

BETON KARIŞIMI HESABI

Genel anlamda betonda aranan temel özellikler şunlardır:

- Taze halde iken işlenebilirlik
- Sertleşmiş halde iken yüksek dayanım
- Dayanıklılık
- Ekonomi
- Estetiklik.

Böyle karakteristiklere sahip bir beton üretebilmek için beton tasarımı yapılırken öncelikle çimento, su, agrega, kimyasal ve mineral katkı maddesi miktarlarının doğru belirlenmesi gerekir. Bu malzemelere ilave olarak betonda bir miktar hava da bulunmaktadır. Betonda hava, hapsolmuş hava olabileceği gibi betonun donma-çözülme direncini arttırmak amacıyla kullanılan hava sürükleyici kimyasallardan kaynaklı sürüklenmiş hava da olabilir.

Karışım oranları betonun hem plastik hem sertleşmiş haldeki özelliklerini etkiler. Bunun yanı sıra betonu oluşturan malzemelerin seçimi, özelliklerinin belirlenmesi, karıştırma, yerleştirme, sıkılama ve kür yöntemlerinin doğru seçilmesi ve uygulanması gerekir. Betonu oluşturan malzemelerin miktarlarını doğru belirlemek için öncelikle beton sınıfı, işlenebilirliği ve ne tür çevresel etkilere maruz kalınacağı iyi biliniyor olması gerekmektedir.

Doğru malzeme seçimi yapmak ve tasarım prensiplerini öğrenmek gerçek malzeme miktarlarını hesaplamak kadar önemlidir. Beton tasarımının işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık olmak üzere üç ayağı vardır. Bu üç parametreyi sağlamada dikkat edilmesi gereken temel faktör S/Ç oranıdır. Karışımında yer alan malzeme oranlarını belirlemede öncelikle betonun ne tür bir yapıda kullanılacağı, nasıl ve hangi yöntemle taşınıp yerleştirileceği ve sıkılacağı göz önünde tutulmalıdır. Buna isnaden betonun nasıl bir kıvama sahip olması gerektiğine karar verilir.

Betonda aranan özellikler arasında öncelikle dikkate alınan basınç dayanımıdır. Bir proje için öngörülen bir beton sınıfı üretilirken üretim esnasında belli aralıklarla alınan numunelerin dayanımı şu nedenlerden ötürü her zaman aynı olmaz:

- Üretimde kullanılan malzemelerin kalitesinde farklılıklar olabilir.
- Karışımında kullanılan malzemelerin miktarlarında farklılıklar olabilir.
- Betondan örnek alınışında ve/veya deneylerin yapılışında farklılıklar olabilir.

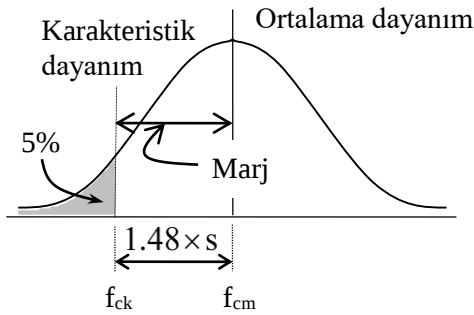
Bu tür farklılıkların meydana gelebileceği göz önünde bulundurarak üretilecek betonun ortalama dayanımı ilgili standardın öngördüğü minimum değerden daha büyük olacak şekilde dikkate alınır. Ortalama dayanımın bu minimumdan ne kadar büyük olacağı her şeyden önce betonun üretim şartlarına bağlıdır. Üretim koşulları iyileştikçe aradaki fark küçük tutulabilir. Bu matematiksel olarak $\sigma_{ort} = \sigma_{min} + \Delta\sigma$ şeklinde ifade edilebilir. Son yıllarda minimum dayanım yerine *karakteristik dayanım* diye bir kavram getirilmiştir. Buna

göre, ortalama dayanım ve karakteristik basınç dayanımı arasındaki ilişki matematiksel olarak $f_{cm} = f_{ck} + z \times s$ şeklinde verilmektedir. Burada, f_{cm} ortalama basınç dayanımı, f_{ck} karakteristik basınç dayanımı, s standart sapma ve z istatistik tablo değeridir.

Ortalama basınç dayanımı, f_{cm} , aynı betondan hazırlanmış en az üç adet standart silindir veya küp numunenin basınç dayanımlarının ortalaması olarak hesaplanır. Ortalama basınç dayanımı proje dayanımı olarak ya da hedef dayanım olarak da bilinir. Karakteristik dayanım, f_{ck} , belli bir olasılıkla aşılması gereken bir alt sınır değeridir.

Dayanımın karakteristik dayanımından daha küçük olma olasılığı çok küçük olup genellikle %1, %5 veya %10 mertebesindedir. TS EN 206 standardında bu değer %5 olarak alınır. Buna göre, karakteristik dayanım %95 olasılıkla aşılması gereken bir değerdir. Alt sınır bu şekilde olasılık kavramı ile ifade edilince, ortalama dayanım aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Beton dayanımı sonuçlarının normal dağılıma uygun olduğu kabul edildiğinde, şematik olarak aşağıda gösterildiği gibi karakteristik dayanımın solunda kalan alan %5, dolayısıyla sağında kalan alan %95 olur. Burada ortalama basınç dayanımı $z \times s$ kadar karakteristik dayanımın üstündedir. %5 yanılma payı için z tablo değeri 1.48 alınır.



Karakteristik dayanım, deney sonuçlarının %95'i tarafından aşıldığı bir minimum değerdir. Burada z değeri 1.48 dir. Hedef ortalama dayanım şu şekilde hesaplanır:
 $f_{cm} = f_{ck} + 1.48 \times s$
Burada, f_{cm} , MPa cinsinden 28 günlük hedef dayanım, f_{ck} , MPa cinsinden 28 günlük karakteristik dayanım ve s , MPa cinsinden standart sapmadır. Standart sapma, s , en az 35 veri için belirlenir.

Örneğin, bir şantiyede C20/25 sınıfı beton üretildiğini farz edelim. Silindir numuneler üzerinde ölçülen basınç dayanımlarına ilişkin standart sapma 2.5 MPa olarak belirlenmiştir. Buna göre, şantiyede üretilen betonun ortalama dayanımı ne kadar olmalı ki, numunelerin %95'inin basınç dayanımı 20 MPa'nın üstünde olsun?

$$f_{cm} = f_{ck} + 1.48 \times s = 20 + 1.48 \times 2.5 = 23.7 \text{ MPa.}$$

Standart sapma bilinmiyorsa veya yeterli veri yoksa ortalama basınç dayanımı $f_{cm} = f_{ck} + \Delta\sigma$ ilişkisi ile belirlenir. Burada,

$\Delta\sigma = 4 \text{ MPa}$ (40 kgf/cm²) alınır C20/25'den düşük beton sınıfları için

$\Delta\sigma = 6 \text{ MPa}$ (60 kgf/cm²) alınır C20/25 ila C30/37 arası beton sınıfları için

$\Delta\sigma = 8 \text{ MPa}$ (80 kgf/cm²) alınır C30/37 üstü beton sınıfları için

Üretilen betonun projede öngörülen f_{ck} değerini sağlayıp sağlamadığı standart silindir veya küp numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı değerlendirmesiyle kontrol edilir.

BETON SINIFLARI

Beton sınıfı 28 gün standart kür sonrası standart beton numuneler üzerinde ölçülen karakteristik dayanım esas alınarak belirlenir. Bunun için 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğinde standart silindir numuneler veya 150 mm küp numuneler kullanılır. Basınç dayanımı aynı betondan hazırlanmış en az üç adet standart silindir veya küp numunenin ortalaması olarak belirlenir.

Ölçülen ortalama dayanımı dikkate alarak TS EN 206 standardı aşağıdaki sınıflamayı yapmaktadır. Burada her beton sınıfı için 28 gün sonunda sağlanması gereken karakteristik silindir basınç dayanımı ile 150 mm küp numuneler üzerinde belirlenen eşdeğer küp basınç dayanımları verilmektedir.

Beton Sınıfları	Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı f_{ck} , N/mm ² (MPa)	Eşdeğer Küp Basınç Dayanımı f_{ck} , N/mm ² (MPa)
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Taze betonun kıvamı, karışım suyu ayarlanarak (arttırılarak veya azaltılarak) ya da akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddeleri kullanılarak kontrol edilir. Kıvam, betonun çökmesi esas alınarak belirlenir. Çökme değeri betonun taşınması, yerleştirilmesi ve sıkılanması süreçlerinde kullanılan ekipman ile kalıp durumuna bağlıdır.

Su/çimento oranı veya su/bağlayıcı oranına karar verirken hem dayanım hem de dayanıklılık dikkate alınır. Belirlenen iki oranın küçüğü dikkate alınır. Su/çimento oranı veya su/bağlayıcı oranı belirlendikten sonra çimento miktarı hesaplanır. Karışım hesabı 1 m³ için yapıldığından, agreganın hacmi çimento, su ve hava hacmi 1 m³'den çıkarılarak bulunur. Olabildiğince boşluksuz ve kohezif bir beton üretmek için ince agrega miktarı bu durum dikkate alınarak uygun bir şekilde hesaplanmalıdır.

ÇEVRESEL ETKİ SINIFLARI

Beton tasarımı yapılırken işlenebilirlik ve dayanımın yanı sıra aynı zamanda betonun maruz kalacağı ortam şartlarının da mutlaka dikkate alınması gerekir. Yaygın çevresel etki sınıfları **Çizelge 1**'de özetlenmektedir. Burada verilen örnekler bilgi amaçlı olup çevresel etki sınıfı çevre koşulları dikkate alınarak belirlenir. Bazı hallerde beton aynı anda birden fazla çevresel etkiye maruz kalır. Bu durumda çevresel etkiler birlikte dikkate alınmalı ve en olumsuz çevresel etkiye göre değerlendirme yapılmalıdır.

Betonun bileşimi, çimento miktarı, hava içeriği, su/çimento oranı hatta çimento tipi maruz kalınacak çevresel etkiye göre değiştirilebilir. Bütün bu düzenlemeler beton yapıların böylesi ortamlarda ömürlerinin daha uzun olması için yapılır.

Her bir çevresel etki sınıfı için beton bileşimi ile ilgili olarak aşağıdaki parametreler üzerinde sınırlamalar getirilmelidir.

- Beton üretiminde kullanılan malzemeler.
- Maksimum su/çimento oranı veya su/bağlayıcı oranı.
- Minimum çimento miktarı.
- Gerekliyse, minimum beton sınıfı.
- Betonun minimum hava içeriği.

Beton sınır değerleri sağlıyorsa, belirli çevre koşullarında dürabilite açısından da herhangi bir sorun yaşamayacağı farz edilir. Bu sınır değerler;

- Betonun ilgili standartlar kapsamında uygun yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve bakımı.
- Betonun belirli çevre koşullarına uygun tasarlanması, uygun pas payına sahip olması.
- Beton için uygun çevresel etkinin seçilmiş olması.
- Betonun beklenen onarım ve bakım işlemlerine tabi tutulması.

Çizelge 2, çevresel etki sınıfları ile bağlantılı olarak beton bileşimi ve özelliklerine ilişkin sınır değerlerin seçimi ile ilgili bilgiyi içermektedir. Değerler 50 yıllık yapı ömrünü esas almayı amaçlamaktadır. Çizelgede verilen kriterler CEM I tipi çimento ve en büyük agregatane boyutu 20 mm ila 32 mm arasında değişen agregatane için geçerlidir. Minimum beton sınıfları dayanımı 32.5 MPa olan çimento ile üretilen betonun dayanımı ile su/çimento oranı arasındaki ilişkiyi esas alarak belirlenmiştir. Maksimum su/çimento oranı ve minimum çimento miktarı için verilen sınır değerler tüm durumlar için geçerlidir.

Çizelge 1. Çevresel etki sınıfları

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelmesi muhtemel yerlere ilişkin bilgi mahiyetinde örnekler
Korozyon etkisi ve riski yok		
X0	Donatısız beton: Donma-çözülme etkisi, aşınma veya kimyasal etki haricindeki bütün etkiler Donatılı beton: Çok kuru	Çok düşük rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki beton
Karbonatlaşma nedeniyle korozyon		
XC1	Kuru veya sürekli ıslak	Bağıl nemin çok düşük olduğu binaların iç kısımlarındaki beton. Sürekli olarak su içerisindeki beton.
XC2	Islak, ara sıra kuru	Su ile uzun süreli temas eden beton yüzeyler. Çoğu temeller.
XC3	Orta derecede rutubetli	Orta derecede veya yüksek rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki beton. Yağmurdan korunmuş, açıkta bulunan beton.
XC4	Tekrarlı ıslanma ve kurumaya maruz	XC2 etki sınıfı dışında, su temasına maruz beton yüzeyler.
Deniz suyu haricindeki klorür iyonları nedeniyle korozyon		
XD1	Orta derecede rutubetli	Havada taşınan klorüre maruz beton yüzeyleri.
XD2	Islak, ara sıra kuru	Yüzme havuzları. Klorür içeren endüstriyel sulara maruz betonlar.
XD3	Tekrarlı ıslanma ve kurumaya maruz	Klorür ihtiva eden serpinti sularına maruz köprü kısımları, kaldırımlar, araç park yeri döşemeleri.
Deniz suyundan kaynaklanan klorür iyonları nedeniyle korozyon		
XS1	Hava ile taşınan tuzlara maruz fakat deniz suyu ile doğrudan temas etmeyen	Sahilde veya sahile yakın yerlerde bulunan yapılar.
XS2	Sürekli olarak su içerisinde	Deniz yapılarının belli bölümleri
XS3	Gelgit, dalga ve serpinti bölgeleri	Deniz yapılarının belli bölümleri
Buz çözücülerin kullanıldığı veya kullanılmadığı donma-çözülme etkisi		
XF1	Buz çözücü madde içermeyen suyla orta derecede doygun	Yağmura ve donmaya maruz düşey beton yüzeyler
XF2	Buz çözücü madde içeren suyla orta derece doygun	Donma ve hava ile taşınan buz çözücü madde etkisine maruz yol yapılarının düşey beton yüzeyleri.
XF3	Buz çözücü madde içermeyen suyla yüksek derecede doygun	Yağmura ve donmaya maruz yatay beton yüzeyler.
XF4	Buz çözücü madde içeren su veya deniz suyu ile yüksek derecede doygun	Buz çözücü maddelere maruz yol ve köprü tabliyeleri, buz çözücü tuz içeren su serpintisine doğrudan maruz beton yüzeyler, deniz yapılarının dalga etkisine ve donmaya maruz bölgeleri.
Zararlı kimyasal ortam		
XA1	Hafif zararlı kimyasal ortam	
XA2	Orta derecede zararlı kimyasal ortam	
XA3	Yüksek derecede zararlı kimyasal ortam	

Çizelge 2. Beton tasarımında çevresel etki sınıfları için önerilen sınır değerler (TS EN 206)

			Max. S/Ç oranı	Min. dayanım sınıfı	Min. çimento miktarı (kg/m ³)	En az hava içeriği (%)	Diğer şartlar		
Çevresel Etki Sınıfları	Korozyon etkisi ve riski yok		X0	--	C12/15	--	--		
	Karbonatlaşma nedeniyle korozyon		XC1	0.65	C20/25	260	--		
			XC2	0.60	C25/30	280	--		
			XC3	0.55	C30/37	280	--		
			XC4	0.50	C30/37	300	--		
	Klorür nedeniyle korozyon		Deniz suyu haricindeki klorür etkisi		XD1	0.55	C30/37	300	--
					XD2	0.55	C30/37	300	--
					XD3	0.45	C35/45	320	--
			Deniz suyundan kaynaklanan klorür etkisi		XS1	0.50	C30/37	300	--
					XS2	0.45	C35/45	320	--
					XS3	0.45	C35/45	340	--
	Donma-çözülme etkisi		XF1	0.55	C30/37	300	--	Donma-çözülme dayanıklılığı yeterli agrega	
			XF2	0.55	C25/30	300	4.0 ^a		
			XF3	0.50	C30/37	320	4.0 ^a		
			XF4	0.45	C30/37	340	4.0 ^a		
	Zararlı kimyasal ortam		XA1	0.55	C30/37	300	--	--	
			XA2	0.50	C30/37	320	--	Sülfata dayanıklı çimento ^b	
			XA3	0.45	C35/45	360	--		

^a Hava sürüklenmemiş betonda, betonun 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 SO₄⁻² den kaynaklanması halinde sülfata dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfata dayanıklılık itibariyle çimentonun sınıflandırılması halinde orta ve yüksek dayanıklı olarak adlandırılan XA2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa XA1 etki sınıfında) ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.

Performansa dayalı tasarım:

Performansa dayalı tasarım her türlü bozulma mekanizmasını, yapı elemanı veya yapının hizmet ömrünü, hizmet ömrünün sonlanmasını tanımlayan kriterleri sayısal olarak dikkate alır. Böyle bir yöntem genellikle yerel çevresel ortamlarda yerel uygulamaları esas alan deneyime dayanabilir.

- Performansa dayalı tasarım korozyona ve betonun donma-çözülme direncini ifade etmeye daha uygundur.
- Uygulamada, dürabilite düzeyinde sağlanan başarı, tasarıma, kullanılan malzemelere ve uygulamaya bağlıdır.
- Malzeme uyumu, uygulama yöntemi, işçilik kalitesi, denetim düzeyi ve kalite güvencesi gibi parametrelerin her biri dürabiliteye dayalı tasarımda çok önemlidir.
- Dürabilite açısından performans maruz kalınan çevresel etkiler altında yapının hizmet ömrüne, gelecekte muhtemel kullanım durumuna, alınan koruyucu önlemlere, bakım-onarım planına ve göçme sonuçlarına bağlıdır.
- Çevre ile ilgili sahip olunan bilgi düzeyi performansa dayalı tasarım yöntemlerinin uygulama güvenliği açısından önemlidir.

BETON BİLEŞİMİ HESABI İÇİN PROSEDÜR

Beton tasarımı belli bir hedef dayanıma ve dayanıklılığa sahip 1 m³ beton için gerekli malzeme miktarlarını en ekonomik bir biçimde belirlemektir. Beton tasarımı hesabında aslında yapılan, istenen özelliklere sahip beton için gerekli en uygun malzeme oranlarını veya miktarlarını en akıllı bir biçimde tahmin etmektir. Bunun için teorik olarak hesaplanan malzeme miktarlarını kullanarak deneme üretimleri gerçekleştirip gerçekte arzu edilen özelliklere sahip betonun üretilip üretilmeyeceğini deneysel olarak görmek gerekir. Beton tasarımı için aşağıda sıralanan adımlar takip edilir.

Adım 1. Çevresel etki sınıfının belirlenmesi

Yapının maruz kalacağı çevresel etki sınıfı **Çizelge 1**'den alınır.

Adım 2. Beton sınıfının belirlenmesi

Belirlenen etki sınıfına bağlı olarak **Çizelge 2**'den uygun beton sınıfı belirlenir. Beton sınıfı projede belirtilmiş ise **Çizelge 2**'den belirlenen beton sınıfı ile karşılaştırılır ve büyüğü alınarak işlemlere devam edilir.

Adım 3. Ortalama dayanımın (hedef dayanım) belirlenmesi

Adım 2'de belirlenen beton sınıfına göre ortalama dayanım aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta\sigma \quad (\text{Standart sapma bilinmiyorsa})$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 1.48 \times s \quad (\text{Standart sapma biliniyorsa})$$

Adım 4. Su/çimento oranının belirlenmesi

Tasarım için uygun su/çimento oranını belirlemek için **Çizelge 2**'den ve **Çizelge 3**'den belirlenen su/çimento oranları karşılaştırılır ve küçüğü alınarak işlemlere devam edilir.

Çizelge 3. Ortalama basınç dayanımına ilişkin su/çimento (S/Ç) oranları

Ortalama basınç dayanımı 28 günlük, MPa	Efektif su/çimento oranı, ağırlıkça	
	Hava sürüklenmemiş beton	Hava sürüklenmiş beton
15	0.80	0.72
20	0.69	0.60
25	0.61	0.52
28	0.57	0.48
30	0.54	0.45
35	0.48	0.40
38	0.45	0.37
40	0.42	0.35
45	0.37	--
48	0.33	--

Adım 5. En büyük agrega tane büyüklüğünün belirlenmesi

En büyük agrega büyüklüğü yapı elemanının boyutu ile sınırlıdır. En büyük agrega büyüklüğü en dar yapı elemanın 1/5'inden, döşeme derinliğinin 1/3'ünden, en dar donatı arası mesafenin 3/4'ünden, su ve zemin içinde pas payının 2/3'ünden ve klorür ortamında pas payının yarısından büyük olamaz.

Adım 6. İşlenebilirliğin belirlenmesi

Beton işlenebilir olmalı ancak ayrışmamalı ve/veya su kusmamalıdır. Aynı karışımlar sözkonusu olduğunda çökme deneyi iyi bir gösterge olabilir. TS EN 206 standardında çökme değerine bağlı olarak tanımlanan kıvam sınıfları **Çizelge 4** halinde aşağıda vermektedir.

Kıvam	Çökme, mm	İşlenebilirlik sınıfı	
S1	10-40	Kuru	
S2	50-90	Plastik kuru	Metreküp başına 5-6 kg su ilave etmek suretiyle çökme 25 mm
S3	100-150	Plastik	kadar arttırılabilir.
S4	160-210	Akıcı	
S5	≥ 220	Çok akıcı	

Adım 7. Hava içeriği ve karma suyu miktarının belirlenmesi

Donma-çözülme etkisinin söz konusu olduğu durumlarda hava sürükleyici katkı kullanılır. Bu durumda minimum hava içeriği **Çizelge 2**'de verilmektedir. Belli bir çökme için gerekli su miktarı, en büyük agrega büyüklüğü ve agrega biçimi ile kullanılan hava sürükleyici katkı maddesine bağlıdır. En büyük agrega tane büyüklüğüne bağlı olarak betonda hapsolan hava miktarı ile belli bir çökme için hava sürüklenmiş ve hava sürüklenmemiş betonlar için gerekli karma suyu miktarları **Çizelge 5** halinde aşağıda verilmektedir.

	<u>Yaklaşık karma suyu miktarı, kg/m³</u> En büyük agrega büyüklüğü, mm					
Hapsolan hava içeriği (%)	8	16	20	25	32	63
	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
Çökme, mm	Hava sürüklenmemiş beton					
10-40	210	195	185	180	165	150
50-90	225	210	200	190	180	165
100-150	235	220	210	200	190	175
160-210	245	230	220	210	200	185
	Hava sürüklenmiş beton					
10-40	185	175	165	160	150	140
50-90	205	190	180	175	165	150
100-150	215	200	190	185	170	155
160-210	225	210	200	195	185	165

Çizelge 5'de verilen karma suyu miktarları kırma agrega (mıcır) için geçerlidir. Agrega dere çakılı (yuvarlak) olması halinde karma suyu miktarı %10-15 oranında azaltılır.

Adım 8. Çimento (çimentomsu malzeme) miktarının belirlenmesi

Gerekli çimento veya bağlayıcı miktarı daha önce belirlenen su miktarını su/çimento oranı veya su/bağlayıcı oranına bölmek suretiyle hesaplanabilir. **Çizelge 2**, çevresel etki sınıfına ve beton sınıfına bağlı olarak minimum çimento miktarlarını vermektedir.

Adım 9. Kimyasal katkı miktarının belirlenmesi

Donma-çözölmeye maruz ortamlarda mutlaka hava sürükleyici katkı maddesi kullanılır. Bunun dışında dayanım ve/veya dayanıklılık açısından gerekli görülmesi halinde herhangi bir kimyasal veya mineral katkı maddesi kullanılmalıdır. Hava sürükleyici miktarı, katkı üreticisi tarafından belirlenen oranda hesaplanır.

Benzer şekilde diğer kimyasal katkı maddelerinin kullanımı da üretici firmalar tarafından belirtilen oranlarda kullanılabileceği gibi şantiye şartları ve kullanılan malzemeler dikkate alınarak da kullanılabilir. Tüm kimyasal katkı maddeleri kullanılan çimentonun belli oranında beton karışımına ilave edilir. Mineral katkı maddeleri de kullanılan çimentonun belli oranında beton karışımına ya ilave edilir ya da çimentonun bir kısmı yerine ikame edilerek kullanılır.

Adım 10. Agrega miktarının belirlenmesi

Hava içeriği ve karma suyu miktarı 7. adımda, çimento miktarı 8. adımda belirlendikten sonra 1 m³ için gerekli toplam agrega miktarı aşağıdaki ifade kullanılarak belirlenebilir.

$$A_a = \delta_a \times \left[1000 - \left(S + \frac{C}{\delta_c} + 10 \times H \right) \right] \text{ kg/m}^3$$

Burada, kg/m³ olarak, A_a toplam agrega miktarını, S su miktarını, C çimento miktarını gösterirken; H yüzde olarak hava miktarını, δ_c çimentonun özgül ağırlığını, δ_a karışım agregasının özgül ağırlığını göstermektedir.

Not 1: Agrega karışımının özgül ağırlığı (δ_a), agrega gruplarının özgül ağırlıklarının uygun granulometri için belirlenen oranlarda çarpıp toplamak suretiyle elde edilmektedir.

Not 2: Agrega kuruysa, miktarı “1.0+su emme” ile çarparak doymun yüzey kuru (DYK) ağırlığa dönüştürülebilir.

ŞANTİYE KOŞULLARINA GÖRE NEM DÜZELTMESİ

Beton karışımı hesabı agreganın DYK haline göre yapılır. Şantiyede agrega nadiren bu durumdadır. Agreganın ıslaksa yüzeyindeki suyu betona verir ve su/çimento oranının yükselmesine neden olur. Kuruysa, agrega karışım suyundan emer ve bu durumda su/çimento oranı düşer. Bu durumda işlenebilirlik azalır; dolayısıyla betonun yerleştirilmesi ve sıkılanması zorlaşır. Bundan dolayı agreganın nem durumuna göre karışım suyu miktarının mutlaka düzeltilmesi gerekir. Şantiye koşullarında agrega için nem düzeltmesi aşağıdaki gibi gerçekleştirilir. Nem düzeltmesi tüm agrega grupları için ayrı ayrı yapılır.

$$A' = A \times \frac{1 + DN}{1 + SE}$$

Burada, A' şantiyede agrega miktarını, A agrega miktarını (DYK halde), DN agreganın nem muhtevasını ve SE agreganın su emme kapasitesini göstermektedir.

DENEME BETONU ÜRETİMİ VE BİLEŞİM DÜZELTMESİ

Beton özelliklerine etkileyen faktörlerin tümü dikkate alınamadığından, hesaplanan malzeme miktarları kullanılarak üretilen betonun istenen kriterleri mutlaka sağlaması beklenemez. Dolayısıyla, arzu edilen özelliklerin sağlanıp sağlanmadığı görmek için mutlaka deneme üretimi yapılmalıdır.

Deneme betonu üzerinde öncelikle işlenebilirlik deneyleri ve devamında alınan numuneler üzerinde basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilir. Elde edilen sonuçlara göre üç durumla karşılaşılabılır:

- Teorik miktarlar uygun bulunabilir. Dolayısıyla, bu miktarlar kullanılarak üretim gerçekleştirilir.
- Teorik miktarlar bazı küçük düzeltmeler yapılarak kullanılabilir.
- Teorik miktarlarda köklü değişiklikler gerekebilir. Teorik miktarlar göz önünde bulundurularak malzeme miktarları yeniden hesaplanır.

Deneme betonu karışımı için genellikle 30-40 litrelik bir harman hazırlanır. Öncelikle çökme, birim ağırlık ve hava içeriği deneyleri gerçekleştirilir. Betonda ayrışma ve su kasma eğilimi olup olmadığı gözlemlenir. Bu testlere ek olarak 15 cm küp veya 15x30 cm silindirik numuneler hazırlanır ve 28 gün standart kür sonrası ortalama basınç dayanımı tespit edilir ve hedef ortalama dayanımın sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Çökme, birim ağırlık, hava içeriği ve basınç dayanımında hedeflenen değerlerden sapma olması durumunda gerekli ayarlamalar yapılarak yeni bir deneme üretimi yapılır ve benzer süreç tekrarlanır.

Deneme betonu için hesaplanan su miktarı istenen kıvamı tutturmak için gerekenden az veya çok gelebilir. Bu nedenle hesaplanan miktarda değil, kıvam için gereken miktarda su kullanılmalıdır. Bu durumda beton bileşiminin düzeltilmesi gerekir. Kural olarak kıvam için kullanılan su miktarı hesaplanandan fazla ise, su miktarı harman hacmi oranında, çimento miktarı ise ve teorik olarak başlangıçta belirlenen su/çimento oranında hesaplanır. Kıvam için kullanılan su miktarı hesaplanandan az ise 1 m³ için karma suyu ve çimento miktarları harman hacmi oranında belirlenir.

Deneme karışımı için uyulması gereken temel kurallar:

- Gerçek çökme elde edilmezse, her 25 mm'lik çökme artışı veya azalışı için 6 kg/m³ su azaltılır veya arttırılır.
- İstenilen hava içeriğine ulaşılamazsa, hava sürükleyici katkı maddesi miktarı belirtilen hava içeriğini üretecek şekilde ayarlanmalıdır. Hava miktarında her %1'lik artış veya azalış için su 3 kg/m³ artırılır veya azaltılır.

En işlenebilir ve ekonomik karışımı elde etmek için malzeme miktarları biraz değiştirilerek ek deneme beton karışımları gerçekleştirilebilir.