

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Süleyman KARAHAN

AGREGA YASSILIĞININ BETON ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AGREGA YASSILIĞININ BETON ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Süleyman KARAHAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ
Yıl: 2013, Sayfa: 71
Jüri : Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN
: Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Bu çalışmada Adana Bölgesi Karaisalı İlçesinde üretilen Karaisalı Formasyonuna ait kırma kireçtaşı agregasının geometrik özelliklerinden yassılığın beton fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu bağlamda, ülkemizde son dönemde yürürlükte olan TS 706 EN 12620 +A1 Beton agregaları standardında öngörülen agrega deneylerinden elek analizi ve yassılık indeksi deneyleri; beton deneylerinden ise TS EN 12350-2 standardına göre çökme (slamp) ve TS EN 12390-3 standardına göre beton dayanım deneyleri yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarla, farklı tane dağılımındaki yassı ve kübik geometrili agregalar birbirinden ayrılmıştır. Aynı mineralojik bileşimde, fakat farklı agrega geometrisine sahip yassı ve kübik agregalar kullanılarak % 0, % 25, % 50 ve % 100 oranlarında yassı agrega içeren beton örnekleri TS 802 standardına göre üretilmiştir. Üretilen beton örneklerinde sadece agrega geometrisi (yassı tane oranı) değişken parametre olarak belirlenirken, diğer bileşenler (su/çimento oranı, katkı miktarı, vs.) sabit tutulmuştur. Sonuçlar beton karışımında yassı tane miktarı arttıkça çökmenin arttığını ve beton dayanımının azaldığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Beton agregası, yassılık indeksi, çökme (slamp), beton dayanımı

ABSTRACT

MSc THESIS

EFFECTS OF AGGREGATE FLAKINESS ON CONCRETE

Süleyman KARAHAN

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ
Year: 2013, Pages: 71

Jury : Asst. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ
: Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN
: Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

In this study, the effect of flakiness which is a geometric feature of crushed aggregate produced from Karaisalı limestone, on the physical properties of concrete was investigated. In this regard, the aggregate tests of flakiness index and sieve analysis accordance with Concrete aggregates standard of TS 706 EN 12620 +A1 in force in Turkey, and slump and concrete pressure strength tests accordance with respectively TS EN 12350-2 and TS EN 12390-3 standard were performed.

In the experimental studies, aggregates which have different grain size distribution were separated from each other by geometry as flat or cubic. Using flat and cubic grains which have same mineralogical composition but different particle geometry, concrete samples including % 0, % 25, % 50 and % 100 flat particles were produced accordance with TS 802 standard. Aggregate geometry (percentage of flat particle) in concrete samples produced was used as variable parameter only, as the other components (water/cement ratio, the amount of contribution, etc.) were kept constant. The results indicate that the increase of the amount of flat grains in concrete mixture causes a particular decrease in strength of concrete and increase in slump.

Key Words: Concrete aggregate, flakiness index, slump, concrete strength

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve “Agrega Yassılığının Beton Üzerindeki Etkileri” konulu araştırmayı yüksek lisans tezi olarak veren, yapıcı ve yönlendirici düşünceleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ’ ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırma boyunca tüm aşamalarda öneri, yönlendirme ve doğrudan teknik katkı sağlayan ve çalışma ortamı oluşturabilmemi sağlayan değerli meslektaşım ve arkadaşım Jeo. Yük. Müh. Aslıhan GÜNEYLİ’ye teşekkür ederim.

Değerli jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Sedat TÜRKMEN ve Sayın Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ’ ın yapıcı eleştirisi ve önerileri için teşekkürlerimi sunarım.

Tezin laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan ve tüm teknik donanımdan yararlanmamı sağlayan Funda ÖZKARAKOYUNCU’ ya teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarının büyük çoğunluğunu gerçekleştirdiğim Kaksan Karaisalı Kireç İşletmesi ve İmar Beton’a ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında bölüm olanaklarından yararlanmama izin veren Ç.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlığı’na ve sağladığı destekten dolayı Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne (Proje no: MMF2012YL2) teşekkürlerimi sunarım.

Daima yanımda ve destek olan, tezimin çizimlerine yardımda bulunan değerli meslektaşım ve sevgili nişanlım Tuğçe LEBLEBİCİ’ ye teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Karaisalı Formasyonu	11
3.2. Metod	14
3.2.1. Elek Analizi	15
3.2.2. Yassılık İndeksi Deneyi	20
3.2.3. Beton Karışımı	22
3.2.3.1. Betonun Oluşturan Bileşenler	22
3.2.3.2. Agregada En Büyük Tane Büyüklüğünün Seçilmesi	23
3.2.3.3 Tane Boyu Dağılımı (Granülometri) Seçimi	25
3.2.3.4 Agreganın Tane Sınıflarına Ayrılması	28
3.2.3.5. Çevresel Etki Sınıfları	30
3.2.3.6. Hedef Basınç Dayanımının Belirlenmesi	30
3.2.3.7. Su / Çimento Oranının (S/Ç) Seçilmesi	32
3.2.3.8. Su Miktarının (S) Seçilmesi	34
3.2.3.9. Hava Miktarının Seçilmesi	37
3.2.3.10. Kıvamın Seçilmesi	38
3.2.3.11. Beton Karışım Hesabının Yapılması	39
3.2.4. Çökme (Slamp) Deneyi	40
3.2.5. Basınç Dayanımı	43

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	45
4.1. Elek Analizi Sonuçları.....	45
4.2. Yassılık İndeksi Sonuçları.....	47
4.3. Beton Karışımı	49
4.4. Çökme (Slamp) Deneyi Sonuçları.....	54
4.5. Basınç Dayanımı Sonuçları	58
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1. Agrega tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları (TS 706 EN 12620 +A1).....	16
Çizelge 2. Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar (TS 706 EN 12620 +A1).....	17
Çizelge 3. Genel kullanım amaçlı ince agregalar için üreticinin beyan ettiği tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar (TS 706 EN2620 +A1).....	18
Çizelge 4. Karışık agregaların tane büyüklüğü dağılımı özellikleri (TS 706 EN 12620 +A1).....	18
Çizelge 5. Çok İnce Malzeme İçeriği (TS 706 EN 12620 +A1).....	19
Çizelge 6. Silindirik çubuklu elekler (TS 706 EN 12620 +A1).....	20
Çizelge 7. En büyük yassılık indeksi değerlerine göre kategoriler (TS 706 EN 12620 +A1).....	22
Çizelge 8. Çeşitli yapı elemanları için kullanılacak agrega en büyük tane büyüklükleri (TS 802).....	25
Çizelge 9. Pompa ile iletilen beton için kullanılması önerilen ve en büyük tane boyutları 31,5 mm ve 22,4 mm olan agrega karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları (TS 802).....	27
Çizelge 10. Beton agregasının tane sınıflarına ayrılması (TS 802).....	29
Çizelge 11. Çevresel etki sınıfları (TS EN 206-1).....	30
Çizelge 12. Beton sınıflarına göre karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımları (f_{cm}) ile deney örneklerinin sahip olması gereken ortalama basınç dayanımları (TS 802).....	31
Çizelge 13. 28 Günlük beton basınç dayanımlarına göre yaklaşık s/ç oranları (TS 802).....	32
Çizelge 14. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme (slamp) değerleri (TS 802).....	39
Çizelge 15. Elek analizi deney sonuçları.....	46
Çizelge 16. Yassılık indeksi deney sonuçları.....	47

Çizelge 17. 1 m ³ beton için karışım miktarları	50
Çizelge 18. Çökme (Slamp) Deneyi Sonuçları	54
Çizelge 19. Basınç Dayanımı Sonuçları	59
Çizelge 20. Yassı tane oranı ve basınç dayanımı eğrilerinin formülleri ve regresyon güvenlik sayıları	62

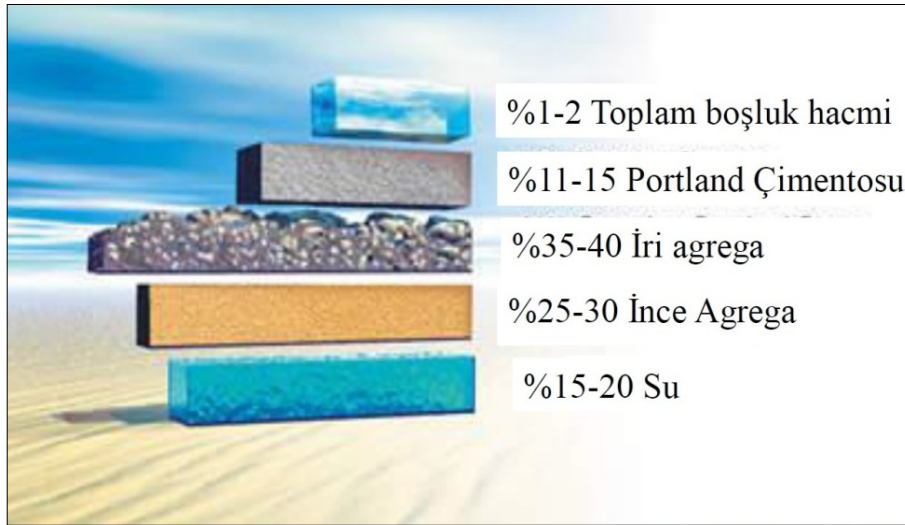
Şekil 1. Genel amaçlı bir betonu oluşturan malzeme hacim yüzdeleri	1
Şekil 2. Farklı boyutlarda agrega örnekleri.....	2
Şekil 3. İnceleme alanı yer bulduru haritası.....	6
Şekil 4. İnceleme alanı ve yakın çevresi jeoloji haritası	12
Şekil 5. Karaisalı formasyonu kireçtaşlarında açılmış ocağın görünümü.....	13
Şekil 6. Karaisalı formasyonu kireçtaşlarından üretilmiş agrega yığını	14
Şekil 7. Silindirik çubuklu elekler.....	21
Şekil 8. İri boyutlu tanelerin düzgün dağılımı	24
Şekil 9. Küçük boyutlu tanelerin düzgün dağılımı	24
Şekil 10. İri ve küçük boyutlu tanelerin birlikte düzgün dağılımı	24
Şekil 11. Agrega en büyük tane büyüklüğü 8,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar	26
Şekil 12. Agrega en büyük tane büyüklüğü 16,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar	26
Şekil 13. Agrega en büyük tane büyüklüğü 32,0 mm (31,5 mm) olan beton için verilen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar	27
Şekil 14. En büyük agrega tane boyutu 31,5 mm olan ve pompa ile iletilmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar.....	28
Şekil 15. Çizelge 13’de verilen s/ç oranı ile basınç dayanımı arasındaki yaklaşık ilişkinin grafiksel olarak değerlendirilmesi. Çizelgede yer almayan farklı s/ç oranları için bu grafikten yararlanılabilir.....	33
Şekil 16. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı.....	35
Şekil 17. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı.....	35

Şekil 18. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı.....	36
Şekil 19. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı.....	36
Şekil 20. Agrega en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak beton karışım hesaplarında kullanılacak uygun hava içerikleri.....	38
Şekil 21. Hesaplama bağıntısı.....	40
Şekil 22. Çökme Şekilleri	42
Şekil 23. Çökmenin Ölçülmesi	43
Şekil 24. Elek analizi.....	45
Şekil 25. Tane boyu dağılım eğrileri.....	46
Şekil 26. Boyutları 11,2-22,4 mm ve 4-11,2 mm olan yassı agregalar.....	48
Şekil 27.a. Yassı agregalar	48
Şekil 27.b. Yassı agregalar.....	49
Şekil 28. Beton üretiminde kullanılan mikser.....	50
Şekil 29. Beton üretimi	51
Şekil 30. Topaklanmış yassı taneler.....	52
Şekil 31. Üretilen beton örneklerinin sıcaklık değeri.....	53
Şekil 32. Örnek kalıpları	53
Şekil 33. Kür havuzu.....	54
Şekil 34. Slamp Ölçümü	55
Şekil 35. Seri 1 ve seri 5 karışımları slamp ölçümleri	56
Şekil 36. Taze betonda yassı tane oranı-slamp (slump) grafiği	57
Şekil 37. TS EN 12390-4 standardına uyumlu basınç test cihazı	58
Şekil 38. Kırılmamış (kür havuzundan çıkarılmış) beton örnekleri.....	59
Şekil 39. Seri 3 (%25 yassı) ve Seri 4 (%50 yassı) örneklerinin beton presinde kırılmış durumları	59

Şekil 40. Seri 5 (%100 yassı) ve Seri 1 (% 0 yassı) örneklerinin beton presinde kırılmış durumları	60
Şekil 41. 7 günlük betonda yassı tane oranı-dayanım grafiği	60
Şekil 42. 28 günlük betonda yassı tane oranı-dayanım grafiği	61
Şekil 43. 60 günlük betonda yassı tane oranı-dayanım grafiği	61
Şekil 44. 7-28-60 günlük betonlarda yassı tane oranı-dayanım grafikleri	62

1. GİRİŞ

Beton, çakıl ve kum gibi agregaya sınıftaki malzemelerin bir bağlayıcı madde (çimento) ve su ile birleştirilmesinden meydana gelen (Şekil 1), en yaygın yapı malzemesidir.



Şekil 1. Genel amaçlı bir betonu oluşturan malzeme hacim yüzdeleri

Dünyada beton tüketiminin yılda yaklaşık 6 milyar m³ civarında olduğu tahmin edilmektedir. Böyle yüksek düzeyde tüketilen diğer bir malzemenin ise su olduğu söylenebilir (Mehta ve Monteiro, 2006).

Beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen) büyüklüklerdeki (Şekil 2) kırılmamış veya kırılmış tanelerin oluşturduğu bir yığındır (agub.org.tr).



Şekil 2. Farklı boyutlarda agrega örnekleri

Betonun iskeletini oluşturan agrega, beton bileşenleri içerisinde en büyük hacim ve kütleyi kaplar. Agregalar, genelde betonun toplam hacminin yaklaşık %70'ini oluşturur ve beton özellikleri üzerinde önemli etkileri vardır. Agrega, beton için sadece ekonomik bir dolgu malzemesi değil aynı zamanda betonun duraylılığını, aşınma dayanımını ve taşıma kapasitesini artıran önemli bir bileşendir. Başka bir deyimle betonun fiziksel ve mekanik özellikleri büyük ölçüde agrega tarafından denetlenir. Bu bağlamda agreganın indeks ve dayanım özellikleri doğrudan betonun kalitesini belirler.

Agregalar çoğunlukla doğal kaynaklardan elde edilir; bunun yanında bazı sanayi atıkları, binaların yıkılmasıyla ortaya çıkan parçalanmış beton da agrega olarak kullanılabilir. Doğal olarak şekillenmiş agrega, akarsu ve göl yatakları, teraslar (taraçalar) ve doğal kayaların kırılarak ufalanmasıyla oluşur. Akarsu yatakları, geçmişten bu yana agrega kaynağı olarak yaygınca kullanılmıştır. Ancak, yoğun yapılaşmadan kaynaklanan aşırı tüketim, bu doğal kaynakların hızlı ve denetimsiz şekilde tüketilmesine neden olmaktadır. Agrega kaynağı olarak akarsu ve göl gibi doğal çökel yataklarının kullanımı için son yıllarda sınırlamalar yürürlüğe girmiştir. Doğal çökel kaynaklardan agrega alımı, doğal dengenin bozulmasına ve çeşitli telafisiz çevre sorunlarına neden olduğundan ülkemizde de çevre bilinci gelişmiş çeşitli ülkelerde olduğu gibi, son yıllarda bu uygulamadan vazgeçilmiştir.

Türkiye’de mevcut doğal çökel yataklar halen kullanılırken, böyle alanlarda yeni ruhsat ve işletme girişimlerine izin verilmemektedir.

Kaynak kaya ve üretim yöntemi değişse de beton üreticisi tarafından daima “kaliteli” ve “ekonomik” agrega tercih edilmektedir. Agrega, betonda kullanılmadan önce, tüm agrega ve beton deneyleri yapıp sertleşmiş betonun 7–28 günlük basınç dayanımları belirlendikten sonra kullanımına karar verilir.

Agregalarda aranan en önemli özellikler şunlardır:

- Sert, dayanıklı ve boşluksuz olma,
- Zayıf taneler içermeme (deniz kabuğu, odun, kömür, vb.),
- Basınca ve aşınmaya dayanımlı olma,
- Toz, toprak (ince malzeme) ve betona zarar verebilecek maddeler içermeme,
- Yassı ve uzun taneler içermeme,
- Çimentoyla zararlı tepkimeye girmeme

Agreganın kirliliği (kil, silt, mil, toz, vb. içermemesi) olması aderansı olumsuz etkilerken, bu küçük taneler su ihtiyacını da arttırmaktadır.

Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun sıklıklarla yapılarak, kalite sürekliliği izlenmelidir. Ülkemizde betonda kullanılacak agregaların TS 706 EN 12620 + A1 standardına uygun olması istenmektedir (agub.org.tr).

Agrega ile ilgili birçok bilimsel araştırma ve yürürlükte olan çeşitli ülke standartları, agregayı oluşturan tanelerin şeklinin nasıl tanımlanması gerektiği konusunda görüş belirtmektedir. Agrega tanelerinin şekli, taze betonun işlenebilme (slamp) özelliğini doğrudan etkiler. Kusurlu (beton için uygun olmayan geometriye sahip) tanelerin oranı çok ise taze betonun işlenebilirliği azalmakta, su ihtiyacı artmakta ve betonun dayanımı olumsuz etkilenmektedir. Yuvarlak agrega taneleri küresel veya küreye yakın geometride olan tanelerdir. Bu tür tanelerin üzerinde keskin çıkıntılar yer almamaktadır. Akarsu yataklarından elde edilen agregalardaki tanelerin çok büyük bölümü yuvarlak ya da yumuşak köşelidir. Keskin köşeli agrega taneleri, üzerinde sivri çıkıntılar bulunduran tanelerdir. Kırmataş agregalardaki

tanelerin şekli köşelidir. Bunların dışında agrega tanesinin şekli için başka bir ölçüt ise “**yassılık**” ya da uzunluktur. Yassı ve uzun şekle sahip bir agrega tanesindeki en büyük eksen ile en küçük eksen arasında büyük fark vardır.

Doğal agregalar, oluşumları gereği aşınma etkisi ile yuvarlaklaşırlar. En büyük ekseninin en küçük eksenine oranı 3'ten büyük olan tanelere, şekilce kusurlu taneler denir. Şekilce kusurlu tanelerin (yassı veya uzun) oranı, 8 mm tane büyüklüğündeki agrega içinde ağırlıkça % 50'den fazla olmamalıdır. Kusurlu taneler, agrega yığınının boşluklu olmasına ve bu boşluğun çimento hamuru ile doldurulamamasına neden olur. Bu durumda taşıyıcı iskeleti sağlam olmayan bir yapı meydana gelir (Şimşek 2004).

Tane şekillerine göre agregalar yuvarlak, şekilsiz, köşeli, yassı ve uzun olarak sınıflandırılır. Doğal agrega ocağından çıkarılan malzeme genel olarak yuvarlak veya yuvarlağa yakın şekillidir ve az oranda da olsa yassı ve uzun taneler içerebilir. Konkasörden (kırııcıdan) elde edilmiş agregalar genellikle köşelidir. Yassı ve uzun taneleri de %30 dolayında yapılarında bulundurabilir. Genel olarak standartlarda yassı tane miktarının %50 den fazla olması istenmez. Aksi durumda betonun yerleştirilmesi ve kompasitesinde (doluluğunda) sorun ortaya çıkabilir. Bir agrega tanesinin üç eksen arasında 1/3 oranından daha büyük boyut farkı varsa bu agregaya “**yassı agrega**” denir (Şimşek, 2004).

Agregalarda kusurlu tanelerin oranının çok olması; taze betonun işlenebilirliğini azaltmakta, su gereksinimini ve hapsolmuş hava miktarını arttırmaktadır. Bu açıdan; kusurlu taneler, beton dayanımının ve dayanıklılığının daha az olmasına yol açmaktadır (Erdoğan, 2003).

Yuvarlak doğal agreganın yığın olarak yerleşmesi, geometrik yapısı gereği daha kolay olup, özgül yüzeyi de (kırma agregaya göre) daha küçük olduğundan işlenebilirlik için az su gerektirir. Kırma agregalar köşeli, kenarlı ve yüzeyleri pürüzlüdür. Kırma agregalar konkasörlerin ayarsızlığına bağlı olarak yassı ve çivi türü biçimsiz taneler içerirler. Bunun sakıncası ise betonun yerleşmesi sırasında işlenebilirliğin güçleşmesidir. İşlenebilirliği sağlamak için daha çok su gerekecektir. Bu nedenle kaliteli beton üretiminde kusurlu taneler istenmez (Şimşek, 2000).

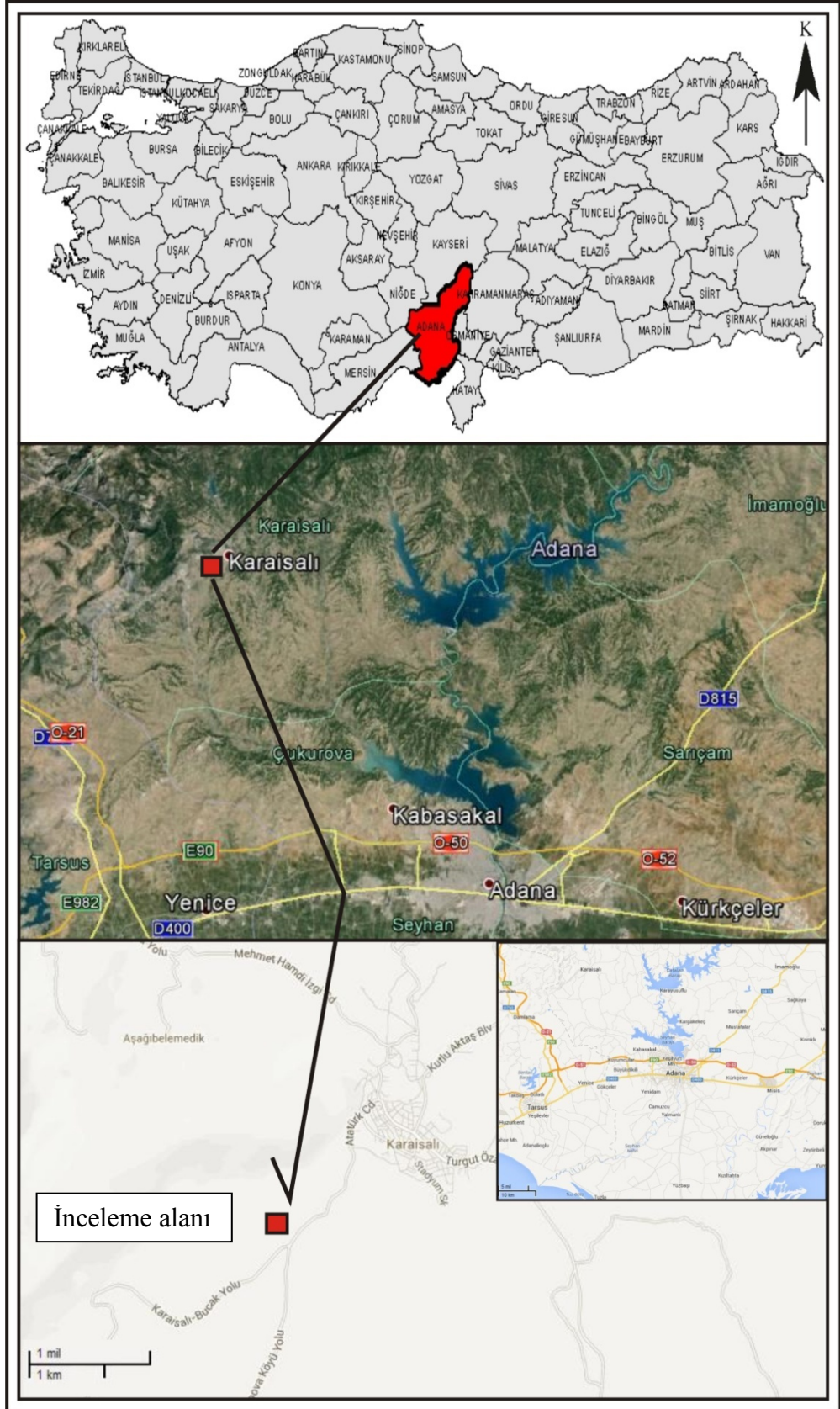
Betonda bulunan çoğu yassı taneler, çimento ile kolayca bağ kurabilir, fakat dokanakları daha kolay aşınır. Karışım içinde yer alan bazı yassı taneler, yığın içinde köprü oluşturacak açık boşluk oluşturur. Bu durum beton içinde bölgesel olarak zayıflık zonu oluşmasına neden olur. Böylece çimento gereksinimi de artar (Postacıoğlu, 1987).

Agreganın yassılık durumunu sayısal olarak belirlemek ve ifade etmek için “yassılık indeksi deneyi” olarak bilinen yöntem uygulanır. Yassılık indeksi deneyi yalnızca iri (>4 mm) agregalara uygulanan bir yöntemdir. Türkiye’de kullanılan TS 706 EN 12620 +A1 standardında yassılık indeksi deneyi için TS 3530 EN 933-3 standardına atıf yapılmıştır.

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu araştırma kapsamında, Karaisalı (Adana) ilçesinde (Şekil 3) üretilen, Karaisalı Formasyonu’nun resifal kireçtaşına ait kırmataş agregasının geometrik özelliklerinden yassılığın taze betonun işlenebilirliği (slamp) ve sertleşmiş beton dayanımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda; agreganın geometrik özelliklerinden yassılığın “taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkileri” hakkında grafik, sayısal ve kesin yorumsal verilere rastlanamamıştır. Bu bağlamda üretilen agregaların son dönemde ülkemizde yürürlükte olan TS 706 EN 12620 +A1 standardında öngörülen agreganın deneylerinden elek analizi ve yassılık indeksi deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu iki deneyle farklı granülometrideki yassı ve kübik geometrili agregalar birbirinden ayrılmıştır. Aynı mineralojik bileşimli, fakat farklı geometriye sahip yassı ve kübik agregalar kullanılarak % 0, % 25, % 50 ve % 100 oranlarında yassı agregaya içeren beton örnekleri TS 802 standardına göre üretilmiştir. Üretilen beton örneklerinde sadece agreganın geometrisi değişken olarak kullanılırken, diğer bileşenler (su/çimento oranı, katkı miktarı) sabit tutulmuştur. Sonuç olarak agreganın geometrisinin, üretilen beton örneklerinin taze ve sertleşmiş durumdaki fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkileri deneysel olarak irdelenmiştir.

Böylece literatür ve standartlarda, beton üretiminde “henüz yeterince değerlendirilmeye alınmamış” bir etken açıklığı kavuşturulmaya çalışılmıştır.



Şekil 3. İnceleme alanı yer bulduru haritası

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Halili (2003), kırma-eleme işletme tasarımlarını incelemiş ve kaliteli agrega üretimi için uygun işletme donanımları belirlemiştir. Agreganın kalitesini etkileyen faktörlerin başında taşın kırılma (sıkıştırılarak kırma, çarptırılarak kırma) ile ocak malzemesinin litolojik, yapısal ve fiziksel özellikleri geldiğini belirlemiştir. Kaliteli ve kübik malzeme üretimi için çarptırma özellikli düşey milli kırıcıların kullanılmasının verimi artırdığı sonucu bulunmuştur.

Korkanç ve Tuğrul (2003), Niğde yöresi bazaltlarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Çalışmalarında betonda kullanılan agreganın şeklinin olabildiğince küresel olması gerektiği belirtilmiştir. Şekilce uzun taneler, betonda işlenmeyi zorlaştırır, ayrıca yüksek kesme direnci vermektedir. Betonda yoğun olarak bulunan küresel taneler, daha iyi biçimde yerleşerek, boşlukları minimuma indirir yorumu yapılmıştır.

Çavuşoğlu ve diğ. (2004), agreganın şeklinin, taze betonun işlenebilirlik özelliğini doğrudan etkilediğini, çakıl gibi yuvarlak agregaların yerine kırmataş gibi köşeli agregaların kullanılmasının taze betonda akıcılığın azalmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada şekli kusurlu tanelerin oranının çok olmasının taze betonun işlenebilirliğini azalttığı, su gereksinimini artırdığı ve beton dayanımını ve dayanıklılığını olumsuz yönde etkilediği yorumu yapılmıştır.

Yiğit (2005), Çerçideresi taşocağı malzemesinin beton ve asfalt agregası olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Agreganın tanelerinin şekli, taze betonun işlenebilirlik özelliğini ve buna bağlı olarak betonun su gereksinimini etkilemektedir. Çakıl gibi yuvarlak agregalarla yapılan betonların işlenebilmeye katkısı daha çok olmaktadır. Kırmataş gibi köşeli agregaların sürtünme etkisiyle taze betonun akıcılığını azaltması nedeniyle; yuvarlak agregayla yapılan ve belirli bir kıvama sahip olan betonların su gereksinimi, aynı kıvama sahip fakat kırmataş agregayla yapılmış olan betonların su gereksiniminden daha az olmaktadır. İşlenebilmeyi artırmak açısından; köşeli agregalarla yapılan betonlarda, daha çok ince agreganın kullanılması gerektiği sonucu bulunmuştur.

Arslan ve diğ. (2006), Kırşehir yöresi taş ocaklarından sağlanan kırmataşların beton agregası olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Standartlara uygun olarak üretilen sertleşmiş beton grupları üzerinde gerçekleştirilen beton deneyleri sonuçlarına göre; basınç dayanımı, özgül ağırlık, yarmada çekme dayanımı, elastisite modülü yüksek betonların, agregaya özgül ağırlık ve birim ağırlığının yüksek, aşınma ve kusurlu tane oranının düşük olduğu bulunmuştur. Beton basınç dayanımı düşük olanlarsa, agregaya özgül ağırlık ve birim ağırlığının düşük, aşınma ve kusurlu tane oranının yüksek olduğu sonucu bulunmuştur.

Akbulut ve Gürer (2006), atık mermerlerin asfalt kaplamalarda agregaya olarak değerlendirilmesini incelemiştir. Yassı ve silindirik tanelerin çekme dayanımları düşük oldukları için asfalt betonu içerisinde zayıf bölgeler oluşturarak üst yapıda hasarın oluşmasına neden olabilirler. Konkasör şantiyesindeki kırıcı türünü değiştirmek ve farklı eleme yöntemleri kullanmakla yassı tane miktarını azaltabilmek mümkün olacaktır. Yapılan çalışmalar yassı tane indeksinin aşınma gibi bazı fiziksel özellikleri, doğru orantılı olarak, etkilediğini göstermiştir. Bundan dolayı, yassı tane miktarının azaltılması aşınma özelliklerinin de iyileşmesine katkı sağlayacağı sonucu bulunmuştur.

Topçu (2006), Zonguldak-Bartın arasındaki Cangaza bazaltlarının agregaya olma özellikleri ve beton üretiminde kullanılabilirliğini incelemiştir. Agregadaki yassı malzeme oranının çok olması betonda pürüzlü bir yüzeye ve su ihtiyacının artmasına neden olacaktır. Karayollarında, yassı agregaya oranının çok fazla olması, yolun dayanım özelliklerinin düşük olmasına neden olmaktadır. Tane büyüklüğü, 8mm'den büyük agregaya tanelerinde kusurlu tanelerinin oranı % 50'den fazla olmamalıdır. Bunun için agregaların tane boyutları mümkün olduğunca orantılı olması istenir sonucu bulunmuştur.

Yazıcı (2006), Rize-İyidere deresindeki agregaların hazır beton üretiminde kullanılabilirliğini incelemiştir. Agreganın tane şekli yuvarlak, köşeli, yassı veya kusurlu olabilir. Kusurlu malzemenin fazla miktarda olması boşluğu arttırdığından birim ağırlığın düşeceği sonucu bulunmuştur.

Çetin (2007), Afyonkarahisar bölgesi volkanik kayaların sıcak karışım asfalt kaplamalarında agregaya olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yassı ve

silindirik tanelerin çekme dayanımları düşük olduğu için trafik ve çevre etkisi altında kolayca aşınıp kırılabilirler. Bu yüzden kaplamalarda kullanılacak agregaların aşınma etkisine karşı dayanıklı olmaları gerektiği yorumu yapılmıştır.

Akbulut ve diğ. (2008), Afyonkarahisar çevresinde yayılım sunan andezitlerin agrega olarak kullanılabilirliklerini incelemiştir. Agrega örneklerinde fiziksel ve mekanik standart deneyler sonucunda (gradasyon, özgül ağırlık, birim ağırlık, su emme, Los Angeles aşınma, ince madde miktarı, yassılık indeksi, dona dayanıklılık) andezit kökenli agregaların alternatif agrega kaynağı olarak yol kaplamalarında beton için uygun özelliklerde oldukları belirlenmiştir.

Arslantaş (2009), Karaburun kireçtaşı taşocakları atıklarının agrega kaynağı olarak kullanımını araştırmıştır. Karaburun yöresi Gerence Formasyonu içindeki Uygur Mermer ocağından alınan kireçtaşı atıkları üzerinde TS 9582 EN 933-3'te anlatılan yöntemle göre bulunan yassılık indeks değeri ortalama % 20,36 olarak bulunmuştur ve bu değer FI 35 kategorisindedir. TS 706 EN 12620 'de yassılık indeksinin % 50'den düşük olması ve BS 882: (1992)' e göre, kırmataşlara ait yassılık indeksi maksimum % 40 olması istenir ve deney sonuçlarının belirtilen limit değerler ile uyumluluk gösterdiği görülmüştür. Çeneli kırıcıdan çıkan malzemeler, konik kırıcılardakilere göre daha uzun ve yassı olduğu sonucu bulunmuştur.

Öztürk (2009), Zonguldak bölgesi kireçtaşı, andezit ve bazaltları ile Filyos çayı çökellerinin (Devrek) asfalt üretiminde kullanılabilirliğini incelemiştir. Yassılık indeks deneyleri sonucunda; Yılanlı Formasyonu dolomitik kireçtaşı, Kazpınar Formasyonu andezitleri, Alaplı Formasyonu Cangaza üyesi bazaltları ve Çaycuma çayı ile Devrek çayı çökelleri Karayolları Fenni Şartnamesi'ne göre aşınma tabakasında maksimum %30 ile binder tabakasında %35 olan maksimum değer altında olduğundan asfalt üretiminde kullanımının uygun olduğu sonucu bulunmuştur.

Eren (2009), Farklı cüruf atıklarının beton üretiminde kullanımını incelemiştir. İskenderun cürufu malzeme boyutları maksimum tane büyüklüğü 31,5 mm'den büyük olduğundan yassılık indeksi deneyi yapılamamıştır. Kardemir Demir Çelik fabrikası cürufu TS 706 EN 12620 standardına göre FI15 kategorisine girdiği sonucu bulunmuştur.

Keleş (2009), Zonguldak-Bartın arasındaki Yılanlı formasyonu dolomitik kireçtaşlarının agrega olma özellikleri ve beton üretiminde kullanılabilirliğini incelemiştir. TS706 EN 12620 standardına göre iri agregaların yassılık indeksleri %50'den daha az olması istenmektedir. Beş farklı bölgeden alınan iri agregaların yassılık indeks yüzdeleri; I ve II nolu agregalarda %23-%28 arasında değişmektedir. Beş farklı bölgeden alınan Yılanlı Formasyonuna ait kireçtaşı-dolomitik kireçtaşından üretilen iri agregaların yassılık indeksi limitin altında kaldığı sonucu bulunmuştur.

Yılmaz (2009), Zonguldak batısındaki (Kozlu-Karadeniz Ereğli) volkanitlerinin jeolojik özellikleri ve endüstriyel kullanılabilirliğini araştırmıştır. Agregaların yassılık ve uzunluk indeksleri BS 812 (1990)'a göre belirlenmiştir. Elde edilen değerler %14.47 (N-2)-%16.70 (N-1) aralığındadır. Yassılık ve uzunluk indeksi BS 882 (1992)'ye göre kırılmamış çakıl boyutunda en fazla %50, kırma çakıl ve kırmataşlarda en fazla %40 olmalıdır. Örneklerin yassılık ve uzunluk indeksi sonuçları ortalama %16 oranında; oldukça iyi bir değerde olduğu bulunmuştur.

Güneyli (2010), Adana ve çevresinde üretilen agregaların beton üretiminde kullanılabilirliklerini incelemiştir. Yassılık indeksi fazla olan agregalar beton yapımında tercih edilmemektedir. Yassı agreganın özgül yüzeyi, kübik agreganın özgül yüzeyine oranla daha küçük olduğundan, betonda aderans düşük olacaktır. Dere malzemesinde, alüvyal özellikten dolayı yassı malzeme miktarı, kırma kireçtaşından elde edilen agregalarınkine göre daha fazladır. Alüvyal agreganın kırma işlemine tabi tutularak yassılık derecesinin düşürülebildiği ve kırma kireçtaşı agregalarındaki yassılık indeksi değerlerinin sağlanabildiği sonucu bulunmuştur.

Bal (2011), Kayalarda fiziko-mekanik ve mineralojik özelliklerin betonda alkali silika reaksiyonuna etkisini incelemiştir. Yassılık indeksi deneyleri TS 9582 EN 933-3 (1999) standardına uygun olarak yapılmış, yassılık indekslerinin 4.70-7.49 arasında ve standartlara uygun olduğu ve beton yapımında agrega malzemesi olarak kullanılabilceği sonucu bulunmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

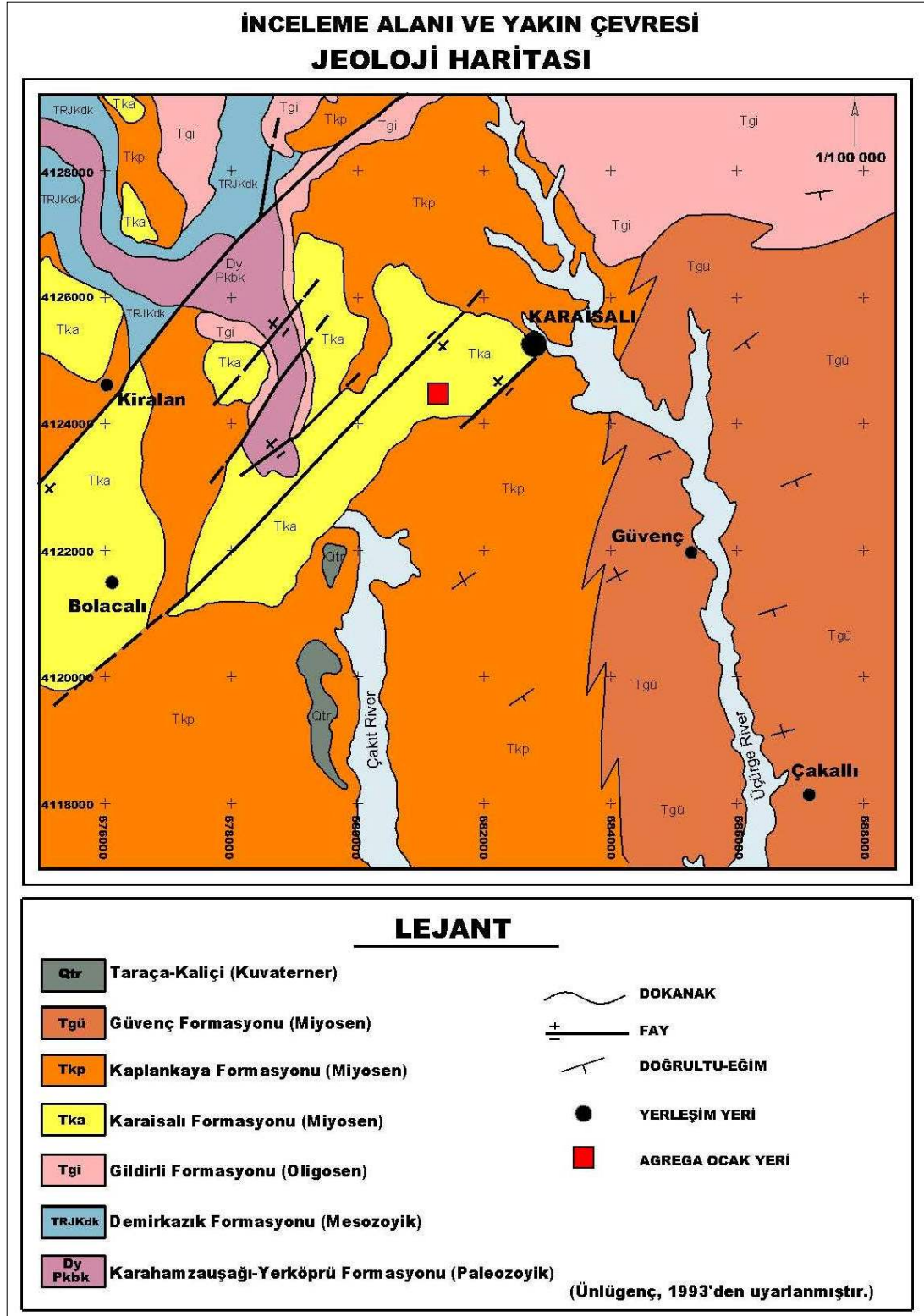
3. 1. Materyal

Bu çalışmada malzeme olarak kırmataş agregası kullanılmıştır. Kırmataş agregası, patlatma ile elde edilen kayaların yıkama yapılmadan kırma ve eleme işlemi sonucu üretimiyle elde edilir. Materyal olarak araştırılan kırmataş agregası Adana havzasında bulunan Karaisalı Formasyonu (Miyosen) resifal kireçtaşı seviyelerinden elde edilmiştir (Şekil 4).

3.1.1. Karaisalı Formasyonu (Tka) (Miyosen)

Karaisalı formasyonu ilk kez Schmidt (1961) tarafından litostratigrafik birim ayırılmasına dayalı olarak “Karaisalı kalker” olarak adlandırılmıştır. Daha sonra birime; Ergene (1972), İlker (1975), Görür (1979, 1980) ile Yetiş ve Demirkol (1984) tarafından “Karaisalı kireçtaşı”; Yalçın ve Görür (1984) ile Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından ise Karaisalı formasyonu adlanması uygulanmıştır. Karaisalı formasyonu adını, çalışma alanının doğu sınırında bulunan Karaisalı ilçesinden almakta olup, tip yeri ve kesiti de burada yer almaktadır.

Karaisalı formasyonu özellikle inceleme alanının doğu ve güney kesimlerinde oldukça geniş yüzleklere sahiptir (Şekil 4). Birim genel olarak çalışma alanındaki topografik yükseltileri oluşturmaktadır. Bu yükseltiler; Kale Tepe, Kesek Tepe, Alaca Tepe dolayları, Kıralan köyü kuzeyi ve kuzeybatısı, Kuşçular köyü güneybatısı ve kuzey dolaylarıdır. İnceleme alanında birim başlıca resifal kireçtaşından oluşmaktadır (Şekil 5). Açık sarı-açık gri-kirli beyaz-bej renkli, seyrek killi biyoklastik kireçtaşı arakatmanlı, resif kenarları dışında belirgin katmansız, yer yer belirgin orta-kalın veya som katmanlı birim; sert, sağlam, sıkı dokulu, keskin köşeli, kırıklı, alg, gastropod, ekinid, mercan, lamellibrans kapsayan erime boşluklu kireçtaşı yapılıdır. Bunun sebepleri değerlendirildiğinde; inceleme alanında deniz seviyesindeki alçalıp yükselmeler, bölgenin paleotopografik düzensizlikleri ve havzaya taşınan çökel oranındaki değişimler bu fasiyes değişimlerini etkileyen etkin



Şekil 4. İnceleme alanı ve yakın çevresi jeoloji haritası (Ünlügenç, 1993)

faktörlerdir. Karaisalı kireçtaşı tabanda değişik formasyonlar üzerine gelmektedir. Tabandaki Yellikaya sırtı dolayında ve kuzey kesiminde Paleozoyik'e ait Karahamzauşağı ve Kessek tepede Mesozoyik'e ait Demirkazık formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmekte olan birim, Kale Tepe güneyinde Gildirli formasyonu üzerinde uyumludur. Birimin Kırılan-Yerköprü arasında ise Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu ile olan yanıl ve düşey fasiyes değışimleri arazide oldukça belirgindir. Kaplankaya formasyonu, Karaisalı formasyonunun resif gerisi-lagün fasiyesini karakterize etmektedir. Kaplankaya formasyonunun üzerine gelen Langiyen-Serrevaliyen yaşlı Güvenç formasyonu ile olan dokanağı da genellikle geçişlidir. Keştepe Mahallesi ve Arapalı köyü civarı dolayında belirtilen geçişli dokanak ilişkisi oldukça belirgindir.



Şekil 5. Karaisalı formasyonu kireçtaşlarında açılmış ocağın görünümü (bakış kuzeye)

3.2. Metod

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında, Adana Bölgesi Karaisalı İlçesinde üretilen Karaisalı formasyonuna ait kırma kireçtaşı agregasının (Şekil 6) geometrik özelliklerinden “yassılığın” beton fiziksel özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Konu ile ilgili olarak, dünyada uygulanan farklı standartlar yürürlükte değildir. Ancak kavram karmaşası yaratmamak amacı ile bu çalışmada yöntem olarak, Türkiye’de uygulanan ve uluslararası geçerliliğe sahip olan Türk Standartları (TS)’na bağlı kalınmıştır. Bu bağlamda, ülkemizde son dönemde yürürlükte olan **TS 706 EN 12620 +A1** Beton Agregaları Standardı’nda öngörülen agrega deneylerinden elek analizi ve yassılık indeksi deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu iki deneyle farklı granülometrideki yassı ve kübik geometrili agregalar birbirinden ayrılmıştır.



Şekil 6. Karaisalı formasyonu kireçtaşlarından üretilmiş agrega yığını

Aynı mineralojik bileşimli, fakat farklı geometriye sahip yassı ve kübik agregalar kullanılarak % 0, % 25, % 50 ve % 100 oranlarında yassı agregaya içeren beton örnekleri TS 802 standardına göre üretilmiştir. Üretilen beton örneklerinde sadece agregaya geometrisi değişken olarak belirlenirken, diğer bileşenler (su/çimento oranı, katkı miktarı) sabit tutulmuştur. Sonuç olarak agregaya geometrisinin, üretilen beton örneklerinin taze ve sertleşmiş durumdaki fiziko-mekanik özellikleri üzerindeki etkileri deneysel olarak irdelenmiştir.

Bu tez çalışmasında; agregaya deneyleri TS 706 EN 12620 +A1 standardına göre Karaisalı Kaksan Kireç işletmesi laboratuvarında, beton deneyleri ise TS 802 standardına göre Tarsus İmar Beton İşletmesi laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.1. Elek Analizi

Bu deney yöntemi temel olarak kullanılması tasarlanan veya kullanılacak olan agreganın tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Deney sonuçları agregaya tane büyüklüğü dağılımının şartname ölçütlerine olan uygunluğunun belirlenmesinde ve değişik kaynaklardan sağlanan agregaya üretiminin ve agregaya karışımlarının kontrolü için gerekli verilerin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Elde edilen veriler agregaya boşluk oranı ve/veya doluluk oranlarının saptanmasına yönelik ilişkilerin geliştirilmesinde de faydalı olabilmektedir. Agregaya tane boyu dağılımının, üretilen beton üzerinde büyük etkisi vardır. Granülometri betonun kompasitesini, karma suyu miktarını, dayanım ve dayanıklılığını büyük ölçüde etkiler. Bu nedenle betonda kullanılacak agregaların, niteliksiz/sıradan işlerde kullanılmalarında bile granülometrik bileşimleri mutlaka belirlenmelidir.

TS 706 EN 12620 +A1 standardında elek analizi için TS 3530 EN 933-1 standardına atıf yapılmıştır. Dolgu malzemesi olarak kullanılan agregalar dışındaki tüm agregalar, d/D (d : en küçük tane eksen; D : en büyük tane eksen) gösterilişi kullanılarak agregaya tane sınıfı cinsinden belirtilmelidir.

Deney için yığından veya üretim bantı üzerinden, malzeme homojen olarak alınmalıdır. Alınan malzeme etüvde 110 C^0 (± 5) sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelene dek kurutulmalıdır. Kurutma işlemi bittikten sonra malzeme 1 mm göz açıklığı olan

elek koruma eleği olarak kullanılarak ve 0.063 mm göz açıklıklı elekten yıkanarak elenmelidir. 0.063 mm elek üzerinde kalan malzeme tekrar etüve konularak değişmez ağırlığa gelene dek kurutulmalıdır. Çizelge 1’de belirtilen temel elek serilerinden seçilenlerden bir tanesi kullanılmalıdır. Elek serileri karıştırılarak kullanılamaz aksi halde isimlendirme yapılamaz. Deney elekleri aşağıdan yukarıya doğru göz açıklıkları büyüyecek şekilde üst üste yerleştirilerek elek sarsma cihazına konur. Tartılan malzeme en üst elekten boşaltılarak yeterli bir süre sarsılarak eleme işlemi sürdürülür. Sarsma işlemi bitince, üst elekten başlayarak elek üzerinde kalan malzemeleri yığışlımlı olarak en küçük boyutlu eleğe kadar tartılır (**W_n**).

Çizelge 1. Agrega tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları (TS 706 EN 12620 +A1)

Temel Elek Serisi (mm)	Temel Elek Serisi + Seri 1 (mm)	Temel Elek Serisi + Seri 2 (mm)
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6	-
-	-	6,3
8	8	8
-	-	10
-	11,2	-
-	-	12,5
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4	-
31,5	31,5	31,5
-	-	40
-	45	-
63	63	63

Elek analizi deneyi sonunda eleklerin üstünde kalan malzeme oranı, tüm deney örneğinin ağırlığının yüzdesi olarak hesaplanır.

$$S_n = \frac{W_n}{W_0} \times 100(\%) \quad (1)$$

S_n : Herhangi bir (n) göz açıklığındaki elek üstünde kalan malzeme oranı (%)

W_n : Göz açıklığı (n) olan elek üzerinde kalan malzeme ağırlığı (g)

W_0 : Deney örneğinin ağırlığı (g)' dir.

Elek analizi sonuçları, Çizelge 2'de belirtilen koşullara göre irdelenir. Kullanılan elek serisine göre (D) ve (d) eleklerle göre agreganın iri, ince, doğal veya karışık olduğuna karar verdikten sonra tüm seride bulunan eleklerden geçen kütlece yüzdelere göre malzemenin kendi sınıfındaki isimlendirmesi yapılır.

Çizelge 2. Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar (TS 706 EN 12620 +A1)

Agrega	Tane Büyüklüğü	Elekten Geçen Kütlece Yüzde					Kategori G
		2D	1,4D	D	d	d/2	
İri	D/d≤2 veya	100	98-100	85-99	0-20	0-5	Gc 85/20
	D≤11,2 mm	100	98-100	80-99	0-20	0-5	Gc 80/20
	D/d>2 ve D>11,2 mm	100	98-100	90-99	0-15	0-5	Gc 90/15
İnce	D≤4 mm ve d=0	100	95-100	85-99	-	-	GF 85
Doğal olarak Sınıflandırılmış 0/8	D=8 mm ve d=0	100	98-100	90-99	-	-	GNG 90
Karışık	D≤45 mm ve d=0	100	98-100	90-99	-	-	GA 90
		100	98-100	85-99	-	-	GA 85

TS 706 EN 12620 +A1 standardında elek analizi sonuçlarına göre isimlendirilen ince ve karışık agregaların, analiz sonuçları üretici tarafından, kullanıcı beton santraline beyan edilmelidir. Çizelge 3 ve 4'de ince ve karışık agregaların elek analizinde kullanılan her elek için elekten geçen malzeme yüzdesine göre belirli toleranslar verilmiştir. Agregatörün bu toleranslara uygun şekilde seri üretimi gerçekleştirmesi gerekir. Bunun en önemli nedeni agregatörün her zaman aynı özellikte malzeme üretmesi ve beton santralinde uygunsuz ürün çıkışının engellenmesidir.

Çizelge 3. Genel kullanım amaçlı ince agregalar için üreticinin beyan ettiği tipik tane büyüklüğü dağılımı ile ilgili toleranslar (TS 706 EN2620 +A1)

Elek göz açıklığı (mm)	Elekten geçen kütlece yüzdelerin toleransları		
	0/4	0/2	0/1
4	± 5	-	-
2	-	± 5	-
1	± 20	± 20	± 5
0,250	± 20	± 25	± 25
0,063	± 3	± 5	± 5

Çizelge 4. Karışık agregaların tane büyüklüğü dağılımı özellikleri (TS 706 EN 12620 +A1)

Agrega tane büyüklüğü (mm)		Aşağıda gösterilen eleklerin genel sınırları (Elekten geçen kütlece yüzde)	
Temel elek serisi+seri 1	Temel elek serisi+seri 2	40±20	70±20
		Elek için mm	
-	0/6,3	1	4
0/8	0/8	1	4
-	0/10	1	4
0/11,2	-	2	5.6
-	0/12,5	2	6,3
-	0/14	2	8
0/16	0/16	2	8
-	0/20	2	10
0/22,4	-	2	11.2
0/31,5	0/31,5	4	16
-	0/40	4	20
0/45	-	4	22.4

Elek analizi deneyinde 0.063 mm elekten yüzde geçen malzeme miktarı TS 706 EN 12620 +A1 standardına göre çok ince malzeme içeriği olarak tanımlanır ve ayrıca beyan edilmesi istenir. Çok ince malzeme içeriği, analiz sonucuna göre Çizelge 5’de belirtilen kategorilere göre isimlendirilir.

Çizelge 5. Çok İnce Malzeme İçeriği (TS 706 EN 12620 +A1)

Agrega	0.063 mm göz açıklıklı elekten geçen kütlece yüzde (%)	Kategori f
İri Agregalar	≤ 15	f 1.5
	≤ 4	f 4
	> 4	f beyan
	Serbest	f NR
Doğal olarak sınıflandırılmış 0-8 mm’lik agregalar	≤ 3	f 3
	≤ 10	f 10
	≤ 16	f 16
	> 16	f beyan
	Serbest	f NR
Karışık Agregalar	≤ 3	f 3
	≤ 11	f 11
	> 11	f beyan
İnce Agregalar	Serbest	f NR
	≤ 3	f 3
	≤ 10	f 10
	≤ 16	f 16
	≤ 22	f 22
	> 22	f beyan
Serbest	f NR	

3.2.2. Yassılık İndeksi Deneyi

TS 706 EN 12620 +A1 standardında yassılık indeksi deneyi için TS 3530 EN 933-3 standardına atıf yapılmıştır. Yassılık indeksi deneyi yalnızca iri (>4 mm) agregalara yapılmaktadır. Deneyde kullanılacak agrega sabit kütleye gelinceye kadar ($110 \pm 5^\circ$) etüvde kurutulduktan sonra tartılır ve M_0 kütlesi olarak kaydedilir.

Çizelge 6'da belirtilen kare gözlü deney eleklerinden elenir, 4 mm'lik elekten geçen ve 80 mm'lik elekte kalan taneler tartılır ve işlem dışı malzeme olarak kaydedilir. 4 mm ve 80 mm arasındaki tüm elekler üzerinde kalan malzeme ayrı muhafaza edilir ve tek tek tartılır. Tüm tartımlar toplanarak M_1 kaydedilir.

Çizelge 6'da kare gözlü elek aralıklarına karşılık gelen silindirik çubuklu (Şekil 7) elekten elenir. Bu eleme işlemi elle gerçekleştirilmeli ve elek üzerinde kalan malzemenin kütlesi fazla değişmiyorsa işlem tamamlanmış olarak kabul edilir. Silindirik çubuklu eleklerden geçen malzeme her elek için ayrı tartılır. Tüm tartımlar toplanarak M_2 kaydedilir.

Çizelge 6. Silindirik çubuklu elekler (TS 706 EN 12620 +A1)

d_i/D_i tane büyüklüğü (mm)	Silindirik çubuklu eleklerde çubuklar arası açıklık (mm)
163 / 80	40 ± 0.3
50 / 63	31.5 ± 0.3
40 / 50	25 ± 0.2
31,5 / 40	20 ± 0.2
25 / 31.5	16 ± 0.2
20 / 25	12.5 ± 0.2
16 / 20	10 ± 0.1
12.5 / 16	8 ± 0.1
10 / 12.5	6.3 ± 0.1
8 / 10	5 ± 0.1
6.3 / 8	4 ± 0.1
0.35 / 6.3	3.15 ± 0.1
4 / 5	2.5 ± 0.1



Şekil 7. Silindirik çubuklu elekler

Toplam yassılık indeksi (FI) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$FI = \frac{M_2}{M_1} \times 100(\%) \quad (2)$$

Betonda kullanılacak agregalar için kabul gören yassılık indeksi değeri en fazla CEN EN 933-3, 1997'e göre % 35; BS 882, 1992'e göre ise kırma çakıl ve kırmataşlarda % 40 ve kırılmamış çakıllarda % 50 olarak belirlenmiştir. Yassılık indeksi deney sonuçları Çizelge 7'de belirtilen kategorilere göre sınıflandırılır.

Çizelge 7. En büyük yassılık indeksi değerlerine göre kategoriler (TS 706 EN 12620 +A1)

Yassılık indeksi	Kategori (FI)
≤15	FI15
≤20	FI20
≤35	FI35
≤50	FI50
>50	FI beyan
Serbest	FINR

3.2.3. Beton Karışımı

Beton teknolojisinde en önemli işlerden bir tanesi beton karışım oranlarının saptanmasıdır. Beton karışım oranları belirlemesi dikkat gerektiren, bilimsel teknik temellere dayanan bir uygulamadır. Doğru belirlenmiş beton karışım oranları ile ekonomiye büyük katkıda bulunulur. Betonun hizmet ömrü doğrudan beton karışım oranlarının doğru saptanmasına bağlıdır.

3.2.3.1. Betonu Oluşturan Bileşenler

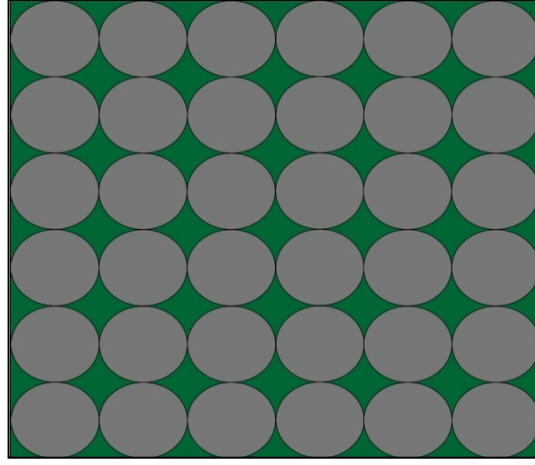
- **Agrega:** Betonun yaklaşık %70'ini meydana getirir. Temiz, sert, sağlam ve diğer yabancı maddelerden arındırılmış olmalıdır. Granülometrisi uygun, dayanıklılığı iyi, tane ve yüzey şekli uygun, aşınmaya dirençli, özgül ağırlığı yüksek ve su emmesi özelliği olabildiğince düşük olmalıdır. Malzeme iri ve ince agregalar olarak 2 sınıfa ayrılır. İri agregalar yük taşıyıcı ve ince agregalar boşluk doldurucu şeklinde davranır.
- **Çimento:** Proje ölçütlerine veya şartnamelere uygun olmalıdır. Çimentonun görevi bağlayıcılıktır.
- **Su:** İçilebilir nitelikte olmalıdır. Hidratasyonu başlatır ve işlenebilirlik sağlar.

- **Kimyasal ve mineral katkıları:** Betonun birim maliyetini azaltıcı ve gerek taze gerekse sertleşmiş betonun özelliklerini istenen düzeye ulaştırabilmelidir.

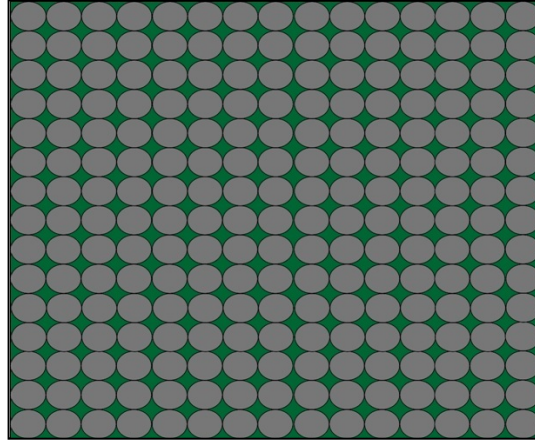
Betonu oluşturan bileşenlerden agreganın karışım oranlarının, değişik sınıftaki betonlar için belirlenmesi beton teknolojisinde oldukça önemli bir işlemdir. Değişik boyutlarda, bir araya gelmiş tanelerin en doğru ve optimum olarak beton içerisinde yerleşmelerini sağlamak temel bir hedeftir. Optimum karışım oranları sağlandığı takdirde en ekonomik, en kaliteli ve en iyi işlenebilen beton elde edilebilir. Betonda en pahalı bileşen çimentodur ve agreganın en uygun tane boyu dağılımı elde edildiğinde çimentonun kullanım miktarı minimuma indirgenebilmektedir. Çimentonun azaltılması ile betonda birim hacimdeki boşluk miktarı azalır. Çünkü çimento pastası azaldığında toplam boşluk oranı (gözeneklilik) da azalır. Eğer optimum agrega karışım miktarları saptanırsa betonun işlenebilirliği de olumlu olarak etkilenir.

3.2.3.2. Agregada En Büyük Tane Büyüklüğünün Seçilmesi

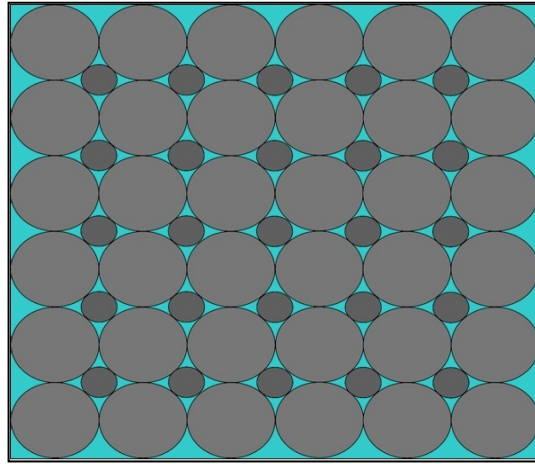
Bir beton karışım tasarımında öncelikle agreganın belirlenmesi gerekir. Agreganın projeye uygun “en büyük tane büyüklüğü” ve buna göre “kaç tane agrega sınıfı” olacağı belirlenir. Her tane sınıfının içinde farklı boyutlarda agregalar yer alır. Tane sınıfı sayısı ne kadar fazla olursa agrega karışım oranları da o derecede optimum belirlenir (Şekil 8, 9 ve 10). Teoride agrega tane dağılım eğrisinin parabolik olması önerilmektedir. Bu durumda agregalar arası boşluk oranı enaz düzeye çekilmiş olur ve en az çimento dozajı sağlanır.



Şekil 8. İri boyutlu tanelerin düzgün dağılımı



Şekil 9. Küçük boyutlu tanelerin düzgün dağılımı



Şekil 10. İri ve küçük boyutlu tanelerin birlikte düzgün dağılımı (daha az boşluklu)

Agrega en büyük tane büyüklüğü,

- En dar kesite ait kalıp genişliğinin 1/5'ini,
- Döşeme derinliğinin 1/3'ünü,
- Donatılı betonda en küçük donatı aralığının 3/4'ünü aşmayacak şekilde seçilmelidir (Çizelge 8).
- Bunların dışında beton pompa ile iletilecek ve dökülecekse betonda kullanılacak agreganın en büyük tane büyüklüğü pompa borusu iç çapının 1/3'ünü aşmamalıdır.

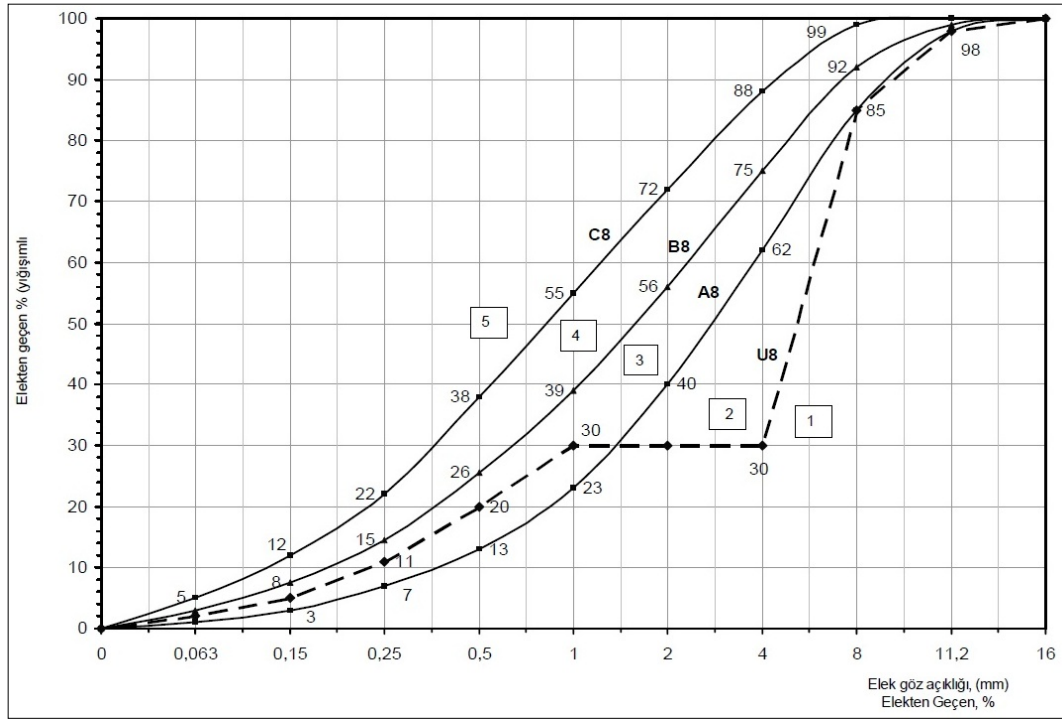
Çizelge 8. Çeşitli yapı elemanları için kullanılacak agrega en büyük tane büyüklükleri (TS 802)

Yapı elemanı kesitinin en dar boyutu cm	Agrega en büyük tane büyüklüğü (en fazla) (mm)			
	Donatılı perde, kiriş ve kolonlar	Sık donatılı döşemeler	Seyrek donatılı ve donatısız döşemeler	Donatısız perdeler
6-14	16	16	32	16
15-29	32	32	63	32
30-74	63	63	63	63

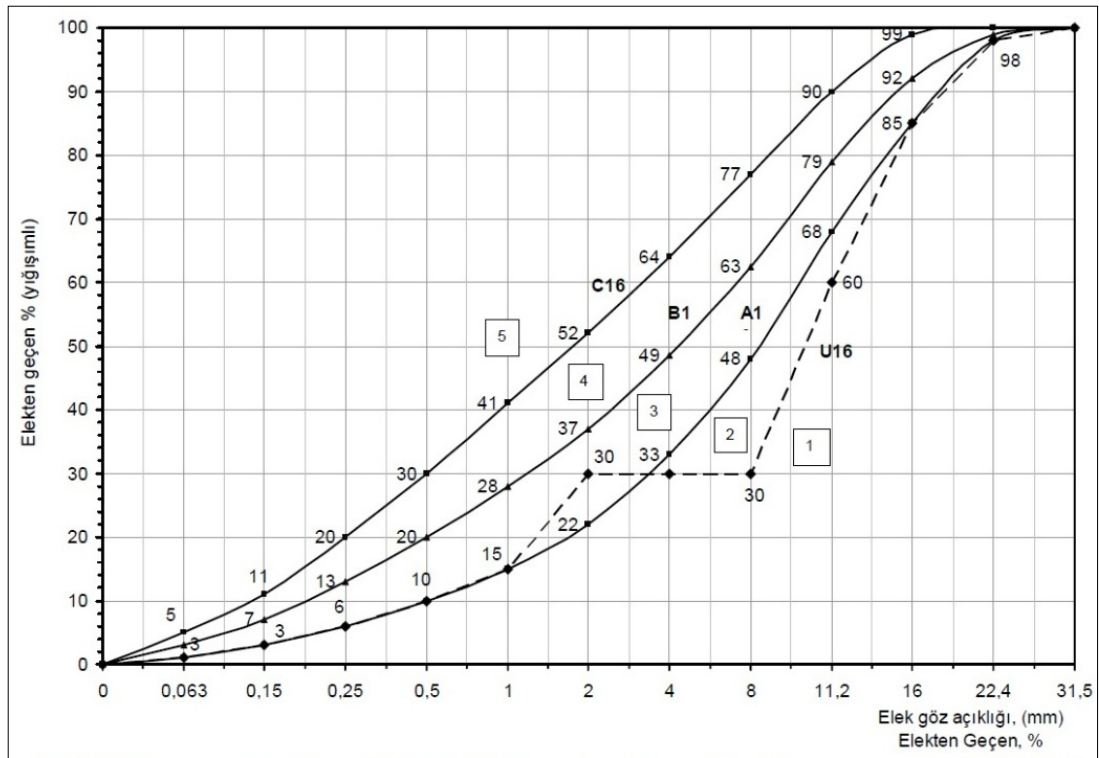
3.2.3.3 Tane Boyu Dağılımı (Granülometri) Seçimi

Agreganın tane boyu dağılımı, yassılık–uzunluk indeksi, donma/çözölmeye dayanıklılığı, aşınmaya dayanıklılığı, incelik modülü gibi özellikleri: Yapım (inşaat) yöntemi, betonun yapıda kullanım amacı, betonun maruz kalacağı çevre şartları, yüzey bitirme işlemlerinin gerektirdiği diğer özellikler dikkate alınarak seçilir (TS 802).

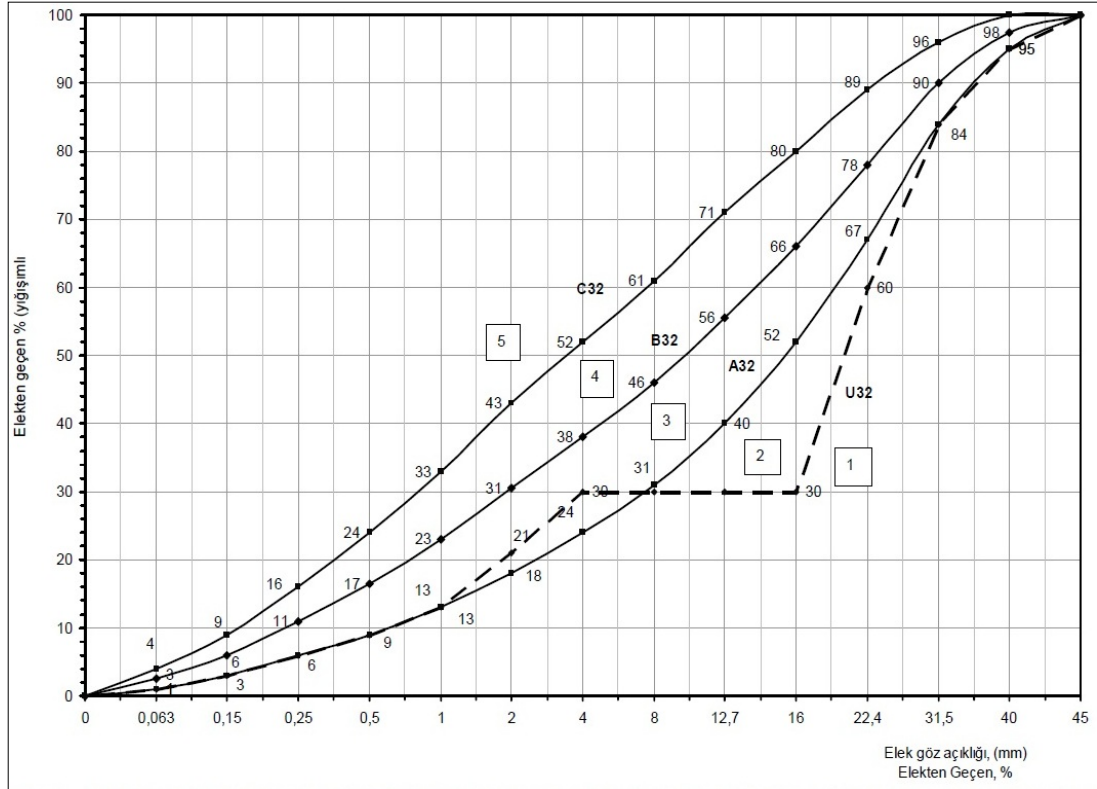
Aşağıda verilen ve en büyük tane büyüklüğü farklı agregalar için gösterilen tane dağılımları Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'de gösterilen 3 ve 4 numaralı bölgelerde bulunacak şekilde seçilir. 3 numaralı bölgeye düşen tane dağılımları, uygun bölge olduğundan, tercih edilmelir. Bunun mümkün olmaması halinde 4 numaralı kullanılabilir bölgeye düşen tane dağılımları kullanılır. Zorunlu durumlarda 2 numaralı bölgeye düşen kesikli tane dağılımları da kullanılabilir. 5 numaralı bölgeye düşen tane dağılımları kullanılmamalıdır.



Şekil 11. Agrega en büyük tane büyüklüğü 8,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (TS 802)



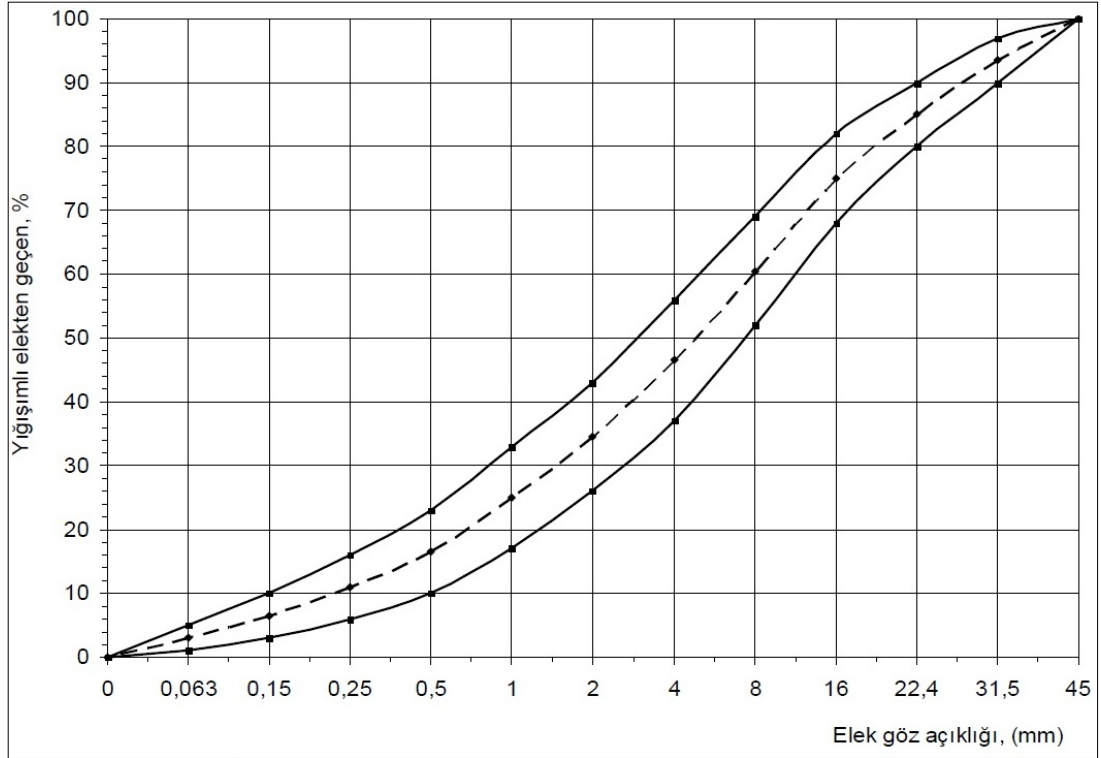
Şekil 12. Agrega en büyük tane büyüklüğü 16,0 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (TS 802)



Şekil 13. Agrega en büyük tane büyüklüğü 32,0 mm (31,5 mm) olan beton için verilen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (TS 802)

Çizelge 9. Pompa ile iletilen beton için kullanılması önerilen ve en büyük tane boyutları 31,5 mm ve 22,4 mm olan agrega karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları (TS 802)

Elek göz açıklığı, (mm)	Elekten geçen, % (yığışimli)	
	En büyük tane boyutu 31,5 mm	En büyük tane boyutu 22,4 mm
45	100	---
31,5	90 - 97	100
22,4	80 - 90	89 - 96
16	68 - 82	73 - 86
8	52 - 69	54 - 71
4	37 - 56	37 - 56
2	26 - 43	25 - 43
1	17 - 33	16 - 32
0,5	10 - 23	10 - 22
0,25	6 - 16	6 - 15
0,15	3 - 10	3 - 10
0,063	1 - 5	1 - 5
Pan	0	0



Şekil 14. En büyük agrega tane boyutu 31,5 mm olan ve pompa ile iletmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (TS 802)

3.2.3.4 Agreganın Tane Sınıflarına Ayrılması

Betonun “agrega en büyük tane büyüklüğü”ne göre sınıflandırılmasında, betonda kullanılan agrega en büyük tane sınıfının üst anma büyüklüğü ($D_{en\ büyük}$) esas alınır. Beton karışım tasarımı yapılırken en büyük agrega tane büyüklüğünün seçimi tüm beton içindeki agregayı temsil edecek kadar olmalıdır. Bazı durumlarda betondaki agrega en büyük tane büyüklüğü, TS 3530 EN 933-1'e göre yapılan agrega elek analizi sonucunda kullanılan elek serisi arasında, malzemenin kaldığı en üst elek üzerinde % 10'dan daha fazla elekte kalan varsa, bir üst elek göz açıklığı, % 10'dan daha az kaldığında ise bu elek göz açıklığı $D_{en\ büyük}$ olarak kabul edilir. Agregalar d/D gösterilişi kullanılarak agrega tane sınıfı cinsinden belirtilir. Agrega tane sınıfları TS 706 EN 12620 Madde 4.2'de verilen temel elek serisi veya temel elek serisi + seri 1 veya temel elek serisi + seri 2 sütunlarından seçilen bir elek göz açıklığı çifti kullanılarak belirtilir ve istenilen şartlar sağlanır.

- TS 706 EN 12620'ye göre, üst anma büyüklüğü $D_{en\ büyük}$ agrega büyüklüğüne bağlı olarak tanımlanan en büyük elek göz açıklığıdır.

Beton üretiminde kullanılacak agrega tüvenan değilse, beton yapımı sırasında agreganın karıştırıcıya, genellikle 3 tane, 4 tane veya 5 tane sınıfına ayrılmış şekilde koyulacağı karışım hesaplarında göz önünde bulundurulur. Bu konuda Çizelge 10'dan yararlanılır. Çizelge 10'da verilen agrega tane büyüklüğü sınıfları, uygulanması gereken sınırlı sınıflardır. Gerekli durumlarda tane sınıfı kullanıcının izniyle artırılabilir veya azaltılabilir. Bununla birlikte Çizelge 10'da verilen agrega tane büyüklüklerinden başka, diğer elek göz açıklıkları da gerekli görüldüğünde agrega tane büyüklüğü dağılımı ve sınıflandırması için kullanılabilir (TS 802).

Çizelge 10. Beton agregasının tane sınıflarına ayrılması (TS 802)

Beton sınıfı	Karışimdaki agrega en büyük tane büyüklüğü, ($D_{en\ büyük}$), (mm)																
	8			11,2			16			22,4				32 (31,5)			
	Tane sınıfı adedi																
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
C16/20 C20/25 C25/30	0/4	4/8		0/4	4/11,2		0/4	4/16		0/4	4/11,2	11,2/22,4		0/4	4/11,2	11,2/32	
	0/2	2/4	4/8	0/2	2/4		0/4	4/8	8/16	0/2	2/4	4/11,2	11,2/22,4	0/4	4/8	8/16	16/32
C30/37 C35/45 C40/50 C45/55 C50/60	0/2	2/4	4/8	0/4	4/11,2		0/4	4/8	8/16	0/4	4/11,2	11,2/22,4		0/4	4/11,2	11,2/32	
				0/2	2/4	4/11,2	0/2	2/4	4/16	0/2	2/4	4/11,2	11,2/22,4	0/2	2/4	4/11,2	11,2/32

Beton sınıfı	Karışimdaki agrega en büyük tane büyüklüğü, ($D_{en\ büyük}$), (mm)									
	45					63				
	Tane sınıfı adedi									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
C16/20 C20/25 C25/30	0/4	4/22,4	22,4/45			0/4	4/16	16/32	32/63	
	0/4	4/11,2	11,2/22,4	22,4/45		0/4	4/11,2	11,2/22,4	22,4/63	
C30/37 C35/45 C40/50 C45/55 C50/60	0/4	4/11,2	11,2/22,4	22,4/45		0/4	4/16	16/32	32/63	
	0/2	2/4	4/11,2	11,2/22,4	22,4/45	0/4	4/8	8/16	16/32	32/63

Not - Agrega tane büyüklüğü sınıfları, agreganın tane şekline ve bazı fiziksel özelliklerine bağlı olarak değiştirilebilir. Agrega en büyük tane büyüklüğü ve tane sınıfı adedi beton sınıfına uygun olarak olabilecek en büyük tane boyutu ve betonda en az çimento içeriği sağlanacak şekilde seçilmelidir.

3.2.3.5. Çevresel Etki Sınıfları

Durabilite şartlarının sağlanması için beton şartnamesine başvurulur. Belirlenen çevre şartları için bazı ölçütlerin sağlanması gerekiyorsa bunlardan da yararlanır (Çizelge 11).

Çizelge 11. Çevresel etki sınıfları (TS EN 206-1)

	Etki sınıfları																	
	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	Karbonatlaşma nedeniyle				Klorürün sebep olduğu korozyon						Donma/çözülme etkisi				Zararlı kimyasal ortam		
						Deniz suyu			Deniz suyu haricinde									
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
En büyük su/çimento oranı	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
En küçük dayanım sınıfı	C12/25	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
En az çimento içeriği(kg/m ³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
En az hava içeriği (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-	-	-
Diğer şartlar											prEN 12620 : 2000'e uygun donma/çözülme dayanıklılığına sahip agregata				Sülfatlara dayanıklı çimento ^{b)}			
<p>a Hava sürüklenmemiş betonda, beton performansı, ilgili etki sınıfı için donma/çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla mukayese edilerek uygun deney metoduna göre belirlenmelidir.</p> <p>b XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin SO₄²⁻den kaynaklanması halinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfatlara dayanıklılık bakımından çimentonun sınıflandırılması halinde orta ve yüksek dayanıklı olarak sınıflandırılan çimento X A2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa X A1 etki sınıfında) ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.</p>																		

3.2.3.6. Hedef Basınç Dayanımının Belirlenmesi

Bir beton için karışım oranları belirleme işleminde gerekli ilk bilgiler, agregaya ait fiziksel deney sonuçlarıdır. Agreganın betonda kullanılabilirliği, elde edilen sonuçlarla saptanır. TS 706 EN 12620 +A1'de yer alan deneyler, agregaların betonda kullanıma uygunluğunu gösterir.

İkinci aşama, beton sınıfının belirlenmesidir. Son dönemde TS 802'de ve TS EN 206-1'de beton sınıfları "C" olarak verilmektedir. Beton sınıfı projenin gerekliliklerine göre saptanır. Belirlenen dayanım, betonun "Karakteristik Dayanımı" ile ilgili bilgi verir. Bu aşamada beton karışım tasarımında "Hedef Dayanım" saptanır. Hedef dayanım belirlenmesi TS 802'de yer almaktadır.

C25/30 beton sınıfı için karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımı $f_{cm}=36$ MPa seçilmiştir (Çizelge 12).

Çizelge 12. Beton sınıflarına göre karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımları (f_{cm}) ile deney örneklerinin sahip olması gereken ortalama basınç dayanımları (TS 802)

Beton sınıfı	Karakteristik basınç dayanımı, f_{ck} (MPa)		Hedef basınç dayanımı, f_{cm} (Ortalama silindir/eşdeğer küp basınç dayanımı) (MPa)		
	Karakteristik silindir (150x300) (mm) basınç dayanımı, f_{ck} (MPa)	Eşdeğer küp (150x150x150) (mm) basınç dayanımı f_{ck} (MPa)	Standart sapma biliniyorsa	Standart sapma bilinmiyorsa	
				(150x300) (mm) silindir	(150x150x150) (mm) küp
C14/16	14	16	$f_{cm} = f_{ck} + 1,48\sigma$	18	20
C16/20	16	20		20	24
C18/22	18	22		22	26
C20/25	20	25		26	31
C25/30	25	30		31	36
C30/37	30	37		36	43
C35/45	35	45		43	53
C40/50	40	50		48	58
C45/55	45	55		53	63
C50/60	50	60		58	68
C55/67	55	67		63	75
C60/75	60	75		68	83
C70/85	70	85		78	93
C80/95	80	95		88	103
C90/105	90	105		98	113
C100/115	100	115	108	123	

Not 1 - f_{cm} hedef basınç dayanımı belirlenmesinde, 1,48 katsayısı % 95 güvenilirlik seviyesinde TS EN 206-1 standardından alınmıştır.

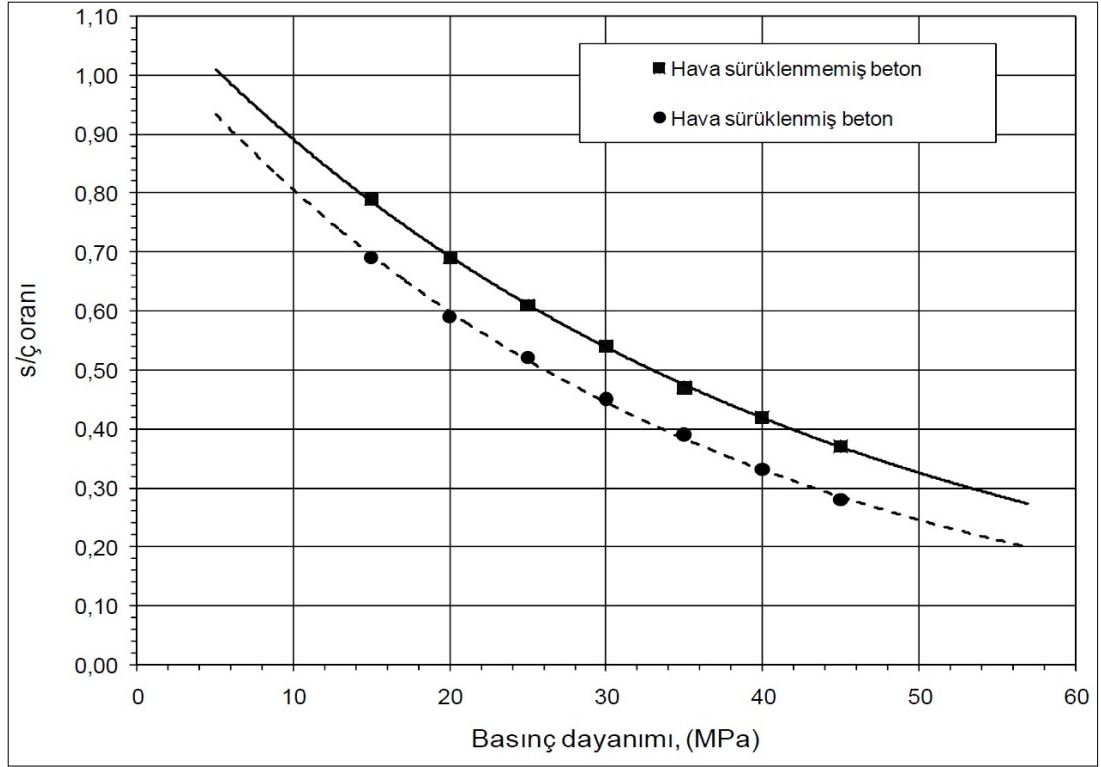
Not 2 - Arazide yerinde alınan beton numunelerin basınç dayanımı yönünden değerlendirilmesi için TS EN 206-1 standardına bakılmalıdır.

3.2.3.7. Su / Çimento Oranının (S/Ç) Seçilmesi

Su/çimento oranı (s/ç), betonun (katkılı veya katkısız) dayanım sınıfı ve etkisinde kalacağı dış etkenlerin şiddeti ile ilişkilidir. Türkiye'deki uygulamalarda, TS EN 206-1'de yer alan farklı iklim şartlarına ve çevre etkilerine maruz kalan betonlarla ilgili kısımda betonun içinde bulunacağı çevre etki sınıfı belirlenir ve bu sınıfa uygun en az çimento dozajı, en düşük karakteristik basınç dayanımı ve en büyük s/ç oranı gibi parametreler belirlenir (Şekil 15). Karışım tasarımında kullanılacak hedef basınç dayanımları, beton sınıflarına bağlı olarak Çizelge 12'de ve 28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak s/ç oranları ise Çizelge 13'de verilmiştir. Betonun döküleceği ortamın iklim ve çevre koşulları öncelikle belirlenir ve beton, dayanım sınıfından önce durabilite yönünden değerlendirilmeye alınır. Betonun dayanım sınıfı ikinci sırada düşünülür ve gerektiğinde daha yüksek beton sınıfının gerekleri sağlanır. Betonda zararlı kimyasal ortamlarla ilgili ek bilgiler, alınması gerekli önlemler ve ölçütler için TS 3440 standardına bakılır (TS 802).

Çizelge 13. 28 Günlük beton basınç dayanımlarına göre yaklaşık s/ç oranları (TS 802)

Basınç dayanımı (28 gün) (150x300) mm Silindir (MPa)	Su/çimento oranı	
	Hava sürüklenmemiş beton	Hava sürüklenmiş beton
45	0,37	-----
40	0,42	-----
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70



Şekil 15. Çizelge 13'de verilen s/ç oranı ile basınç dayanımı arasındaki yaklaşık ilişkinin grafiksel olarak değerlendirilmesi. Çizelgede yer almayan farklı s/ç oranları için bu grafikten yararlanılabilir (TS 802).

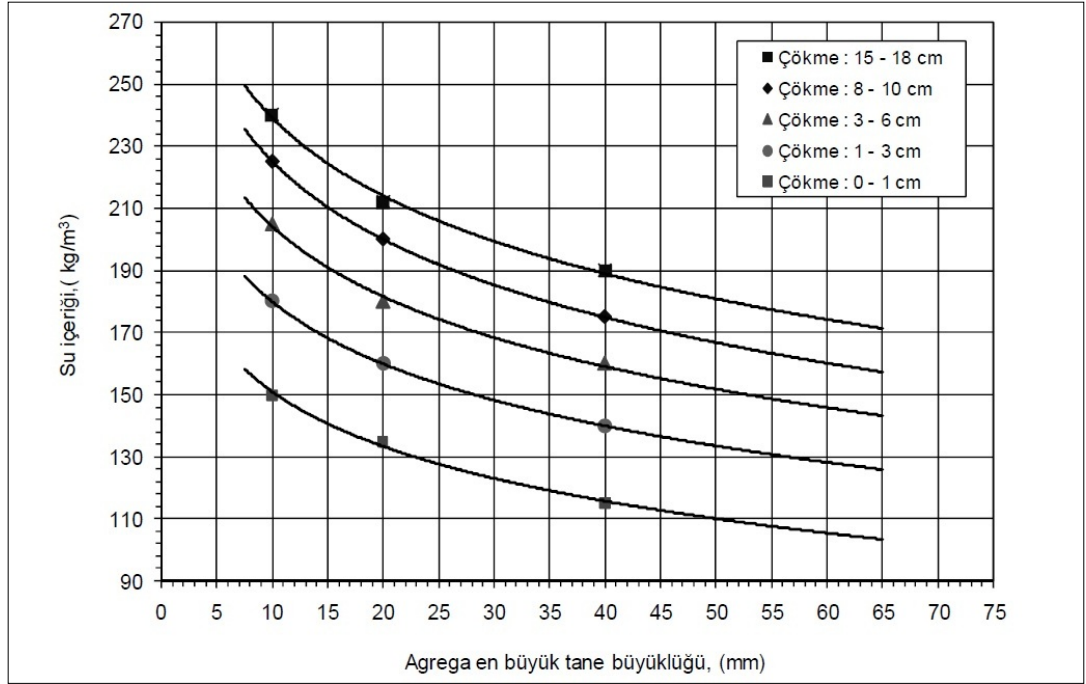
- Çizelge 13'de verilen basınç dayanımları; 28 günlük basınç dayanımı TS EN 197-1'e uygun yalnızca CEM I 42,5 Portland çimentosu kullanılarak, en büyük tane büyüklüğü 19 mm ve 25 mm arasında olan, doğal şekillenmiş agrega tane dağılımı uygun, TS EN 12390-2'ye göre kür edilmiş betonun (150x300) mm silindir dayanımlarıdır. Hava sürüklenmiş betonun hava içeriği yaklaşık % 6'dır. Eşdeğer küp örnek dayanımları bu değerlerden yaklaşık % 20 kadar daha büyük olarak kabul edilebilir. CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V çimentoları için Çizelge 13'de verilen dayanımlar uygun olmayabilir, ancak yaklaşım olarak kullanılabilir (TS 802).
- Aynı s/ç oranı için elde edilecek beton basınç dayanımları; 28 günlük basınç dayanımları CEM I 42,5'ten yüksek çimento kullanıldığında 13'de verilen değerlerden daha fazla olur. Bununla birlikte, agrega en büyük tane büyüklüğü 25 mm' den daha büyük olursa çimento dozajı azalacağından

Çizelge 13’de verilen değerlerden daha az olacaktır. Diğer tip çimentolar için Çizelge 13 ve Şekil 15’den elde edilen bilgiler geçerli değildir. Ancak, yaklaşık değer olarak kullanılabilir (TS 802).

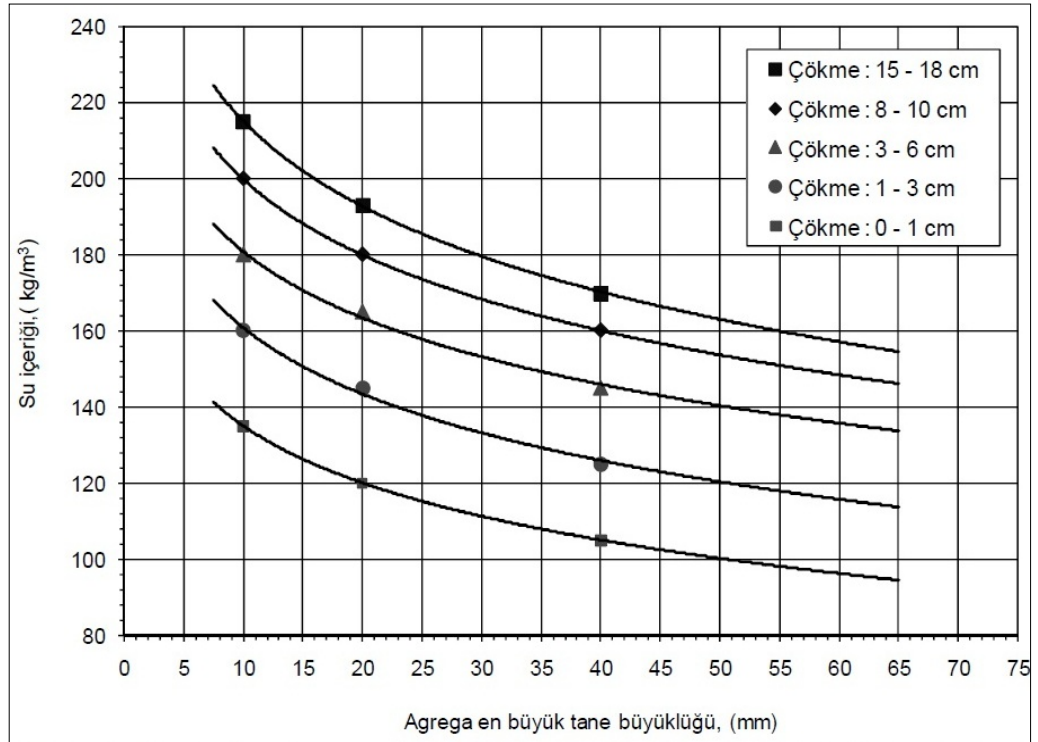
3.2.3.8. Su Miktarının (S) Seçilmesi

Beton karışımına eklenecek su miktarı, en az çimento miktarı ve en büyük su/çimento oranı bilindiği durumlarda hesaplanarak bulunmalıdır. Ancak, istenen kıvamın (TS EN 12350-2’ye göre) sağlanması amacıyla, gerektiğinde su eklenir veya azaltılır. Gerekli durumlarda da kimyasal katkılardan faydalanılır (TS 802).

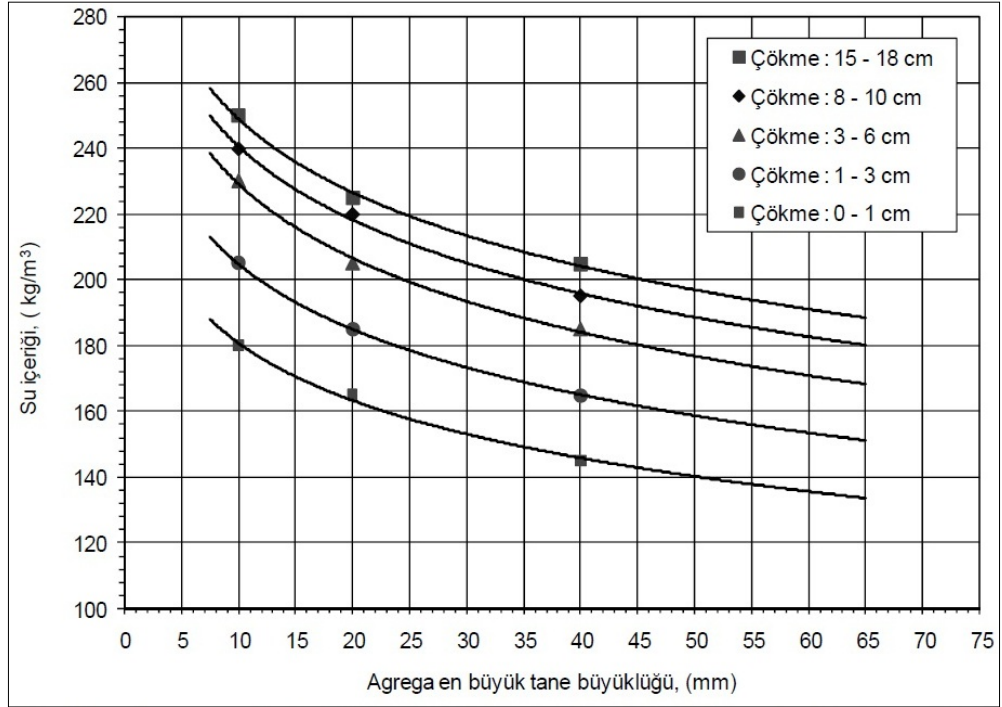
Beton üretimi için gerekli karma suyu miktarı (s), doymun agreganın yüzeysel nem suyu ve ek olarak verilecek suyun toplamıdır. Bu toplam su miktarı, çimento miktarı ile büyük ölçüde bağlantılı olmayıp betonun kıvamı, agreganın tane dağılımı, tane şekli, yüzey alanı, çok ince agreganın ve karışıma girecek havanın miktarı ile ilişkili olup taze ve sertleşmiş betonda aranan işlenebilme özelliği ve dayanıklılık özelliklerini sağlayacak en az miktar olarak seçilmelir. Betonun karışım suyu miktarı, kıvama, agrega en büyük tane büyüklüğüne ve betonun kimyasal katkı ve hava sürüklenmiş olup olmadığına göre değişir. Betonda kimyasal katkı kullanılması ve kullanılan kimyasal katkının tipi, betonda karışım suyu miktarını önemli ölçüde etkiler. Şekil 16, Şekil 17, Şekil 18 ve Şekil 19’de hava sürükleyici katkı dışında herhangi bir kimyasal katkı kullanılmadan yapılan betonların kıvama, agrega en büyük tane büyüklüğüne ve agrega tipine bağlı olarak yaklaşık karışım suyu miktarları verilmektedir. Kimyasal katkı ile beton üretildiğinde, kimyasal katkının cinsine bağlı olarak, grafiklerden bulunan karışım suyu miktarlarından belirli oranda su azaltma ile katkılı beton karışım suyu miktarına geçilebilir.



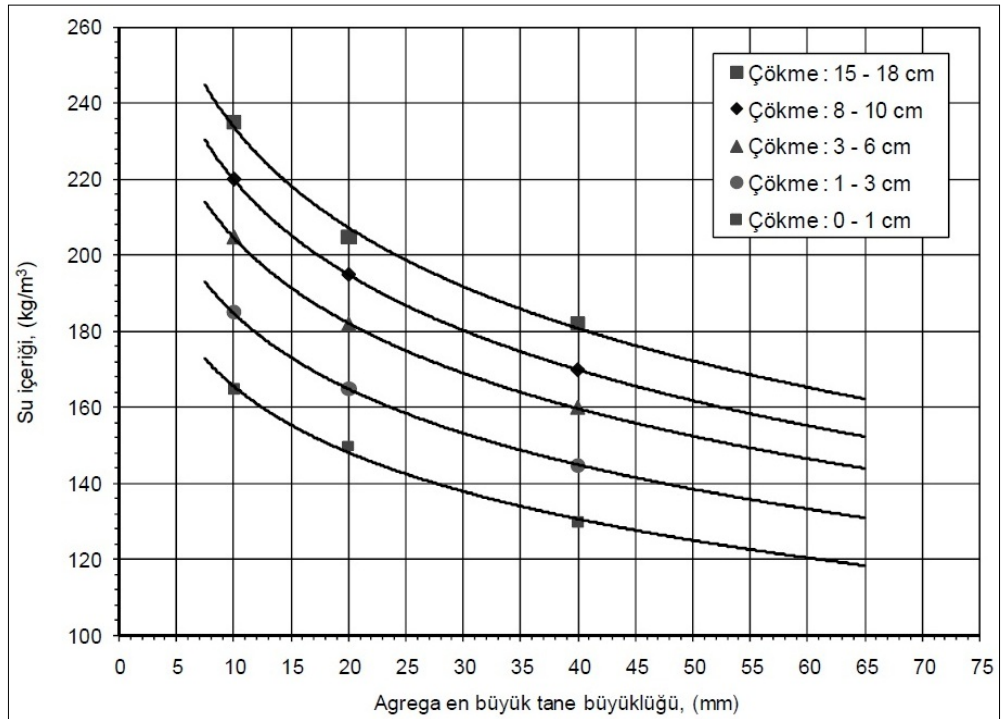
Şekil 16. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı (TS 802)



Şekil 17. Doğal şekillenmiş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı (TS 802)



Şekil 18. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı (TS 802)



Şekil 19. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme (slamp) değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı (TS 802)

- Şekil 16, Şekil 17, Şekil 18 ve Şekil 19’da her iki cins agregası (kırmataş ve doğal şekillenmiş) ve kimyasal katkısız olarak verilen karışım suyu miktarları, laboratuarda deneme karışımları için çimento dozajını hesaplama içindir. Su içerikleri agreganın normal sınırlar içerisinde kalan tane boyu dağılımı değerlerine uygundur. 37,5 mm veya 40 mm’nin üzerindeki agregası en büyük tane büyüklüğü için verilen su miktarları, betonun 37,5 mm elek göz açıklığında ıslak elemesinden sonra bulunan çökme (slamp) değerleridir.

3.2.3.9. Hava Miktarının Seçilmesi

Betonun toplam hava içeriği (TS EN 12350-7 standardına göre belirlenen), iklim şartlarına ve agregası en büyük tane büyüklüğüne uygun olarak seçilmelidir (Şekil 20). Hava sürüklenmiş betonlarda sürüklenmiş olan hava boşluklarının çimento pastası içinde homojen dağılımının sağlanıp sağlanmadığının kontrolü için sertleşmiş betonda hava boşluk özelliklerinin TS EN 480-11 standardına göre saptanması yapılar ve donma ve çözülme etkilerine karşı dayanıklı beton için gerekli ölçütler sağlanır.

- Beton tasarımında 37,5 mm veya 40 mm’nin üzerindeki agregası tane boyutları kullanıldığında, ölçülen hava içerikleri de betonun ıslak elemesinden sonra bulunan değerlerdir. Bu nedenle, beton tasarımı yapılırken 37,5 mm veya 40 mm’den daha büyük agregası tane büyüklüğüne sahip betondaki hava içeriği (A) 37,5 mm elek göz açıklığında ıslak eleme yapıldıktan sonra bulunan hava içeriği (a) arasındaki bağıntı aşağıdaki gibidir;

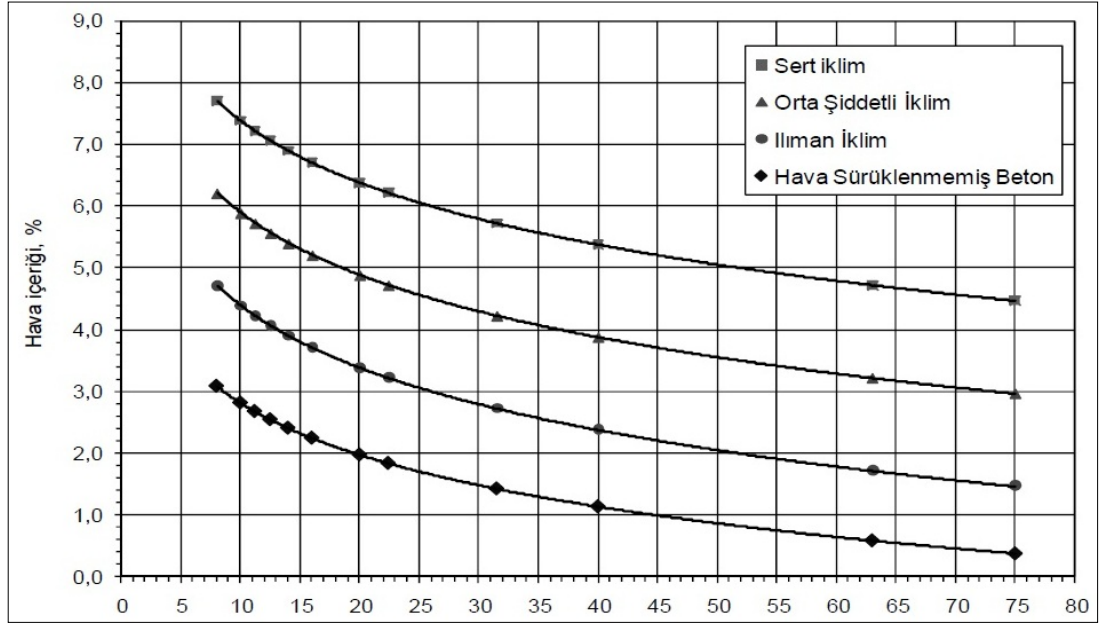
$$A = \frac{a}{1+r\left(1-\frac{a}{100}\right)} \quad (3)$$

Burada;

A 37,5 mm elekten ıslak eleme yapılmamış betonun toplam hava içeriği, %

a 37,5 mm elekten ıslak eleme yapılmış betonda ölçülen hava içeriği, %

r 37,5 mm veya 40 mm elek üzerinde kalan malzemenin hacminin, karışımdaki diğer tüm malzemelerin (agrega, çimento ve su) hacmine oranıdır.



Şekil 20. Agreganın en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak beton karışımlarında kullanılacak uygun hava içerikleri (TS 802)

3.2.3.10. Kıvamın Seçilmesi

Betonun su içeriğine ve kullanılan kimyasal katkılara bağlı olarak belirlenen kıvam sınıfları TS EN 206-1 standardına uygun olmalıdır. Kendiliğinden yerleşen beton ve çok yüksek akışkan betonlar hariç, beton kıvamı TS EN 12350-2'ye göre belirlenir ve verimli döküm ve homojen bir yapı sağlayacak en düşük değerde olmalıdır. Genelde taze beton için çökme değerleri projede betonun döküleceği inşaat tekniğine ve yapı tipine göre önceden belirlenir. Ancak, betonun yerleştirilme şartlarına göre kıvam, gerektiğinde artırılabilir veya azaltılabilir. Beton, hazır beton olarak bir işletmede pompa ile iletilerek dökülecek ve yerleştirilecekse bu durumda daha yüksek kıvam değeri pompa ile iletilen beton için Şekil 14'de verilen agrega granülometri eğrisinden yararlanılarak belirlenir (Çizelge 9). Beton teknolojisindeki ilerlemeler, betonda kimyasal katkı kullanımının oldukça yaygınlaşmış olması,

betonun pompalarla dökülmesi ve yerleştirilmesi nedeniyle aynı s/ç oranı veya daha düşük s/ç oranları ile ayrılmayan, kohezif ve aşırı terleme yapmayan beton imal etmek yoluyla çökme değerleri istenilen düzeylere getirilebilir. Kıvamın herhangi bir şekilde belirtilmediği işlerde, uygun çökme değerleri aşağıdaki Çizelge 14'den alınabilir.

Çizelge 14. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme (slamp) değerleri (TS 802)

Yapı elemanı	Çökme, mm	
	En az	En fazla
Betonarme temel duvarları ve ayaklar	30	80
Donatısız beton temeller, kesonlar ve alt yapı duvarları	30	80
Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları	50	100
Döşeme betonları	30	80
Tünel taban kaplama betonları	20	50
Baraj kütle betonu	20	50

Not - Betonun pompa ile iletilmesi ve kimyasal katkıları kullanılması durumunda en fazla çökme değerlerinin, su/çimento oranı aynı veya daha küçük olması şartıyla bir miktar daha artırılmasına izin verilmektedir. Vibrasyon tekniği dışında yerleştirilen betonlar için ise en fazla çökme değerlerinin 30 mm daha artırılmasına izin verilebilir.

3.2.3.11. Beton Karışım Hesabının Yapılması

1 m³ sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Şekil 21). Betonda kimyasal katkı kullanıldığında, katkının en az yarısının su olduğu kabulü dikkate alınır. Bu nedenle katkı miktarının yarısı kadar bir su miktarının toplam karışım suyundan çıkarılması gerekir. Beton karışım oranlarının belirlenmesi, "hacim" esasına göre yapılır (TS 802).

$$\frac{\varphi}{\rho_{\varphi}} + \frac{p}{\rho_p} + \frac{k}{\rho_k} + W + \frac{W_a}{\rho_a} + 10 \times A = 1000 \text{ dm}^3$$

Burada;

φ : Karışıma girecek çimentonun kütlesi (kg) ,
 p : Karışımda çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzolan) miktarı (kg) ,
 k : Karışımda kullanılacak kimyasal katkı miktarı (kg) ,
 ρ_{φ} : Çimentonun yoğunluğu (kg/dm³) ,
 ρ_p : Mineral katkı (puzolan) malzemenin yoğunluğu (kg/dm³) ,
 ρ_k : Kimyasal katkının yoğunluğu (kg/dm³) ,
 W_a : Karışıma girecek suyun hacmi (dm³) ,
 W_a : Karışıma girecek agreganın miktarı (kg) ,
 ρ_a : Agreganın ortalama özgül kütlesi (g/cm³) veya (kg/dm³) ,
 A : Betondaki toplam hava miktarı (%)

dir.

Şekil 21. Hesaplama bağıntısı (TS 802)

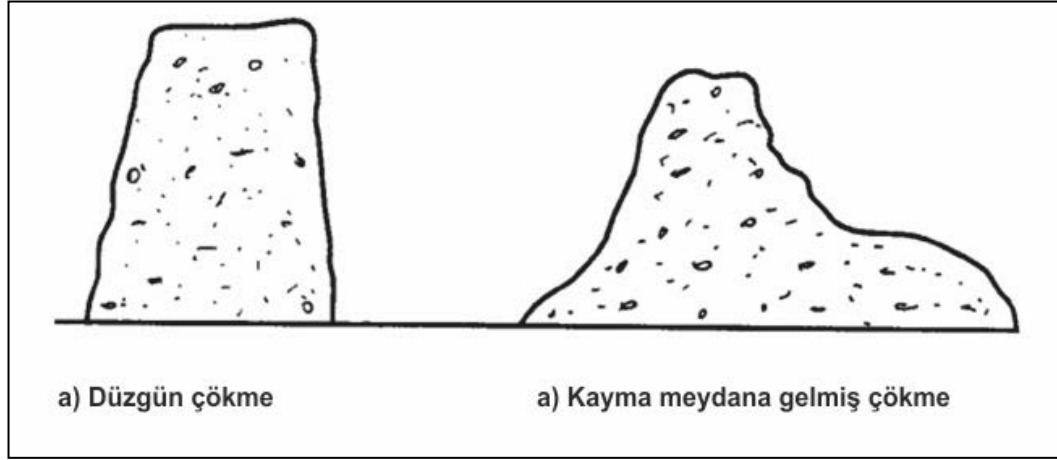
3.2.4. Çökme (Slamp) Deneyi

Deney TS EN 12350-2 standardına göre yapılmıştır. Bu standart, taze beton kıvamının, çökme (slamp) deneyi ile belirlenmesi Yöntemini kapsar. Çökme deneyi, 10 mm ile 210 mm arasında çökme değerine sahip betonların kıvamındaki değişimlere duyarlıdır. Bu sınırlar dışında, çökme değerinin ölçülmesi yoluyla kıvam belirleme uygun değildir ve bu durumda diğer kıvam belirleme deneyleri kullanılır. Deney sırasında, taze betondaki çökmenin, kalıbın (çökme hunisinin) çekilmesinden sonraki bir dakikalık süreden sonra da devam etmesi, çökme deneyinin bu betonun kıvamını saptamak için uygun olmadığını gösterir (Şekil 22). Agreganın en büyük tane büyüklüğü 40 mm'den daha fazla olan betonlarda çökme deneyi uygun değildir (TS EN 12350-2).

Araç ve yöntemler:

- Taze beton, kesik huni şekilli kalıp içerisine sıkıştırılarak doldurulur,
- Kalıbın yukarı doğru çekilerek alınmasından sonra, taze beton kütlesindeki çökme mesafesi, betonun kıvam ölçüsü olarak kullanılır (Şekil 23 ve 34).

- Kalıp, deney örneği oluşturmak üzere, çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen ve 1,5 mm veya daha kalın metalden yapılmış olan,
- Kalıp iç yüzeyinde perçin başlığı benzeri çıkıntı olmamalı, iç yüzey düzgün olmalı ve yüzeyde oyuk, çentik bulunmamalıdır,
- Kalıp aşağıda verilen iç ölçülere sahip, içi boş, kesik huni şeklinde olmalıdır:
Taban çapı: (200 ± 2) mm,
Üst yüz çapı: (100 ± 2) mm,
Yükseklik: (300 ± 2) mm.
- Sıkıştırma (şişleme) çubuğu; (600 ± 5) mm uzunlukta ve (16 ± 1) mm çapında, ucu yuvarlatılmış, daire kesitli düz çelikten yapılmış olan,
- Huni doldurma başlığı (tercihe bağlı); su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen metalden yapılmış, yukarıda tarif edilen kalıp üzerine yerleştirilebilmesi için geçme bileziği olan,
- Cetvel; 5 mm'den daha büyük olmayan aralıklarla, 0 mm'den 300 mm'ye kadar bölümlenmiş olan. Sıfır çizgisi cetvelin en ucunda bulunmalıdır.
- Taban plakası/yüzeyi; kalıbın üzerine yerleştirileceği, su emmeyen, esnemeyen düz plaka veya diğer yüzey,
- Tekrar karıştırma kabı; su emmeyen ve çimento hamurundan kısa sürede olumsuz etkilenmeyen özellikteki malzemeden yapılmış, rijit yapılı, düz tepsi,
- Tepsi ölçüleri, kare ağızlı kürek kullanılarak, betonun tamamıyla tekrar karıştırılmasına uygun olmalıdır.
- Kürek; kare ağızlı olan,
- Nemli bez,
- Kepçe, yaklaşık 100 mm genişlikte olan,
- Kronometre veya saat, süreyi 1 saniye doğrulukla ölçebilen,
- Beton deney örneği, TS EN 12350-1'e uygun olarak alınmalıdır.

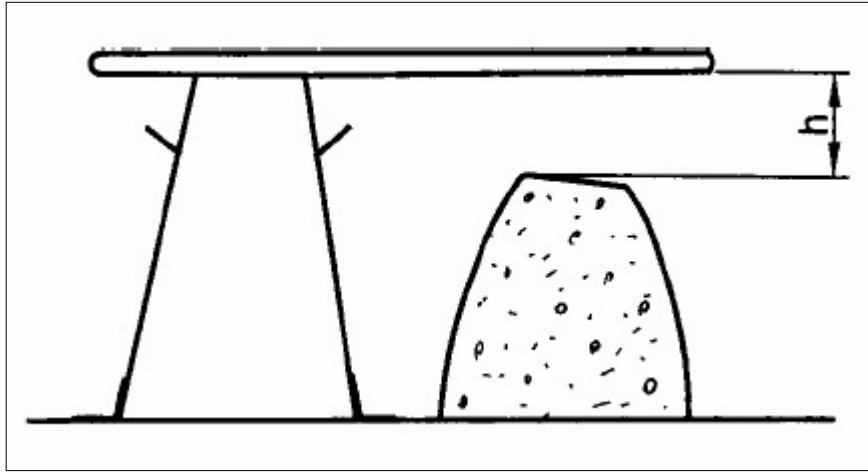


Şekil 22. Çökme Şekilleri

Deneyin Yapılışı:

- Kalıbın iç yüzeyi ile taban plakası, yüzeyde serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir,
- Kalıp, yatay konumdaki taban plakası/yüzeyi üzerine yerleştirilir.
- Kalıp, betonun doldurulması esnasında, tabana kelepçelenerek veya iki ayak basma parçasına basılarak taban plakası/yüzeyine sıkıca tespit edilir.
- Taze beton, kalıba eşit kalınlıkta üç tabaka halinde ve her tabakanın sıkıştırılmış durumdaki kalınlığı, kalıp yüksekliğinin yaklaşık olarak 1/3'ü olacak şekilde doldurulur.
- Doldurma esnasında her tabaka, sıkıştırma çubuğu ile 25 defa şişlenerek sıkıştırılır.
- Sıkıştırma çubuğu darbeleri, her tabakanın yüzey alanına düzgün dağılmalıdır.
- Sıkıştırma işleminin tamamlanmasından sonra, kalıp üst seviyesinden taşan fazla beton, sıkıştırma çubuğuna kesme ve yuvarlama hareketleri (master hareketi benzeri) yaptırılarak sıyrılıp alınmalı ve yüzey tesviye edilmelidir.
- Taban plakası/yüzeyine dökülen beton temizlenir.
- Kalıp, el tutamaklarından tutularak, düşey şekilde yukarıya doğru çekilerek alınır.

- Kalıbın çekilme işlemi 2 saniye ve 5 saniye arasındaki sürede tamamlanmalı, kalıp sabit hızda çekilmeli, bu esnada beton kütesine yanal hareket veya burulma hareketi yaptırılmamalıdır.
- Tüm deney işlemi, betonun kalıba doldurulmaya başlanılmasından, kalıbın çekilerek alınmasına kadar herhangi bir kesinti olmaksızın 150 saniyede tamamlanmalıdır.



Şekil 23. Çökmenin Ölçülmesi

3.2.5. Basınç Dayanımı

Deneyler TS EN 12390-3 standardına göre yapılmıştır. Örnekler kırılma yüküne kadar TS EN 12390-4 standardına uyumlu basınç test cihazında yükleme yapılır. Örnek tarafından tolere edilen maksimum yük kaydedilir ve betonun basınç dayanımı hesaplanır.

Sertleşmiş betonda en çok yapılan deneylerden biri de betonun basınç dayanımı deneyidir. Bunun nedeni için birkaç faktör vardır;

- Betonun birçok diğer önemli özelliği hakkında genel bilgi sağlamaktadır,
- Beton yapılar daha çok basınca karşı çalışmakta ve bu mühendislik özelliği merak edilmektedir ve eğilme dayanımı da düşüktür zaten,

- Yapıların tasarım kodları genellikle betonun basınç dayanımına göre yapılmaktadır,
- Bu deney diğer deneylere göre daha kolay ve daha az masraflıdır.

Beton dayanımı bir araştırmada kullanmak, inşaat sırasında betonun yerindeki dayanımı öğrenmek, güvenli kalıp alma ve yapının devamı için tahmin edilmek istendiğinde, beton karışım oranlarının uygunluğunu saptamak amacıyla ve kalite kontrolün sağlanması amacıyla bulunur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Elek Analizi Sonuçları

Elek analizi deneyleri TS 3530 EN 933-1 standardına uygun olarak agrega işletmesinin kendi laboratuvarında yapılmıştır (Şekil 24). İşletmede 0-4 mm, 4-11,2 mm, 11,2-22,4 mm boyutunda agrega üretimi yapılmaktadır. Deney sonuçları malzeme boyutlarına göre ifade edilmiştir (Şekil 25). Yapılan elek analizleri sonucunda agregalar Çizelge 2'ye göre; çok ince malzeme içeriği ise Çizelge 5'e göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 15).



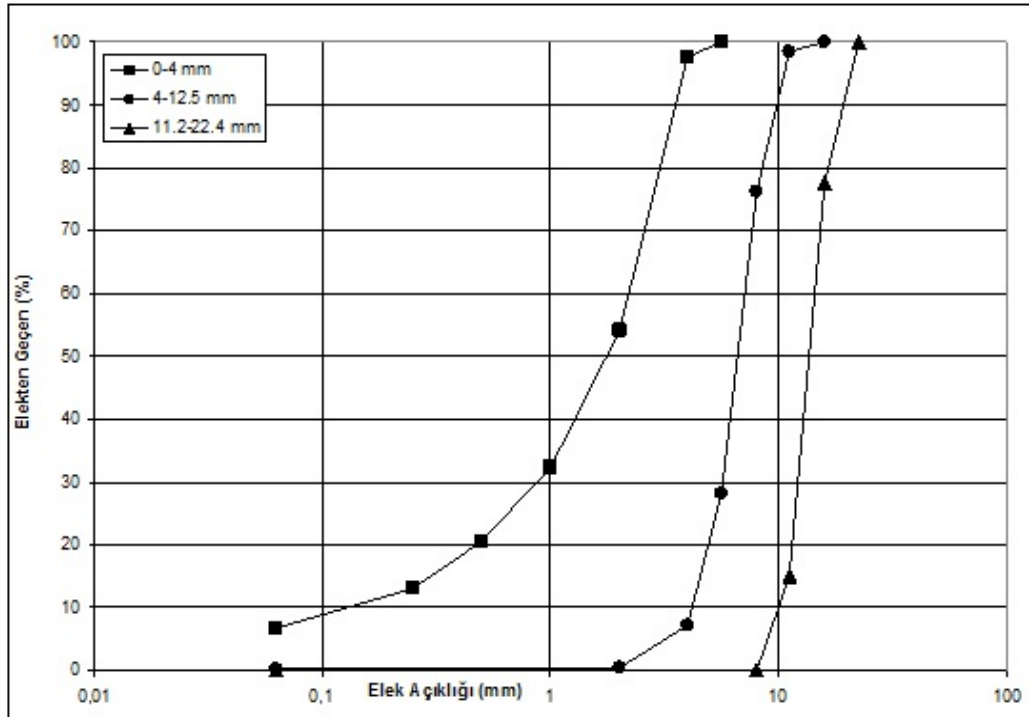
Şekil 24. Elek analizi

Kırmataş ocağında, 0-4 mm ince agrega **G_F85**, 4-11.2 mm iri agrega **G_C85/20** ve 11.2-22.4 mm iri agrega **G_C85/20** olarak sınıflandırılmıştır. Çok ince

malzeme içeriği ise, ince agreganın f_{10} , iri agregaların ise $f_{1,5}$ sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 15. Elek analizi deney sonuçları

ELEK ANALİZİ DENEY SONUÇLARI									
Elek Boyutu	0–4 mm İnce agrega KKA:3333 g			4–11.2 mm iri agrega KKA:3851 g			11.2–22.4 mm iri agrega KKA:4173 g		
	Küm. Kalan (g)	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan (g)	% Kalan	% Geçen	Küm. Kalan (g)	% Kalan	% Geçen
22,4mm	0	0	100	0	0	100	0	0	100
16,00mm	0	0	100	0	0	100	936	22.4	77.6
11,20mm	0	0	100	61	1.6	98.4	3542	84.9	15.1
8mm	0	0	100	913	23.7	76.3	4169	99.9	0.1
5,6mm	0	0	100	2765	71.8	28.2			
4mm	77	2.3	97.7	3575	92.8	7.2			
2mm	1530	45.9	54.1	3837	99.6	0.4			
1mm	2253	67.6	32.4						
0,500mm	2648	79.4	20.6						
0,250mm	2892	86.8	13.2						
0,063mm	3106	93.2	6.8	3840	99.7	0.3	4170	99.9	0.1
İnce malzeme içeriği %			6.8	0.3			0.1		



Şekil 25. Tane boyu dağılım eğrileri

Agregaların elek analizi sonucuna göre Çizelge 2’de belirtilen % geçen sınırları içinde kalmış ve isimlendirmeleri yapılmıştır.

İşletme kırma-eleme sistemiyle çalışmaktadır. Diğer bir sistem olan yıkama-eleme sistemiyle arasındaki en önemli fark, kaya parçalarını birinin kuru sistem; diğerinin sulu sistem agregaya çevirmesidir. Sulu sistemde malzeme temizlenirken kaya parçalarının çok ince malzeme içeriği (ince agrega içerisindeki 0.063 mm elekten % geçen malzeme miktarı) yıkama ile atılır. Sulu sistemden çıkan agreganın çok ince malzeme içeriğinin kuru sistemden çıkan agregalara göre çok daha az olduğu saptanmıştır (Güneyli, 2010).

Beton içerisinde 0.063 mm elekten geçen malzeme, eğer mineralojik olarak kil değil; kaya parçalarının kırılmış tozu (taşunu) ise, bu beton için olumlu bir etkidir. Çünkü bu boyut agrega tozu beton içerisindeki boşlukları doldurarak basınca karşı dayanıklılık sağlayacaktır (Uluöz ve diğ., 2004).

4.2 Yassılık İndeksi Sonuçları

TS 3530 EN 933–3 standardına uygun olarak yassılık indeksi (FI) deneyleri agrega ocağının kendi içinde bulunan laboratuarda yapılmıştır. Deneyler 4–11.2 mm ve 11.2–22.4 mm boyutlarındaki iri agregalara uygulanmıştır (Şekil 26 ve 27).

Yassılık indeksi deneyi sonuçları Çizelge 16 'da verilmiştir.

Çizelge 16. Yassılık indeksi deneyi sonuçları

Agrega Boyutu (mm)	Yassılık İndeksi (%)	Yassılık İndeksi Sınıfı
4–11.2 mm	19.73 (Uygun)	FI₂₀
11.2–22.4 mm	17.82 (Uygun)	FI₂₀



Şekil 26. Boyutları 11,2-22,4 mm ve 4-11,2 mm olan yassı agregalar



Şekil 27.a. Yassı agregalar



Şekil 27.b. Yassı agregalar

4.3. Beton Karışımı

Adana Bölgesi Karaisalı İlçesinde üretilen Karaisalı Formasyonu kireçtaşlarından elde edilen; 0-4 mm boyutlu kırma kum, 4 mm-11,2 mm ve 11,2 mm-22,4 mm boyutlarındaki kırma çakıl agregalar ile TS 802 standardı kullanılarak C25/30 beton sınıfına göre karışım hesapları yapılmış ve buna göre beton örnekleri, beton mikseri kullanılarak üretilmiştir (Şekil 28 ve 29). Karışımında TS 802 standardında; Şekil 12'deki B1 agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisi kullanılmıştır.

Aynı mineralojik bileşimde, fakat farklı agrega geometrisine sahip yassı ve kübik agregalar kullanılarak % 0, % 25, % 50 ve % 100 oranlarında yassı agrega içeren beton örnekleri 6 beton karışım serisi halinde üretilmiştir. Üretilen beton örneklerinin sıcaklık değeri 27,8°C olarak ölçülmüştür (Şekil 31).

Beton karışım serileri, Seri 1-2: % 0 yassı (%100 kübik), Seri 3: % 25 yassı (75% kübik), Seri 4: % 50 yassı (%50 kübik) ve Seri 5-6: % 100 yassı tanelerden

oluşacak şekilde üretilmiştir. Her bir örnek serisinde 6 adet 15x15x15cm boyutlarında küp numune hazırlanmıştır (Şekil 32).

Üretilen beton örneklerinde CEM I 42,5 R Portland çimentosu ve naftalin esaslı süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır. Üretilen örneklerin karışım oranları Çizelge 17 'de verilmiştir.

Çizelge 17. 1 m³ beton için karışım miktarları

Hammaddeler	Kullanım Miktarı (kg)
Su	150
Çimento	300
0-4 mm kırma kum	1033,8
4-11,2 mm kırma çakıl	232,8
11,2-22,4 mm kırma çakıl	619
Kimyasal katkı	3,6
Su/Çimento oranı: 0,50	
Hava miktarı: % 1,5	
Kimyasal katkı kullanım miktarı: % 1,2	

Çizelge 17 'deki miktarlar 1 m³ beton için karışım miktarlarıdır. Her bir seri örnek için 25 dm³ beton kullanılmıştır.



Şekil 28. Beton üretiminde kullanılan mikser



Ŗekil 29. Beton üretimi



Şekil 30. Topaklanmış yassı taneler



Şekil 31. Üretilen beton örneklerinin sıcaklık değeri



Şekil 32. Örnek kalıpları

Örnekler 24 saat konuldukları küp kalıplarda bekletilmiştir. Kalıplardan çıkarılan örnekler kırım tarihlerine kadar bekletilmek üzere $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'deki kür havuzuna bırakılmıştır (Şekil 33).



Şekil 33. Kür havuzu

4.4. Çökme (Slamp) Deneyi Sonuçları

TS EN 12350-2 standardına göre yapılan slamp deneyinin (Şekil 34) sonuçları Çizelge 18 'de verilmiştir (Şekil 36).

Çizelge 18. Çökme (Slamp) Deneyi Sonuçları

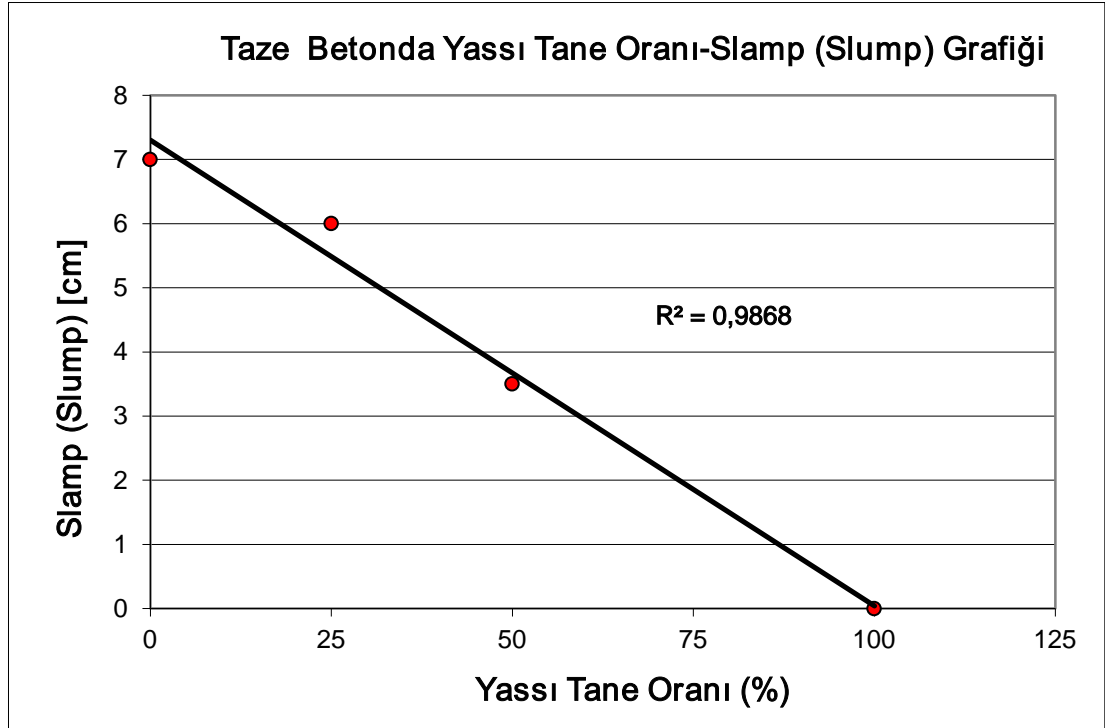
Karışım	Seri 1 (% 0 Yassı)	Seri 2 (% 0 Yassı)	Seri 3 (% 25 Yassı)
Slamp (cm)	7	7	6
Karışım	Seri 4 (% 50 Yassı)	Seri 5 (% 100 Yassı)	Seri 6 (% 100 Yassı)
Slamp (cm)	3,5	0	0



Ŗekil 34. Slamp ÖLçümü



Şekil 35. Seri 1 ve seri 5 karışımları slump ölçümleri



Şekil 36. Taze betonda yassı tane oranı-slump (slump) grafiği

4.5. Basınç Dayanımı Sonuçları

C25/30 beton sınıfına göre üretilen karışım serilerinden 2 'şer örnek 7 günlük, 3'er örnek 28 günlük ve son olarak 1'er örnek de 60 günlük basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.

Örnekler doymun yüzey kuru (DYK) haline gelinceye kadar oda sıcaklığında kurumaya bırakıldıktan sonra basınç test cihazına yerleştirilmiştir (Şekil 37 ve 38).

TS EN 12390-3 standardına göre yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Çizelge 19 'da toplu olarak verilmiştir. Kırılan beton örneklerinin kırılma özellikleri Şekil 39 ve 40'da görülmektedir. Basınç dayanımı deneyinden elde edilen sonuçlar ile yassı tane oranları arasındaki ilişkilerin 7, 28 ve 60 günlük kür sürelerine göre değerlendirmeleri grafik olarak Şekil 41, 42 ve 43'de ve toplu halde Şekil 44'de verilmiştir.



Şekil 37. TS EN 12390-4 standardına uyumlu basınç test cihazı

Çizelge 19. Basınç Dayanımı Sonuçları

Karışım	7 Günlük Basınç Dayanımı				28 Günlük Basınç Dayanımı				60 Günlük Basınç Dayanımı		
	Kütle (g)	Pres okuma (kgf)	Mpa	Ortalama	Kütle (g)	Pres okuma (kgf)	Mpa	Ortalama	Kütle (g)	Pres okuma (kgf)	Mpa
Seri 1 (% 0 Yassı)	8320	75300	32.8	33.6	8290	94000	40.9	40.2	8298	107750	46.9
	8220	79150	34.5		8310	90700	39.5				
					8255	92200	40.2				
Seri 2 (% 0 Yassı)	8287	72700	31.7	32.5	8292	91000	39.6	40.2	8178	102900	44.8
	8240	76500	33.3		8255	92100	40.1				
					8305	94050	41.0				
Seri 3 (% 25 Yassı)	8216	79750	34.7		8226	92200	40.2	39.8	8205	101250	44.1
	8245	74500	32.4		8242	94800	41.3				
					8210	87200	38.0				
Seri 4 (% 50 Yassı)	8208	81600	35.5	34.5	8175	92000	40.1	39.9	8187	98900	43.1
	8295	76700	33.4		8183	91650	39.9				
					8218	91250	39.7				
Seri 5 (% 100 Yassı)	8215	65250	28.4	29.5	8280	89700	39.1	37.4	8285	98700	43.0
	8200	70183	30.6		8290	83100	36.2				
					8222	85050	37.0				
Seri 6 (% 100 Yassı)	8261	73950	32.2	31.2	8193	82700	36.0	37.4	8215	95600	41.6
	8160	69495	30.3		8264	89500	39.0				
					8213	85100	37.1				



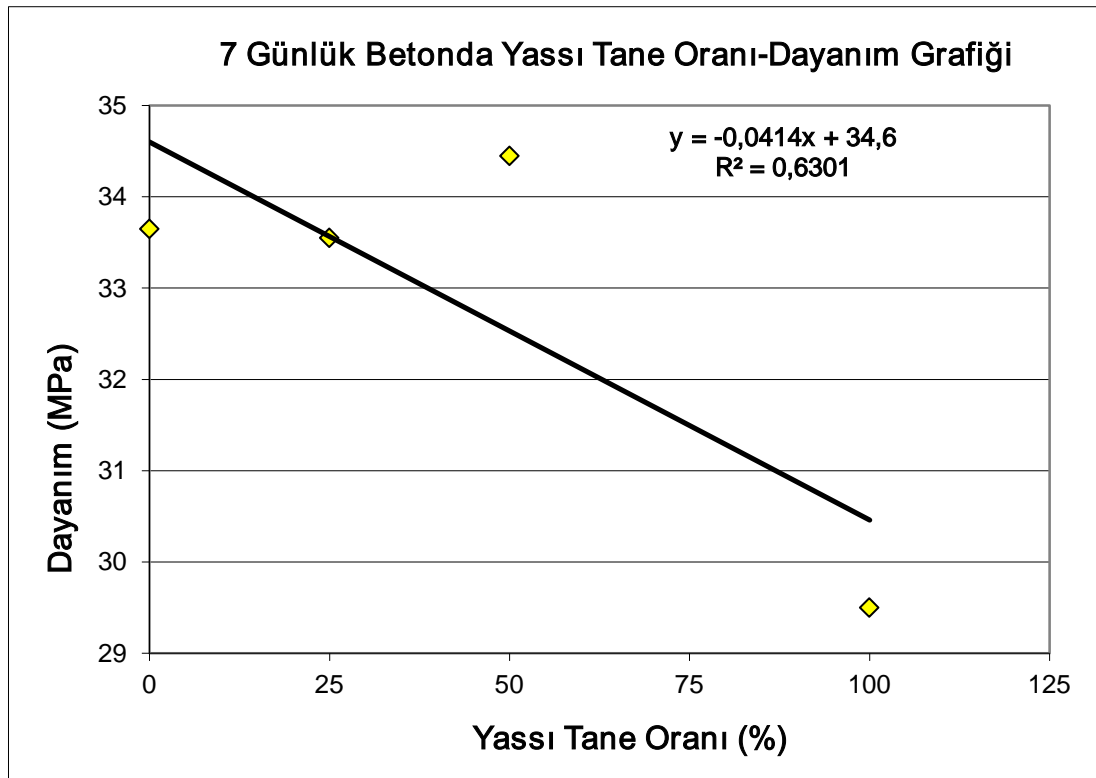
Şekil 38. Kırılmamış (kür havuzundan çıkarılmış) beton örnekleri



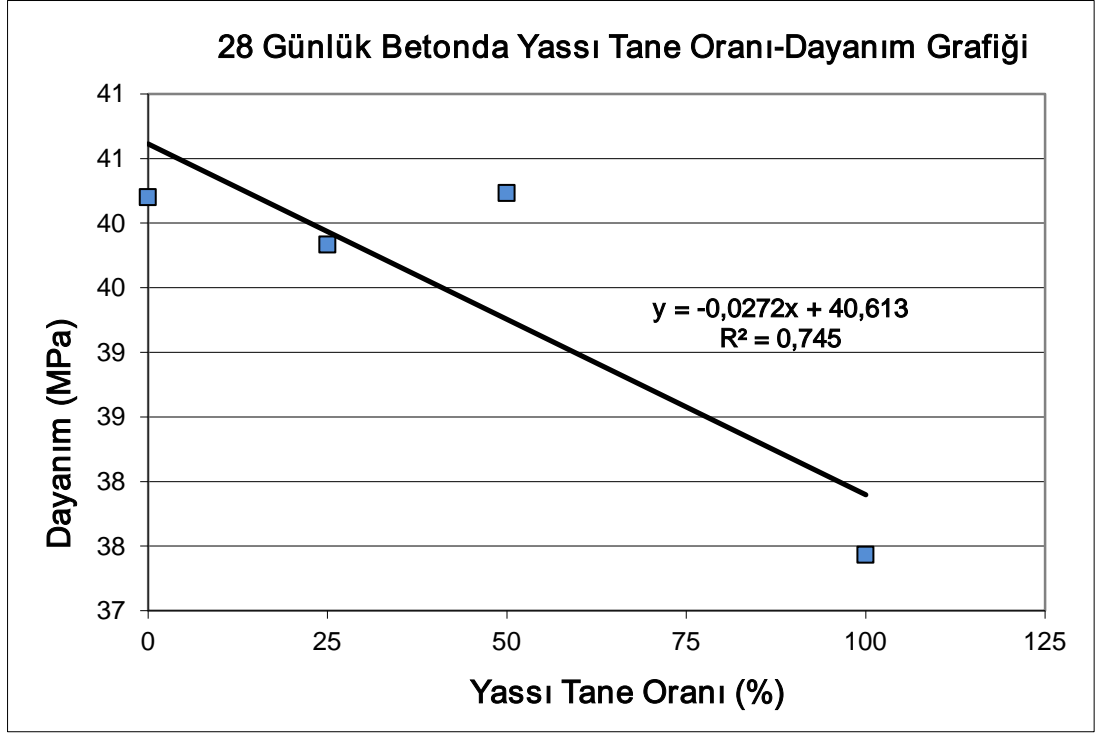
Şekil 39. Seri 3 (%25 yassı) ve Seri 4 (%50 yassı) örneklerinin beton presinde kırılmış durumları



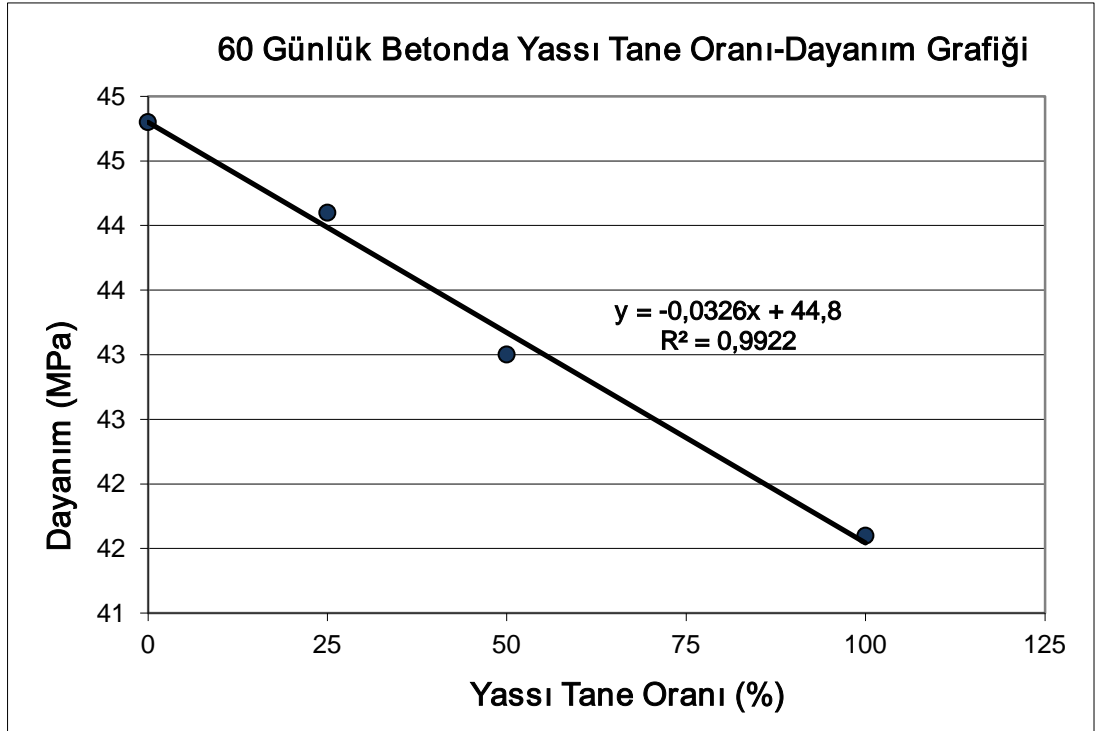
Şekil 40. Seri 5 (%100 yassı) ve Seri 1 (% 0 yassı) örneklerinin beton presinde kırılmış durumları



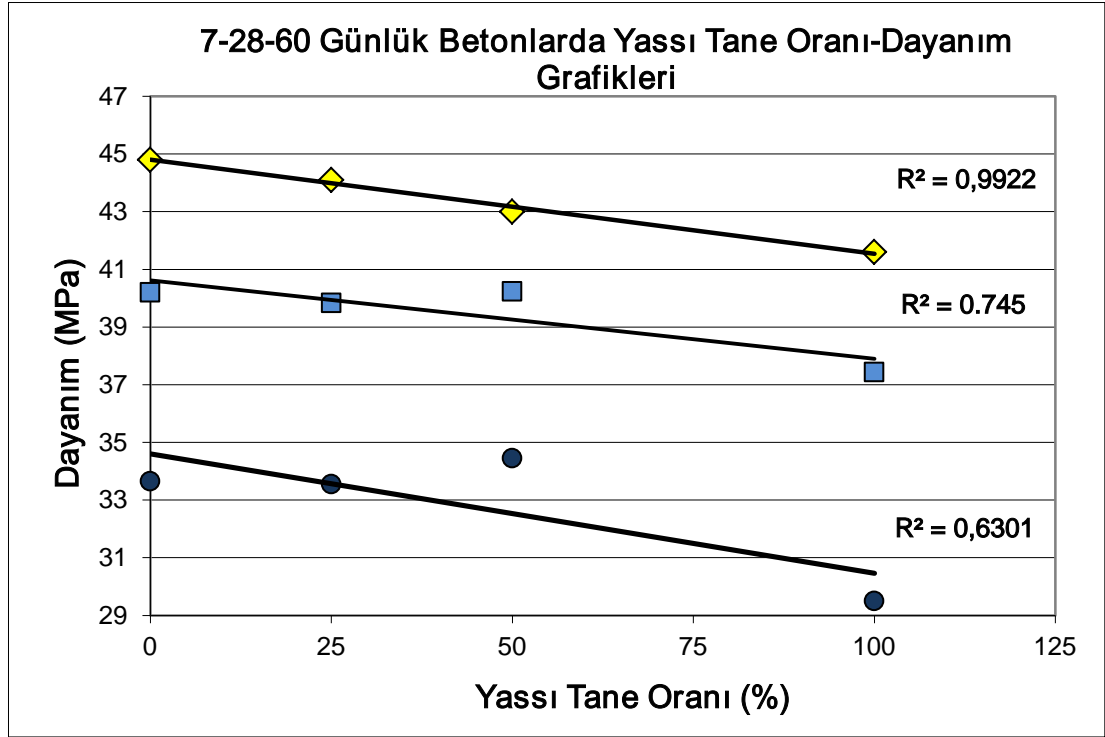
Şekil 41. 7 günlük betonda yassı tane oranı-dayanım grafiği



Şekil 42. 28 günlük betonda yassı tane oranı-dayanım grafiği



Şekil 43. 60 günlük betonda yassı tane oranı-dayanım grafiği



Şekil 44. 7-28-60 günlük betonlarda yassı tane oranı-dayanım grafikleri

Çizelge 20. Yassı tane oranı ve basınç dayanımı eğrilerinin formülleri ve regresyon güvenlik sayıları

Kür Süresi	Formülasyon	Güvenlik Sayısı
7 Gün	$f=34.6-0.0414FI$	$R=0.630$
28 Gün	$f=40.613-0.0272FI$	$R=0.745$
60 Gün	$f=40.8-0.0326FI$	$R=0.992$

(f: beton dayanımı [MPa], FI: yassı tane miktarı [%])

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışma kapsamında, Adana Bölgesinde bulunan Karaisalı Kaksan Kireç işletmesinde üretilen Karaisalı formasyonuna ait kırma kireçtaşı agregası kullanılmıştır. İşletmede 0–4 mm, 4–11,2 mm ve 11,2–22,4 mm boyutunda agrega üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde son dönemde yürürlükte olan TS 706 EN 12620 +A1 Beton Agregaları Standardına göre, işletmede üretilen agrega betonda kullanılabilir özelliktedir.

Çalışmada kullanılan malzeme için TS 706 EN 12620 +A1 standardına göre yapılan elek analizi deneyi sonuçları; 0–4 mm ince agrega **G_F85**, 4–11.2 mm iri agrega **G_C85/20** ve 11.2–22.4 mm iri agrega **G_C85/20** olarak sınıflandırılmıştır. Çok ince malzeme içeriği incelendiğinde, ince agreganın **f₁₀**, iri agregaların ise **f_{1,5}** sınıfında olduğu saptanmıştır. Elde edilen değerler bu kırmataş agregasının söz konusu beton standardına uygun olduğunu göstermektedir.

TS 706 EN 12620 +A1 standardına göre yapılan yassılık indeksi deneyi sonuçlarına göre, 4–11,2 mm agregada % 19,73 ve 11,2–22,4 mm agregada % 17,82 yassılık ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, malzeme **FI_{≤20%}** için **FI₂₀** sınıfına girmekte olup betonda kullanılabilir özelliktedir.

Beton karışımı içerisindeki “**yassı agrega oranı**”nın değişimiyle **işlenebilirlik** (slamp) arasındaki ilişki ilk kez sistematik deneylerle bu çalışmada irdelenmiş ve aradaki ilişki matematiksel olarak ifade edilmiştir. TS EN 12350-2 standardına göre yapılan slump deneylerinin Çizelge 18'de de görülen sonuçlarına göre, % 100 kübik (% 0 yassı) agregayla üretilen seri 1-2 karışımlarında slump değeri 7 cm iken; seri 3 'de (% 25 yassı) 6 cm; seri 4 'de (%50 yassı) 3,5 cm ve % 100 yassı agregayla üretilen seri 5-6 karışımlarında 0 cm ölçülmüştür (Şekil 35). Üretilen betonda yassı tane miktarı arttıkça taze betonda heterojenlik ve ayrışmanın arttığı saptanmıştır. İşlenebilirlik (workability) azalmıştır. Taneler etrafında topaklanmalar oluşmaya başlamıştır (Şekil 30).

Burada ortaya çıkan sonuçlara göre, beton karışımında yassı tane miktarı arttıkça işlenebilirlik (slamp) belirgin (anlamlı) şekilde azalmaktadır. Yassı tane

oranı ile işlenebilirlik arasında güçlü ($R=0,99$) bir ters orantılı lineer ilişki ortaya çıkmıştır (Şekil 36 ve Çizelge 18).

Beton karışımı içerisindeki agregada bulunan “yassı tane oranı”nın değişimiyle “beton dayanımı” arasındaki ilişki yine ilk kez sistematik deneylerle bu araştırma kapsamında irdelenmiş ve aradaki ilişki sayısal olarak ifade edilmiştir.

Hazırlanan tüm beton örnekleri üzerinde TS EN 12390-3 standardına göre yapılan basınç dayanımı deneyi sonuçlarında C25/30 beton sınıfı için hedeflenen $f_{cm}=36$ MPa basınç dayanım değeri sağlanmıştır (Çizelge 12).

7, 28 ve 60 günlük deney sonuçlarına göre beton karışımında yassı tane miktarı arttıkça beton dayanımı azalmaktadır. Bu azalım ilişkisi zamanın bir fonksiyonu olarak güçlenmektedir. Başka bir deyimle beton sertleştikçe yassı tane miktarındaki artış, beton dayanımında daha belirgin bir azalmaya neden olmaktadır. Bu azalım ilişkisi regresyon analizleri ile irdelendiğinde güvenlik sayıları (R) 7 günlük betonda “0.630” (Şekil 41), 28 günlük betonda “0.745” (Şekil 42) ve 60 günlük betonda “0.992” (Şekil 43 ve 44) olarak ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar göstermektedir ki yassı tane oranı artışının beton dayanımında meydana getirdiği azalma, zamanla betonun sertleşmesi sonucu daha belirgin bir hale gelmektedir (Çizelge 20 ve Şekil 44).

Yukarıda açıklanan fizikomekanik etkileşimde, 7 ve 28 günlük dayanım sonuçları için %50 yassı tane içeren beton örneklerinde bir anomali olduğu görülmektedir (Şekil 41 ve 42). Bu anomali 60 günlük dayanımlarda ortadan kalkmıştır (Şekil 43). Bu durum, eşit oranda yassı ve kübik tanelerin oluşturduğu beton karışımında, yassı tanelerin kompoziteyi daha fazla etkilemesinden (azaltmasından) ve böylece heterojenliğin artmasından dolayı olabilir. Zaman içinde hidrasyonun da etkisiyle sertleşme arttıkça beton daha kararlı hale gelerek bu anomalilerin ortadan kalktığı gözlenmiştir (Şekil 44).

Bu deneysel araştırma sonucunda, üretilen betonun taze ve sertleşmiş durumdaki fiziksel ve mekanik davranışı üzerinde, “agrega yassılık” özelliğinin yadsınamayacak bir etkisi olduğu ve bunun uygulamada teknik olarak değerlendirilebileceği söylenebilir. Çalışmada ortaya çıkan sonuçlar beton

üretiminde ve uygulamada, yassı tane miktarının beton davranışını ne oranda etkileyeceğinin önceden sayısal olarak ortaya konmasında kullanılabilir niteliktedir.

KAYNAKLAR

- AKBULUT, H., GÜRER, C. (2006). Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregada Olarak Değerlendirilmesi, İMO Teknik Dergi, 3943-3960, Yazı 261.
- AKBULUT H., ÇETİN S., GÜRER C., ve YILDIZ A., (2008). Afyonkarahisar Bölgesi Andezitlerinin Agregada Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, MERSEM Mermer ve Doğal Taş Semp. Bild. Kitabı, (M. ERSOY ve diğ. editör). TMMOB, s.211-216.
- ARSLAN, M., DEMİR. İ. (2006). Kırşehir Yöresi Kırmataşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakülte Dergisi.
- ARSLANTAŞ, B., (2009). Karaburun Kireçtaşı Taşocakları Atıklarının Agregada Kaynağı Olarak Kullanılmasının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- BAL, S., (2011). Kayaçalarda Fiziko-Mekanik Ve Mineralojik Özelliklerin Betonda Alkali Silika Reaksiyonuna Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- BS 882 (1992). Specification for Aggregates From Natural Sources for Concrete, British Standards Institution, London.
- CEN, European Committee for Standardisation, EN 933-3: (1997). Tests for general properties of aggregates: Part 3, Determination of particle shape, Flakiness index, , pp 7.Brussels.
- ÇAVUŞOĞLU, İ., YILMAZ, A.O., ve VICİL, M. (2004). Harşit Çayı (Giresun-Tirebolu) Kırılmış Dere Malzemesinin Agregada Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Kayamek'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu.
- ÇETİN, S., (2007). Afyonkarahisar Bölgesi Volkanik Kayaçların Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Agregada Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- ERDOĞAN, T.Y., (2003). Beton. Ankara.
- EREN, E., (2009). Farklı Cüruf Atıklarının Beton Üretiminde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- GUNEYLİ, A., (2010). Adana ve Çevresinde Üretilen Agregaların Beton Üretiminde Kullanılabilirlikleri, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- HALİLİ, A., (2003). Agregada Üretiminde Kırma Eleme ve Taşın Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Önemi. 3.Uluslararası Kırmataş Sempozyum Kitabı.
- KELEŞ, İ., (2009). Zonguldak-Bartın Arasındaki Yılanlı Formasyonu Dolomitik Kireçtaşlarının Agregada Olma Özellikleri ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- KILIÇ, Ö., (2005). Klasik Eberhart Tipi Kireç Fırınları ile Paralel Akışlı Maerz Fırınlardaki Kalsinasyon Parametrelerinin Karşılaştırılması ve Çukurova Bölgesi Kireç Taşları Üzerine Uygulamalar, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- KORKANÇ, M., TUĞRUL, A., (2003). Niğde Yöresi Bazaltlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, 3-4 Aralık.
- MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M., (2006). Concrete: Microstructure, Properties, and Materials.
- ÖZTÜRK, E., (2009). Zonguldak Bölgesi Kireçtaşı, Andezit ve Bazalt Oluşumları İle Filyos Çayı Sedimanlarının (Çaycuma-Devrek) Asfalt Üretiminde Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- POSTACIOĞLU, B., (1987). Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton Cilt II, İTÜ İnşaat Fakültesi, 232 s. İstanbul.
- TOPÇU, H.T., (2006). Zonguldak - Bartın Arasındaki Cangaza Bazaltlarının Agregada Olma Özellikleri ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- ŞİMŞEK, O., (2000). Yapı Malzemesi Cilt II, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 26-58.
- _____, (2004). Beton ve Beton Teknolojisi, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- TS 706 EN 12620 +A1 (2009). Beton Agregaları.

- TS 3530 EN 933-1 (1999). Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu.
- TS 9582 EN 933-3 (1999). Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi.
- TS EN 206-1 (2002). Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk.
- TS 802 (2009). Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları.
- TS EN 12350-1 (2010). Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 1: Numune Alma.
- TS EN 12350-2 (2010). Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi.
- TS EN 12350-7 (2010). Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 7: Hava Muhtevasının Tayini - Basınç Yöntemleri.
- TS EN 480-11 (2008). Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet İçin - Deney Metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş Betonda Hava Boşluğu Özelliklerinin Tayini.
- TS EN 12390-3 (2010). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini.
- TS EN 12390-4 (2002). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 4: Basınç Dayanımı - Deney Makinelerinin Özellikleri.
- ULUÖZ, S., YAKIT, E., DÜZBASAN, S. (2004). Kırma Agregadaki Taşunu ve Kil Miktarının Beton Kalitesine Etkisi. THBB Beton 2004 Kongre Kitabı.
- ÜNLÜGENÇ, U.C., (1993). Controls on Cenozoic Sedimentation in the Adana Basin, Southern Türkiye. Ph.D. Thesis, Keele University. 2 Volumes 229p. U.K.
- Vincent T.H.CHU., (2010). A Closer Look at Prevailing Civil Engineering Practice, What, Why and How?
- YAZICI, M., (2006). Rize-İyidere Deresindeki Agregaların Hazır Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- YETİŞ, C., DEMİRKOL, C., (1988). Adana Baseni, Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü, MTA Rapor No. 8037, 187., Ankara.

YILMAZER, S. A., (2009). Zonguldak Batısında Yer Alan (Kozlu-Karadeniz Ereğli) Volkanitlerinin Jeolojik Özellikleri ve Endüstriyel Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.

YİĞİT, A. (2005). Çerçideresi Taşocağı Malzemesinin Beton ve Asfalt Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

http://www.agub.org.tr/agrega/beto_agregasi.htm (Erişim tarihi: 3 Nisan 2013)

http://www.agub.org.tr/agrega/agrega_nedir.htm (Erişim tarihi: 3 Nisan 2013)

ÖZGEÇMİŞ

14/03/1984 yılında Adana'da doğdu. İlk öğrenimini Oğuzhan İlköğretim Okulu'nda; orta öğrenimini Adana Ticaret Odası Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2006 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında mezun oldu ve aynı yıl Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.