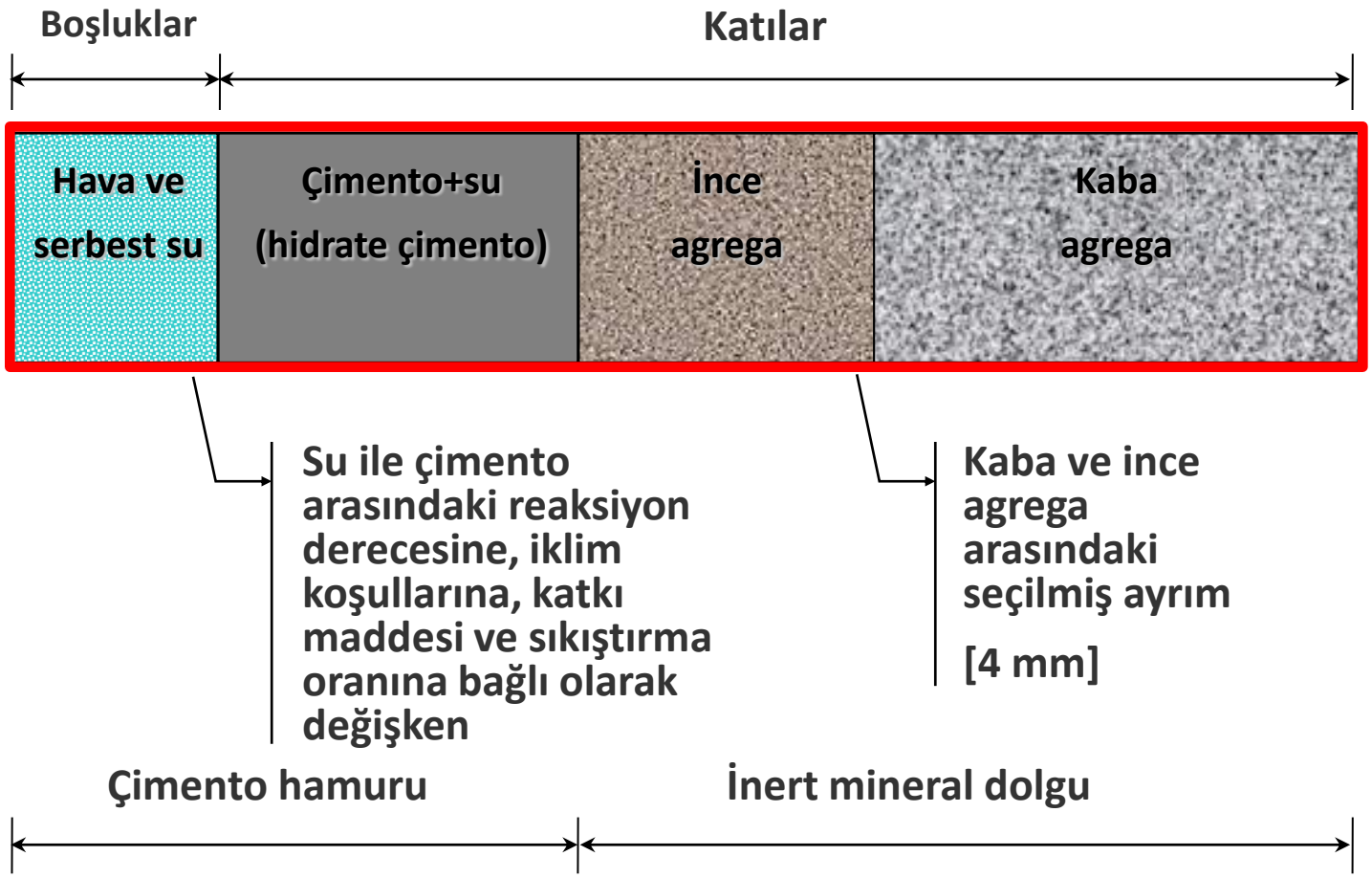
Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

İNŞ2024 YAPI MALZEMESİ II

# BETON KARIŞIM HESABI

✓ Prof. Dr. Halit YAZICI
✓ http://halityazici-deu.com

# ŞEMATİK BETON YAPISI



# BETON KARIŞIM HESABI

## TASARIM İLKELERİ

- Taze beton kütlesi işlenebilir olmalıdır.
- Betonun kıvamı yeterli olmalıdır.
- Beton kütlesi sertleşince, istenen dayanımı sağlamalıdır.
- Betonun su/çimento (S/Ç) veya su/bağlayıcı madde (S/B) oranı belirli bir değeri aşmamalıdır.
- Beton, yapı elemanının servis süresini ve servis koşullarını etkileyen çevresel etkilere karşı dayanıklı olmalıdır.

# BETON KARIŞIM HESABI

## TASARIM İLKELERİ

- Bazı özel durumlarda betonun yoğunluğu önem kazanmaktadır.
- Özellikle kütle betonlarında betonda ortaya çıkan ısı kontrol altında olmalıdır.
- İstenen işlevleri yerine getirebilecek betonun maliyeti de en alt düzeyde olmalıdır.

# BETON KARIŞIM HESABI

## PROJE VE ŞANTİYE KOŞULLARI

Herhangi bir şantiyede beton üretimine başlanmadan önce aşağıdaki verilerin mevcut olması gerekir:

- Yapılan statik, betonarme hesapları sonucu, yapı elemanlarının boyutları, donatıları, donatı aralıkları ve istenilen beton kalitesi belli olmalıdır.
- Beton üretiminde kullanılması istenen malzemelerin özellikleri deneylerle saptanmış olmalıdır.
- Zemin ve iklim koşulları belirli olmalıdır.
- Beton üretim araçları (mikser, vibratörler vb.) ve beton üretiminde çalışacak personelin eğitim, deneyim düzeyi belli olmalıdır.

# BETON KARIŞIM HESABI

## Karışım hesabı için bilinmesi gerekenler

✓ Betonda kullanımının uygun olduğu laboratuvarda deneyler ile belirlenen bu malzeme özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Çimentonun (diğer bağlayıcı malzemelerin) özgül ağırlığı,
- İnce ve iri agreganın elek analizleri,
- En büyük agrega tane boyutu,
- İnce agreganın incelik modülü,
- İri agreganın birim ağırlığı,
- İnce ve iri agreganın özgül ağırlığı,
- İnce ve iri agregadaki mevcut su miktarı ve su emme yüzdeleri,
- Kimyasal katkıların bazı özellikleri.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 1. Çökme değerinin belirlenmesi (TS802)

| Yapı elemanları | Çökme değerleri | |
|---|---|---|
| | Maksimum | Minimum |
| Betonarme temel duvarları ve ayaklar | 8 | 3 |
| Donatısız beton temeller, kesonlar ve altyapı duvarları | 8 | 3 |
| Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları | 10 | 5 |
| Döşeme betonları | 8 | 3 |
| Tünel taban kaplama betonları | 5 | 2 |
| Baraj kütle betonu | 5 | 2 |

# BETON KARIŞIM HESABI

## 2. Maksimum agrega tane boyutunun (Dmax) belirlenmesi

## $D_{maks}$ (TS 500 Şubat 2000)

$D_{max}$

< 1/5 kalıp genişliği

< 1/3 döşeme kalınlığı

< 3/4 iki donatı arası uzaklık

< net beton örtüsü (pas payı )

< 1/3 pompa borusu iç çapı

# BETON TASARIMI

## $D_{maks}$ SINIFI

- ÇOĞU UYGULAMA İÇİN 25mm UYGUN (32 mm BULUNMAMASI HALİNDE)
- PERDE,İNCE DÖŞEME , KABUK, PLAK, SIK DONATI, KÖTÜ DEMİR VE KALIP İŞÇİLİĞİ ,..... 15mm GEREKEBİLİR (KYB KULLANIMI AYRI BİR SEÇENEK)

$D_{max}$ KÜÇÜLDÜKÇE ÇİMENTO MİKTARI ARTAR. (25~30 kg/m$^3$ )

- $D_{max}$ KÜÇÜLDÜKÇE SU MİKTARINI ARTTIRMAMAK İÇİN KATKI MİKTARINI ARTTIRMAK GEREKİR

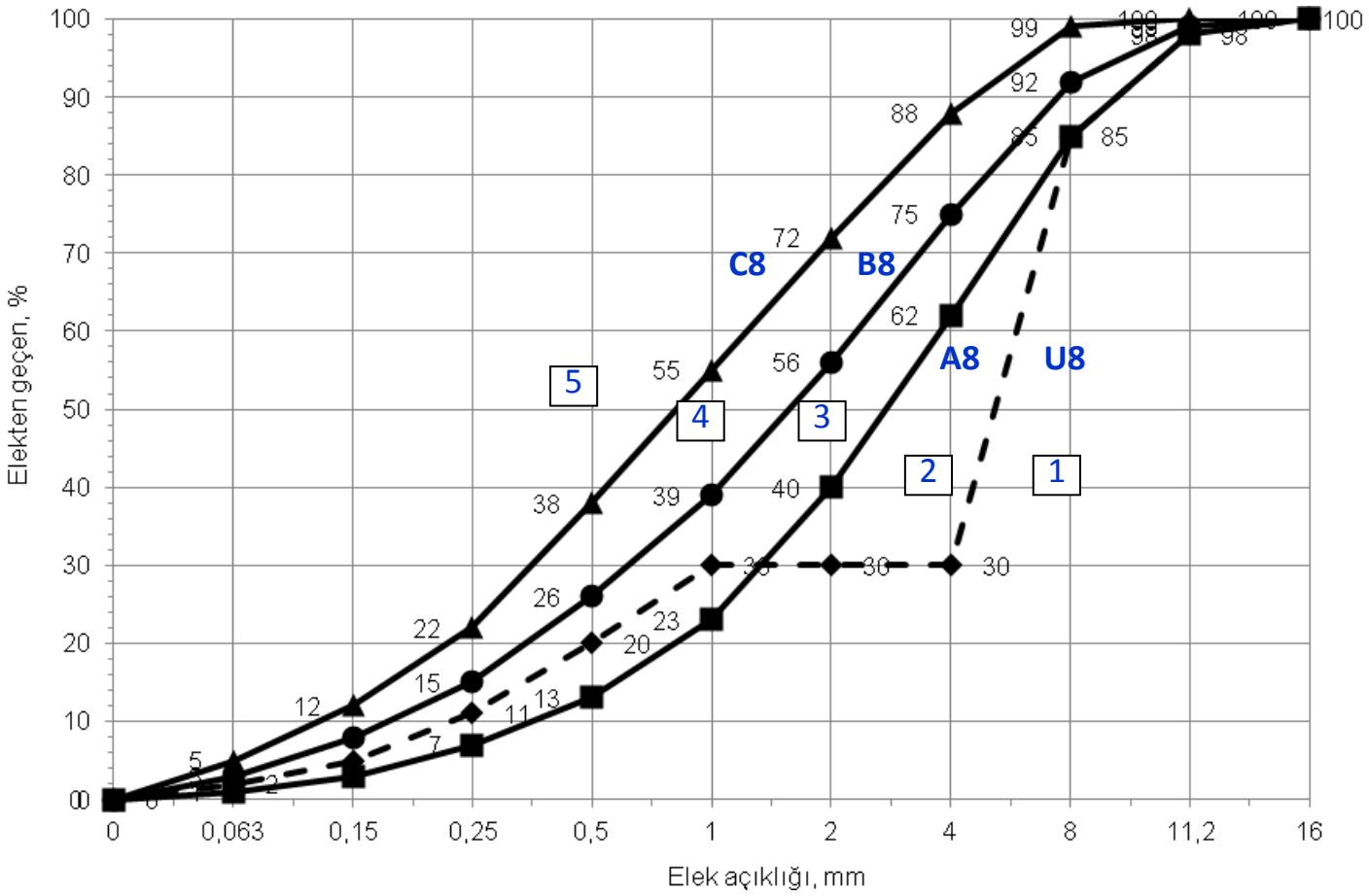
# BETON KARIŞIM HESABI

## 2. Maksimum agrega tane boyutunun (Dmaks) belirlenmesi

| Yapı Elemanı Kesitinin En Dar Boyutu (cm) | En Büyük Agrega Tane Büyüklüğü (mm) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Donatılı Perde, kiriş ve kolonlar | Sık donatılı Döşemeler | Seyrek donatılı veya donatısız Döşemeler | Donatısız Perdeler |
| 6 - 14 | 16 | 16 | 32 | 16 |
| 15 - 29 | 32 | 32 | 63 | 32 |
| 30 - 74 | 63 | 63 | 63 | 63 |

# BETON KARIŞIM HESABI

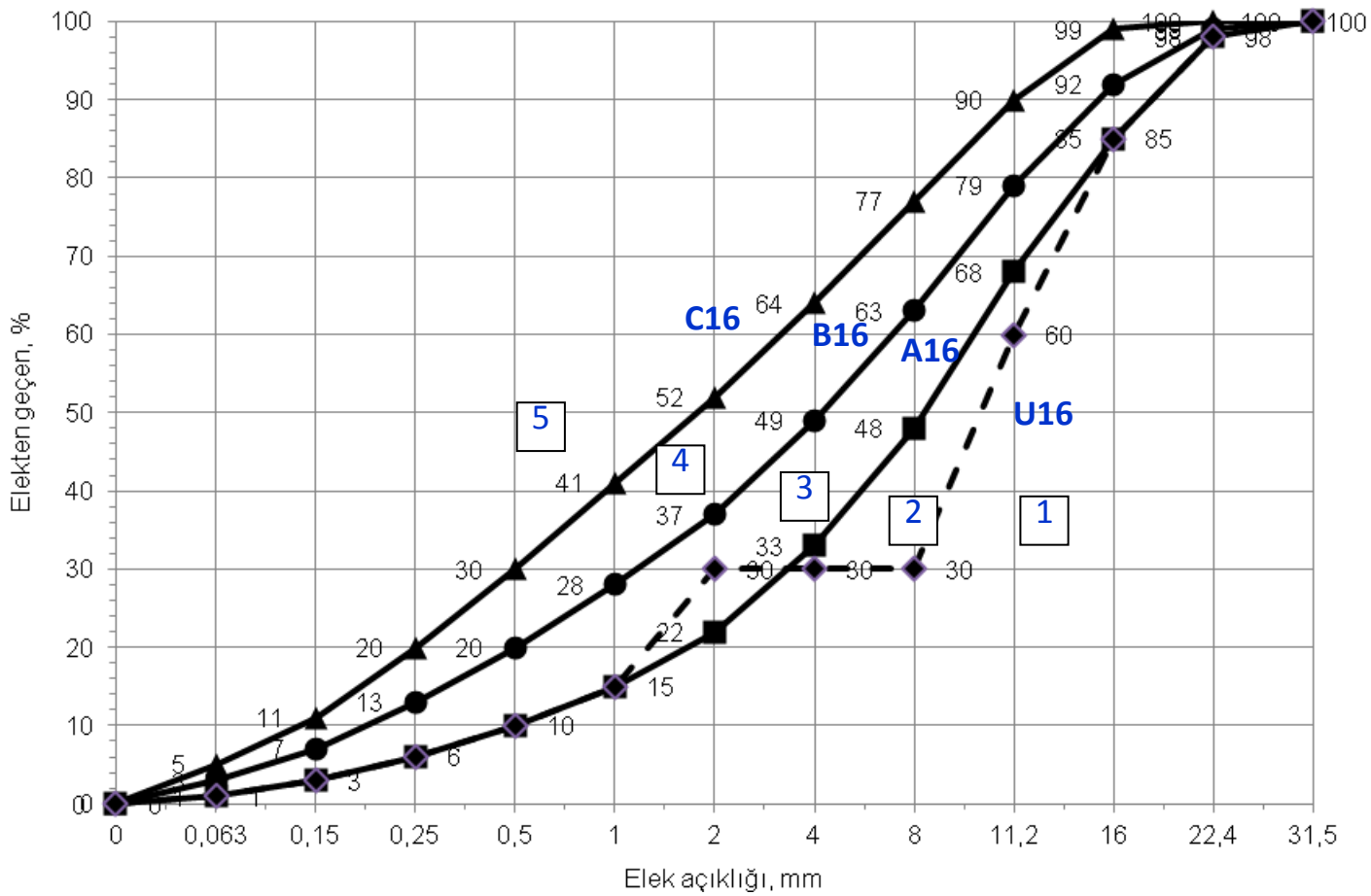
## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: $D_{maks}$ = 8 mm




**Hedef: 3. veya 4. bölge**

# BETON KARIŞIM HESABI

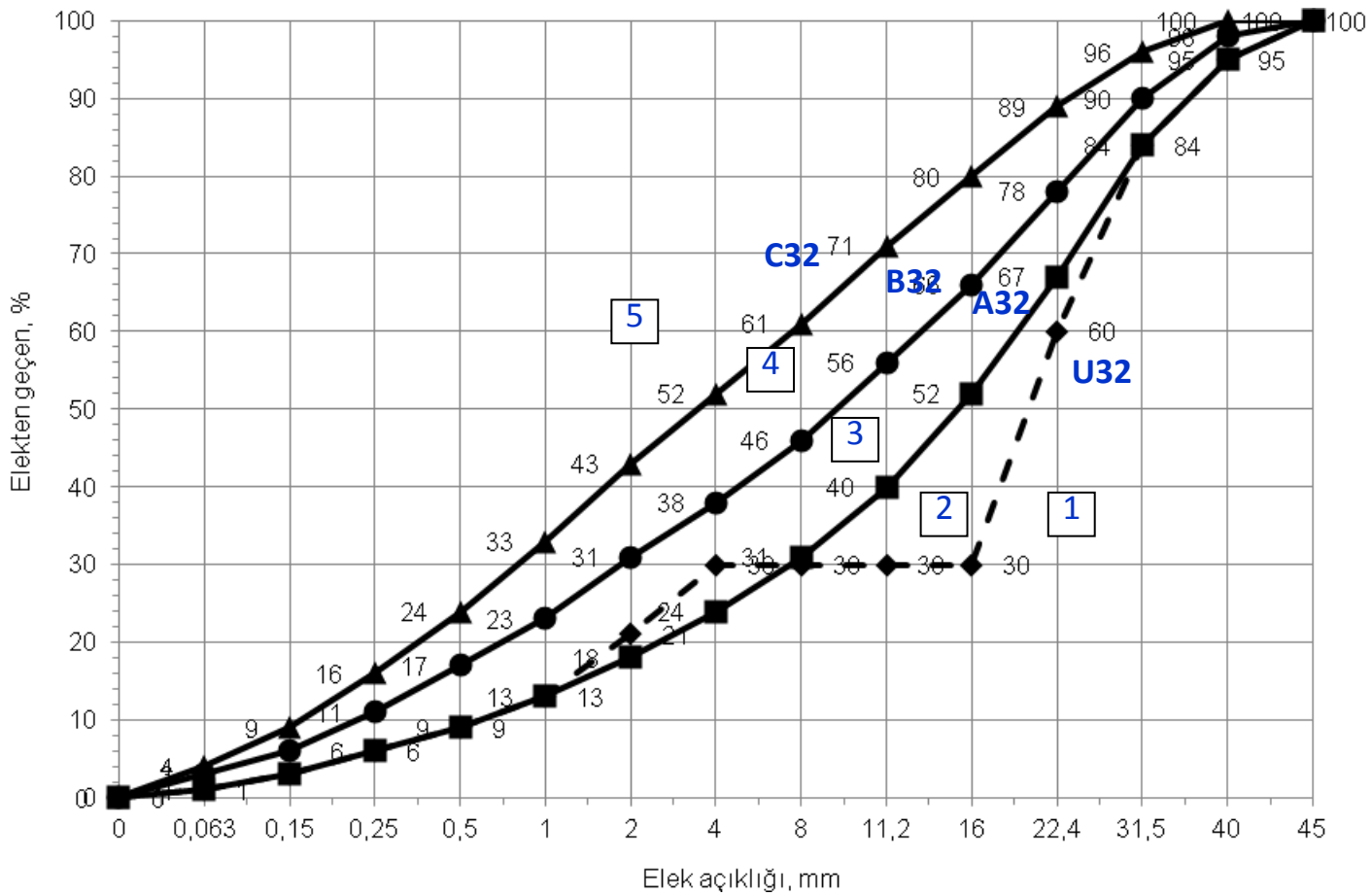
## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: $D_{maks}$ = 16 mm




**Hedef: 3. veya 4. bölge**

# BETON KARIŞIM HESABI

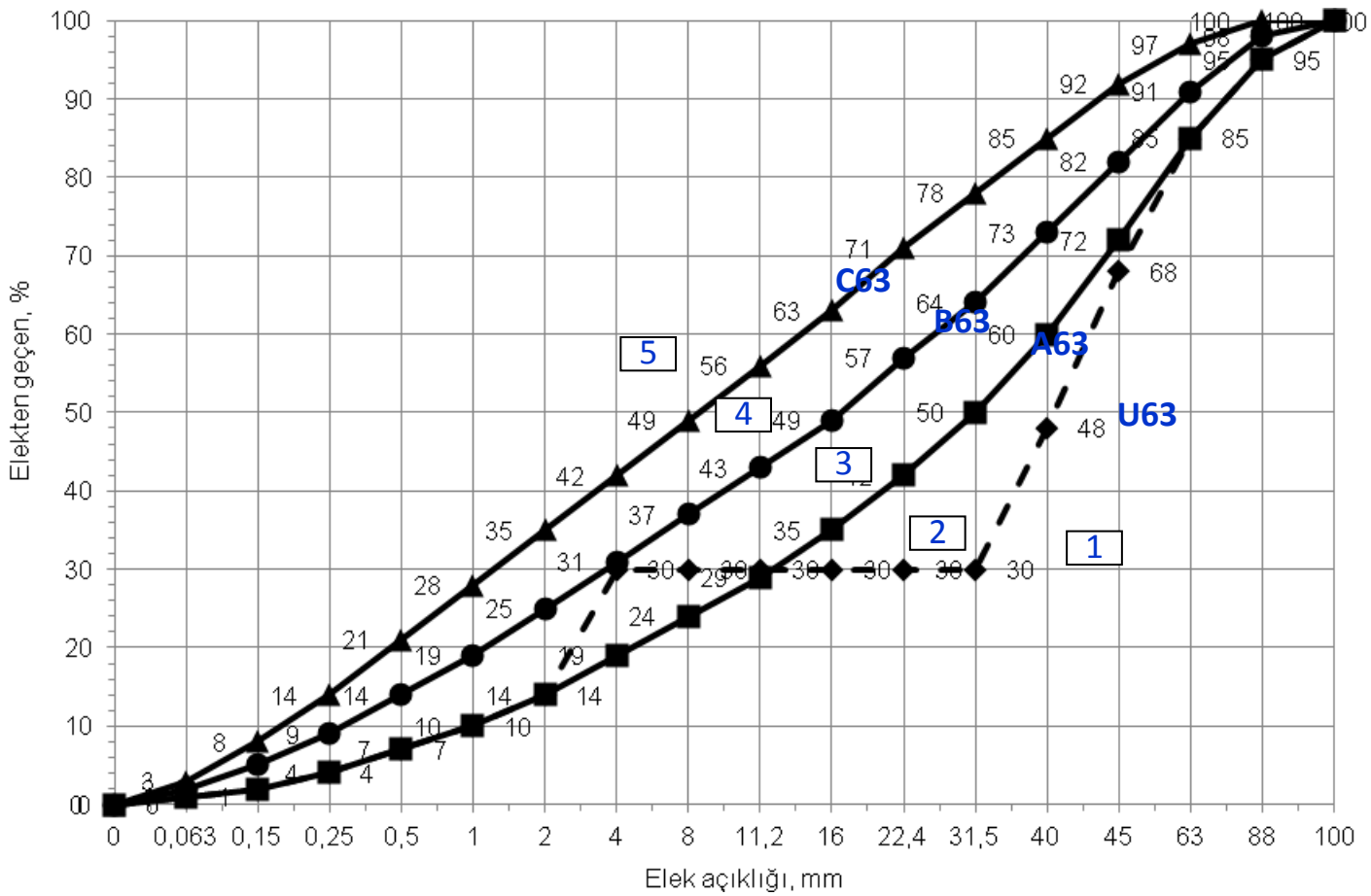
## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: $D_{maks}$ = 32 mm




**Hedef: 3. veya 4. bölge**

# BETON KARIŞIM HESABI

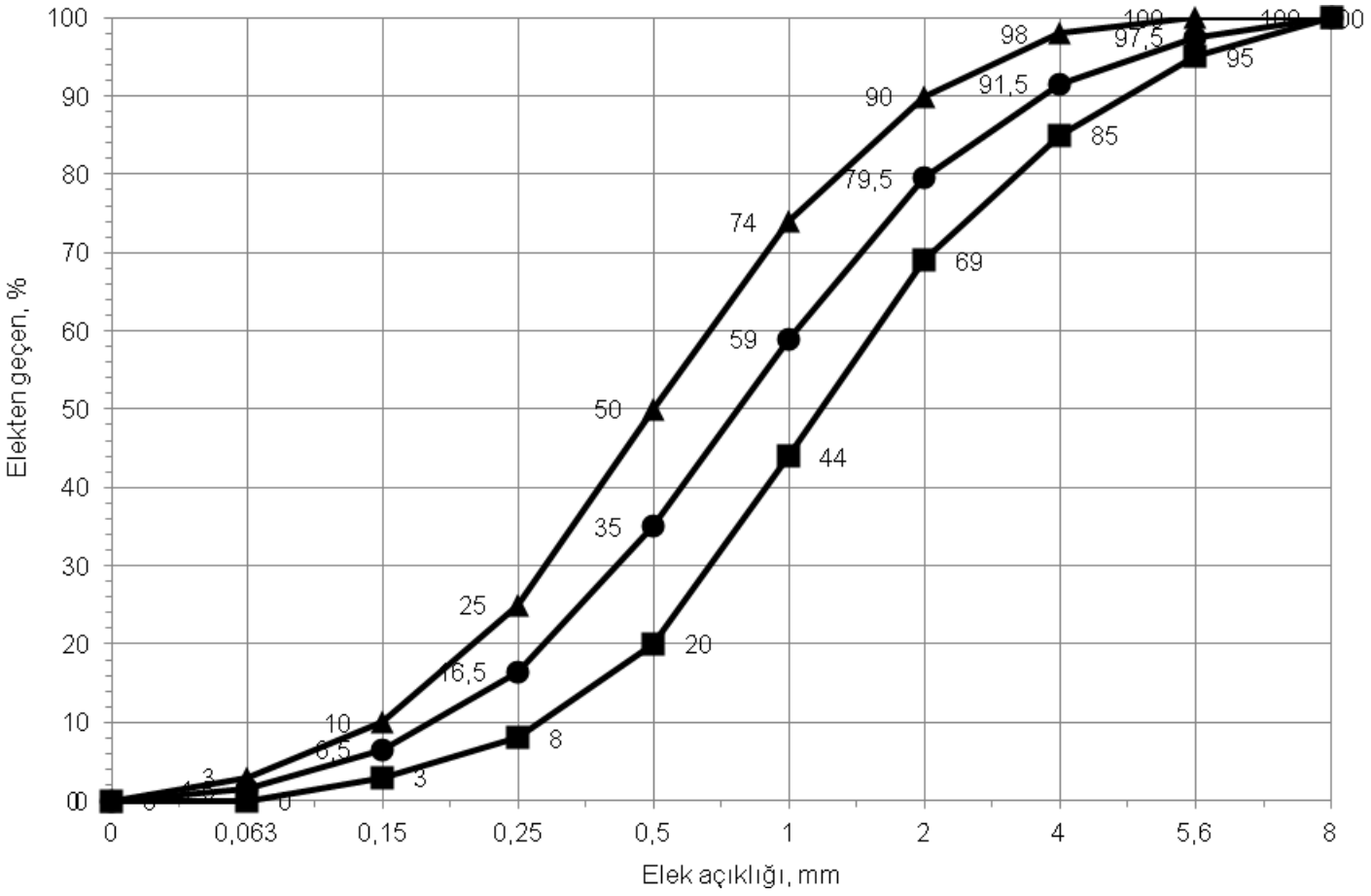
## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: $D_{maks}$ = 63 mm




**Hedef: 3. veya 4. bölge**

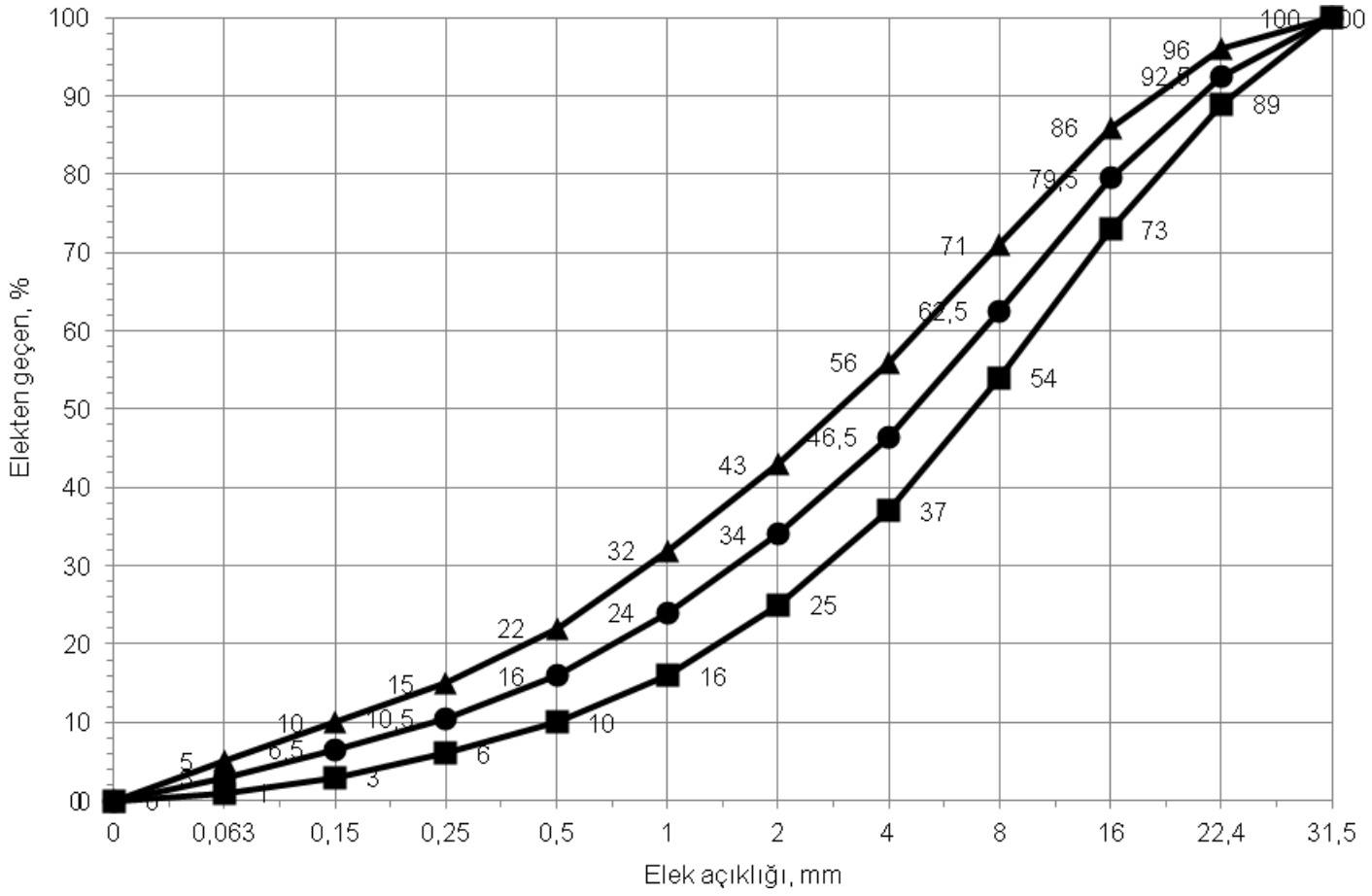
# BETON KARIŞIM HESABI

## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: Pompa bet. ince agrega



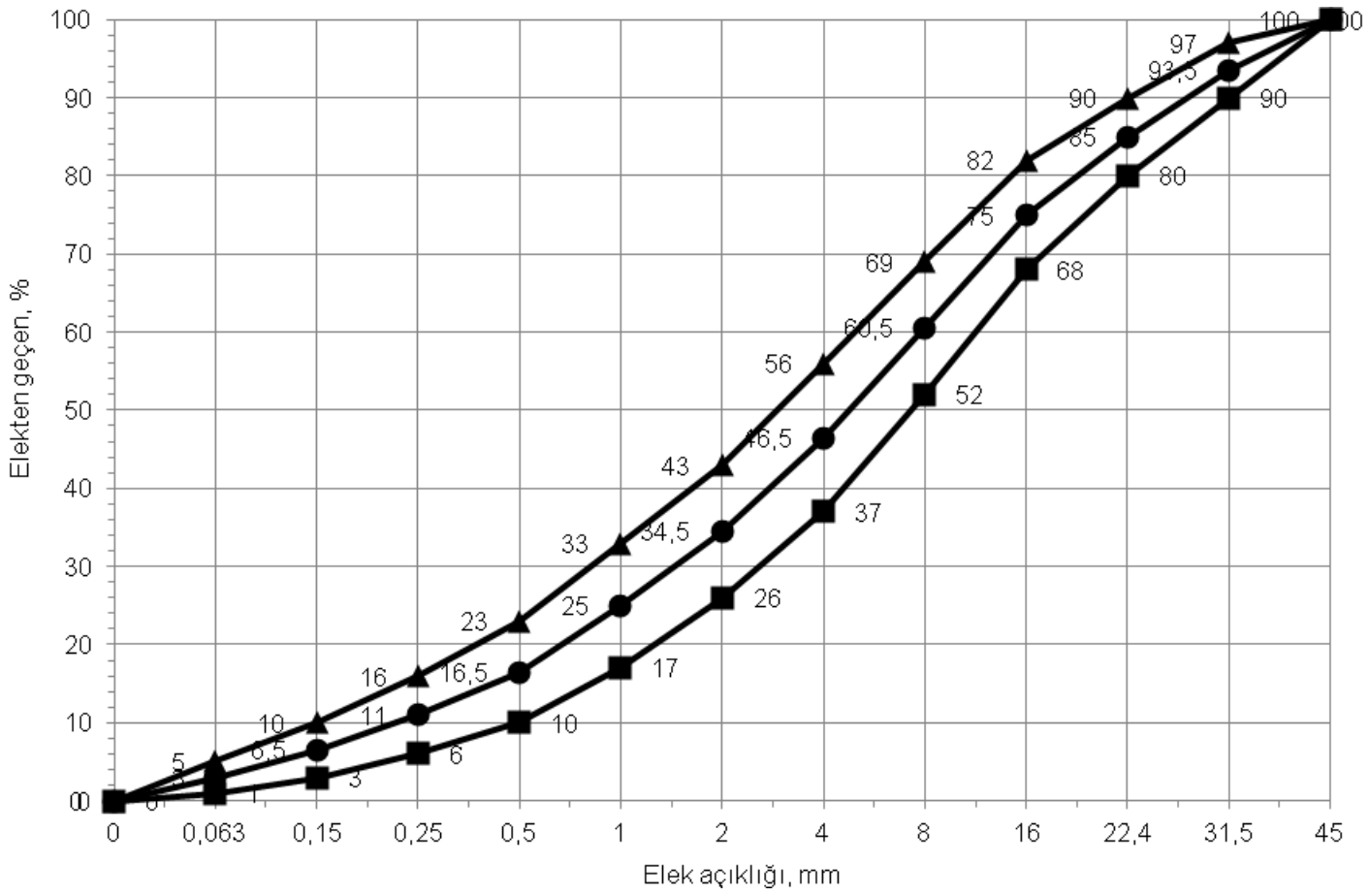
# BETON KARIŞIM HESABI

## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: Pompa bet. $D_{maks}$ = 22,4 mm



# BETON KARIŞIM HESABI

## 2. Tane Dağılımının Seçilmesi: Pompa bet. $D_{maks}$ = 31,5 mm



# BETON KARIŞIM HESABI

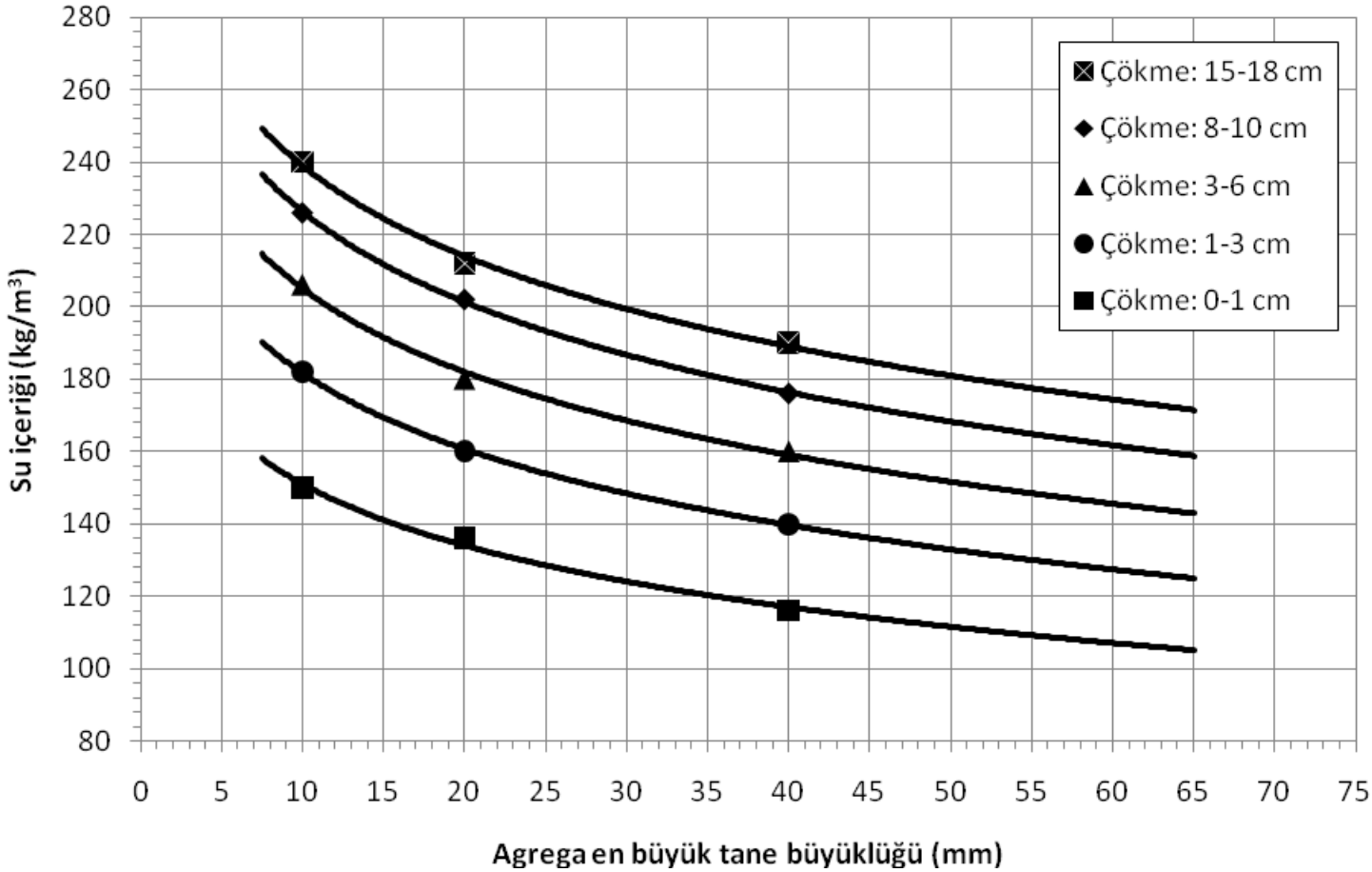
## 3. Karma suyu ağırlığının ve hava hacminin belirlenmesi

✓ Belirli bir çökme değerine sahip beton üretmek için gerekli betonun birim hacmindeki su miktarı;

- çimento miktarına,
- mineral katkı miktarına,
- agreganın en büyük tane çapına,
- agrega tane şekline,
- agreganın su içeriğine,
- agrega gradasyonuna,
- beton sıcaklığına,
- sürüklenmiş hava miktarına ve
- kimyasal katkı kullanımına bağlıdır.

# BETON KARIŞIM HESABI

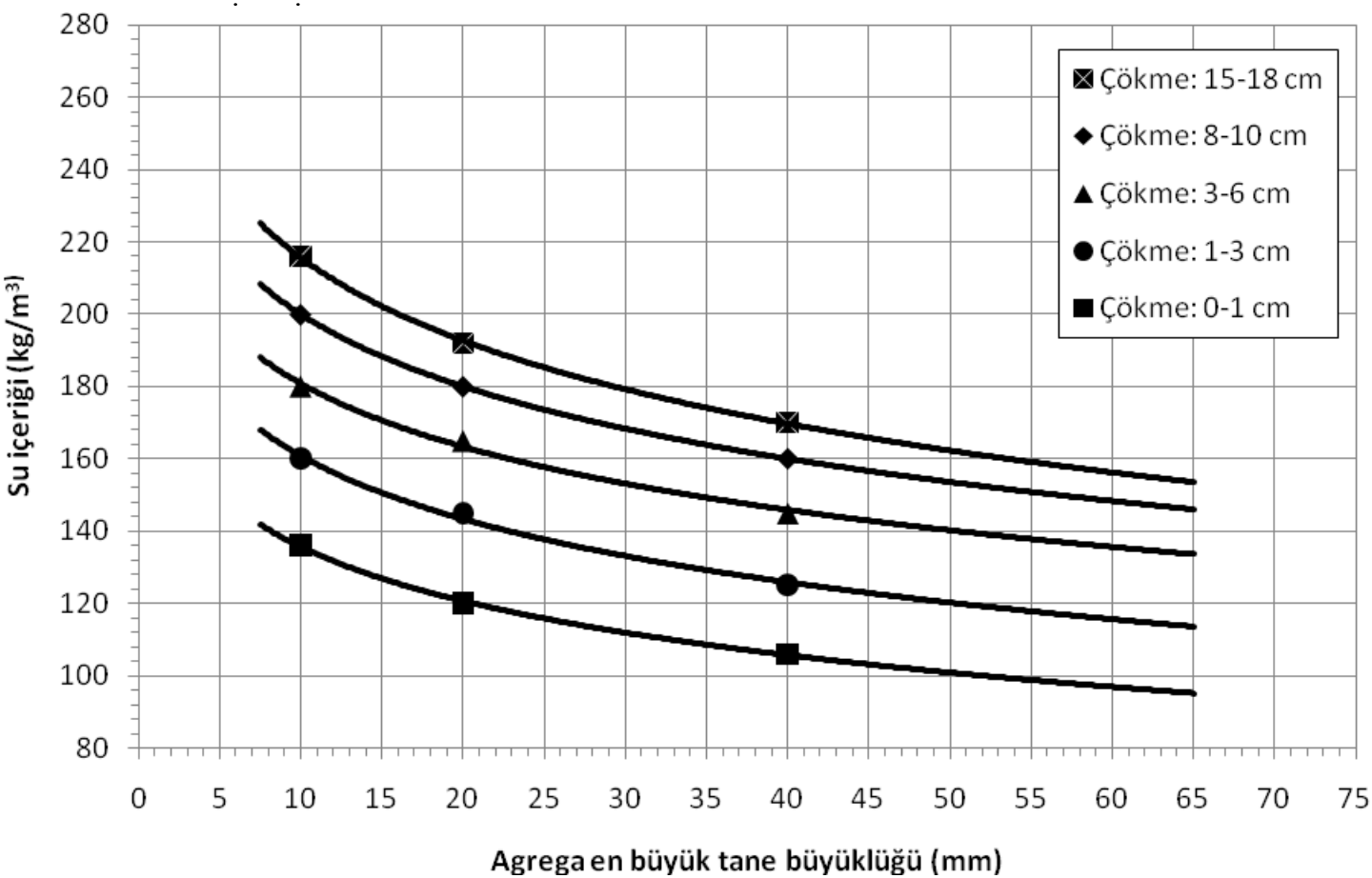
## 3. Karışım suyu miktarı, l (TS802)




**DOĞAL AGREGAYLA KİMYASAL KATKISIZ BETON İÇİN**

# BETON KARIŞIM HESABI

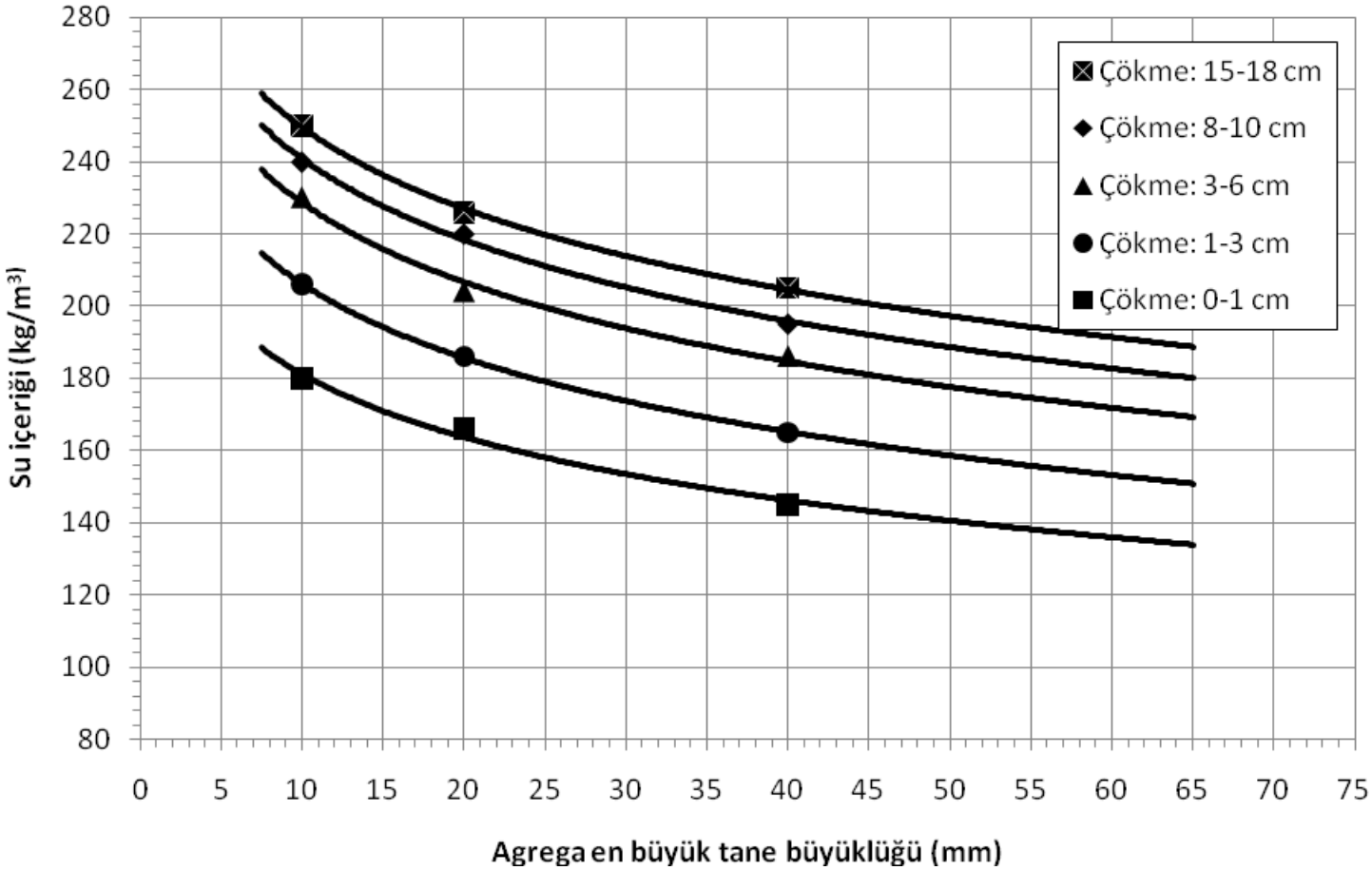
## 3. Karışım suyu miktarı, l (TS802)




**DOĞAL AGREGAYLA, Akışkanlaştırıcı KATKISIZ HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETON İÇİN**

# BETON KARIŞIM HESABI

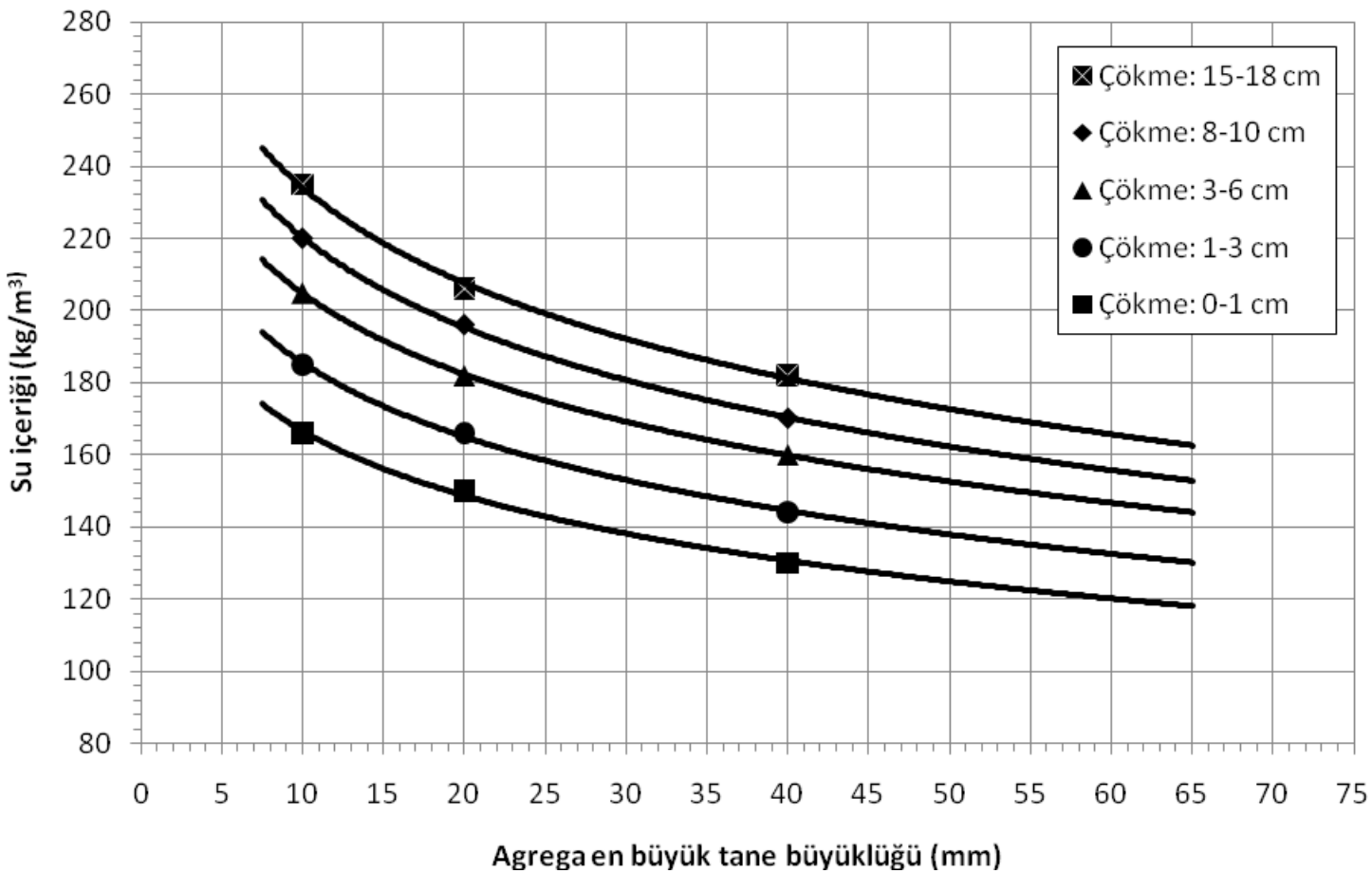
## 3. Karışım suyu miktarı, l (TS802)




KIRMATAŞ AGREGAYLA KİMYASAL KATKISIZ BETON İÇİN

# BETON KARIŞIM HESABI

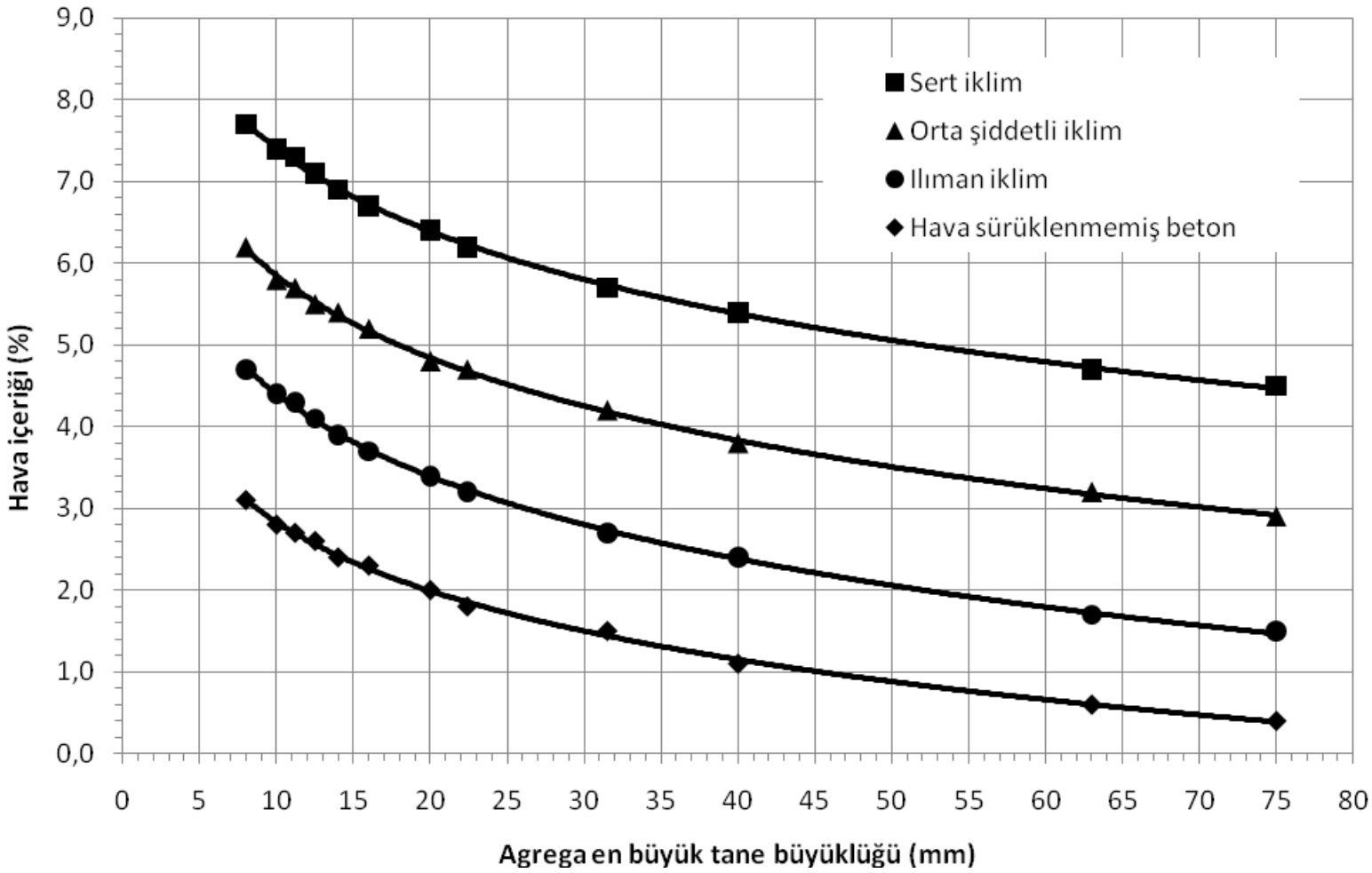
## 3. Karışım suyu miktarı, l (TS802)




**KIRMATAŞ AGREGAYLA, Akışkanlaştırıcı KATKISIZ HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETON İÇİN**

# BETON KARIŞIM HESABI

## 3. Hava içeriği, %



# BETON KARIŞIM HESABI

## 3. Karışım suyu miktarı, l (TS802)

- ✓ Islatma suyunun hesaplanmasında yararlanılan bir diğer bağıntı incelik modülü-su formülüdür.
- ✓ TS 706 elek takımına göre agreganın incelik modülü "k" hesaplanır.
- ✓ Agrega yığınını ıslatmak için gerekli su miktarı

$$S = \alpha(10 - k)$$

ile bulunur.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 3. Karışım suyu miktarı, l (TS802)

$$S = \alpha(10 - k)$$

- ✓ α katsayısının değerleri aşağıda görüldüğü şekilde alınır.

| Beton Kıvamı | Dere Kumu ve Çakıl | Dere Kumu ve Mıcır | Deniz Kumu ve Mıcır |
|---|---|---|---|
| *Kuru* | 28 - 30 | 33 | 37 |
| *Plastik* | 31 - 33 | 37 | 40 |
| *Akıcı* | 36 - 40 | 43 | 47 |

- ✓ Bu formül çimento dahil betonun toplam su gereksinimini verir.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 4. Su/çimento veya su/bağlayıcı madde oranının belirlenmesi

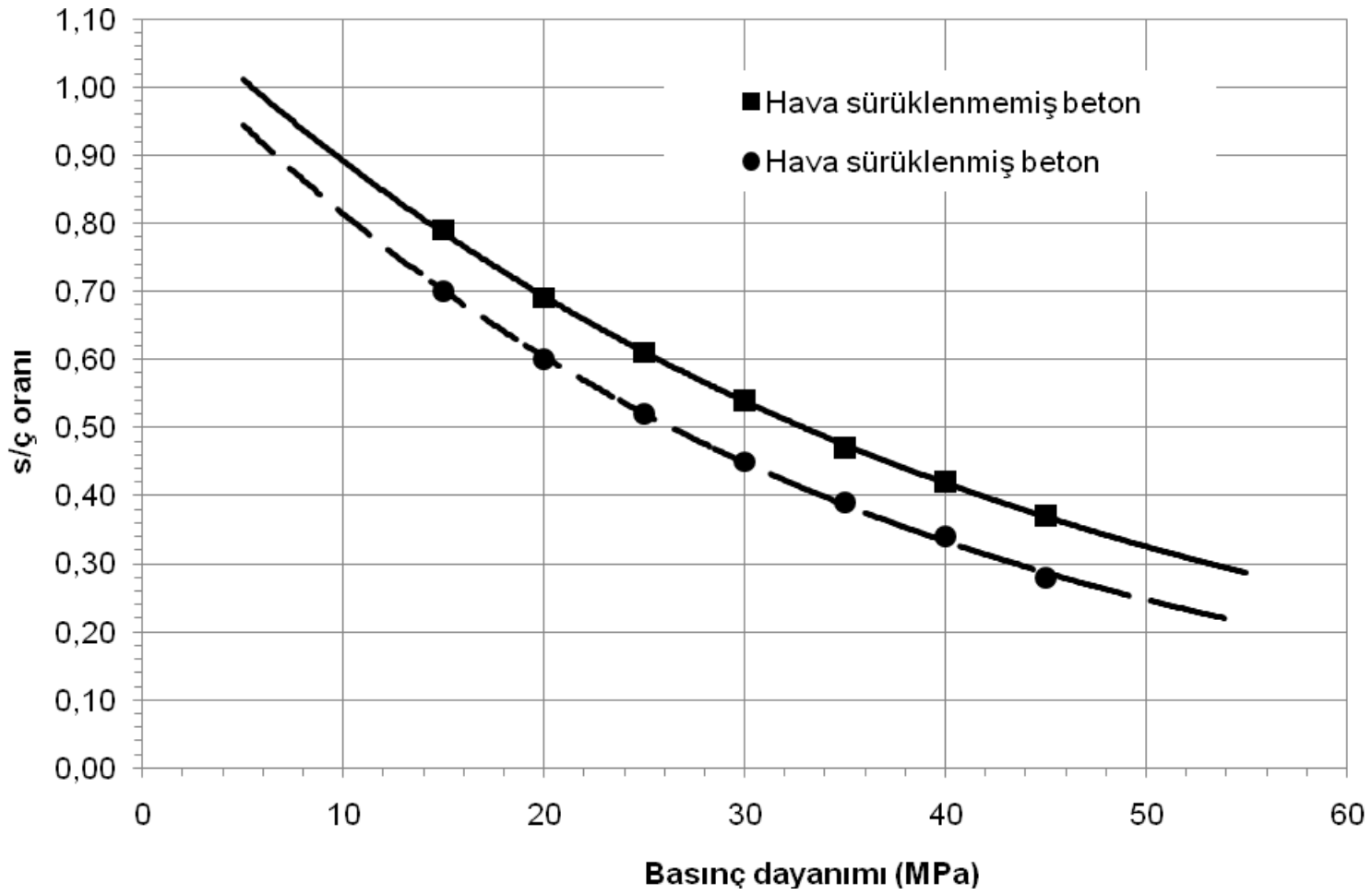
- ✓ Beton tasarımında gerekli su/çimento (s/ç) veya su/bağlayıcı malzeme (s/(ç+p)) oranı yalnızca dayanım açısından değil aynı zamanda durabilite gibi faktörler ile belirlenir.

- ✓ Farklı agregalar, çimentolar ve bağlayıcı malzemeler aynı s/ç veya s/(ç+p) oranında farklı dayanım değerleri verse de kullanılacak malzemeler için dayanım ile s/ç veya s/(ç+p) arasında bir ilişkinin olması arzu edilir.

- ✓ Böyle bir verinin eksikliği durumunda, normal portland çimentosu içeren betonlar için değerler tablo'dan alınabilir.
- ✓ Verilen dayanım değerleri, 28 gün standart laboratuvar şartlarında kür edilmiş numuneler aittir.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 4. Su/çimento veya su/bağlayıcı oranının belirlenmesi, TS802



# BETON KARIŞIM HESABI

## 4. Su/çimento veya su/bağlayıcı oranının belirlenmesi

✓ Beton karışımı ve özellikleri için önerilen sınır değerler (TS EN 206-1)

| | Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok | Karbonatlaşma nedeniyle korozyon | | | | Klorürün sebep olduğu korozyon | | | | | | Donma/çözülme etkisi | | | | ZARARLI KİMYASAL ORTAM [c] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Deniz suyu | | | Deniz suyu haricinde klorür | | | | | | | | | |
| | 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[a] | C16/20 | 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 [b] | 4,0 [b] | 4,0 [b] | - | - | - |
| Diğer şartlar | | | | | | | | | | | | Pr EN 12620 : 2000'e uygun donma/çözülme dayanıklılığına sahip agrega | | | | Sülfatlara dayanıklı çimento | | |

[a] Beton sınıfları 15/30 cm standart silindir ve 15 cm ayrıtlı küp örnek ile tanımlanmıştır.

[b] Hava sürüklenmemiş betonda,beton performansı,ilgili etki sınıfı için donma/çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla kıyas için uygun deney metoduna göre belirlenmelidir.

[c] XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin $SO_4^{2-}$ 'den kaynaklanması halinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur.Sülfatlara dayanıklılık bakımından çimentonun sınıflandırılması halinde orta ve yüksek dayanıklı olarak sınıflandırılan çimento XA2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa XA1 etki sınıfında)ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.

# BETON KARIŞIM HESABI

## Amaç dayanımının belirlenmesi

| Beton sınıfı | Karakteristik basınç dayanımı, $f_{ck}$ (MPa) | | Hedef basınç dayanımı, $f_{ca}$, (MPa) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Karakteristik silindir 150/300 mm basınç dayanımı | Eşdeğer küp 150x150x150 mm basınç dayanımı | Standart sapma biliniyorsa | Standart sapma bilinmiyorsa | |
| | | | | Silindir 150/300 mm | Küp 150x150x150 mm |
| C14/16 | 14 | 16 | $f_{ca}=f_{ck}+1.48\sigma$ | 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 |

# BETON KARIŞIM HESABI

## 5. Çimento ağırlığının hesaplanması

- ✓ Karışımdaki gerekli çimento miktarı, 3. aşamada öngörülen su miktarının 4. aşamada bulunan su/çimento oranına bölünmesi ile elde edilir.

- ✓ Ancak, şartnameler veya standartlar dayanım veya durabilite gereksinimlerinin yanı sıra başka bir minimum çimento dozajı limiti belirtiyorsa, karışım <u>daha fazla çimento kullanılması gereken kritere göre</u> hazırlanmalıdır.

- ✓ Çimento miktarının hesaplanmasında beton basınç dayanımı bağıntılarından da yararlanılabilir.

- ✓ Bolomey, Feret, Graf ve Abrams'ın betondaki çimento, su, agrega ve hava miktarları ile beton dayanımları arasındaki ilişkiyi veren formüller beton tasarımında çimento miktarının hesabı için kullanılabilir.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 6. Dayanıklılık Şartlarının Kontrolü

Proje müellifi TS EN 206-1 standardına göre;
•Beton sınıfını,
•S/Ç oranını,
•Çimento dozajını kontrol etmelidir.

Şantiye mühendisi ise;
•İşlenebilirlik,
•S/Ç oranı,
•Çimento miktarı,
•Hava içeriği,
•Çimento türü vb. bilgi ve ölçümlerini kontrol etmelidir.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 8. Agrega miktarının hesaplanması, TS

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{X_1}{\rho_{a1}} + \frac{X_2}{\rho_{a2}} + \ldots + \frac{X_n}{\rho_{an}}}$$

Ortalama agrega yoğunluğu

**Agrega karışım oranları**

Toplam agrega miktarı $M_a = V_a \times \bar{\rho}_a$

# BETON KARIŞIM HESABI

## 9. Agregalardaki nem durumuna göre düzeltmeler

- ✓ Beton agregalarının su ile olan ilişkilerinde <u>ideal hal kuru yüzey doygun</u> konumda olmalarıdır.

- ✓ Beton karışım hesapları <u>bu durum dikkate alınarak</u> yapılmalıdır.

- ✓ Ne var ki şantiyedeki veya santraldeki agregalar çoğu durumda KYD halden daha kuru veya daha ıslaktırlar.
- ✓ Bu fark göz önüne alınarak <u>gerekli düzeltmeler</u> yapılmalıdır.

# BETON KARIŞIM HESABI

## 10. Deneme beton karışımları ve düzeltmeler

- ✓ Hesaplanan beton karışım oranları deneme harmanları oluşturularak kontrol edilmelidir

- ✓ Hesaplar sonucu elde edilen reçeteye göre üretilen taze betonun çökme (veya başka bir işlenebilirlik deney verisi), birim ağırlık, verim ve hava içeriği değerleri ölçülmelidir.

- ✓ Yine taze beton, işlenebilirlik, segregasyon ve perdahlanabilirlik açılarından dikkatlice gözlenerek değerlendirilmelidir.

# YAPI MALZEMESİ

6

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 1: Proje verileri

- ✓ Betonarme yapının kolon ve kirişleri için beton üretilecektir.
- ✓ Proje donma-çözülme riski olmayan bir bölgede yapılacaktır. Hava sürükleyici kullanılmayacaktır.
- ✓ Beton sınıfı C30/37'dir.
- ✓ Taşıyıcı eleman en dar boyutu 30 cm'dir.
- ✓ Paspayı 3,5 cm'dir.
- ✓ Donatılar arası en küçük aralık 4,5 cm'dir.
- ✓ Zararlı çevresel etki yoktur. Ancak çevresel etki sınıfı TS EN206'ya göre XC2 olarak kabul edilecektir.
- ✓ İki tip kırmataş ve doğal kum kullanılacaktır.
- ✓ Çimento tipi CEM I 42,5 'tir.
- ✓ Akışkanlaştırıcı %1 kullanıldığında %16 su azaltabilmektedir.

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## Veriler: Çimento ve agregaların fiziksel özellikleri

| Özellik | I. kırmataş | II. kırmataş | kum |
|---|---|---|---|
| Yoğunluk (gr/cm$^3$)(K.Y.D.) | 2.641 | 2.641 | 2.743 |
| Su emme (%) | 0.8 | 0.8 | 1.2 |
| Döküm günündeki stok nemi (%) | 0.3 | 0.5 | 3.8 |
| Agrega en büyük tane çapı 32 mm'dir. | | | |
| Çimento Yoğunluğu 3.15 kg/dm$^3$'tür. | | | |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## Veriler: Agregaların elek analizleri

✓ Yapılan ön çalışmalar sonucu I. kırmataştan %25, II. kırmataştan %35, kumdan %40 kullanılmasıyla uygun granülometri elde edilmiştir.

| Elek No (mm) | Elekten geçen malzeme, % | | |
|---|---|---|---|
| | kum | I. kırmataş | II. kırmataş |
| 45 | 100 | 100 | 100 |
| 40 | 100 | 100 | 100 |
| 32 | 100 | 100 | 100 |
| 22.4 | 100 | 100 | 40 |
| 16 | 100 | 85 | 5 |
| 11.2 | 100 | 50 | 2 |
| 8 | 100 | 25 | 1 |
| 4 | 90 | 5 | 0 |
| 2 | 75 | 0 | 0 |
| 1 | 55 | 0 | 0 |
| 0.5 | 40 | 0 | 0 |
| 0.25 | 25 | 0 | 0 |
| 0.15 | 10 | 0 | 0 |
| 0.063 | 4 | 0 | 0 |
| Elek altı | 0 | 0 | 0 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: çökme değerinin seçilmesi

**İşçilik ve sıkıştırma koşullarının çok iyi olamayacağı varsayımıyla çökme değeri 10 cm seçilmiştir**

| Yapı elemanları | Çökme değerleri | |
|---|---|---|
| | Maksimum | Minimum |
| Betonarme temel duvarları ve ayaklar | 8 | 3 |
| Donatısız beton temeller, kesonlar ve altyapı duvarları | 8 | 3 |
| Kiriş, kolon, betonarme perdeler, tünel yan ve kemer betonları | 10 | 5 |
| Döşeme betonları | 8 | 3 |
| Tünel taban kaplama betonları | 5 | 2 |
| Baraj kütle betonu | 5 | 2 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Dmaks kontrolü

Verilere göre kullanılacak agreganın en büyük tane büyüklüğü 32 mm'dir. Bu değer;

- Tablodaki en dar boyutu 30 cm olan donatılı betonarme elemanlar için verilen 63 mm değerinden,
- İlgili betonarme elemanların 35 mm kalınlığındaki paspayı tabakasından,
- Projedeki donatılar arası en küçük temiz açıklığın 3/4'ünden (45x3/4= 33.75 mm)

küçük olduğundan kullanımı uygundur

✓ Buraya tablosunu ekle

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

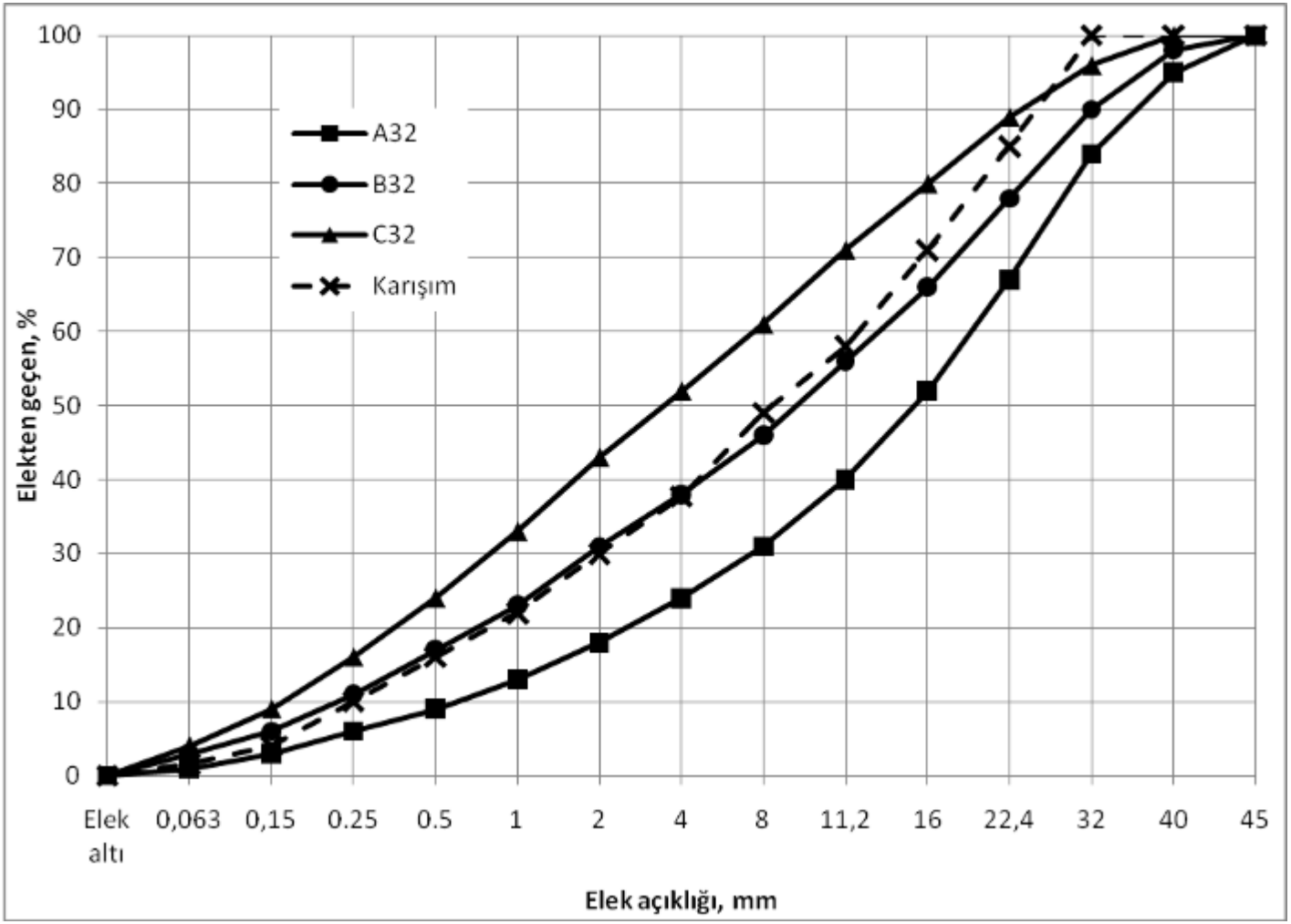
## ÇÖZÜM: Granülometri

**Karışım granülometrisi:**
**I. kırmataştan %25, II. kırmataştan %35, kumdan %40**

| Elek No (mm) | Karışım, elekten geçen %, | İstenen sınır değerler | | |
|---|---|---|---|---|
| | %25 I. kırmataş + %35 II. kırmataş + %40 kum | A32 | B32 | C32 |
| 45 | 100.0 | 100 | 100 | 100 |
| 40 | 100.0 | 95 | 98 | 100 |
| 32 | 100.0 | 84 | 90 | 96 |
| 22.4 | 85.0 | 67 | 78 | 89 |
| 16 | 71.0 | 52 | 66 | 80 |
| 11.2 | 58.0 | 40 | 56 | 71 |
| 8 | 49.0 | 31 | 46 | 61 |
| 4 | 37.8 | 24 | 38 | 52 |
| 2 | 30.0 | 18 | 31 | 43 |
| 1 | 22.0 | 13 | 23 | 33 |
| 0.5 | 16.0 | 9 | 17 | 24 |
| 0.25 | 10.0 | 6 | 11 | 16 |
| 0.15 | 4.0 | 3 | 6 | 9 |
| 0.063 | 1.6 | 1 | 3 | 4 |
| Elek altı | 0.0 | 0 | 0 | 0 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Granülometri



# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

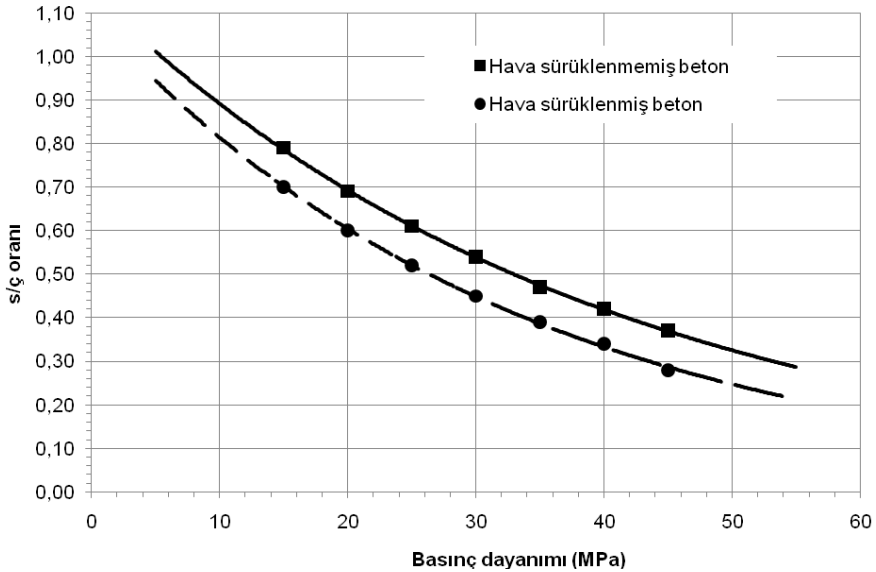
## ÇÖZÜM: Amaç dayanımı

Daha önce bu konuda deneylerle bulunan bir standart sapma değeri olmadığından Tabloya göre: $\Delta = 6\ N/mm^2$ ve $f_{cm} = 36\ N/mm^2$ olarak belirlenir.

| Beton sınıfı | Karakteristik basınç dayanımı, $f_{ck}$ (MPa) | | Hedef basınç dayanımı, $f_{ca}$, (MPa) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Karakteristik silindir 150/300 mm basınç dayanımı | Eşdeğer küp 150x150x150 mm basınç dayanımı | Standart sapma biliniyorsa | Standart sapma bilinmiyorsa | |
| | | | | Silindir 150/300 mm | Küp 150x150x150 mm |
| C14/16 | 14 | 16 | $f_{ca}=f_{ck}+1.48\sigma$ | 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 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: S/Ç oranının belirlenmesi




**36 MPa amaç dayanıma karşı gelen S/Ç oranı enterpolasyon ile 0.46 olarak bulunur.**

**XC2 çevresel etki sınıfı için izin verilen en büyük S/Ç oranı 0.60 olmaktadır.**

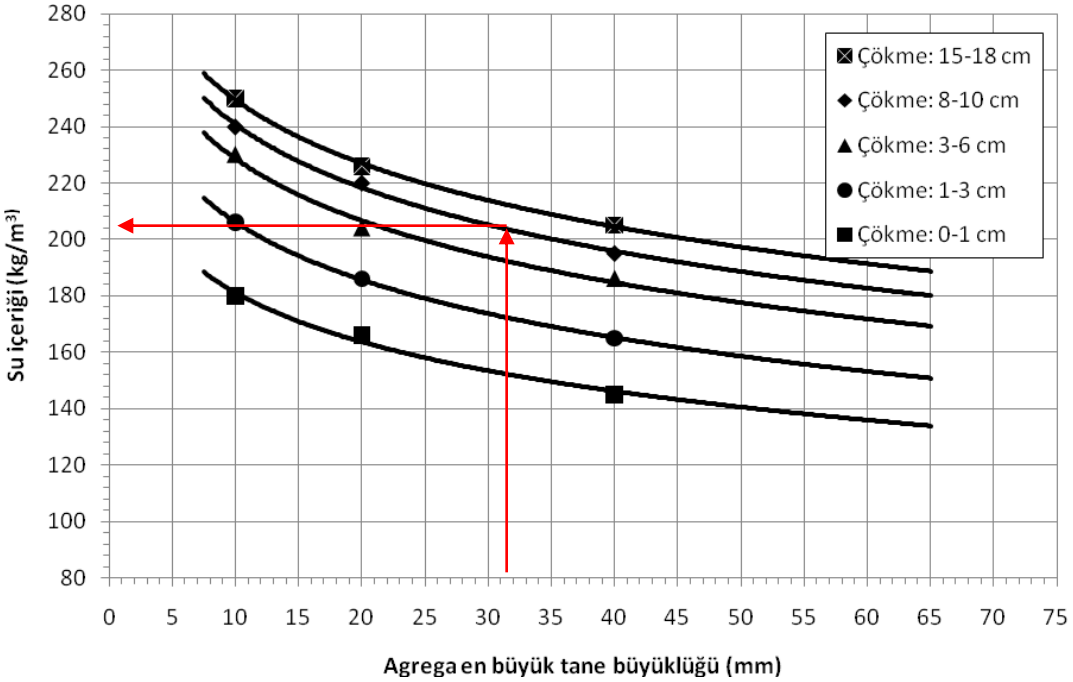
**Sonuç olarak karışımın S/Ç oranı küçük olan değer, yani 0.46 olarak alınacaktır.**

| | Karbonatlaşma nedeniyle korozyon | | | |
|---|---|---|---|---|
| | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 |
| En büyük su/çimento oranı | 0,65 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| En küçük dayanım sınıfı[a] | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C30/37 |
| En az çimento içeriği(kg/m$^3$) | 260 | 280 | 280 | 300 |
| En az hava içeriği (%) | - | - | - | - |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Su miktarının belirlenmesi

**KIRMATAŞ AGREGAYLA KİMYASAL KATKISIZ BETON İÇİN**




**Hava katkısız normal beton için 10 cm çökme değeri ve 32 mm maksimum agrega tane çapına göre karışım suyu 204 kg/m$^3$ okunur.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Su miktarının belirlenmesi

**Süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı çimento ağırlığının %1'i kadar kullanılması halinde karışım suyunu %16 oranında azaltabildiğine göre su miktarı;**

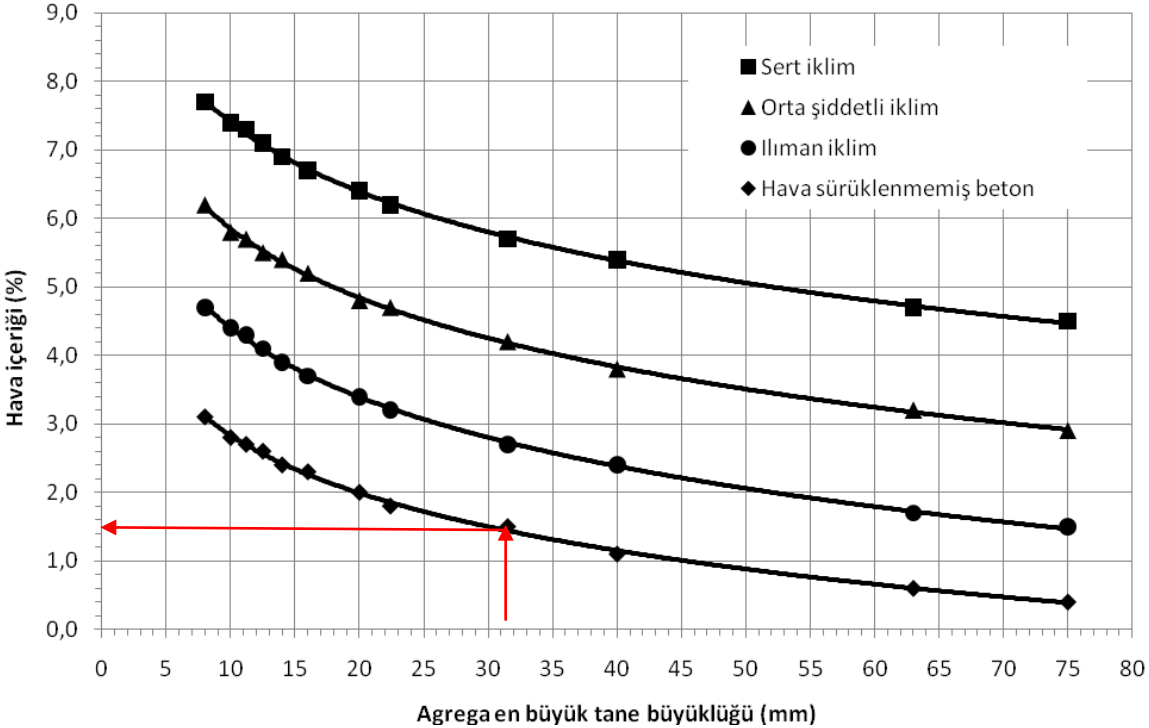
$$S = 204 \times 0.84 = 171.36 \approx 171 \text{ lt olmaktadır.}$$

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Hava miktarının belirlenmesi

**Agrega en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak karışım hesaplarında kullanılacak uygun hava içerikleri grafiğinden tavsiye edilen hapsolmuş hava miktarı %1.5 olarak okunur.**

**Bu değer 1 $m^3$ beton için 0.015 $m^3$ (15 $dm^3$) olmaktadır.**



# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Çimento miktarının belirlenmesi

**Kullanılacak çimento ağırlığı S/Ç oranının bilinen değerine göre hesaplanabilir:**

$$Ç = S / (S/Ç) = 171 / 0.46 = 372 \text{ kg/m}^3$$

**Normal betonarme yapılarda çimento dozajı en az 300 kg/m³ alınır.**

$$C = 372 \text{ kg} > 300 \text{ kg}$$

**Diğer yandan, betonarme elemanlar XC2 çevresel etki sınıfına maruz kalacağından etki sınıflarına göre Tablo 14.6'dan izin verilen en küçük çimento dozajı 280 kg/m³ olmaktadır.**

$$C = 372 \text{ kg} > 280 \text{ kg}$$

| | Karbonatlaşma nedeniyle korozyon | | | |
|---|---|---|---|---|
| | XC1 | | | |
| | 0,65 | XC2 | XC3 | XC4 |
| En büyük su/çimento oranı | C20/25 | 0,60 | 0,55 | 0,50 |
| En küçük dayanım sınıfı[a] | 260 | C25/30 | C30/37 | C30/37 |
| En az çimento içeriği(kg/m³) | - | 280 | 280 | 300 |
| En az hava içeriği (%) | - | - | - | - |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Çimento miktarının belirlenmesi

- ✓ **Not: Su azaltıcı kimyasal katkı kullanılmasaydı, aynı S/Ç oranı ve çökme değeri için gerekli çimento miktarı Ç=S/(S/Ç)=204/0.46= 444 kg/m$^3$ olacaktı. Katkı kullanımı ile 72 kg/m$^3$ çimento tasarrufu yapılmıştır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Akışkanlaştırıcı miktarının belirlenmesi

**Akışkanlaştıcı katkı dozajı çimento ağırlığının %1'i olarak verilmişti. Buna göre akışkanlaştırıcı miktarı;**

**372 x 0.01 = 3.72 kg/m$^3$ olmaktadır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Agrega miktarlarının belirlenmesi

1 $m^3$=1000 $dm^3$=çimento hacmi+su hacmi+hava hacmi+agrega hacmi

Kullanılacak kimyasal katkının hacmi ihmal edilebilir mertebededir. Buna göre agrega dışındaki malzemelerin hacimleri;

| | | |
|---|---|---|
| Çimento hacmi | = 372 / 3.15 | = 118.1 $dm^3$ |
| Su hacmi | = 171 / 1 | = 171 $dm^3$ |
| Hava hacmi | = 1000 x 0.015 | = 15 $dm^3$ |
| Agrega dışı hacimler toplamı | = 118.1+171+15 | = 304.1 $dm^3$ |
| Agrega hacmi | =1000-304.1 | = 695.9 $dm^3$ |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Agrega miktarlarının belirlenmesi

**Ortalama agrega yoğunluğu:**

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{X_1}{\rho_{a1}} + \frac{X_2}{\rho_{a2}} + \ldots + \frac{X_n}{\rho_{an}}}$$

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{0,25}{2,641} + \frac{0,35}{2,641} + \frac{0,40}{2,743}} = 2,681$$

**Toplam agrega kütlesi ise:**

**$M_a = V_a \times \rho_a = 695.9 \times 2.681 = 1866$ kg olmaktadır.**

**Her bir agrega karışım yüzdelerine göre dağıtılır ise:**

| | |
|---|---|
| **I. kırmataş** | **1866 x 0.25 = 467 kg (KYD)** |
| **II. kırmataş** | **1866 x 0.35 = 653 kg (KYD)** |
| **Kum** | **1866 x 0.40 = 746 kg (KYD)** |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: KYD Tasarım

**1 $m^3$ betonun KYD olarak teorik bileşimi:**

| | |
|---|---|
| Çimento | 372 kg |
| Su | 171 kg |
| I. Kırmataş | 467 kg |
| II.kırmataş | 653 kg |
| Kum | 746 kg |
| | |
| Toplam | 2409 kg/$m^3$ |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Nem düzeltmesi

| Özellik | I. kırmataş | II. kırmataş | kum |
|---|---|---|---|
| Yoğunluk (gr/cm$^3$) (kuru) | 2.620 | 2.620 | 2.710 |
| Yoğunluk (gr/cm$^3$)(K.Y.D.) | 2.641 | 2.641 | 2.743 |
| Su emme (%) | 0.8 | 0.8 | 1.2 |
| Döküm günündeki stok nemi (%) | 0.3 | 0.5 | 3.8 |
| Birim Hacim Ağırlık (kg/m$^3$) | 1350 | 1400 | 1630 |

**Stoktaki agregalardan**
**I. ve II. kırmataşlar KYD halden daha kuru,**
**kum ise KYD halden daha nemli durumdadır.**

**Karışım suyu I. ve II. kırmataşlar için bir miktar arttırılmalı,**
**kum için ise bir miktar azaltılmalıdır.**

**I. kırmataş** 467 × (0.008 – 0.003) = 2.335 kg (KYD hal için gerekli su)
**II. kırmataş** 653 × (0.008 – 0.005) = 1.959 kg (KYD hal için gerekli su)
**Kum** 746 × (0.012 – 0.038) = -19.396 kg (KYD halden fazla su)

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Nem düzeltmesi

**Düzeltmelerden sonra reçete aşağıdaki hale gelmektedir.**

| | |
|---|---|
| **Çimento** | **372 kg** |
| **Su** | **171 + 2.335 + 1.959 – 19.396 = 156 kg** |
| **I. kırmataş** | **467 – 2.335 = 465 kg (stok)** |
| **II. kırmataş** | **653 – 1.959 = 651 kg (stok)** |
| **Kum** | **746 + 19.396 = 765 kg (stok)** |
| | |
| **Toplam** | **2409 kg/m$^3$** |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Sonuç durum

KYD ve stok özelliklerine göre beton karışım oranlarının değişimi

| Malzemeler | Kuru yüzey doygun durumdaki karışım (kg) | Stoktaki agreganın günlük nem durumuna göre düzeltilmiş karışım (kg) |
|---|---|---|
| Çimento | 372 | 372 |
| Su | 171 | 156 |
| I. kırmataş | 467 | 465 |
| II. kırmataş | 653 | 651 |
| Kum | 746 | 765 |
| Toplam ($kg/m^3$) | 2409 | 2409 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÇÖZÜM: Sonuç durum

**Son aşamada örnek betonlar dökülüp aşağıdaki kontroller yapılır :**

**1.Taze betonun işlenebilme özelliği araştırılır. Taze betonda birim ağırlık tayini ve çökme (veya diğer işlenebilirlik deneyleri) testleri yapılıp, gerekli su miktarı ve hava boşluğu yüzdesi kontrol edilir.**

**2.Sertleşmiş betonun 7. ve 28. günlerdeki (veya erken ve ileri yaşlardaki) dayanımları araştırılır. Bulunan sonuçlara göre, gereğinde karışım yeniden ayarlanır.**

**Olumsuz sonuçlara göre gerekli düzeltmeler yapılır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: Veriler:

- ✓ Betonarme bir yapıda C25/30 sınıfı beton kullanılacaktır. Üretim yeni başlamış olup, henüz standart sapma mevcut değildir. Amaç dayanım hesabı için $\Delta$=6 N/mm$^2$ alınacaktır. Çevresel etki sınıfları ile ilgili bir değerlendirme yapılmayacaktır. Betonun hava içeriği %1.5 alınacaktır.

- ✓ Çimento tipi CEM I 42,5'tir (Özgül ağırlık: 3,1).

- ✓ Karışımda kullanılacak agregaların fiziksel özellikleri ve elek analizleri bir sonraki sayfada Tablolarda verilmiştir. Elek analizleri ile yapılan ön çalışmalar sonucu I.Mıcır %35, II. Mıcır %25, ince agrega (kum) %40 oranında karıştırılması ile en uygun tane boyut dağılımı elde edilmiştir.

- ✓ Karma suyu miktarının hesabında, agrega karışımının incelik modülüne bağlı olan S=$\alpha$(10-k) bağıntısı kullanılacaktır. Taze beton plastik kıvamda olacaktır.

- ✓ Çimento miktarının saptanması için Graf formülünden yararlanılması istenmektedir. Formüldeki $f_c$ amaç dayanım, $f_{cc}$ ise çimento sınıf dayanımıdır. $K_G$=4 alınacaktır.

$$f_c = \frac{f_{cc}}{K_G}\left(\frac{C}{S}\right)^2$$

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: Veriler:

- ✓ **Beton aşağıda özellikleri yazılı iki farklı boyutlu kırmataş (Kırmataş I ve II) ve ince agrega kullanılacaktır. Malzemelerin aşağıda verilmeyen diğer tüm özellikleri (organik madde içeriği gibi) beton üretimi için uygundur.**
- ✓ **Agrega en büyük tane çapı için yapı elemanlarının boyutları ve donatı açıklığı ile ilgili kontroller yapılmış olup, $D_{maks}$=32 mm alınacaktır.**

| Elek açıklığı (mm) | Elekten geçen malzeme (%) | | |
|---|---|---|---|
| | I. kırmataş | II. kırmataş | İnce agrega |
| 32 | 100 | 100 | 100 |
| 16 | 10 | 85 | 100 |
| 8 | 4 | 20 | 92 |
| 4 | 0 | 5 | 81 |
| 2 | 0 | 0 | 56 |
| 1 | 0 | 0 | 32 |
| 0,5 | 0 | 0 | 24 |
| 0,25 | 0 | 0 | 12 |

| Özellik | I. kırmataş | II. kırmataş | İnce agrega |
|---|---|---|---|
| K.Y.D. Yoğunluk (g/cm$^3$) | 2,64 | 2,64 | 2,74 |
| Su emme (%) | 0,8 | 0,8 | 1,2 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: Veriler:

- ✓ Yukarıda sıralanan veriler yardımı ile 1 $m^3$ beton üretimi için gerekli malzeme miktarlarını agregaların kuru yüzey doygun konumda olduğu durum için hesaplayınız (Not: Sahadaki agrega durumu için herhangi bir nem düzeltmesi istenmemektedir).

**ÇÖZÜM**

1. Karma suyu hesabı → Uygun işlenebilirlik için agrega tane dağılımını da dikkate alan $S=\alpha(10-k)$ bağıntısı
2. Çimento miktarı hesabı → Amaç dayanım ve çimento tipini dikkate alan Graf Formülü
3. Çimento hamuru hacmi hesabı ve gerekli agrega hacminin belirlenmesi
4. Agrega ağırlıklarının belirlenmesi

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: ÇÖZÜM

**İlk aşamada agregaların karışımının granülometri değerleri hesaplanır ve elekte kalan yığışımlı agrega miktarları kullanılarak karışımın incelik modülü (k) hesaplanır. Bu değer karma suyu hesabında kullanılacaktır.**

| Elek Açıklığı (mm) | %35 (I. kırmataş) + 0,25 (II. kırmataş) + 0,40 (ince a.) | Elekte Kalan (%) |
|---|---|---|
| | Elekten Geçen (%) | |
| 32 | 100(0,35)+100(0,25)+100(0,40)= 100 | 0 |
| 16 | 0(0,35)+85(0,25)+100(0,40)= 64,75 | 35,25 |
| 8 | 4(0,35)+20(0,25)+92(0,40)= 43,20 | 56,80 |
| 4 | 0+5(0,25)+81(0,40)= 33,65 | 66,35 |
| 2 | 0+0+56(0,40)= 22,40 | 77,60 |
| 1 | 0+0+32(0,40)= 12,80 | 87,20 |
| 0,5 | 0+0+24(0,40)= 9,6 | 90,40 |
| 0,25 | 0+0+12(0,40)= 4,8 | 95,20 |
| | | Toplam= **508,8** |
| **İncelik Modülü** | k= **508,8**/100=**5,09** | |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: ÇÖZÜM

**1. Karma suyu hesabı** S=α(10-k)

**Beton kitabı S:636 Tablo 15.6'dan α=37 alınır.**

S=α(10-k)= 37(10-5,09)=181,67 lt ➔ 182 lt alınır.

| Beton Kıvamı | Dere Kumu ve Çakıl | Dere Kumu ve Mıcır | Deniz Kumu ve Mıcır |
|---|---|---|---|
| *Kuru* | 28 - 30 | 33 | 37 |
| *Plastik* | 31 - 33 | 37 | 40 |
| *Akıcı* | 36 - 40 | 43 | 47 |

**2. Çimento miktarının saptanması**

$$f_c = \frac{f_{cc}}{K_G}\left(\frac{C}{S}\right)^2$$

Formüldeki $f_c$, amaç dayanımı yerine 25+Δ alınması gerekir. Δ=6 olarak verilmiştir. $K_G$=4 alınacaktır. $f_{cc}$ çimentonun standart dayanımı olup 42,5 N/mm$^2$ olarak alınmalıdır. Bu değerler formülde yerine konulsun.

$$31 = \frac{42.5}{4}\left(\frac{C}{182}\right)^2 \longrightarrow C = 311\, kg/m^3$$

**Genel kural olarak minimum 300 kg/m$^3$ çimento dozajı koşulu sağlanmıştır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: ÇÖZÜM

**3. Çimento hamuru hacminin hesaplanması**

1 $m^3$= 1000$dm^3$= çimento hacmi+su hacmi+hava hacmi+agrega hacmidir.

$$Çimento\ hamuru\ hacmi = \frac{311}{3.1} + \frac{182}{1} + 15 = 297 dm^3$$

$$Agregaların\ hacmi = 1000 - 297 = 703 dm^3$$

**Agregaların ağırlıklı ortalama KYD özgül ağırlığı:**

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{X_1}{\rho_{a1}} + \frac{X_2}{\rho_{a2}} + \ldots + \frac{X_n}{\rho_{an}}} = \frac{1}{\frac{0,35}{2,64} + \frac{0,25}{2,64} + \frac{0,40}{2,74}} = 2,68$$

$$Agregaların\ toplam\ ağırlığı = 703 \times 2,68 = 1884 kg$$

**4. Agregaların KYD ağırlıkları**

I. kırmataş: 1884*0,35= 659 kg

II. kırmataş: 1884*0,25=471 kg

İnce agrega: 1884*0,40=754 kg

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 2: ÇÖZÜM

**SONUÇ: 1 M³ BETON ÜRETİMİ İÇİN GEREKLİ MALZEME MİKTARLARI**

| | |
|---|---|
| Çimento | 311 |
| Su | 182 |
| I. kırmataş (KYD) | 659 |
| II. kırmataş (KYD) | 471 |
| İnce agrega (KYD) | 754 |
| **Toplam:** | 2377 |

- ✓ **Bulunan teorik değerlerle beton dökülüp taze betonun çökme değeri, birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı kontrol edilerek gerekli düzeltmeler yapılır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: Veriler:

- ✓ Şiddetli derecede sülfat içeren bir zemin üzerinde (TS EN 206'ya göre XA3 sınıfı etki) betonarme istinat duvarı inşa edilecektir. İstinat duvarı ön projelendirme hesaplarında beton kalitesi için C25/30 sınıfı yeterli bulunmuştur. Bölgede don riski yoktur.

- ✓ Donatı durumu ve kalıp boyutları dikkate alındığında betonun çökme değerinin 15 cm ve $D_{maks}$=32 mm olması öngörülmüştür. Beton yapımında kullanılacak malzemelerin fiziksel özellikleri ve şantiye stok sahasındaki agregaların nem durumları deneylerle saptanmış ve bir sonraki slaytta tablo halinde verilmiştir.

- ✓ Malzemelerin diğer özelliklerinin beton üreticisi için uygun olduğu bilindiğine göre, 1m$^3$ istenen kalitede beton üretebilmek için gereken malzeme miktarlarını şantiye stok sahasındaki agregaların nem durumları dikkate alarak hesaplayınız.

- ✓ Beton sağlayıcısı hazır beton santralinin ürettiği beton dayanım sınıflarına göre standart sapma değerleri (silindir örnekler için) yandaki tabloda verilmiştir. ($f_{ca}=f_{ck}+1.48\sigma$)

Hedef basınç dayanımı  Sınıf dayanımı

| Beton sınıfı | Standart sapma (MPa) |
|---|---|
| C20/25 | 2.3 |
| C25/30 | 2.6 |
| C30/37 | 3.2 |
| C35/45 | 3.4 |
| C40/50 | 3.6 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: Veriler:

| MALZEME | YOĞUNLUK KURU ($g/cm^3$) | YOĞUNLUK KYD ($g/cm^3$) | SU EMME (%) | KARIŞIMDAKİ ORANI* (%) | ŞANTİYEDEKİ NEM DURUMU (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| İRİ MICIR | 2,65 | 2,67 | 0,85 | 37 | 1,5 |
| İNCE MICIR | 2,67 | 2,69 | 0,9 | 23 | 2 |
| İRİ KUM | 2,73 | 2,76 | 1,1 | 25 | 3 |
| İNCE KUM | 2,69 | 2,73 | 1,4 | 15 | 5 |
| * En büyük tane boyutu 32 mm olan ideale yakın granülometrideki karışım oranları | | | | | |
| **ÇİMENTO** | 3,09 | **TİP:** SÜLFATA DAYANIKLI (SDÇ 42,5) | | | |

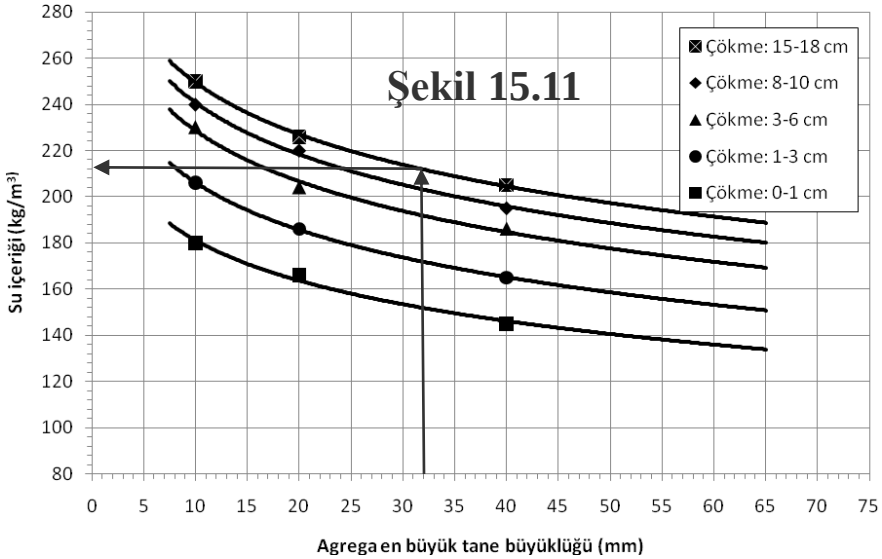
- ✓ **Çimento ağırlığının %1.2'si oranında kullanıldığında %20 su azaltabilen bir süperakışkanlaştırıcı kullanılması düşünülmektedir.**

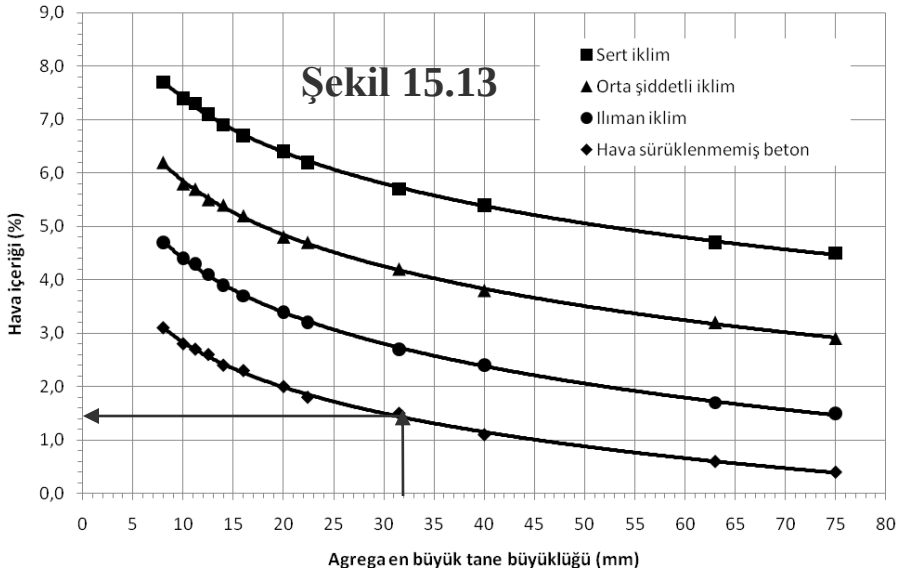
# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**1. Seçilen $D_{maks}$ ve çökme değerleri için karma suyunun ve hava içeriğinin tespiti**

| KULLANILAN GRAFİK | OKUNAN DEĞER |
|---|---|
| Şekil 15.11<br>Şekil 15.13 | 15 cm çökme ve ideal granülometri ➔ S=212lt<br>Hava içeriği=%1,5 |



# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**Süperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı çimento ağırlığının %1.2'si kadar kullanılması halinde karışım suyunu %20 oranında azaltabildiğine göre su miktarı;**

**S = 212×0.80 = 170 lt olmaktadır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**2. Dayanım ve dayanıklılık şartları dikkate alınarak amaç dayanımın tespiti**

- ✓ **İstinat duvarı ön projelendirme çalışmalarında beton kalitesinin C25/30 sınıfında olması yeterli bulunmuştu.**
- ✓ **Ancak şiddetli sülfat etkisi nedeniyle TS EN206 tablosundan XA3 için minimum beton sınıfı C35/45'dir.**
- ✓ **SEÇİM: C35/45 sınıfı beton üretilmelidir.**

**Tablo 14.6 (S:600)**

| | Etki Sınıfları (Tablo 10.5) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok | Karbonatlaşma nedeniyle korozyon | | | | Klorürün sebep olduğu korozyon | | | | | | Donma/çözülme etkisi | | | | ZARARLI KİMYASAL ORTAM [C] | | |
| | | | | | | Deniz suyu | | | Deniz suyu haricinde klorür | | | | | | | | | |
| | 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[a] | C16/20 | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C35/45[a] | 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 [b] | 4,0 [b] | 4,0 [b] | - | - | - |
| Diğer şartlar | | | | | | | | | | | | Pr EN 12620 : 2000'e uygun donma/çözülme dayanıklılığına sahip agrega | | | | Sülfatlara dayanıklı çimento | | |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**3. Dayanım ve dayanıklılık şartları dikkate alınarak hedef basınç dayanımının tespiti**

- ✓ **C35/45 sınıfı beton için amaç dayanım: $f_{ca}$=35+1.48*3.4= <u>40 MPa</u>**
- ✓ **Standart sapma: s=3.4 MPa (silindir örnekler için hazır beton sağlayıcının tablosundan alınmıştır.)**

**Tablo 15.8**

| Beton sınıfı | Karakteristik basınç dayanımı, $f_{ck}$ (MPa) | | Hedef basınç dayanımı, $f_{ca}$, (MPa) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Karakteristik silindir 150/300 mm basınç dayanımı | Eşdeğer küp 150x150x150 mm basınç dayanımı | Standart sapma biliniyorsa | Standart sapma bilinmiyorsa | |
| | | | | Silindir 150/300 mm | Küp 150x150x150 mm |
| C14/16 | 14 | 16 | $f_{ca}=f_{ck}+1.48\sigma$ | 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 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**5a. Dayanım açısından S/Ç oranı seçimi:** Amaç dayanım 40 MPa hava sürüklenmemiş beton için Tablo 15.7'den S/Ç=0.42 seçilir.

**Tablo 15.7**

| 28. günlük basınç dayanımı, MPa | S/Ç oranı (ağırlıkça) | |
|---|---|---|
| | 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 |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**5b. Dayanıklılık açısından S/Ç oranı seçimi:** XA3 çevresel etki sınıfı için S/Ç=0.45 olarak tablodan okunur.

**Tablo 14.6 (S:600)**

| | Etki Sınıfları (Tablo 10.5) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok | Karbonatlaşma nedeniyle korozyon | | | | Klorürün sebep olduğu korozyon | | | | | | Donma/çözülme etkisi | | | | ZARARLI KİMYASAL ORTAM [C] | | |
| | | | | | | Deniz suyu | | | Deniz suyu haricinde klorür | | | | | | | | | |
| | 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[a] | C16/20 | 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 [b] | 4,0 [b] | 4,0 [b] | - | - | - |
| Diğer şartlar | | | | | | | | | | | | Pr EN 12620 : 2000'e uygun donma/çözülme dayanıklılığına sahip agrega | | | | Sülfatlara dayanıklı çimento | | |

**5c. Dayanım (0.42) ve dayanıklılık (0.50) şartları dikkate alınarak seçilen minimum S/Ç oranı: 0.42**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**6. Çimento miktarının hesabı ve çevresel etki sınıfı limiti ile kontrolü:**

S/Ç=0,42 ve S=170 lt ➔ 0,42=170/C C=405kg > **360 kg/m$^3$ XA3 çevresel etki sınıfı min. çimento dozajı**

- ✓ **Eğer süperakışkanlaştırıcı kullanılmasaydı, aynı su/çimento oranı (0.42) için aynı çökme değerinde gerekli su miktarı 212 lt olacaktı. Bu durumda hesaplanacak çimento dozajı 505 kg/m$^3$'tür. Katkı kullanımı ile 100 kg/m$^3$ çimento tasarrufu sağlanmıştır.**

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

| | | | |
|---|---|---|---|
| Çimento Hacmi | = 405/3,09 | = 131 $dm^3$ | Agrega dışı hacimler toplamı = 316 $dm^3$ |
| Su hacmi | = 170/1 | = 170 $dm^3$ | |
| Sıkışık hava hacmi | = %1,5 | = 15 $dm^3$ | |

Toplam Agrega Hacmi= 1000 $dm^3$ – 316 $dm^3$= 684 $dm^3$

**Agregaların ağırlıklı ortalama KYD özgül ağırlığı:**

$$\overline{\rho}_a = \frac{1}{\frac{X_1}{\rho_{a1}} + \frac{X_2}{\rho_{a2}} + \ldots + \frac{X_n}{\rho_{an}}} = \frac{1}{\frac{0,37}{2,67} + \frac{0,23}{2,69} + \frac{0,25}{2,76} + \frac{0,15}{2,73}} = 2,71$$

***Agregaların toplam ağırlığı*** $= 684 \times 2,71 = 1854\,kg$

**Agregaların KYD ağırlıkları**

İri mıcır: 1854*0,37= 686 kg

İnce mıcır: 1854*0,23= 426 kg

Kum (iri): 1854*0,25= 464 kg

Kum (ince): 1854*0,15= 278 kg

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

**Şantiyedeki mevcut nem durumu için düzeltmeler**

| | | |
|---|---|---|
| İri mıcır 686*(1,0150-1,0085) | = 4,5 l su (690,5 kg) | Σ 28 lt fazladan su |
| İnce mıcır 426*(1,0200-1,0090) | = 4,7 l su (430,7 kg) | |
| Kum (iri) 464*(1,0300-1,0110) | = 8,8 l su (472,8 kg) | |
| Kum (ince) 278*(1,0500-1,0140) | = 10,0 l su (288,0 kg) | |
| Su 170-28 | = 142 lt | |

# ÖRNEK KARIŞIM HESABI

## ÖRNEK 3: ÇÖZÜM

### 1 M³ BETON ÜRETİMİ İÇİN GEREKLİ MALZEME MİKTARLARI

(Agregalar KYD)

| | |
|---|---|
| Çimento | 405 |
| Su | 170 |
| İri mıcır (KYD) | 686 |
| İnce mıcır (KYD) | 426 |
| Kum (iri) (KYD) | 464 |
| Kum (ince) (KYD) | 278 |
| **Toplam:** | 2429 |

(Agregalar stok neminde)

| | |
|---|---|
| Çimento | 405 |
| Su | 142 |
| İri mıcır (stok nemi) | 690,5 |
| İnce mıcır (stok nemi) | 430,7 |
| Kum (iri) (stok nemi) | 472,8 |
| Kum (ince) (stok nemi) | 288,0 |
| **Toplam:** | 2429 |

- ✓ **Bulunan teorik değerlerle beton dökülüp taze betonun çökme değeri, birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı kontrol edilerek gerekli düzeltmeler yapılır.**

# MİNERAL KATKILI BETONLARDA KARIŞIM HESABI

# BETON KARIŞIM HESABI

MİNERAL KATKILAR BETONDA İKİ ŞEKİLDE KULLANILIR:

- AGREGA OLARAK

AGREGA OLARAK KULLANILMASI DURUMUNDA AGREGALARIN MİKTARININ BELİRLENMESİ İLE AYNI PROSEDÜR KULLANILIR (BELİRLİ BİR HACMİ DOLDURACAK MALZEME MİKTARI YOĞUNLUK KULLANILARAK HESAPLANIR).

- BAĞLAYICI MADDE OLARAK

BAĞLAYICI MADDE OLMASI DURUMUNDA İSE BELİRLİ BİR ETKİNLİK FAKTÖRÜ İLE DEĞERLENDİRMEK GEREKİR (K DEĞERİ KAVRAMI).

# BETON KARIŞIM HESABI

## k değeri kavramı

k-değeri kavramı mineral katkı içeren betonlarda iki amaç için kullanılır:

- beton karışımının "su/çimento oranı" yerine "su/(çimento + k×mineral katkı) oranı"nın belirlenmesi
- en az çimento dozajı şartlarının sağlanmasındaki hesaplarda kullanılması

# BETON KARIŞIM HESABI

## k değeri kavramı

UÇUCU KÜL İÇİN

CEM I → (uçucu kül / çimento) ≤ 0.33
CEM II/A 32,5 → (uçucu kül / çimento) ≤ 0.17
CEM II/A 42,5 → (uçucu kül / çimento) ≤ 0.25
CEM II/B 42,5 → (uçucu kül / çimento) ≤ 0.11

CEM I 32,5 ve CEM II/A 32,5 için k=0.2
CEM I 42,5, CEM II/A 42,5, CEM II/B 42,5 ve daha yüksek sınıf için k=0.4

SİLİS DUMANI İÇİN

(silis dumanı/çimento) ≤ 0.11

CEM I tipi çimento için k=2.0

# YAPI MALZEMESİ

# TAZE BETONDAN ÖRNEK ALMA

# TAZE BETONDAN ÖRNEK ALMA

# TAZE BETONDAN ÖRNEK ALMA

# TAZE BETONDAN ÖRNEK ALMA

# TAZE BETONDAN ÖRNEK ALMA

# ÖRNEK ŞEKLİ ve BOYUTLARI

- **ÖRNEK ŞEKLİ VE BOYUTLARI**

**STANDART SİLİNDİR 15x30 cm**

**h/d ORANI=2.0**

**15 cm AYRITLI KÜP**

- ✓ Daha küçük boyutlu malzemenin basınç dayanımı daha büyük olacaktır.
- ✓ Ayrıca örnek küp olursa dayanımı daha yüksek olacaktır. (narinlik etkisinden dolayı)

- $\sigma_{silindir(15/30)} \sim 0.80\ \sigma_{KÜP\ (15*15*15)}$

# ÖRNEK ŞEKLİ ve BOYUTLARI

- **ÖRNEK ŞEKLİ VE BOYUTLARI**

## C30/37

**İkisi de aynı beton ile üretilmiş**

**28 günlük Basınç dayanımı 30 Mpa olan Standart silindir**

**28 günlük Basınç dayanımı 37 Mpa olan 15 cm ayrıtlı küp**

# TAZE BETONDAN ALINACAK ÖRNEK SAYISI

# ÖRNEK SAYISI TS EN 206-1

- ✓ Kullanıcı açısından belirli bir hacimdeki betonun tanımlanmasında kullanılacak **BETON HACMİ**, aşağıdaki gibi belirlenmelidir:

- ✓ Binanın her katı için veya binanın bir katının kirişler/döşemeler grubu veya kolonlar/perdeler grubu veya diğer yapıların benzer kısımları için teslim edilen beton miktarı.

- ✓ Şantiyeye bir haftada teslim edilen 400 m3'den fazla olmayan beton miktarı.

- ✓ Kaliteyle ilgili şüphe varsa tek harman veya tek yük miktarları,

# ÖRNEK SAYISI TS EN 206-1

## İMALAT KONTROL BELGELİ İMAL EDİLEN BETON

- ✓ **Her tek dayanım deney sonucu ve "n" adet örtüşmeyen ayrı deney sonuçlarının ortalaması aşağıda tarif edilen şartları sağlaması halinde ilgili gruba ait kabul edilir.**

| Belirli hacimdeki betondan elde edilen deney adedi "n" | 1. Kriter | 2. Kriter |
|---|---|---|
| | "n" adet deney sonucu ortalaması ($f_{cm}$) $N/mm^2$ | Herhangi tek deney sonucu ($f_{ci}$) $N/mm^2$ |
| 1 | Uygulanamaz | $\geq f_{ck}-4$ |
| 2 – 4 | $\geq f_{ck}+1$ | $\geq f_{ck}-4$ |
| 5 - 6 | $\geq f_{ck}+2$ | $\geq f_{ck}-4$ |

- ✓ **Deney sonuçlarının, en büyüğü ile en küçüğü arasındaki fark, aritmetik ortalamanın %15 'inden daha fazla ise, deney sonucunun herhangi birisinin atılması için kabul edilebilir sebep görülmesi hariç, deney sonuçları geçersiz sayılır.**

# ÖRNEK SAYISI TS EN 206-1

## İMALAT KONTROL BELGESİZ İMAL EDİLEN BETON

- ✓ **Belirlenen hacimdeki betondan, deneyler için en az 3 adet deney sonucu oluşturacak numune alınmalıdır. Aşağıdaki iki kriterin sağlanması halinde beton gruba ait kabul edilir :**

1. Kriter : $f_{cm} \geq f_{ck}+4$ (N/mm$^2$)

2. Kriter : $f_{ci} \geq f_{ck}-4$ (N/mm$^2$)

$f_{cm}$ : Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması

$f_{ci}$ : Herhangi bir tek deney sonucu

# ÖRNEK SAYISI TS EN 206-1

## TAZE BETONDAN ALINACAK NUMUNE SAYISI-TS EN 206

| İmalât | En az numune alma sıklığı | | |
|---|---|---|---|
| | İmalâtın ilk 50 $m^3$' ü | İlk 50 $m^3$' den sonraki imalât [a] | |
| | | İmalât kontrol belgesi olan beton | İmalât kontrol belgesi olmayan beton |
| Başlangıç (35 deney sonucu elde edilinceye kadar) | **3 numune** | 1 numune/200 $m^3$ veya 2 numune/1 haftalık imalât | 1 numune/150 $m^3$ veya 1 numune/1 günlük imalât |
| Sürekli [b] (35 deney sonucu elde edildikten sonraki) | | 1 numune/400 $m^3$ veya 1 numune/1 haftalık imalât | 1 numune/1 günlük imalât |

[a] Numune bütün imalâta yayılarak alınmalı ve her 25 $m^3$ beton hacmi için 1'den fazla olmamalıdır.
[b] 15 adet deney sonucunun standard sapmasının 1.37 σ 'yı geçmesi durumunda numune alma sıklığı, daha sonraki 35 deney sonucu elde edilinceye kadar, başlangıç imalâtı için gerekli olan sıklığa çıkarılmalıdır.

# ÖNERİMİZ

**HER ÜRETİM BİRİMİ**

↓

**EN AZ 9 Küp veya Silindir Örnek**

↓

**Bir gün kalıpta bekleme (olumsuz koşullardan, güneş, rüzgar vb.) korunmalı**

↓

**Deney gününe kadar kür**

23 ±2 C sıcaklıkta , kirece doygun su içinde veya en az %95 bağıl nemdeki ortamda saklanmalıdır

↓

**7 Günlük Deneyler** | **28 Günlük Deneyler** | **Yedek**

↓

**NİTELİK DENETİMİ : KARIŞIMIN POTANSİYEL DAYANIMI**

# ÖRNEK SAYISI TS EN 206-1

**BETONUN YAPIDAKİ KOŞULLARDA DAYANIM GELİŞİMİNİN TAKİBİ**

↓

**HER ÜRETİM BİRİMİ**

↓

**YETERLİ SAYIDA Küp veya Silindir Örnek**

↓

**Bir gün kalıpta bekleme (yapıdaki betonla aynı şartlarda)**

↓

**Deney gününe kadar yapıda kür**
(Yapıdaki betonla aynı şartlarda)

↓

**Deney sonuçları kalıp alma sürelerinin tayininde, yapıya uygulanan kür (bakım) yönteminin etkinliğini belirlemede vb. amaçla kullanılabilir**

Dokuz Eylül Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü

İNŞ2024 YAPI MALZEMESİ II

# BETON KARIŞIM HESABI

✓ Prof. Dr. Halit YAZICI

✓ http://halityazici-deu.com