BETON KARIŞIM TASARIMI HESAP ESASLARI

TS 802/Mart 2016

1. Projeden Gerekli Verilerin Alınması

Beton karışım hesabı yapılırken;

- Betonun dökülecegi elemanın boyutları,
- Elemanın maruz kalacağı çevresel etkiler (sülfat ve klorür gibi zararlı kimyasal etkiler, donma-çözülme, ıslanma-kuruma vb.),
- Elemanın sahip olması gereken geçirimsizlik, dayanım, dayanıklılık, yoğunluk, işlenebilme, hacim sabitliği, görünüm ve diğer özellikleri göz önünde bulundurulur.

2. Agrega En Büyük Tane Büyüklüğünün Seçilmesi

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 tarzda seçilmelidir.
- Bunların dışında beton pompa ile iletilecek ve dökülecekse betonda kullanılacak agreganın en büyük tane büyüklüğü pompa iletim borusu iç çapının 1/3'ünü aşmamalıdır.

Çizelge 1. Çeşitli yapı elemanları için kullanılacak agrega en büyük tane büyüklükleri

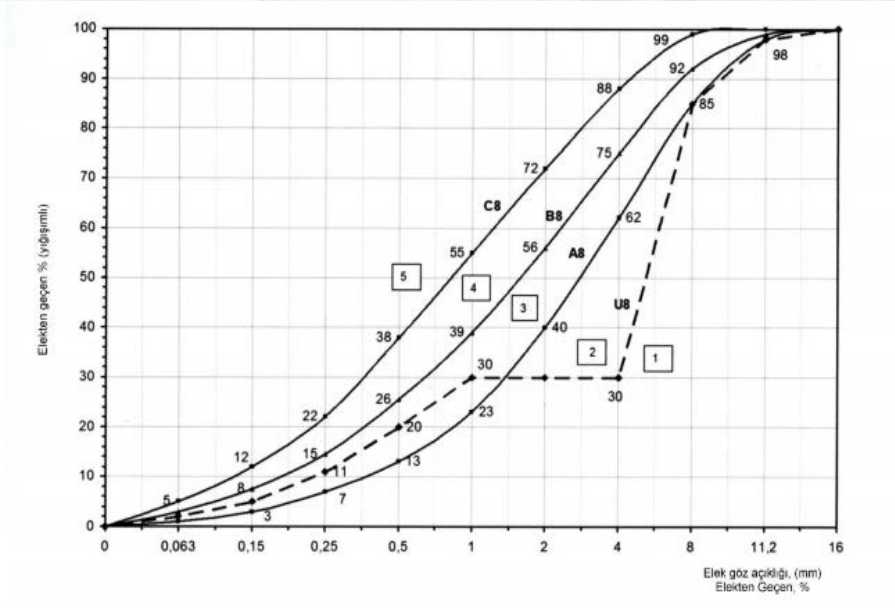
Yapı elemanı kesitinin en dar boyutu cm	Agrega en büyük tane büyüklüğü (en fazla) (mm)			
	Donatılı perde, kiriş ve kolonlar	Sık donatılı döşemeler	Seyrek donatılı ve donatısız döşemeler	Donatısız perdeler
6-14	16	16	32	16
15-29	32	32	63	32
30-74	63	63	63	63

3. Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometri) Seçimi

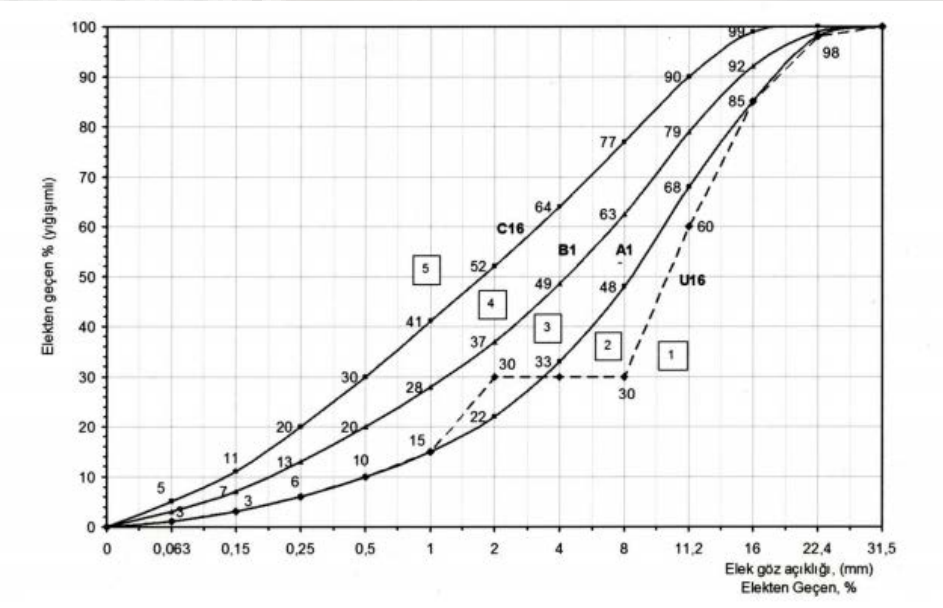
Agreganın tane büyüklüğü dağılımı, yassılık–uzunluk indeksi, donma/çözülmeye dayanıklılığı, aşınmaya dayanıklılığı, incelik modülü gibi özellikleri, aşağıda verilenler dikkate alınarak seçilmelidir:

− Yapım (inşaat) yöntemi,
− Betonun yapıda kullanım amacı,
− Betonun maruz kalacağı çevre şartları,
− Yüzey bitirme işlemlerinin gerektirdiği diğer özellikler.

3. Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometri) Seçimi



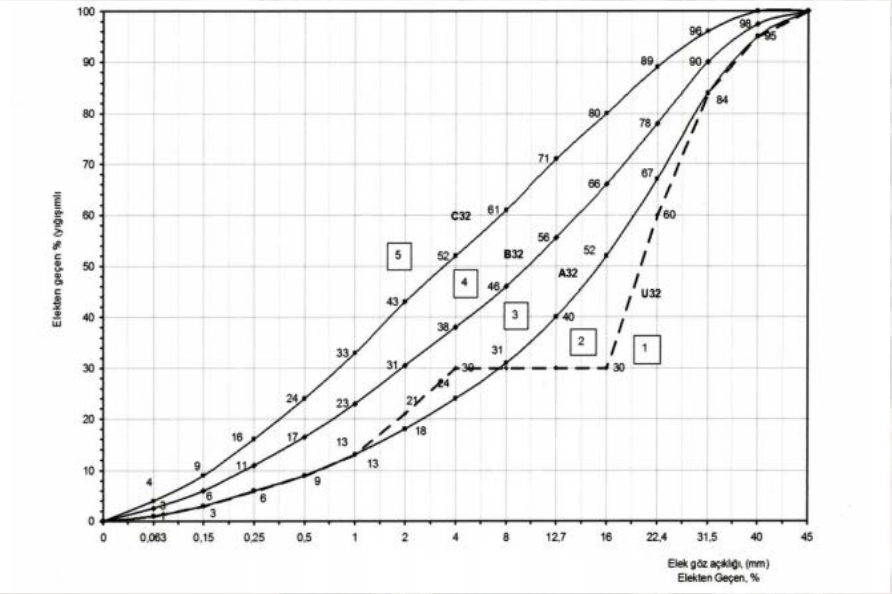
(a)



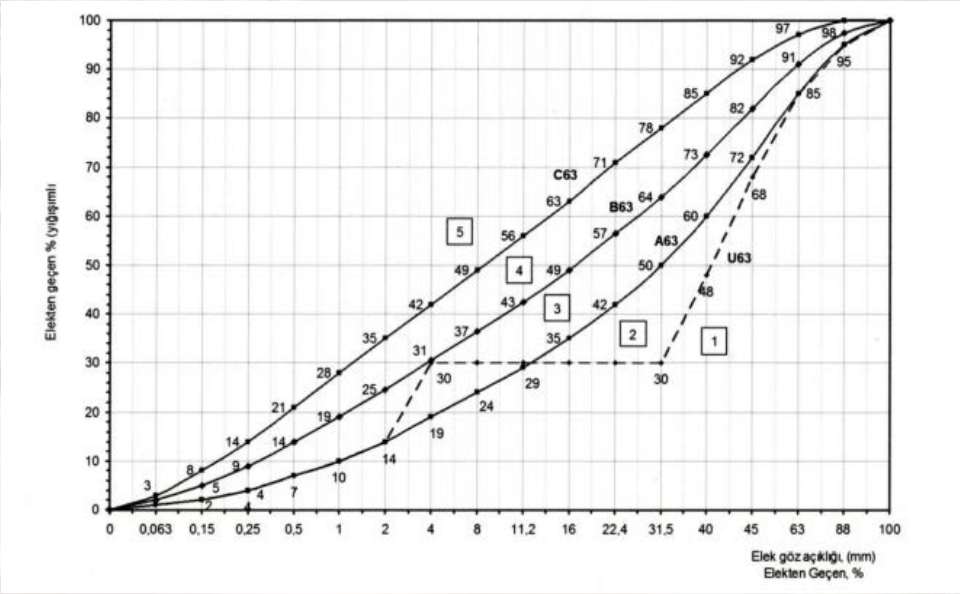
(b)

Şekil 1. (a) Agrega en büyük tane büyüklüğü 8 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (b) Agrega en büyük tane büyüklüğü 16 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

3. Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometri) Seçimi



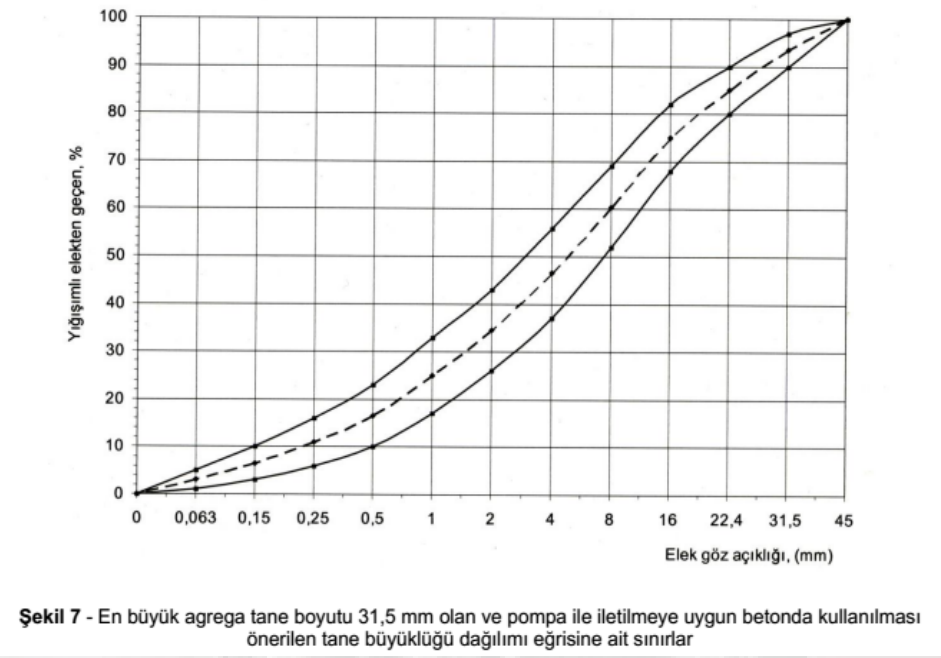
(a)



(b)

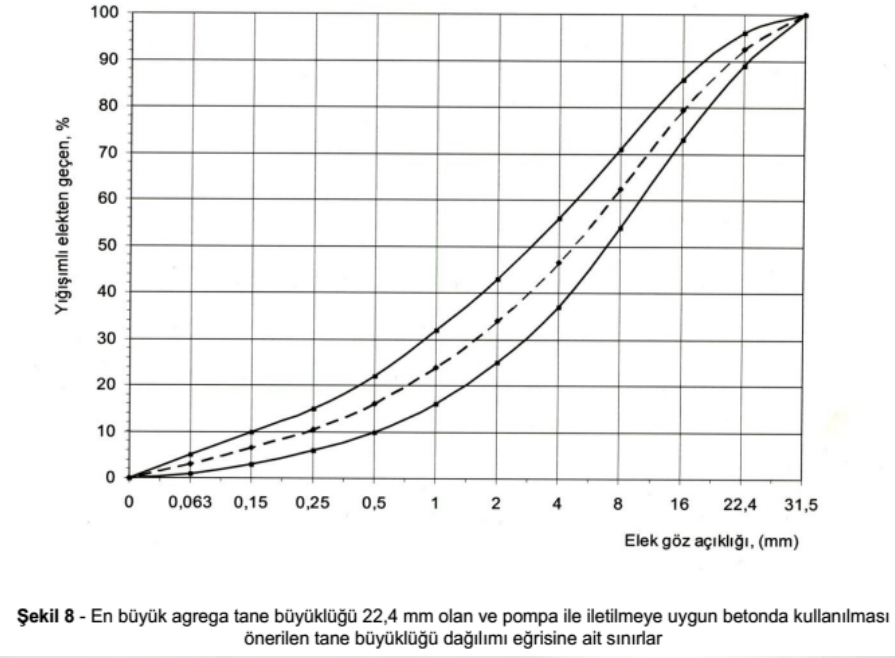
Şekil 2. (a) Agrega en büyük tane büyüklüğü 32 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (b) Agrega en büyük tane büyüklüğü 63 mm olan beton için belirlenen agrega tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

3. Tane Büyüklüğü Dağılımı (Granülometri) Seçimi



Şekil 7 - En büyük agrega tane boyutu 31,5 mm olan ve pompa ile iletilmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

(a)



Şekil 8 - En büyük agrega tane büyüklüğü 22,4 mm olan ve pompa ile iletilmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

(b)

Şekil 3. (a) En büyük tane boyutu 31,5 mm olan ve pompa ile iletilmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar (b) En büyük tane boyutu 22,4 mm olan ve pompa ile iletilmeye uygun betonda kullanılması önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

4. Agreganın Tane Sınıflarına Ayrılması

Çizelge 2. Beton agregasının tane sınıflarına ayrılması

Beton sınıfı	Karışımdaki 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	4/11,2	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	Karışımdaki 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

5. Çevresel Etki Sınıfları

Çizelge 3. Etki Sınıfları

	Etki sınıfları																	
	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	Karbonatlaşma nedeniyle korozyon				Klorürün sebep olduğu korozyon						Donma/çözülme etkisi				Zararlı kimyasal ortam		
						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	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/m³	-	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 agrega					Sülfatlara dayanıklı çimento[b)]		

a Hava sürüklenmemiş betonda,beton performansı,ilgili etki sınıfı için donma/çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla mukayese edilerek uygun deney metoduna göre belirlenmelidir.

b 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 X A2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa X A1 etki sınıfında)ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.

6. Hedef Basınç Dayanımının Seçilmesi

Çizelge 4. Karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımları

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

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

Çevre etkilerine maruz kalacak betonun, içinde bulunacağı çevre etki sınıfı seçilmeli ve bu sınıfa uygun en az çimento dozajı, en düşük karakteristik basınç dayanımı ve en büyük S/Ç oranı gibi parametreler belirlenmelidir.

Çizelge 5. 28 Günlük beton basınç dayanımlarına göre yaklaşık S/Ç oranları

Basınç dayanımı (28 gün) (150x300) mm Silindir (MPa)	Su/çimento oranı	
	Hava sürüklenmemiş beton	Hava sürüklenmiş beton
45	0,38	0,30
40	0,42	0,34
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

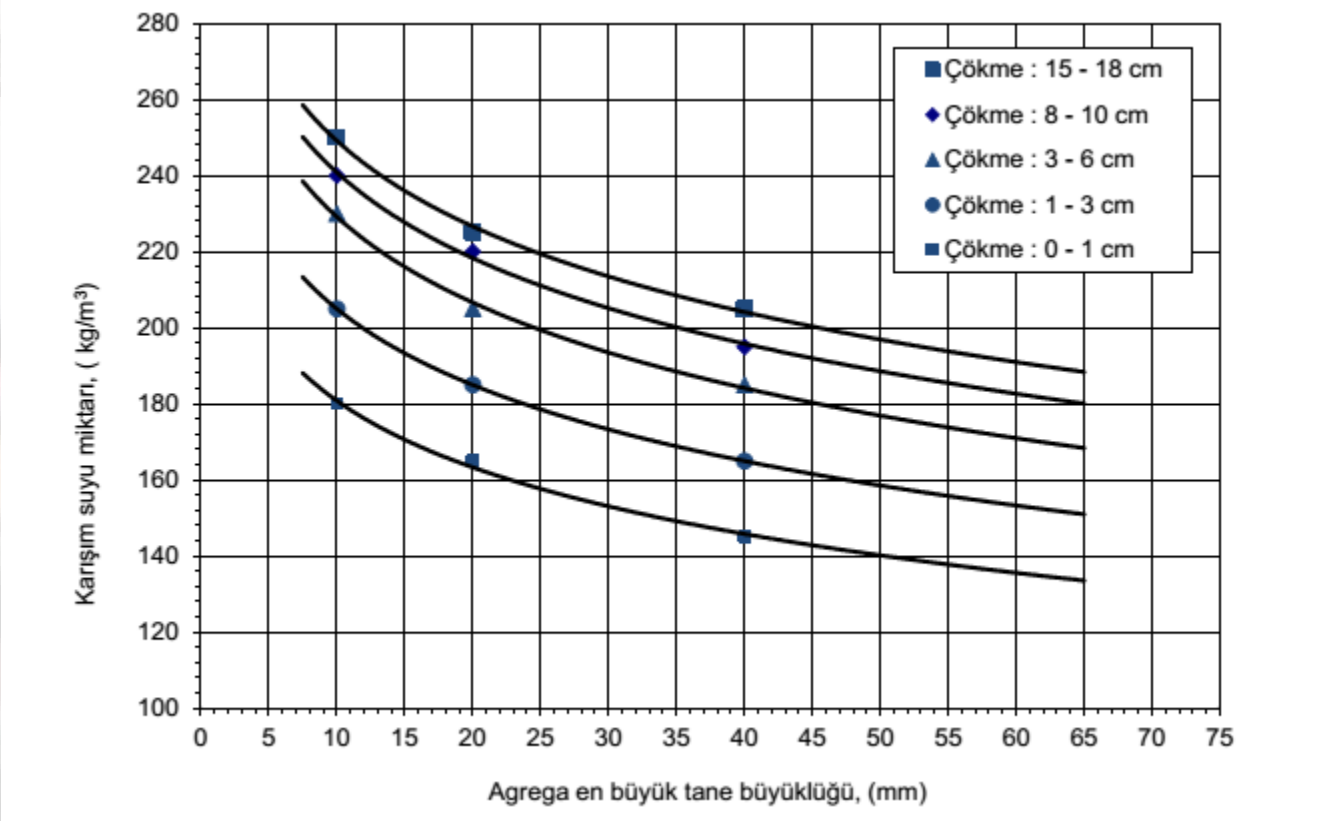
8. Su Miktarının Belirlenmesi

•Beton karışımı için gerekli karma suyu miktarı, doygun agreganın yüzeyinde tutulan nem ve ilave olarak verilecek net karma suyunun toplamıdır.

•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 seçilmelidir.

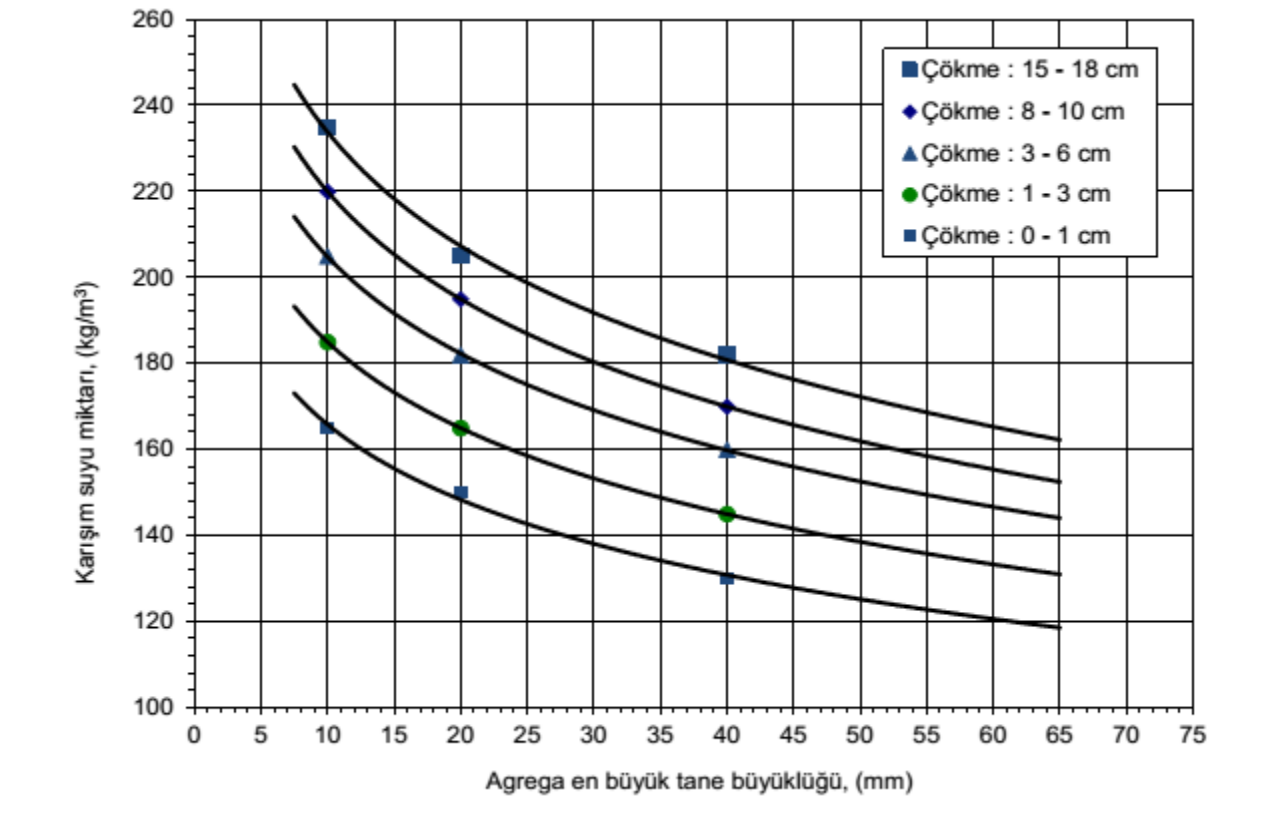
•Betonun karışım suyu miktarı, kıvama, agrega en büyük tane büyüklüğüne ve betonun kimyasal katkılı ve hava sürüklenmiş olup olmadığına göre değişir. Betonda kimyasal katkı kullanılması ve kullanılan kimyasal katkının tipi ve etkinlik derecesi betonda karışım suyu miktarını önemli ölçüde etkiler.

8. Su Miktarının Belirlenmesi



Şekil 4. Kırmataş agrega kullanılan farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme değerlerine sahip beton için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarları

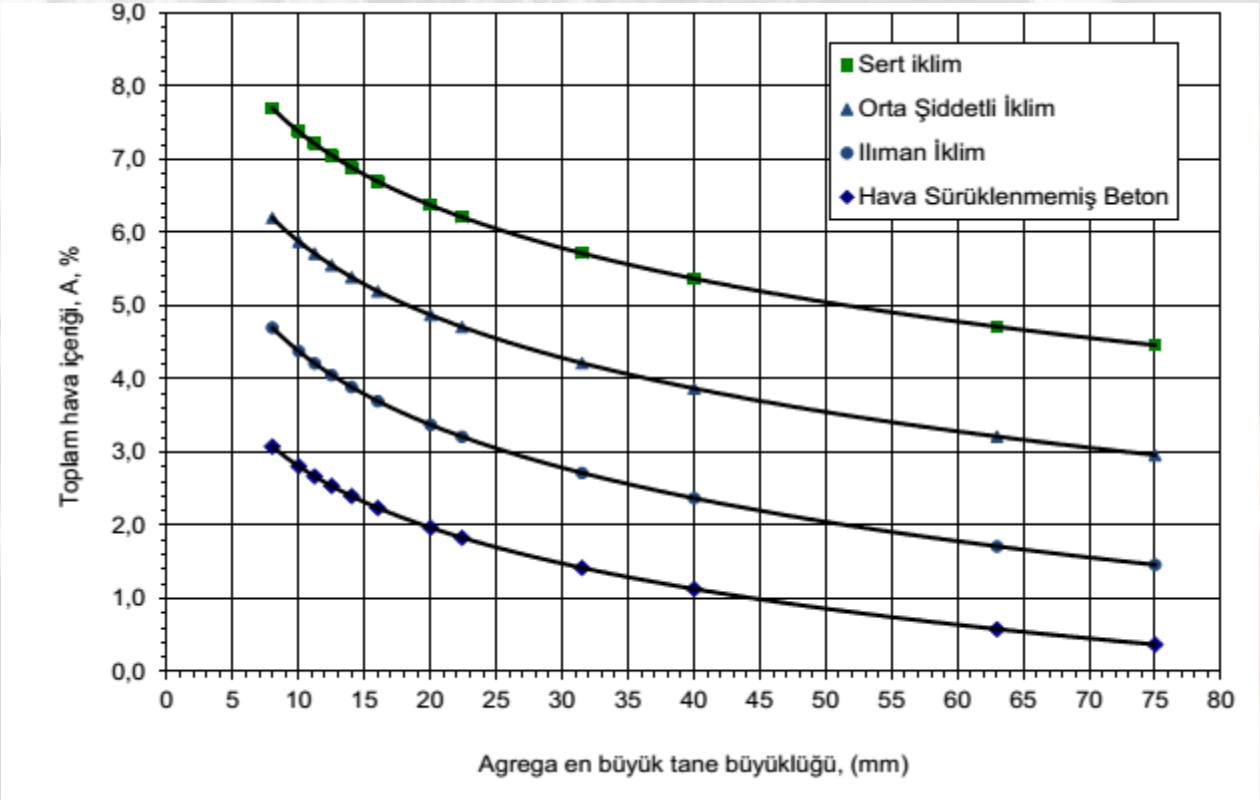
8. Su Miktarının Belirlenmesi



Şekil 5. Kırmataş agrega kullanılan farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme değerlerine sahip beton için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarları

9. Hava İçeriğinin Seçilmesi

- Betonun toplam hava içeriği (TS EN 12350-7 standardına göre belirlenen), iklim şartlarına ve agrega en büyük tane büyüklüğüne uygun olarak seçilmelidir.



Şekil 6. Agrega en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak beton karışım hesaplarına kullanılacak toplam hava içerikleri

9. Kıvamın Seçilmesi

- Betonun su miktarına ve kullanılan kimyasal katkılara bağlı olarak belirlenen kıvam sınıfları TS EN 206 standardına uygun olmalıdır. Kendiliğinden yerleşen beton ve çok yüksek akışkan betonlar hariç, beton kıvamı TS EN 12350-2'ye göre belirlenmeli ve uygun döküm şartları ve homojen bir yapı oluşmasını sağlayacak en düşük değerde olmalıdır.

Çizelge 6. Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme değerleri

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

10. 1 m³ Beton için Malzeme Miktarlarının Hesaplanması

- 1 m³ sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\frac{ç}{\rho_ç} + \frac{p}{\rho_p} + \frac{k}{\rho_k} + w + \frac{W_a}{\rho_a} + 10 \times A = 1000 \ dm^3$$

ç	:	Karışıma girecek çimentonun kütlesi (kg) ,
p	:	Karışımda çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzolan) miktarı (kg) ,
k	:	Karışımda kullanılacak kimyasal katkı miktarı (kg) ,
$\rho_ç$	:	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 (%)

- Betonda kimyasal katkı kullanıldığı durumlarda, katkının yaklaşık yarısının su olduğu kabulü dikkate alınmalıdır. Bu nedenle **katkı miktarının yarısı kadar bir su miktarının toplam karışım suyundan çıkarılması** gerekmektedir. Beton karışım oranlarının tayini **hacim esasına göre** yapılmalıdır.

10. 1 m^3 Beton için Malzeme Miktarlarının Hesaplanması

- **Çimento Miktarının Hesaplanması**

$$ç = \frac{s}{(s/ç)}$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada:

ç : Karışıma girecek çimento kütlesi (kg) ,
s : Karışıma girecek su kütlesi (kg) ,
s/ç : Su/çimento oranı

- **Agrega Miktarının Hesaplanması**

Karışımda çimento, su, kimyasal ve mineral katkılar ve havadan arta kalan hacim agrega ile doldurulacaktır. V_a agrega hacmi olmak üzere:

$$V_a = \frac{M_a}{\bar{\rho}_a} = 1000 - \left(\frac{ç}{\rho_ç} + \frac{p}{\rho_p} + \frac{k}{\rho_k} + s + A \right) \quad (dm^3)$$

10. 1 m^3 Beton için Malzeme Miktarlarının Hesaplanması

- **Agrega Miktarının Hesaplanması**

Agrega en büyük tane büyüklüğüne göre belirlenen tane sınıfları, uygun tane dağılımından bulunan agrega sınıflarına ait karışım oranları ve özgül kütleler (bağıl yoğunluk) tespit edildiğinde, agregalara ait ağırlıklı ortalama özgül kütle aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır.

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{x_1}{\rho_{a1}} + \frac{x_2}{\rho_{a2}} + \frac{x_3}{\rho_{a3}} + \ldots\ldots + \frac{x_n}{\rho_{an}}}$$

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

$$M_1 = V_a \times \rho_a \times X_1$$

$$M_2 = V_a \times \rho_a \times X_2$$

$$M_n = V_a \times \rho_a \times X_n$$

Burada,

$x_1, x_2, x_3, \ldots x_n$ değerleri kütlece agrega karışım oranlarını ve $\rho_{a1}, \rho_{a2}, \rho_{a3}, \ldots \rho_{an}$ agrega özgül kütle veya bağıl yoğunluk değerlerini göstermektedir. $\bar{\rho}_a$ değeri, agregalara ait ağırlıklı ortalama bağıl yoğunluk değerini verir ve bu değer bulunduktan sonra toplam agrega kütlesi hesap edilmelidir.

Burada, M_a 1 m^3 beton karışımına giren agregaya ait toplam kütleyi verir ve her agrega tane sınıfına ait kütleler, (M_1, M_2, M_3 ve .....M_n), agrega karışım oranları (x_1, x_2, x_3 ve .....x_n) ile çarpılarak belirlenmiş olacaktır.

10. 1 m^3 Beton için Malzeme Miktarlarının Hesaplanması

- **Agregalarda Rutubet Düzeltmesinin Hesaplanması**

Agregalara ait kullanılan referans özgül kütle değerleri yaygın olarak doygun kuru yüzey (DKY) olarak belirlendiğinden, bulunan agrega miktarları da DKY değerleri olmaktadır.

Agregalar beton karışımları yapılırken genellikle doygun kuru yüzey (DKY) durumunda değildir ve rutubet durumlarının sürekli olarak belirli aralıklarla kontrol edilmesi ve belirlenmesi gereklidir. Agregalara ait rutubetler (R) ve su emme (Se) değerlerine göre rutubet düzeltmesi aşağıda verildiği gibi yapılmalıdır.

$S_e - R =$ ….. ‘den çıkan sonuç

(+) ise malzeme “**HAVA KURUSU**”
(-) ise malzeme “**ISLAK**”
(0) ise malzeme Doygun Yüzeyi Kuru “**DKY**” durumundadır.

10. 1 m^3 Beton için Malzeme Miktarlarının Hesaplanması

- **Agregalarda Rutubet Düzeltmesinin Hesaplanması**

Karışım suyu düzeltme işlemi ve düzeltilmiş su miktarı

$$w_1 = w_o + \sum_{i=1}^{n} M_{ai}(DKY) \times \left(\frac{S_e - R}{100}\right)_i$$

Her agrega sınıfı için agrega rutubet düzeltme işlemi ve düzeltilmiş agrega miktarları

$$M_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY) \times \left(\frac{S_e - R}{100}\right)_i$$

bağıntıları ile hesaplanır. Burada;

w_1, w_o	:	Karışıma giren düzeltme öncesi ve düzeltme sonrası su miktarları, kg/m^3,
M_{ai}	:	Su düzeltilmesi yapılmış agrega sınıfına ait kütlesi kg/m^3 ,
M_{ai} (DKY)	:	Agregalara ait Doygun Kuru Yüzey (DKY) kütle değerleri kg/m^3 ,
S_e	:	Agregaların su emme % si ,
R	:	Agregaların toplam rutubet % si

BETON KARIŞIM HESABINA AİT ÖRNEK UYGULAMA

- En dar boyutu 21 cm, donatısının pas payı 35 mm olan, çok soğuk iklim şartlarında sık sık donma çözülme etkilerine maruz kalabilecek (**XF3**) bir kiriş için, hava sürükleyici katkı kullanarak **S3** kıvam (15 cm slump) ve C25/30 sınıfında pompa betonunun karışım hesabının yapılması istenmektedir.

- Hava boşluğunun %5 olduğu kabulü ile agregaların nem durumunu dikkate alarak ve katkı maddesi olarak %1,5 oranında süper akışkanlaştırıcı ve %0,05 oranında hava sürükleyici katkı kullanılarak 1 m^3 beton için gerekli olan malzeme miktarlarını belirleyin. (Süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının katı madde oranı %50'dir ve %1,5 oranında kullanıldığında %15 su azalttığı kabul edilmiştir.)

- 25 dm^3 deneme karışımı yapıldıktan sonra, istenilen 15 cm çökme değeri için karışıma 250 cm^3 su ilave edilmiştir. Beton hava miktarı ise yaklaşık % 6,0 olarak ölçülmüştür. İlave malzemeleri ve hava içeriğini dikkate alarak gerçek malzeme miktarlarını hesaplayın.

- 15x15x15 cm boyutlu küp beton numunelerde 28. günde yapılan basınç deneyi sonuçlarına göre kırma yükleri P_1= 940 kN, P_2= 965 kN, P_3= 935 kN olduğuna göre üretilen betonun istenilen sınıf dayanımını sağlayıp sağlamadığını kontrol ediniz.

Çizelge 1. XF3 etki sınıfı koşulları

XF3	En küçük dayanım sınıfı	Maksimum su/çimento oranı	Minimum çimento içeriği	Minimum hava içeriği (%)
	C30/37	0,50	320 kg/m^3	4,0

Çizelge 2. Malzemelerin fiziksel özellikleri

Malzeme	γ (kg/dm^3)	Karışım Oranı, %	Su Emme (S_e, %)	Rutubet (R, %)
İnce Agrega: Doğal Kum	2,65	47	1,5	3,5
İri Agrega 1:Kırmataş No.1	2,80	25	0,8	0,6
İri Agrega 2: Kırmataş No.2	2,80	28	0,5	0,5
Çimento: CEM I 42,5 R	3,15			
Kimyasal Katkı 1: Süperakışkanlaştırıcı	1,15			
Kimyasal Katkı 2: Hava sürükleyici	1,01			

Çizelge 3. Çeşitli yapı elemanları için kullanılacak agrega en büyük tane büyüklükleri

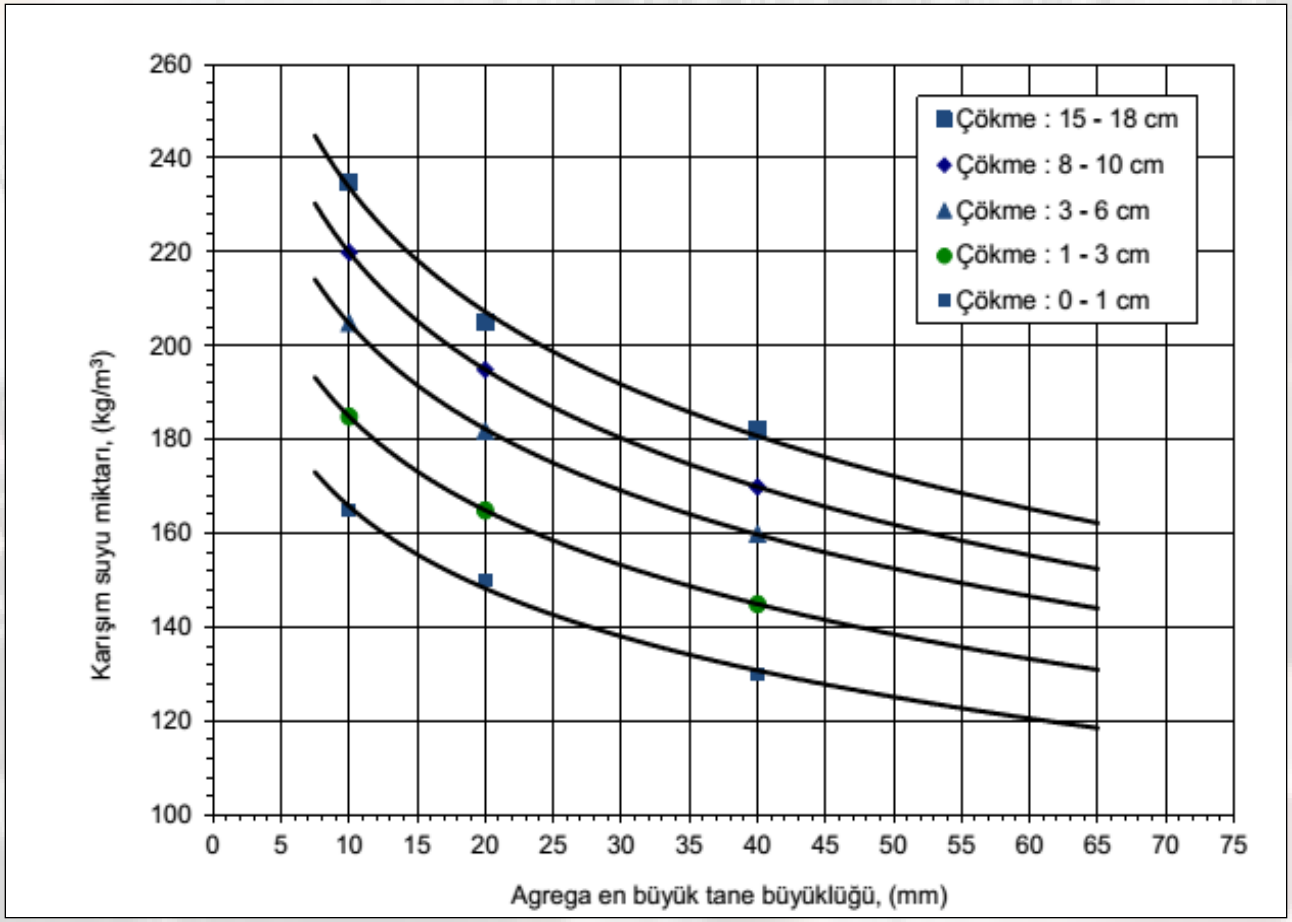
Yapı elemanı kesitinin en dar boyutu cm	Agrega en büyük tane büyüklüğü (en fazla) (mm)			
	Donatılı perde, kiriş ve kolonlar	Sık donatılı döşemeler	Seyrek donatılı ve donatısız döşemeler	Donatısız perdeler
6-14	16	16	32	16
15-29	32	32	63	32
30-74	63	63	63	63

Çizelge 4. Karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımları

Hedef Basınç Dayanımının (f_{cm}) Belirlenmesi		
Standart Sapma Biliniyorsa	$f_{cm} = f_{ck} + 1{,}48s$	s : standart sapma
Standart Sapma Bilinmiyorsa	$f_{cm} = f_{ck} + \Delta$	$f_{ck} < 20/25$ MPa $\rightarrow \Delta = 4$ MPa $20/25 \leq f_{ck} \leq 30/37$ MPa $\rightarrow \Delta = 6$ MPa $f_{ck} > 30/37$ MPa $\rightarrow \Delta = 8$ MPa

Çizelge 5. 28 Günlük beton basınç dayanımlarına göre yaklaşık s/ç oranları

Basınç dayanımı (28 gün) (150x300) mm Silindir (MPa)	Su/çimento oranı	
	Hava sürüklenmemiş beton	Hava sürüklenmiş beton
45	0,38	0,30
40	0,42	0,34
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 1. Kırmataş agregalar ile farklı en büyük tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarı

1. Agrega en büyük tane büyüklüğü

1**Adım: Agrega en büyük tane büyüklüğü seçimi**

Çizelge 3'ten yapı elemanın en dar boyutu ve yapı elemanına göre okuma yapıldığında **D_{max}=32mm olarak belirlenmiştir.**

2. Adım: Dayanım sınıfının belirlenmesi

Çizelge 1'den (TS EN 206:2013+A1) XF3 etki sınıfının sınır şartlarına bakıldığında beton sınıfının en az C30/37 olması gerektiği görülür. Bu durumda, soruda istenen C25/30 beton sınıfı yerine bir üst beton sınıfı olan **C30/37 dayanım sınıfı olarak seçilmiştir.**

3. Adım: Hedef dayanımı seçimi

Çizelge 4'ten silindir basınç dayanımı 30 MPa olan beton sınıfı için standart sapma bilinmediği de dikkate alınarak hedef basınç dayanımı; $f_{cm} = f_{ck} + \Delta = 30+6=$ **36MPa olarak bulunur.**

4. Adım: Su/Çimento oranı seçimi

Hedef basınç dayanımına bağlı olarak S/Ç oranı Çizelge 5'ten okunur. Silindir basınç dayanımı 36 MPa olan, hava sürüklenmiş beton için **S/Ç oranı 0,38 olarak belirlenir. Kontrol: XF3 sınıfı için maksimum s/ç oranı 0,5 idi, 0,38 uygundur.**

5. Adım: Karışım suyu miktarının belirlenmesi

Çökme değerinin 15 cm olması istenmektedir. D_{max} değeri 32 mm olarak belirlenmişti. Agrega tipi kırmataş ve hava sürüklenmiş beton için su miktarı Şekil 1'den yaklaşık **190 kg/m³ olarak belirlenmiştir.**

- Yüksek oranda su azaltıcı bir süper akışkanlatırıcı katkı maddesi %1,5 oranında kullanıldığında, %15 su azaltacağı kabul edildiği soruda verilmişti. Bu durumda yeni su miktarı **161,5 kg bulunur.**

$$W = 190x0{,}85 = \mathbf{161{,}5}\ kg$$

6. Adım: Hava içeriği

Hava sürükleyici katkı maddesinin %0,05 kullanılması durumunda betonda **%5,0 hava boşluğu meydana getireceğinin kabul edildiği soruda verilmiştir.**

7. Adım: Çimento miktarının bulunması

161,5/0,38=**425 kg/m^3** **Kontrol: XF3 etki sınıfı için minimum çimento miktarı şartı 320 kg/m^3 idi, hesaplanan miktar uygundur.**

8. Adım: Kimyasal katkı miktarının bulunması

Süper akışkanlaştırıcı katkı miktarı :

M_{SAK} = 425x0,015 = 6,38 kg, V_{SAK}=6,38/1,15=5,55 dm^3 > 3dm^3,

Bu durumda SAK için su düzeltmesi yapılmalıdır (TS EN 206:2013+A1:2016, Ocak 2017)

Hava sürükleyici katkı miktarı :

M_{HSK} = 425x0,0005 = 0,21 kg, V_{HSK}=0,21/1,01=0,21 dm^3 < 3dm^3,

Bu durumda HSK için su düzeltmesi yapılmasına gerek yoktur.

Su Düzeltmesi: W'=161,5-(6,38x0,5)=158,31 kg (SAK kimyasal katkıdaki su miktarı azaltıldı)

1 m³ Beton için Seçilen Malzeme Miktarları

S/Ç	0,38
Çimento	425 kg
Su	158,31 kg
Süperakışkanlaştırıcı	6,38 kg
Hava sürükleyici	0,21 kg
Hava	%5

9. Adım: Agrega miktarının bulunması

$$Vagg. = 1000 - \left(\frac{425}{3{,}15} + 158{,}31 + 50 + \frac{6{,}38}{1{,}15} + \frac{0{,}21}{1{,}01}\right) = 651{,}01 \text{ dm3}$$

Agreganın ortalama özgül kütlesi, $\bar{\rho}_a$, (DKY)

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{0{,}28}{2{,}80} + \frac{0{,}25}{2{,}80} + \frac{0{,}47}{2{,}65}} = 2{,}727 \quad \text{kg/dm}^3 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Doğal Kum: M_1=651,01x2,73x0,47=835,31kg
İri Çakıl (No.1): M_2=651,01x2,73x0,25=444,31 kg
İri Çakıl (No.2): M_3=651,01x2,73x0,28=497,63 kg

10.Adım: Agrega ve Karışım Suyu için Nem Düzeltmesi

Doğal Kum için : S_e-R =1,5-3,5= -%2 Islak

İri Çakıl (No1) için : S_e-R =0,8-0,6= %0,2 Kuru

İri Çakıl (No2) için : S_e-R =0,5-0,5= % 0 SDYK

S_e-R değerlerine bakılarak agregaların sırası ile ıslak, kuru ve SDYK halde oldukları anlaşılmaktadır.

Su için düzeltme:

$$W_{su,düze.} = W' + \sum M_{ai} \times \left(\frac{S_e - R}{100}\right) = 158{,}31 + [835{,}31 \times (-0{,}02) + 444{,}31 \times (0{,}002)] = 142{,}5kg$$

Agrega için düzeltme:

$$M_1' = M_1 - M_1 \times \left(\frac{S_e - R}{100}\right) = 835{,}31 - 835{,}31 \times (-0{,}02) = 852{,}02\ kg$$

$$M_2' = M_2 - M_2 \times \left(\frac{S_e - R}{100}\right) = 444{,}31 - 444{,}31 \times (0{,}002) = 443{,}42\ kg$$

$$M_3' = M_3$$

Malzemeler	1 m^3 beton için DKY miktarlar (kg)	1 m^3 beton için düzeltilmiş miktarlar (kg)
Çimento	425	425
Su	158,31	142,5
M1-doğal kum	835,31	852,02
M2-ince çakıl	444,31	443,42
M3-iri çakıl	497,63	497,63
Süper akışkanlaştırıcı	6,38	6,38
Hava sürükleyici	0,21	0,21

b) $$W2 = 161{,}5 + \frac{0{,}25 \times 1000}{25} = 171{,}5\ kg$$

$Ç = \frac{171{,}5}{0{,}38} = 451{,}32\ kg$ > Ç min.= 320 kg olduğuna göre çimento miktarı uygundur.

Süper akışkanlaştırıcı katkı miktarı:

M_{sak}= $451{,}32x0{,}015 = 6{,}77\ kg$ V_{sak}=6,77/1,15=5,89 dm^3 >3 dm^3 olduğuna göre düzeltme yapılmalıdır.

Hava sürükleyici katkı miktarı :

M_{hsk}=451,32x0,0005=0,23 kg, V_{hsk}=0,23/1,01=0,23 dm^3 < 3 dm^3 olduğuna göre düzeltme yapmaya gerek yoktur.

W_2'= 171,5-(6,77x0,5)=168,1 kg

$$V_{ag} = 1000 - \left(\frac{451{,}32}{3{,}15} + 168{,}1 + 60 + \frac{451{,}32x0{,}015}{1{,}15} + \frac{451{,}32x0{,}0005}{1{,}01}\right) = 622{,}5\ dm3$$

Doğal Kum: M_1 = 622,5x2,73x0,47 =798,73 kg
İri Çakıl (No.1): M_2= 622,5x2,73x0,25 =424,85 kg
İri Çakıl (No.2):M_3=622,5x2,73x0,28 = 475,84 kg

Su için rutubet düzeltmesi:

$$W_{2',düz.} = 168{,}1 + [798{,}72(-0{,}02) + 425{,}85(0{,}002)] = 153\ kg$$

Agrega için rutubet düzeltmesi:

M_1'=798,73-798,73(-0,02)=814,68 kg

M_2'= 424,85-424,85(0,002)=424 kg

M3=M3'

Malzemeler	1 m^3 beton için DKY miktarlar (kg)	1 m^3 beton için düzeltilmiş miktarlar (kg)
Çimento	451,32	451,32
Su	168,1	153,00
M1-doğal kum	798,73	814,68
M2-ince çakıl	424,85	424,00
M3-iri çakıl	475,84	475,84
Süper Akışkanlaştırıcı	6,77	6,77
Hava sürükleyici	0,23	0,23

c)

1 m^3 beton için hesaplanan yeni miktarlar ile üretilmiş 3 adet küp numunede, 28. günde basınç deneyi yapılmış ve deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

Kodlar	**Kırılma Yükü (kN)**	**Basınç Dayanımı (MPa)**	**Değerlendirme 1. $f_{cm} \geq f_{ck} + 4.0$ 2. $f_{cmin} \geq f_{ck} - 4.0$**
1	940	41,8	**Beton sınıfı C30/37 olduğundan** Küp numune için f_{ck}:37 MPa'a gore değerlendirme yapılır. 42,1≥ 37 + 4.0 = 41 MPa Uygun 41,6≥ 37 – 4.0 =33 MPa Uygun
2	965	42,9	
3	935	41,6	
		$fc_{,m}$: 42,1 MPa $fc_{,min}$:41,6 MPa	