

ÖRNEK 3. Beton karışım tasarım hesapları

- 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 aşağıdaki tabloda 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) aşağıdaki tabloda verilmiştir. ($f_{ca}=f_{ck}+1.28\sigma$)

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

Çimento ağırlığının %1,'i kullanıldığında %20 su azaltabilen bir süperakışkanlaştırıcı kullanılması düşünülmektedir.

malzeme	Yoğunluk Kuru (g/cm ³)	Yoğunluk KYD (g/cm ³)	Su emme (%)	Karışımdeki oranı (%)	Şantiyedeki nem durumu (%)
İRİ MICİR	2,65	2,67	0,85	37	1,5
İNCE MICİR	2,67	2,69	0,90	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 İDEALE YAKIN GRANÜLOMETRİDEKİ KARIŞIM ORANLARI					
ÇİMENTO	3,09	TİP: SÜLFATA DAYANIKLI (sdç 42,5)			

TSE - BETON KARIŞIM HESAPLARI ŞEMASIİsim Soyisim: **örnek 3**

Numara:

1. Verilenler:

- Yapı türü:..B/A istinat duvarı.....
- Çevresel etki: ..sülfatlı zemin XA3 (don riski yok).....
- Beton sınıfı:.....C25/30-C35/45
- Yapı elemanı boyutları: belli değil.....
- Paspayı: . belli değil..... mm
- Donatı arası detayı: .. belli değil.....mm
- Agrega türü ve fiziksel özellikleri (D_{maks} , elek analizleri, granülometri eğrileri, karışım detayları, nem özellikleri, yoğunlukları):
Dmaks 32 mm; kuru yoğunluklar: ince mıcır 2,65, iri mıcır 2,67, iri kum 2,73, ince kum 2,69; KYD yoğunluklar: ince mıcır 2,67, iri mıcır 2,69, iri kum 2,76, ince kum 2,73; su emme (%): ince mıcır 0,85, iri mıcır 0,90, iri kum 1,1, ince kum 1,4; şantiye stok nemi (%): ince mıcır 1,5, iri mıcır 2, iri kum 3, ince kum 5.
- Agraga Karışım oranları (%): ince mıcır 37, iri mıcır 23, iri kum 25, ince kum 15
- Çimento tipi (sınıfı ve yoğunluğu): SDC 42,5 (3,09)
- Katkı bilgisi (katkı kullanılacak ise): superakışkanlaştırıcı (%1,2 çimento ağırlığı), %20 su azaltıcı).

2. Çözüm

- Çökme değeri seçimi** (Bilinen: Yapı elemanı türü, Tablo 1): 150 mm (soruda verilmiş)

- D_{max} kontrolü** (Bilinen: yapı elemanı en dar boyutu, Tablo 2): soruda 32 mm olması istendi

Aşağıdaki değerleri bul ve Tablo 2'den okunan değer ile kıyasla. En küçük olanı seç.

<kalıp genişliği/5: mm
 <döşeme kalınlığı:..... mm
 <3xdonatı arası mesafe/4: mm
 <net pas payı:..... mm
 <Pompa borusu iç çapı/3:mm

Seçilen D_{maks} : ~~8 / 16 / 20 / 25 / 32 / 63~~ mm

- Agrega karışım granülometri kontrolü** (aşağıdakilerden uygun olanı kullanınız):

Şekil 1a (D_{maks} 8 mm):

Şekil 1b (D_{maks} 16 mm):

Şekil 1c (D_{maks} 32 mm): uygun (soruda verilmiştir)

Şekil 1d (D_{maks} 63 mm):

Şekil 2a (ince agregalı pompa betonu):

Şekil 2b (D_{maks} 22,5 pompa betonu):

Şekil 2c (D_{maks} 31,5 pompa betonu):

- Amaç (hedef) silindir basınç dayanımı belirlenmesi** (Tablo 5):

Karakteristik silindir basınç dayanımı (f_{ck}):.....35.....MPa

Standart sapma (biliniyorsa yazınız):.....3,4..(soruda verilmiş).....MPa

Hedef Silindir Basınç Dayanımı: $f_{ca} = f_{ck} + 1,28 \times (\text{standart sapma}) = 35 + (1,28 \times 3,4) = 40$MPa

Hedef Silindir Basınç Dayanımı (standart sapma bilinmiyorsa, Tablo 5) =MPa

- Su-çimento oranı belirlemesi** (limitler ile karşılaştırıp en küçük değerini seçimi):

Şekil 5 (hedef basınç dayanımı değeri kullanılarak): $s/\varphi = 0,42$

Tablo 4 (ortam şartı biliniyorsa): $s/\varphi = 0,45$

Seçilen (küçük olan) s/φ oranı: 0,42.....

6. **Su miktarının belirlenmesi (aşağıdakilerden uygun olanı kullanınız):**

Tablo 3 (beton kıvamı ve agregaya türü biliniyorsa): kg/m³

Şekil 3a (doğal agregaya ile yapılmış kimyasal katkısız beton):..... kg/m³

Şekil 3b (doğal agregaya ile yapılmış akışkanlaştırıcı katkısız hava sürüklenmiş beton):..... kg/m³

Şekil 3c (kırmataş agregaya ile yapılmış kimyasal katkısız beton): **212 (%1 katkı ile %20 su azaltılabilir) 212x0,8=170**..... kg/m³

Şekil 3d (kırmataş agregayla yapılmış akışkanlaştırıcı katkısız hava sürüklenmiş beton): kg/m³

7. **Hapsolmuş hava miktarı belirlenmesi (Şekil 4): **.1,5**.....%**8. **Çimento miktarı belirlenmesi (su çimento oranı ve su miktarı kullanılarak) ve sınırlama varsa kontrol edilmesi (Tablo**

4):...Ç=S/(s/ç): **170/0,42=405**..... kg/m³

En az kullanılması gereken çimento miktarı:..**360 (Tablo 4, XA3 için en az miktar)**.....kg/m³

En fazla kullanılması gereken çimento miktarı:..... kg/m³

Çimento miktarı (sonuç)..... 405..... kg/m³

9. **Katkı miktarı (varsa) belirlenmesi (çimento miktarı yüzdesi olarak): **%1x405=4,05**..... kg/m³**10. **Agrega hacminin belirlenmesi (beton hacmi 1 m³ kullanılarak):**

Agrega Hacmi = 1 – (su hacmi+çimento hacmi+hava hacmi): 1-(170/1000 + 405/3090 + 1,5/100) = 1-

(0,17+0,131+0,015)=**0,684**.....m³

11. **Agrega (kum, çakıl) miktarının (kg/m³) belirlenmesi (KYD):**

Aşağıdaki ilişki kullanılarak bulunur:

$$P_{av} = (1)/[X_1/P_{a1} + X_2/P_{a2} + \dots + X_n/P_{an}] ; \quad M_a = V_a (P_{av})$$

P_{av} : Ortalama Özgül ağırlık; X: Agregaya karışım oranı (%); P_a: Agregaya özgül ağırlığı; M_a: ortalama agregaya miktarı:

V_a : Karışım içerisindeki toplam agregaya hacmi.

Hesaplamalar:

$$P_{av} = [1]/[0,37/2670 + 0,23/2690 + 0,25/2760 + 0,15/2730] = 2710 \text{ kg/m}^3$$

$$M_a = 0,684 \times 2710 = 1854 \text{ kg}$$

$$\text{İri mıcır: } 1854 \times 0,37 = 686 \text{ kg}$$

$$\text{İnce mıcır: } 1854 \times 0,23 = 426 \text{ kg}$$

$$\text{Kum (iri): } 1854 \times 0,25 = 464 \text{ kg}$$

$$\text{Kum (ince): } 1854 \times 0,15 = 278 \text{ kg}$$

12. **Nem düzenlenmesi ile agregaya ve su miktarının ayarlanması (stok):**

Agregaların stok nem durumları aşağıdaki ilişki ile belirlenir:

$$\text{Toplam Nem (stok nemi) = (su emme kapasitesi) + (fazla nem miktarı)}$$

- **İri mıcır: 686x(1,0150-1,0085) = 4,5 litre su (690,5 kg)**

- **İnce mıcır: 426x(1,0200-1,0090) = 4,7 litre su (430,7 kg)**

- **Kum (iri): 464x(1,0300-1,0110) = 8,8 litre su (472,8 kg)**

- **Kum (ince): 278x(1,0500-1,0140) = 10,0 litre su (288,0 kg)**

- **28 LT FAZLADAN SU olduğu için önceden hesaplanan sudan bu miktarın eksiltilmesi gerekir.**

- **SU= 170-28=142 LT**

-

SONUÇLAR --kg/m³

Malzeme	çimento	su	İnce agrega		İri agrega			Kimyasal katkı	Hava katkısı (%)
			T1-ince	T2-iri	T1-ince	T2-iri	T3		
KYSD	405	170	278	464	426	686	--	4,05	yok
STOK	405	142	288	473	431	690	--	4,05	yok

Tasarım için kullanılan Tablolar ve Şekiller**Tablo 1. Çökme değeri belirenmesi**

YAPI ELEMANLARI	ÇÖKME DEĞERİ (cm)	
	MAKS	MİN
B/A TEMEL DUVARLARI VE AYAKLAR	8	3
DONATISIZ BETON TEMELLER, KESONLAR VE ALTYAPI DUVARLARI	8	3
KİRİŞ, KOLON, B/A PERDELER, TÜNEL YAN VE KENAR BETONLARI	10	5
DÖŞEME BETONLARI	8	3
TÜNEL TABAN KAPLAMA BETONLARI	5	2
BARAJ KÜTLE BETONU	5	2

Tablo 2. Maksimum agrega tane boyutunun belirlenmesi

Yapı elemanı en dar boyutu (cm)	En büyük agrega tane boyutu (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

Tablo 3. Beton kıvamına bağlı α katsayısının değerleri

Beton kıvamı	Dere kumu ve çakıl (α)	Dere kumu ve mıcır (α)	Deniz kumu ve mıcır (α)
Kuru	28-30	33	37
Plastik	31-33	37	40
akıcı	36-40	43	47

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

α katsayısının değerleri aşağıda Tablo 3'de görüldüğü şekilde alınır.

k: Karışım agregaların incelik modülü

S: Karışım suyu miktarı (litre)

Bu formül çimento dahil betonun toplam su gereksinimini verir.

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

	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	Karbonlaşma nedeniyle korozyon				Klorürün sebep olduğu korozyon						Donma/ çözünme etkisi				ZARARLI KİMYASAL ORTAMI (c)		
						Deniz suyu			Deniz suyu haricinde klorür									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	CF4	XA1	XA2	XA3
En büyük s/ç oranı	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
En küçük dayanım sınıfı (b)	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/çözünme dayanıklılığına sahip agrega				Sülfatlara dayanıklı çimento		

(a) Beton sınıfları 15/30 cm standart silindir ve 15 cm küp örnek ile tanımlanmıştır.

(b) Hava sürüklenmemiş betonda, beton performansı ilgili etki sınıfı için donma/çözünme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonda kıyas için uygun deney metoduna göre belirlenmelidir.

(c) XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin sülfattan kaynaklanması halinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfata 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.

Tablo 5. Amaç dayanımının belirlenmesi

Beton sınıfı	Karakteristik basınç dayanımı, fck (MPa)		Hedef basınç dayanımı, fca (MPa)		
	Karakteristik silindir 150/300 basınç dayanımı	Eşdeğer küp 150 mm basınç dayanımı	Standart sapma biliniyorsa	Standart sapma bilinmiyorsa	
				Silindir 150/300 mm	Küp 150 mm
C14/16	14	16	fca = fck + 1,28 σ	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

6

MAKS Agrega Tane Boyutu Belirlenmesi:

Dmaks:

- ⟨ 1/5 kalıp genişliği
- ⟨ döşeme kalınlığı
- ⟨ ¾ iki donatı arası uzaklık
- ⟨ net beton örtüsü (pas payı)
- ⟨ 1/3 pompa borusu iç çapı

Yukarıdaki değerlerden en küçük olanı seçilir.

Agrega miktarının hesaplanması:

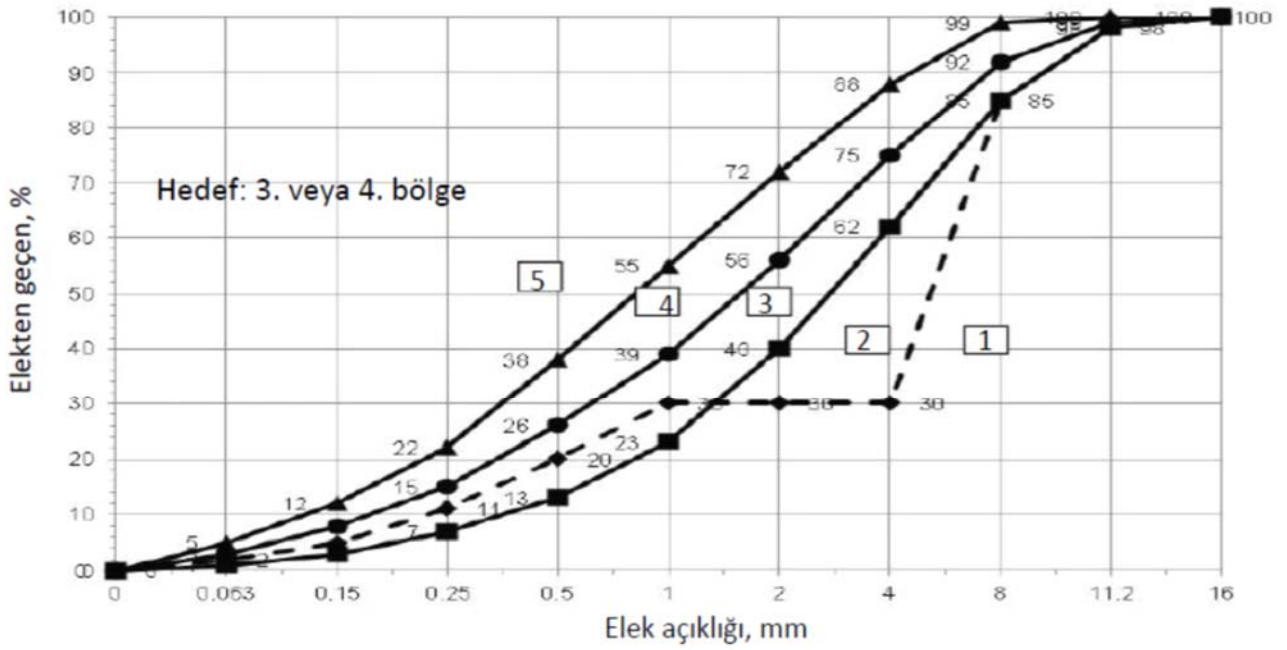
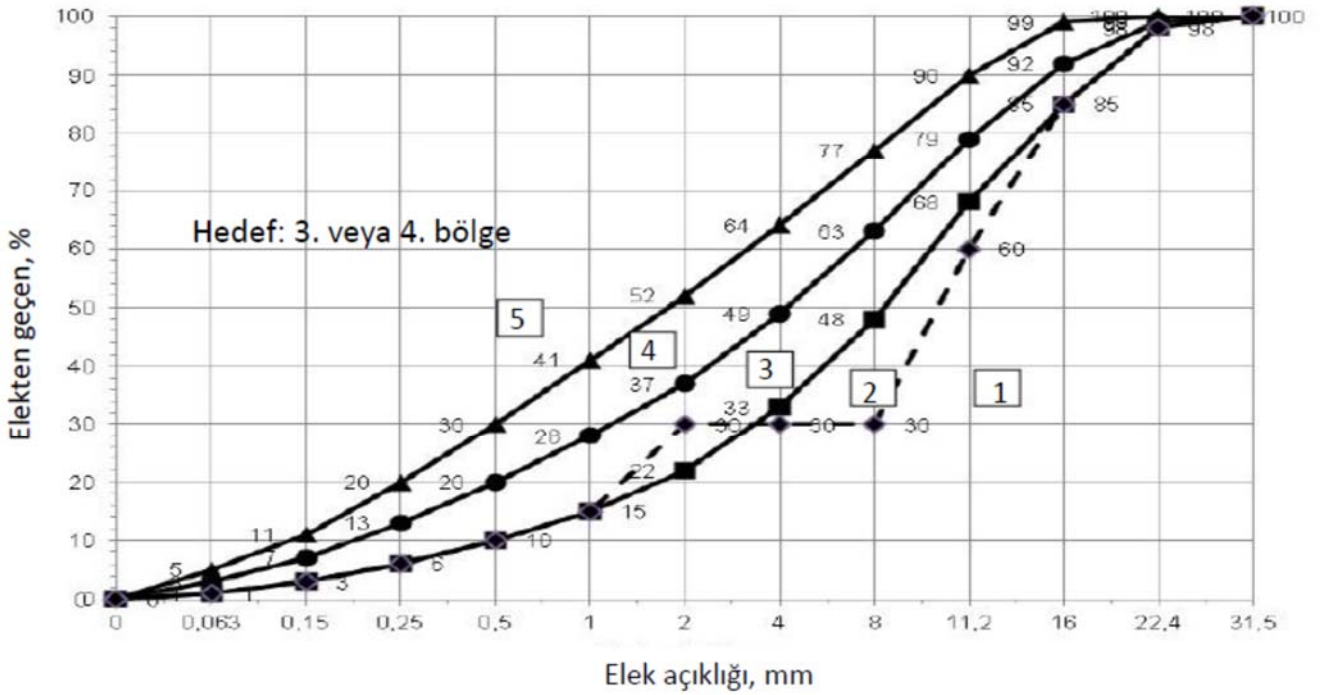
$$\bar{\rho} = \frac{1}{\frac{X_1}{\rho_{a1}} + \frac{X_2}{\rho_{a2}} + \dots + \frac{X_n}{\rho_{an}}}$$

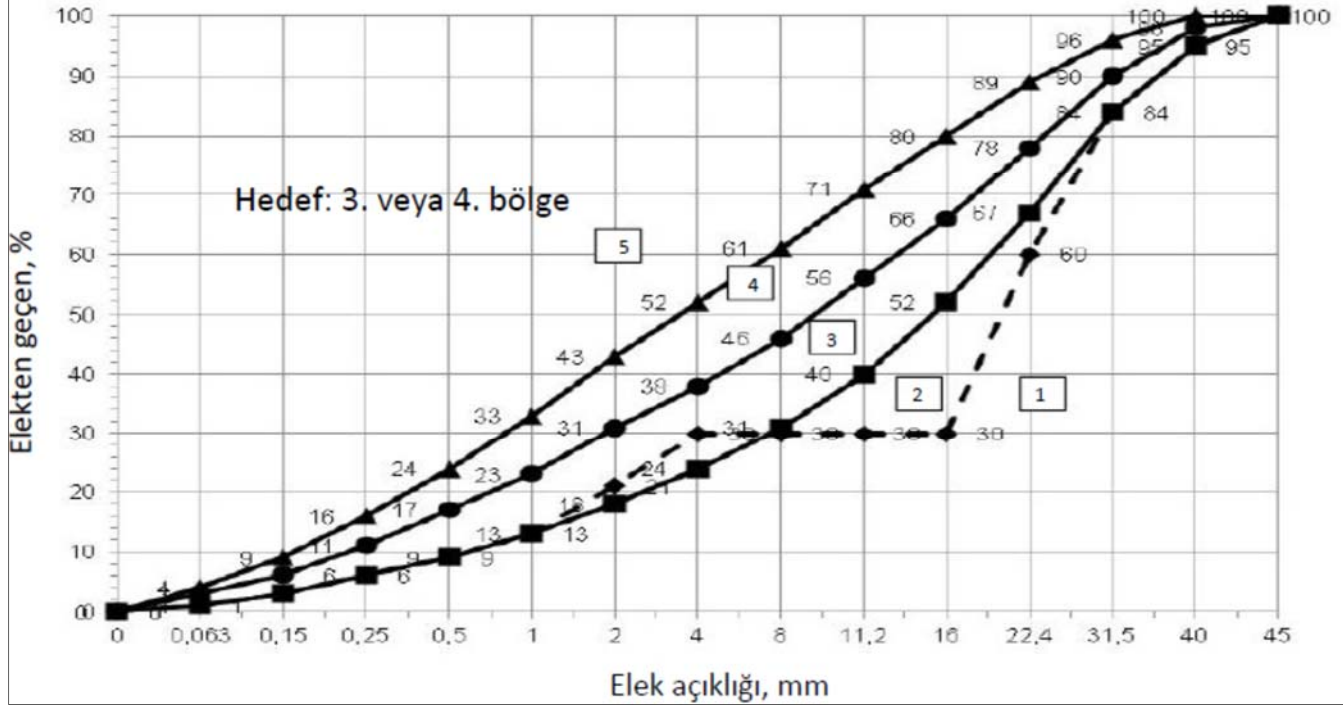
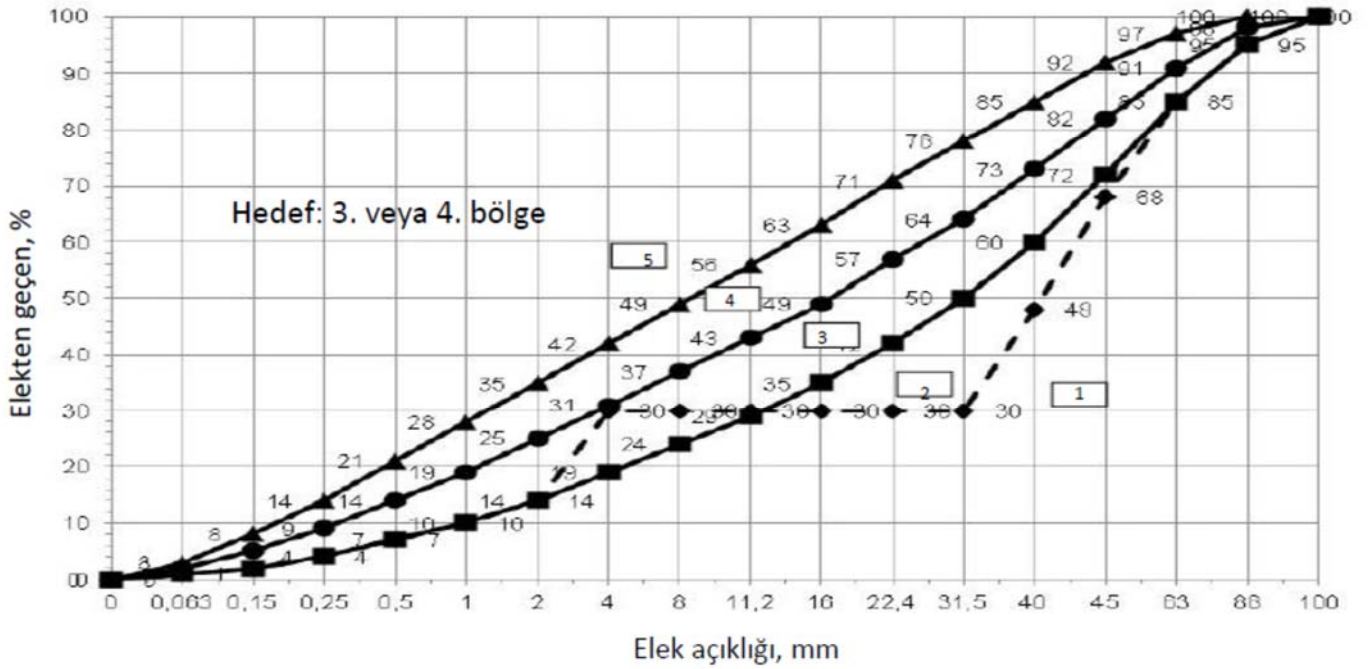
Agrega karışım oranı
Agrega yoğunluğu

Ortalama Agrega yoğunluğu

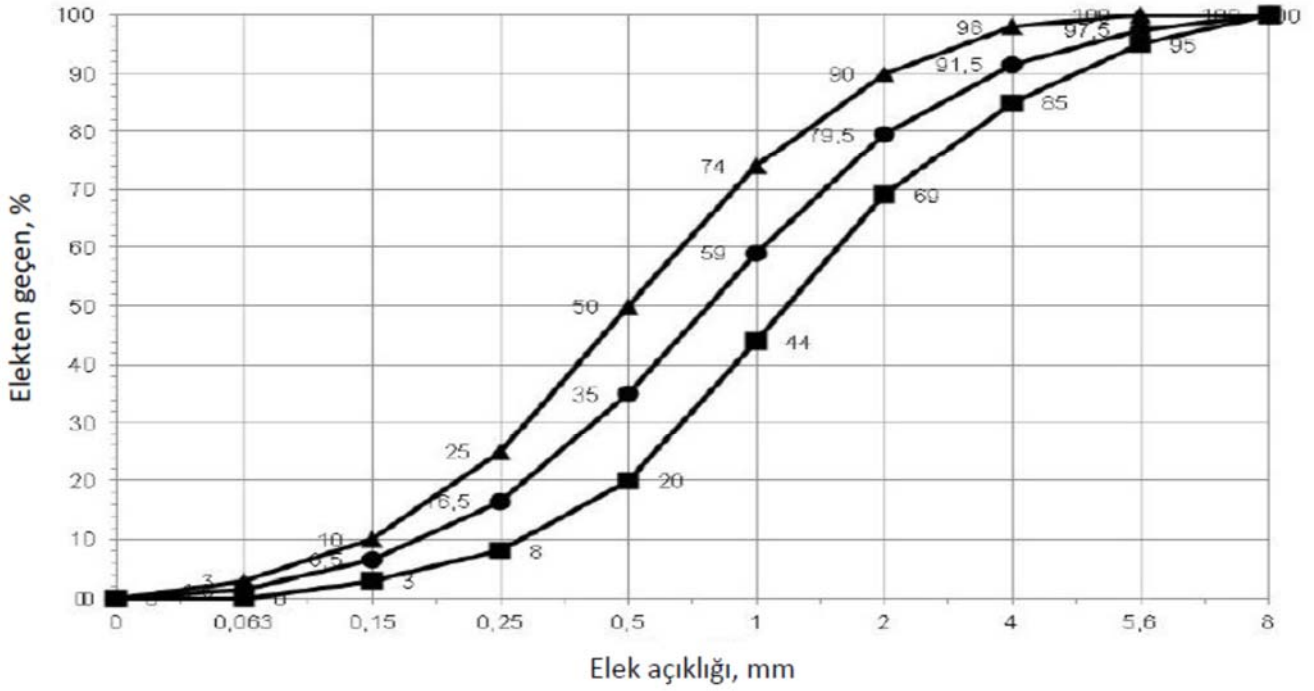
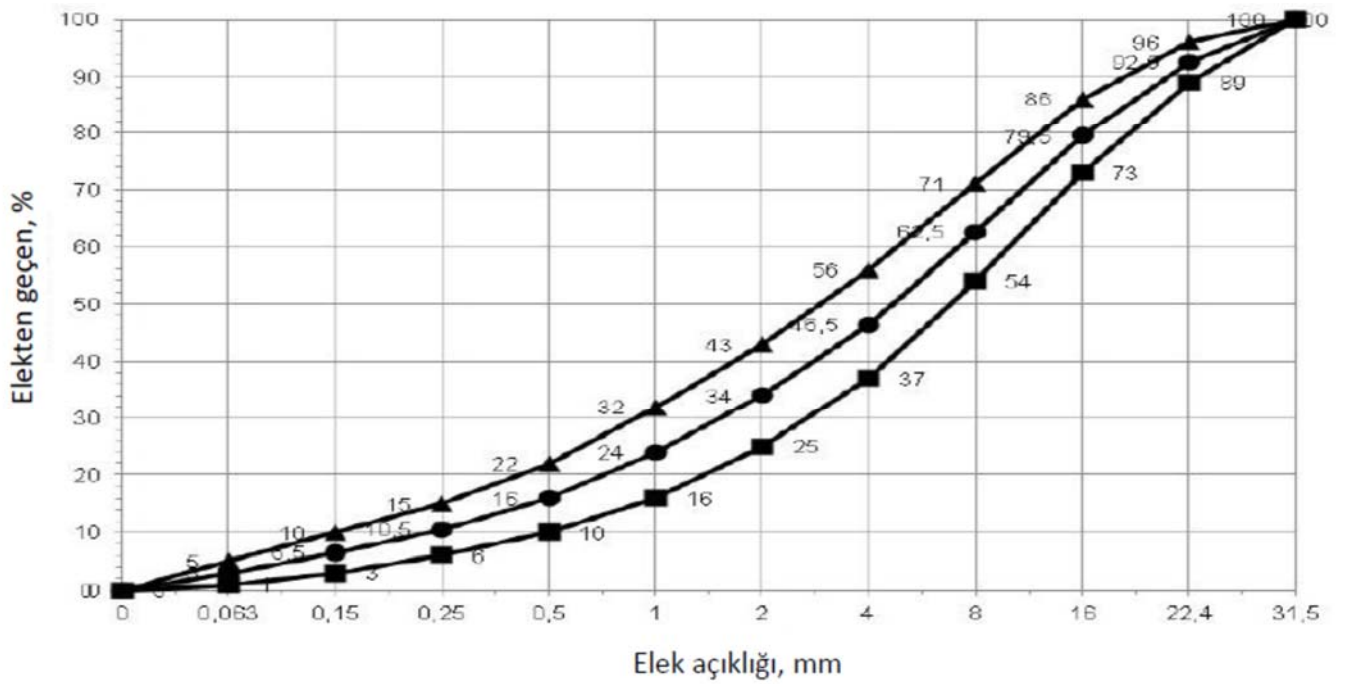
$$M_a = V_a \bar{\rho}_a$$

↓
Toplam agrega miktarı

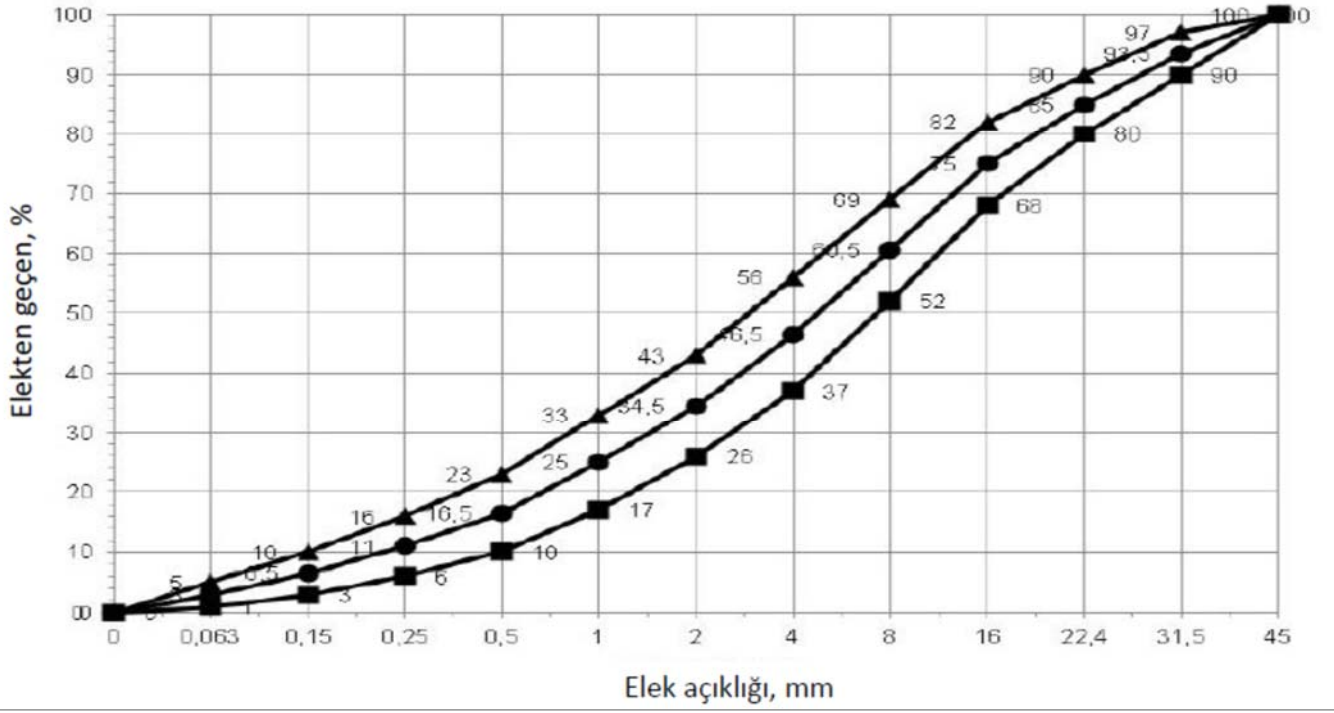
Şekil 1 (a). Tane dağılımı seçilmesi: D_{maks} 8 mmŞekil 1 (b). Tane Dağılımının Seçilmesi: D_{maks} = 16 mm

Şekil 1 (c). Tane Dağılımının Seçilmesi: $D_{maks} = 32 \text{ mm}$ Şekil 1 (d). Tane Dağılımının Seçilmesi: $D_{maks} = 63 \text{ mm}$ 

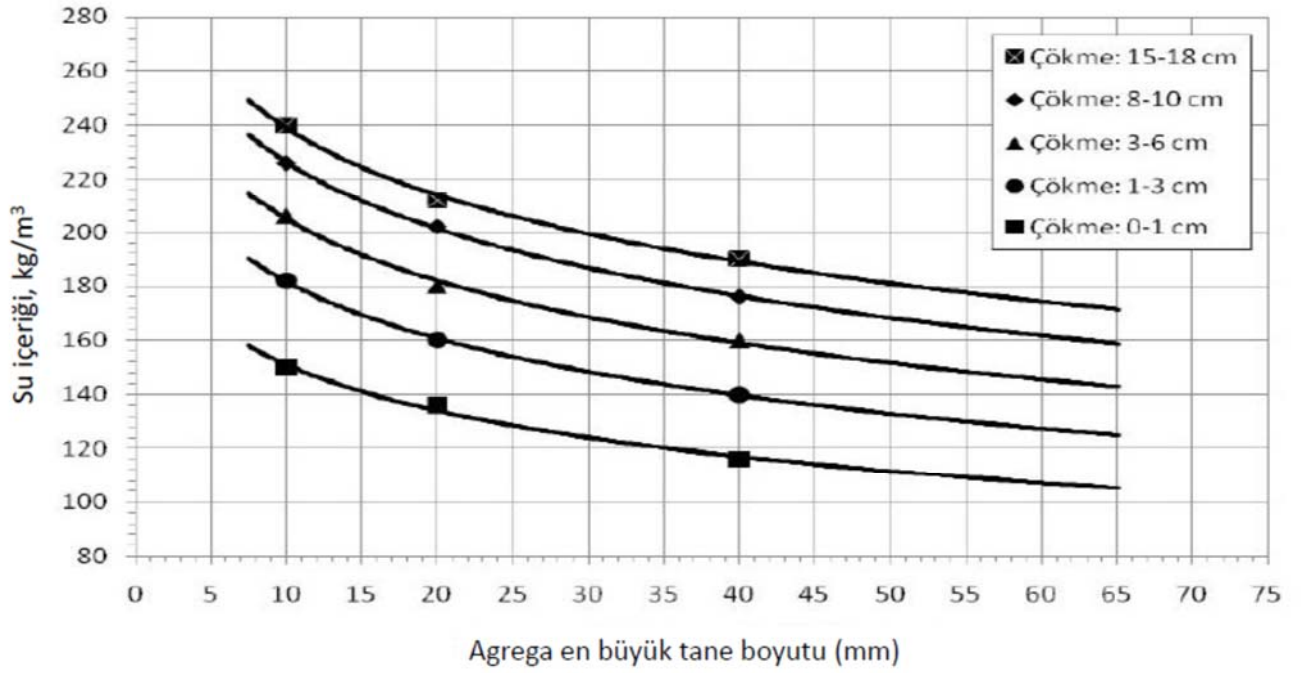
Şekil 2 (a). Tane Dağılımının Seçilmesi: Pompa bet. ince agrega

Şekil 2 (b). Tane Dağılımının Seçilmesi: Pompa bet. $D_{maks} = 22,4$ mm

Şekil 2 (c). Tane Dağılımının Seçilmesi: Pompa bet. Dmaks = 31,5 mm

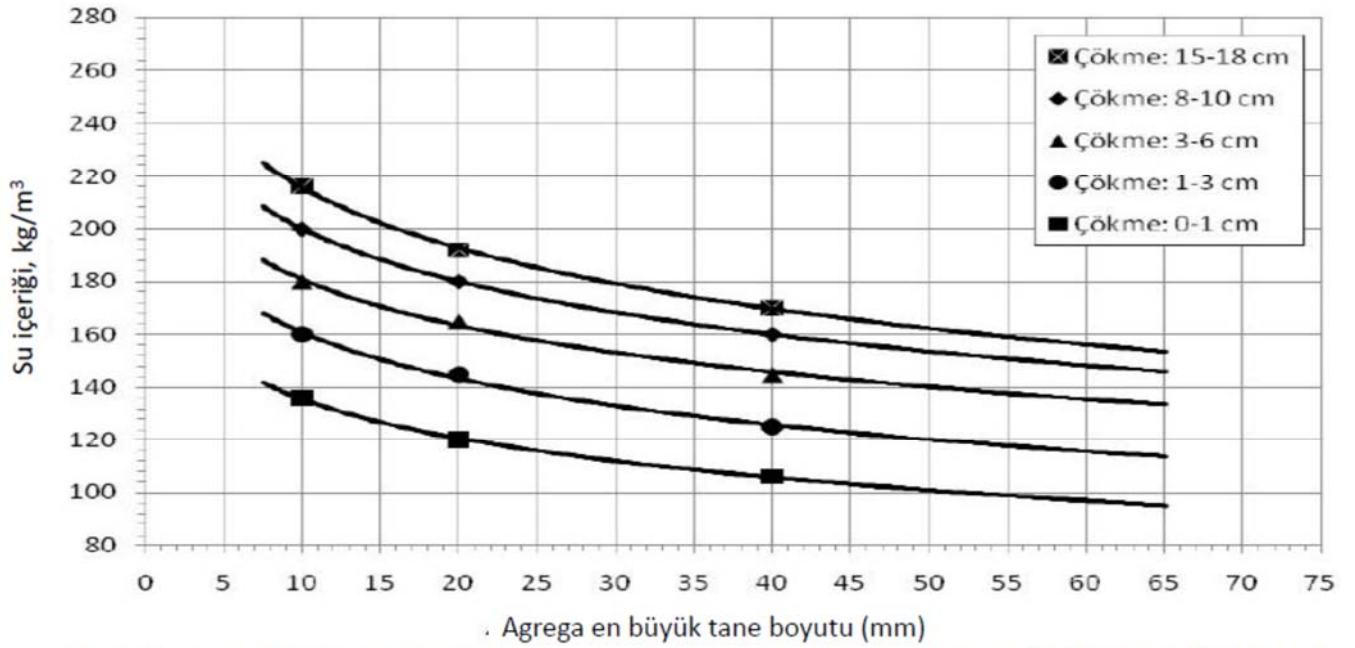


Şekil 3 (a). Karışım suyu miktarı, litre



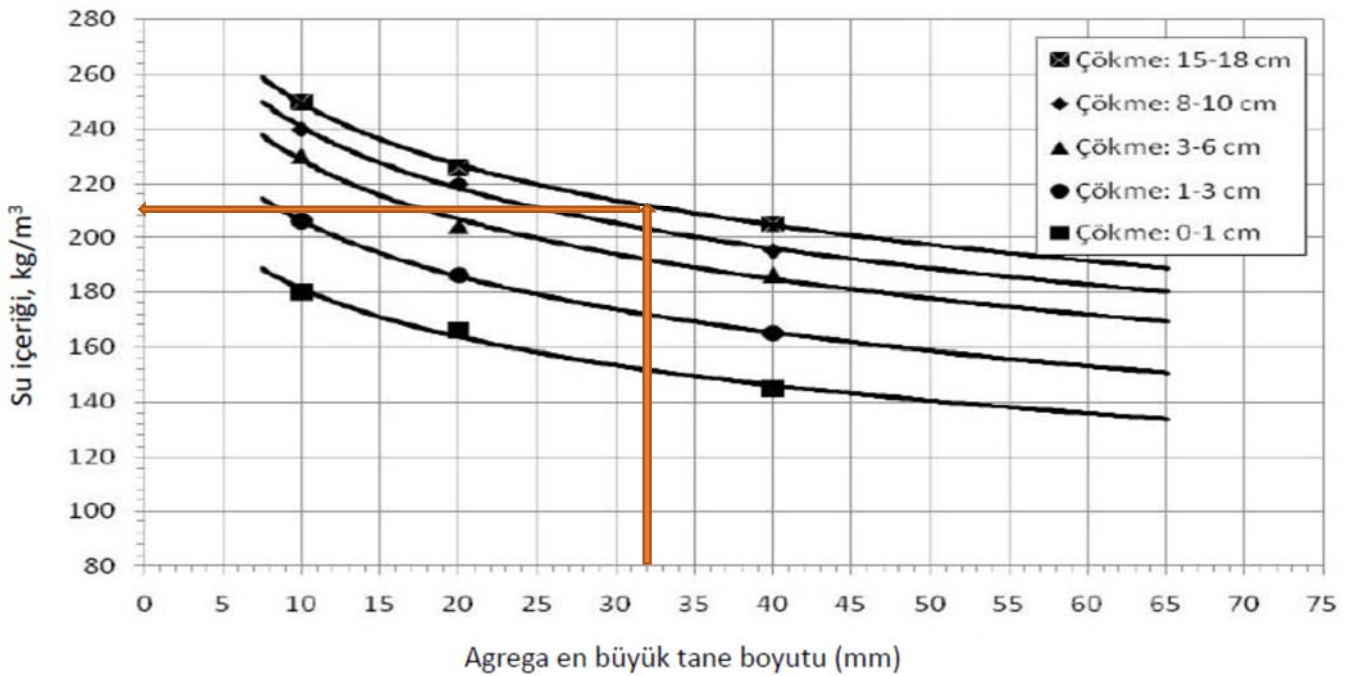
DOĞAL AGREGA İLE YAPILAN (KİMYASAL KATKISIZ) BETON ...

Şekil 3 (b). Karışım suyu miktarı, litre



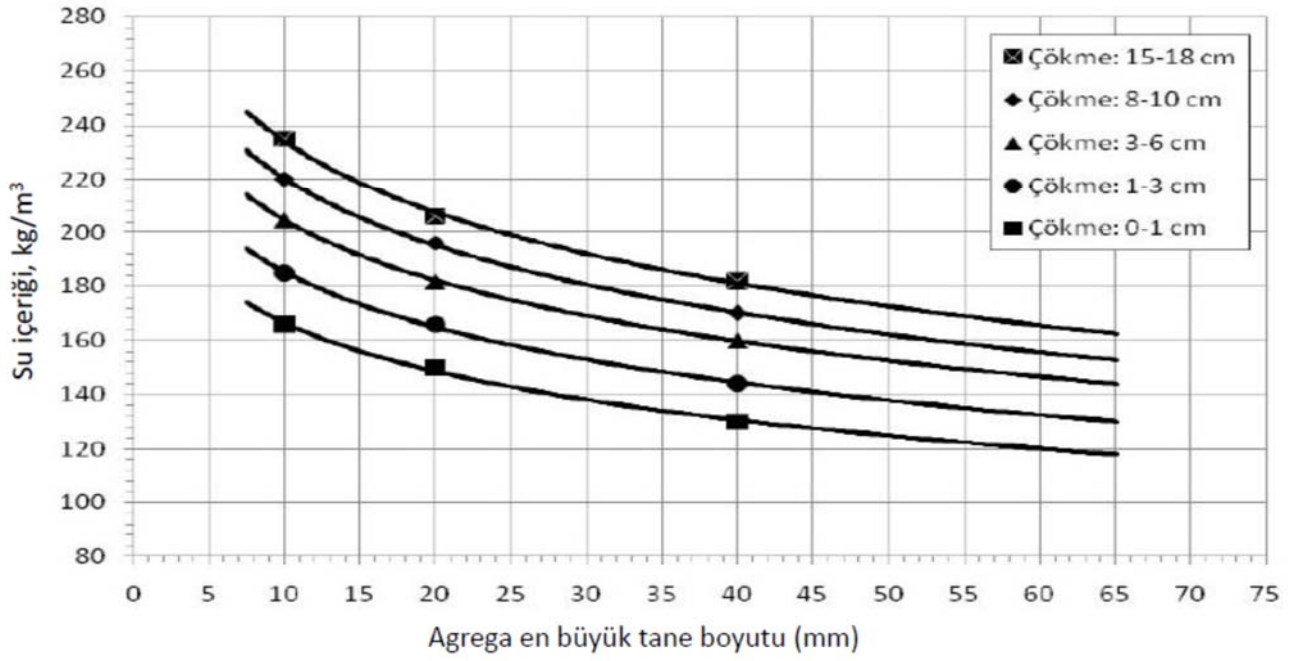
DOĞAL AGREGAYLA YAPILMIŞ (AKIŞKANLAŞTIRICI KATKISIZ) HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETON ...

Şekil 3 (c). Karışım suyu miktarı, litre



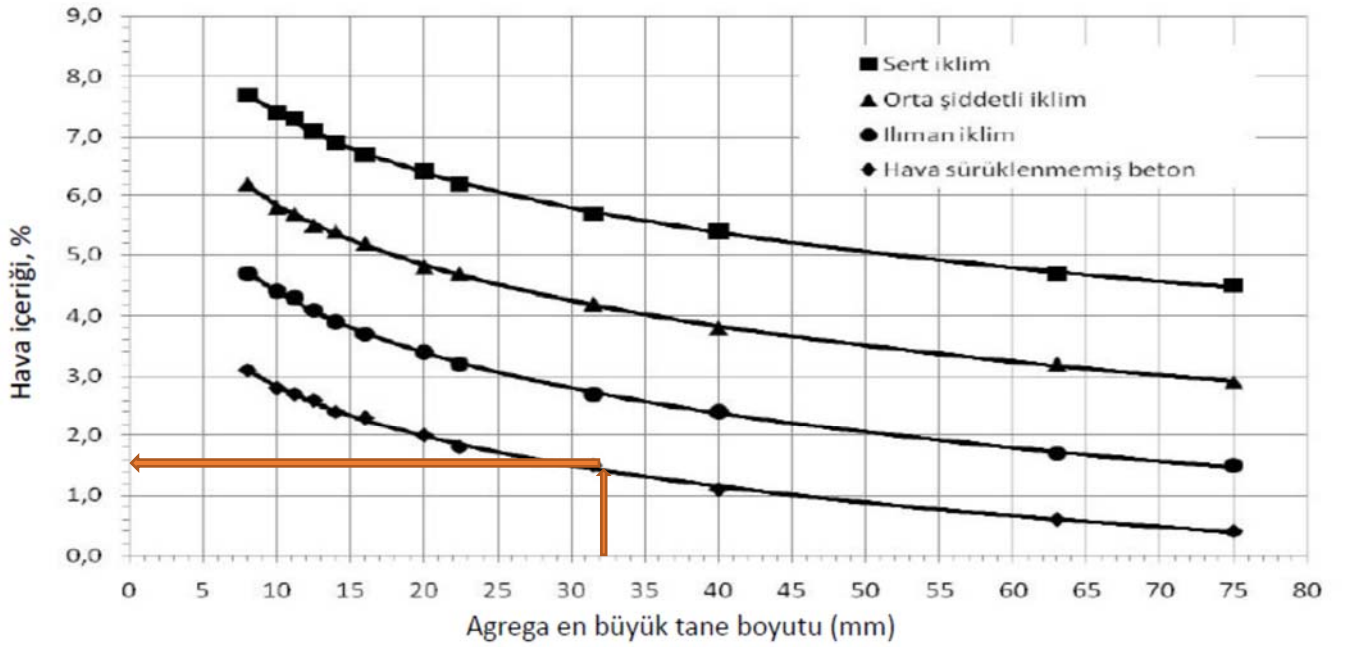
KIRMATAŞ AGREGAYLA YAPILMIŞ (KİMYASAL KATKISIZ) BETON ...

Şekil 3 (d). Karışım suyu miktarı, litre



KIRMATAŞ AGREGAYLA YAPILMIŞ (Akışkanlaştırıcı KATKISIZ) HAVA SÜRÜKLENMİŞ BETON ...

Şekil 4. Hava içeriği, %



Şekil 5. Su/çimento veya su/bağlayıcı oranının belirlenmesi

