzeme yüzdesinin az olmasından kaynaklı kaba bir agregada karışım dizaynı oluşmaktadır. Bu durum ince malzeme miktarının artırılmasıyla geçici olarak çözülebilmektedir. Agregada kırımında ince malzeme için 6mm veya 7mm elek kullanımı ile 1 mm 2 mm elekten geçen malzeme yüzdesi artırılabilir. Çizelge 2.17 ve Çizelge 2.18'deki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.17. A5 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,48	2,64	1,05	2,64	1,06	2,63

Çizelge 2.18. A5 agrega incelik modülü

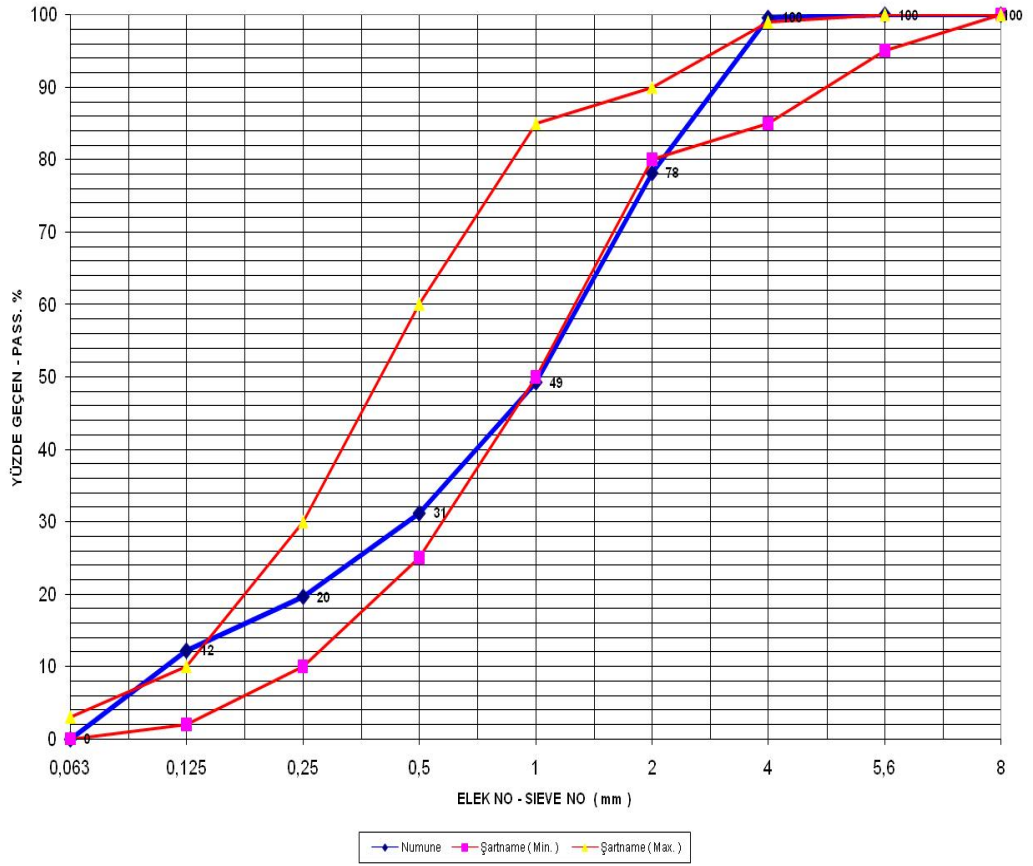
0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,6	4,46

2.1.2.6. A6 Agrega ocağına ait Agrega Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A6 agregasına ait agrega özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.19. A6 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-3 mm Kırmataş		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0		0	0	100	100
4,0	4	0	0	100	(90-100)
2,0	214	21	22	78	
1,0	290	29	51	49	(35-75)
0,5	180	18	69	31	
0,25	116	12	80	20	(8-25)
0,125	74	7	88	12	
Alt Tane	122	12	100	0	
Toplam	1000				

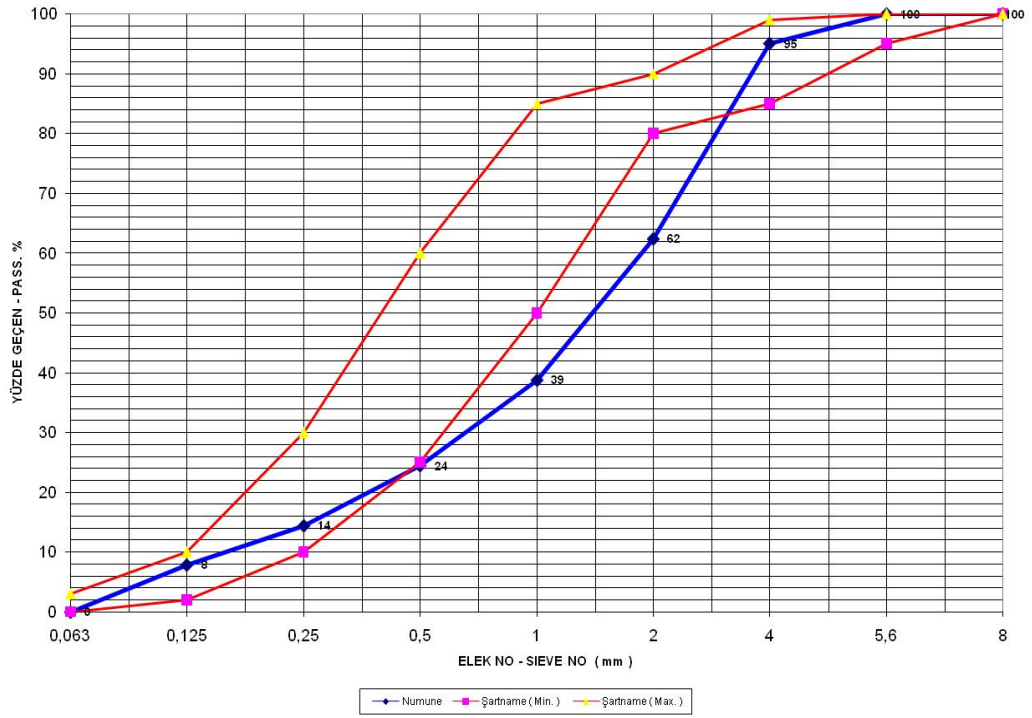


Şekil 2.15. A6 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

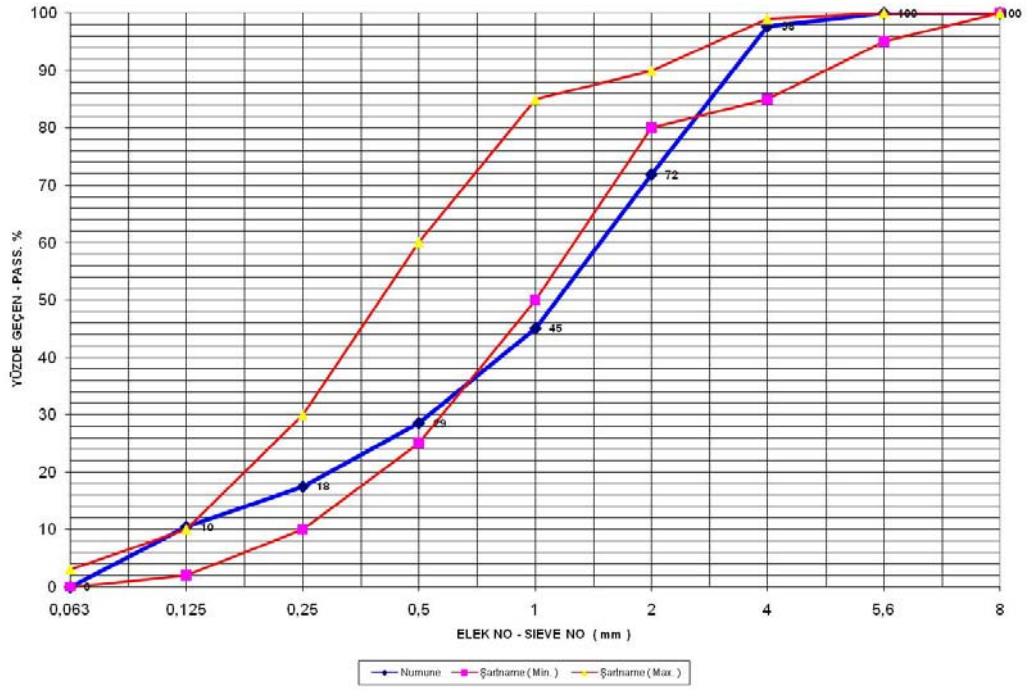
A6 agregasına ait 0-3 mm kırma kum malzemesine bakıldığında malzemenin kendi içindeki dağılımından da anlaşılacağı üzere malzeme optimum bir gradasyona sahiptir.

Çizelge 2.20. A6 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm Kırmataş		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0		0	0	100	100
4,0	50	5	5	95	(90-100)
2,0	326	33	38	62	
1,0	236	24	61	39	(35-75)
0.5	144	14	76	24	
0.25	100	10	86	14	(8-25)
0.125	66	7	92	8	
Alt Tane	78	8	100	0	
Toplam	1000				

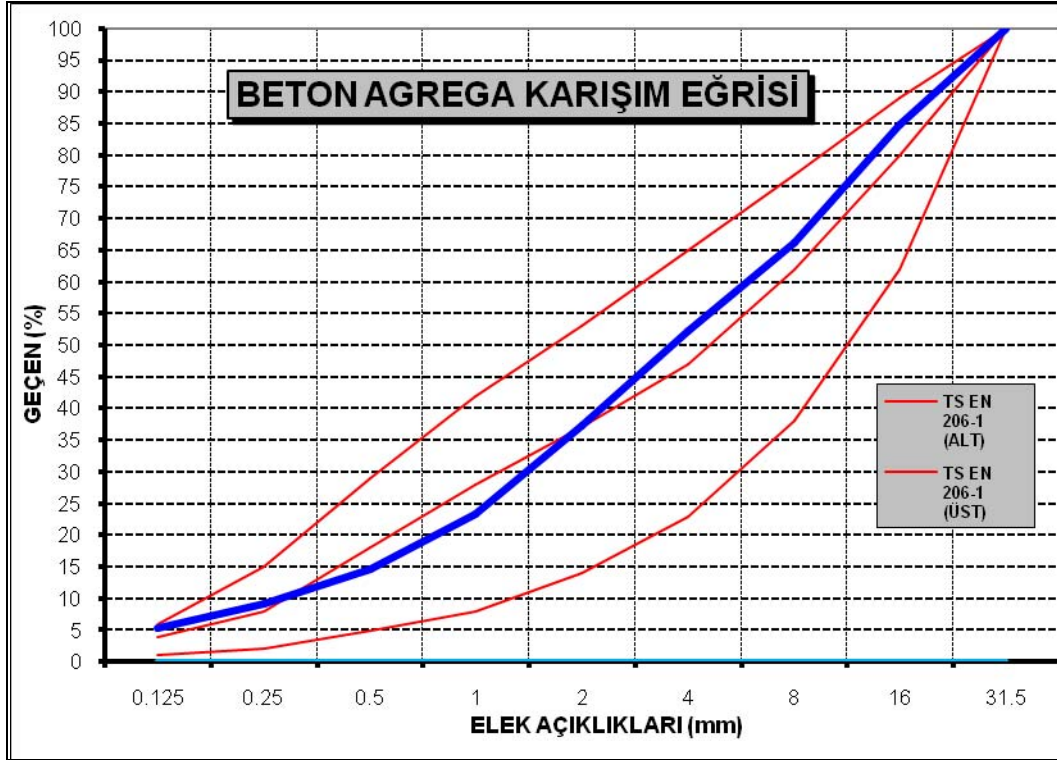


Şekil 2.16. A6 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım



Şekil 2.17. A6 agregası ince agregası karışımı şekilsel dağılım

0-5 mm kırma kum malzemesine bakıldığında 1 mm ve 2 mm elekten geçen malzeme yüzdesinin sınır değerler altında olduğundan bu malzemenin nispeten kaba olduğu kanısına varılmaktadır. İnce agregası karışım dizaynının kendi içerisinde dağılımına bakıldığında (Şekil 2.17) bu karışımında limit değerler arasında seyretmediği görülmektedir.



Şekil 2.18. A6 agregası karışımına ait agregası gradasyonu

Agregası karışımına bakıldığında karışımın optimum düzeyde olduğu görülmektedir. Çizelge 2.21 ve Çizelge 2.22'deki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.21. A6 agregası tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-3 mm kırma kum		0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgöl Ağırlık	Su emme	Özgöl Ağırlık	Su emme	Özgöl Ağırlık	Su emme	Özgöl Ağırlık
1,45	2,65	1,33	2,66	0,42	2,68	0,51	2,69

Çizelge 2.22. A6 agrega incelik modülü

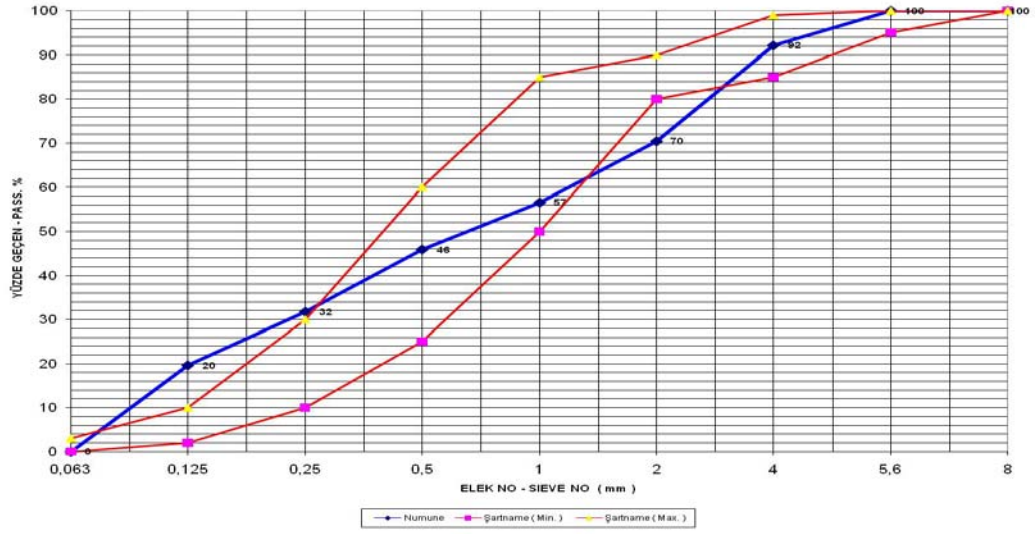
0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,22	2,65	4,12

2.1.2.7. A7 Agrega Ocağına ait Agrega Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A7 agregasına ait agrega özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

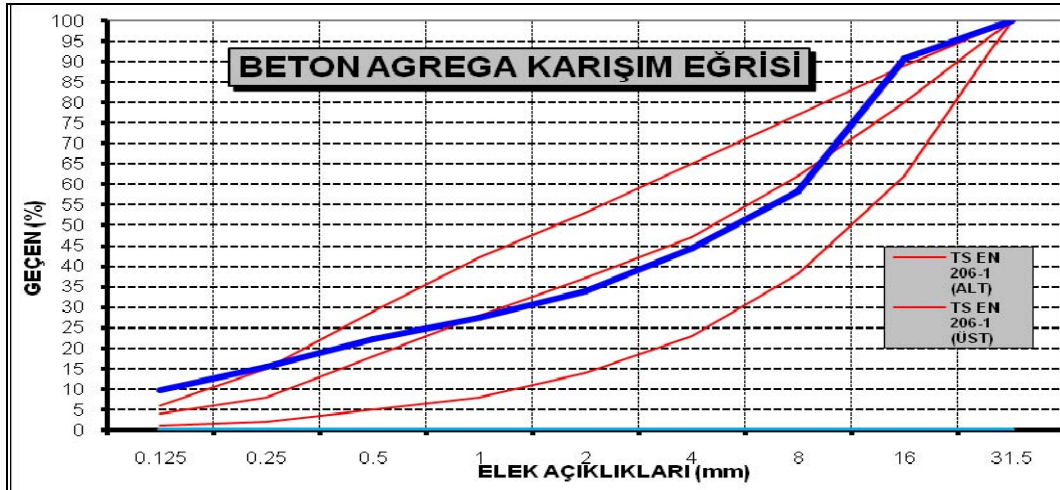
Çizelge 2.23. A7 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm Kırmataş		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	130	8	8	92	(90-100)
2,0	362	22	30	70	
1,0	232	14	43	57	(35-75)
0.5	178	11	54	46	
0.25	236	14	68	32	(8-25)
0.125	202	12	80	20	
Alt Tane	326	20	100	0	
Toplam	1666				



Şekil 2.19. A7 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

MKM Madencilğe ait 0-5 mm kırma kum malzemesinin kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında malzemenin 0,25 mm elek altında kalan kısmının olması gerekenden daha ince olduğu görülmüştür.



Şekil 2.20. A7 agregası karışımına ait agregası gradasyonu

Agrega karışımına bakıldığında ise karışımın ince agregası ve iri agregası olan bölümde incelendiği görülmektedir. İnce agreganın su emmesinin yüksek olduğu göz önünde tutulursa bu karışıma ait beton dizaynlarının karışım suyu ihtiyacının da yüksek olması beklenmektedir. Bu durumun düzeltilmesi ince malzeme miktarının agrega karışımında bir miktar azaltılması ile ya da agrega kırımındaki ince malzemeye ait elekten 4 mm elek ile değiştirilmesi ile mümkündür. Çizelge 2.24 ve Çizelge 2.25'deki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.24. A7 agregası tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,05	2,66	0,48	2,65	0,4	2,66

Çizelge 2.25. A7 agregası incelik modülü

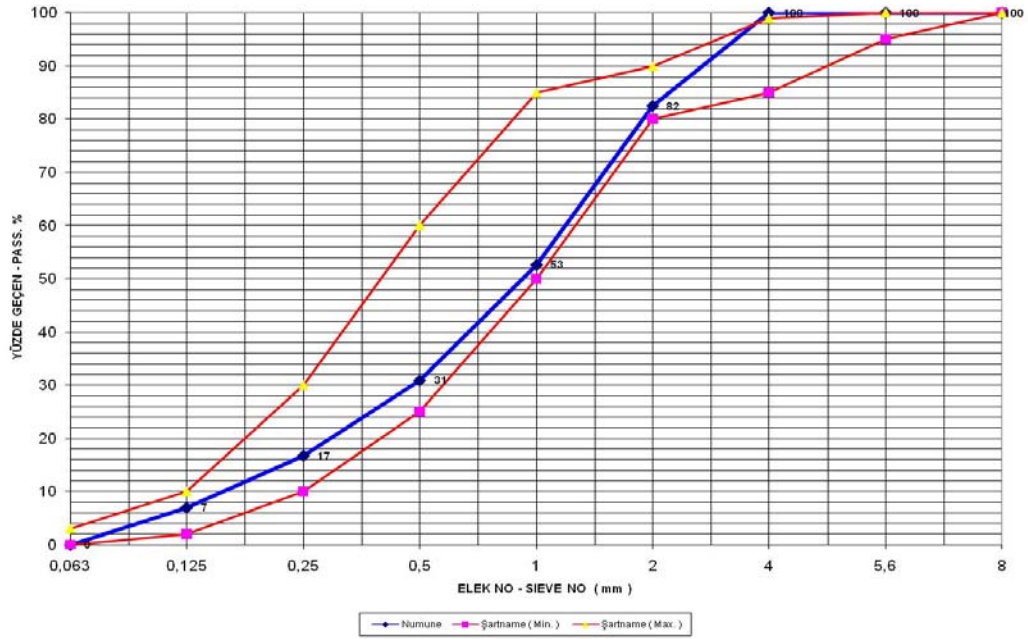
0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,03	4,08

2.1.2.8. A8 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A8 agregasına ait agregası özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.26. A8 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-3 mm		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	0	0	0	100	(90-100)
2,0	351	18	18	82	
1,0	598	30	47	53	(35-75)
0,5	435	22	69	31	
0,25	285	14	83	17	(8-25)
0,125	195	10	93	7	
Alt Tane	139	7	100	0	
Toplam	2003				

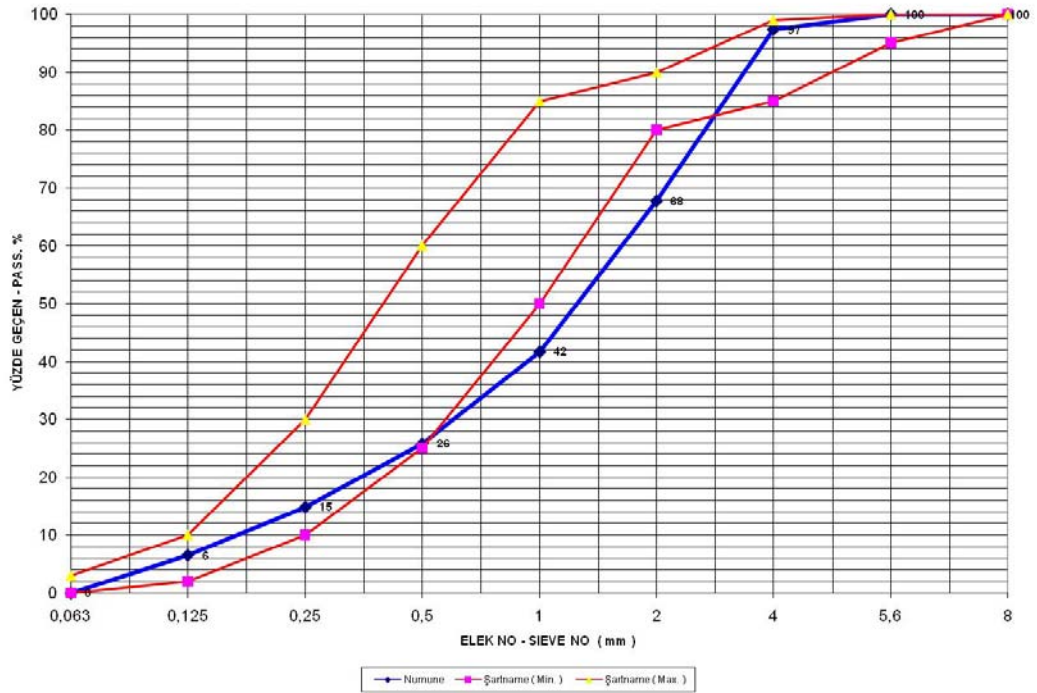


Şekil 2.21. A8 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

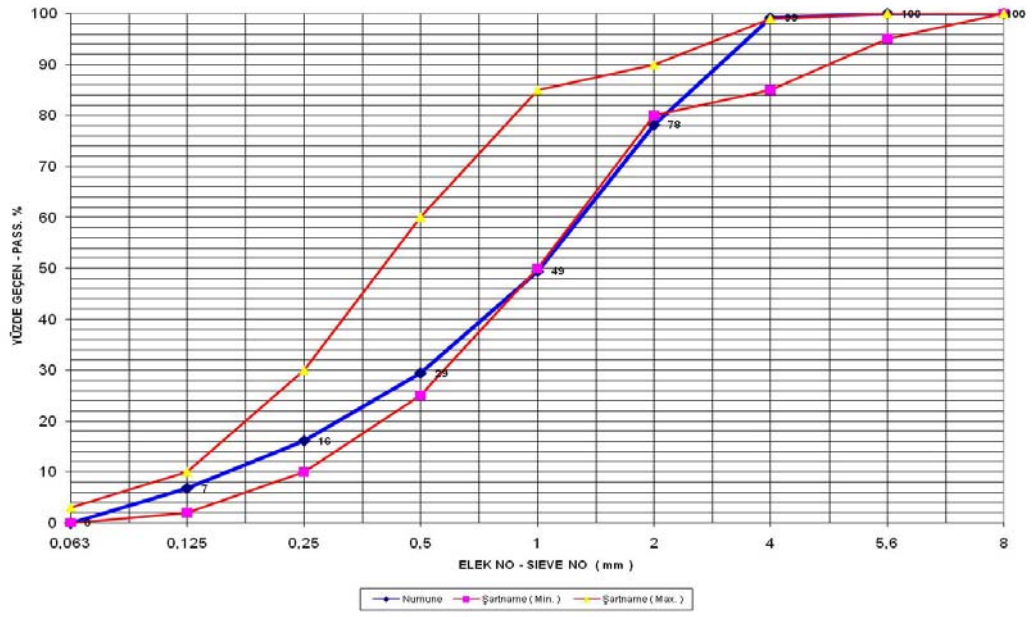
A8 agregasının 0-3 mm kırma kum malzemesinin kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında malzemenin üst ve alt limitler arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.27. A8 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5mm		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	53	3	3	97	(90-100)
2,0	593	30	32	68	
1,0	521	26	58	42	(35-75)
0.5	318	16	74	26	
0.25	219	11	85	15	(8-25)
0.125	168	8	94	6	
Alt Tane	129	6	100	0	
Toplam	2001				

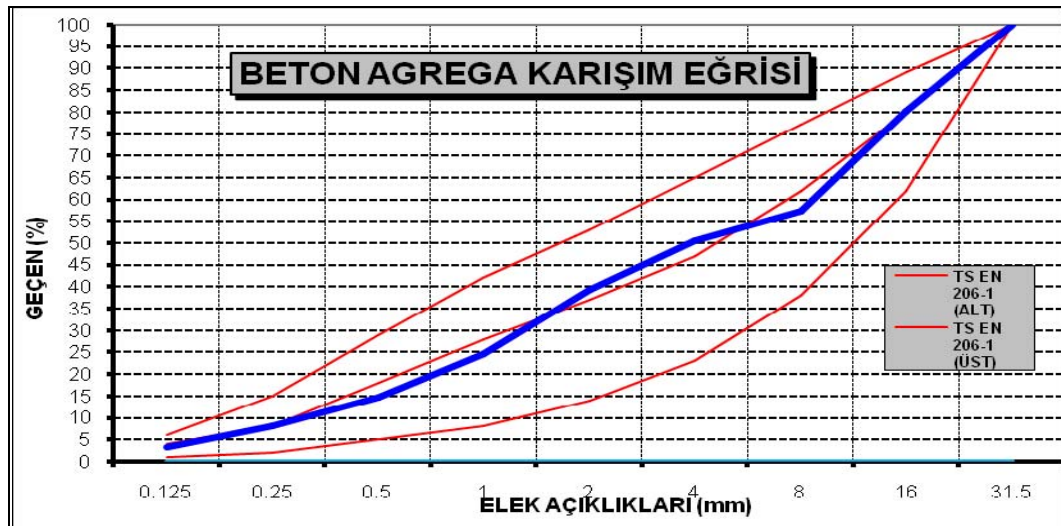


Şekil 2.22. A8 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım



Şekil 2.23. A8 agregası ince agregası şekilsel dağılımı

0-5 mm kırma kum malzemesinin kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında ise 1 mm ve 2 mm eleklerden geçen malzeme yüzdesinin alt limitlerden düşük olduğu görülmektedir. İnce agregası karışım dizaynının kendi içerisinde dağılımına bakıldığında (Şekil 2.23) bu karışımında limit değerler arasında seyrettiği fakat kaba tarafa yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 2.24. A8 agregası karışımına ait agregası gradasyonu

Agrega karışımında malzemelerin nispeten pompalanabilir eğri üzerinden ilerlediği görülmektedir. Çizelge 2.28 ve Çizelge 2.29'daki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.28. A8 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-3 mm kırma kum		0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,3	2,66	1,24	2,65	0,91	2,65	0,85	2,65

Çizelge 2.29. A8 agrega incelik modülü

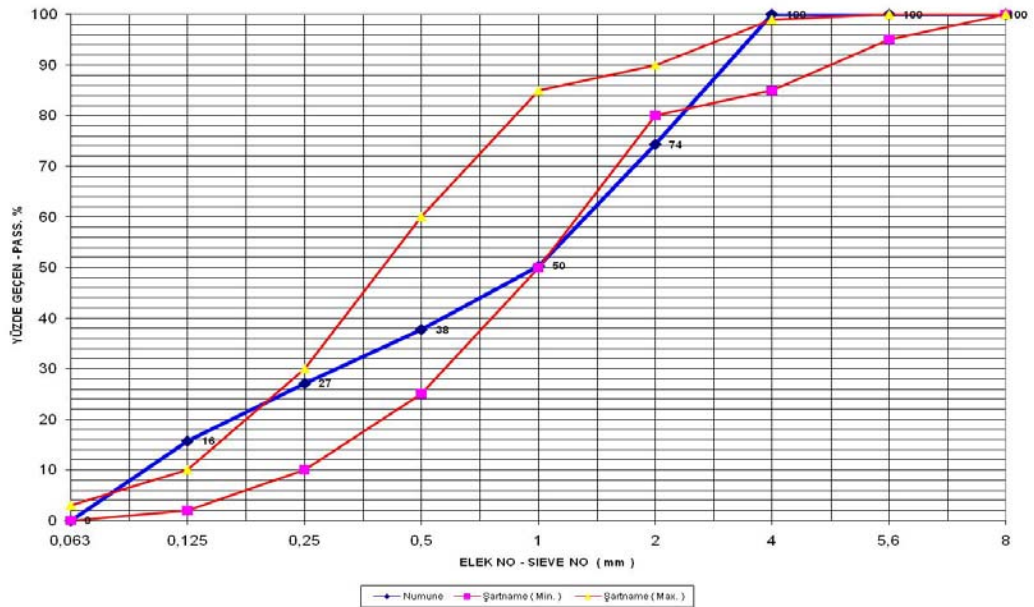
0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,17	2,53	4,25

2.1.2.9. A9 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A9 agregasına ait agregası özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.30. A9 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-3 mm		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	0	0	0	100	(90-100)
2,0	257	26	26	74	
1,0	240	24	50	50	(35-75)
0,5	126	13	62	38	
0,25	106	11	73	27	(8-25)
0,125	114	11	84	16	
Alt Tane	157	16	100	0	
Toplam	1000				

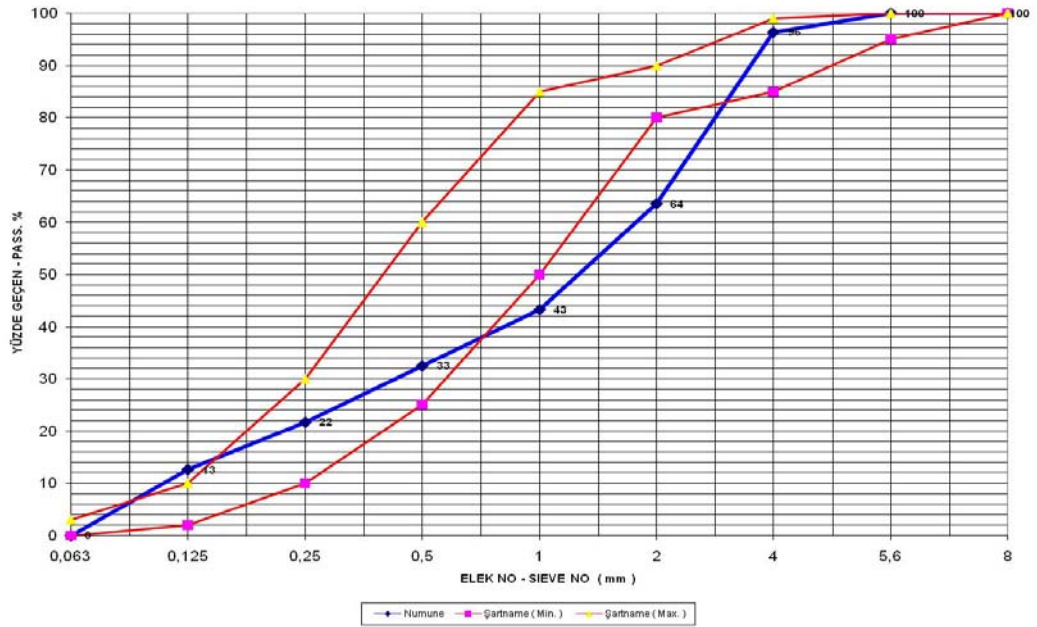


Şekil 2.25. A9 agregası 0-3 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım

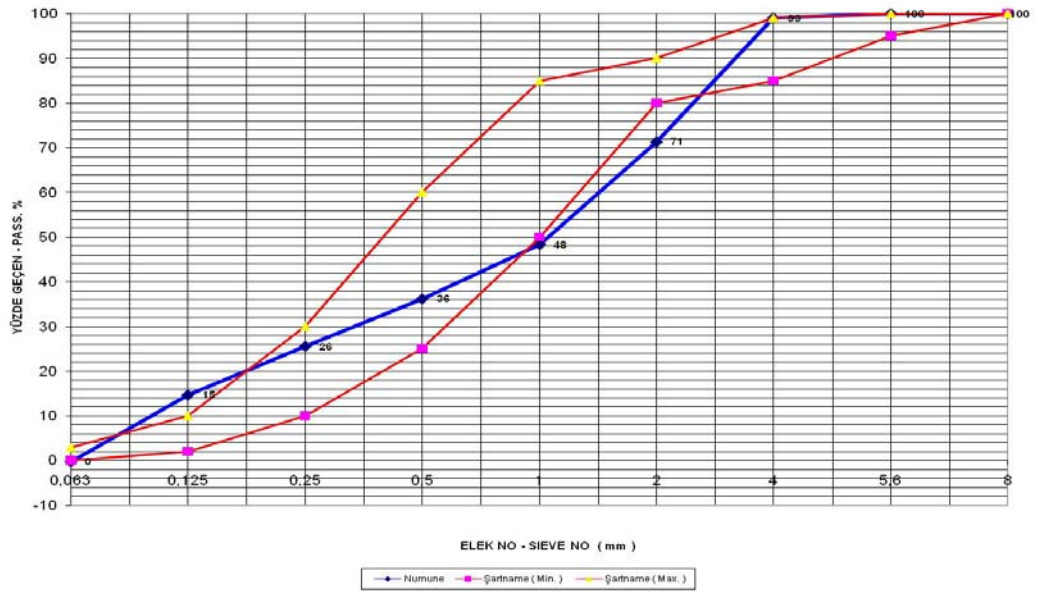
A9 agregası 0-3 mm kırma kum malzemesinin kendi içindeki dağılımına bakıldığında 0,125 mm elekten geçen malzemenin bir miktar ince olduğu, 2 mm elekten geçen malzemenin ise bir miktar kaba olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.31. A9 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	36	4	4	96	(90-100)
2,0	329	33	37	64	
1,0	203	20	57	43	(35-75)
0,5	107	11	68	33	
0,25	108	11	78	22	(8-25)
0,125	91	9	87	13	
Alt Tane	126	13	100	0	
Toplam	1000				

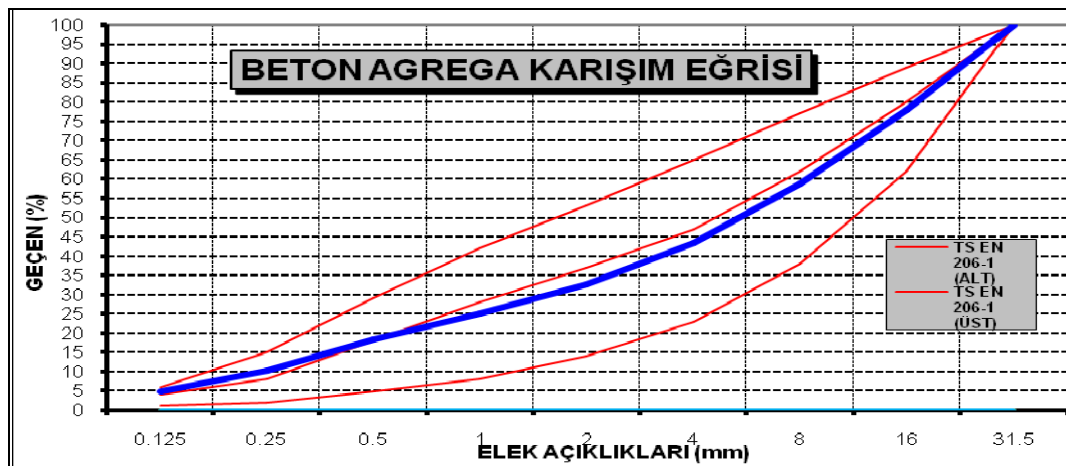


Şekil 2.26. A9 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım



Şekil 2.27. A9 agregası ince agregası karışımı şekilsel dağılımı

0-5 mm kırma kum malzemesinin kendi içindeki dağılımına bakıldığında 0,125 mm elekten geçen malzemenin bir miktar ince olduğu, 1 mm ve 2 mm elekten geçen malzemenin ise bir miktar kaba olduğu görülmektedir. İnce agregası karışım dizaynının kendi içerisinde dağılımına bakıldığında (Şekil 2.27) bu karışımında limit değerler arasında seyretmediği görülmektedir.



Şekil 2.28. A9 agregası karışımına ait agregası gradasyonu

Agrega karışımında ise dizaynın bir miktar kaba olduğu dizayn çizgisinin pompalanabilir eğri altında kalmasıyla görülmektedir. A9 agregası 0-3 mm kırma kum malzemesinin kendi içindeki dağılımına bakıldığında 0,125 mm elekten geçen malzemenin bir miktar ince olduğu, 2 mm elekten geçen malzemenin ise bir miktar kaba olduğu görülmektedir. Çizelge 2.32 ve Çizelge 2.33'deki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

Çizelge 2.32. A9 agregata tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-3 mm kırma kum		0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
1,83	2,73	1,65	2,71	0,44	2,78	0,38	2,75

Çizelge 2.33. A9 agregata incelik modülü

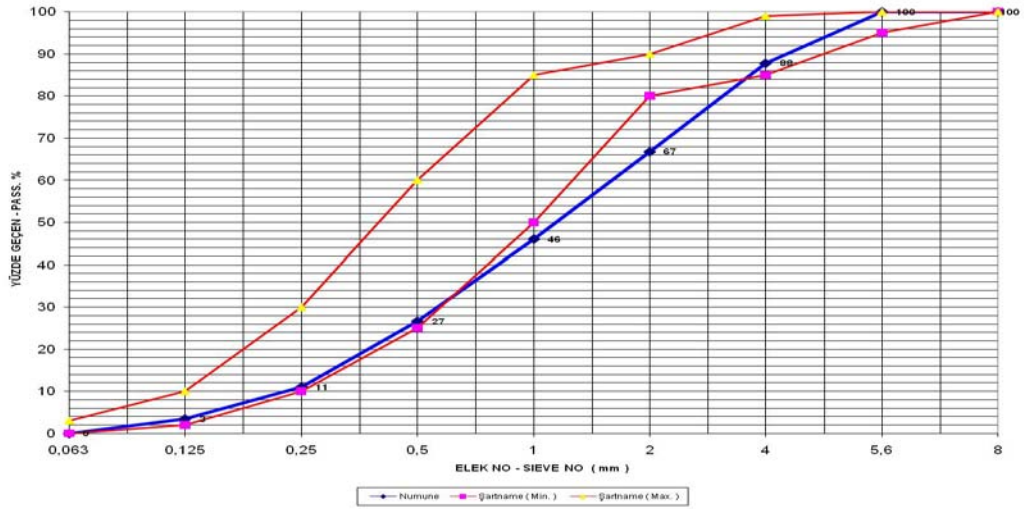
0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,11	2,43	4,27

2.1.2.10. A10 Agregası Ocağına ait Agregası Özellikleri

Deneme beton karışımlarında kullanılan A10 agregasına ait agregası özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 2.34. A10 agregası 0-5 mm dere kumu elek analizi

NUMUNE CİNSİ			D.KUM(0-5)		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	122	12	12	88	(90-100)
2,0	210	21	33	67	
1,0	208	21	54	46	(35-75)
0,5	194	19	73	27	
0,25	156	16	89	11	(8-25)
0,125	76	8	97	3	
Alt Tane	34	3	100	0	
Toplam	1000				

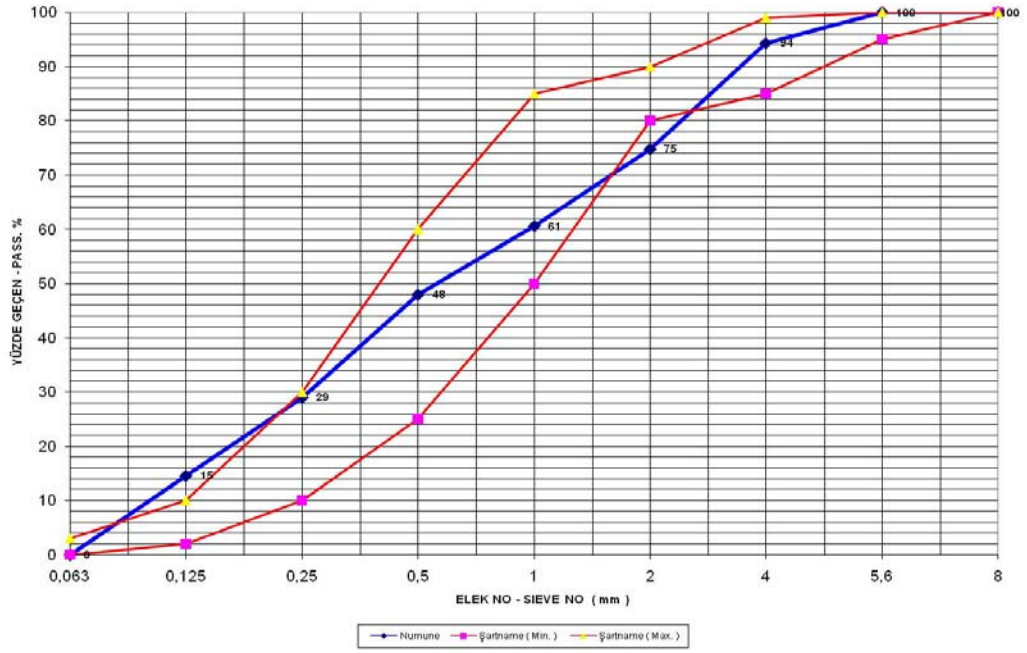


Şekil 2.29. A10 agregası 0-5 mm dere kumu elek analizi şekilsel dağılımı

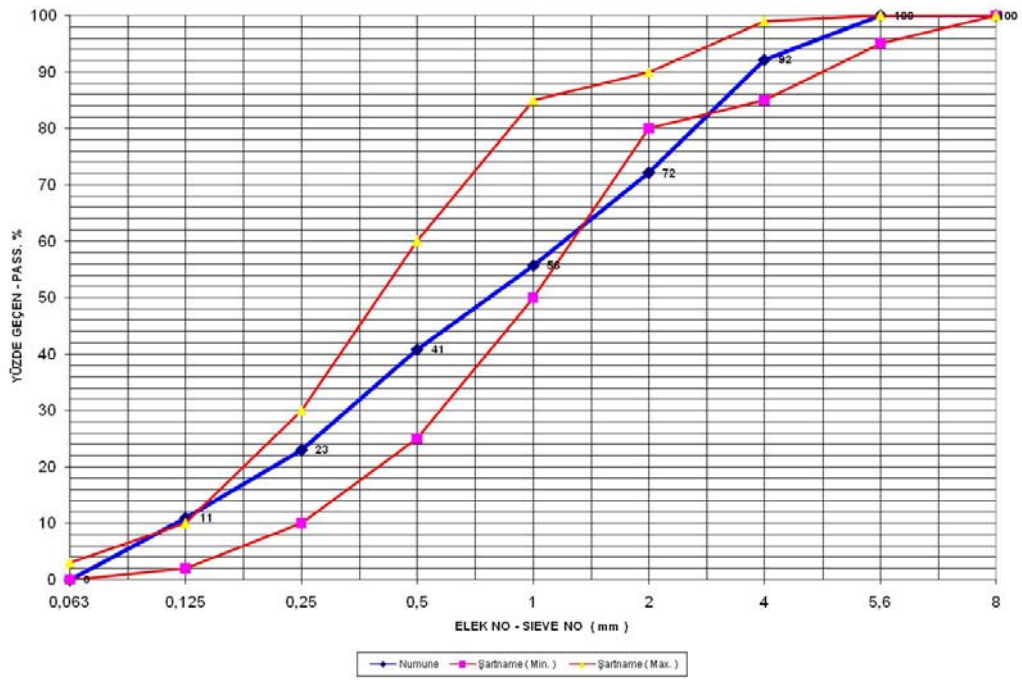
A10 agregası 0-5 mm dere kumu malzemesinin kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında 2 mm ve daha küçük eleklerden geçen malzeme yüzdesinin düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.35. A10 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi

NUMUNE CİNSİ			0-5 mm Kırmataş		
Elek Açıklığı (mm)	Her Elek Üstünde Kalan (gr)	Elekte Kalan (%)	Toplam (%)		Sınır Değer (%)
			Elekte Kalan	Elekten Geçen	
8,0	0	0	0	100	100
4,0	56	6	6	94	(90-100)
2,0	196	20	25	75	
1,0	142	14	39	61	(35-75)
0.5	126	13	52	48	
0.25	190	19	71	29	(8-25)
0.125	144	14	85	15	
Alt Tane	146	15	100	0	
Toplam	1000				

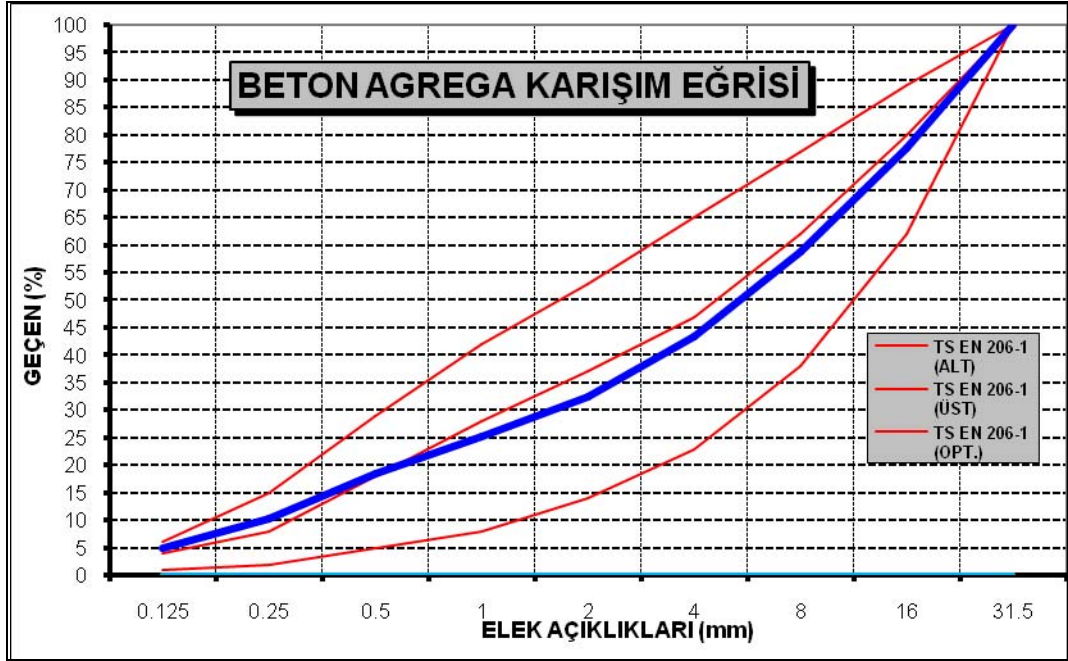


Şekil 2.30. A10 agregası 0-5 mm kırma kum elek analizi şekilsel dağılım



Şekil 2.31. A10 agregası ince agrega karışımı şekilsel dağılım

0-5 mm kırma kum malzemesinin kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında malzemenin 0,125 mm elekten geçen yüzdesinin bir miktar fazla olduğu ve 2 mm elekten geçen malzeme yüzdesinin ise bir miktar az olduğu görülmektedir. İnce agrega karışım dizaynının kendi içerisinde dağılımına bakıldığında (Şekil 2.31) bu karışımında limit değerler arasında seyretmediği görülmektedir.



Şekil 2.32. A10 agrega karışımına ait agrega gradasyonu

Agrega karışımına bakıldığında ise karışımın bir miktar kaba olduğu görülmektedir. Çizelge 2.36 ve Çizelge 2.37'deki veriler bu bölümün sonundaki puanlama safhasında değerlendirmeye alınacaktır.

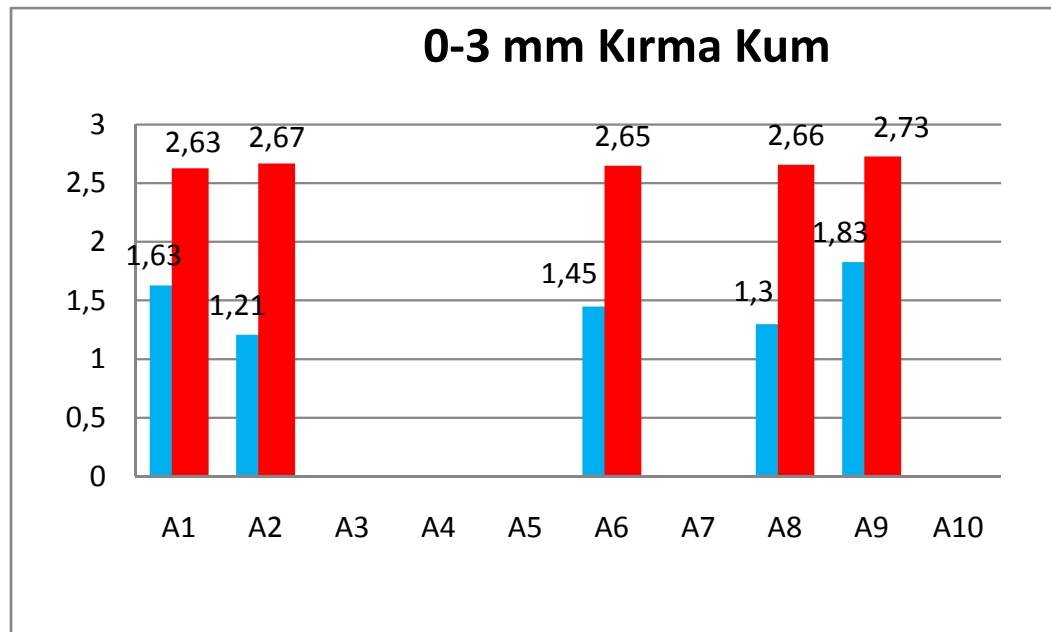
Çizelge 2.36. A10 agrega tane dağılımları su emme ve özgül ağırlık değerleri

0-5 mm dere kumu		0-5 mm kırma kum		5-15 mm kırma taş		15-22 mm kırma taş	
Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık	Su emme	Özgül Ağırlık
0,9	2,61	0,4	2,65	0,3	2,67	0,3	2,67

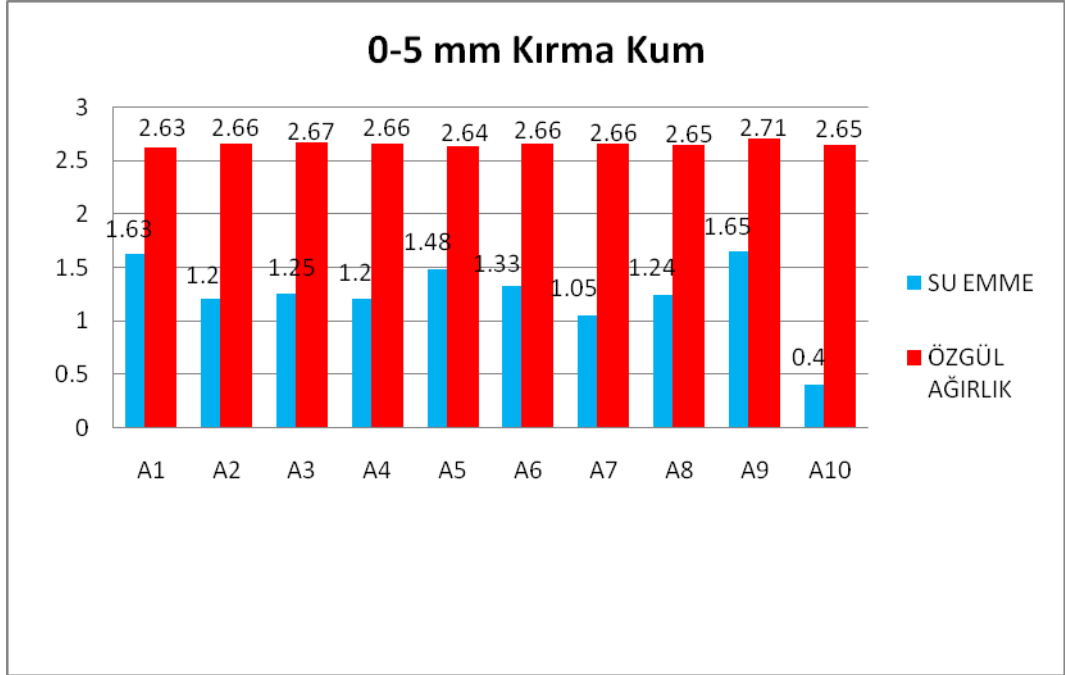
Çizelge 2.37. A10 agrega incelik modülü

0-5 mm dere kumu	0-5 mm kırma kum	Karışım
İncelik Modülü	İncelik Modülü	İncelik Modülü
2,5	1,93	4,34

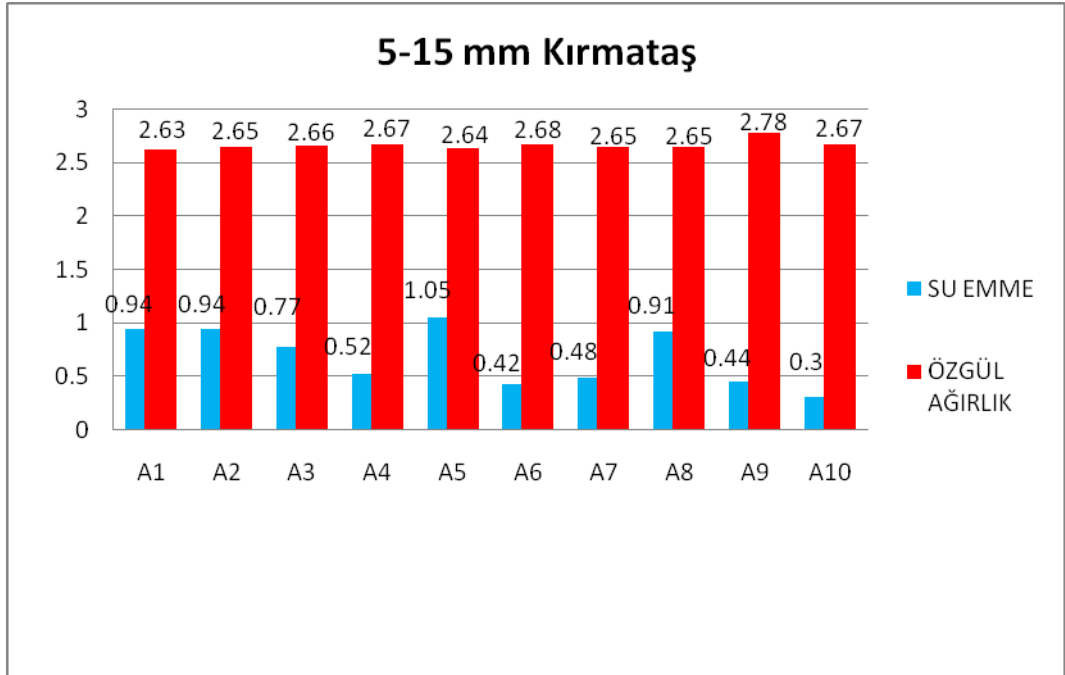
2.1.2.11. Agrega Ocaklarına ait Agrega İstatistikleri



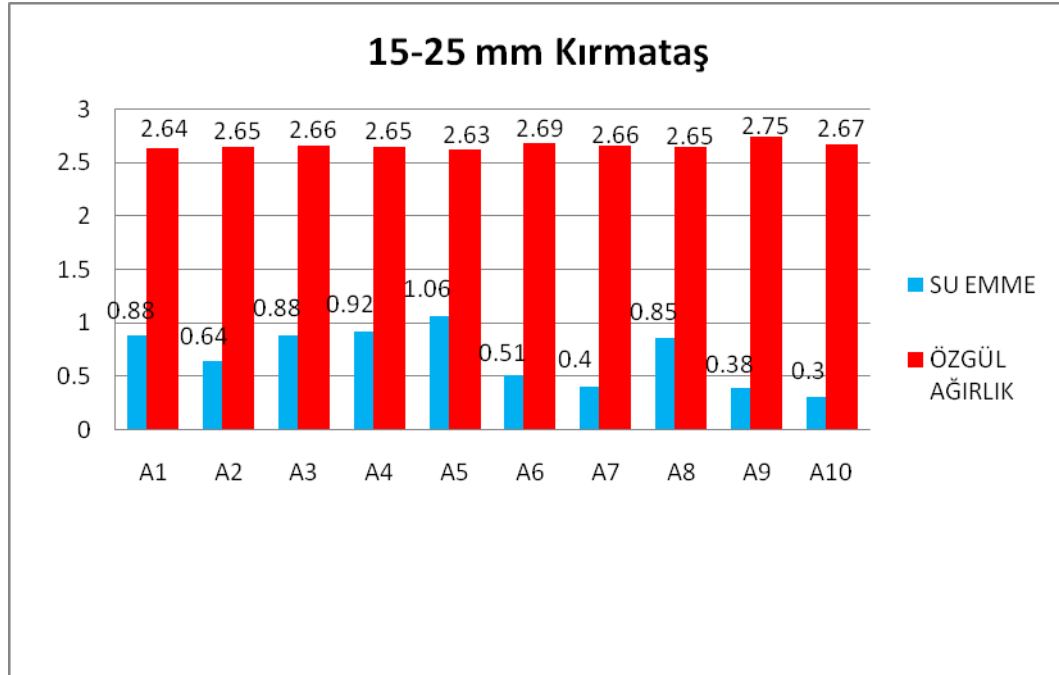
Şekil 2.33. Agrega ocağı bazında 0-3 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri



Şekil 2.34. Agrega ocağı bazında 0-5 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri



Şekil 2.35. Agrega ocağı bazında 5-15 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri



Şekil 2.36. Agreg acağı bazında 15-25 mm kırma kum su emme ve özgül ağırlık değerleri

2.1.2.12. Agrega Ocağı Bazında Agrega Puanlaması

Agrega puanlamasında aşağıda belirlenen puanlama kriterleri ve puanlamaya tabi tutulan parametrelere ait önem katsayıları kullanmıştır.

Çizelge 2.38. Agrega puanlama kriterleri

PUANLAMA KRİTERLERİ									
PUAN	ÖZGÜL AĞIRLIK	SU EMME			İNCE AGREGA İNCELİK MODÜLÜ		KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ		PUAN
		0/3 MM – 0/5 MM	5/15 MM	15/25 MM	ALT SINIR	ÜST SINIR	ALT SINIR	ÜST SINIR	
1	< 2,20	> 2,0	> 3,50	> 3,50	< 1,25	> 2,65	< 2,90	> 5,40	1
	2,20 – 2,30	1,75 – 2,0	2,25 – 3,50	2,25 – 3,50	1,25 – 1,40	2,50 – 2,65	2,90 – 3,20	5,20 – 5,40	
2	2,30 – 2,40	1,5 – 1,75	1,25 – 2,25	1,25 – 2,25	1,40 – 1,55	2,35 – 2,50	3,20 – 3,50	4,90 – 5,20	2
3	2,40 – 2,50	1,25 – 1,5	0,75 – 1,25	0,75 – 1,25	1,55 – 1,70	2,20 – 2,35	3,50 – 3,80	4,60 – 4,90	3
4	2,50 – 2,60	1,0 – 1,25	0,50 – 0,75	0,50 – 0,75	1,70 – 1,85	2,05 – 2,20	3,80 – 4,10	4,30 – 4,60	4
5	2,60 – 2,70	0,75 – 1,0	0 – 0,50	0 – 0,50	1,85	2,05	4,10	4,30	5
	> 2,70	< 0,75			> 1,85	< 2,05	> 4,10	< 4,30	

Çizelge 2.39. Agrega özelliklerine ait parametreler arasındaki önem katsayıları

PARAMETRELER ARASINDAKİ ÖNEM KATSAYILARI			
PARAMETRELER / KRİTERLER	İŞLENEBİLİRLİK	DOZAJ	MUKAVEMET
ÖZGÜL AĞIRLIK	0,33	0,34	0,33
SU EMME	0,33	0,34	0,33
KİRLİLİK – METİLEN MAVİSİ	0,33	0,34	0,33
İNCE AGREGA İNCELİK MODÜLÜ	0,50	0,25	0,25
KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ	0,33	0,34	0,33

Çizelge 2.40. Agrega özellikleri

AGREGA SINIFI			İNCE AGREGA (0-3 MM)				İNCE AGREGA (0-5 MM)				1 NUMARA		2 NUMARA		İNCE AGREGA DİZAYNI	AGREGA DİZAYNI
No	AGREGA KAYNAĞI	AGREGA TİPİ	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	KİRLİLİK	İNCELİK MODÜLÜ	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	KİRLİLİK	İNCELİK MODÜLÜ	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	İNCELİK MODÜLÜ	KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ
1	A1	KIRMATAŞ	1,63	2,63	2	2,01	1,63	2,63	2,1	2,79	0,94	2,63	0,88	2,64	2,24	4,22
2	A2	KIRMATAŞ	1,21	2,67	0,75	2,03	1,2	2,66	0,9	2,58	0,94	2,65	0,64	2,65	2,19	4,21
3	A3	KIRMATAŞ					1,25	2,67	0,9	2,5	0,77	2,66	0,88	2,66		4,36
4	A4	KIRMATAŞ					1,2	2,66	0,5	2,41	0,52	2,67	0,92	2,65		4,42
5	A5	KIRMATAŞ					1,48	2,64	2,3	2,6	1,05	2,64	1,06	2,63		4,46
6	A6	KIRMATAŞ	1,45	2,65	2,4	2,22	1,33	2,66	2,8	2,65	0,42	2,68	0,51	2,69	2,39	4,12
7	A7	KIRMATAŞ					1,05	2,66	0,5	2,03	0,48	2,65	0,4	2,66		4,08
8	A8	KIRMATAŞ	1,3	2,66	1	2,17	1,24	2,65	1	2,53	0,91	2,65	0,85	2,65	2,28	4,25
9	A9	KIRMATAŞ	1,83	2,73	0,8	2,11	1,65	2,71	0,8	2,41	0,44	2,78	0,38	2,75	2,19	4,27
10	A10	KIRMATAŞ	0,9	2,61	0,75	2,5	0,4	2,65	0,8	1,93	0,3	2,67	0,3	2,67	2,16	4,34

Çizelge 2.41. Agrega puanlaması

No	AGREGA KAYNAĞI	İNCE AGREGA (0-3 MM)				İNCE AGREGA (0-5 MM)				1 NUMARA		2 NUMARA		İNCE AGREGA DİZAYNI	AGREGA DİZAYNI	AGREGA TOPLAM PUANI (70)	AGREGA TOPLAM PUANI (45)
		SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	KİRLİLİK	İNCELİK MODÜLÜ	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	KİRLİLİK	İNCELİK MODÜLÜ	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	SU EMME	ÖZGÜL AĞIRLIK	İNCELİK MODÜLÜ	KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ		
1	A1	2	5	1	5	2	5	1	1	3	5	3	5	3	5	46	
2	A2	4	5	5	5	4	5	5	1	3	5	4	5	4	5	60	
3	A3					4	5	5	1	3	5	3	5		4		35
4	A4					4	5	5	2	4	5	3	5		4		37
5	A5					3	5	1	1	3	5	3	5		4		30
6	A6	3	5	1	3	3	5	1	1	5	5	4	5	2	5	48	
7	A7					5	5	5	5	5	5	5	5		5		45
8	A8	3	5	4	4	4	5	5	1	3	5	3	5	3	5	55	
9	A9	1	5	4	4	2	5	5	2	5	5	5	5	4	5	57	
10	A10	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	64	

Çizelge 2.42. Agrega su emmesinin işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

No	AGREGA KAYNAĞI	İNCE AGREGA (0-3 MM)				İNCE AGREGA (0-5 MM)				1 NUMARA				2 NUMARA				4 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI				3 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI			
		SU EMME / İŞLENEBİLİRLİK	SU EMME / DOZAJ	SU EMME / MUKAVEMET	SU EMME PUANI	SU EMME / İŞLENEBİLİRLİK	SU EMME / DOZAJ	SU EMME / MUKAVEMET	SU EMME PUANI	SU EMME / İŞLENEBİLİRLİK	SU EMME / DOZAJ	SU EMME / MUKAVEMET	SU EMME PUANI	SU EMME / İŞLENEBİLİRLİK	SU EMME / DOZAJ	SU EMME / MUKAVEMET	SU EMME PUANI	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (6,6)	DOZAJ PUANI (6,8)	MUKAVEMET PUANI (6,6)	AGREGA TOPLAM PUANI (20)	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (4,95)	DOZAJ PUANI (5,1)	MUKAVEMET PUANI (4,95)	AGREGA TOPLAM PUANI (15)
1	A1	0,66	0,68	0,66	2	0,66	0,68	0,66	2	0,99	1,02	0,99	3	0,99	1,02	0,99	3	3,3	3,4	3,3	10				
2	A2	1,32	1,36	1,32	4	1,32	1,36	1,32	4	0,99	1,02	0,99	3	1,32	1,36	1,32	4	4,95	5,1	4,95	15				
3	A3					1,32	1,36	1,32	4	0,99	1,02	0,99	3	0,99	1,02	0,99	3					3,3	3,4	3,3	10
4	A4					1,32	1,36	1,32	4	1,32	1,36	1,32	4	0,99	1,02	0,99	3					3,63	3,74	3,63	11
5	A5					0,99	1,02	0,99	3	0,99	1,02	0,99	3	0,99	1,02	0,99	3					2,97	3,06	2,97	9
6	A6	0,99	1,02	0,99	3	0,99	1,02	0,99	3	1,65	1,7	1,65	5	1,32	1,36	1,32	4	4,95	5,1	4,95	15				
7	A7					1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5					4,95	5,1	4,95	15
8	A8	0,99	1,02	0,99	3	1,32	1,36	1,32	4	0,99	1,02	0,99	3	0,99	1,02	0,99	3	4,29	4,42	4,29	13				
9	A9	0,33	0,34	0,33	1	0,66	0,68	0,66	2	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	4,29	4,42	4,29	13				
10	A10	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				

Çizelge 2.43. Agrega özgül ağırlığının işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

No	AGREGA KAYNAĞI	İNCE AGREGA (0-3 MM)				İNCE AGREGA (0-5 MM)				1 NUMARA				2 NUMARA				4 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI				3 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI			
		ÖZGÜL AĞIRLIK / İŞLENEBİLİRLİK	ÖZGÜL AĞIRLIK / DOZAJ	ÖZGÜL AĞIRLIK / MUKAVEMET	ÖZGÜL AĞIRLIK / PUANI	ÖZGÜL AĞIRLIK / İŞLENEBİLİRLİK	ÖZGÜL AĞIRLIK / DOZAJ	ÖZGÜL AĞIRLIK / MUKAVEMET	ÖZGÜL AĞIRLIK / PUANI	ÖZGÜL AĞIRLIK / İŞLENEBİLİRLİK	ÖZGÜL AĞIRLIK / DOZAJ	ÖZGÜL AĞIRLIK / MUKAVEMET	ÖZGÜL AĞIRLIK / PUANI	ÖZGÜL AĞIRLIK / İŞLENEBİLİRLİK	ÖZGÜL AĞIRLIK / DOZAJ	ÖZGÜL AĞIRLIK / MUKAVEMET	ÖZGÜL AĞIRLIK / PUANI	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (6,6)	DOZAJ PUANI (6,8)	MUKAVEMET PUANI (6,6)	AGREGA TOPLAM PUANI (20)	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (4,95)	DOZAJ PUANI (5,1)	MUKAVEMET PUANI (4,95)	AGREGA TOPLAM PUANI (15)
1	A1	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				
2	A2	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				
3	A3					1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5					4,95	5,1	4,95	15
4	A4					1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5					4,95	5,1	4,95	15
5	A5					1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5					4,95	5,1	4,95	15
6	A6	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				
7	A7					1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5					4,95	5,1	4,95	15
8	A8	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				
9	A9	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				
10	A10	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	6,6	6,8	6,6	20				

Çizelge 2.44. Agrega kirliliğinin işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

No	AGREGA KAYNAĞI	İNCE AGREGA (0-3 MM)				İNCE AGREGA (0-5 MM)				4 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI				3 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI			
		KİRLİLİK / İŞLENEBİLİRLİK	KİRLİLİK / DOZAJ	KİRLİLİK / MUKAVEMET	KİRLİLİK PUANI	KİRLİLİK / İŞLENEBİLİRLİK	KİRLİLİK / DOZAJ	KİRLİLİK / MUKAVEMET	KİRLİLİK PUANI	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (3,3)	DOZAJ PUANI (3,4)	MUKAVEMET PUANI (3,3)	AGREGA TOPLAM PUANI (10)	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (1,65)	DOZAJ PUANI (1,7)	MUKAVEMET PUANI (1,65)	AGREGA TOPLAM PUANI (5)
1	A1	0,33	0,34	0,33	1	0,33	0,34	0,33	1	0,66	0,68	0,66	2				
2	A2	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	3,3	3,4	3,3	10				
3	A3					1,65	1,7	1,65	5					1,65	1,7	1,65	5
4	A4					1,65	1,7	1,65	5					1,65	1,7	1,65	5
5	A5					0,33	0,34	0,33	1					0,33	0,34	0,33	1
6	A6	0,33	0,34	0,33	1	0,33	0,34	0,33	1	0,66	0,68	0,66	2				
7	A7					1,65	1,7	1,65	5					1,65	1,7	1,65	5
8	A8	1,32	1,36	1,32	4	1,65	1,7	1,65	5	2,97	3,06	2,97	9				
9	A9	1,32	1,36	1,32	4	1,65	1,7	1,65	5	2,97	3,06	2,97	9				
10	A10	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5	3,3	3,4	3,3	10				

Çizelge 2.45. İnce agrega incelik modülünün işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

No	AGREGA KAYNAĞI	İNCE AGREGA (0-3 MM)				İNCE AGREGA (0-5 MM)				4 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI				3 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI			
		İNCELİK MODÜLÜ / İŞLENEBİLİRLİK	İNCELİK MODÜLÜ / DOZAJ	İNCELİK MODÜLÜ / MUKAVEMET	İNCELİK MODÜLÜ / PUANI	İNCELİK MODÜLÜ / İŞLENEBİLİRLİK	İNCELİK MODÜLÜ / DOZAJ	İNCELİK MODÜLÜ / MUKAVEMET	İNCELİK MODÜLÜ / PUANI	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (5)	DOZAJ PUANI (2,5)	MUKAVEMET PUANI (2,5)	TOPLAM PUANI	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (2,5)	DOZAJ PUANI (1,25)	MUKAVEMET PUANI (1,25)	TOPLAM PUANI
1	A1	2,5	1,25	1,25	5	0,5	0,25	0,25	1	3	1,5	1,5	6				
2	A2	2,5	1,25	1,25	5	0,5	0,25	0,25	1	3	1,5	1,5	6				
3	A3					0,5	0,25	0,25	1					0,5	0,25	0,25	1
4	A4					1	0,5	0,5	2					1	0,5	0,5	2
5	A5					0,5	0,25	0,25	1					0,5	0,25	0,25	1
6	A6	1,5	0,75	0,75	3	0,5	0,25	0,25	1	2	1	1	4				
7	A7					2,5	1,25	1,25	5					2,5	1,25	1,25	5
8	A8	2	1	1	4	0,5	0,25	0,25	1	2,5	1,25	1,25	5				
9	A9	2	1	1	4	1	0,5	0,5	2	3	1,5	1,5	6				
10	A10	0,5	0,25	0,25	1	2,5	1,25	1,25	5	3	1,5	1,5	6				

Çizelge 2.46. İnce agrega dizaynı incelik modülünün işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

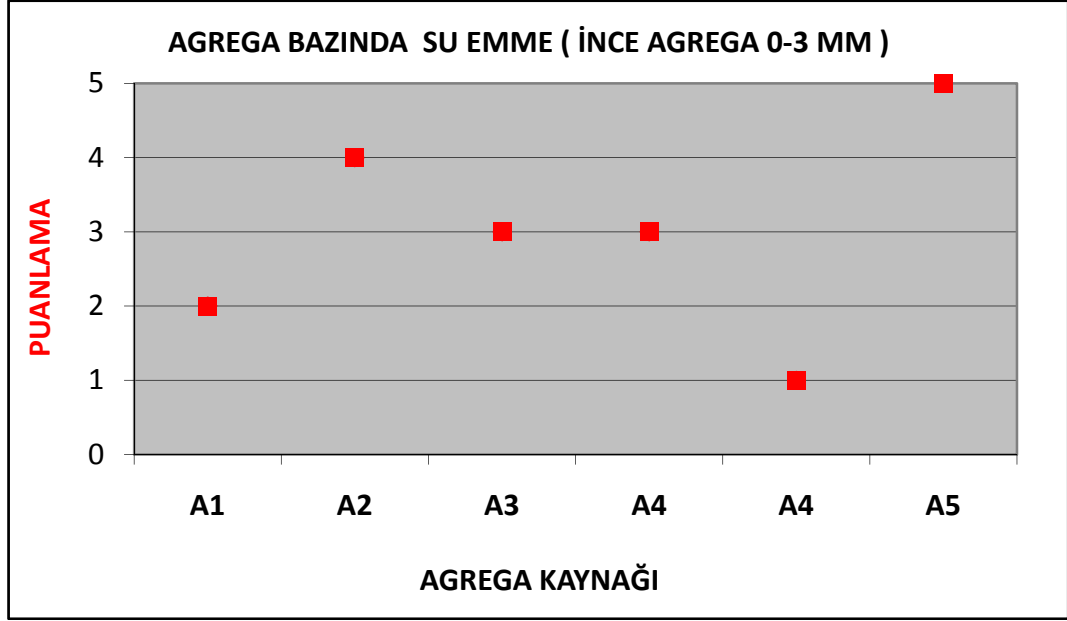
No	AGREGA KAYNAĞI	AGREGA DİZAYNI				İŞLENEBİLİRLİK PUANI (2,5)	DOZAJ PUANI (1,25)	MUKAVEMET PUANI (1,25)	AGREGA TOPLAM PUANI (5)
		İNCELİK MODÜLÜ / İŞLENEBİLİRLİK	İNCELİK MODÜLÜ / DOZAJ	İNCELİK MODÜLÜ / MUKAVEMET	İNCELİK MODÜLÜ PUANI				
1	A1	1,5	0,75	0,75	3	1,5	0,75	0,75	3
2	A2	2	1	1	4	2	1	1	4
3	A3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	A4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	A5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	A6	1	0,5	0,5	2	1	0,5	0,5	2
7	A7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	A8	1,5	0,75	0,75	3	1,5	0,75	0,75	3
9	A9	2	1	1	4	2	1	1	4
10	A10	2	1	1	4	2	1	1	4

Çizelge 2.47. Karışım incelik modülünün işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

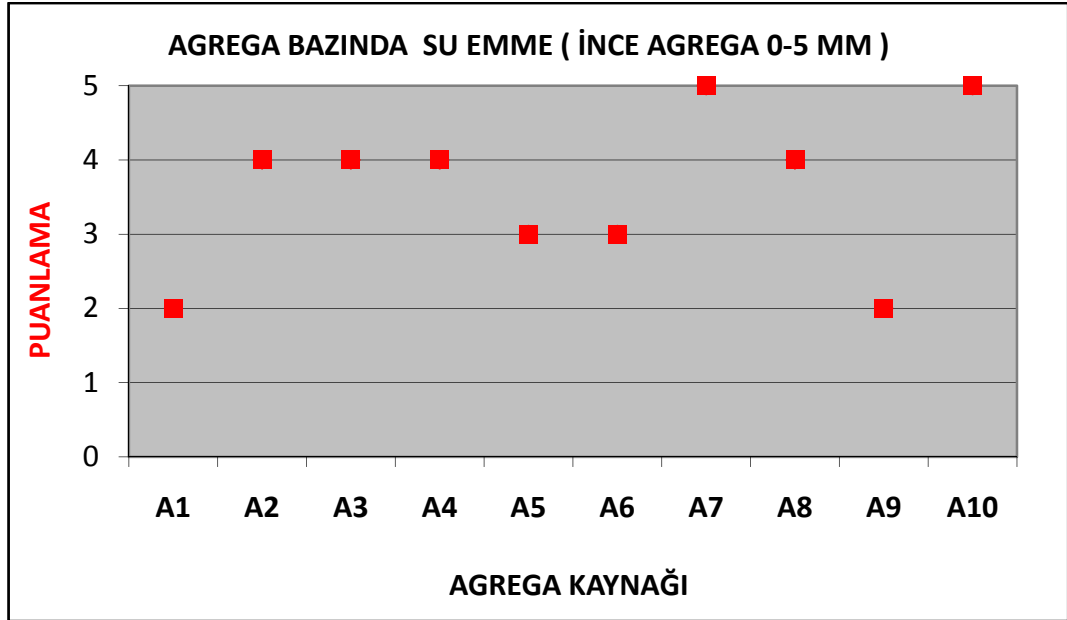
No	AGREGA KAYNAĞI	AGREGA DİZAYNI				İŞLENEBİLİRLİK PUANI (1,65)	DOZAJ PUANI (1,7)	MUKAVEMET PUANI (1,65)	AGREGA TOPLAM PUANI (5)
		KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ / İŞLENEBİLİRLİK	KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ / DOZAJ	KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ / MUKAVEMET	KARIŞIM İNCELİK MODÜLÜ PUANI				
1	A1	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5
2	A2	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5
3	A3	1,32	1,36	1,32	4	1,32	1,36	1,32	4
4	A4	1,32	1,36	1,32	4	1,32	1,36	1,32	4
5	A5	1,32	1,36	1,32	4	1,32	1,36	1,32	4
6	A6	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5
7	A7	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5
8	A8	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5
9	A9	1,65	1,7	1,65	5	1,65	1,7	1,65	5
10	A10	1,32	1,36	1,32	4	1,32	1,36	1,32	4

Çizelge 2.48. Tesis agregasının işlenebilirlik-doza-j-mukavemet üzerindeki etkileri

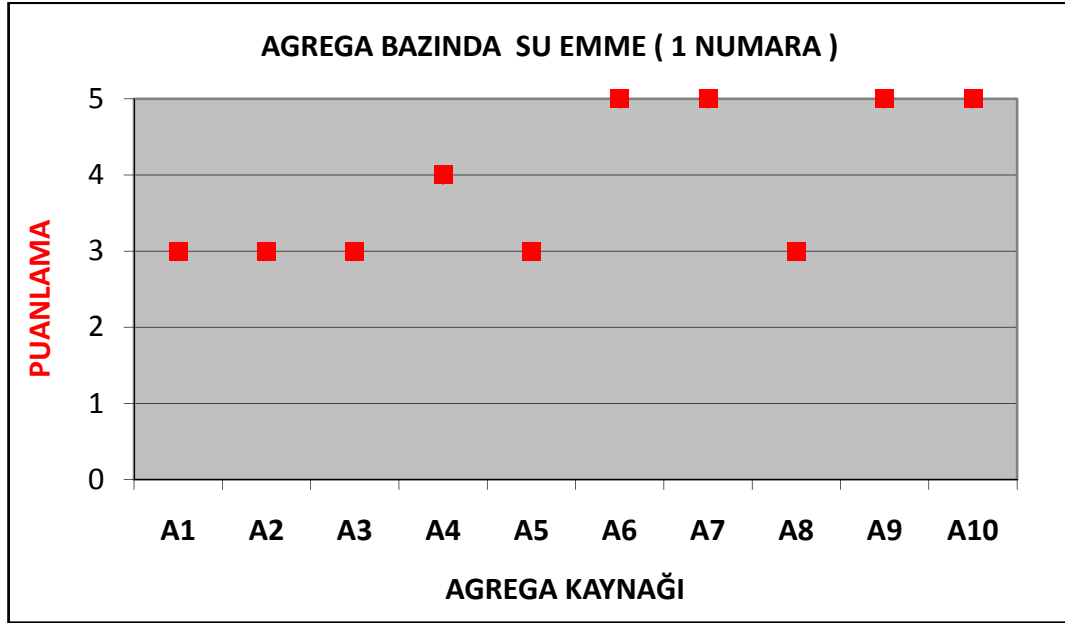
No	AGREGA KAYNAĞI	4 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI			3 BİLEŞENLİ AGREGA KARIŞIMI			AGREGA TOPLAM PUANI (100)
		İŞLENEBİLİRLİK PUANI (36,64)	DOZAJ PUANI (32,07)	MUKAVEMET PUANI (31,29)	İŞLENEBİLİRLİK PUANI (34,89)	DOZAJ PUANI (33)	MUKAVEMET PUANI (32,11)	
1	A1	23,88	21,19	20,66				66
2	A2	30,72	27,87	27,15				86
3	A3				26,04	26,24	25,49	78
4	A4				27,89	27,55	26,78	82
5	A5				22,38	22,46	21,82	67
6	A6	24,09	22,55	21,95				69
7	A7				34,89	33,00	32,11	100
8	A8	27,88	25,69	25,02				79
9	A9	29,31	26,41	25,74				81
10	A10	32,61	29,81	29,04				91



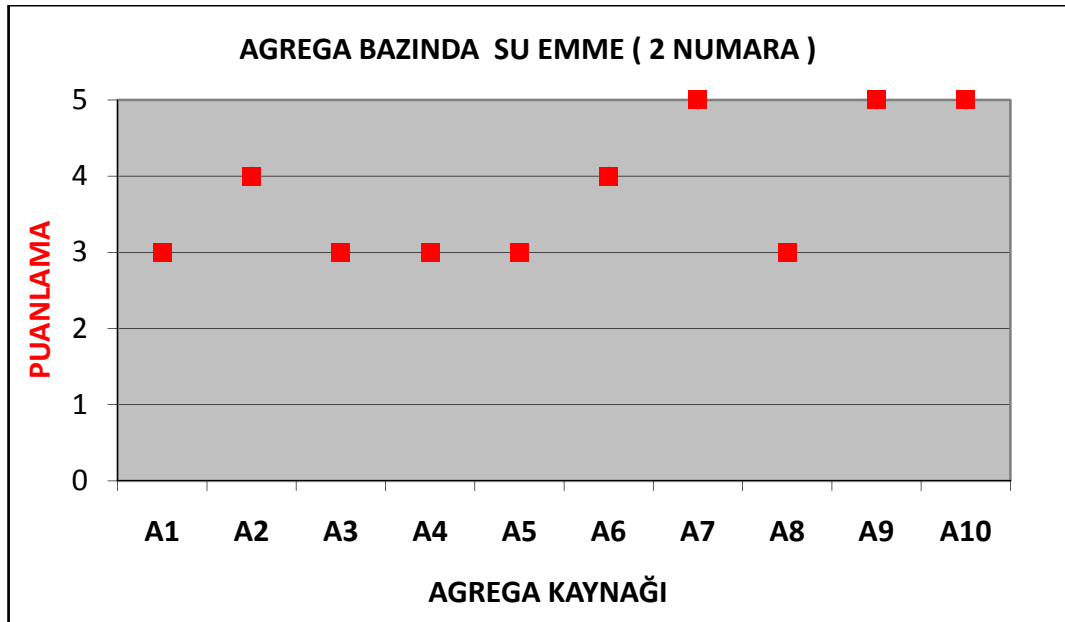
Şekil 2.37. Agreg a bazında 0-3 mm agrega su emme puanlaması



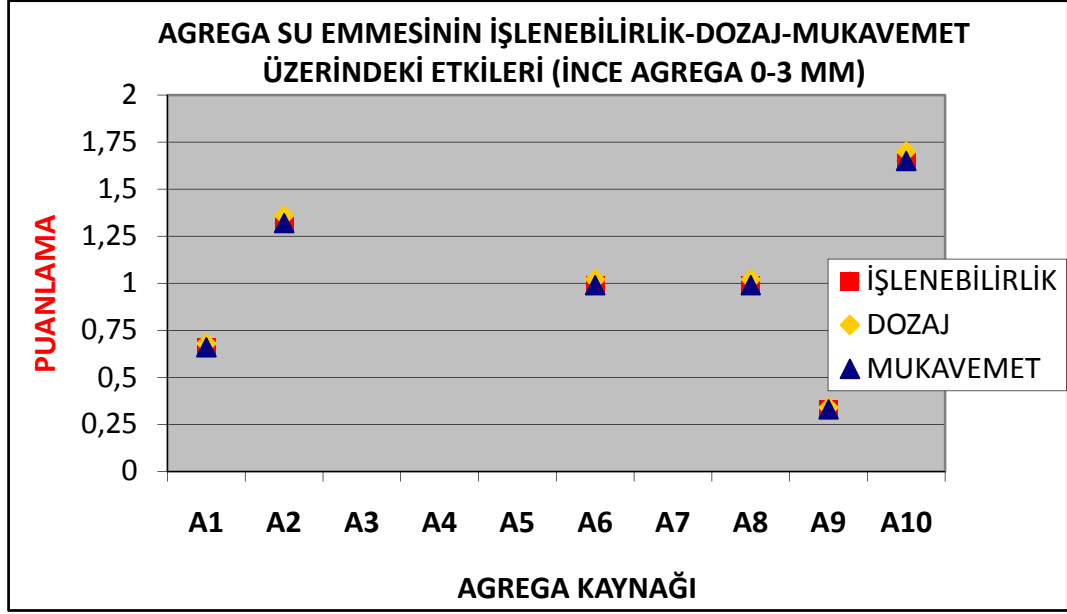
Şekil 2.38. Agreg a bazında 0-5 mm agrega su emme puanlaması



Şekil 2.39. Agreg a bazında 1 numara agreg a su emme puanlaması

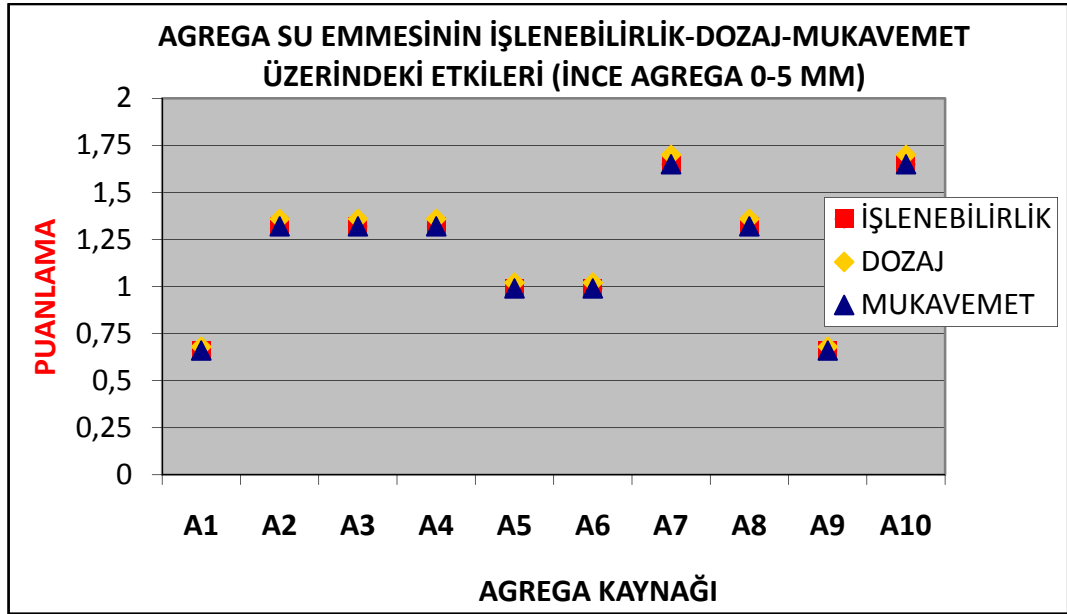


Şekil 2.40. Agreg a bazında 2 numara agreg a su emme puanlaması



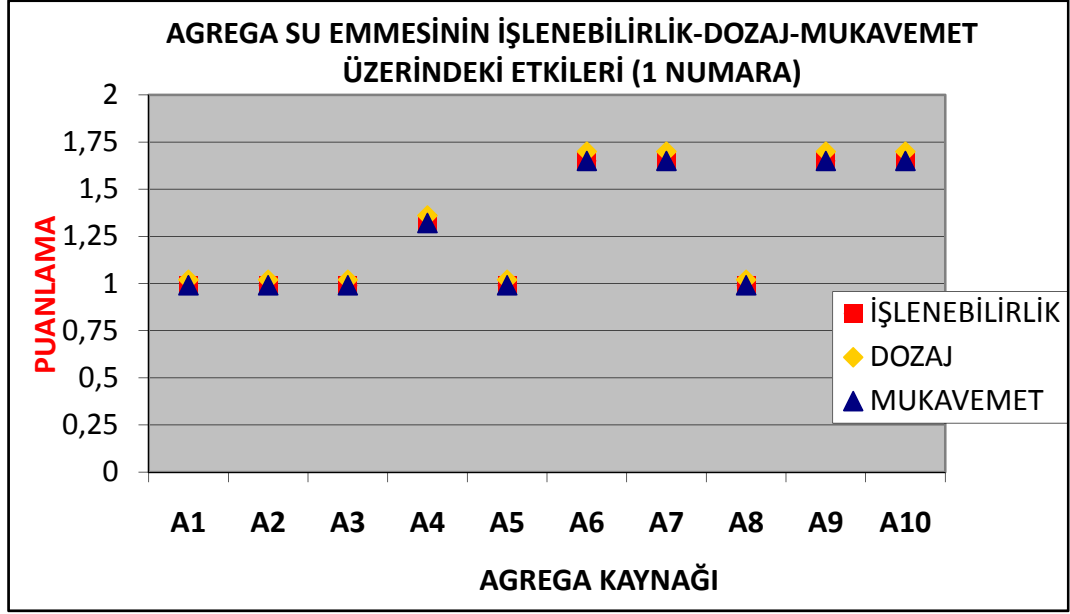
Şekil 2.41. 0-3 mm agrega su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

puanlama

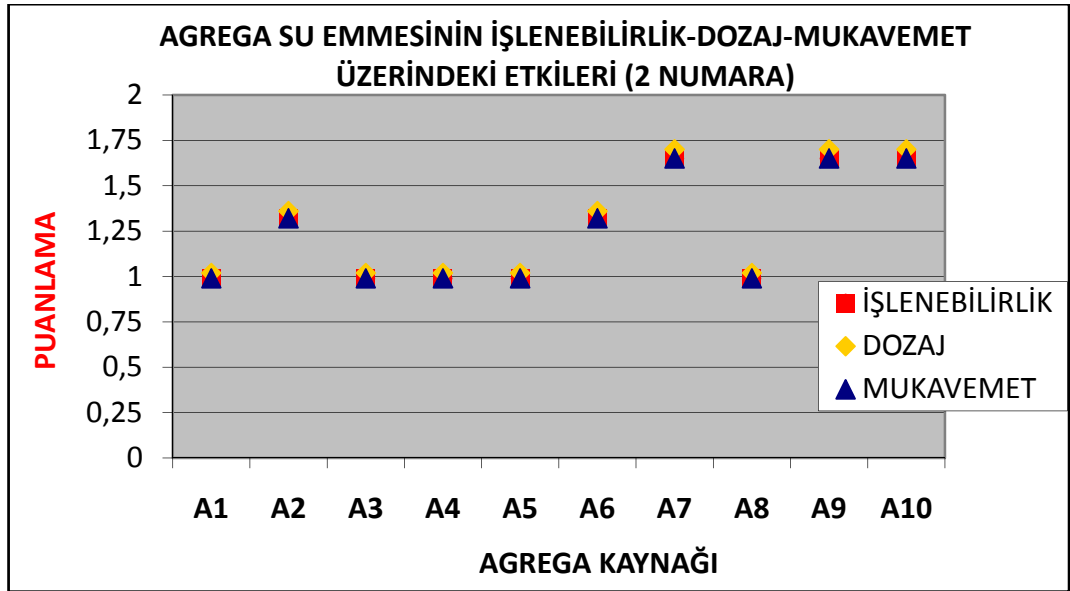


Şekil 2.42. 0-5 mm agrega su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

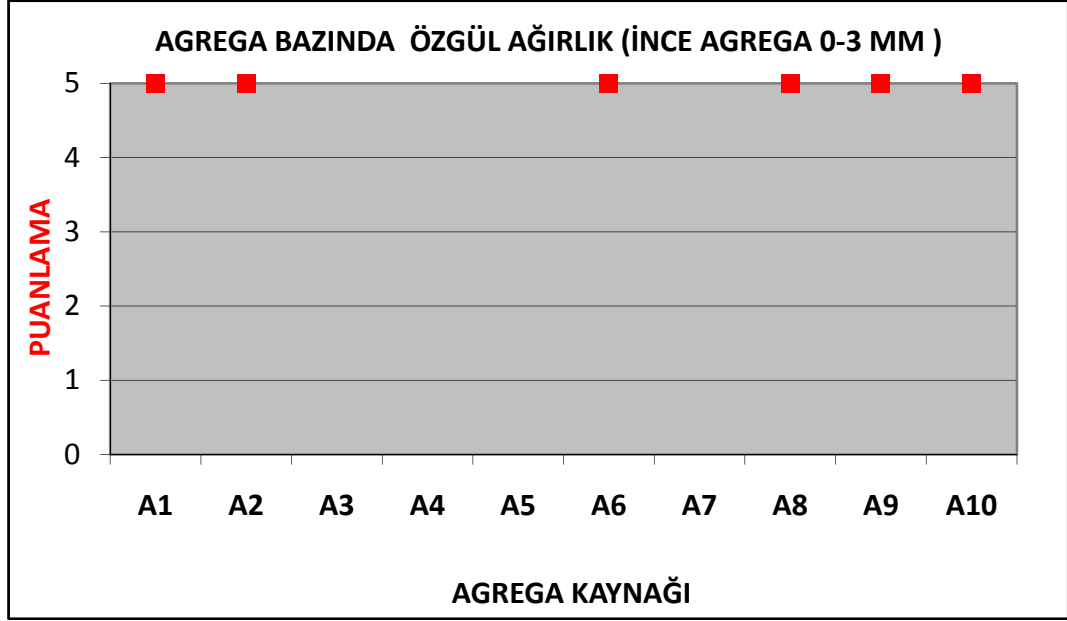
puanlama



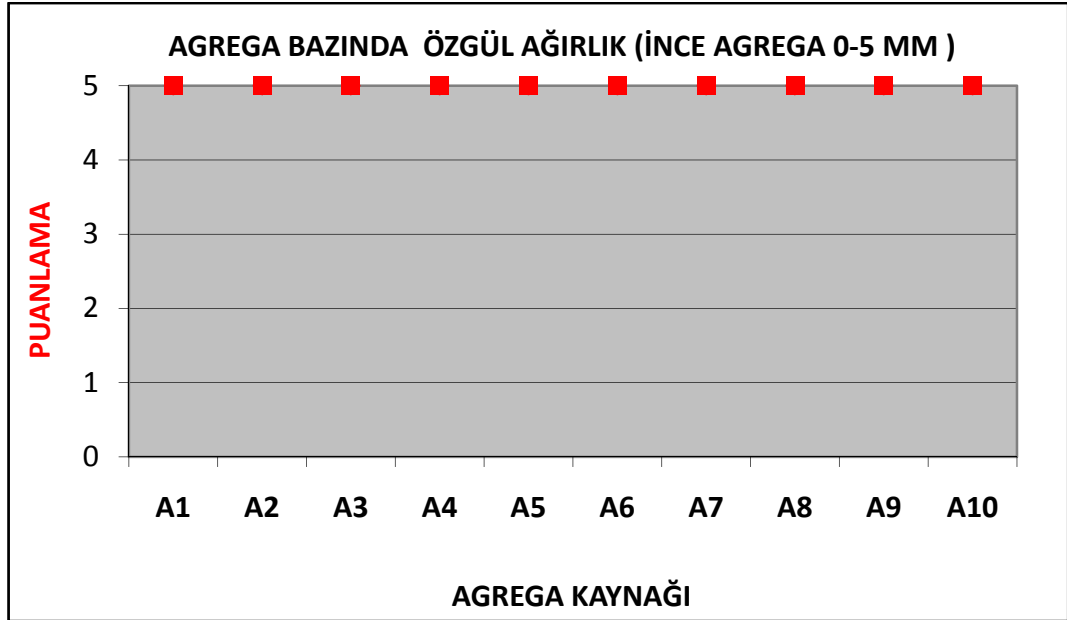
Şekil 2.43. 1 numara agregası su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama



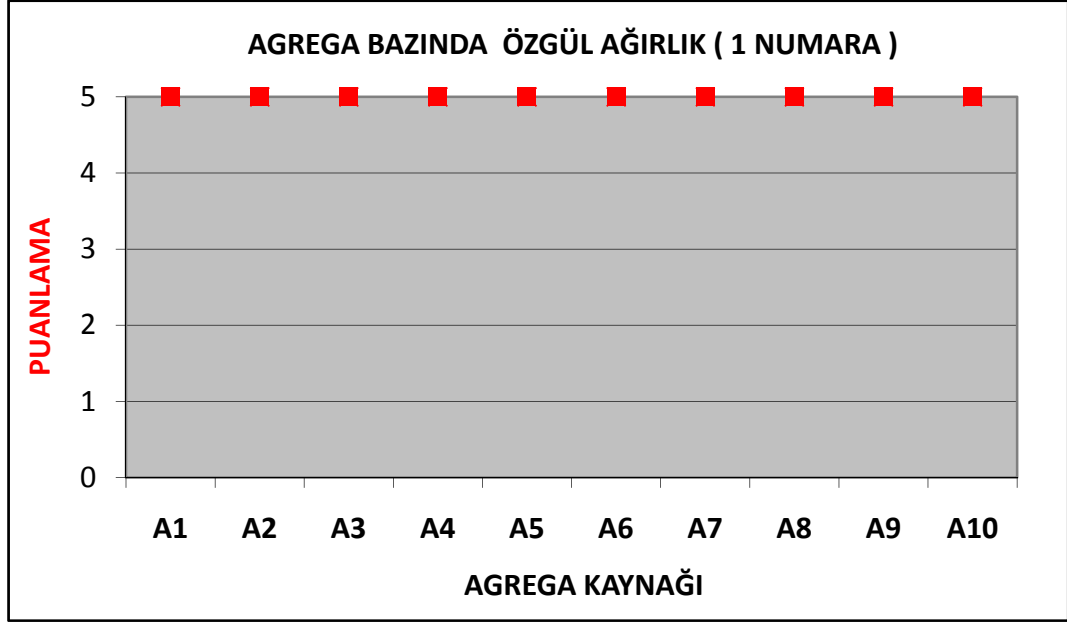
Şekil 2.44. 2 numara agregası su emmesinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama



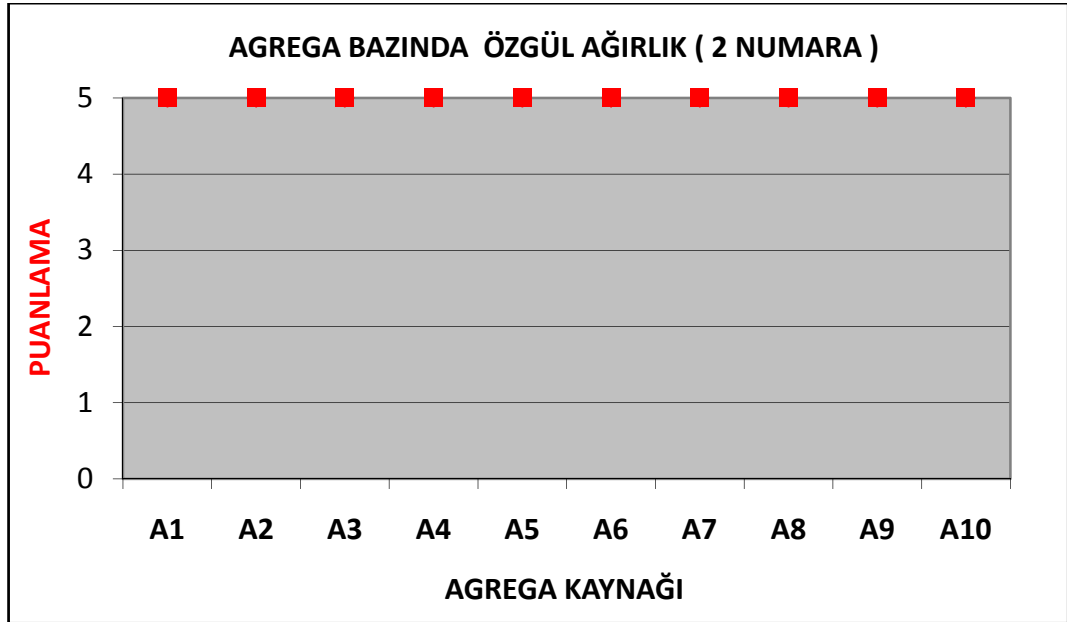
Şekil 2.45. Agreg a bazında 0-3mm agreg a özgül ağırlık puanlaması



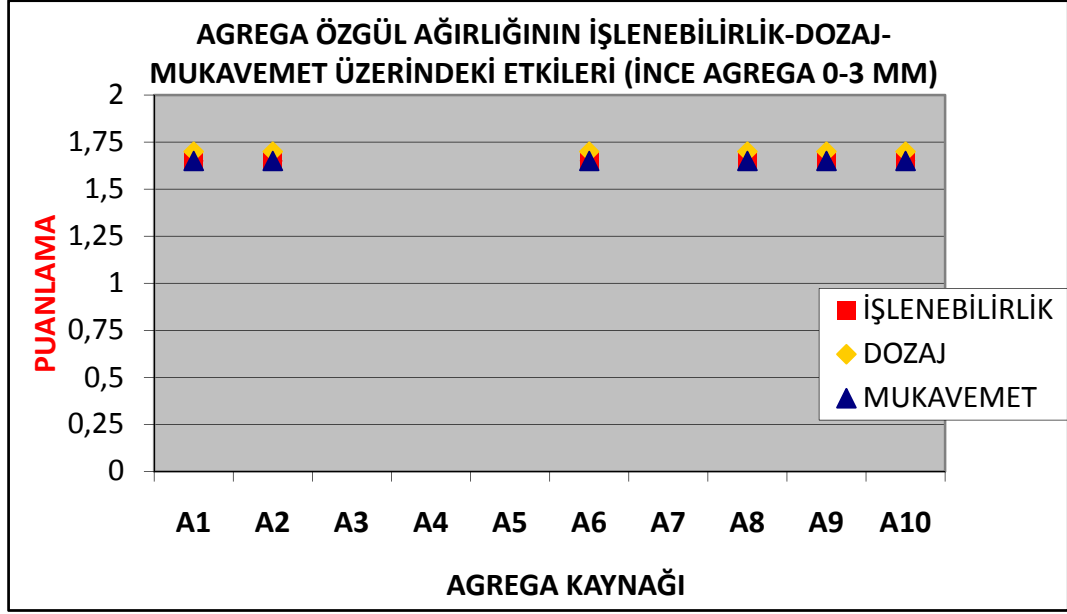
Şekil 2.46. Agreg a bazında 0-5 mm agreg a özgül ağırlık puanlaması



Şekil 2.47. Agreg bazında 1 numara agreg özgül ağırlık puanlaması

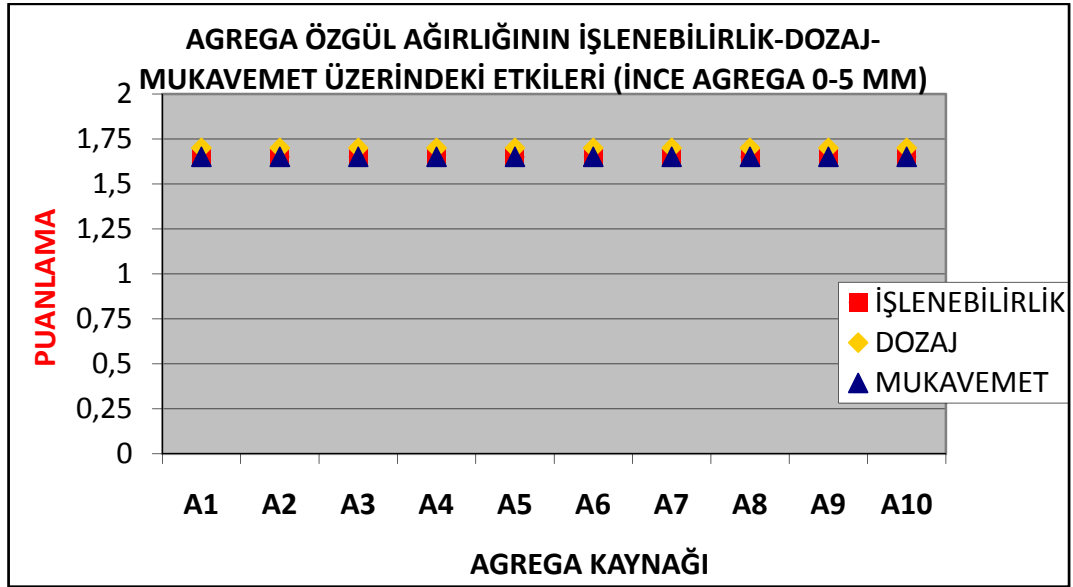


Şekil 2.48. Agreg bazında 2 numara agreg özgül ağırlık puanlaması



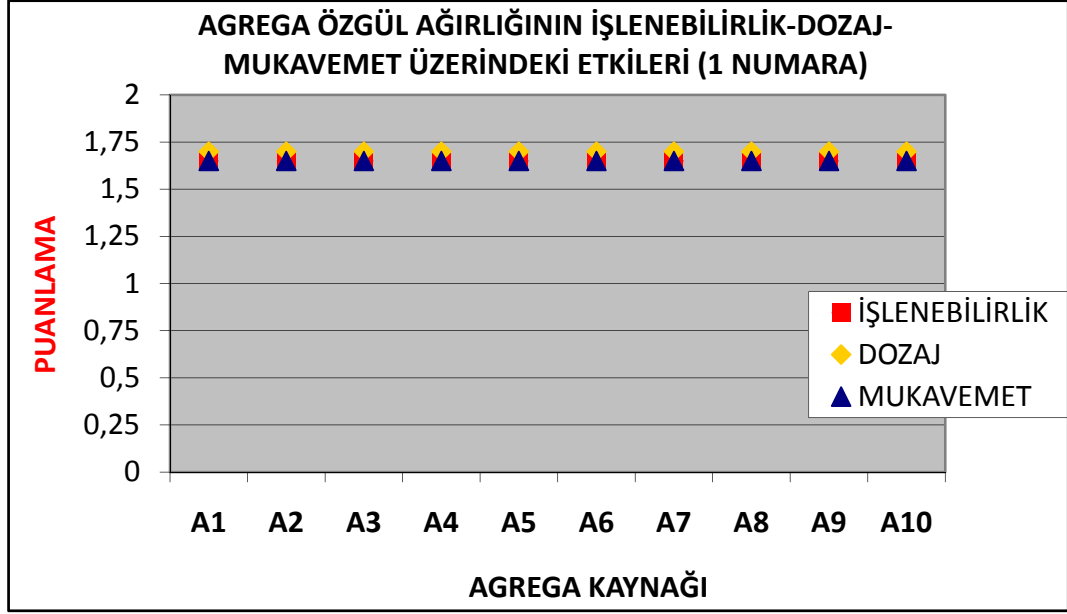
Şekil 2.49. 0-3 mm agrega özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

puanlama

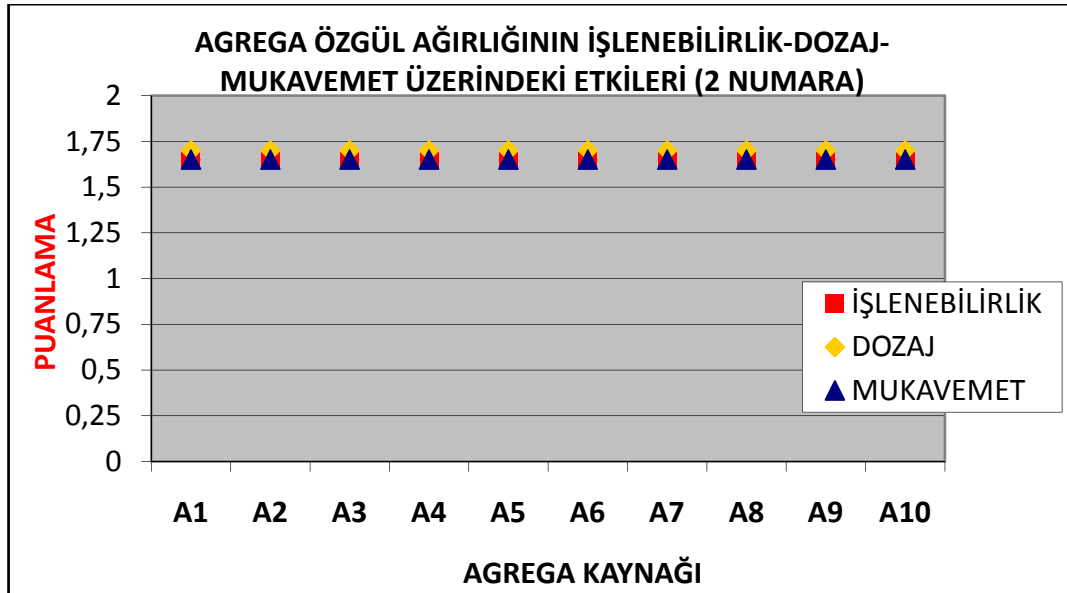


Şekil 2.50. 0-5 mm agrega özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

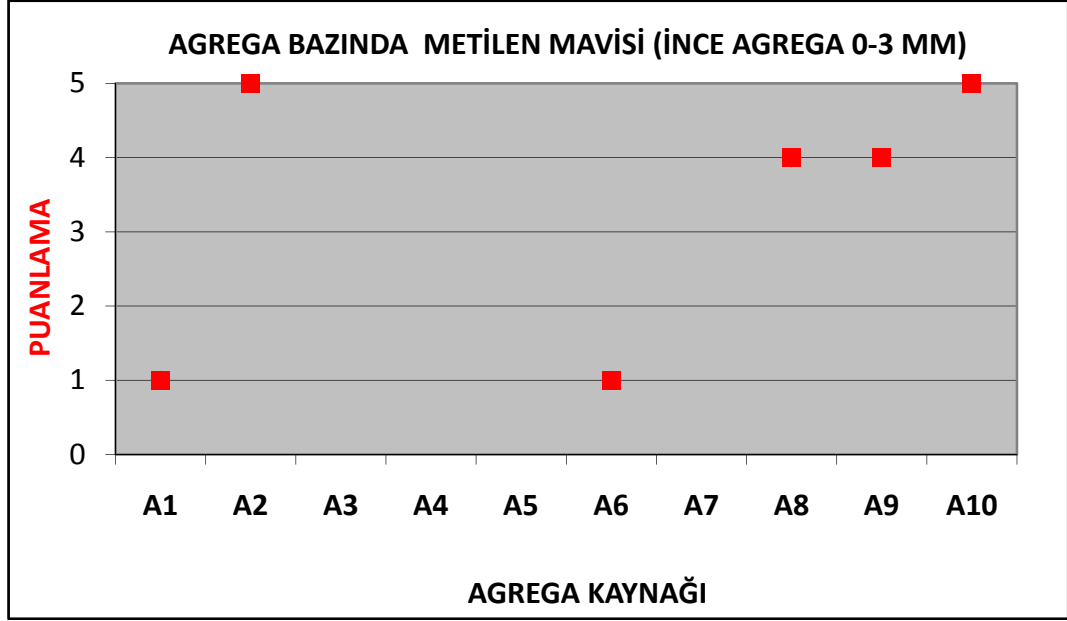
puanlama



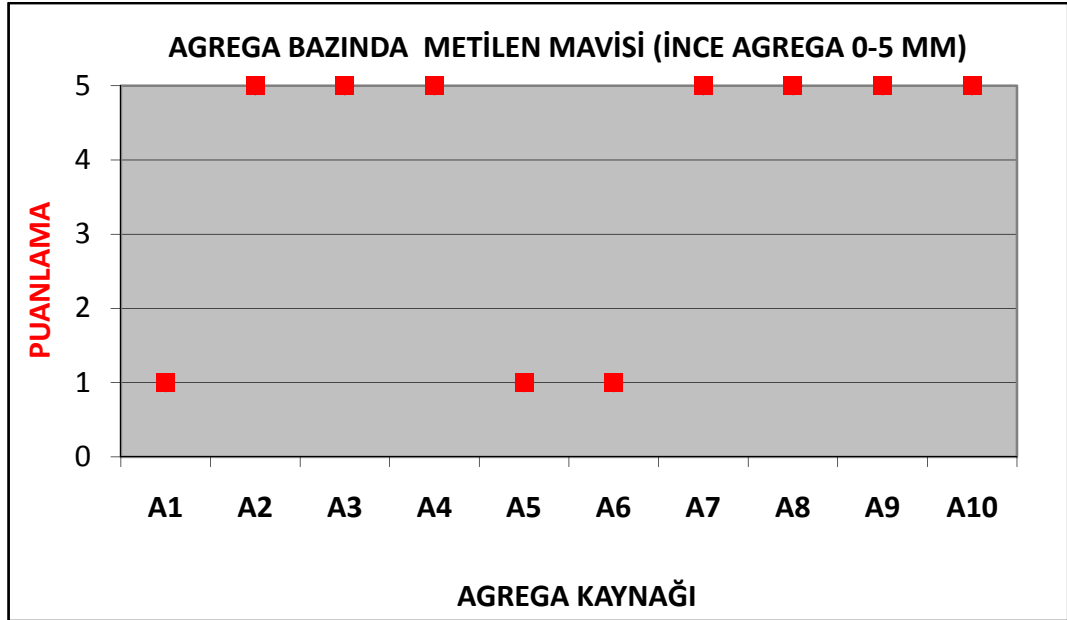
Şekil 2.51. 1 numara agreg a özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama



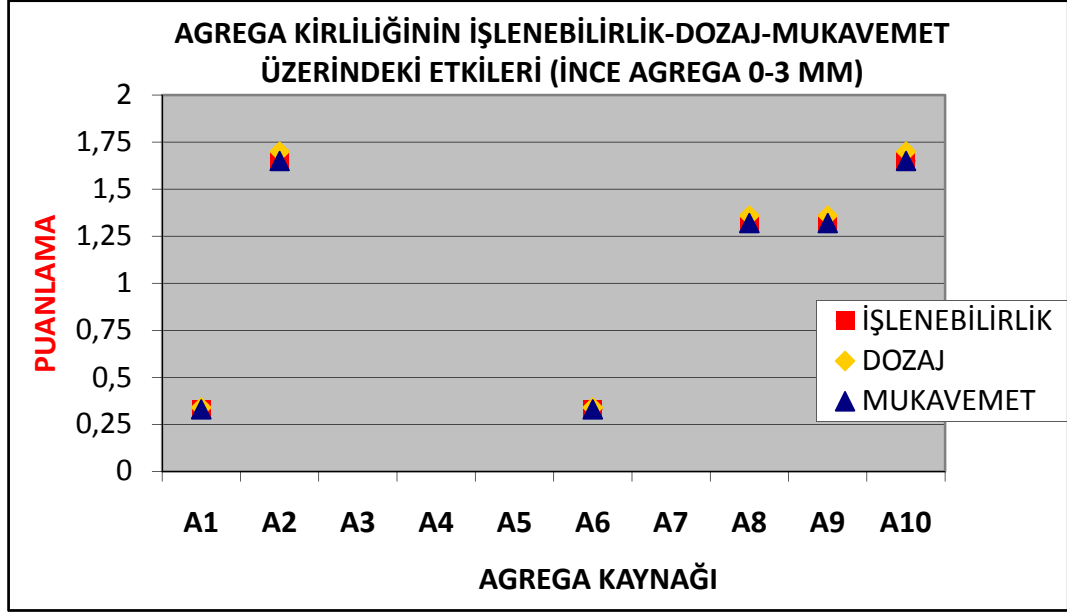
Şekil 2.52. 2 numara agreg a özgül ağırlığının işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama



Şekil 2.53. Agreg a bazında 0-3 mm agreg a kirlilik puanlaması

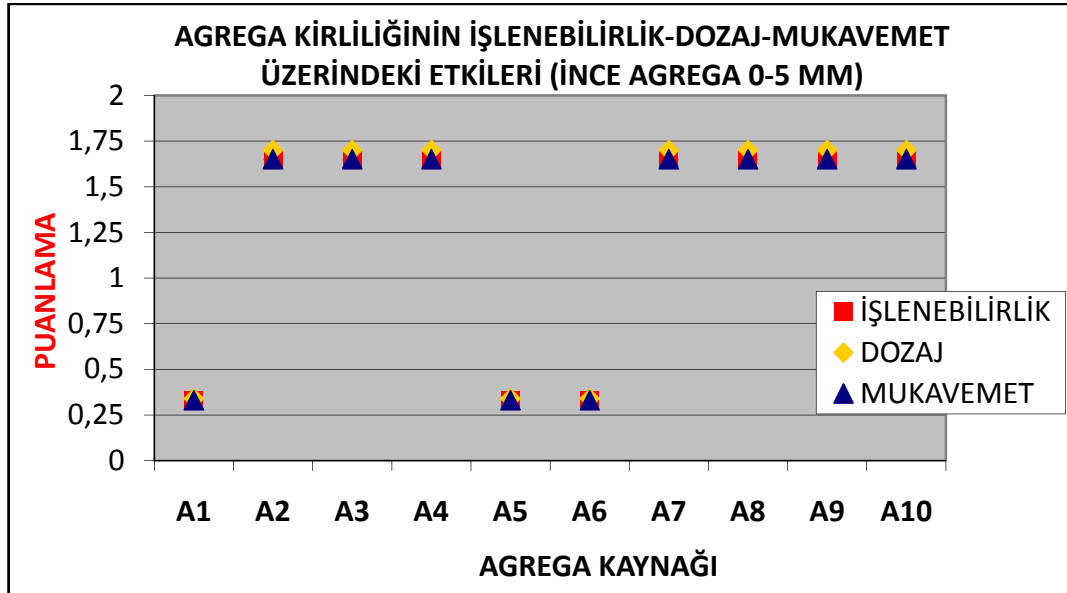


Şekil 2.54. Agreg a bazında 0-5 mm agreg a kirlilik puanlaması



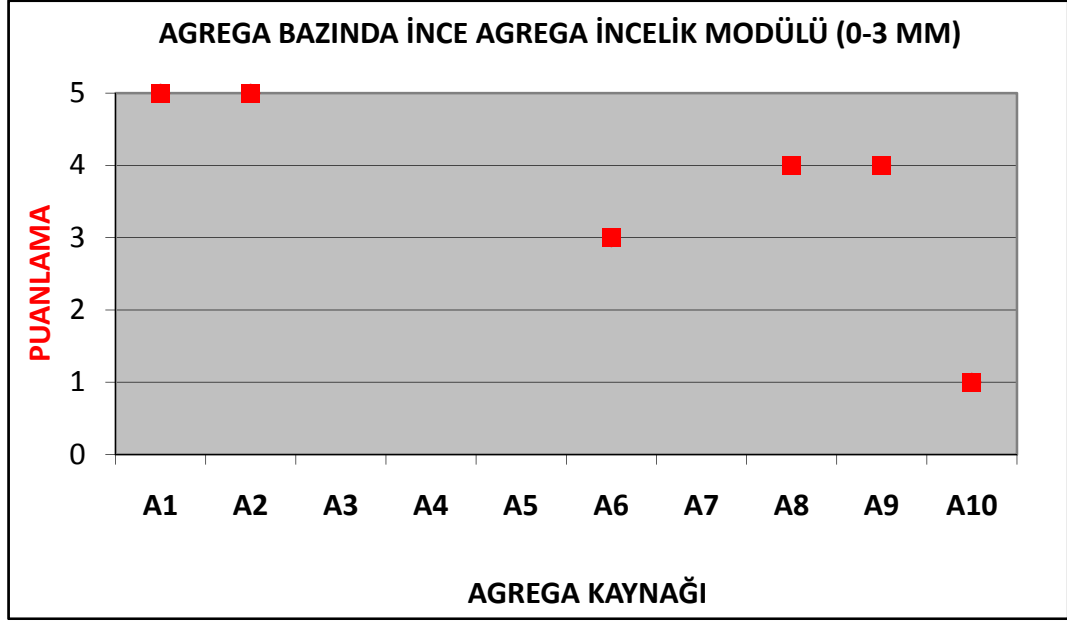
Şekil 2.55. 0-3 mm agrega kirliliğinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

puanlama

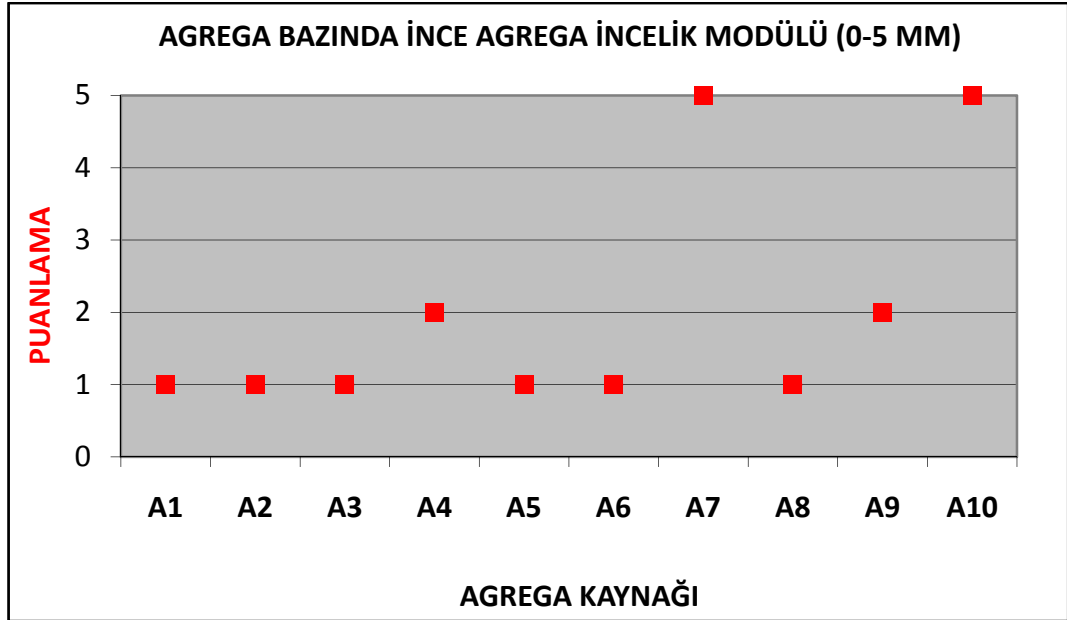


Şekil 2.56. 0-5 mm agrega kirliliğinin işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

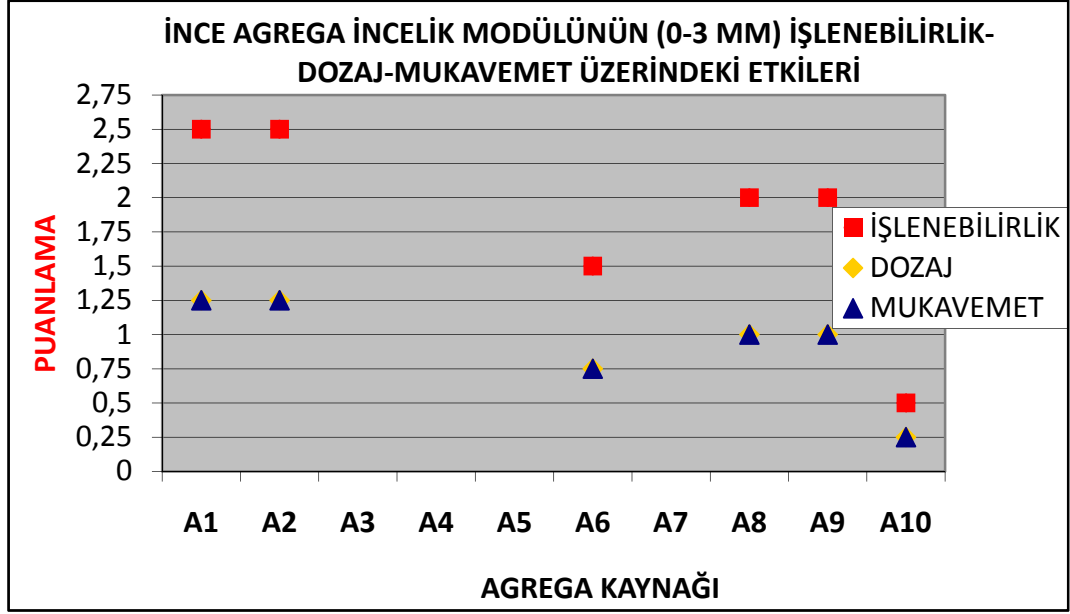
puanlama



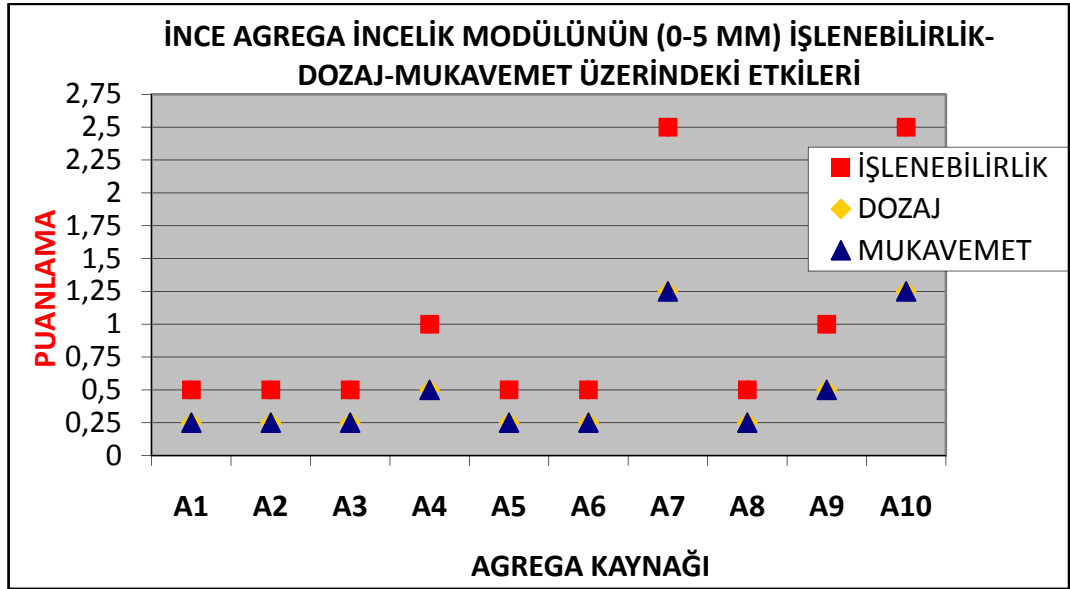
Şekil 2.57. Agreg a bazında 0-3 mm ince agrega incelik modülü puanlaması



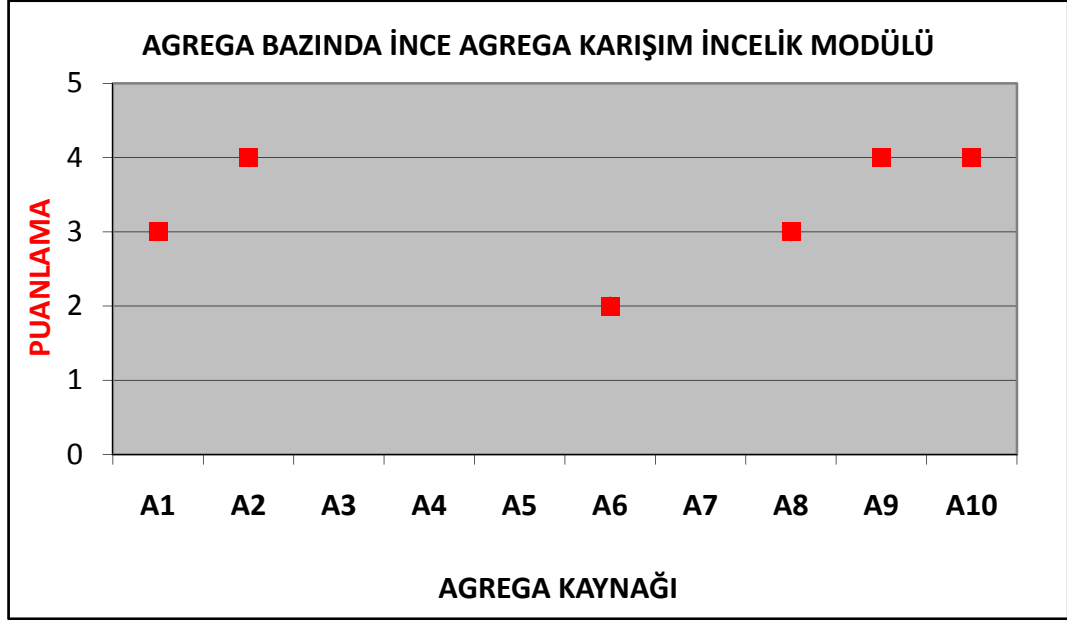
Şekil 2.58. Agreg a bazında 0-5 mm agrega ince agrega incelik modülü puanlaması



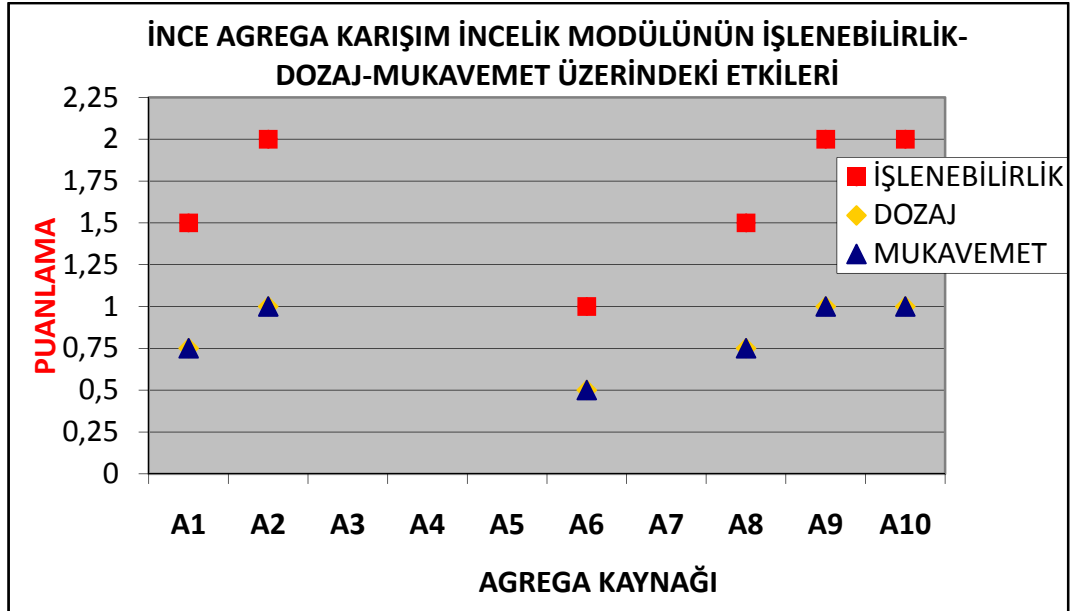
Şekil 2.59. 0-3 mm agrega incelik modülünü işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama



Şekil 2.60. 0-5 mm agrega incelik modülünü işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait puanlama

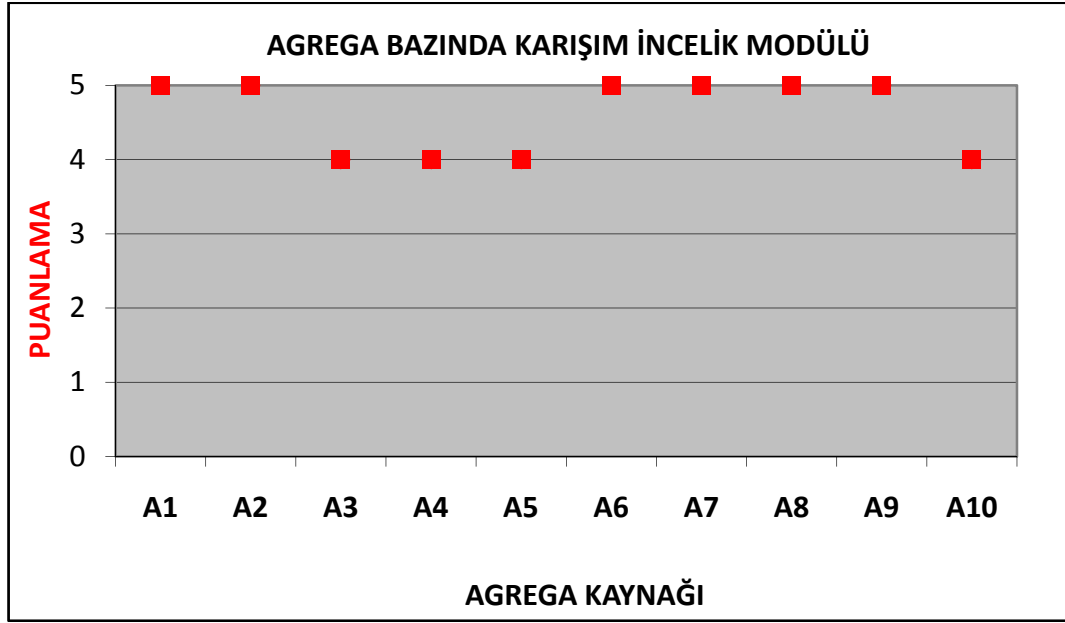


Şekil 2.61. Agregada bazında ince agrega karışım incelik modülü puanlaması

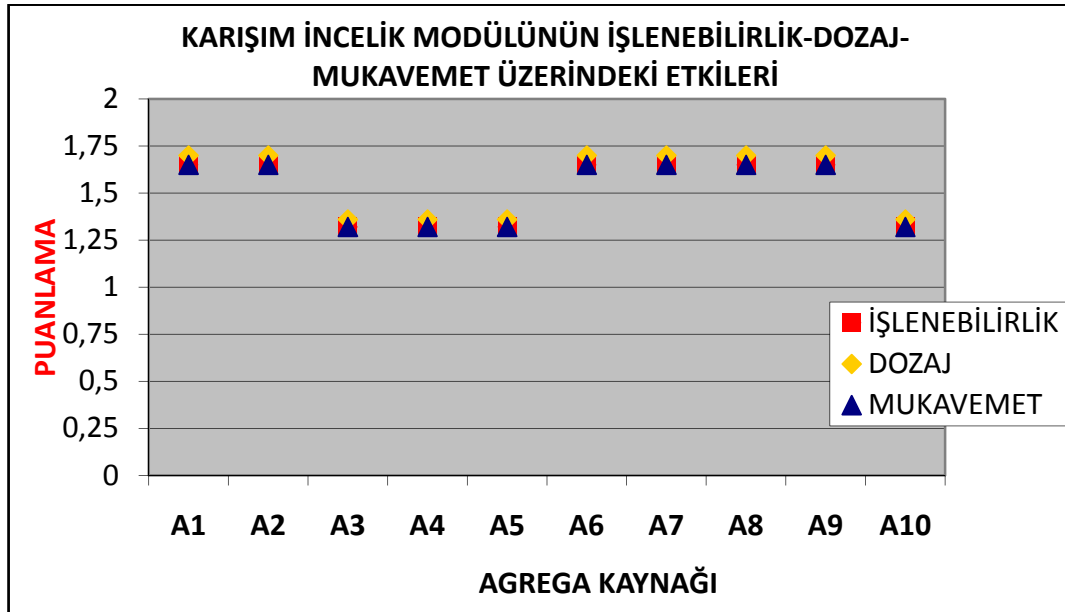


Şekil 2.62. İnce agrega karışım incelik modülünün işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki

etkilerine ait puanlama

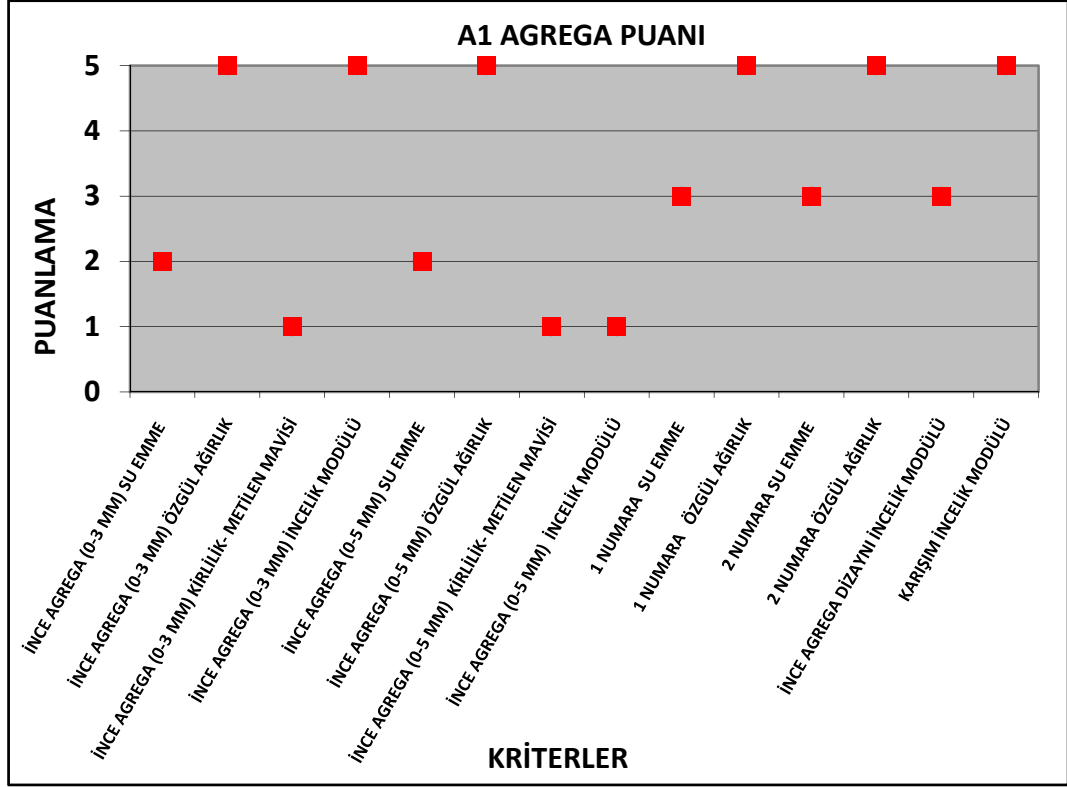


Şekil 2.63. Agregada bazında karışım incelik modülü puanlaması

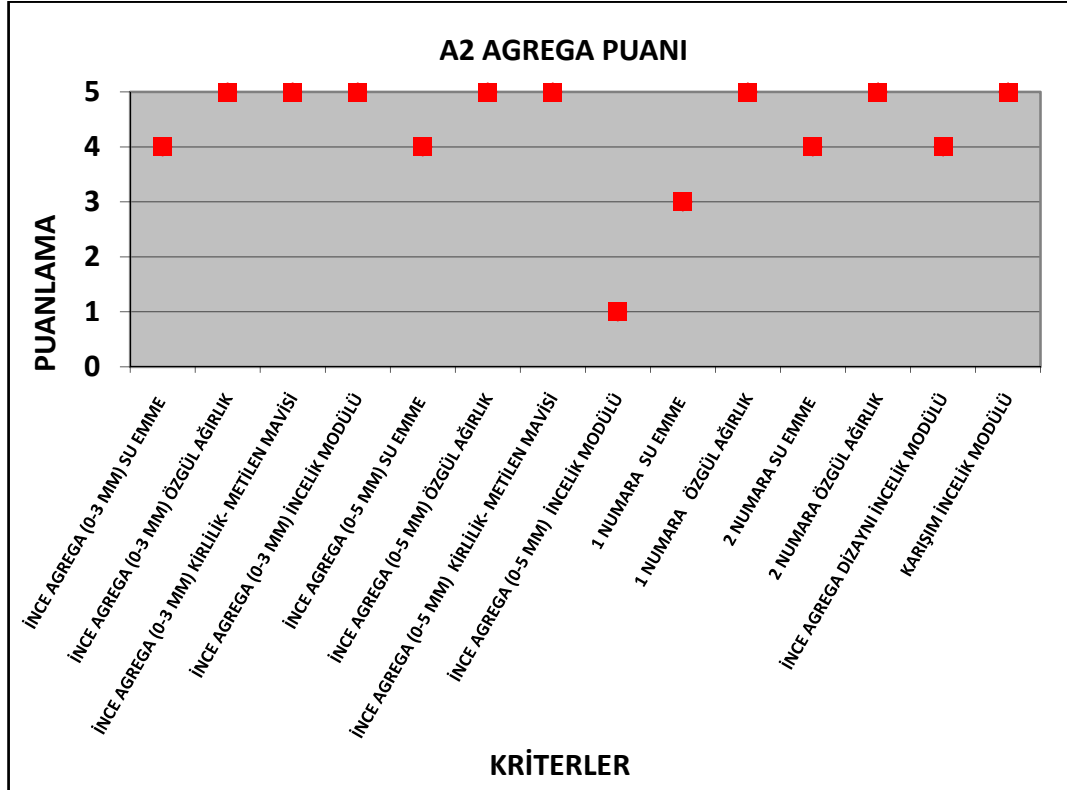


Şekil 2.64. Karışım incelik modülünün işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkilerine ait

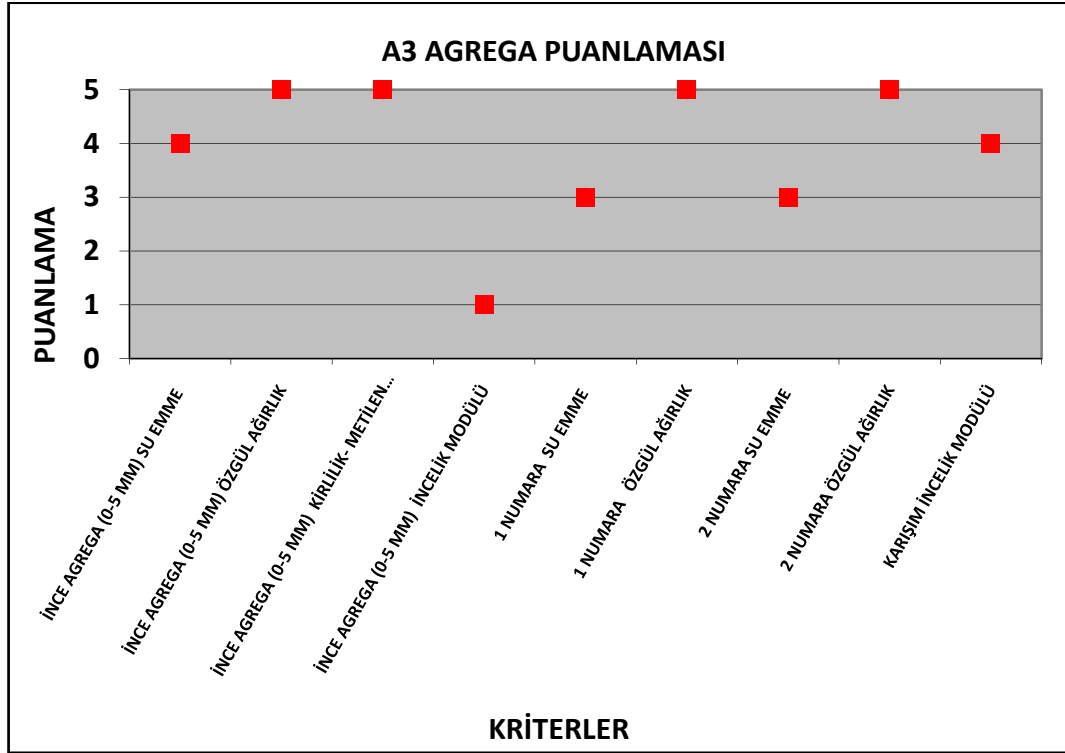
puanlama



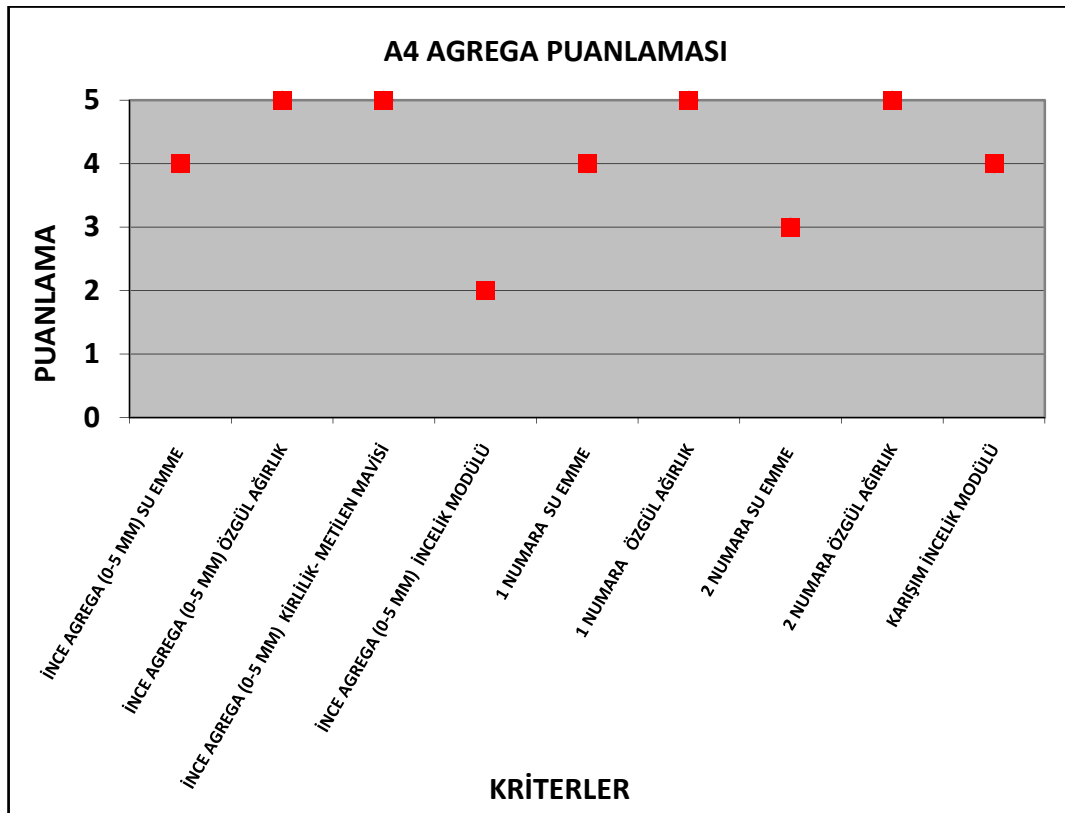
Şekil 2.65. A1 agrega puanlaması



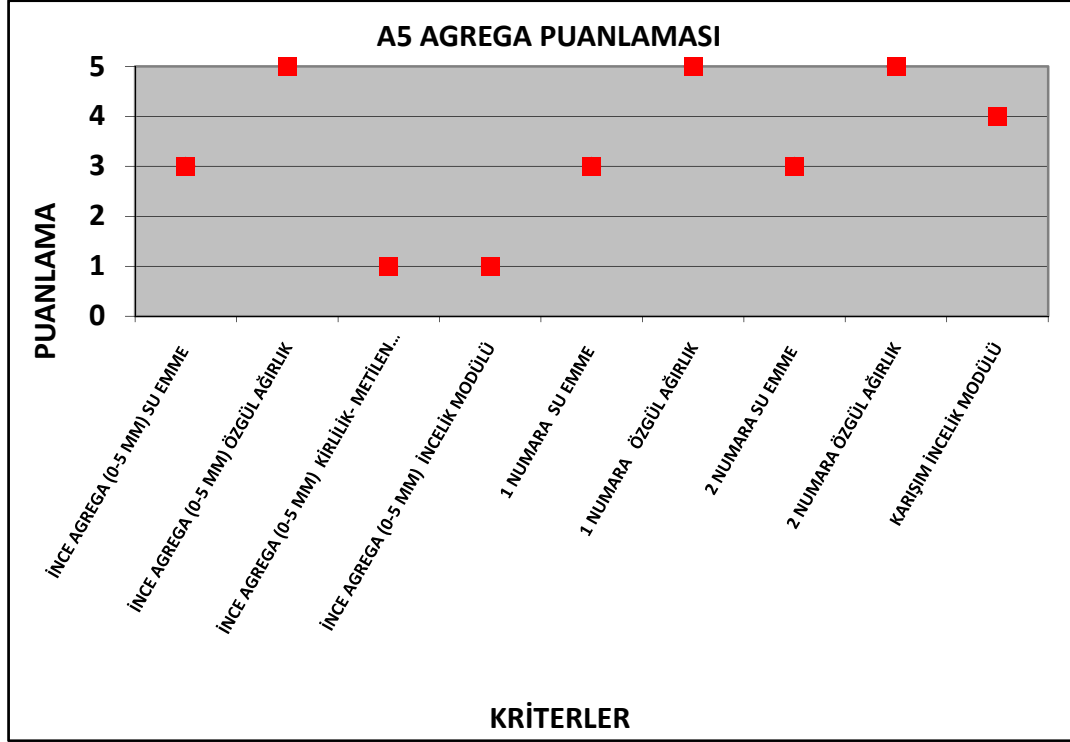
Şekil 2.66. A2 agrega puanlaması



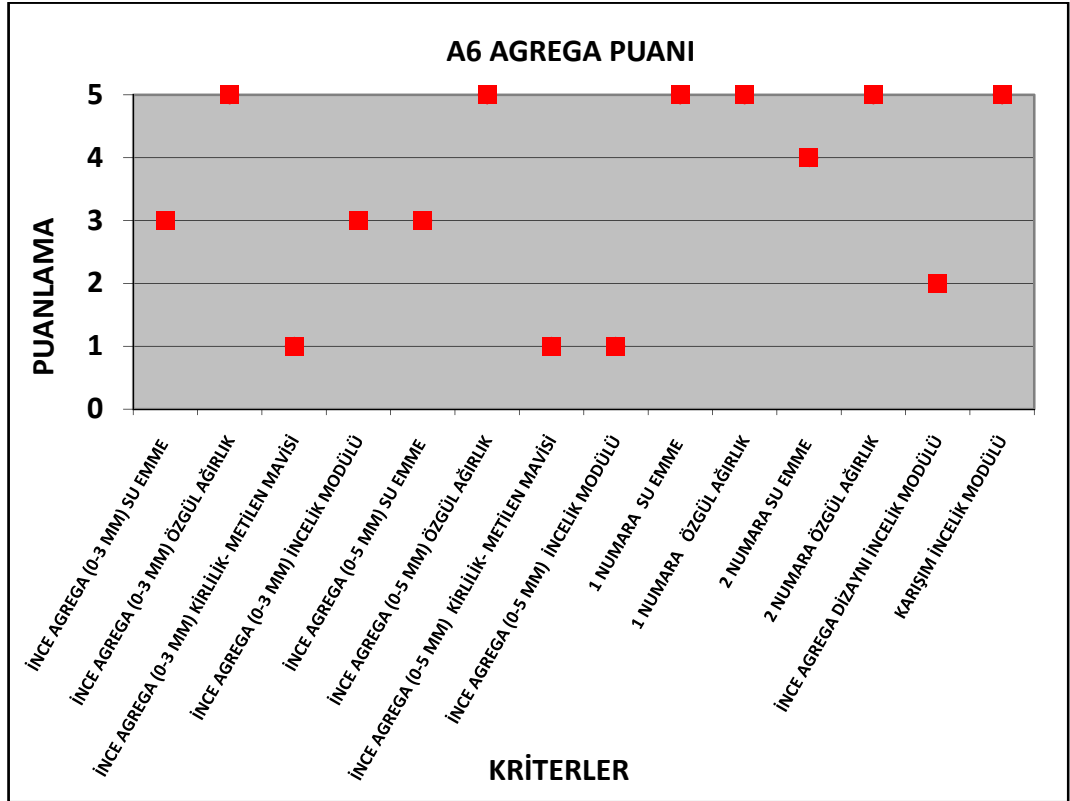
Şekil 2.67. A3 agrega puanlaması



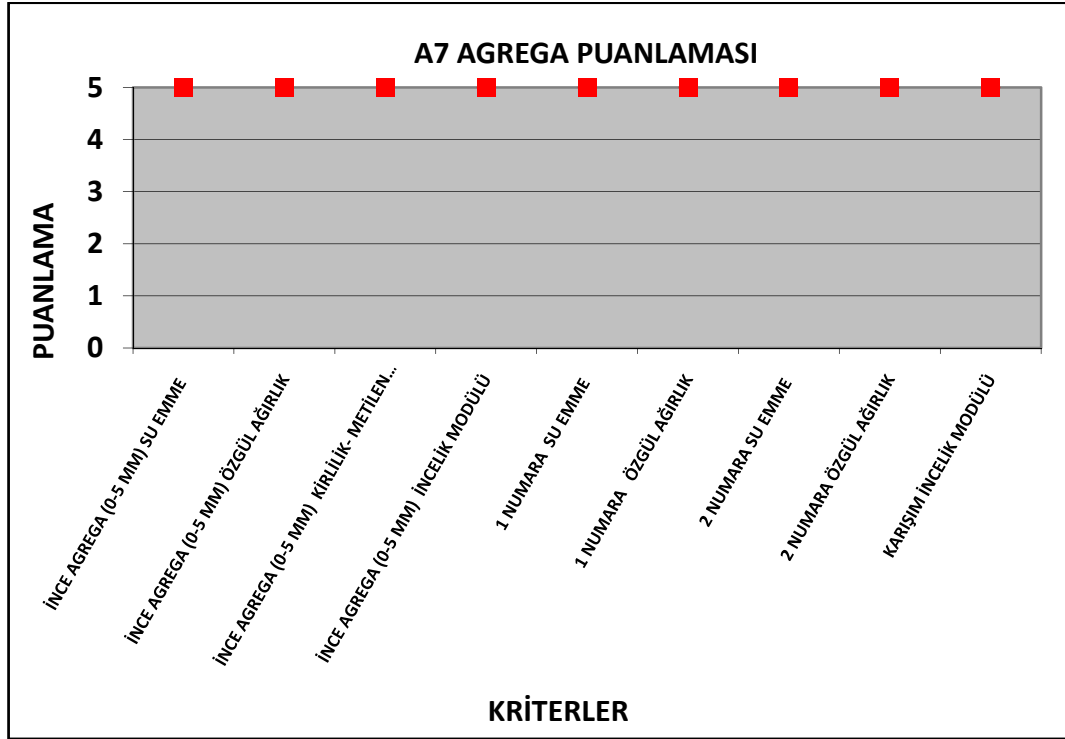
Şekil 2.68. A4 agrega puanlaması



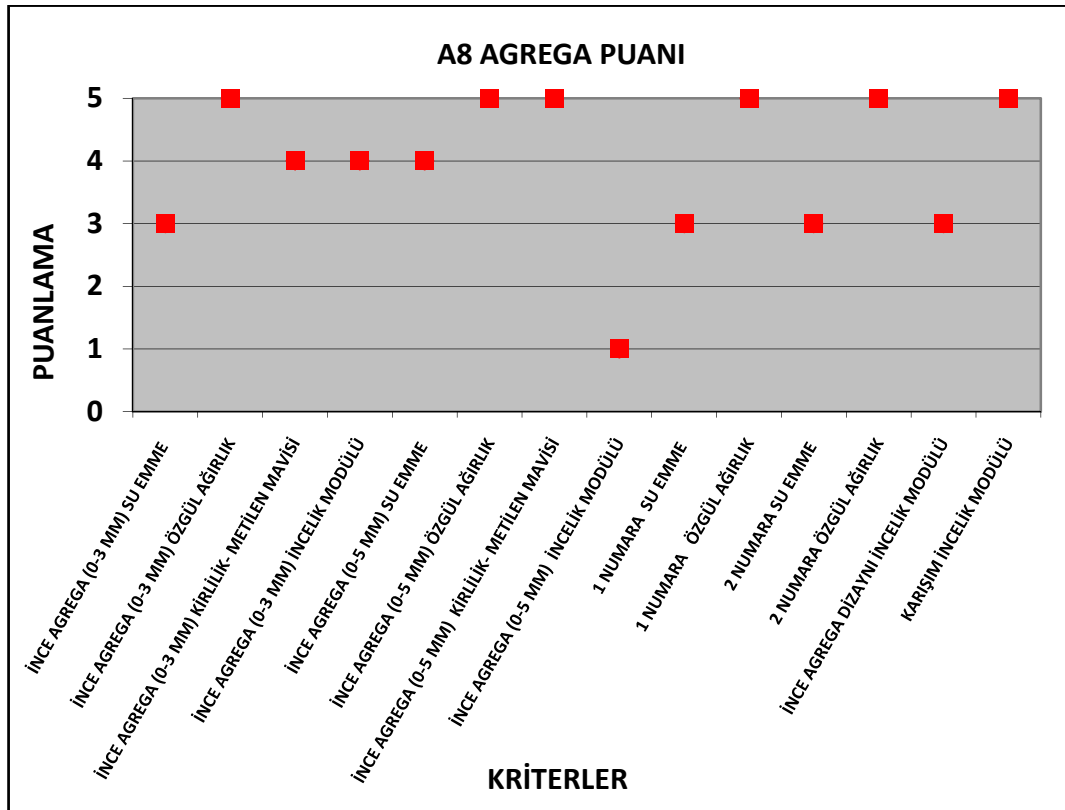
Şekil 2.69. A5 agrega puanlaması



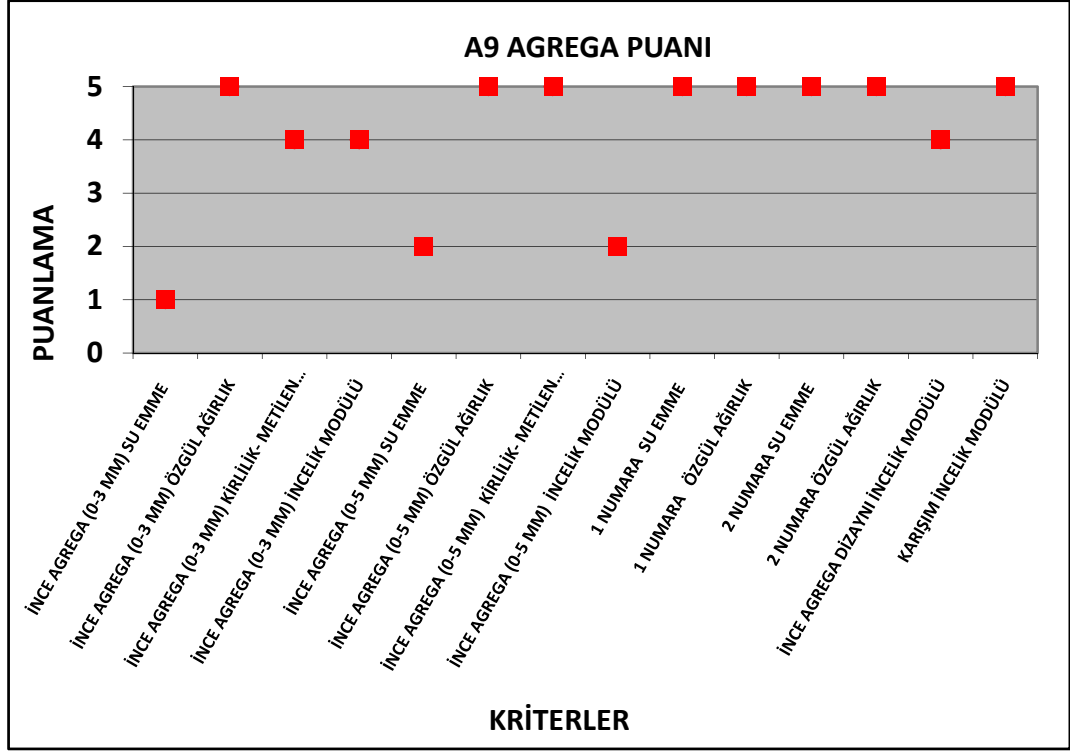
Şekil 2.70. A6 agrega puanlaması



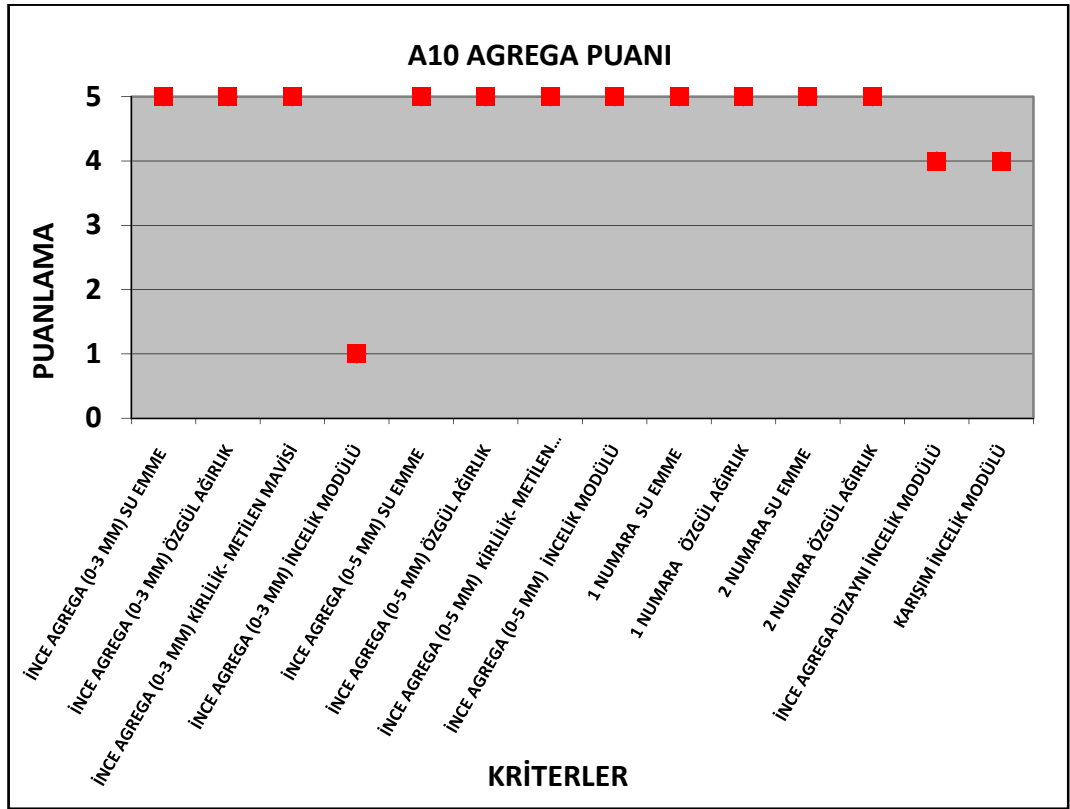
Şekil 2.71. A7 agrega puanlaması



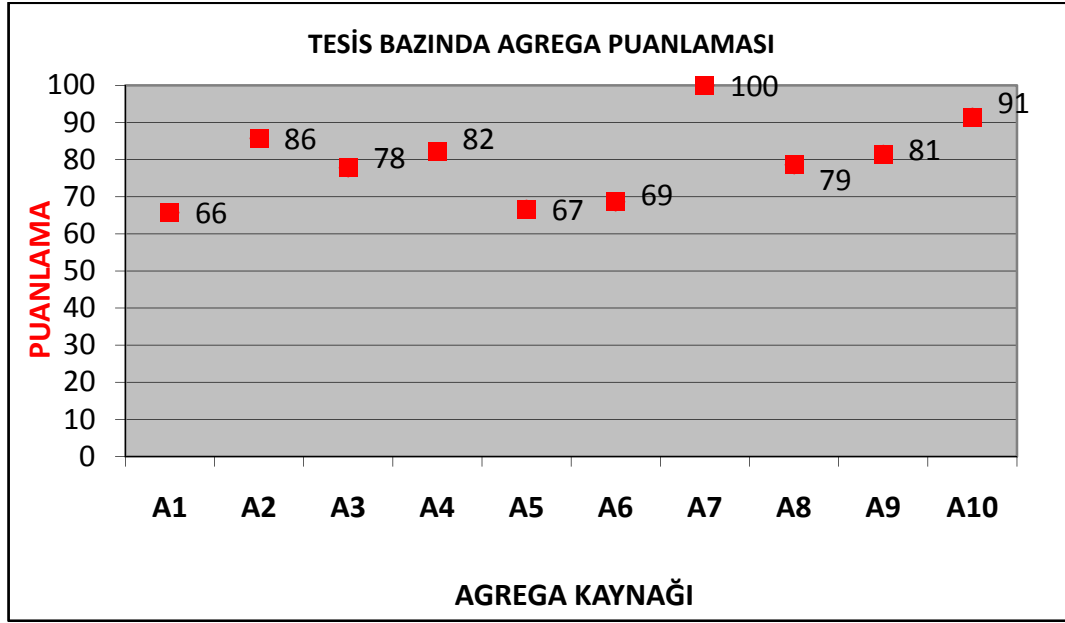
Şekil 2.72. A8 agrega puanlaması



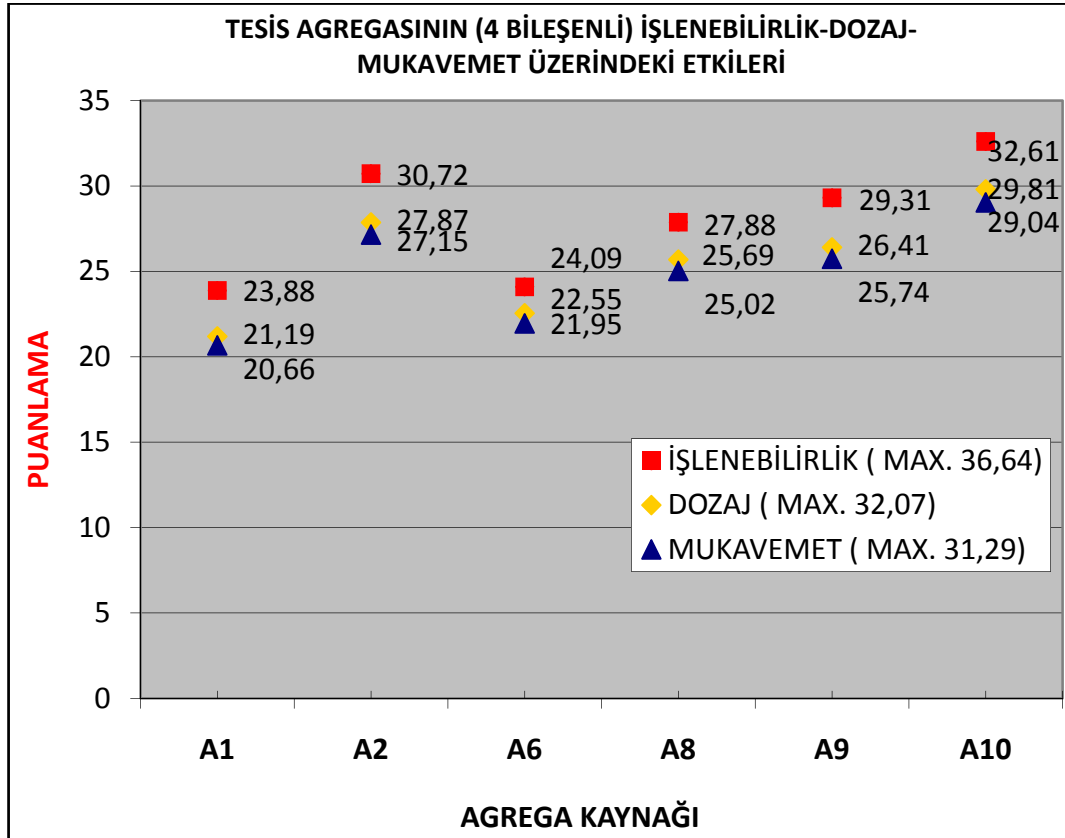
Şekil 2.73. A9 agrega puanlaması



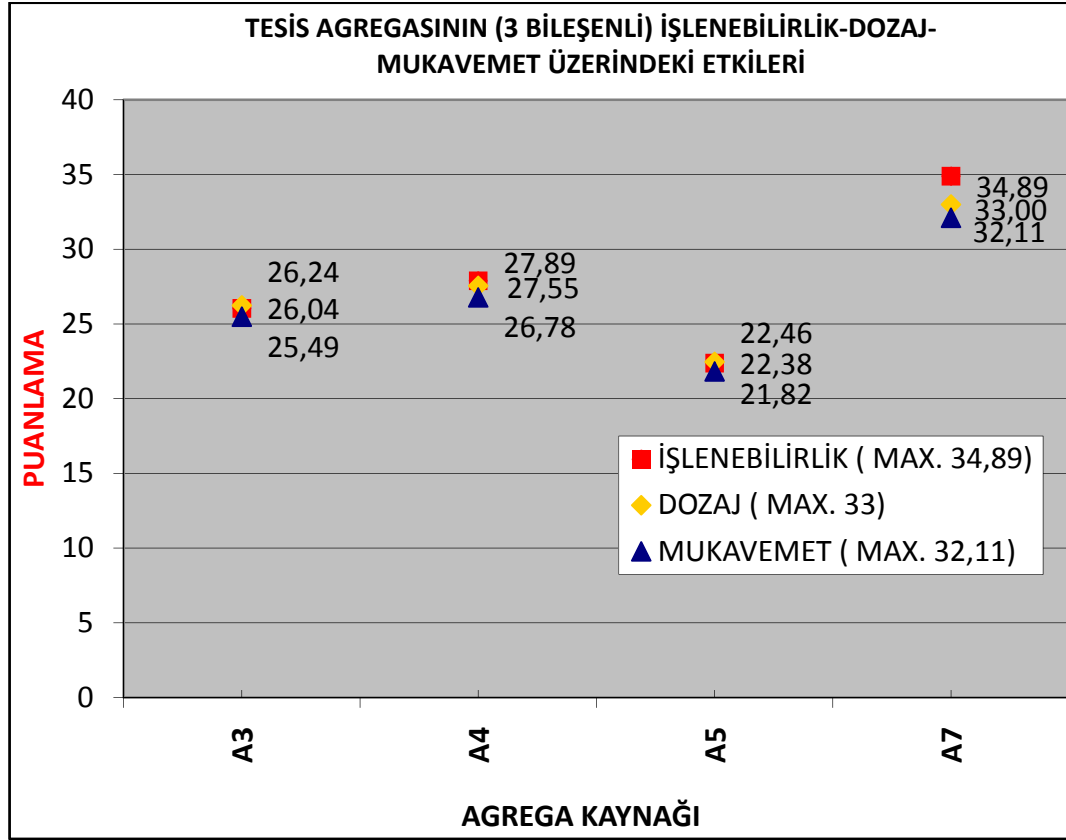
Şekil 2.74. A10 agrega puanlaması



Şekil 2.75. Agregat puanlaması



Şekil 2.76. Agregat tasarımının (4 bileşenli) işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkileri



Şekil 2.77. Agrega dizaynının (3 bileşenli) işlenebilirlik-dozaj-mukavemet üzerindeki etkileri

2.1.3. Mineral Katkı

KYB beton dizaynlarında Soma veTunçbilek Termik Santrallerinden elde edilen uçucu küller kullanılmıştır.

2.1.4. Kimyasal Katkı

Deneme beton dizaynlarında kullanılan kimyasal katkıları K1, K2, K3, K4, K5, K6 şeklinde sıralanmıştır.

2.2. Deney Yöntemleri

2.2.1. Taze Beton Deneyleri

Üretilen betonların kıvam tayinleri Abrams hunisi ile yapılan çökme-yayılma deneyinde çökme miktarları ve yayılma çapları belirlenmiştir.

EFNARC'ın (European Federation of National Trade Associations) kendiliğinden yerleşen betonlar için belirlemiş olduğu ölçütlerde yayılma çapının 65 cm ile 80 cm arasında olması şart koşulmuştur. (Şahmaran ve ark. 2002)

KYB dizaynında ilgili parametreler baz alınarak deneyler yürütülmüş ve KYB hakkında yorumlar yapılmıştır. Deneyler beton üretiminden sonra ilk kıvam ve yayılma miktarı olarak kaydedilmiştir.

2.2.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Üretilen betonlardan alınan 15x15x15 cm küp şeklindeki kalıplar 1 gün laboratuvar ortamında saklandıktan sonra kalıplardan çıkarılmış ve deney gününe kadar 20 ± 2 °C de kür havuzunda saklanmıştır. Bu beton numuneleri üzerinde 2, 7, 28 günlük beton basınç deneyleri uygulanmıştır. Basınç deney sonuçları ilgili bölüm içerisinde verilmiştir.

2.3. Agregada Bazında Beton Deneme Karışımları

Agrega ocağı bazında 10 çeşit agregada ile toplamda 58 adet beton karışımı yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde agregada bazındaki beton denemeleri özetlenmiştir. Bu bölümde deneme karışımlarında kullanılan kimyasal katkıları K1, K2, K3, K4, K5, K6 şeklinde isimlendirilmiştir.

2.3.1. A1 Agregasınaait Deneme Karışımları

A1 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

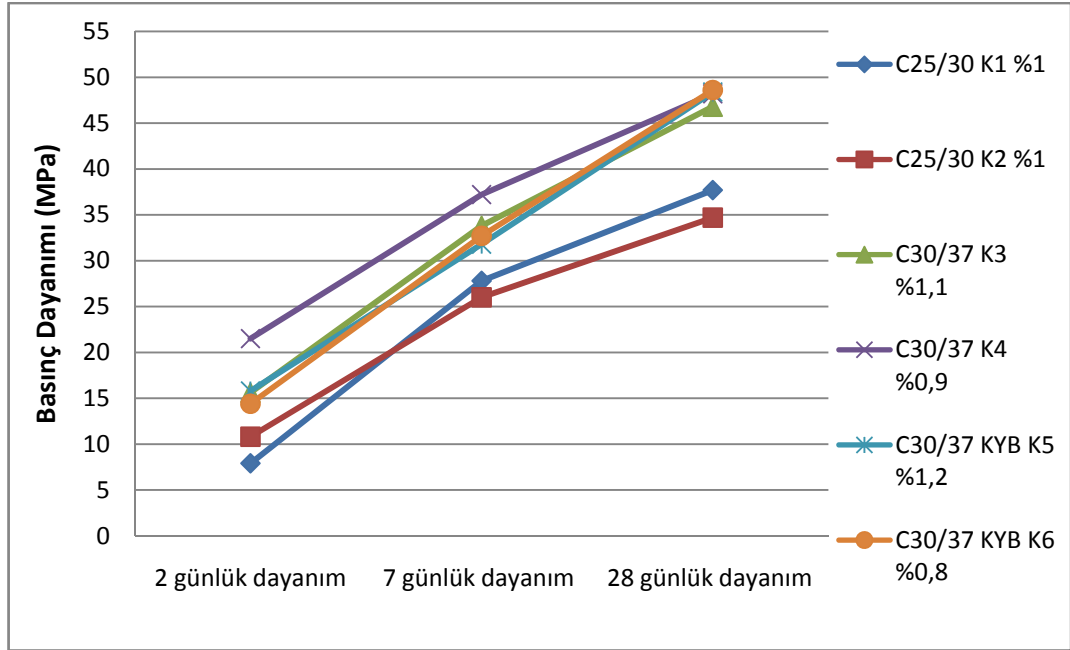
Çizelge 2.49. A1 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C25/30	305	-	190	643	274	497	469	K1	1
C25/30	305	-	190	643	274	497	469	K2	1
C30/37	335	-	176,5	618	206	511	530	K3	1,1
C30/37	335	-	175,5	618	206	511	530	K4	0,9
C30/37 KYB	350	150	177	704	223	783	-	K5	1,2
C30/37 KYB	350	150	171	704	223	783	-	K6	0,8

A1 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.50’te verilmiştir.

Çizelge 2.50. A1 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

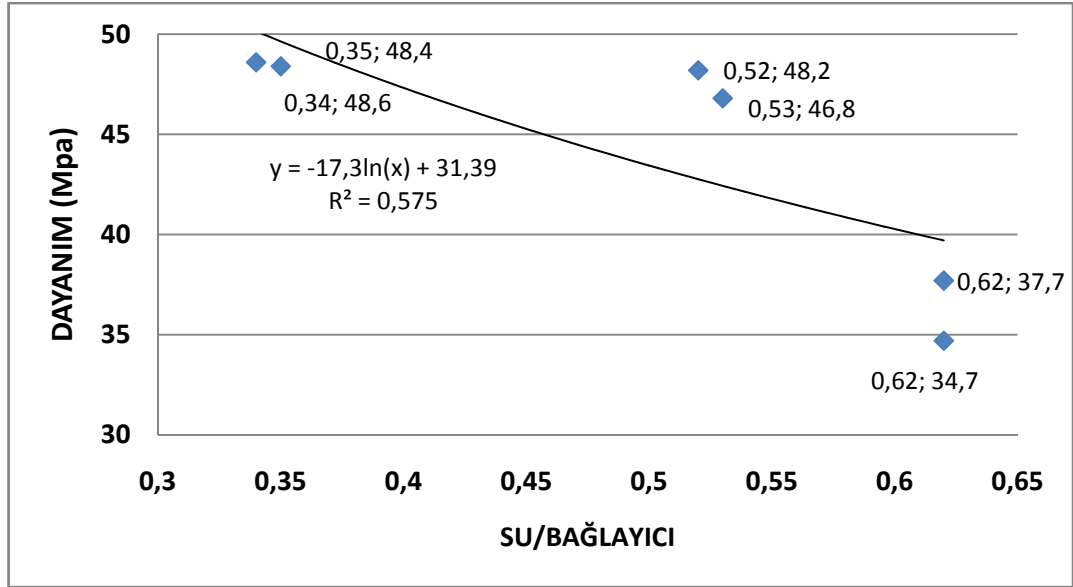
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C25/30	K1	1	19	7,9	27,8	37,7
C25/30	K2	1	19	10,8	26	34,7
C30/37	K3	1,1	21	15,6	33,8	46,8
C30/37	K4	0,9	22,5	21,5	37,2	48,2
C30/37 KYB	K5	1,2	52 cm yayılma	15,8	31,8	48,4
C30/37 KYB	K6	0,8	42 cm yayılma	14,4	32,7	48,6



Şekil 2.78. A1 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.51. A1 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C25/30	K1	1	0,62	37,7
C25/30	K2	1	0,62	34,7
C30/37	K3	1,1	0,53	46,8
C30/37	K4	0,9	0,52	48,2
C30/37 KYB	K5	1,2	0,35	48,4
C30/37 KYB	K6	0,8	0,34	48,6



Şekil 2.79. A1 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.2. A2 Agregasına ait Deneme Karışımları

A2 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

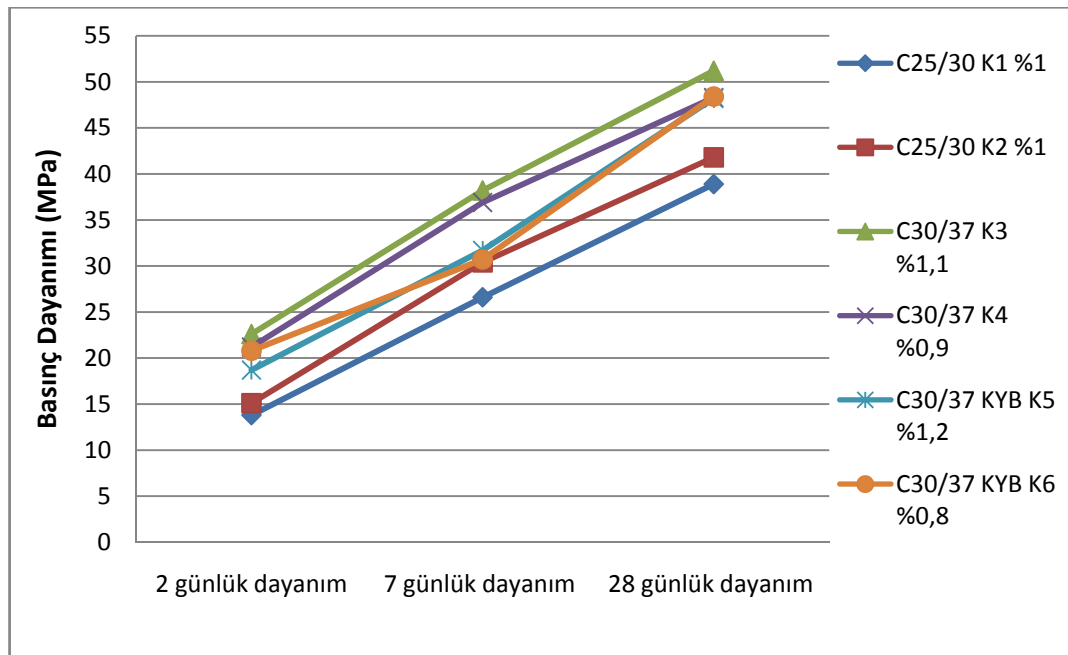
Çizelge 2.52. A2 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C25/30	305	-	200	633	259	529	495	K1	1
C25/30	305	-	192	633	259	529	495	K2	1
C30/37	335	-	185	658	197	494	522	K3	1,1
C30/37	335	-	185	658	197	494	522	K4	0,9
C30/37 KYB	350	150	226,4	704	223	783	-	K5	1,2
C30/37 KYB	350	150	226	704	223	783	-	K6	0,8

A2 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.53’de verilmiştir.

Çizelge 2.53. A2 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

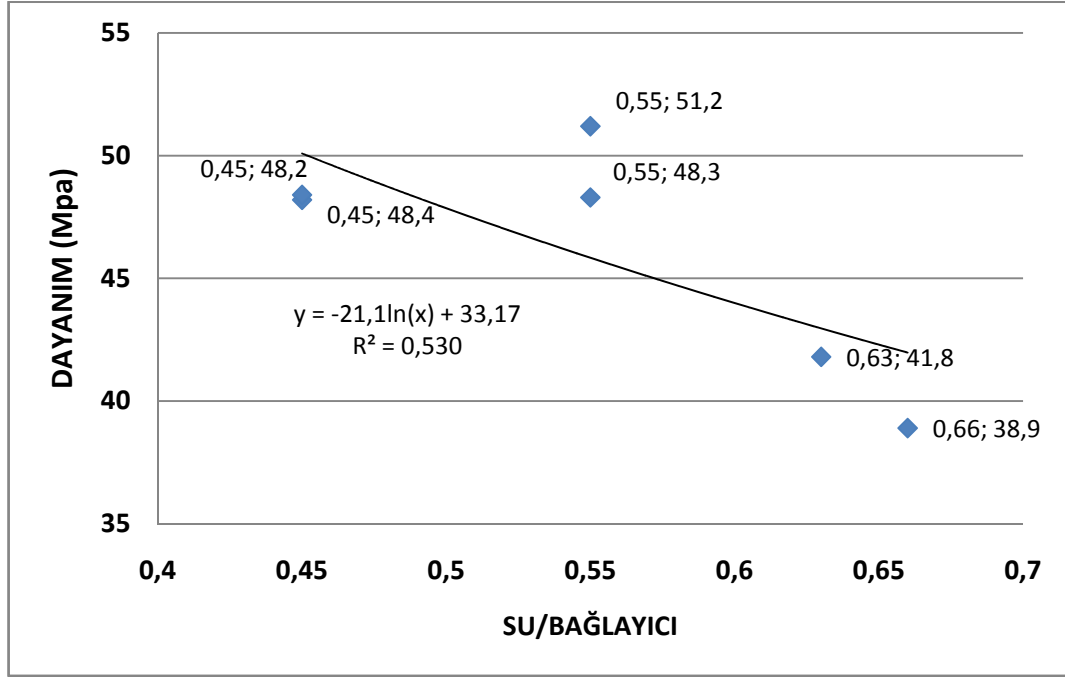
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C25/30	K1	1	18	13,8	26,6	38,9
C25/30	K2	1	18	15,1	30,4	41,8
C30/37	K3	1,1	21	22,6	38,2	51,2
C30/37	K4	0,9	23	21,2	36,9	48,3
C30/37 KYB	K5	1,2	58 cm yayılma	18,7	31,7	48,2
C30/37 KYB	K6	0,8	68 cm yayılma	20,8	30,7	48,4



Şekil 2.80. A2 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.54. A2 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C25/30	K1	1	0,66	38,9
C25/30	K2	1	0,63	41,8
C30/37	K3	1,1	0,55	51,2
C30/37	K4	0,9	0,55	48,3
C30/37 KYB	K5	1,2	0,45	48,2
C30/37 KYB	K6	0,8	0,45	48,4



Şekil 2.81. A2 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.3. A3 Agregasına ait Deneme Karışımları

A3 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

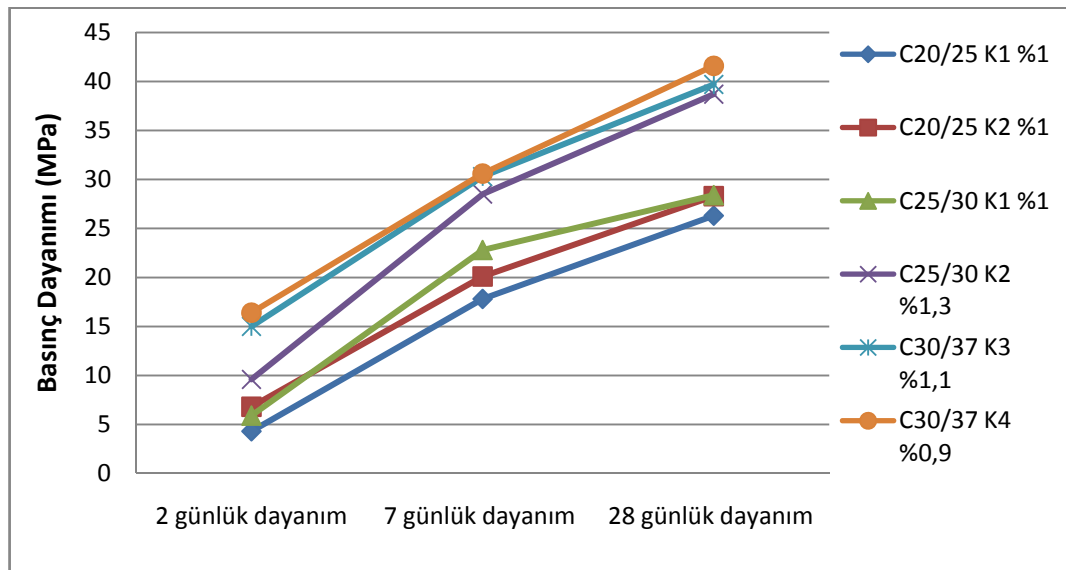
Çizelge 2.55. A3 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	265	-	193,8	-	986	441	499	K1	1
C20/25	265	-	199	-	986	441	499	K2	1
C25/30	295	-	187	-	963	445	492	K1	1
C25/30	295	-	183	-	963	445	492	K2	1,3
C30/37	330	-	175	-	936	483	483	K3	1,1
C30/37	330	-	175	-	936	483	483	K4	0,9

A3 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.56’te verilmiştir.

Çizelge 2.56. A3 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

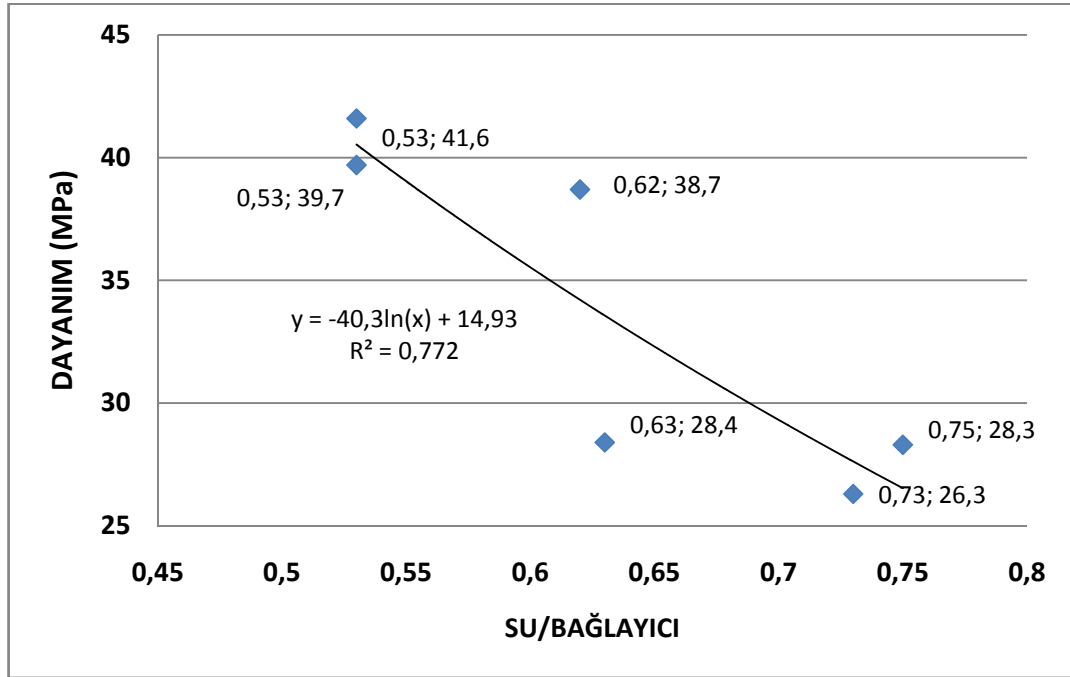
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	19	4,3	17,8	26,3
C20/25	K2	1	18,5	6,8	20,1	28,3
C25/30	K1	1	20	5,9	22,8	28,4
C25/30	K2	1,3	18	9,6	28,5	38,7
C30/37	K3	1,1	23	15	30,3	39,7
C30/37	K4	0,9	23	16,4	30,6	41,6



Şekil 2.82. A3 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.57. A3 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,73	26,3
C20/25	K2	1	0,75	28,3
C25/30	K1	1	0,63	28,4
C25/30	K2	1,3	0,62	38,7
C30/37	K3	1,1	0,53	39,7
C30/37	K4	0,9	0,53	41,6



Şekil 2.83. A3 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.4. A4 Agregasına ait Deneme Karışımları

A4agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

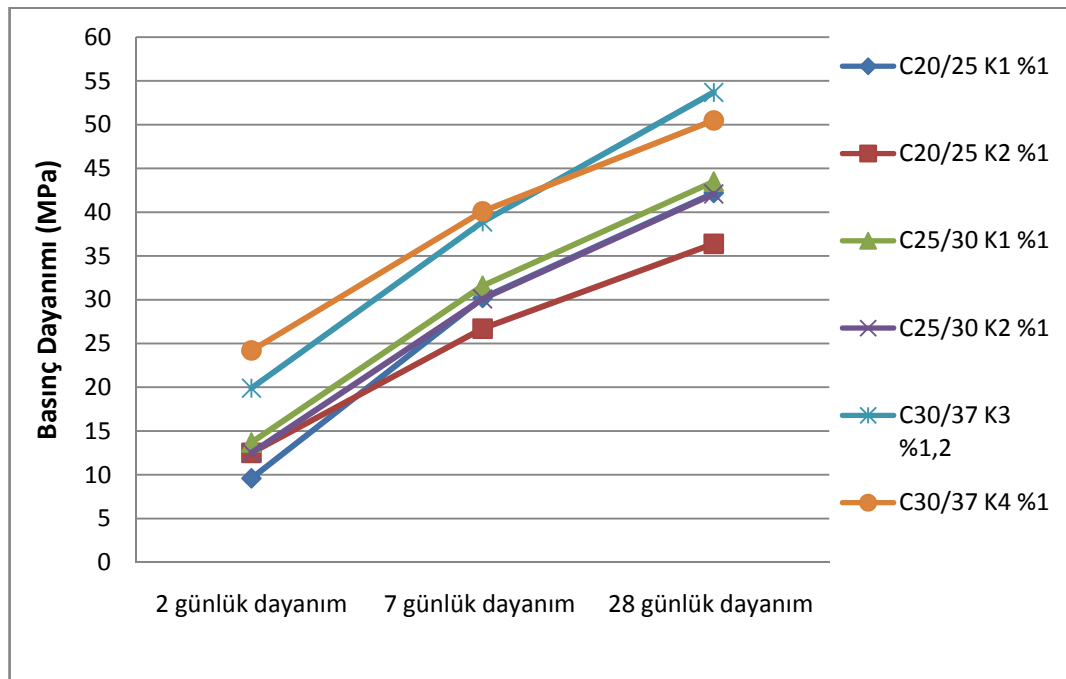
Çizelge 2.58. A4 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	295	-	187	-	844	428	594	K1	1
C20/25	295	-	183,6	-	844	428	594	K2	1
C25/30	320	-	188,4	-	849	421	568	K1	1
C25/30	320	-	187,4	-	849	421	568	K2	1
C30/37	340	-	182	-	897	445	519	K3	1,2
C30/37	340	-	179	-	897	445	519	K4	1

A4 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.59’de verilmiştir.

Çizelge 2.59. A4 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

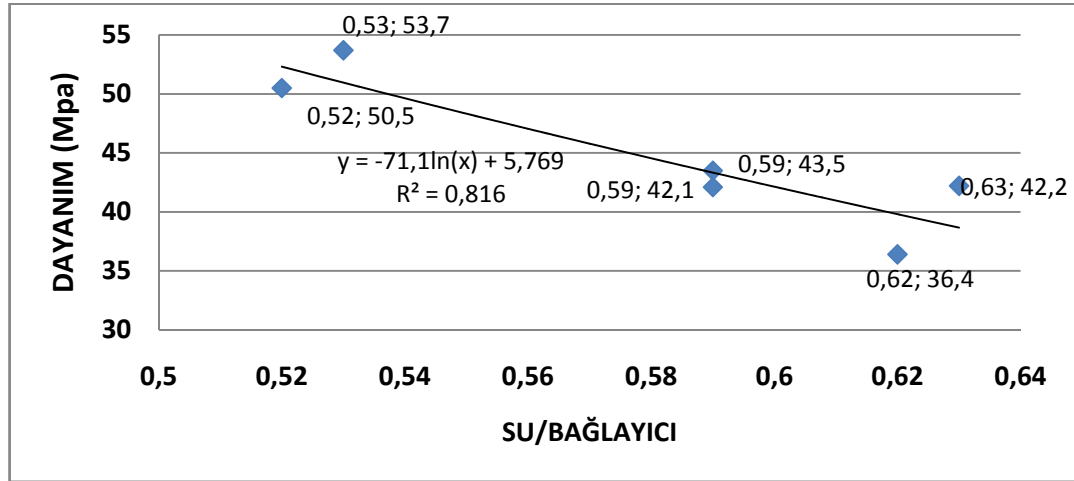
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	21	9,6	30,2	42,2
C20/25	K2	1	23	12,5	26,7	36,4
C25/30	K1	1	21,5	13,7	31,6	43,5
C25/30	K2	1	21,5	12,5	30,1	42,1
C30/37	K3	1,2	21	19,9	38,9	53,7
C30/37	K4	1	22	24,2	40,1	50,5



Şekil 2.84. A4 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.60. A4 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,63	42,2
C20/25	K2	1	0,62	36,4
C25/30	K1	1	0,59	43,5
C25/30	K2	1	0,59	42,1
C30/37	K3	1,2	0,53	53,7
C30/37	K4	1	0,52	50,5



Şekil 2.85. A4 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.5. A5 Agregasına ait Deneme Karışımları

A5 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

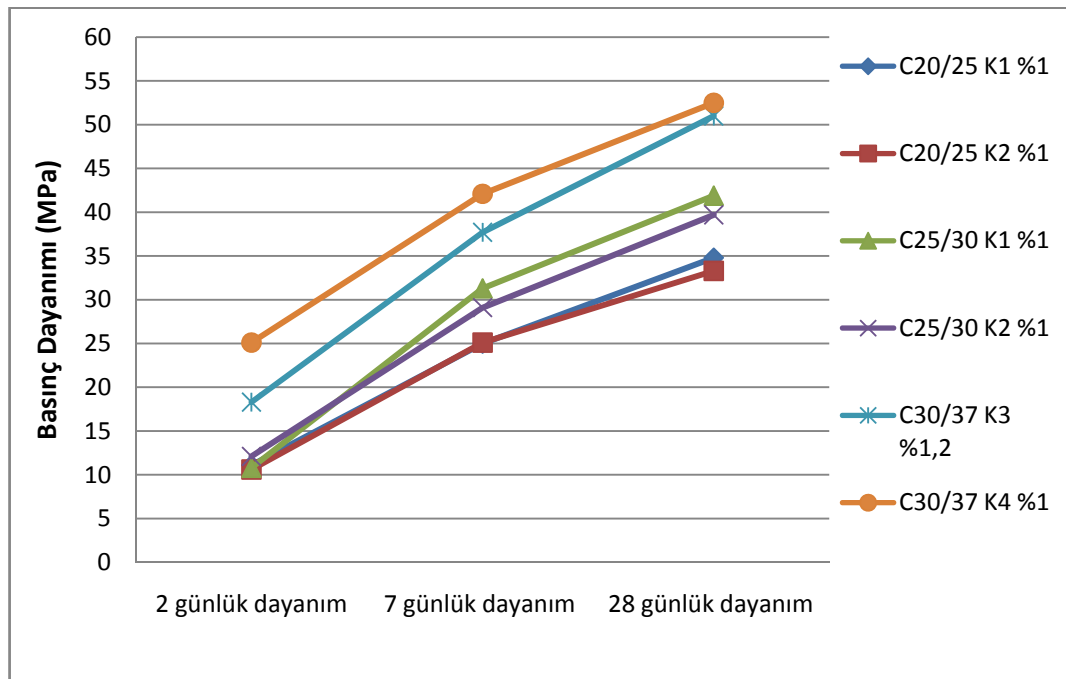
Çizelge 2.61. A5 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	285	-	201,4	-	949	442	538	K1	1
C20/25	285	-	200,6	-	949	442	538	K2	1
C25/30	330	-	200,2	-	896	445	519	K1	1
C25/30	330	-	197,8	-	896	445	519	K2	1
C30/37	350	-	176	-	813	506	563	K3	1,2
C30/37	350	-	172,8	-	813	506	563	K4	1

A5 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.62’de verilmiştir.

Çizelge 2.62. A5 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

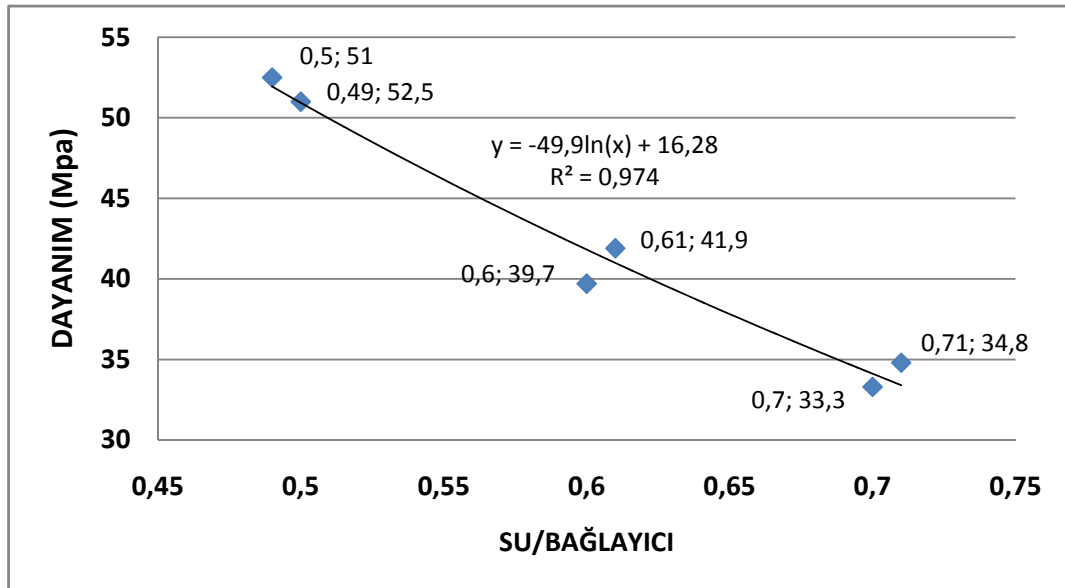
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	20,0	11,1	25,0	34,8
C20/25	K2	1	19,0	10,6	25,1	33,3
C25/30	K1	1	19,0	10,8	31,3	41,9
C25/30	K2	1	20,0	12,1	29,1	39,7
C30/37	K3	1,2	21,5	18,3	37,7	51,0
C30/37	K4	1	22,0	25,1	42,1	52,5



Şekil 2.86. A5 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.63. A5 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,71	34,8
C20/25	K2	1	0,7	33,3
C25/30	K1	1	0,61	41,9
C25/30	K2	1	0,6	39,7
C30/37	K3	1,2	0,5	51
C30/37	K4	1	0,49	52,5



Şekil 2.87. A5 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.6. A6 Agregasına ait Deneme Karışımları

A6 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

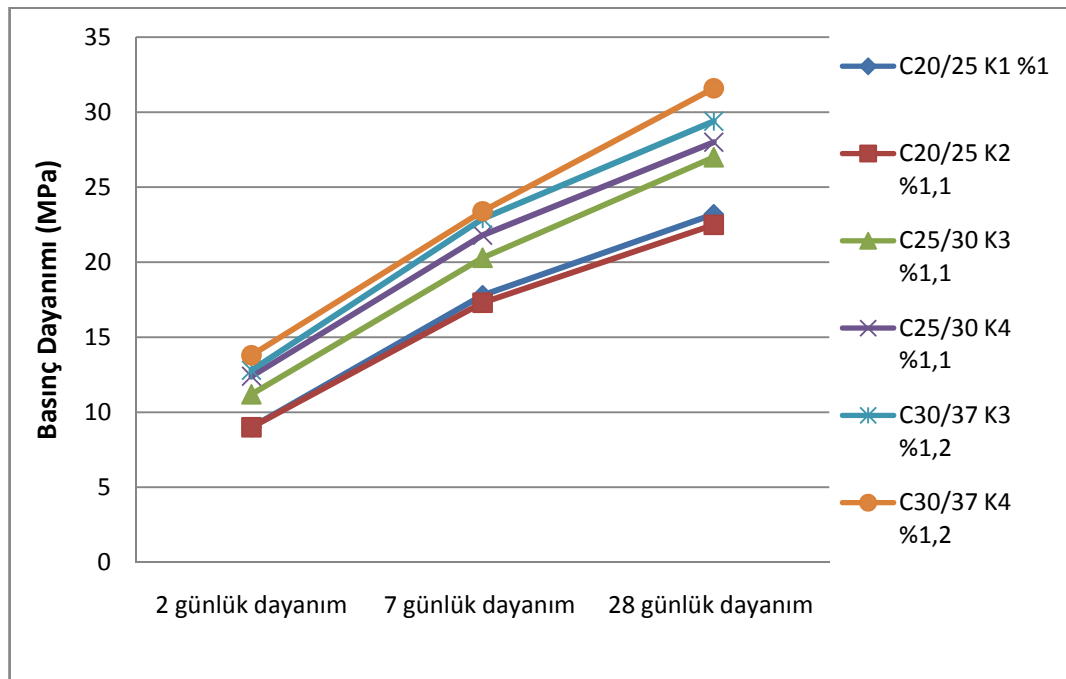
Çizelge 2.64. A6 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	295	-	240,6	559	406	396	541	K1	1
C20/25	295	-	231,8	559	406	396	541	K2	1,1
C25/30	340	-	251,4	507	357	422	563	K3	1,1
C25/30	340	-	228,6	507	357	422	563	K4	1,1
C30/37	355	-	241,2	494	341	445	587	K3	1,2
C30/37	355	-	218	494	341	445	587	K4	1,2

A6 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.65’de verilmiştir.

Çizelge 2.65. A6 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

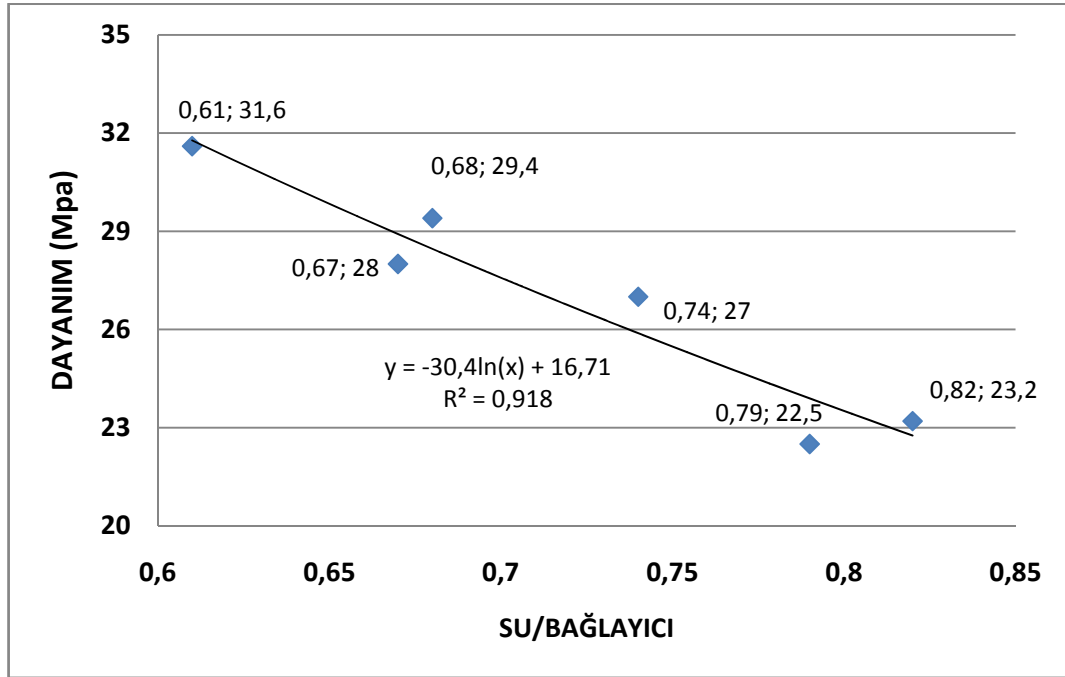
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	17,5	9,0	17,8	23,2
C20/25	K2	1,1	17,0	9,0	17,3	22,5
C25/30	K3	1,1	21,0	11,2	20,3	27,0
C25/30	K4	1,1	19,0	12,4	21,8	28,0
C30/37	K3	1,2	18,0	12,8	22,9	29,4
C30/37	K4	1,2	19,0	13,8	23,4	31,6



Şekil 2.88. A6 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.66. A6 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,82	23,2
C20/25	K2	1,1	0,79	22,5
C25/30	K3	1,1	0,74	27
C25/30	K4	1,1	0,67	28
C30/37	K3	1,2	0,68	29,4
C30/37	K4	1,2	0,61	31,6



Şekil 2.89. A6 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.7. A7 Agregasına ait Deneme Karışımları

A7 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

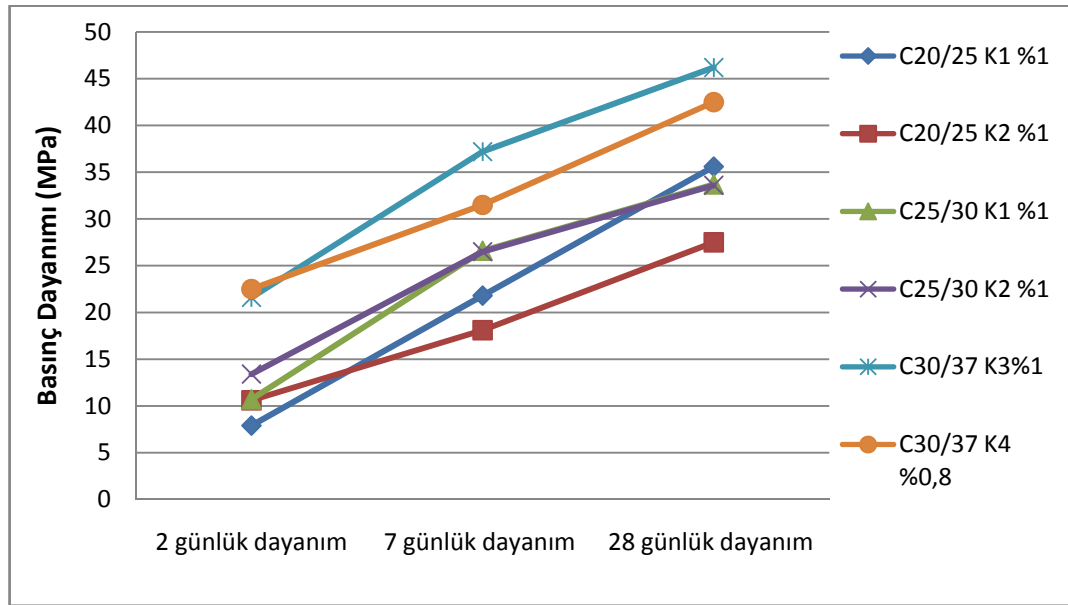
Çizelge 2.67. A7 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	265	-	193	-	920	476	514	K1	1
C20/25	265	-	186	-	920	476	514	K2	1
C25/30	285	-	184	-	875	496	544	K1	1
C25/30	285	-	184	-	875	496	544	K2	1
C30/37	320	-	175	-	806	533	571	K3	1
C30/37	320	-	175	-	806	533	571	K4	0,8

A7 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.68’de verilmiştir.

Çizelge 2.68. A7 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

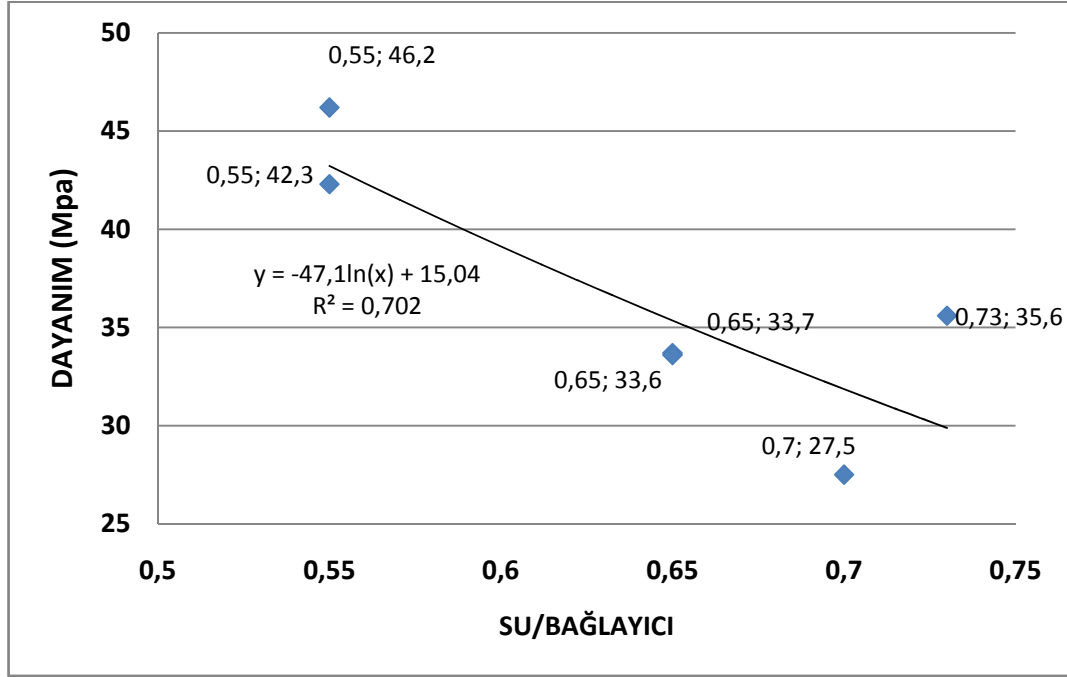
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	20,0	7,9	21,8	35,6
C20/25	K2	1	20,0	10,6	18,1	27,5
C25/30	K1	1	19,0	10,7	26,6	33,7
C25/30	K2	1	19,0	13,4	26,5	33,6
C30/37	K3	1	21,0	21,6	37,2	46,2
C30/37	K4	0,8	22,0	22,5	31,5	42,3



Şekil 2.90. A7 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.69. A7 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,73	35,6
C20/25	K2	1	0,7	27,5
C25/30	K1	1	0,65	33,7
C25/30	K2	1	0,65	33,6
C30/37	K3	1	0,55	46,2
C30/37	K4	0,8	0,55	42,3



Şekil 2.91. A7 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.8. A8 Agregasına ait Deneme Karışımları

A8 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

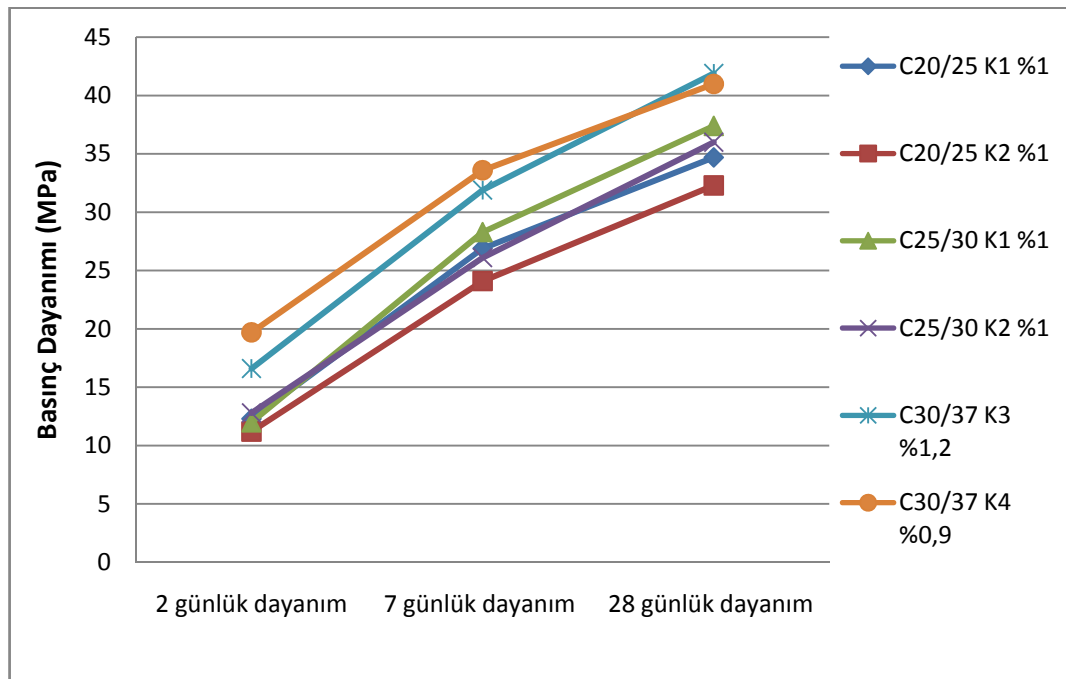
Çizelge 2.70. A8 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	280	-	196	737	291	433	471	K1	1
C20/25	280	-	180	737	291	433	471	K2	1
C25/30	315	-	201	667	276	454	501	K1	1
C25/30	315	-	189,8	667	276	454	501	K2	1
C30/37	340	-	173,2	644	227	479	535	K3	1,2
C30/37	340	-	168,4	644	227	479	535	K4	0,9

A8 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.71’de verilmiştir.

Çizelge 2.71. A8 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

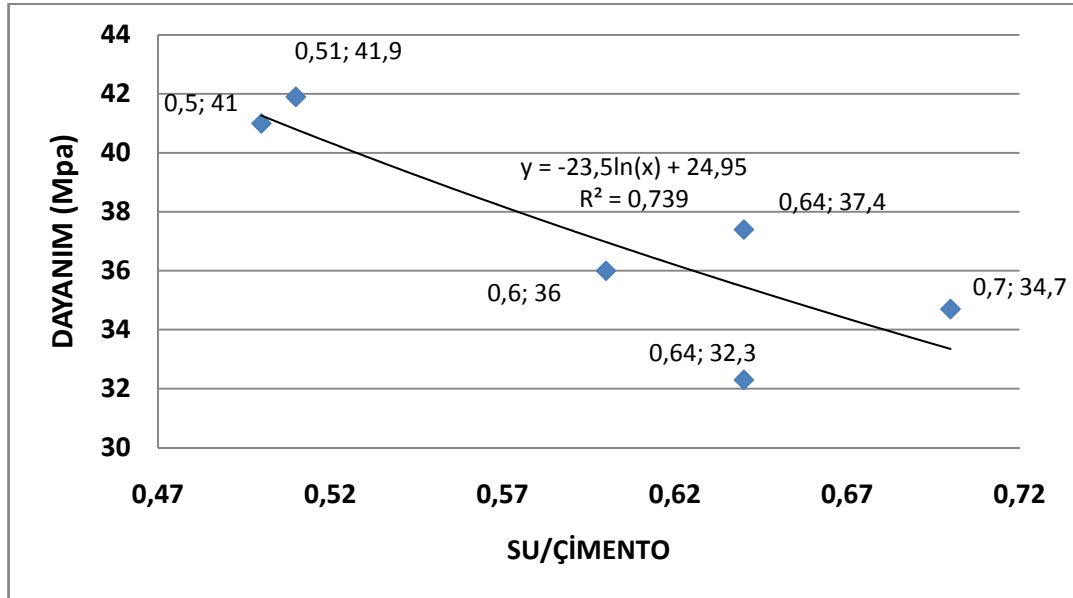
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	16,0	12,3	26,9	34,7
C20/25	K2	1	22,0	11,2	24,1	32,3
C25/30	K1	1	20,0	12,0	28,3	37,4
C25/30	K2	1	19,0	12,8	26,1	36,0
C30/37	K3	1,2	23,0	16,6	31,9	41,9
C30/37	K4	0,9	22,0	19,7	33,6	41,0



Şekil 2.92. A8 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.72. A8 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,7	34,7
C20/25	K2	1	0,64	32,3
C25/30	K1	1	0,64	37,4
C25/30	K2	1	0,6	36
C30/37	K3	1,2	0,51	41,9
C30/37	K4	0,9	0,5	41



Şekil 2.93. A8 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.9. A9 Agregasına ait Deneme Karışımları

A9 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 4 adet beton karışımı yapılmıştır.

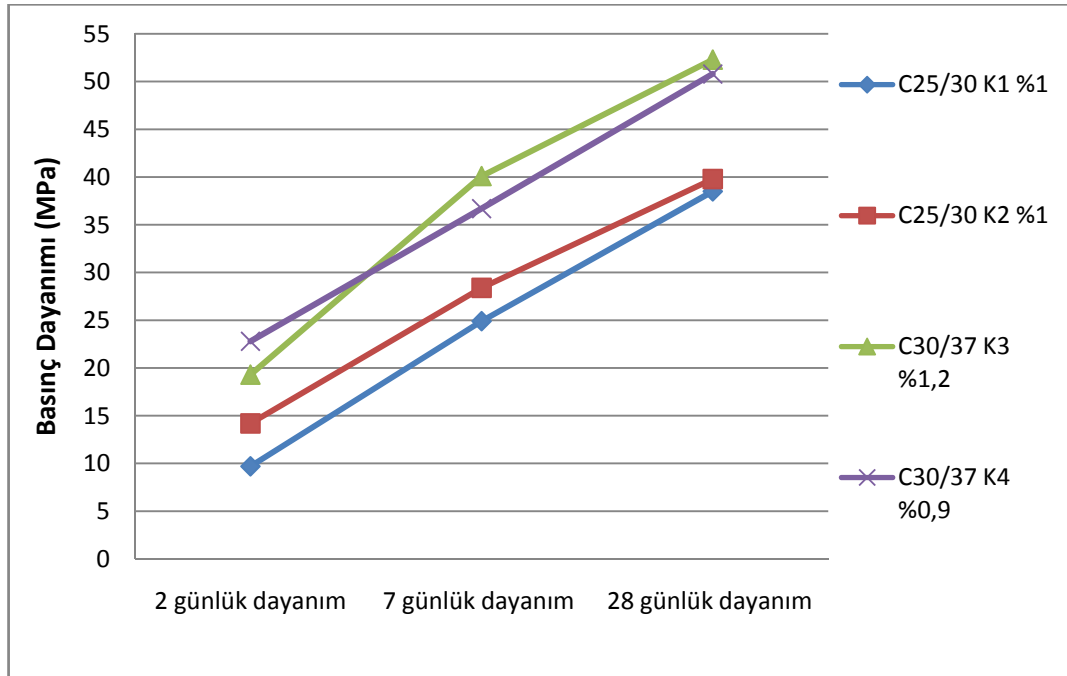
Çizelge 2.73. A9 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	0-3 mm kırma kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C25/30	315	-	174	256	701	483	502	K1	1
C25/30	315	-	182	256	701	483	502	K2	1
C30/37	340	-	183	258	659	517	527	K3	1,2
C30/37	340	-	163,4	258	659	517	527	K4	0,9

A9 agregasına ait 4 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 24 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.74’de verilmiştir.

Çizelge 2.74. A9 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

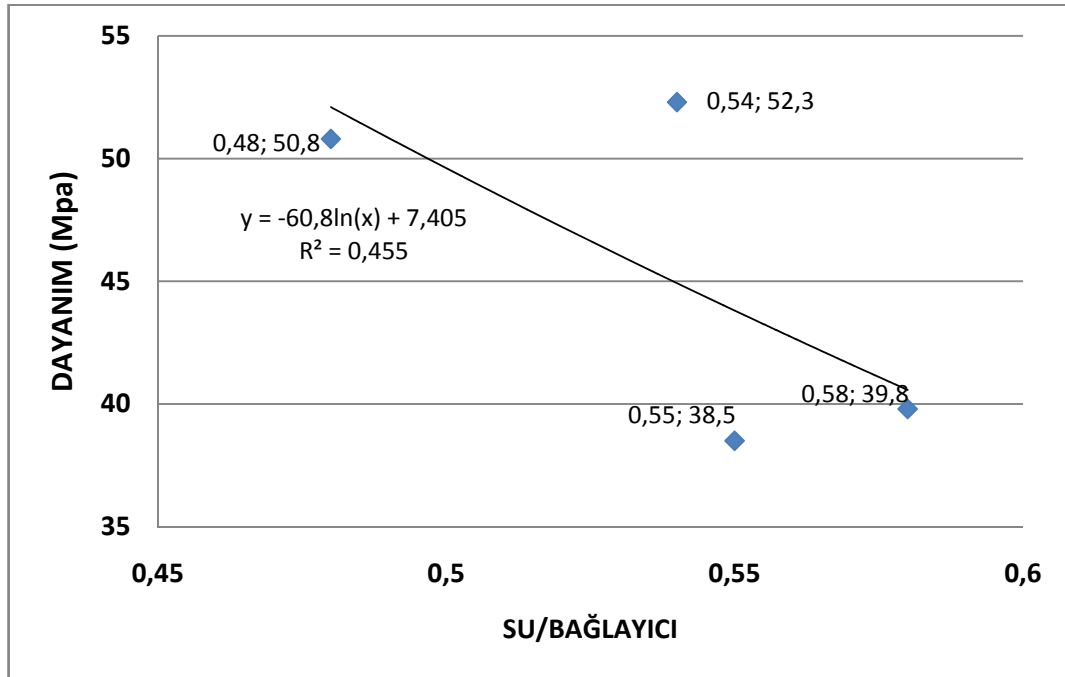
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C25/30	K1	1	22,0	9,7	24,9	38,5
C25/30	K2	1	20,0	14,2	28,4	39,8
C30/37	K3	1,2	23,0	19,3	40,1	52,3
C30/37	K4	0,9	23,0	22,8	36,7	50,8



Şekil 2.94. A9 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

Çizelge 2.75. A9 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C25/30	K1	1	0,55	38,5
C25/30	K2	1	0,58	39,8
C30/37	K3	1,2	0,54	52,3
C30/37	K4	0,9	0,48	50,8



Şekil 2.95. A9 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

2.3.10. A10 Agregasına ait Deneme Karışımları

A10 agregası ile aşağıda beton tasarımları bulunan 6 adet beton karışımı yapılmıştır.

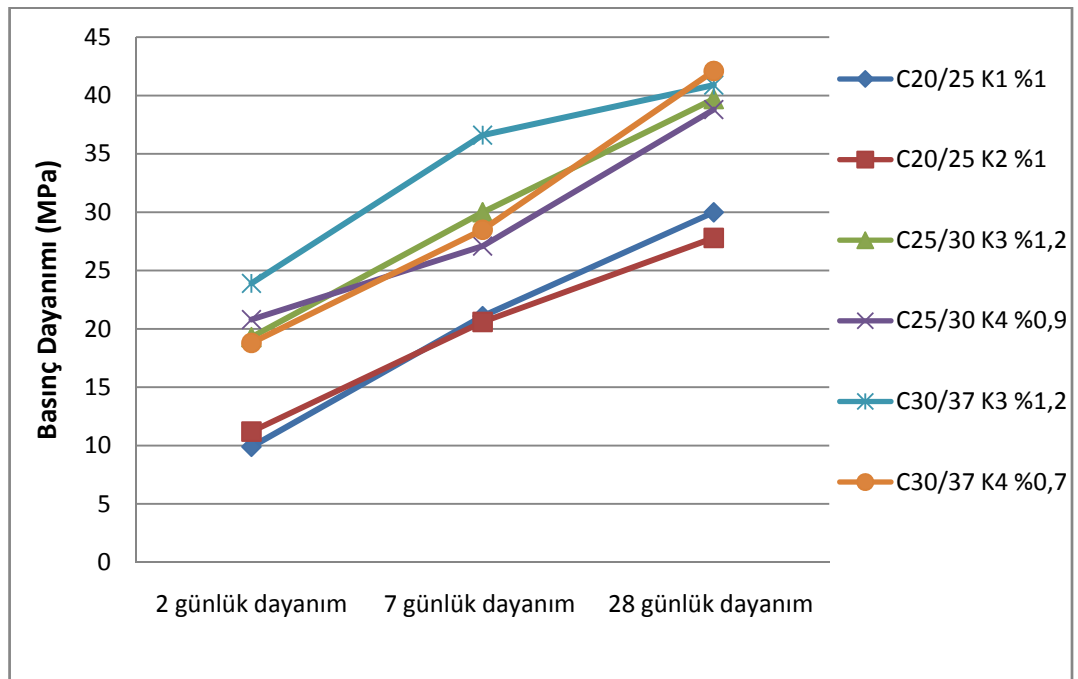
Çizelge 2.76. A10 agregasına ait deneme beton reçeteleri

REÇETE DEĞERLERİ (Kg/m ³)									
Beton Sınıfı	Çimento	Uçucu Kül	Su	Doğal kum	0-5 mm kırma kum	5-15 mm kırma taş	15-25 mm kırma taş	Katkı Adı	Katkı (%)
C20/25	285	-	200	285	570	509	528	K1	1
C20/25	285	-	194	285	570	509	528	K2	1
C25/30	325	-	174	191,8	568	507	526	K3	1,2
C25/30	325	-	182	187	568	507	526	K4	0,9
C30/37	350	-	183	185,6	578	536	518	K3	1,2
C30/37	350	-	163,4	175	578	536	518	K4	0,7

A10 agregasına ait 6 adet beton tasarımı yapılmış ve 2-7-28 günlük beton basınç dayanımı değerlendirmesi için 36 adet numune alınmıştır. Taze ve sertleşmiş beton özellikleri Çizelge 2.77’de verilmiştir.

Çizelge 2.77. A10 agregasına ait taze ve sertleşmiş beton özellikleri

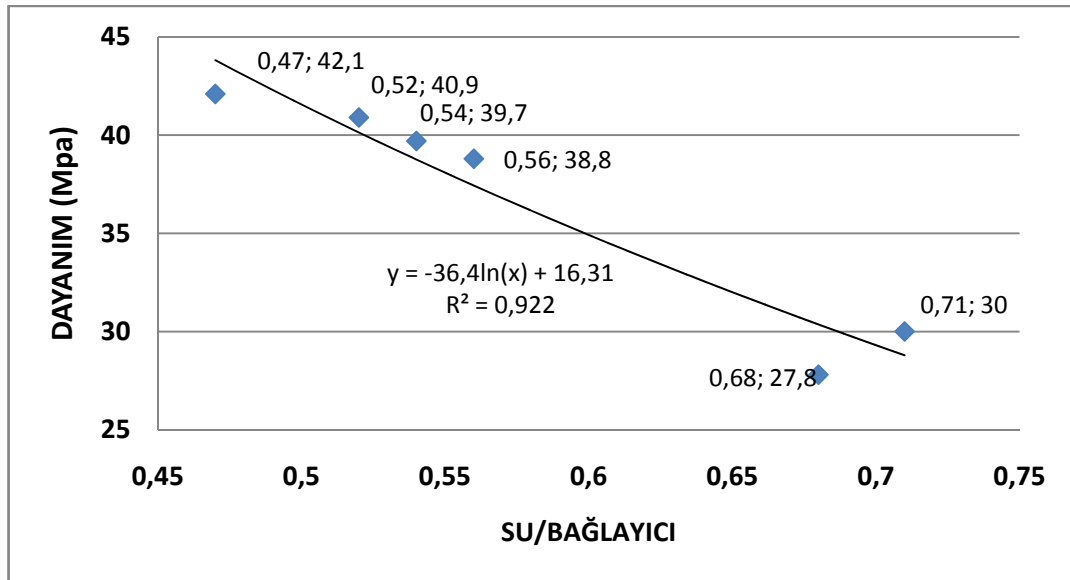
Beton Sınıfı	Katkı Adı	Katkı (%)	Kıvam (cm)	2 günlük dayanım (MPa)	7 günlük dayanım (MPa)	28 günlük dayanım (MPa)
C20/25	K1	1	21,0	9,9	21,1	30,0
C20/25	K2	1	20,0	11,2	20,6	27,8
C25/30	K3	1,2	23,0	19,3	30,0	39,7
C25/30	K4	0,9	24,0	20,8	27,1	38,8
C30/37	K3	1,2	22,0	23,9	36,6	40,9
C30/37	K4	0,7	24,0	18,8	28,5	42,1



Şekil 2.96. A10 agregasına ait 2-7-28 günlük beton basınç dayanımları

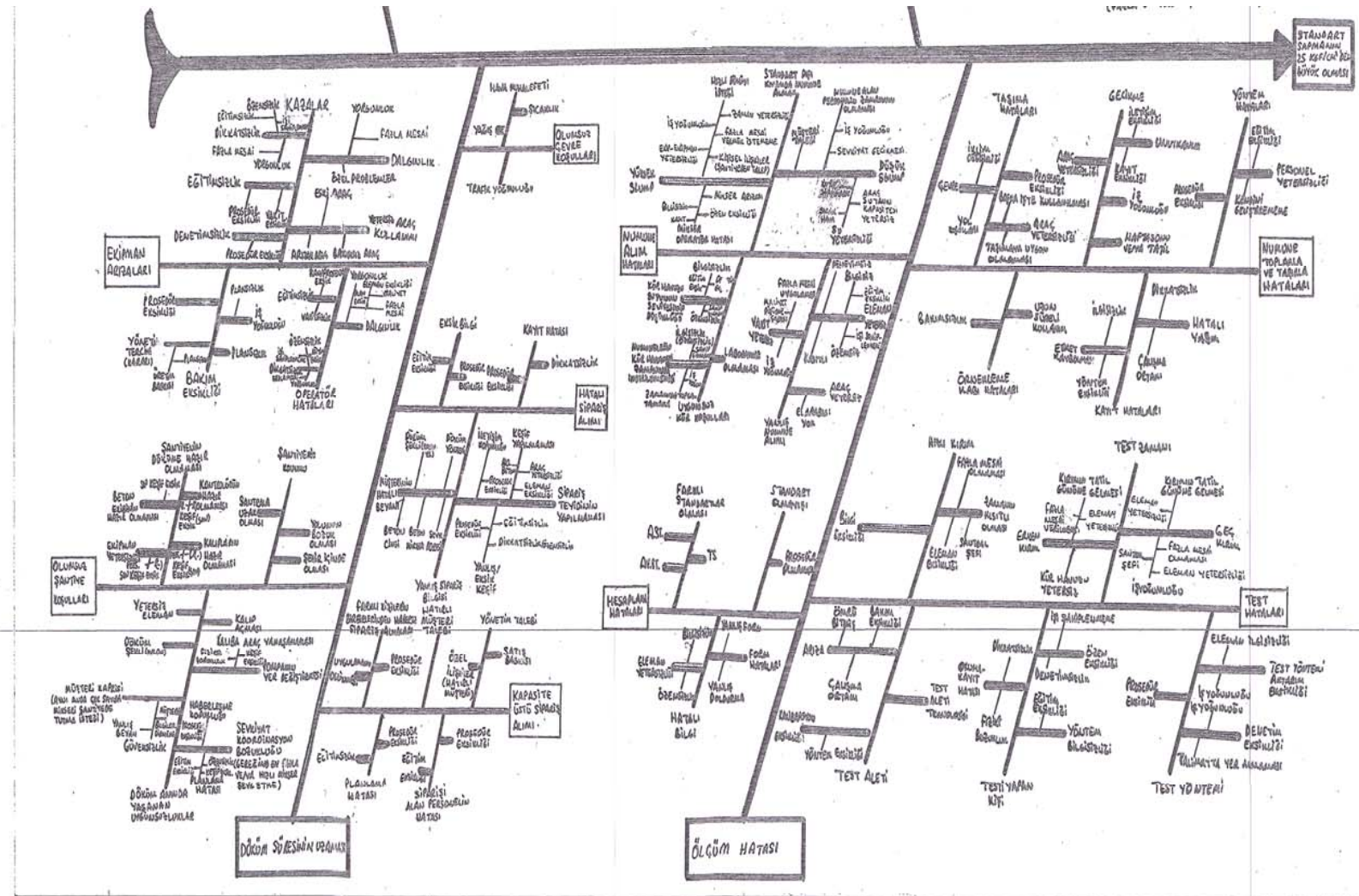
Çizelge 2.78. A10 agregasına ait dayanım ve Su/Bağlayıcı değerleri

BETON SINIFI	KATKI CİNSİ	KATKI YÜZDESİ (%)	SU/BAĞLAYICI	DAYANIM (MPa)
C20/25	K1	1	0,71	30,0
C20/25	K2	1	0,68	27,8
C25/30	K3	1,2	0,54	39,7
C25/30	K4	0,9	0,56	38,8
C30/37	K3	1,2	0,52	40,9
C30/37	K4	0,7	0,47	42,1



Şekil 2.97. A10 agregasına ait Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisi

Şekil 2.98. Hazır beton üretiminde basınç dayanımı standart sapmaları etken parametreleri balık kılçığı modeli



Şekil 2.98. (Devam) Hazır beton üretiminde basınç dayanımı standart sapmaları etken parametreleri balık kılçığı modeli

3. DENEYSEL BULGULAR

3.1. A1 Agregasına ait Bulgular

Erken dayanımlara bakıldığında (Çizelge 2.50) K2 ve K4 numaralı katkılar K1 ve K3 katkılarına göre daha iyi bir performans sergilemiştir. Ayrıca K4 katkısıyla yapılan C30/37 betonunun 7 günlük sonucu 28 günlük sonucunu vermektedir. Bu beton tasarımının çimento dozajında bir miktar çimento dozaj azaltması öngörülmektedir. C30/37 KYB dizaynlarında ise yayılma miktarının artması için katkı dozajını %0,1 oranında arttırılması gerekmektedir.

Su/Bağlayıcı oranının dayanımla olan ilişkisine bakıldığında (Şekil2.79) genel olarak Su/Bağlayıcı oranının artmasıyla dayanımın azaldığı görülmektedir. Fakat C30/37 KYB betonlarına ait tasarımlarda ise Su/Bağlayıcı oranının azalmasıyla dayanımın artmadığı görülmektedir. Bunun sebebi kendiliğinden yerleşen betonlarda uçucu kül kullanımına bağlı olarak (% 37) dayanımın erken yaşlarda düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Daha ileri yaşlarda bu dayanım değerleri olması gereken değerlerden daha yüksek olacaktır. Deney çalışmalarında olduğu gibi (5 °C) nispeten soğuk havalarda C30/37 KYB betonlarındaki kül oranının % 37'den % 30 civarlarına indirilmesiyle erken ve nihai dayanım konusunda iyileşmeler olacağı mümkündür.

3.2. A2 Agregasına ait Bulgular

7 günlük dayanımlara bakıldığında (Çizelge2.53) K3 katkısı ve K4 katkısıyla yapılan C30/37 beton tasarımlarının 7 günlük beton basınç dayanım değerlerinin 28 günlük değerlerini sağladığı görülmektedir. C30/37 beton sınıfına ait bu tasarımlarda bu verilerden yola çıkarak çimento tasarrufu yapılabilmektedir. Bu tasarruf hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. K5 katkısıyla

yapılan C30/37 KYB betonunun yayılma miktarını %0,1 katkı dozaj artırımı ile istenilen seviyeye (70 cm) getirilebilmektedir.

Su/Bağlayıcı oranının dayanım ile olan ilişkisine bakıldığında (Şekil 2.81) Su/Bağlayıcı oranının azalması durumunda beton basınç dayanımının genel olarak arttığı belirlenmiştir. Fakat yine C30/37 KYB betonlarında A1 agregasındaki sonuçlara benzer olarak Su/Bağlayıcı oranının azalması durumunda dayanım değerinin beklenen ölçüde artmadığını görmekteyiz. % 37 oranında uçucu kül kullanılan bu tasarımda ileriki yaşlarda bu dayanımın değerlerinin artmasını beklenilmektedir. Deney çalışmalarında olduğu gibi (6 °C) nispeten soğuk havalarda C30/37 KYB betonlarındaki kül oranının % 37'den % 30 civarlarına indirilmesiyle erken ve nihai dayanım konusunda iyileşmeler olacağı mümkündür.

3.3. A3 Agregasına ait Bulgular

Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge2.56) C25/30 betonuna ait K1 katkısıyla yapılmış olan tasarımın 28 günlük değeri sağlamadığı görülmektedir. Fakat K2 katkısıyla yapılan aynı beton ise bir üst sınıf değeri sağlamaktadır. K2 katkısıyla yapılan tasarımdan bir miktar çimento tasarrufu mümkündür. K1 katkısı ile yapılan tasarımda ise aynı kıvam için ve standart dayanım için bir miktar çimento artışı öngörülmektedir. Çimento miktarındaki bu değişim hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca C20/25 ve C25/30 beton dizaynlarına ait agrega gradasyonu kaba olduğundan işlenebilirlik bir miktar zorlaşmıştır. K1 katkısı ile %1 oranında yapılan C20/25 betonu ve K2 katkısı ile %1,3 oranında yapılan C25/30 betonunda priz gecikmeleri olmuştur.

3.4. A4 Agregasına ait Bulgular

Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge 2.59) C20/25, C25/30 ve C30/37 beton sınıflarının hepsinde 7 günlük beton basınç dayanım sonuçları 28 günlük dayanım sonuçlarını vermektedir. Buna göre C20/25 beton sınıflarındaki çimento dozajında, C25/30 ve C30/37 beton sınıflarındaki çimento dozajında bir miktar çimento dozaj azaltması öngörülmektedir. Bu tasarruf hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

3.5. A5 Agregasına ait Bulgular

Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge 2.62) C20/25, C25/30 ve C30/37 betonlarının 7 günlük basınç dayanımları 28 günlük dayanım sonuçlarını vermektedir. Dolayısıyla 28 günlük beton basınç dayanımları ise çok yüksek değerlerdedir. Bu sonuçlara dayanarak C20/25 betonlarında ve diğer sınıflarda bir miktar çimento dozajının düşürülmesi öngörülmüştür. Bu tasarruf hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

3.6. A6 Agregasına ait Bulgular

Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge 2.65) C20/25, C25/30 ve C30/37 sınıflarına ait 28 günlük beton basınç dayanım sonuçları limitler altında kalmıştır. Buna neden olarak ince agrega numunesinin kirliliği gösterilmektedir. İnce agrega içerisindeki by-pass malzemenin olması dolayısıyla agrega su emme kapasitesi artmış ve olağan karma suyundan fazla su ihtiyacı oluşturmuştur. Bundan dolayı aynı kıvamda beton üretebilmek için Su/Bağlayıcı oranı arttırılmış ve dolayısıyla dayanım değerleri düşmüştür. Burada dayanım değerlerini standartlar seviyesine yükseltmek için çimento dozajını arttırmak tek

başına yeterli olmayacaktır, aynı zamanda ince agreganın kirliliğini azaltmak da gerekmektedir.

3.7. A7 Agregasına ait Bulgular

K1 katkısıyla yapılan C20/25 betonunda priz gecikmesi yaşanmıştır, 28 günlük dayanım sonucu da limitlerin üstünde çıkmıştır. Buna sebep olarak ilk günlerde betonun priz almamasından kaynaklı kalıptan çıkarılmayıp sıcak ortam koşullarında bırakılması öngörülmüştür. Bu sonuç değerlendirme kapsamında alınmamış ve dozaj azaltması tavsiye edilmemiştir. Ayrıca C30/37 beton tasarımlarının agrega gradasyonu kaba olduğundan taze betonda işlenebilirlik azalmıştır. K4 katkısı ile %0,8 oranında yapılan C30/37 beton tasarımında katkı %0,7'ye çekilebileceği ve dolayısıyla bir miktar su kesilebileceği düşünülmüştür.

3.8. A8 Agregasına ait Bulgular

Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge2.71) C20/25 ve C25/30 beton tasarımlarına ait 28 günlük beton basınç değerlerinin bir üst sınıf beton dayanımına ulaştığı görülmektedir. Bu verilere dayanarak tasarımlardaki C20/25 ve C25/30 beton tasarımlarının çimento dozajında bir miktar azaltma yapılması uygun bulunmuştur. Bu miktar hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

3.9. A9 Agregasına ait Bulgular

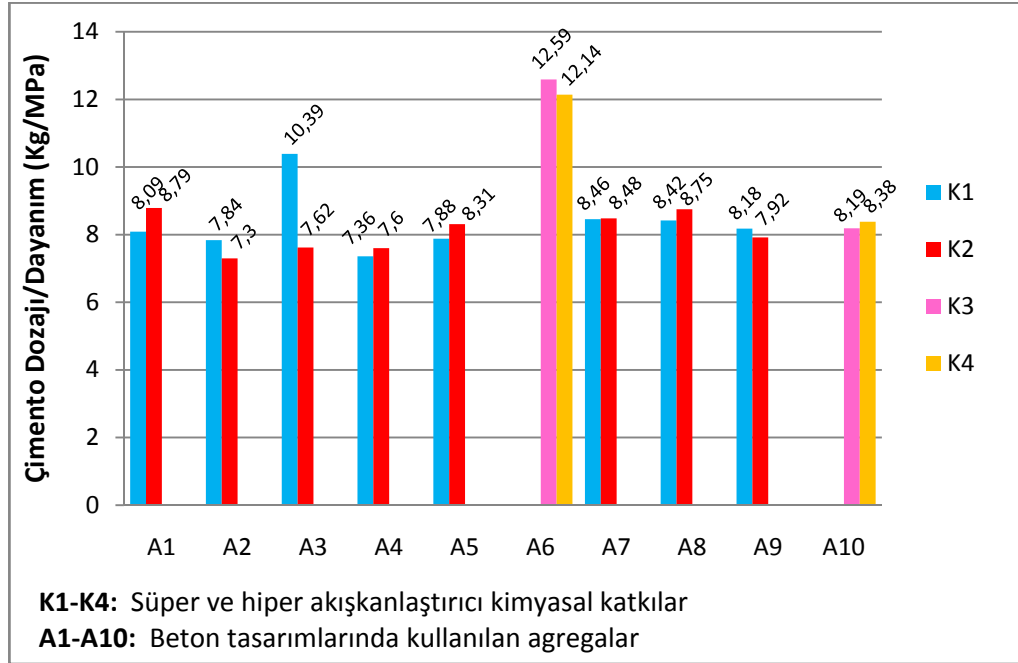
Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge2.74) C25/30 ve C30/37 betonlarına ait 28 günlük değerlerinin bir üst sınıf beton dayanımlarına ulaştığı görülmektedir. Bu verilere istinaden C25/30 ve C30/37 beton

tasarımlarındaki çimento dozajlarında bir miktar azaltma öngörülmüştür. Bu miktar hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

3.10. A10 Agregasına ait Bulgular

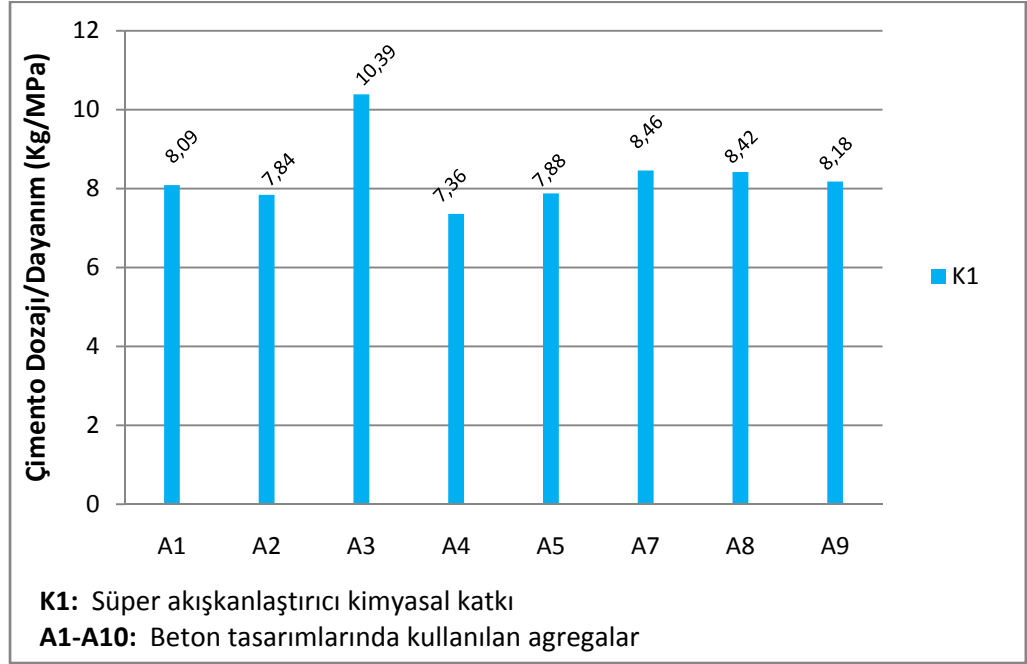
Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine bakıldığında (Çizelge2.77) C20/25 ve C25/30 beton tasarımlarına ait 28 günlük dayanım sonuçları bir üst sınıf dayanım sonuçlarına ulaşmıştır. Bu verilere dayanarak C20/25 ve C25/30 beton sınıflarındaki çimento dozajlarında bir miktar azaltma öngörülmüştür. Bu miktar hammadde özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

4. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER



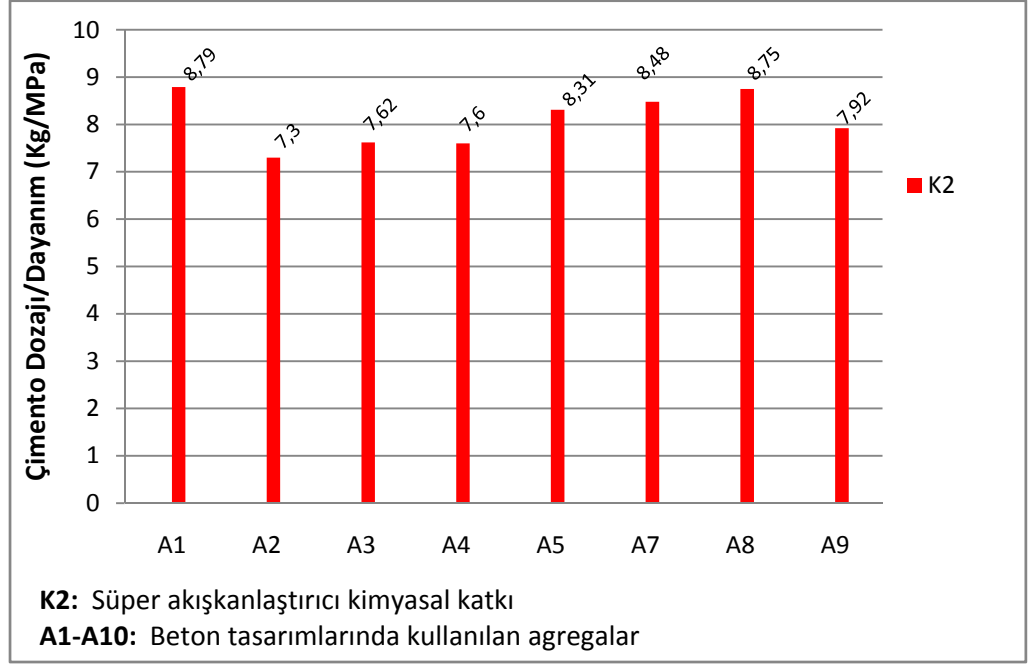
Şekil4.1.Agrega bazında çimento dozajının (C25/30) 28 günlük dayanıma etkisi

1. Şekil4.1' e göre çimento dozajının beton basınç dayanımı üzerinde etkisinin 12,59 kg ve 12,14 kg olmak üzere en çok A6 agregası ile olduğu görülmektedir. A6 agregasıyla yapılan beton tasarımlarına bakıldığında en yüksek Su/Bağlayıcı oranlarının bu tasarımda olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2.K1 katkısının agrega bazında çimento dozajının (C25/30) 28 günlük dayanıma etkisi

2. K1 kimyasal katkısının agrega bazında çimento dozajının dayanıma olan etkisi (Şekil 4.2) incelendiğinde; bu ilişkinin 10,39 Kg/Mpa ile en çok A3 agregasında olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3.K2 katkısının agrega bazında çimento dozajının (C25/30) 28 günlük dayanıma etkisi

3. K2 kimyasal katkısının agrega bazında çimento dozajının dayanıma olan etkisi (Şekil 4.3) incelendiğinde; bu ilişkinin 8,79 Kg/Mpa ile en çok A1 agregasında olduğu gözlemlenmiştir.

4. Kayaç katmanları arasında bulunan kil, konkasör tesisinde ayrılmadığı zaman kırma kum içerisinde yer alarak agrega kalitesinin bozulmasına, dolayısıyla betonun karışım suyu ihtiyacını arttırmakta ve basınç mukavemetini de düşürmektedir. (Arioğlu ve ark. 2006) Bu çalışmada da görüldüğü üzere agrega kirliliğinin beton basınç mukavemetine etkilerinin olumsuz olduğu görülmektedir.

5. Su emmesi düşük olan agregaların (A2, A7, A10) karışım suyu ihtiyacı düşük olduğundan beton basınç dayanımlarının da yüksek olduğu görülmüştür.

6. Özgöl ağırlıkları yüksek olan agregaların beton basınç dayanımlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

7. İncelik modülü, agreganın granülometrik özelliğini gösteren bir büyüklüktür. Basınç dayanım değişkenliğinin azaltılması açısından önem taşımaktadır. (Arıoğlu ve ark. 2006) İncelik modülünün belirlenen kriterler arasında olan agregaların (A2, A7, A10) beton basınç dayanımlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

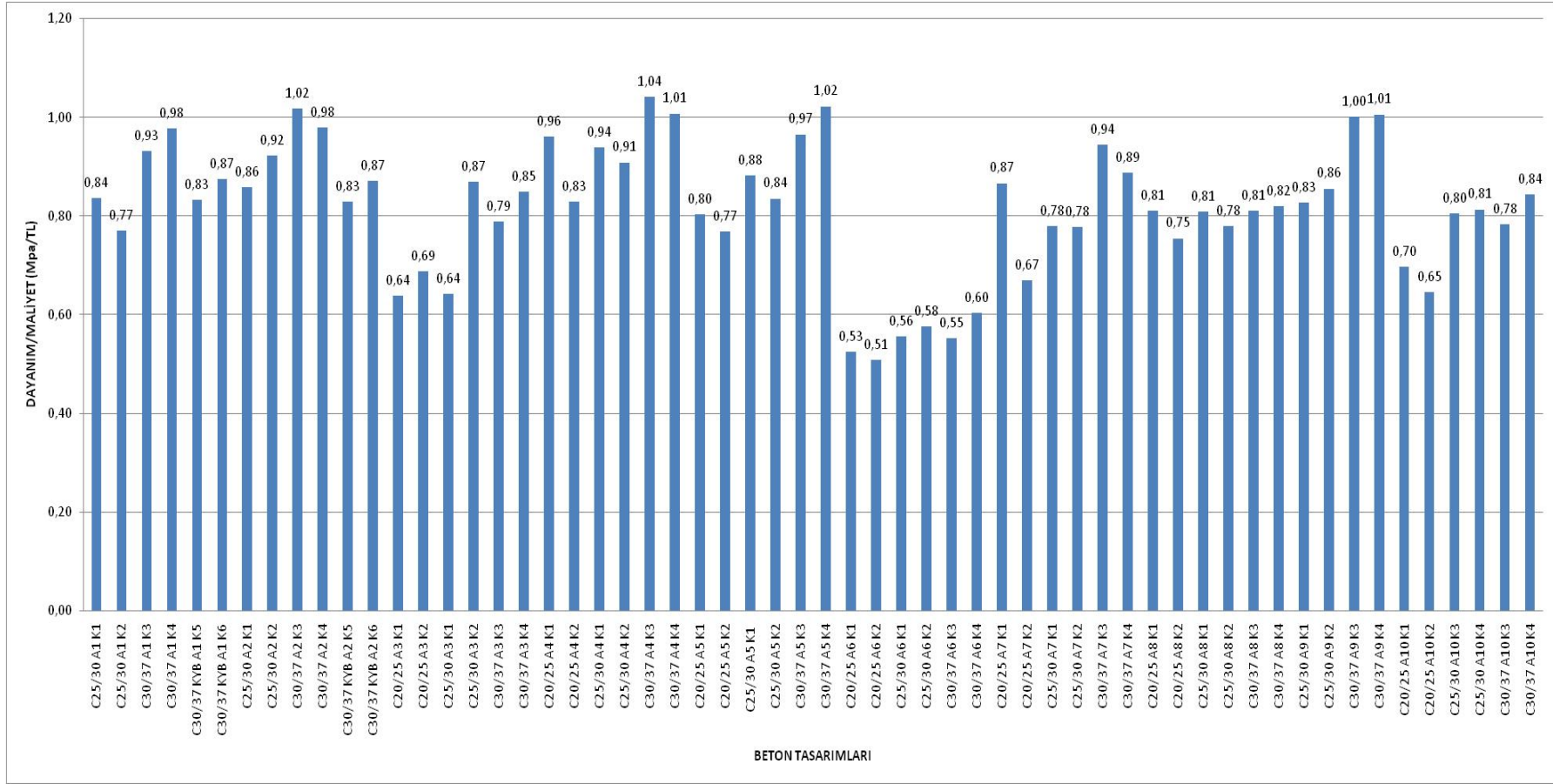
8. İnce agrega dizaynı incelik modülünün belirlenen kriterler arasında olan agregaların (A2, A10) beton basınç dayanımlarının yüksek olduğu görülmüştür.

9. Karışım incelik modülünün belirlenen kriterler arasında olan agregaların (A2, A7, A10) beton basınç dayanımlarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

10. Beton maliyetleri çizelgesine bakıldığında (Çizelge 2.79) maliyetlerin genel olarak çimento dozajı ile daha çok arttığı gözlemlenmiştir. Bu çizelgede hammadde birim fiyatları ortalama piyasa fiyatları olarak varsayılmıştır.

Çizelge 2.79. Beton Sınıflarına göre beton maliyetleri

BETON SINIFI	AGREGA OCAĞI	ÇİMENTO			UÇUCU KÜL			AGREGA			KİMYASAL KATKI				BETON MALİYETİ (TL/M ³)
		DOZAJ (KG)	BİRİM FİYAT (TL/TON)	ÇİMENTO MALİYETİ	DOZAJ (KG)	BİRİM FİYAT (TL/TON)	UÇUCU KÜL MALİYETİ	DOZAJ (KG)	BİRİM FİYAT (TL/TON)	AGREGA MALİYETİ	KATKI ADI	DOZAJ (KG)	BİRİM FİYAT (TL/KG)	KİMYASAL KATKI MALİYETİ	
C25/30	A1	305	100	30,5	0	35	0	1883	7	13,181	K1	3,05	0,45	1,3725	45,05
C25/30	A1	305	100	30,5	0	35	0	1883	7	13,181	K2	3,05	0,45	1,3725	45,05
C30/37	A1	335	100	33,5	0	35	0	1865	7	13,055	K3	3,35	1,1	3,685	50,24
C30/37	A1	335	100	33,5	0	35	0	1865	7	13,055	K4	3,02	0,9	2,718	49,27
C30/37 KYB	A1	350	100	35	150	35	5,25	1710	7	11,97	K5	4,2	1,4	5,88	58,10
C30/37 KYB	A1	350	100	35	150	35	5,25	1710	7	11,97	K6	2,8	1,2	3,36	55,58
C25/30	A2	305	100	30,5	0	35	0	1916	7	13,412	K1	3,05	0,45	1,3725	45,28
C25/30	A2	305	100	30,5	0	35	0	1916	7	13,412	K2	3,05	0,45	1,3725	45,28
C30/37	A2	335	100	33,5	0	35	0	1871	7	13,097	K3	3,35	1,1	3,685	50,28
C30/37	A2	335	100	33,5	0	35	0	1871	7	13,097	K4	3,02	0,9	2,718	49,32
C30/37 KYB	A2	350	100	35	150	35	5,25	1710	7	11,97	K5	4,2	1,4	5,88	58,10
C30/37 KYB	A2	350	100	35	150	35	5,25	1710	7	11,97	K6	2,8	1,2	3,36	55,58
C20/25	A3	265	100	26,5	0	35	0	1926	7	13,482	K1	2,65	0,45	1,1925	41,17
C20/25	A3	265	100	26,5	0	35	0	1926	7	13,482	K2	2,65	0,45	1,1925	41,17
C25/30	A3	295	100	29,5	0	35	0	1900	7	13,3	K1	2,95	0,45	1,3275	44,13
C25/30	A3	295	100	29,5	0	35	0	1900	7	13,3	K2	3,84	0,45	1,728	44,53
C30/37	A3	330	100	33	0	35	0	1902	7	13,314	K3	3,63	1,1	3,993	50,31
C30/37	A3	330	100	33	0	35	0	1902	7	13,314	K4	2,97	0,9	2,673	48,99
C20/25	A4	295	100	29,5	0	35	0	1866	7	13,062	K1	2,95	0,45	1,3275	43,89
C20/25	A4	295	100	29,5	0	35	0	1866	7	13,062	K2	2,95	0,45	1,3275	43,89
C25/30	A4	320	100	32	0	35	0	1838	7	12,866	K1	3,2	0,45	1,44	46,31
C25/30	A4	320	100	32	0	35	0	1838	7	12,866	K2	3,2	0,45	1,44	46,31
C30/37	A4	340	100	34	0	35	0	1861	7	13,027	K3	4,08	1,1	4,488	51,52
C30/37	A4	340	100	34	0	35	0	1861	7	13,027	K4	3,4	0,9	3,06	50,09
C20/25	A5	285	100	28,5	0	35	0	1929	7	13,503	K1	2,85	0,45	1,2825	43,29
C20/25	A5	285	100	28,5	0	35	0	1929	7	13,503	K2	2,85	0,45	1,2825	43,29
C25/30	A5	330	100	33	0	35	0	1860	7	13,02	K1	3,3	0,45	1,485	47,51
C25/30	A5	330	100	33	0	35	0	1860	7	13,02	K2	3,3	0,45	1,485	47,51
C30/37	A5	350	100	35	0	35	0	1882	7	13,174	K3	4,2	1,1	4,62	52,79
C30/37	A5	350	100	35	0	35	0	1882	7	13,174	K4	3,5	0,9	3,15	51,32
C20/25	A6	295	100	29,5	0	35	0	1902	7	13,314	K1	2,95	0,45	1,3275	44,14
C20/25	A6	295	100	29,5	0	35	0	1902	7	13,314	K2	3,25	0,45	1,4625	44,28
C25/30	A6	340	100	34	0	35	0	1849	7	12,943	K1	3,74	0,45	1,683	48,63
C25/30	A6	340	100	34	0	35	0	1849	7	12,943	K2	3,74	0,45	1,683	48,63
C30/37	A6	355	100	35,5	0	35	0	1867	7	13,069	K3	4,26	1,1	4,686	53,26
C30/37	A6	355	100	35,5	0	35	0	1867	7	13,069	K4	4,26	0,9	3,834	52,40
C20/25	A7	265	100	26,5	0	35	0	1910	7	13,37	K1	2,65	0,45	1,1925	41,06
C20/25	A7	265	100	26,5	0	35	0	1910	7	13,37	K2	2,65	0,45	1,1925	41,06
C25/30	A7	285	100	28,5	0	35	0	1915	7	13,405	K1	2,85	0,45	1,2825	43,19
C25/30	A7	285	100	28,5	0	35	0	1915	7	13,405	K2	2,85	0,45	1,2825	43,19
C30/37	A7	320	100	32	0	35	0	1910	7	13,37	K3	3,2	1,1	3,52	48,89
C30/37	A7	320	100	32	0	35	0	1910	7	13,37	K4	2,56	0,9	2,304	47,67
C20/25	A8	280	100	28	0	35	0	1932	7	13,524	K1	2,8	0,45	1,26	42,78
C20/25	A8	280	100	28	0	35	0	1932	7	13,524	K2	2,8	0,45	1,26	42,78
C25/30	A8	315	100	31,5	0	35	0	1898	7	13,286	K1	3,15	0,45	1,4175	46,20
C25/30	A8	315	100	31,5	0	35	0	1898	7	13,286	K2	3,15	0,45	1,4175	46,20
C30/37	A8	340	100	34	0	35	0	1885	7	13,195	K3	4,08	1,1	4,488	51,68
C30/37	A8	340	100	34	0	35	0	1885	7	13,195	K4	3,06	0,9	2,754	49,95
C25/30	A9	315	100	31,5	0	35	0	1942	7	13,594	K1	3,15	0,45	1,4175	46,51
C25/30	A9	315	100	31,5	0	35	0	1942	7	13,594	K2	3,15	0,45	1,4175	46,51
C30/37	A9	340	100	34	0	35	0	1961	7	13,727	K3	4,08	1,1	4,488	52,22
C30/37	A9	340	100	34	0	35	0	1961	7	13,727	K4	3,06	0,9	2,754	50,48
C20/25	A10	285	100	28,5	0	35	0	1892	7	13,244	K1	2,85	0,45	1,2825	43,03
C20/25	A10	285	100	28,5	0	35	0	1892	7	13,244	K2	2,85	0,45	1,2825	43,03
C25/30	A10	325	100	32,5	0	35	0	1792	7	12,544	K3	3,9	1,1	4,29	49,33
C25/30	A10	325	100	32,5	0	35	0	1792	7	12,544	K4	2,93	0,9	2,637	47,68
C30/37	A10	350	100	35	0	35	0	1817	7	12,719	K3	4,08	1,1	4,488	52,21
C30/37	A10	350	100	35	0	35	0	1817	7	12,719	K4	2,45	0,9	2,205	49,92



Şekil 4.4. Beton tasarımları bazında Dayanım/Maliyet oranları

11. Beton tasarımları bazında Dayanım/Maliyet oranlarına (Şekil 4.3) bakıldığında A6 agregası yapılan tasarımlarda dayanım/maliyet oranlarının düşük olduğu gözlemlenmiştir. Maliyetleri yaklaşık aynı olan beton tasarımları arasında (A5-A6) dayanım/maliyet oranının A6 agregasına ait tasarımlarda düşük olmasının nedeni ise A6 agregasının kirlilik oranının yüksek olması olarak gözlemlenmiştir.

12. Beton tasarımları bazında Dayanım/Maliyet oranlarına bakıldığında maliyetine göre beton basınç dayanımı daha yüksek olan A4, A2, A7 agregalara ait tasarımlar, maliyetine göre beton basınç dayanımı daha düşük olan A6, A3 agregalara ait tasarımlar olarak belirlenmiştir.

13. Beton basınç dayanımına etki eden etken parametrelerin tespiti balık kılçığı yöntemiyle yapılmıştır. Bu çalışmada hammadde uygunsuzluğu konusu ele alınmıştır. Beton basınç dayanımına etki eden parametrelerin daha detaylı sonuçları için diğer konular üzerinde çalışılmalıdır.

14. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar deneysel çalışmada kullanılan hammaddeler ve malzemeler için geçerlidir. Farklı hammaddeler ile yapılacak olan deneylerde sonuçlar farklılık gösterebilmektedir.

KAYNAKLAR

- Arioğlu,E., Arioğlu,N., Yılmaz, A.O., Beton Agregaları, Evrim Yayınevi, İstanbul, 2006.
- Dewar,J.D., Anderson,R., Manual of Ready-Mixed Concrete, Chapman & Hall, London, 1992.
- Erdoğan,T.Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, Ankara, 2007.
- Gambhir,M.L., Concrete Technology, TATA McGrow-Hill Publishing Company, Delhi, 1986.
- Mehta, P. K. ve Monteiro, P. J. M., Concrete, Third Edition, McGrow-Hill Publishing Company, United States of America, 2006.
- Özkul,H., Taşdemir,M. A., Tokyay,M., Uyan,M., Her Yönüyle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul, 2004.
- Özkul,H.M., Pekmezci,B., “Uçucu küllü betonlarda su/çimento oranının dayanıma etkisi”, THBB Hazır Beton Dergisi, **90**, 48-52, 2008.
- Öztürk,M., Akakın,T., Uçar,S., “Hazır Beton Sektöründe Agregası Kullanımı”, THBB Hazır Beton Dergisi, **60**, 38, 2003.
- Şahmaran,M., Yaman,İ.Ö., Tokyay,M., “Yeni nesil yüksek akışkanlaştırıcı katkı maddeleri ile yüksek hacimde uçucu kül içeren kendiliğinden yerleşen beton”, THBB Hazır Beton Dergisi, **79**, 70-74, 2004.
- Şengül,Ö., “Beton Özelliklerinin İyileştirilmesi için Mineral Katkı Kullanımı”, THBB Hazır Beton Dergisi, **104**, 74-81, 2011.
- TS 19, Çimento-Portland Çimentoları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1985.
- TS 12144, Çimento-Pozolonik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.