



TÜRK STANDARDI
TURKISH STANDARD

TS 802

Mart 2016
Haziran 2009 yerine

ICS 91.100.30

BETON KARIŞIM TASARIMI HESAP ESASLARI

Design of concrete mixes

TÜRK STANDARDLARI ENSTİTÜSÜ
Necatibey Caddesi No.112 Bakanlıklar/ANKARA

Bugünkü teknik ve uygulamaya dayanılarak hazırlanmış olan bu standardın, zamanla ortaya çıkacak gelişme ve değişikliklere uydurulması mümkün olduğundan ilgililerin yayınları izlemelerini ve standardın uygulanmasında karşılaştıkları aksaklıkları Enstitümüze iletmelerini rica ederiz.

Bu standardı oluşturan İhtisas Grubu üyesi değerli uzmanların emeklerini; tasarılar üzerinde görüşlerini bildirmek suretiyle yardımcı olan bilim, kamu ve özel sektör kuruluşları ile kişilerin değerli katkılarını şükranla anarız.



Kalite Sistem Belgesi

İmalât ve hizmet sektörlerinde faaliyet gösteren kuruluşların sistemlerini TS EN ISO 9000 Kalite Standardlarına uygun olarak kurmaları durumunda TSE tarafından verilen belgedir.



Türk Standardlarına Uygunluk Markası (TSE Markası)

TSE Markası, üzerine veya ambalajına konulduğu malların veya hizmetin ilgili Türk Standardına uygun olduğunu ve mamulle veya hizmetle ilgili bir problem ortaya çıktığında Türk Standardları Enstitüsü'nün garantisi altında olduğunu ifade eder.



Kritere Uygunluk Belgesi (TSEK Markası Kullanma Hakkı)

Kritere Uygunluk Belgesi; Türk Standardları bulunmayan konularda firmaların ürünlerinin ilgili uluslararası standartlar, benzeri Türk Standardları, diğer ülkelerin milli standartları, teknik literatür esas alınarak Türk Standardları Enstitüsü tarafından kabul edilen Kalite Faktör ve Değerlerine uygunluğunu belirten ve akdedilen sözleşme ile TSEK Markası kullanma hakkı verilen firma adına düzenlenen ve üzerinde TSEK Markası kullanılacak ürünlerin ticari Markası, cinsi, sınıfı, tipi ve türünü belirten geçerlilik süresi bir yıl olan belgedir.

DİKKAT!

TS işareti ve yanında yer alan sayı tek başına iken (TS 4600 gibi), mamulün Türk Standardına uygun üretildiğine dair üreticinin beyanını ifade eder. **Türk Standardları Enstitüsü tarafından herhangi bir garanti söz konusu değildir.**

Standardlar ve standardizasyon konusunda daha geniş bilgi Enstitümüzden sağlanabilir.

TÜRK STANDARDLARININ YAYIN HAKLARI SAKLIDIR.

Ön söz

- Bu standard, Türk Standardları Enstitüsü'nün İnşaat İhtisas Kurulu'na bağlı TK10 Yapı Malzemeleri Teknik Komitesi tarafından hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 24 Mart 2016 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.
- Bu standard, TS 802: 2009 standardının yerini alır.
- Bu standardın hazırlanmasında, milli ihtiyaç ve imkânlarımız ön planda olmak üzere, milletlerarası standartlar ve ekonomik ilişkilerimiz bulunan yabancı ülkelerin standartlarındaki esaslar da göz önünde bulundurularak; yarar görülen hallerde, olabilen yakınlık ve benzerliklerin sağlanmasına ve bu esasların, ülkemiz şartları ile bağdaştırılmasına çalışılmıştır.
- Bu standard son şeklini almadan önce; bilimsel kuruluşlar, üretici/imalatçı ve tüketici durumundaki konunun ilgilileri ile gerekli işbirliği yapılmış ve alınan görüşlere göre olgunlaştırılmıştır.
- Bu standardda kullanılan bazı kelime ve/veya ifadeler patent haklarına konu olabilir. Böyle bir patent hakkının belirlenmesi durumunda TSE sorumlu tutulamaz.

İçindekiler

Giriş	1
1 Kapsam	1
2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar	1
3 Terimler ve tarifleri	3
3.1 Beton karışım tasarımı	3
3.2 Çevre etkileri (çevre şartları ile ilgili etki sınıfları)	3
3.3 Zararlı kimyasal etkiler	3
3.4 Dayanım	3
3.5 Beton basınç dayanımı	3
3.6 Beton karakteristik dayanımı	3
4 Genel kurallar	3
4.1 Beton karışım tasarımı hesap esasları	3
4.2 Beton sınıfı belirlenmesi ve hesabı	5
5 Özellikler	9
5.1 Agregada en büyük tane büyüklüğünün seçilmesi	9
5.2 Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri) seçimi	9
5.3 Pompa ile iletilen beton	12
5.4 Agreganın tane sınıflarına ayrılması	15
5.5 Su / çimento oranının (s/ç) seçilmesi	17
5.6 Su miktarının (s) seçilmesi	18
5.7 Hava içeriğinin seçilmesi	21
5.8 Kıvamın seçilmesi	22
6 Kendiliğinden yerleşen beton (KYB) için karışım tasarımı	22
6.1 Genel	22
6.2 Karışım tasarımı prensipleri	22
6.3 Deney yöntemleri	23
6.4 Temel karışım tasarımı	23
6.5 Karışım tasarımı yaklaşımı	24
7 Beton karışım hesabının yapılması	26
7.1 Hesaplama bağıntısı	26
7.2 Değişkenlerin belirlenmesi	26
7.3 Karışım hesaplarının deneylerle gerçekleştirilmesi	29
Ek A Beton karışım tasarımında göz önünde bulundurulması gerekli bazı faktörler	30
Ek B Beton karışım hesabına ait örnek	31
Yararlanılan kaynaklar	36

Giriş

Bir betonun, gerekli ve talep edilen fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olabilmesi için karışım oranlarının ve miktarlarının belirlenmesi işlemleri karışım tasarımı olarak tarif edilir. Beton karışım tasarımında dikkate alınacak özellikler olarak; taze beton özellikleri; dayanım ve dayanıklılık gibi sertleşmiş betonun gerekli mekanik ve fiziksel özellikleri ile uçucu kül, silis dumanı, lifler gibi özel bileşenlerin dâhil edilmesi, edilmemesi veya su/çimento oranı gibi sınır değerler akla gelmelidir. Beton karışım tasarımı, bir betonun belirtilmiş özelliklerinin sağlanabilmesi için beton bileşen miktarlarının gerçek malzemelerin kullanılması ile laboratuvarda yapılacak karışım çalışmaları yoluyla belirlenmesi işlemlerini kapsar. Karışım oranları uygun şekilde belirlenmiş beton karışımı aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Uygun taze beton işlenebilirliği,
- Sertleşmiş betonun yeterli dayanıklılık, dayanım ve homojen görünüme sahip olması,
- Ekonomik olması

Karışım tasarımının temel ilkelerinin bilinmesi, karışım oranlarının ayarlanması için kullanılan hesaplamalar kadar önemlidir. Malzemelerin ve karışım özelliklerinin doğru ve uygun bir şekilde seçilmesi ile ancak beton yapılar da yukarıda verilen kalite özellikleri elde edilebilir.

Bir beton karışımının hazırlanmasından önce beton özellikleri, betonun amaçlanan kullanımı, çevre etki şartları, yapı elemanının boyutu ve şekli ile yapı için gerekli betonun fiziksel özellikleri (dona karşı direnci ve dayanım gibi) esasına göre belirlenmelidir. Özellikler yapının ihtiyaçlarını yansıtmalıdır: Örneğin klorür iyonlarına karşı direnç doğrulanabilmeli ve uygun deney yöntemleri belirlenmelidir.

Özellikler bir kez belirlendikten sonra, beton karışım oranları, arazi veya laboratuvar verilerinden de yararlanarak belirlenebilir. Sertleşmiş betonun arzu edilen birçok özelliği büyük oranda oluşan çimento pastasının kalitesine bağlı olduğundan, bir beton karışımının belirlenmesindeki ilk basamak istenilen dayanıklılık ve dayanım şartlarına göre en uygun su-çimento oranının belirlenmesidir.

Betonda su/çimento veya su/bağlayıcı malzeme oranı, beton dayanımı ve dayanıklılığı üzerinde etkili en önemli unsurdur. Dayanım (basınç veya eğilme) beton kalitesi için evrensel olarak kullanılan genel bir ölçüdür. Dayanım, her ne kadar önemli bir özellik olsa da dayanıklılık, geçirgenlik ve aşınma direnci gibi diğer özellikler de önemlidir ve dahası özellikle yapıların uzun ömür tasarımı dikkate alındığında bazı durumlarda daha önceliklidir.

Beton içindeki bağlayıcı pastanın dayanımı, reaksiyona giren pasta bileşenlerinin niteliği ve niceliği ile hidrasyon reaksiyonunun ilerleme derecesine bağlıdır. Beton, ortamda yeterince rutubet ve sıcaklık şartları sağlandığında zamanla dayanım kazanmaya devam eder. Bu nedenle, herhangi bir yaştaki dayanım, su/bağlayıcı malzeme oranı ve hidrasyon derecesinin bir fonksiyonudur. Yeterli kür yapılmasının önemine dikkat edilmelidir.

Belirli bir su/bağlayıcı oranı için beton dayanımındaki farklar; (1) agrega boyutu, tane dağılımı, yüzey yapısı, şekli, dayanımı ve rijitliğindeki değişkenlikler, (2) çimentosu malzemelerin tiplerinde ve kaynaklarındaki değişiklikler, (3) hava içeriğindeki değişiklikler, (4) kimyasal katkıların varlığı ve (5) kür işleminin süresinden kaynaklanır.

Betonu teşkil eden en önemli madde, bağlayıcı olan çimentodur. Çimento, su ile kimyasal reaksiyona girerek (hidrasyon) agrega tanelerini bağlar. Agregaya, betonun ağırlıkça yaklaşık % 75'ini meydana getirir. Tane boyutuna bağlı olarak iri ve ince olarak isimlendirilir. İri veya kaba agrega, çoğu zaman taş ocaklarından çıkartılan kayaların konkasörde kırılması suretiyle elde edilebildiği gibi dere malzemesi (doğal şekillenmiş) olarak da bulunabilir. Dikkat edilecek husus, zararlı maddelerden arı (temizlenmiş) olmasıdır. Bu zararlı maddeler; yumuşak taneler, kil, çözünebilir tuzlar ve organik maddeler olabilir. Kum veya ince agrega, silika veya kalker ihtiva eden doğal şekillenmiş malzemenin elenmesi ile elde edilebildiği gibi, kayalardan kırma ve öğütme suretiyle de elde edilebilir. Betonun teşkil eden diğer önemli bir madde de sudur. Suyun zararlı madde ihtiva etmemesi gerekir. İçilebilen özellikteki su, genellikle betonda kullanım için yeterlidir.

Betona, çimento, agrega ve sudan başka bazı katkı maddeleri de karıştırılabilir. Bunlar, su ilavesinden önce veya sonra konulabilirler. Katkı maddeleriyle, betonun işlenebilirliği, dayanıklılığı, mukavemeti arttırılabildiği gibi, sertleşme geciktirebilir veya çabuklaştırabilir. Bunun yanında betonun ısı genleşme ve geçirgenliği de beton katkı maddeleriyle kontrol edilebilir. Betonun içinde milyonlarca mikroskobik hava kabarcığı meydana getiren katkı maddeleri de mevcuttur. Karışımın su ihtiyacını azaltan katkı maddeleri,

Portland çimentosu taneciklerini elektrikle yükleyerek birbirlerinden uzaklaştırır ve daha homojen bir karışım meydana getirerek beton karışımının su ihtiyacını azaltır.

Beton için gerekli olan çimento ve agregası, farklı sanayi mamulleridir. Son adım, karışımın hazırlanıp betonun kullanılması safhasıdır. Karışım suyunun çimento miktarına oranı, betonun mukavemetine tesir eden en önemli etkidir. Diğer önemli bir etken de beton içindeki hava miktarıdır. Bu miktar normal betonda yaklaşık %0,3- %3 civarındadır. Bu iki tesir beton kalitesinin kontrolünde en önemli iki faktörü teşkil etmektedir. Ayrıca beton karışımın homojen olarak elde edilmesinde de önemlidir.

Beton, günümüz şartlarında artık hazır beton tesislerinde hazırlanarak inşaata transmikser ile getirilmekte ve kalıbına pompa ile iletilerek yerleştirildikten sonra sıkıştırılmaktadır. Genel olarak karışımı meydana getiren çimento dökme olarak fabrikalardan alınarak silolarda depolanır, agregası yığın olarak taş ocaklarından veya dere yataklarından taşınarak açık sahalarda depolanır ve su ise artezyen veya kuyu suyu olarak elde edilip depolanır. Karışımı hazırlayan (veya hazır beton satan) kuruluşlar, bu malzemeleri uygun oranlarda tartarak karıştırıp betonu imal ederler. Bu tesislere yapılacak talep karşılığında, kullanıma hazır, istenen kalitede karışım, inşaat yerine getirilerek kalıplara doldurulur. Karışım, sabit karıştırıcılarda yapılabildiği gibi, hareketli karıştırıcılarda da gerçekleştirilebilir. Bu çeşit merkezi beton santrallerinin faydası, karışımın kontrollü olarak yapılmasıdır. Uygun kum ve çakıl bulunduğu iyi kalitede beton kolaylıkla elde edilebilir.

Karışımın homojen bir şekilde elde edilmesinden sonra yapılacak iş, betonun yerleştirilmesidir. Kalıba yerleştirilen karışımın içinde bulunan hava kabarcıkları titreştirici kullanılarak çıkarılabilir ve betonun iyi yerleşmesi sağlanabilir. Küçük işlerde, şişleme de tatbik edilebilir. Titreştirme, dış merkezli bir kütle için bir eksen etrafında döndürülmesi suretiyle elde edilir. Vibrasyon denilen bu titreşim, beton içinde yapılabildiği gibi, kalıbın titreşimiyle de elde edilebilir.

Sertleşmiş betonun elde edilmesinde en son adım, dökülmüş betonun bakımı ve sertleşmesidir. Sertleşme Portland çimentosunun su ile kimyasal reaksiyona girmesi sonucundaki hidratasyonu ile meydana gelir. İlk günlerdeki bakımın, nemli şartların belirli süre ile devam ettirilmesi yoluyla sağlanması önemlidir. Bunun için betonun dış yüzü, su ile ıslatılabileceği gibi, bu maksatla nemli örtüler de kullanılabilir. Tam hidratasyonun elde edilmesi için çimento türü ve sıcaklığa bağlı olarak uzun bakım süresine ihtiyaç duyulabilir. Çoğu hallerde yedi günlük bakım yeterlidir. Genellikle betonun suyunun buharlaşması sonucu sertleştiği zannedilir. Gerçekte bu doğru değildir. Su olmaksızın ne hidratasyon ne de sertleşme olabilir. Su, çimentonun hidratasyonu sonucu dönüşerek kaybolur ve ancak karışımın fazla suyun buharlaşmasına müsaade edilebilir. Betonun geçirdiği devrelerdeki kimyasal reaksiyonlar oldukça karmaşıktır.

Günümüz teknolojisinde üretilen betonlarda ortaya çıkan bazı sorunlar nedeniyle kimyasal katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkıları, betonun mukavemetini yükseltmekle birlikte fazla su kullanımının getirdiği olumsuzlukları da önler. Ayrıca, betonun akışkan ya da katı kıvamda olması için gerekli ayarlamaya da imkân sağlar.

Betonun dayanıklılığı, dış ortamdan kaynaklanan zararlı etkilere karşı betonun direnci olarak tanımlanmaktadır. Bu dış etkilerin yanında betonu oluşturan bileşenlerin de bazı durumlarda tepkimelere girişmesi muhtemeldir. Alkali-agregası tepkimesi gibi bu tür iç korozyon olayları dış ortama bağlı olarak şiddetlenebilir.

Betonun doğal kimyasal zararlara karşı dayanıklı olması, fizikokimyasal dış etkenler sonucu niteliklerini kaybetmemesi, bunun için yeterli kimyasal dirence (dayanıklılığa) sahip bulunması istenir. Çimentoyla yapılmış herhangi bir beton elemanın çimento ile yapmış olduğu reaksiyon sonucunda mukavemeti, zamanla artacağına azalmamalıdır.

Beton, çeşitli zararlı etkiler altında bir takım kimyasal reaksiyonlar nedeniyle sahip olduğu mukavemeti zamanla kaybedebilir. Bu durumda yapı, betonun maruz kaldığı kuvvetlere dayanamamanın bir sonucu olarak, kısmen veya tamamen yıkılır veya kullanılamaz hale gelir.

Fiziko-kimyasal bir süreç olan karbonatlaşma ise ortamın alkalinitesini düşürerek koruyucu oksit tabakasının tahrip olmasına neden olur. Betonun alkalinitesi, hidrate olmuş çimentonun içerdiği Ca(OH)_2 ile sağlanır ve pH 12-13 civarındadır. Ancak Ca(OH)_2 zamanla havadaki CO_2 ile reaksiyona girerek CaCO_3 'e dönüşür ve pH 8'in altına düşebilir. Atmosferdeki miktarı hacimce %0,03 olan CO_2 'nin kırsal bölgelerde bile karbonatlaşmaya olan etkisi söz konusudur. CO_2 konsantrasyonu arttıkça karbonatlaşma oranı artmaktadır. Karbonatlaşma derinliğinin birkaç mm ile sınırlı olduğu bilinmesine karşın karbonatlaşma sebebiyle hasar görmüş betonda, herhangi bir mekanik zorlama olmaksızın çatlaklar oluştuğu ve karbonatlaşma derinliğinin 10 cm'den fazla olduğu tespit edilmiştir.

Her beton yapının kendinden beklenen fonksiyonlarını yerine getirebilmesi önemlidir. Beton yapı geleneksel olarak beklenen veya belirli bir hizmet ömrü esnasında mukavemetini ve iş görebilme fonksiyonunu sağlayabilmelidir. Betonun dayanıklılığı, muhtelif hava koşullarına, kimyasal etkilere, aşınmaya veya herhangi diğer zararlı dış ve iç etkilere karşı dayanabilme kabiliyeti olarak tarif edilir. Dayanıklı beton orijinal şeklini ve kalitesini korur ve farklı çevre koşullarında hizmet verebilmeyi sürdürür.

Dayanıklılık ile durabilite aynı anlama gelen iki teknik terimdir. Dayanıklı beton dendiği zaman betonun ömrünün sonsuz anlamına veya beton üzerine gelen her türlü dış etkiye dayanabilir anlamına gelmez. Beton yapılara rutin olarak gerekli bakımları yapmak kaçınılmazdır. Dayanıklılık beton için aslında en önemli parametredir. Bugünlerde beton yapılar gelişen bilim ve teknoloji sayesinde oldukça yüksek dayanımlara çıkmıştır. Bilinen çok yaygın bir kabul, "Yüksek dayanımlı beton aynı zamanda dayanıklı betondur" kabulüdür. Ancak bu, tam olarak doğru olmayan bir kabuldür çünkü donma-çözülme ve bazı kimyasal etkiler beton için halâ tehlike oluşturmaya devam ederler. Bu nedenle bir beton yapının tasarımı yapılırken genellikle dayanım sınıfı ve dayanıklılık ayrı ayrı düşünölmelidir. Bu iki parametreyi birbirlerinin yerine kullanmak son derece yanlıştır.

Beton karışım tasarımı hesap esasları

1 Kapsam

Bu standard, yerinde döküm ve ön yapımlı (prefabrik) yapılar ile binaların ve inşaat mühendisliği alanına giren yapıların ön yapımlı yapısal elemanlarında kullanılan betonların karışım hesap esaslarını kapsar.

Bu standard kapsamındaki beton;

- Normal ağırlıklı beton,
- Şantiyede hazırlanmış beton, hazır beton veya ön yapımlı beton elemanlar için tesiste imal edilmiş beton,
- Sürüklenmiş hava dışında kalan hapsolmuş hava miktarı, kabul edilebilir seviyenin altında kalacak şekilde sıkıştırılmış veya kendiliğinden yerleşen (sıkışan) beton olabilir.

Bu standardda,

- Betonun bileşen malzemeleri,
- Taze ve sertleşmiş beton özellikleri ve bunların doğrulanması,
- Beton bileşim oranları için sınırlar,
- Beton özellikleri,
- Taze betonun teslimi,
- Uygunluk kriterleri ve uygunluk değerlendirmesi.

ile ilgili gerekler belirlenmiştir.

Bazı ön yapımlı beton mamuller gibi çok özel mamullerle veya bu standard kapsamındaki işlemlerle ilgili diğer Avrupa standartları, bu standardda verilen hükümlerden sapmayı gerektirebilir veya bazı sapmalara izin verebilir.

Özel tip beton ve uygulamalar için ilave gerekler (şartlar) veya farklı deney işlemleri belirlenebilir, örneğin;

- Kütle betonları (Silindire sıkıştırılmış beton ve baraj betonu gibi),
- Kuru karışım (sıfır slamlı) betonlar,
- Agregada en büyük tane büyüklüğü 4 mm veya daha küçük olan betonlar (harçlar).
- Hafif veya ağır agregalar veya lifler içeren kendiliğinden yerleşen betonlar,
- Boşluklu yapı betonlar (örneğin, drenaj için geçirimsiz beton),

2 Atıf yapılan standard ve/veya dokümanlar

Bu standardda diğer standard ve/veya dokümanlara atıf yapılmaktadır. Bu atıflar metin içerisinde uygun yerlerde belirtilmiş ve aşağıda liste hâlinde verilmiştir. * işaretli olanlar İngilizce metin olarak basılan Türk Standardlarıdır.

TS No	Türkçe Adı	İngilizce Adı
TS EN 206	Beton - Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk	Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity
TS 13515	TS EN 206'nın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standard	Complementary Turkish standard for the implementation of TS EN 206
TS 500	Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları	Requirements for design and construction of reinforced concrete structures.
TS EN 12390-3	Beton - Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini	Testing hardened concrete-Part 3: Compressive strength of test specimens
TS 706 EN 12620+A1	Beton agregaları	Aggregates for concrete
TS EN 933-1	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımının tayini - Eleme yöntemi	Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution - Sieving method
TS EN 197-1	Çimento. Bölüm 1: Genel çimentolar. Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri	Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cement

TS No	Türkçe Adı	İngilizce Adı
TS EN 450-1	Uçucu kül - Betonda kullanılan - Bölüm 1: Tarif, özellikler ve uygunluk kriterleri	Fly ash for concrete - Part 1: Definition, specifications and conformity criteria
TS EN 13263-1	Silis dumanı - Betonda kullanılan - Bölüm 1: Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri	Silica fume for concrete - Part 1: Definitions, requirements and conformity criteria
TS EN 934-2	Kimyasal katkılar. Beton, harç ve şerbet için Bölüm 2: Beton katkıları - Tarifler, özellikler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions and requirements
TS EN 480-11	Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Deney metotları - Bölüm 11: Sertleşmiş betonda hava boşluğu özelliklerinin tayini	Admixtures for concrete, mortar and grout – Test methods - Part 11 : Determination of air void characteristics in hardened concrete
TS 1247	Beton yapım, döküm ve bakım kuralları (normal hava koşullarında)	Mixing, placing and curing of concrete abnormal weather conditions.
TS 1248	Beton yapım, döküm ve bakım kuralları- Anormal hava şartlarında	Mixing, placing and curing of concrete abnormal weather conditions
TS 3440	Zararlı kimyasal etkileri olan su, zemin ve gazların etkisinde kalacak betonlar için yapım kuralları	Rules for making concrete exposed to aggressive effects of liquids, soils and gases
TS EN 1008	Beton – Karma suyu – Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları	Mixing water for concrete – Specification for sampling, testing and assessing the suitability of water, including water recovered from processes in the concrete industry, as mixing water for concrete.
TS EN 12350-1	Beton- Taze beton deneyleri- Bölüm 1: Numune alma	Testing fresh concrete - Part 1 : Sampling
TS EN 12350-2	Beton - Taze beton deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) deneyi	Testing fresh concrete - Part 2 : Slump test
TS EN 12350-3	Beton - Taze beton deneyleri- Bölüm 3: Vebe deneyi	Testing fresh concrete - Part 3 : Vebe test
TS EN 12350-4	Beton - Taze beton deneyleri- Bölüm 4: Sıkıştırılabilirlik derecesi	Testing fresh concrete - Part 4 : Degree of compatibility
TS EN 12350-5	Beton - Taze beton deneyleri- Bölüm 5: Yayılma tablası deneyi	Testing fresh concrete - Part 5 : Flow table test
TS EN 12350-6	Beton - Taze beton deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk	Testing fresh concrete - Part 6 : Density
TS EN 12350-8	Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 8: Kendiliğinden yerleşen beton - Çökme yayılma deneyi	Testing fresh concrete - Part 8: Self-compacting concrete - Slump-flow test
TS EN 12350-9	Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 9: Kendiliğinden yerleşen beton - V hunisi deneyi	Testing fresh concrete - Part 8: Self-compacting concrete - V funnel test
TS EN 12350-10	Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 10: Kendiliğinden yerleşen beton - L kutusu deneyi	Testing fresh concrete - Part 10: Self-compacting concrete - L box test
TS EN 12350-11	Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 11: Kendiliğinden yerleşen beton - Elekte ayrışma deneyi	Testing fresh concrete - Part 11: Self-compacting concrete – Sieve segregation test
TS EN 12350-12	Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 12: Kendiliğinden yerleşen beton - J halkası deneyi	Testing fresh concrete - Part 12: Self-compacting concrete - J -ring test
TS 2941	Taze betonda birim ağırlık, verim ve hava miktarının ağırlık yöntemi ile tayini	Determination of unit weight, yield and air content of fresh concrete by weighting procedure

3 Terimler ve tarifleri

Bu standardın amaçları bakımından TS EN 206, TS 13515, TS 706 EN 12620+A1 ve TS EN 197-1'deki tariflere ilaveten aşağıdaki terimler ve tarifleri geçerlidir.

3.1 Beton karışım tasarımı

İstenen kıvam, işlenebilme, kohezyon, dayanım, dayanıklılık, hacim sabitliği ve aranan diğer özelliklere sahip en ekonomik betonu elde edebilmek amacıyla gerekli çimento, agrega, su, hava ve gerektiğinde kimyasal ve mineral katkı maddelerinin miktarlarını belirlemek için yapılan işlemler.

3.2 Çevre etkileri (çevre şartları ile ilgili etki sınıfları)

Betonun bulunduğu ortamda maruz kaldığı kimyasal ve fiziksel etkiler. Beton, donatı veya betona gömülü metal üzerindeki bu etkiler yapı tasarımında yük olarak alınmaz. Bu konuda ayrıntılı bilgi için TS EN 206'ya bakılmalıdır.

3.3 Zararlı kimyasal etkiler

Beton veya betonarme yapı elemanı betonunun başta dayanım olmak üzere diğer özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek kalitesini düşüren ve hizmet süresini azaltan etkiler. Bu konuda ayrıntılı bilgi için TS EN 206, TS 13515 ve TS 3440'a bakılmalıdır.

3.4 Dayanım

Dayanım, tanımında belirtilen koşullar altında o malzemenin taşıyabildiği en yüksek gerilme değeri.

3.5 Beton basınç dayanımı

Beton basınç dayanımı, ilgili standarda göre 28 gün süreyle küre tabi tutulmuş, çapı 150 mm ve yüksekliği 300 mm olan standart beton silindirik numunenin veya bir kenarı 150 mm olan beton küp numunenin, ilgili standarda göre belirli bir yükleme hızında uygulanan tek eksenli basınç yükü altında taşıyabildiği en büyük gerilme değeri.

3.6 Beton karakteristik dayanımı

Beton karakteristik dayanımı, beton sınıfını tanımlamak için kullanılan, istatistiksel verilere dayanılarak belirlenen ve bu değerden daha düşük dayanım değeri elde edilmesi olasılığı, belirli bir oranın üzerine çıkmayan (genelde %5) dayanım değeri.

3.7 Kendiliğinden yerleşen beton (KYB)

Kendi ağırlığı ile akabilen ve sıkışabilen, homojenliğini koruyarak içerisinde donatı bulunan kalıpları, kanalları, başka işleme gerek kalmaksızın kendiliğinden, yer çekimi etkisiyle doldurabilen beton.

4 Genel kurallar

Beton karışım tasarımı yapılırken, betonun döküleceği elemanın boyutları, elemanın maruz kalacağı sülfat ve klorür gibi zararlı kimyasal etkiler (TS EN 206, TS 13515 ve TS 3440), donma-çözülme, ıslanma-kuruma, aşırı sıcaklık, aşınma gibi fiziksel dış etkiler (TS EN 206, TS 13515'de tanımlanan ve betonun döküleceği yerde geçerli çevre etki sınıfı) ile elemanın sahip olması gereken geçirimsizlik, dayanım, dayanıklılık, yoğunluk, işlenebilme, hacim sabitliği, görünüm ve diğer özellikleri göz önünde bulundurulur. Agreganın tane büyüklüğü dağılımı, su/çimento (s/ç) oranı, su içeriği, çimento, hava ve katkı maddesi miktarları bu standardda verilen çizelgelerden alınabilir veya hesapla bulunmalıdır. Hesapla bulunan karışım elemanları miktarları ile en az 3 veya 4 farklı çimento dozajında aynı kıvamda beton karışımları hazırlanarak alınan numunelerin 28 günlük basınç dayanımı yönünden denenmesi (TS EN 12390-3) ile elde edilen deney sonuçları grafiksel ortamda (Çimento içeriği ile basınç dayanımı) değerlendirilmesi ile istenilen beton sınıfı için karışım tasarımı elde edilmiş olacaktır. Beton karışım hesaplarına başlanmadan önce dikkat edilmesi gerekli olan bazı önemli hususlar özet halinde Ek A' da verilmiştir. Ek B' de ise örnek bir beton karışımına ait hesap işlemleri sayfalar halinde açıklanmıştır.

4.1 Beton karışım tasarımı hesap esasları

Betonu oluşturan malzemelerin beton karışımına giren oranların belirlenmesi, daha yaygın adıyla beton karışım tasarımı, birbirine bağlı iki ana aşamadan oluşur. (1) Uygun bileşenlerin (çimento, agrega, su ve katkı) seçilmesi ve (2) uygun işlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılıkta ve mümkün olan en ekonomik betonun elde edilebilmesi için bu bileşenlerin göreceli oranlarının hesaplanması. Söz konusu oranların belirlenmesi, kullanılan malzemelerin niteliklerine ve betonun kullanım yeri ve koşullarına bağlıdır. Bu koşullar çoğunlukla şartnamelerde belirtilir.

Beton karışım oranlarının doğru olarak belirlenmesi işlemi;

- Düşük maliyet,
- Yerleştirilebilme koşulları,
- Dayanım koşulları,
- Dayanıklılık koşulları,
- Estetik koşullar

arasında bir denge oluşturulması amacıyla yapılan bir tasarımdır.

Genel olarak bakıldığında, en ekonomik beton, asgari su/çimento oranında ve istenilen işlenebilirlikte olup agrega-çimento oranı en yüksek olan betondur. Ancak, yük taşıyan önemli yapılarda ekonomi parametresi aslında en son düşünülmesi gerekli parametredir.

Taze betonun yerleştirilebilirliği, kıvamı (slamp veya çökme) ve işlenebilirliği ile tanımlanabilir. Bir betonun işlenebilirliğini etkileyen faktörler taze beton özellikleri ile ilgilidir. Sonuç olarak, bu faktörlerin hepsi birbiriyle ilişkilidir.

Dayanım betonunun en önemli karakteristik özelliğidir. Diğer birçok beton özelliği, genel hatlarıyla, dayanımla ilişkilendirilebilir. Kullanılan beton bileşenlerinin özellikleri ve ortam koşulları sabit olduğu sürece, su/çimento oranıyla dayanım arasında birebir bir ilişki vardır. Su/çimento oranı arttıkça dayanım azalır, azaldıkça dayanım artar.

- Öte yandan, sabit bir su/çimento oranı için beton dayanımı;
- En büyük agrega boyutundan,
- Agrega tane büyüklüğü dağılımı (granülometri), şekli ve yüzey pürüzlülüğünden,
- Kullanılan çimento cinsinden,
- Betondaki hava miktarından,
- Kullanılan katkıların cins ve miktarından

etkilenir.

Beton, hizmet ömrü süresince donma-çözülme, ıslanma-kuruma, ısınma-soğuma, zararlı kimyasal etkiler, vb. şartlara maruz kalabilir. Böyle durumlar söz konusu olduğunda çeşitli önlemler almak gerekir. Bu önlemlere bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

- Alkali-agrega reaksiyonunun önlenmesi veya etkilerinin azaltılması için düşük alkalili çimento, puzolanik katkı veya reaktif olmayan agrega kullanılmalıdır.
- Deniz suları, sülfatlı sular veya sülfatlı zeminlerin betonla teması söz konusu olduğunda, sülfata dayanıklı çimento, cürufu çimento veya puzolanik katkıları kullanılabilir. Betonun geçirimsizliğini azaltmak için su/çimento oranı azaltılmalıdır.
- Donma-çözülme etkisini azaltmak için hava sürükleyici katkı kullanılmalıdır.

Yukarıdaki genel bilgilerden sonra beton karışım hesabının esaslarına geçilmesi mümkündür:

Bir beton karışım hesabı yapabilmek için gerekli ön bilgiler aşağıda verilmiştir:

- Agreganın elek analizi (granülometri),
- Agregaların uygun tane sınıflarına bölünmesi,
- Agregaların, çimentonun ve mineral ve kimyasal katkıların bağlı yoğunlukları,
- Agreganın birim hacim kütlesi,
- Kullanılacak çimento özelliklerinin ve tipinin seçimi,
- Ortam şartlarının ve dayanıklılık kriterlerinin belirlenmesi,
- Performans deneylerinin gerçekleştirilmesi ve malzemelerin uygunluklarının belirlenmesi.

Genellikle beton imalatlarına ait şartnamelerde;

- Kabul edilebilir en yüksek su/çimento oranı,
- Kabul edilebilir en düşük çimento miktarı,
- Betondaki hava miktarı,
- Betonun çökme değeri,
- En büyük agrega boyutu,
- İstenilen beton sınıfı veya dayanımı,
- Kullanılması istenen katkıları ve/veya özel çimento tipleri belirtilir.

Bunların hiç birisinin belirtilmediği veya tanımlanmadığı durumlarda çeşitli standartlar (örneğin, TS 500, TS EN 206, TS 13515 ve bu standard) veya tanınmış beton kuruluşlarınca önerilen yöntemler kullanılarak beton karışım hesabı yapılabilir. Ancak, hangi yöntem ve nasıl kullanılırsa kullanılsın, yapılan bu hesaplardan sonra istenilen beton özelliklerinin sağlanıp sağlanmadığı yerindeki deneme dökümleriyle kontrol edilmelidir.

4.2 Beton sınıfı belirlenmesi ve hesabı

Beton yapıların tasarımı sırasında mühendisler, projeleri için özellikli performans gerekliliklerini yerine getirebilmek amacıyla farklı beton tiplerini seçebilme esnekliğine sahip olmalıdır. Örneğin, hesaplanan şekil değiştirmelerin izin verilen sınırları geçtiği anda, tasarımcı elemanların boyutlarını değiştirmek yerine beton sınıfını artırarak elastisite modülünü yükseltip daha düşük şekil değiştirme özelliğine sahip beton sınıfını belirleyebilmelidir.

Bu esneklik betondaki kalite kontrolün ve bunu takiben şantiye işlerinde hizmet ömrü boyunca istenilen gerekleri karşılamak üzere dökümünde gerekli itinanın sağlanması için sorumluluğu getirmektedir. Tipik olarak beton basınç dayanım sınıfı kullanılarak belirtilir. Betonun basınç dayanımı da çoğunlukla karakteristik dayanım olarak gösterilir. Beton karakteristik dayanımı, beton sınıfını tanımlamak için kullanılan, istatistiksel verilere dayanılarak belirlenen ve bu değerden daha küçük dayanım değeri elde edilmesi olasılığı, belirli bir oranı (genelde %5) aşmayan dayanım değeri olarak tanımlanmaktadır.

Ancak, tasarımda normal olarak beton şartnamesinin bir parçası olmayan betonun belirli bazı özellikleri kullanılmaktadır. Bu özellikler hem yapısal bütünlük ve hem de hizmet ömrü ile ilişkili olabilmektedir. Bu özellikler genellikle betonda silindirik veya küp şekilli numunelere ait basınç dayanım değerleri ile temsil edilmekte ve karakteristik veya ortalama değer olarak ifade edilmektedirler.

TS 500 ve TS EN 1992-1-1 beton yapıların projelendirilmesi için kuralları oluşturmuştur. TS EN 1992-1-1, Çizelge 3.1'de tasarım aşamasında betonun farklı sınıflarında mekanik özellikleri için önerilen değerleri vermektedir. Birçok durumda bu değerler yeterli olmaktadır, ancak bazı durumlarda kabul edilen tasarım değeri proje imkânlarını sınırlandırabilmektedir.

Basınç dayanımına ilave olarak, betonun diğer mekanik özellikleri de bazı tasarımlarda kullanılmaktadır. Bu özelliklerden başlıcaları aşağıda verilmiş olup normal ağırlıklı beton için hedeflenen değerlerin nasıl belirleneceği bu standardda verilmiştir;

- Çekme ve eğilme dayanımı,
- Bağ dayanımı,
- Elastisite modülü,
- Çekmede birim şekil değiştirme kapasitesi,
- Sünme

TS EN 1992-1-1'de Çizelge 3.1'de (Çizelge 1) betonun belirli dayanım sınıfları için esas dayanım ve deformasyon karakteristiklerini verilmektedir. Betonun dayanım ve rijitlik özelliklerine ilave olarak projelendirme işlemleri esnasında diğer özellikleri de gerekli olabilir;

- Otojenik büzülme,
- Kuruma büzülmesi,
- Isıl genleşme katsayısı,
- Isıl iletkenlik,
- Özgül ısı,
- Yangına dayanıklılık,
- Adyabatik sıcaklık artışı,
- Dayanıklılık (durabilite)

Çizelge 1 - TS EN 1992-1-1, Çizelge 3.1'de gösterilen betonun bazı mekanik özellikleri.

Betonun Dayanım Sınıfları															
	C12/ 16	C16/ 20	C20/ 25	C25/ 30	C30/ 37	C35/ 45	C40/ 50	C45/ 55	C50/ 60	C55/ 67	C60/ 75	C70/ 85	C80/ 95	C90/ 105	Analitık Bağntı
f_{ck} (MPa) (Silindir)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
f_{ck} (MPa) (Küp)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa) (Silindir, Hedef)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
f_{cm} (MPa) (Ort. Eksenel Çekme Day.)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{cm} = 0.30 \times f_{ck}^{(2/3)}$ $\leq C50/60$ $f_{cm} = 2.12 \times L_{ff} [1 + (f_{cm}/10)]$ $> C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa) (Karakteristik Eksenel Çekme Day.)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0.70 \times f_{cm}$ Frekans yüzdelik değeri % 5'lik
$f_{ctk,0.95}$ (MPa) (Karakteristik Eksenel Çekme Day.)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1.30 \times f_{cm}$ Frekans yüzdelik değeri % 95'lik
E_{cm} (GPa) Ort. Sekant Elastisite Modülü	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22 [(f_{cm}/10)]^{0.3}$ (MPa)

4.2.1 Beton basınç dayanımı

Sertleşmiş betonda en çok yapılan deney betonun basınç dayanımının tayinidir ve basınç dayanımından diğer birçok özellik tahmin edilebilmektedir. Betonda basınç dayanımı TS EN 12390-3'e göre tayin edilir. Betonda basınç dayanımı genellikle aşağıda verilen sebeplerle tayin edilmektedir;

- Betonun birçok diğer önemli özelliği hakkında genel bilgi sağlamaktadır,
- Beton elemanlar daha çok basınca karşı çalıştırılmaktadır,
- Yapıların tasarım kodlarında genellikle betonun basınç dayanımı esas alınmaktadır,
- Bu deney diğer deneylere göre daha kolay ve daha az masraflıdır.

Bir yapının dayanıklılık (durabilite), yangına dayanıklılık veya yapısal proje gereklerinden belirlenen proje basınç dayanımının önceden tasarım aşamasında belirlenmesi önemlidir. Bazı durumlarda betonda çekme dayanımının daha yüksek olması gerekli olduğunda beton sınıfının yükseltilmesi yerine çatlak kontrolü için en az çelik donatı miktarının artırılması düşünülebilir.

4.2.2 Proje dayanımı ve karakteristik dayanım

TS EN 1992-1-1 standardına göre betonun proje basınç dayanımı f_{cd} aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$$

Burada;

f_{ck} = Betonun 28 günlük karakteristik basınç dayanımı,

γ_c = Beton için kısmi emniyet faktörü,

α_{cc} = Basınç dayanımı üzerindeki uzun süreli tesirler (sünme, şekil değiştirme, çevresel tesirler vb.) ile yük uygulanma yönteminden kaynaklanan olumsuz etkileri dikkate almak için kullanılan katsayıdır. α_{cc} değeri, 0,8 ila 1,0 olmakla birlikte, milli eklerde verilebilir ve önerilen değer 1,0'dır.

Çekme dayanımı tasarım değeri f_{ctd} , aşağıda verilen bağıntı kullanılarak hesaplanır.

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk,0.05} / \gamma_c$$

Burada;

f_{ctk} = Betonun 28 günlük karakteristik eksenel çekme dayanımı,

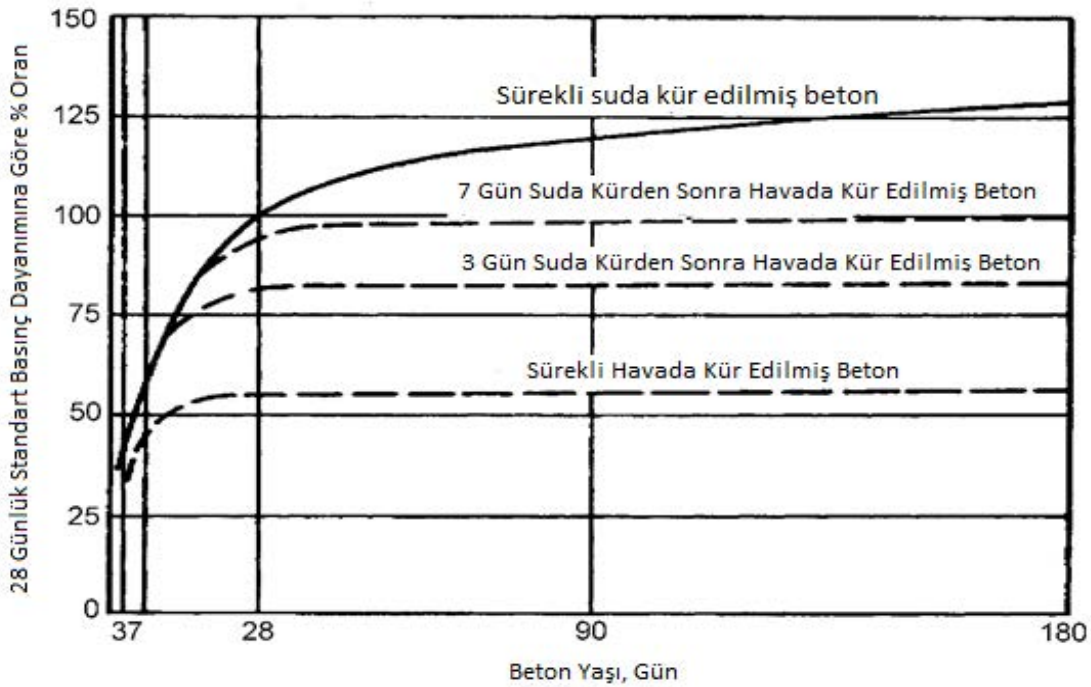
γ_c = Beton için kısmi emniyet faktörü,

α_{ct} = Çekme dayanımı üzerindeki uzun süreli tesirleri (sünme, şekil değiştirme, çevresel tesirler vb.) ve yük uygulanma yönteminden kaynaklanan olumsuz tesirleri dikkate almak için kullanılan katsayıdır. α_{ct} değeri, milli eklerde verilebilir ve önerilen değer 1,0'dır.

γ_c faktörü genellikle 1,5 olarak alınmaktadır. TS EN 1992-1-1'de Madde 2.4.2.4'te bu konuda daha detaylı bilgi verilmektedir. α_{cc} değeri eğilmede basınç ve eksenel yükleme gibi durumlarda 0,85 olarak alınırken kesme, eğilme ve burulma gibi durumlarda ise 1,0 olarak alınmaktadır.

4.2.3 Ortalama hedef dayanım

Proje dayanımı ve karakteristik dayanımın belirlenmesinin ardından laboratuvarda betonun karışım tasarımının yapılması gerekmektedir. Laboratuvar ortamında, ideal şartlarda hazırlanarak normal kür şartlarında kür edilen beton numuneler 28 gün sonunda ideal dayanımlara sahip olurlar. Ancak, arazi şartlarında beton ideal şartlarda hazırlanamadığı gibi ideal şartlarda kür işlemine de tabi olamamaktadır. Aşağıda Şekil 1'de betonun farklı ortam ve şartlarda kür edilmesi durumunda ideal duruma oranla dayanım gelişimleri verilmektedir. Arazide doğal ortam şartlarına maruz kalan beton, laboratuvarda sürekli şekilde suda kür edilen betona göre en az %40-%45 arasında dayanım kaybetmektedir. Bu nedenle betonun laboratuvar ortamındaki hedef dayanımının belirlenmesinde karışım tasarımı esnasında belirli bir emniyet faktörü ile uygulanması gerekmektedir. Bunun yanında arazi ortamında betonun en az 7 gün süre ile ıslak olarak kür edilmesi gerekmektedir. Bu durumda dahi beton ideal duruma göre %25 daha az dayanıma sahip olabilmektedir.



Şekil 1 – Arazide farklı sürelerde ve laboratuvarda ideal şartlarda %100 kür edilen betonların arasındaki dayanım gelişimlerinin birbirlerine göre orantısal olarak değişimi.

Beton tasarımında dikkate alınması gerekli ortalama hedef dayanım, silindir veya küp şekilli numuneler için karakteristik dayanıma ihtiyat payı ilave edilerek bulunan değerlerdir. Bu değerler standard sapma bilinmediği durumlarda kullanılması önerilen emniyet katsayılarıdır. Bu söz konusu ihtiyat payları beton sınıfına göre değişiklik göstermekte olup farklı beton sınıfları için Çizelge 7'de verilmiştir.

Laboratuvarda ideal şartlarda yapılacak olan bir beton karışım tasarımı için silindir veya küp numunede tayin edilecek 28 günlük ortalama hedef dayanımlar Çizelge 7'de verildiği gibi hesaplanmalıdır.

TS 13515'de beton yapıların maruz kalacağı çevre şartları da dikkate alınarak dayanıklılık faktörü öne çıkartılmaktadır. Beton yapının bulunduğu ortam koşullarına uygun olarak TS 13515'ten çevre etki sınıfı belirlenmekte ve bu etki sınıfına göre betonun minimum sahip olması gerekli asgari karakteristik dayanım sınıfı, betonda kullanılmasına müsaade edilen en büyük su/çimento oranı, en az hava içeriği, en az çimento dozajı ve hatta betonda kullanılması gerekli çimento tipi de belirtilmektedir.

Bu amaçla öncelikle TS 13515 standardındaki Çizelge 1 ve Çizelge 2'den yararlanarak beton yapının maruz kalacağı çevre şartları (X0, XC, XD, XS, XM, XF, XA) belirlenmeli ve belirlenen bu etki sınıfı ile yine TS 13515 standardında verilen Ek F'den yararlanarak gerekli en az beton sınıfı ve diğer özellikler belirlenmelidir. TS 13515 standardında yer alan Çizelge F-1, aşağıdaki Çizelge 2'de özet halinde verilmiş olup burada verilen beton sınıfları tasarımcının tespit etmiş olduğu beton sınıfından dayanıklılık faktörü nedeniyle daha yüksek olabilir. TS 13515, Çizelge F-1'de verilen beton sınıfı esas alınmalı ve dayanıklılık kriteri öncelikli olmalıdır. Bu nedenle proje yapımcılarının dayanıklılık faktörünü de dikkate alması gerekmektedir.

Çizelge 2 - Çevre etkilerine göre müsaade edilen en büyük su/çimento oranı (w/c), en az çimento dozajı, en az hava içeriği (%) ve beton sınıfı.

Etki sınıfı	Etkinin tipi	En büyük su/çimento oranı	En küçük dayanım sınıfı	En az çimento miktarı (kg/m ³)	En az hava içeriği, %	Diğer şartlar
X0	Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok	-	C12/15 C16/20	-	-	-
XC1	Karbonatlaşma nedeniyle korozyon	0,70	C20/25	250	-	-
XC2		0,65	C25/30	260	-	
XC3		0,60	C25/30	270	-	
XC4		0,55	C30/37	280	-	
XS1	Deniz suyu etkisi (klorür etkisi)	0,55	C30/37	300	-	-
XS2		0,50	C35/45	320	-	
XS3		0,45	C35/45	320	-	
XD1	Deniz suyu haricinde klorür	0,55	C30/37	300	-	-
XD2		0,50	C35/45	320	-	
XD3		0,45	C35/45	320	-	
XF1	Donma/çözülme etkisi	0,60	C25/30	280	-	TS 706 EN 12620+A1 standardına uygun donma-çözülme dayanıklılığına sahip agregaya
XF2		0,55	C25/30	300	4,0 ^{a)}	
XF3		0,50	C25/30	300	4,0 ^{a)}	
XF4		0,50	C30/37	320	4,0 ^{a)}	
XM1	Aşınma etkisi	0,55	C30/37	300	-	-
XM2		0,55	C30/37	320	-	
XM3		0,45	C35/45	320	-	
XA1	Zararlı kimyasal ortam	0,60	C25/30	280	-	-
XA2		0,50	C35/45	320	-	
XA3		0,45	C35/45	320	-	

Not- Bu Çizelgede verilen değerler, yapının 50 yıl kullanım ömrüne sahip olacağı esas alınarak belirlenmiştir. Bu Çizelge'de verilen değerler TS EN 197-1'e uygun CEM I ve CEM II tipi çimentolar ile 20 mm – 32 mm arasında agregaya en büyük anma tane büyüklüğüne sahip agregaya ile yapılmış betonlarda geçerlidir. En küçük dayanım sınıfları, su/çimento oranı ile 42,5 sınıfı dayanıma sahip çimento ile yapılmış betonun dayanım sınıfı arasındaki ilişki kullanılarak belirlenmiştir. En yüksek su/çimento oranı ve en az çimento miktarı sınır değerleri, her durumda uygulanabilir. Aynı zamanda beton dayanım sınıfı da ilâve olarak belirtilebilir. Daha ayrıntılı bilgi için TS 13515 standardına bakılmalıdır.

- Hava sürüklenmemiş betonda, betonun performansı, ilgili etki sınıfı için donma/çözülme etkisine dayanıklılığı kanıtlanmış betonla mukayese edilerek uygun deney metoduna göre belirlenmelidir. Verilen hava içerikleri agregaya en büyük tane büyüklüğü 25 mm ile 31,5 mm arasındaki agregalar içindir, farklı agregaya en büyük tane büyüklüğü değerleri için hava içeriği Şekil 14'ten tespit edilmelidir.
- XA2 ve XA3 etki sınıfında baskın etkinin SO_4^{2-} den kaynaklanması hâlinde sülfatlara dayanıklı çimento kullanılması zorunludur. Sülfatlara dayanıklılık bakımından çimentonun sınıflandırılması hâlinde orta ve yüksek dayanıklı olarak sınıflandırılan çimento XA2 etki sınıfında (uygulanabiliyorsa XA1 etki sınıfında) ve yüksek dayanıklı çimento ise XA3 etki sınıfında kullanılmalıdır.

4.2.4 Basınç dayanımının süreye bağlı gelişimi

Herhangi bir yaştaki (t) beton basınç dayanımı, çimento tipine, ortam sıcaklığına ve kür şartlarına bağlıdır. Ortalama 20°C'lik ortam sıcaklığında ve TS EN 12390-2'ye uygun şekilde küre tabii tutulmuş betonun farklı yaşlardaki ortalama basınç dayanımı $f_{cm}(t)$, aşağıdaki bağıntılar kullanılarak hesaplanabilir.

$$f_{cm}(t) = [\beta_{cc}(t)] f_{cm}$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{t} \right)^{0,5} \right] \right\}$$

Burada;

$f_{cm}(t)$: Betonun t günlük ortalama basınç dayanımı,

f_{cm} : Betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı,

$\beta_{cc}(t)$: Beton yaşı t 'ye bağlı katsayı,

t : Beton yaşı, gün,

s : Çimento tipine bağlı katsayı, CEM 42,5 R, CEM 52,5N, CEM 52,5 R (Sınıf R) için 0,20, CEM 32,5R, CEM 42,5 N (Sınıf N) için 0,25, CEM 32,5 N (Sınıf S) için 0,38' dir.

5 Özellikler

5.1 Agregada en büyük tane büyüklüğünün seçilmesi

Beton imalatında kullanılacak agreganın TS EN 933-1'e uygun olarak tayin edilen en büyük tane büyüklüğü; betonun kullanılacağı yapı elemanının şekil, cins ve en dar kesitinin boyutu, beton örtü tabakası (pas payı) kalınlığı ile betonun dökümünde kullanılacak yöntemle bağlıdır. Agregada 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. Bazı eleman boyutları için kullanılacak en büyük tane büyüklükleri, donatı aralığına ait yukarıdaki husus da dikkate alınmak şartıyla Çizelge 3 'te verilmiştir.

Çizelge 3 – Çeşitli yapı elemanları için boyutlara bağlı olarak kullanılacak agregada en büyük tane büyüklükleri

Yapı elemanı kesitinin en dar boyutu cm	Agregada en büyük tane büyüklüğü (en fazla) (mm)			
	Donatılı perde, giriş 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

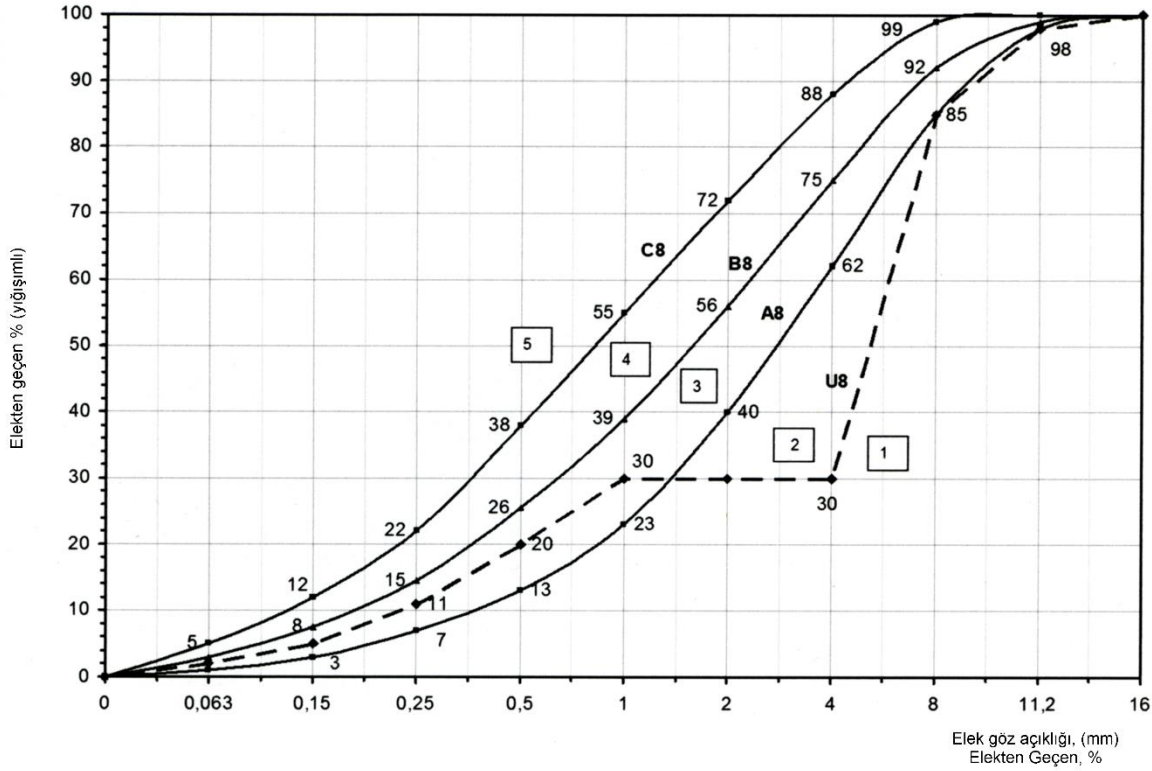
5.2 Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri) seçimi

Beton yapımında kullanılacak agregalara ait tane büyüklüğü dağılımı; TS EN 933-1'e göre agregada tane sınıfına (d/D) bağlı olarak belirlenmelidir. İri ve ince agregalar TS 706 EN 12620+A1 Madde 4.3.2'de iri agregalar için verilen d/D tane sınıfı gösterilişine ve Madde 4.3.3'te ince agregalar için verilen üst elek göz açıklığına (D) uygun olarak Çizelge 2'de verilen tane büyüklüğü dağılımı değerlerine uygun olmalıdır. Karışık (tüvenan) agregalar, $D \leq 45$ mm ve $d=0$ olan iri ve ince agregaların karışımından oluşmalı ve TS 706 EN 12620+A1 Madde 4.3.5'de verilen şartları sağlamalıdır.

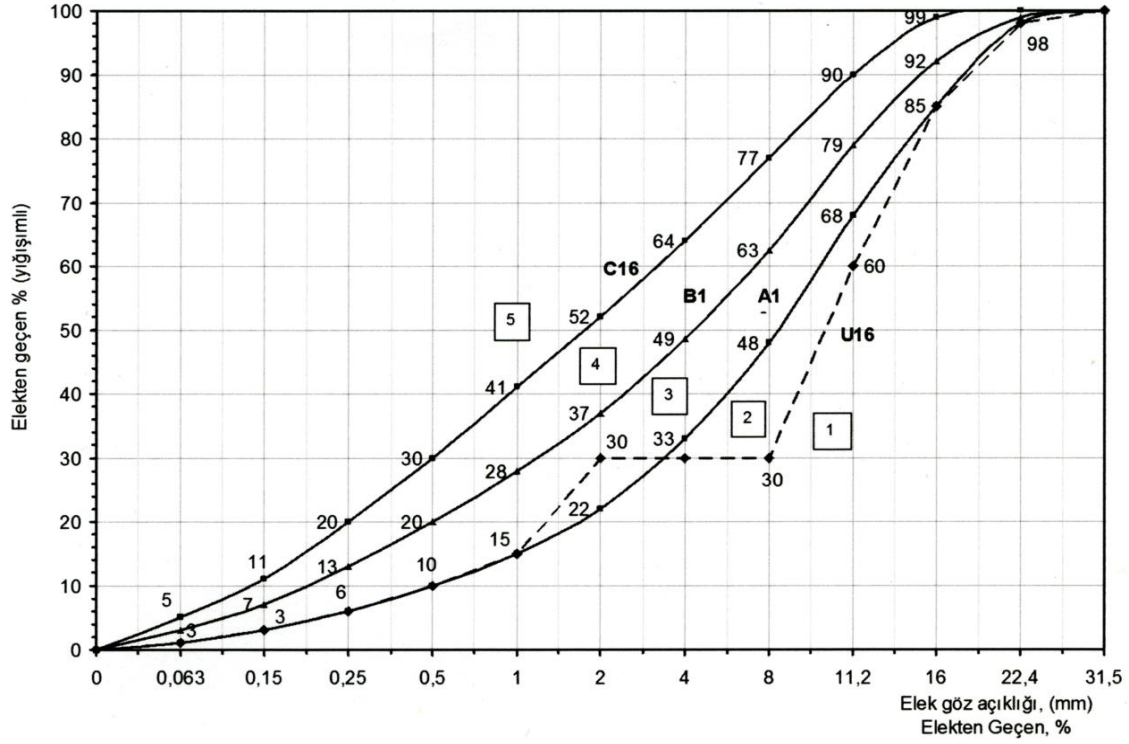
Agreganın tane büyüklüğü dağılımı, yassılık–uzunluk indeksi, donma/çözölmeye dayanıklılığı, aşınmaya dayanıklılığı, incelik modöülü gibi özellikleri, aşağıda verilenler dikkate alınarak seçilmelidir:

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

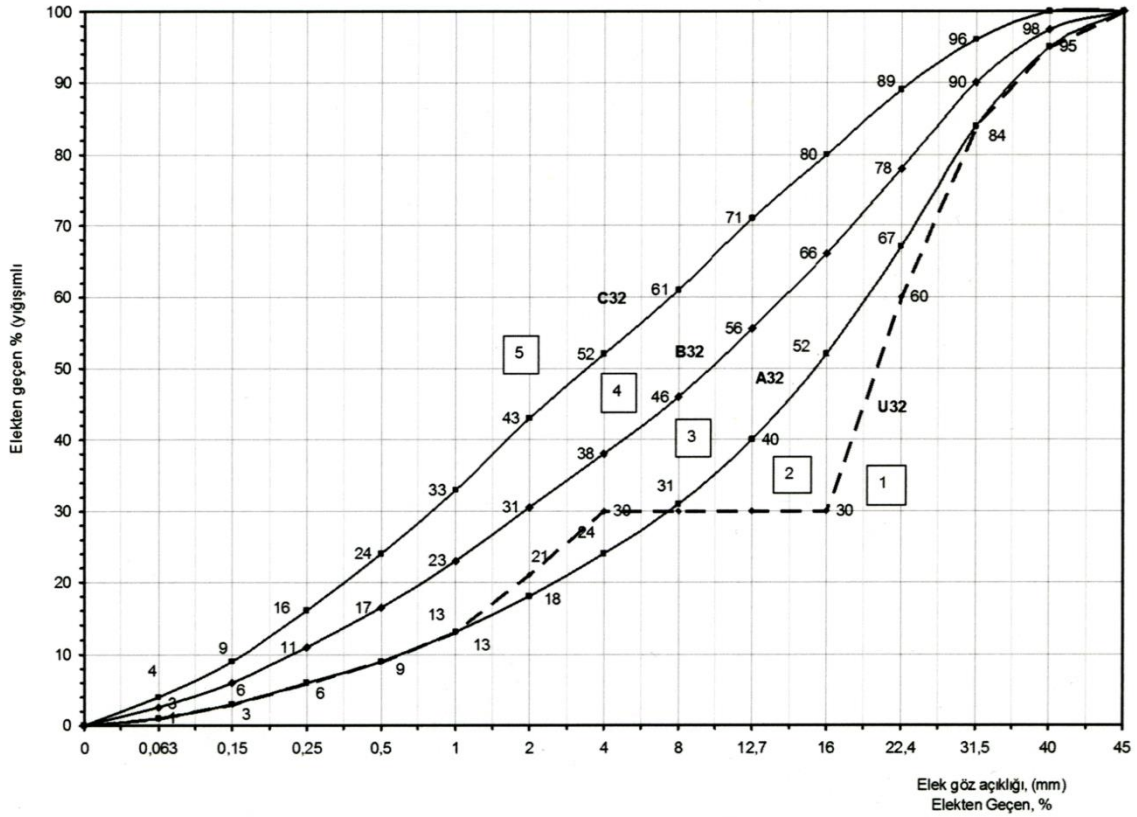
Beton karışımında kullanılacak agreganın tane büyüklüğü dağılımı grafikleri en büyük tane büyüklüğü farklı agregalar için Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilen 3 numaralı ve 4 numaralı bölgelerde bulunacak şekilde seçilmelidir. 3 numaralı bölgeye düşecek tane dağılımları, uygun bölge olduğu için, tercih edilmelidir. Bunun mümkün olmaması halinde 4 numaralı olan kullanılabilir bölgeye düşen tane dağılım eğrisi kullanılmalıdır. Zorunlu durumlarda 2 numaralı bölgeye düşen kesikli tane dağılımları da kullanılabilir. 5 numaralı bölgeye düşen tane dağılımları kullanılmamalıdır.



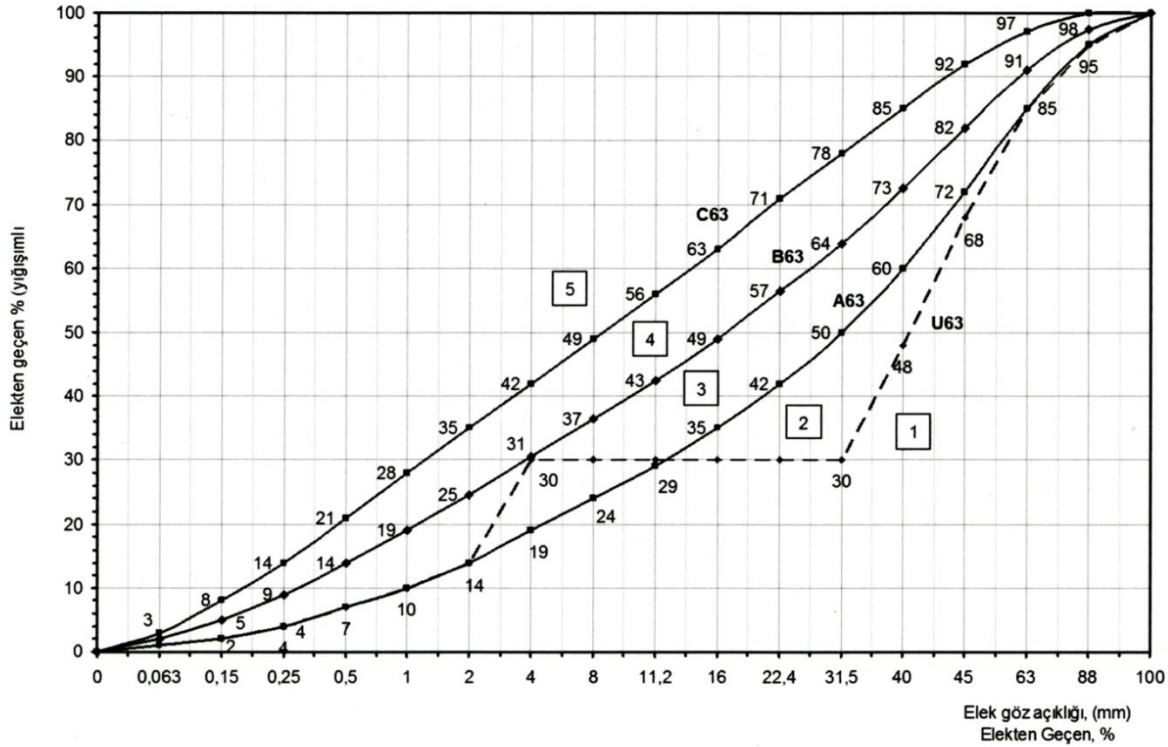
Şekil 2 - Agreganın en büyük tane büyüklüğü 8,0 mm olan beton için belirlenen agreganın tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar



Şekil 3 - Agregada en büyük tane büyüklüğü 16,0 mm olan beton için belirlenen agregada tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar



Şekil 4 - Agregada en büyük tane büyüklüğü 32,0 mm (31,5 mm) olan beton için verilen agregada tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar



Şekil 5 - Agreganın en büyük tane büyüklüğü 63,0 mm olan beton için verilen agreganın tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

5.3 Pompa ile iletilen beton

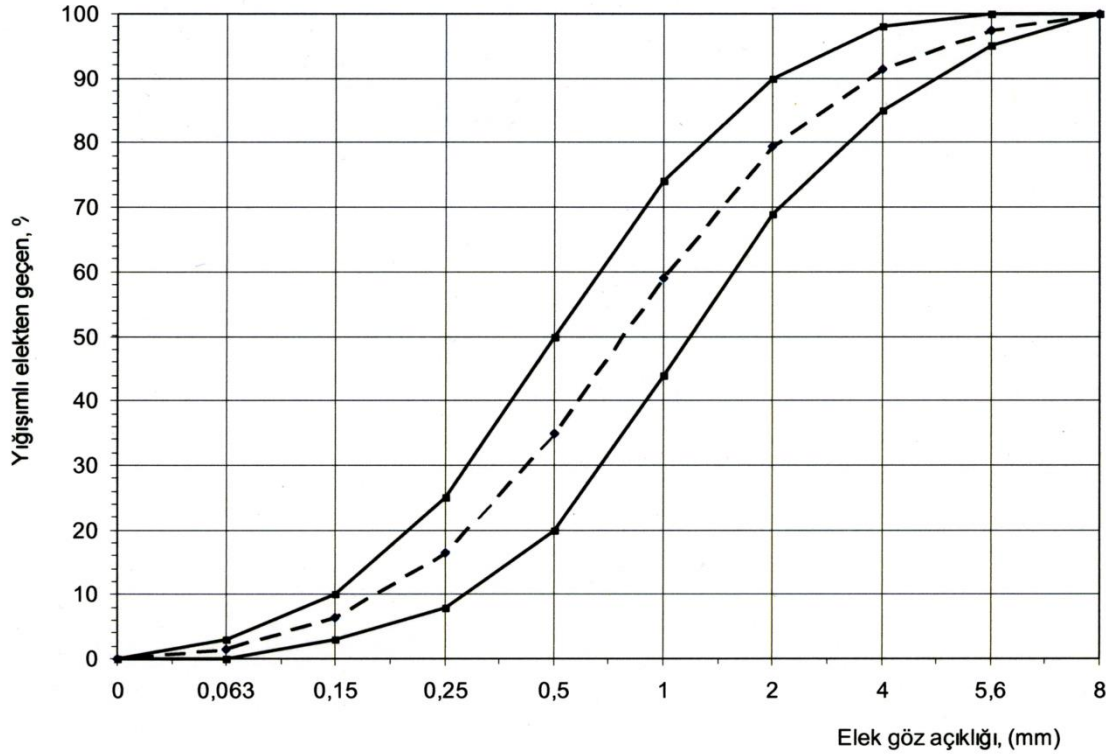
Bu beton döküleceği yere bir pompa vasıtasıyla bir hortum veya boru içerisinde aktarılan beton olarak tanımlanmaktadır. Pompa ile iletilen beton için agreganın en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak Madde 5.3.1 ve Madde 5.3.2'ye uygun agreganın tane dağılım eğrileri uygulanmalıdır. Pompa ile betonun sorunsuz bir şekilde iletilmesi için betonun uygun işlenebilirlik (TS EN 12350-2 standardına göre belirlenmiş en az 100 mm çökme), uygun kohezyon ve ayrışmaya (segregasyona) uğramama gibi özellikleri bir arada barındırması gerekmektedir.

5.3.1 İnce agreganın tane dağılımı eğrisine ait sınırlar

Pompa ile iletilen betonlarda ince agreganın tane dağılımı iri agregaya göre daha önemlidir. Pompalanmaya uygun ince agreganın (kum) için önerilen elek göz açıklıkları ve toplam elekten geçen sınırlar aşağıda Çizelge 4'teki veya Şekil 6'daki gibi olmalıdır. Pompa ile iletmeye uygun betonda ince agreganın incelik modülü 2,30 ile 3,10 arasında olacak şekilde seçilmelidir. İncelik modülü ve hesaplanması ile ilgili bilgiler TS 706 EN 12620+A1'de tarif edilmektedir.

Çizelge 4 - Pompa ile iletilen betonda kullanılacak ince agreganın için önerilen tane büyüklüğü dağılımı eğrisine ait sınırlar

Elek göz açıklığı, (mm)	Elekten geçen, (%) (Yığışimli)	Elekte kalan, (%) (Yığışimli)
8	100	0
5,6	95 - 100	0 - 5
4	85 - 98	2 - 15
2	69 - 90	10 - 31
1	44 - 74	26 - 56
0,50	20 - 50	50 - 80
0,250	8 - 25	75 - 92
0,150	3 - 10	90 - 97
0,063	0 - 3	97 - 100
Pan	0	100



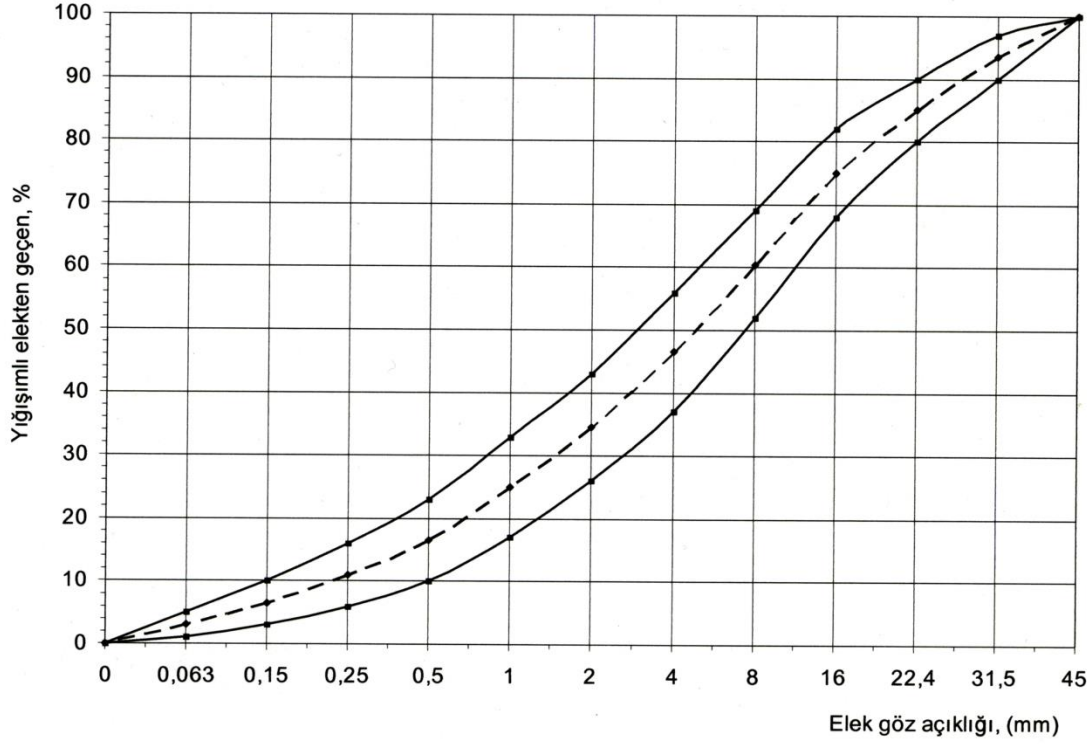
Şekil 6 – Pompa ile iletilen betonda kullanılması önerilen ince agregaya ait tane büyüklüğü dağılımı eğrisi

5.3.2 Pompa ile iletilen betonda farklı agrega sınıflarının belirli oranlarda birleşmesi ile oluşturulan agrega tane dağılım eğrilerine ait sınırlar

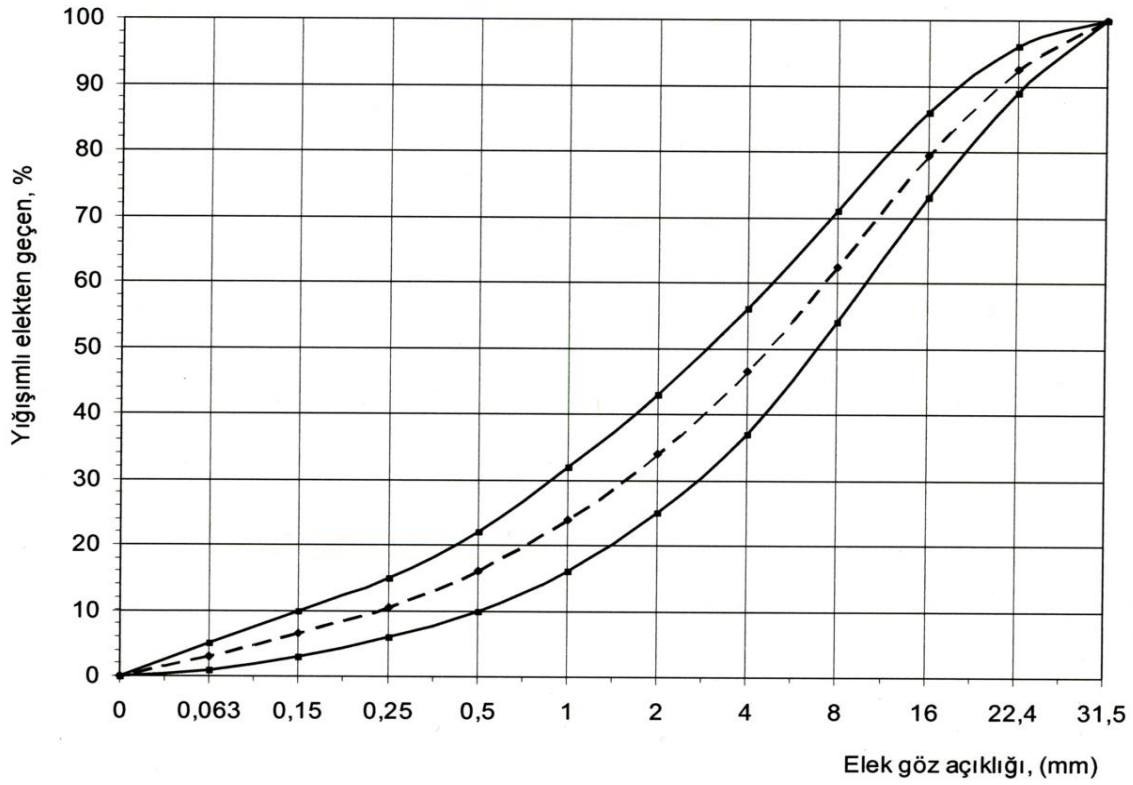
Agrega en büyük tane büyüklüğü 31,5 mm ve 22,4 mm olan iri ve ince agrega sınıflarının birlikte olduğu karışımlar için, pompa ile iletmeye uygun tane dağılım eğrileri Çizelge 5'e uygun olmalıdır. Çizelge 5'te verilen tane dağılım sınırları Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Pompa ile iletmeye uygun betonlarda kullanılan sınıflandırılmış doğal şekillenmiş veya kırmataş agregaya içindeki ince agrega kısmı Şekil 6'da veya Çizelge 4'te verilen tane dağılımına da uygunluk sağlamalıdır.

Çizelge 5 - Pompa ile iletilen beton için kullanılması önerilen ve en büyük tane boyutları 31,5 mm ve 22,4 mm olan agrega karışımlarına ait tane büyüklüğü dağılımı sınırları

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



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



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

5.4 Agreganın tane sınıflarına ayrılması

Betonun agregası en büyük tane büyüklüğüne göre sınıflandırılmasında, betonda kullanılan agregası en büyük tane sınıfının üst anma büyüklüğü ($D_{en\ büyük}$) esas alınır. Beton karışım tasarımı yapılırken seçilen agregası en büyük agregası tane büyüklüğü tüm beton içindeki agregayı temsil edecek oranda olmalıdır. Bazı durumlarda betondaki agregası en büyük tane büyüklüğü, TS EN 933-1'e göre yapılan agregası elek analizi sonucunda kullanılan elek serisi içerisine belirli oranda malzemenin kaldığı en büyük göz açıklığına sahip elek üzerinde % 10'dan daha fazla malzeme varsa bunun bir üst elek göz açıklığı, % 10'dan daha az malzeme varsa bu elek göz açıklığı $D_{en\ büyük}$ olarak kabul edilir.

Agregalar d/D gösterilişi kullanılarak agregası tane sınıfı cinsinden belirtilmelidir. Agregası tane sınıfları TS 706 EN 12620 Madde 4.2'de verilen temel elek serisi veya temel elek serisi + seri 1 veya temel elek serisi + seri 2 sütunlarından seçilen bir elek göz açıklığı çifti kullanılarak belirtilmeli ve istenilen şartları sağlamalıdır.

Not - TS 706 EN 12620+A1'e göre, üst anma büyüklüğü $D_{en\ büyük}$ agregası büyüklüğüne bağlı olarak tarif edilen en büyük elek göz açıklığıdır.

Beton yapımı sırasında agregası karıştırıcıya, tane sınıflarına ayrılmış olarak konulmalı ve bu durum karışım hesaplarında dikkate alınmalıdır. Bu hususta beton sınıfı agregası en büyük tane büyüklüğüne bağlı olarak Çizelge 6'dan yararlanılmalıdır. Çizelge 6'da verilen agregası tane sınıfları, uygulanması gereken asgari sınıflardır. Gerekli durumlarda tane sınıfı müşterinin talebiyle artırılabilir veya azaltılabilir. Bununla birlikte Çizelge 6'da verilen agregası tane büyüklüklerinden başka diğer elek göz açıklıkları da gerekli görüldüğünde agregası tane sınıflandırması için kullanılabilir.

Çizelge 6 - Beton agregasının tane sınıflarına ayrılması

Beton sınıfı	Karışımındaki 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

Çizelge 6 – Beton agregasının tane sınıflarına ayrılması (devamı)

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

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

5.5 Su / çimento oranının (s/ç) seçilmesi

Su/çimento oranı, betonun (katkılı veya katkısız) dayanım sınıfı ve maruz kalacağı dış etkilerin şiddeti (çevre etki sınıfları) ile ilişkilidir. TS 13515 ve/veya TS EN 206'da yer alan Çizelge 1'deki farklı iklim şartlarına ve çevre etkilerine maruz kalan betonlarla ilgili kısımda betonun içinde bulunacağı çevre etki sınıfı belirlenmeli ve bu sınıfa uygun en az çimento dozajı, en düşük karakteristik basınç dayanımı ve en büyük s/ç oranı gibi parametreler belirlenmelidir. Karışım tasarımında kullanılacak hedef basınç dayanımları, beton sınıflarına bağlı olarak Çizelge 7'de ve 28 günlük basınç dayanımlarına bağlı olarak s/ç oranları ise Çizelge 8'de verilmiştir. Betonun döküleceği ortamın iklim ve çevre şartları öncelikle belirlenmeli ve beton, dayanım sınıfından önce dayanıklılık yönünden değerlendirilmeye alınmalıdır. Betonun dayanım sınıfı ikinci sırada düşünülmeli ve gerektiğinde daha yüksek beton sınıfının gerekleri sağlanmalıdır. Betonda zararlı kimyasal ortamlarla ilgili ilave bilgiler, alınması gerekli önlemler ve kriterler için TS 3440 standardına bakılmalıdır.

Çizelge 7 - Beton sınıflarına göre karışım hesabında esas alınacak hedef basınç dayanımları (f_{cm}) ile deney numunelerinin sahip olması gereken ortalama 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

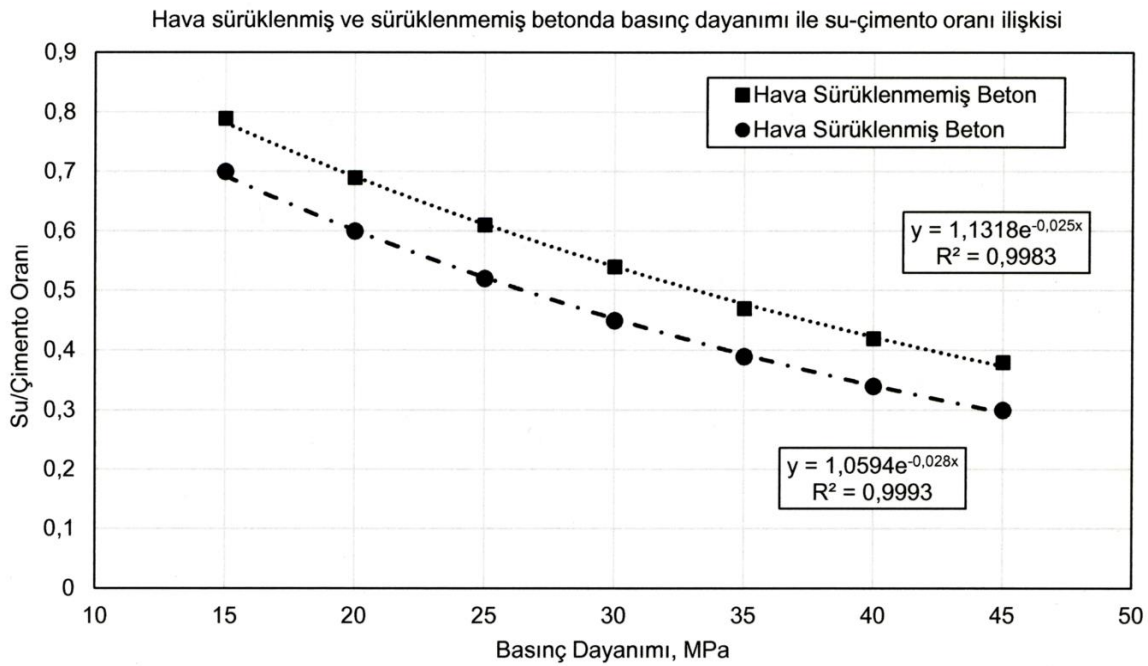
Not 1 - f_{cm} hedef basınç dayanımının belirlenmesinde, 1,48 katsayısı % 95 güven seviyesi için TS EN 206 standardından alınmıştır.

Çizelge 8 - 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

Not 1 - Çizelge 7'de verilen basınç dayanımları; 28 günlük basınç dayanımı TS EN 197-1'e uygun yalnızca CEM I 42,5 sınıfı Portland çimentosu kullanılarak, en büyük tane büyüklüğü 19 mm ve 25 mm arasında olan, doğal şekillenmiş, tane dağılımı uygun agrega, TS EN 12390-2'ye göre kür edilmiş betonun (150x300) mm silindir dayanımlarıdır. Hava sürüklenmiş betonun hava içeriği yaklaşık % 6,0'dır. Eşdeğer küp numune dayanımları bu değerlerden yaklaşık % 20 daha yüksek olarak kabul edilebilir. CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V çimentoları için Çizelge 6'da verilen dayanımlar ilk yaklaşım olarak kullanılabilir. Beton karışımında TS EN 450-1'e uygun uçucu kül veya TS EN 13263-1'e uygun silis dumanı kullanılması durumunda TS EN 13515'de verilen k-değeri kavramından yararlanılabilir.

Not 2 - Aynı s/ç oranı için elde edilecek 28 günlük basınç dayanımları CEM I 42,5'ten yüksek sınıfta çimento kullanıldığında Çizelge 7'de verilen değerlerden daha fazla olur. Bununla birlikte, agrega en büyük tane büyüklüğü 25 mm' den daha büyük olursa çimento dozajı azalacağından dayanım Çizelge 7'de verilen değerlerden daha düşük olabilir. Diğer tip çimentolar için Çizelge 8 ve Şekil 9'dan elde edilen değerler yaklaşık değer olarak kullanılabilir.



Şekil 9 - Çizelge 8'de verilen s/ç oranı ile basınç dayanımı arasındaki yaklaşık ilişkinin grafiksel olarak gösterimi. Çizelge'de yer almayan farklı s/ç oranlarına ait dayanım değerleri için bu grafikten yararlanılabilir.

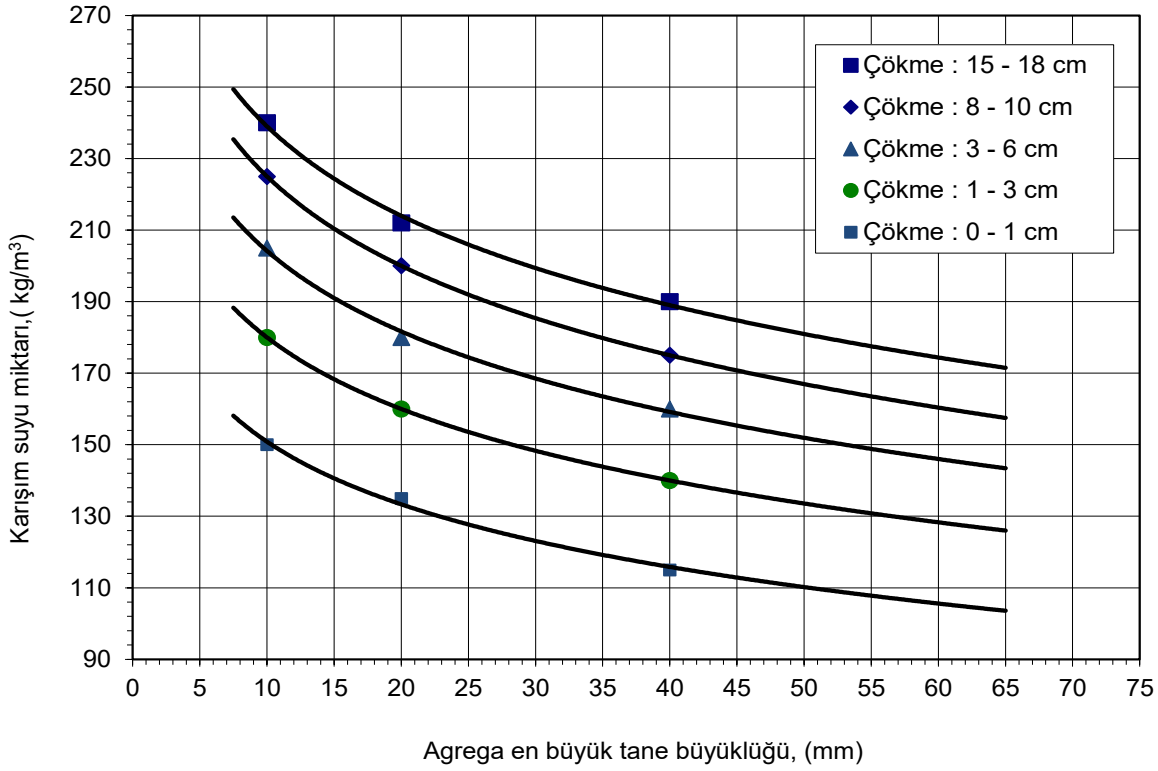
5.6 Su miktarının (s) seçilmesi

Beton karışımına ilâve edilecek su miktarı, gerekli asgari çimento miktarı ve su/çimento oranı bilindiği durumlarda hesapla bulunmalıdır. Ancak, istenilen kıvamın (TS EN 12350-2) sağlanması amacıyla betona gerektiğinde su ilâve edilmeli veya azaltılmalı ve karışım hesapları tekrar gözden geçirilmelidir. Betonda akışkanlığı sağlamak ve su miktarını azaltmak amacıyla kimyasal katkılardan da faydalanılabilir.

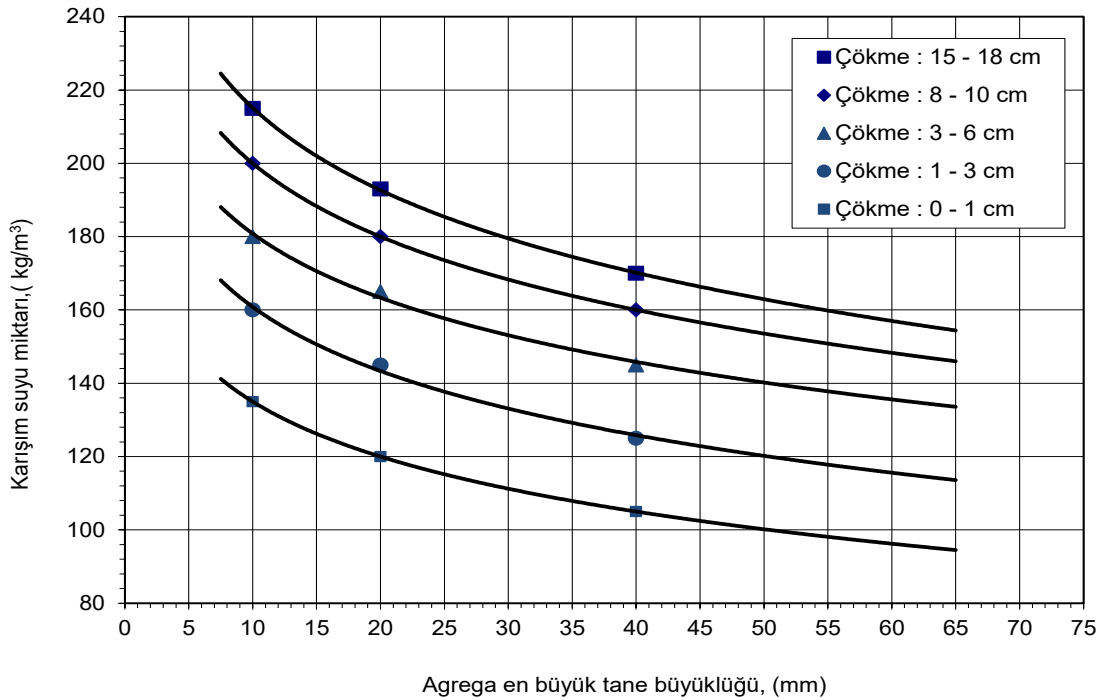
Beton karışımı için gerekli karma suyu miktarı (s), doymuş agreganın yüzeyinde tutulan nem ve ilave olarak verilecek net karma suyunun toplamıdır. Bu toplam su miktarı, çimento miktarı ile büyük ölçüde bağlantılı olmayıp betonun kıvamı, agreganın tane dağılımı, tane şekli, yüzey alanı, çok ince agreganın ve karışıma girecek havanın miktarı ile ilişkili olup taze ve sertleşmiş betonda aranan işlenebilirlik 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, etkinlik derecesi betonda karışım suyu miktarını önemli ölçüde etkiler.

Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te hava sürükleyici katkı haricinde herhangi bir kimyasal katkı kullanılmadan yapılan betonların kıvama, agrega en büyük tane büyüklüğüne ve agrega tipine bağlı olarak

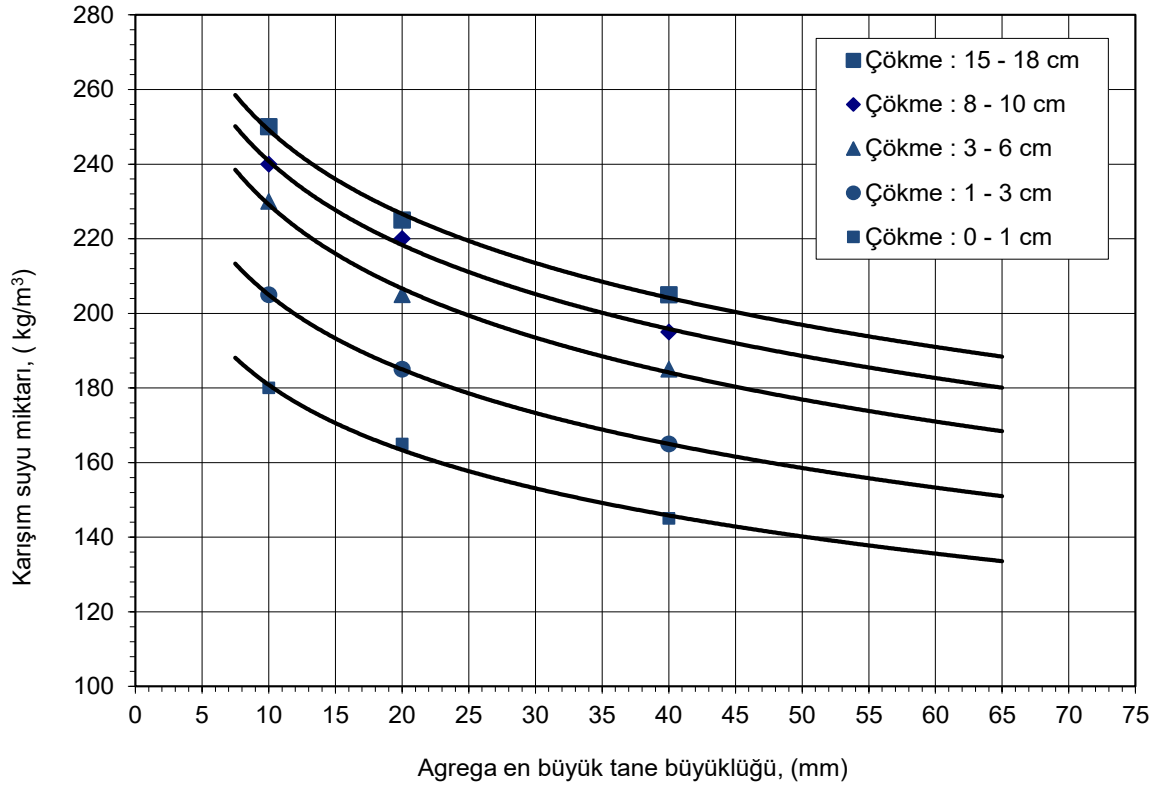
yaklaşık karışım suyu miktarları verilmektedir. Kimyasal katkı ile beton yapıldığında, kimyasal katkının cinsine bağlı olarak, grafiklerden bulunan karışım suyu miktarlarından belirli oranda su azaltma ile katkıli beton karışım suyu miktarına geçilebilir.



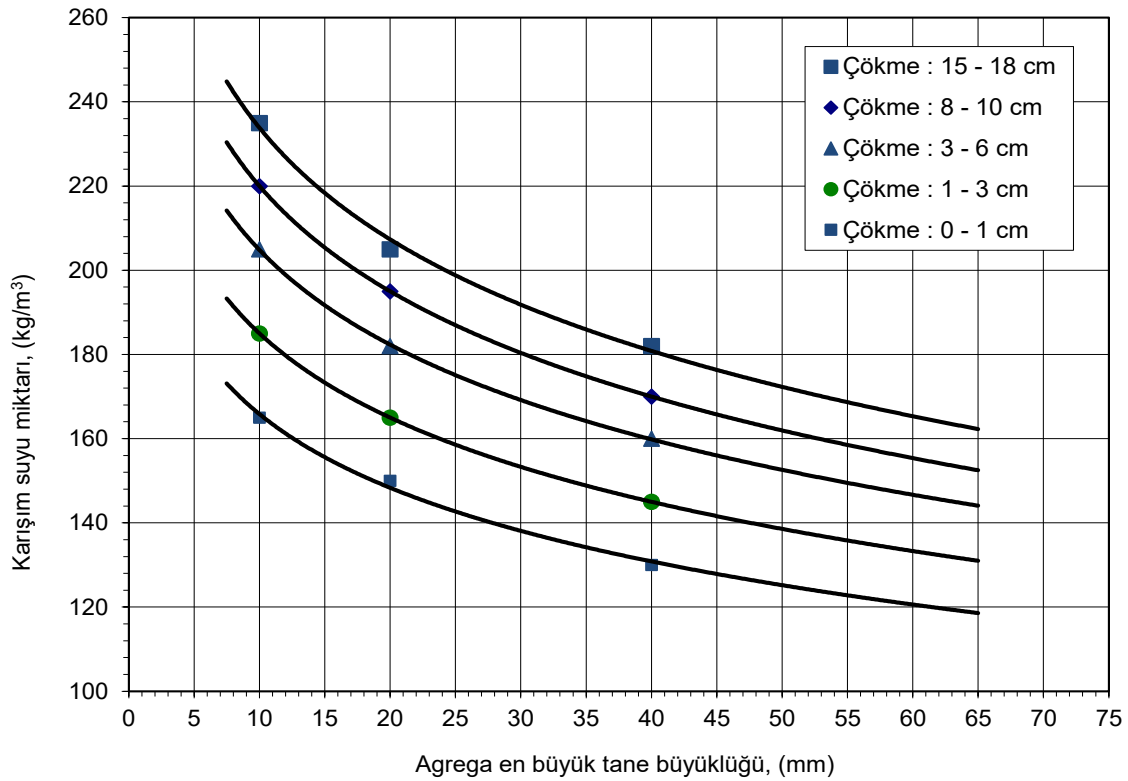
Şekil 10 - Doğal şekillenmiş agrega kullanılan farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerlerine sahip için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarları



Şekil 11 - Doğal şekillenmiş agrega kullanılan farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme değerleri için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarları



Şekil 12 - Kırmataş agrega kullanılan farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı çökme değerlerine sahip için kimyasal katkısız ve hava sürüklenmemiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarları



Şekil 13 - Kırmataş agrega kullanılan farklı en büyük agrega tane büyüklüğü ve farklı beton çökme değerlerine sahip kimyasal katkısız ve hava sürüklenmiş betonun yaklaşık karışım suyu miktarları

Not - Şekil 10, Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'te her iki cins agregaya (kırmataş ve doğal şekillenmiş) ve kimyasal katkısız olarak verilen karışım suyu miktarları, laboratuvarında deneme karışımlarında ilk yaklaşım için çimento dozajının hesaplanmasında kullanılmak üzere verilmiştir. Karışım suyu miktarları agreganın normal sınırlar içerisinde kalan tane büyüklüğü dağılımı değerlerine göredir. 37,5 mm veya 40 mm'nin üzerindeki agregaya en büyük tane büyüklüğü için verilen su miktarları, betonun 37,5 mm elek göz açıklığında ıslak elemesinden sonra bulunan çökme değerlerine göre verilmiştir.

5.7 Hava içeriğinin seçilmesi

Betonun toplam hava içeriği (TS EN 12350-7 standardına göre belirlenen), iklim şartlarına ve agregaya en büyük tane büyüklüğüne uygun olarak seçilmelidir (Şekil 14). Hava sürüklenmiş betonlarda sürüklenmiş olan hava boşluklarının çimento pastası içinde homojen dağılımının sağlanıp sağlanmadığının kontrolü için sertleşmiş betonda hava boşluk özellikleri TS EN 480-11 standardına göre tayin edilmeli ve donma ve çözülme etkilerine karşı dayanıklı beton için gerekli kriterler sağlanmalıdır.

Not - Beton tasarımında 37,5 mm veya 40 mm'nin üzerindeki agregaya tane büyüklükleri kullanıldığında, ölçülebilen hava içerikleri de betonun ıslak elemesinden sonra bulunan değerlerdir. Bu nedenle, beton tasarımı yapılırken 37,5 mm veya 40 mm' den daha büyük agregaya tane büyüklüğüne sahip betondaki hava içeriği (A) 37,5 mm elek göz açıklığında ıslak eleme yapıldıktan sonra bulunan hava içeriği (a) arasındaki bağıntı aşağıdaki gibidir;

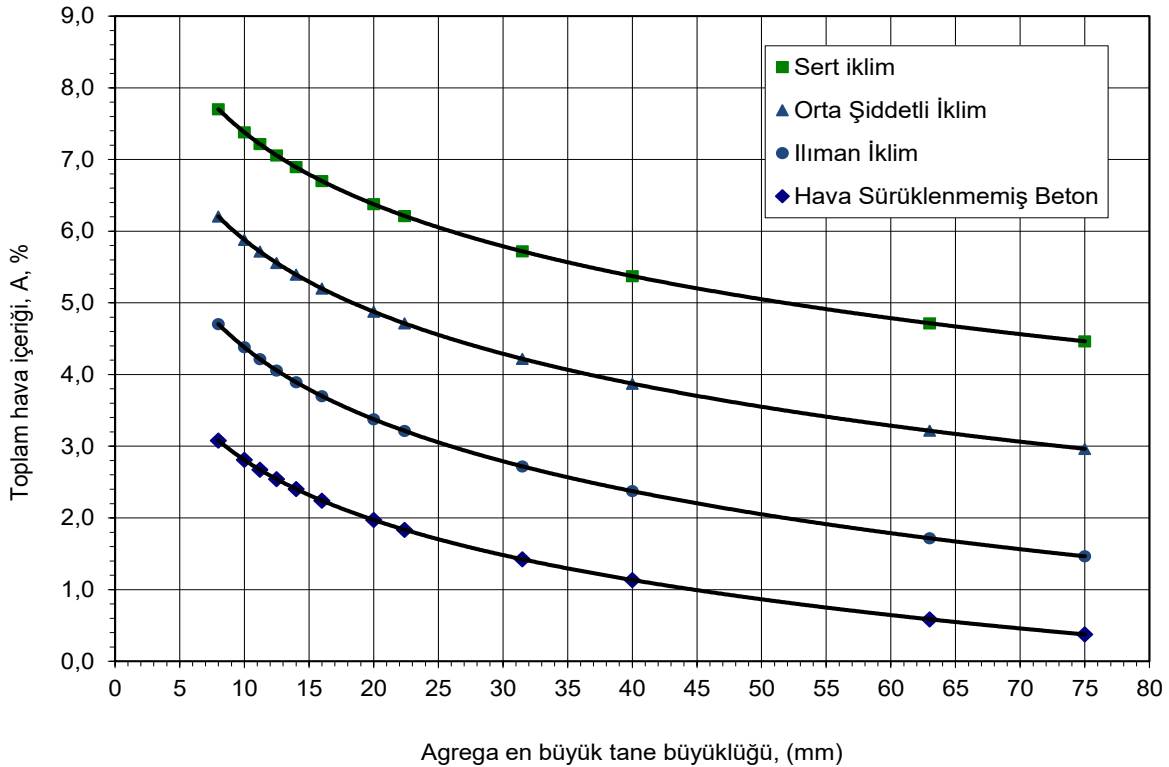
$$A = \frac{a}{1+r\left(1-\frac{a}{100}\right)} \quad (1)$$

Burada;

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

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

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



Şekil 14 - Agregaya en büyük tane büyüklüğüne ve iklim şartlarına bağlı olarak beton karışım hesaplarında kullanılacak toplam hava içerikleri

5.8 Kıvamın seçilmesi

Betonun su miktarına ve kullanılan kimyasal katkılarına 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. Genellikle taze beton için çökme değerleri projede betonun döküleceği inşaat tekniğine ve yapı tipine göre önceden belirlenmektedir. Ancak, betonun yerleştirilme şartlarına göre kıvam gerektiğinde artırılabilir veya azaltılabilir. Beton, hazır beton olarak bir tesiste pompa ile iletilerek dökülecek ve yerleştirilecekse daha yüksek kıvam değeri, pompa ile iletilen beton için Madde 5.3'te verilen agrega granülometri eğrilerinden yararlanılarak belirlenmelidir. Beton teknolojisindeki ilerlemeler, betonda kimyasal katkı kullanımının oldukça yaygınlaşmış olması, betonun pompalar vasıtasıyla iletilmesi ve yerleştirilmesi nedeniyle aynı s/ç oranı veya daha düşük s/ç oranları ile ayrılmayan, kohezif ve aşırı terleme oluşmayan beton imal etmek yoluyla çökme değerleri istenilen düzeylere getirilebilir. Kıvamın şartnamede belirtilmediği işlerde, uygun çökme değerleri aşağıdaki Çizelge 9'dan alınabilir.

Çizelge 9 – Çeşitli yapı elemanları için uygun çökme (slamp) 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

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

6 Kendiliğinden yerleşen beton (KYB) için karışım tasarımı

6.1 Genel

Karışım oranları taze ve sertleşmiş betonun bütün performans kriterlerini sağlayacak şekilde seçilir. Hazır beton kullanılması durumunda, bu kriterler alıcı tarafından hazır beton firmasına şartname olarak verilmeli ve bu standardın bu bölümünde açıklanan şartları sağlamalıdır.

6.2 Karışım tasarımı prensipleri

Taze haldeki KYB karışımlarına ait özelliklerin gerekli kombinasyonunu elde etmek için:

- Hamurun akışkanlık ve viskozitesi, çimento ve mineral katkıların dikkatli seçimi ve oranlamasıyla, su/çok ince malzeme oranının sınırlandırılmasıyla ve sonra süper akışkanlaştırıcı ve birçok durumda viskozite düzenleyici katkı ilave ederek ayarlanır ve dengelenir. KYB'nin bu bileşenlerinin doğru bir şekilde kontrolü, uygunluk ve etkileşimleri; iyi doldurma yeteneği, geçiş yeterliliği ve ayrılmaya karşı direnç elde etmede anahtar parametrelerdir.
- Sıcaklık yükselmesini, ısı büzülme çatlama ve dayanımı kontrol etmek için çok ince malzeme içindeki çimento miktarının kabul edilebilir bir seviyede tutulması amacıyla tip 1 ve tip 2 mineral katkıları yeterli bir oranda kullanılmalıdır.
- Hamur, agreganın taşınması için bir araçtır; bu yüzden bütün agrega taneciklerinin bir hamur tabakası tarafından tamamen kaplanması için hamur hacmi agrega taneleri arasındaki toplam boşluk hacminden büyük olmalıdır. Bu şartın sağlanması akışkanlığı artırır ve agrega sürtünmesini azaltır.
- Karışımdaki iri agreganın ince agregaya oranı, iri agrega tanelerinin bir harç tabakası tarafından tamamen çevrelenebilmesi için azaltılır. Bu durum, beton donatılar arasındaki dar açıklıklardan veya boşluklardan geçerken, agrega kenetlenmesini ve köprülenmeyi azaltır ve KYB'nin geçiş yeterliliğini artırır.

Yukarıda verilen prensiplerin uygulanması sonucunda, vibrasyon uygulanarak sıkıştırılan geleneksel betona göre KYB'de aşağıdaki farklar ortaya çıkar:

- Daha az iri agrega miktarı
- Arttırılmış hamur miktarı
- Düşük su/çok ince malzeme oranı
- Performansı arttırılmış süper akışkanlaştırıcı

- Viskozite düzenleyici kimyasal madde

6.3 Deney yöntemleri

KYB'nin taze özelliklerini ölçmek ve değerlendirmek için pek çok farklı deney yöntemi geliştirilmiştir. KYB için geliştirilen ve değerlendirilen özelliğe göre gruplandırılan en yaygın deney listesi Çizelge 10'da verilmektedir.

Herhangi bir tek deney ana parametrelerin hepsini değerlendirme yeteneğine sahip değildir ve KYB karışımını tam olarak karakterize etmek için bir dizi deney sonucunun değerlendirilmesi gereklidir. CEN üyesi ülkeler tarafından da KYB'yi nitelendirmek için kabul edilen dört deney yöntemi bu standardda da benimsenmiştir.

Çizelge 10'da açıklanan yöntemlerden farklı diğer deney yöntemleri, KYB karışımlarının gelişimi için belirli kullanımlar hakkında performans değerlendirmeleri ve imalatçı ve müşteri arasındaki anlaşmayla yapılan şantiye tanımlama deneyi için uygun olabilir.

Çizelge 10 – Kendiliğinden yerleşen beton için yapılan uygunluk deneyleri.

Özellik	Deney yöntemi	Ölçülen değer
Akıcılık/doldurma yeterliliği	Çökme-akma (TS EN 12350-8)	Toplam yayılma
	Kajima kutusu	Görsel doldurma
Viskozite/akıcılık	T ₅₀₀ (TS EN 12350-8)	Akma zamanı
	V-hunisi (TS EN 12350-9)	Akma zamanı
	O-hunisi	Akma zamanı
	Orimet halkası	Akma zamanı
Geçiş yeterliliği	L-kutusu (TS EN 12350-10)	Geçme oranı
	U-kutusu	Yükseklik farkı
	J-halkası (TS EN 12350-12)	Kademeli yükseklik, toplam akma
	Kajima kutusu	Görsel geçme yeteneği
Ayrışma direnci	Penetrasyon	Derinlik
	Elek ayrışması (TS EN 12350-11)	Terleme yüzdesi
	Oturma kolonu	Ayrışma oranı

6.4 Temel karışım tasarımı

Karışım tasarımlarında çimento hamurunun agregata taneleri arasındaki boşlukları doldurma gereğinin önemi nedeniyle hamur hacmi çoğunlukla en önemli parametre olarak kullanılır. Bazı yöntemlerde mevcut kuru bileşenler (agrega+çimento+çok ince malzeme vb.) optimize edilmiş tane büyüklüğü dağılım eğrisine uydurulmaya çalışılır. Diğer yöntemler de iri agregata ilavesinden ve tüm KYB karışım deneylerinden önce ilk olarak hamurun daha sonra da harç bölümlerinin akış ve kararlılıklarını değerlendirmek ve optimize etmek amacıyla geliştirilmiştir.

Karışım tasarım yöntemleri ve özellikler belirlenerek aşağıda Çizelge 11 ve Çizelge 12'de belirtilmiştir.

Çizelge 11 - KYB karışım bileşimleri için önerilen tipik değer aralıkları.

Bileşen	Kütlece tipik aralık (kg/m ³)	Hacimce tipik aralık (dm ³ /m ³)
Çok ince malzeme (0,125 mm elekten geçen tüm malzeme)	380-600	
Bağlayıcı hamur (Çok ince malzeme, su, hava ve katkıların hacmi)		300-380
Su miktarı	150-210	150-210
İri agregata miktarı	750-1000	270-360
İnce agregata (kum)	Bu miktar diğer bileşenlerin hacmini dengeler, tipik olarak toplam agregata ağırlığının %48 - %55 civarındadır.	
Hacimce su/çok ince malzeme oranı		0.85-1.10

Çizelge 12 – KYB'nin özellikleri için uygunluk kriterleri

Özellik	Ölçüt
Çökme-akma sınıfı SF1	$\geq 520\text{mm}, \leq 700\text{mm}$
Çökme-akma sınıfı SF2	$\geq 640\text{mm}, \leq 800\text{mm}$
Çökme-akma sınıfı SF3	$\geq 740\text{mm}, \leq 900\text{mm}$
Hedef değer olarak belirlenen çökme-akma değeri	Hedeflenen değerden en fazla ± 80 mm fark
V-hunisi sınıfı VF1	$\leq 10\text{s}$
V-hunisi sınıfı VF2	$\geq 7\text{s}, \leq 27\text{s}$
Hedef değer olarak belirlenen V-hunisi	$\pm 3\text{s}$
L-kutusu sınıfı PA1	$\geq 0,75$
L-kutusu sınıfı PA2	$\geq 0,75$
Hedef değer olarak belirlenen L-kutusu	Hedeflenen değer 0,05 azından olmamak kaydıyla
Elek ayrışma direnci sınıfı SR1	$\leq \% 23$
Elek ayrışma direnci sınıfı SR2	$\leq \% 18$

6.5 Karışım tasarımı yaklaşımı

Belirtilen özelliklere ve sınıflara göre başlangıç karışım oranlarını doğrulamak için laboratuvar denemeleri yapılmalıdır. Gerektiği durumlarda, karışım oranları için ayarlamalar yapılarak bütün şartlar sağlandığı zaman, karışım bire bir ölçekte beton tesisinde ve gerekli olması durumunda taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini doğrulamak için şantiyede tekrar denenmelidir.

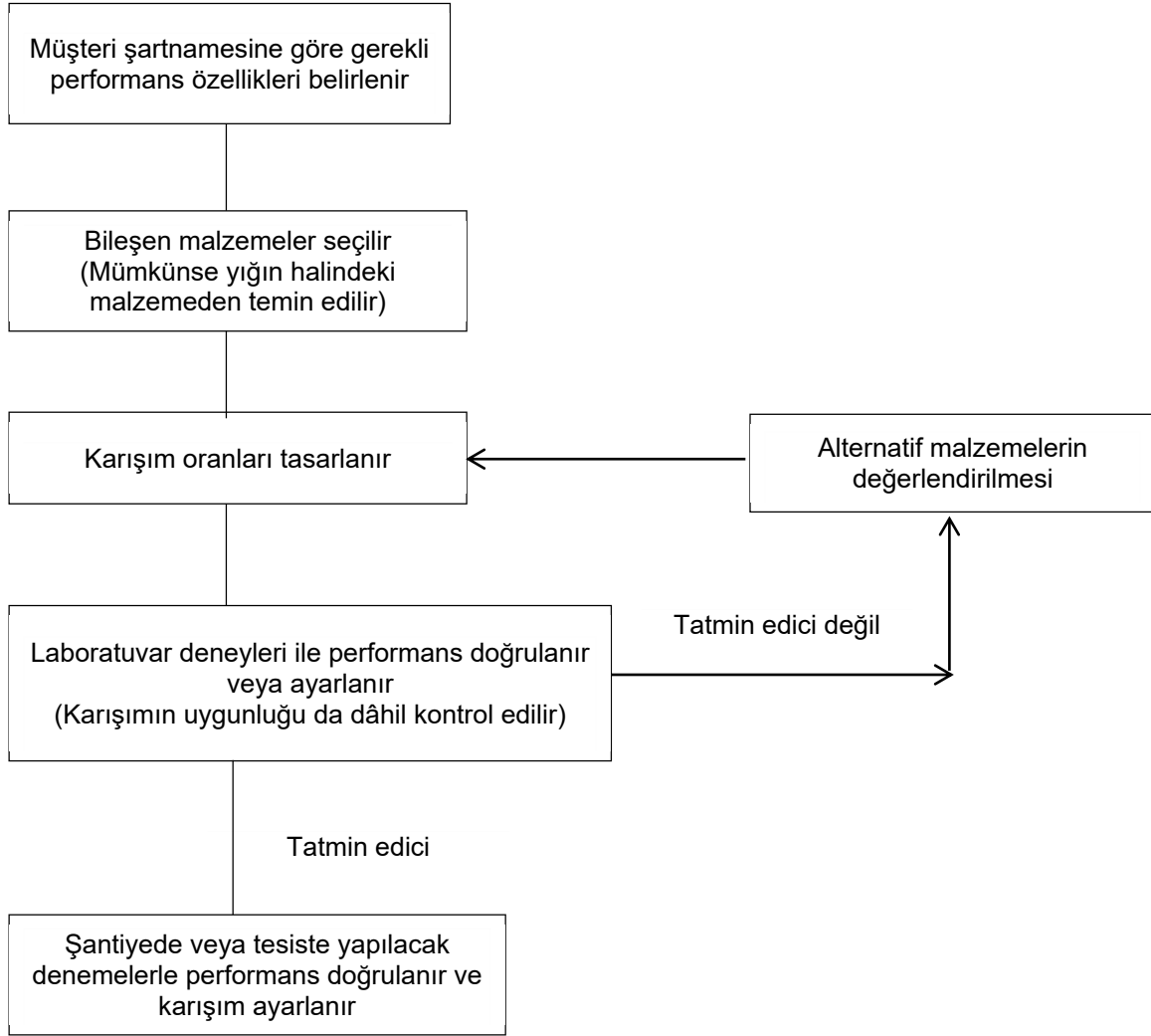
Karışım tasarımında genellikle aşağıda ana hatlarıyla verilen yaklaşım temel alınmaktadır:

- Su ihtiyacı değerlendirilir ve çimento pastasının akış ve kararlılığı uygun hale getirilir,
- Gerekli işlenebilirliğin sağlanması için kum oranı ve kimyasal katkı oranı belirlenir,
- Karışım miktarlarındaki küçük değişikliklere karşı hassasiyet kontrol edilir,
- Uygun ve optimum miktarda iri agrega ilave edilir,
- Laboratuvar karıştırıcısında taze KYB üretilir ve gerekli KYB deneyleri ile kontrol sağlanır,
- Alınan numuneler ile sertleşmiş durumdaki KYB'nin özellikleri belirlenir,
- Santral karıştırıcısında birebir ölçekte deneme karışımları hazırlanarak oranlar kontrol edilir.

Yeterli performansın elde edilemediği durumda, karışımın tekrar tasarımına önem verilmelidir. Görünür probleme bağlı olarak, aşağıdaki yöntemler uygun olabilir:

- Çimento/çok ince malzeme oranı ve su/çok ince malzeme oranı tekrar ayarlanır ve hamurun akış ve diğer özellikleri kontrol edilir,
- Farklı mineral katkı tipleri denenir (eğer varsa)
- İnce agrega oranı ve yeni nesil yüksek oranda su azaltıcı ve akışkanlaştırıcı dozajı ayarlanır,
- Karışımın hassasiyetini azaltmak için viskozite düzenleyici kimyasal katkı maddesi kullanımı düşünülmelidir
- İri agreganın tane dağılımı ya da oranı tekrar ayarlanır.

Tasarım işlemi akış şeması grafiksel olarak Şekil 15'te gösterilmektedir.



Şekil 15 – Karışım tasarımı işlemi.

Tatmin edici performans elde edilemediği durumda, karışımın yeniden tasarlanması düşünülmelidir. Belirlenen probleme göre aşağıda gösterilen adımların izlenmesi uygun olabilir:

- Çimento/çok ince malzeme oranı ve su/çok ince malzeme oranı ve hamurun diğer özellikleri ile akış özelliği belirlenir,
- Mineral katkının diğer tipleri denemeye alınır (mümkünse),
- İnce agreganın oranları ve süperakışkanlaştırıcı dozajı ayarlanır,
- Karışımın hassasiyetini azaltmak için viskozite modifiye edici katkı kullanılması dikkate alınır,
- İri agreganın tane dağılımı ve oranları ayarlanır.

7 Beton karışım hesabının yapılması

7.1 Hesaplama bağıntısı

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

$$\frac{\zeta}{\rho_{\zeta}} + \frac{p}{\rho_p} + \frac{k}{\rho_k} + w + \frac{W_a}{\rho_a} + 10 \times A = 1000 \text{ dm}^3 \quad (2)$$

Burada;

- ζ : Karışıma girecek çimentonun kütlesi (kg) ,
- p : Karışımda çimentoya ilâve olarak kullanılacak mineral katkı (puzolan) miktarı (kg) ,
- k : Karışımda kullanılacak kimyasal katkı miktarı (kg) ,
- ρ_{ζ} : 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 (%)

dır.

7.2 Değişkenlerin belirlenmesi

7.2.1 Çimento miktarı ve çimento yoğunluğunun bulunması

su/çimento oranı, Madde 5.5'e ve su (s) miktarı (s) Madde 5.7'ye uygun olarak bulunduktan sonra karışıma girecek çimento miktarı (ζ),

$$\zeta = \frac{s}{(s/\zeta)} \quad (3)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada:

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

dır .

Bunun dışında çimento miktarı başlangıçta tecrübe ile belirlenen tahmini bir değer olarak da seçilebilir.

Not - Madde 6'da bahsedilen beton karışım oranlarının deneyle gerçekleşmesinde, Madde 5.7'de verilen grafiklerden bulunan su miktarından daha fazla su gerekirse çimento miktarı, s/ç oranı korunacak şekilde artırılabilir. Daha az su gerektiği tespit edilirse, çimento miktarı uygun miktarda azaltılmalıdır. Bu azaltma hiçbir durumda betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini etkilemeyecek miktarda yapılmalı ve gerekli en az çimento miktarından daha az olmamalıdır. Kimyasal katkılar kullanılması durumunda s/ç oranı korunmak şartıyla, kimyasal katkının tipine bağlı olarak bir miktar su azaltılması yapılabilir.

Çimento yoğunluğu çimento deney raporundan alınmalıdır. Hesaba başlanırken bu rapor mevcut değil ise, bu değer Çizelge 13'den yaklaşık olarak bulunabilir.

Çizelge 13 - Farklı çimento tipleri için yaklaşık yoğunluk değerleri

Çimento tipi	Özgül kütle
CEM I 42,5N ve CEM I 42,5R	3,10/3,15
CEM II/A 42,5R, CEM II/B 42,5R	3,00
CEM III/A, CEM III/B	2,95
CEM IV, CEM V	2,85

7.2.2 Su miktarının (s) bulunması

Karışıma girecek su miktarı, öngörülen kıvam değeri ve tane büyüklüğü dağılımı göz önünde bulundurularak Madde 5.7'ye uygun olarak belirlenir. Bunun haricinde su miktarı tecrübe ile de belirlenebilir.

7.2.3 Hava miktarının (A) bulunması

Karışıma girecek hava miktarı, öngörülen agrega en büyük tane büyüklüğüne, tane büyüklüğü dağılımına ve iklim şartlarına göre Madde 5.8'e uygun olarak belirlenir.

7.2.4 Toplam agrega hacminin (V_a) ve miktarının (W_a) bulunması

Karışımda çimento, su, kimyasal ve mineral katkıları ve havadan arta kalan hacim agrega ile doldurulacaktır. V_a agrega hacmi olmak üzere Madde 6.1 'de verilen bağıntı,

$$V_a = \frac{W_a}{\rho_a} = 1000 - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{P}{\rho_p} + \frac{K}{\rho_k} + s + A \right) \quad (\text{dm}^3) \quad (4)$$

şeklinde ifade edilirse, bağıntının sağ tarafındaki $\frac{C}{\rho_c}$, $\frac{P}{\rho_p}$, $\frac{K}{\rho_k}$, s ve A değerleri sıra ile Madde 6.2.1, Madde

6.2.2 ve Madde 6.2.3'e uygun olarak bulunmuş olduğundan sol taraftaki $V_a = \frac{W_a}{\rho_a}$ değeri (agreganın hacmi) hesapla bulunur. 1 m³ betonda kullanılacak toplam agreganın kütlece hesaplanabilmesi için her tane sınıfı agregaya ait özgül kütle ρ_a 'nın tayin edilmiş olması gereklidir.

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.

$$\bar{\rho}_a = \frac{1}{\frac{x_1}{\rho_{a1}} + \frac{x_2}{\rho_{a2}} + \frac{x_3}{\rho_{a3}} + \dots + \frac{x_n}{\rho_{an}}} \quad (5)$$

Burada,

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

$$M_a = V_a \times \bar{\rho}_a \quad (6)$$

Burada, M_a 1 m³ beton karışımına giren agregaya ait toplam kütle verir ve her agrega tane sınıfına ait kütleler, (M_1, M_2, M_3 ve \dots, M_n), agrega karışım oranları (x_1, x_2, x_3 ve \dots, x_n) ile çarpılarak belirlenmiş olacaktır.

7.2.5 Agregalarda rutubet düzeltmesinin hesaplanması

Yukarıda buraya kadar verilen ifadeler ile beton bileşenlerine ait kütleler belirlenmiş olmaktadır. Agregalara ait kullanılan referans özgül kütle değerleri yaygın olarak doymun kuru yüzey (DKY) olarak belirlendiğinden, bulunan agregam miktarları da DKY değerleri olmaktadır. Agregalar beton karışımları yapılırken genellikle doymun kuru yüzey (DKY) durumunda değildir ve rutubet durumlarının sürekli olarak belirli aralıklarla kontrol edilmesi ve belirlenmesi gereklidir. Agregalara ait rutubetler (R) ve su emme (S_e) değerlerine göre rutubet düzeltmesi aşağıda verildiği gibi yapılmalıdır.

$$S_e - R = \dots \text{ 'den çıkan sonuç}$$

Burada, S_e belirli bir sınıfı ait agreganın su emme değerini ve R ise aynı sınıfa ait agreganın o andaki toplam rutubet durumunu gösterir. Bu değerlerin arasındaki fark aşağıdaki gibi değerlendirilir;

(+) ise malzeme “**HAVA KURUSU**”

(-) ise malzeme “**ISLAK**”

(0) ise malzeme Doymun Yüzeyi Kuru “**DKY**” durumundadır.

Buradan elde edilen sonuçlarla;

Karışım suyu düzeltme işlemi ve düzeltilmiş su miktarı

$$w_1 = w_0 + \sum_{i=1}^n M_{ai}(DKY) \times \left(\frac{S_e - R}{100} \right)_i \quad (7)$$

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

$$M_{ai} = M_{ai}(DKY) - M_{ai}(DKY) \times \left(\frac{S_e - R}{100} \right)_i \quad (8)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Burada;

- w_1, w_0 : Karışıma giren düzeltme öncesi ve düzeltme sonrasındaki su miktarları, kg/m^3 ,
- M_{ai} : Su düzeltilmesi yapılmış agregası sınıfına ait kütle kg/m^3 ,
- $M_{ai}(DKY)$: Agregalara ait Doymun Kuru Yüzey (DKY) kütle değerleri kg/m^3 ,
- S_e : Agregaların su emme % si,
- R : Agregaların toplam rutubet % si

dir.

Betonda kullanılan bazı kayaç cinslerine bağlı olarak agregası özgül kütle değerleri deneysel olarak yapılmamışsa başlangıçta Çizelge 14'te verilen yaklaşık değerler kullanılabilir.

Çizelge 14 - Doygun kuru yüzey halde bulunan bazı agrega cinsleri için hesaplama işlemlerinde aşağıdaki yoğunluklar kullanılabilir

İnce agrega (0/4)

Kayaç cinsi	Yoğunluğu, (kg/dm ³)
Kuvars kumu	2,64
Yoğun kalker kumu	2,70

İri agrega (> 4)

Kayaç cinsi	Yoğunluğu, (kg/dm ³)
Granit	2,62
Gnays	2,67
Kalker	2,70
Porfir, Diabaz	2,85
Diyorit	2,90

7.3 Karışım hesaplarının deneylerle gerçekleştirilmesi

Karışım hesaplarına esas olarak alınan ve beton özelliklerini çok etkileyen tane dağılımı, s/ç oranı ve su miktarı için bu standardda verilen sınır değerler, çok sayıdaki deney sonuçlarından elde edilmiş değerler olup kesin değerler değildir. Bu nedenle karışım hesabı sonucu elde edilen agrega, su, çimento, hava ve katkı maddesi miktarları kullanılarak hazırlanacak beton numuneleri deneye tabi tutularak, elde edilecek sonucun hesaba esas teşkil eden özelliklere sahip olup olmadığı tespit edilmelidir. Öngörülen özellikler ile deneyde bulunacak özellikler arasında fark çıktığı takdirde, karışım hesabı, girdiler uygun şekilde değiştirilerek tekrarlanmalıdır.

Deneme karışımında taze betonun kıvamı, birim hacim kütlesi, taze betonun verim (randıman) değeri ve hava içeriği ölçülmelidir. Bu değerler ile gerçek beton karışım oranları belirlenmelidir. 1 m³ beton için her 6 kg'lık su ilâvesi veya azaltılması betondaki çökme değerinde yaklaşık 25 mm'lik bir değişime tekabül eder. Tasarım mukavemet değerinin sağlanması amacıyla suyun artması veya azalması kadar çimento da karışıma ilâve edilmeli veya azaltılmalıdır. Tasarımda beklenen hava içeriği ölçülen değerle aynı olmadığı durumlarda da hava sürükleyici miktarının ayarlanması yoluna gidilmelidir. Betonun her %1,0 hava içeriği artması veya azalması durumunda karışım suyu 3 kg/m³ kadar azaltılır veya artırılabilir. Ölçülen birim hacim kütle ile teorik birim hacim kütle aynı olmadığında, betonun hava içeriği ayarlanmalı ve ölçülen birim hacim kütleyle göre yeni karışım oranları belirlenmelidir. Beton karışımındaki her tür düzeltme, betonun verim değerini de değiştirir. Bu nedenle karışım oranları deneme karışımından sonra tekrar düzenlenmelidir.

Not - Yukarıdaki paragrafta verilen taze betonun verimi (randıman) ifadesi, betonun laboratuvar ortamında belirli miktarlarda bir arada karıştırılıp sıkıştırılması sonucunda ölçülen taze betonun gerçek hacmidir. Betonda verim kavramı ile ilgili daha geniş bilgi için TS 2941 standardına bakılmalıdır.

Ek A (Zorunlu hüküm)

Beton karışım tasarımında göz önünde bulundurulması gerekli bazı faktörler

Betonda aranan bazı özelliklerin, beton bileşenleri ile olan ilişkileri, karışım hesabında göz önünde bulundurulmak üzere aşağıda belirtilmiştir.

A.1 İşlenebilme özelliği

İşlenebilme, betonun ayrışmadan yerleştirilip sıkıştırılarak istenilen görünüşe sahip olabilmesidir. Bu özellik; tane dağılımı, tane şekli, çimento miktarı, hava, katkı maddesi ve kıvamı uygun seçilmiş karışımlarda istenildiği gibi ortaya çıkar.

A.2 Kıvam

Kıvam, karışım suyu nedeniyle taze betonun kazandığı akıcılığın ölçüsüdür. Tane dağılımı iyi seçilmiş taze betona belirli bir kıvam kazandıracak su miktarı, bu dağılımın oranları değişmemesine rağmen, agreganın yapısına bağlı olarak değişebilir. Çok köşeli ve gevşek yapılı agregaların su ihtiyacı daha fazladır. En büyük tane büyüklüğü arttıkça su ihtiyacı azalır. Karışıma hava katılması ve bazı katkıları da su ihtiyacını azaltır.

A.3 Dayanım

Genellikle karışıma giren su miktarı azaldıkça dayanım artar. Ancak seçilen bir su/çimento oranı için her zaman aynı dayanımların elde edilmesi beklenemez, çünkü su/çimento oranının değişmemesine rağmen; en büyük tane büyüklüğü, tane dağılımı, agreganın yüzey yapısının, biçiminin, dayanımının veya çimentonun tipinin veya üretici fabrikasının veya hava miktarının değişmesi, katkı kullanılması veya kullanılmaması betonun dayanımını etkiler.

A.4 Dayanıklılık (Durabilite)

Beton donma ve çözölmeye, ıslanma ve kurumaya, ısınma ve soğumaya, zararlı kimyasal etkilere dayanıklı olmalıdır. Betonun bu etkilere dayanıklılığını sağlamak için bazı hallerde özel çimento kullanmak yeterli olabilir. s/ç oranının küçük tutulması, zararlı etkili kimyasal maddelerin girmesini zorlaştıracak az geçirimli bir yapı oluşturacağı için yararlıdır. Donma ve çözölmeye maruz kalacak betonlarda hava sürükleyici katkıların kullanılması uygun sonuç sağlamaktadır.

A.5 Birim hacim kütle

İstinat duvarı, su altında döşenecek boru gibi betonun ağırlığının önemli olduğu yapılarda, kohezif ve ağır beton elde etmek gerekir. Bunun için gerektiğinde özel agregalar da kullanılabilir.

A.6 Çimento hidrasyon ısı

Hidrasyon ısısının zararlı etkileri olabileceği hallerde, uygun çimento tipi ve çimento miktarının olabildiğince küçük seçilmesine çalışılmalıdır. Çok gerekli durumlarda hidrasyon ısı çok düşük (Yüksek belitli çimentolar (Borlu aktif belit çimentosu), düşük alüminatlı çimentolar, yüksek oranda uçucu küllü veya cürüflü çimentolar vb.) veya katkı (uçucu kül, cüruf ve tras vb.) çimentoların kullanılması düşünülmelidir. Çimento miktarının gereğinden fazla seçilmesinin rötre ve sünme üzerinde de zararlı etkisi olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Ek B (Zorunlu hüküm)

Beton karışım hesabına ait örnek

En dar boyutu 25 cm, donatısının pas payı 35 mm olan, çok soğuk iklim şartlarında sık sık donma çözülme etkilerine maruz kalabilecek bir kolon için, hava sürükleyici katkı kullanarak yapılacak C25/30 betonunun karışım hesabının yapılması istenmekte olup betonun yapılacağı şantiyenin çalışma şartları bilinmemektedir. Bu örnekte beton tasarımı TS EN 206'ya göre yapılacaktır. Aynı şartlarda aynı tasarım ülkemiz için TS 13515'e göre yapılmalıdır.

Kullanılacak Malzemeler:

Çimento

CEM I 42,5R ($\rho_c = 3,15 \text{ kg/ dm}^3$)

Agrega (kırmataş agregası)

Su emme: İri çakıl için % 0,5, ince çakıl için % 0,8 ve ince agregası için % 1,5 olarak tespit edilmiştir. Doğal rutubetler: İri çakıl için % 1,0, ince çakıl için % 1,2 ve ince agregası için % 3,5 olarak tespit edilmiştir. Yoğunluk: İri ve ince çakıl için $2,80 \text{ kg/dm}^3$ ve ince agregası için $2,65 \text{ kg/dm}^3$ (doğru kuru yüzey hali) olarak tespit edilmiştir.

Hesaplama

Agrega en büyük tane büyüklüğü

Kullanılacak agreganın en büyük tane büyüklüğü, Çizelge 1'in 2. satırının 1. sütunundan anma büyüklüğü 32 mm olarak tespit edilmektedir. Bu tane büyüklüğünün, kolonda pas payı için bırakılan 35 mm den küçük olduğu için de uygun seçim olduğu anlaşılır.

Tane sınıflarına ayırma

Yapılacak betonun sınıfı C25/30 olduğu için agregayı Çizelge 6'ya uygun olarak en az 3 tane sınıfına ayırmak gereklidir. Agregası tane şekli her tane sınıfı için yaklaşık aynı olduğu daha önce belirlenmiş olduğu için 0/4, 4/16, 16/32 olarak üç tane sınıfına ayırmak yeterlidir.

Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri) seçimi

Ocaktan alınan agregası, karışık (tüvenan) olarak elde edilmekte ve 38 veya 40 mm' lik elekten elenmek suretiyle en büyük agregası tane büyüklüğü 31,5 mm olarak belirlenmektedir. En büyük tane büyüklüğü 31,5 mm olan agregası ile yapılacak olan pompalanmaya uygun beton için 31,5 mm için önerilen en ideal tane büyüklüğü dağılımının kullanılması seçilmiş ve bu eğri Şekil 7' de verilmiştir. Şekil 6' da ise ince agregası için pompa ile iletmeye uygun ideal tane dağılım eğrisine uyacak şekilde ince agregası oranı belirlenmelidir. Bu şekilde belirlenen agregası karışım oranları kesikli çizgi halinde Şekil B.1'de gösterilmektedir. Agregası karışım oranları iri çakıl yüzdesi olarak % 28, ince çakıl yüzdesi olarak % 25 ve ince agregası yüzdesi olarak da % 47 şeklinde belirlenmiştir. Karışık agregası içerisinde ince agregasının incelik modülü ise 2,82 olarak hesaplanmaktadır.

Su/çimento oranı

Yapı çok soğuk iklim şartlarına ve sık sık donma ve çözülme etkilerine maruz kalacağı bilindiğinden çevre etki sınıfı TS EN 206'ya göre bakıldığında XF3 olarak belirlenmekte ve hava sürükleyici katkı maddesi kullanılması gerektiğinden su/çimento oranı, Çizelge F.1'den en fazla 0,50, beton sınıfının en az C30/37, çimento dozajının en az 320 kg/m^3 olduğu ve hava içeriğinin en az % 4,0 olduğu tespit edilir.

C30/37 sınıfı betonun laboratuvarında hedef dayanımının silindir için ortalama 36 MPa ve küp için ortalama 43 MPa olduğu görülmektedir. Dayanıklılık özelliği nedeniyle beton sınıfı C30/37 olarak belirlendiği için C25/30 beton sınıfı yerine bir üst beton sınıfı sağlanmak zorundadır. Bu beton sınıfı için 28 günlük karakteristik silindir basınç dayanımının (f_{ck}), 30 MPa olduğu ve örneğimizde, standard sapmanın bilinmediği kabul edildiğine göre, karışım hesabına temel alınacak ortalama hedef basınç dayanımı (f_{cm}) Çizelge 7'den 36 MPa olarak bulunur. Aynı zamanda Şekil 9'dan silindir hedef dayanımı olan 36 MPa dayanım için hava sürüklenmiş betonun s/ç oranının yaklaşık 0,38 olduğu tespit edilmektedir. Su/çimento oranının bu değeri TS EN 206, Çizelge F-1'den elde edilen en fazla 0,50 değerinden küçük olduğu için hesap değeri olarak s/ç=0,38 seçilmelidir.

Çökme değeri

Çökme değeri, beton pompa ile döküleceği için S3 kıvamında (10 cm ilâ 15 cm) olabilir. Ancak, düşük s/ç oranı elde etmek amacıyla yüksek oranda su azaltıcı/akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılması daha uygun olacaktır. Kullanılan kimyasal katkı miktarı, katkı uygunluk deneyi sonucu istenilen işlenebilirlik değerini sağlayabilecek şekilde çimento dozajına oranla % 1,5 olarak tespit edilmiştir. Kimyasal katkının yoğunluğu 1,15 olarak alınmıştır.

Karışım suyu miktarı

Karışım suyu miktarı agreganın kırmataş olması nedeniyle Şekil 13'ten hava sürüklenmiş betonlar için 190 kg/m³ olarak belirlenebilir. Ancak yüksek oranda su azaltıcı bir süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılacağı için, ilk tahmin olarak % 15 civarında su azaltması yapılabileceği kabul edildiği takdirde su miktarı yaklaşık 160 kg/m³ olur.

Hava muhtevası

Hava miktarı, Şekil 14'ten çok soğuk iklimlerde sık sık donma-çözülme tesirlerine maruz betonlar için ortalama % 5,0 olarak belirlenmektedir. Hava sürükleyici katkı kullanım oranı, katkı uygunluk deneyi sonucu taze betona %5,0 hava sürüklemesi yapacak şekilde %0,05 olarak tespit edilmiştir.

Çimento miktarı

Su miktarı 160 kg/m³ ve s/ç oranı en az 0,38 olduğundan bu durumda çimento miktarı;

$$\zeta = \frac{s}{s/\zeta} = \frac{160}{0,38} = 420 \text{ kg/m}^3 \text{ olarak tespit edilmektedir.}$$

Çimento Hacmi:

1 m³ betonda bulunacak çimento hacmi

$$\frac{420}{3,15} = 133,3 \text{ dm}^3 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Kimyasal katkı hacmi:

Toplam çimento dozajı 420 kg/m³ olduğuna göre kimyasal katkı miktarı 1 m³ betonda

Akışkanlaştırıcı katkı miktarı, $420 \times 1,5/100 = 6,3 \text{ kg}$ ve

Hava sürükleyici katkı miktarı $420 \times 0,0005/100 = 0,21 \text{ kg}$ olarak hesaplanır.

Bu miktar kimyasal katkıların hacmi ise sırasıyla $6,3/1,15 = 5,48 \text{ dm}^3$ ve $0,21/1,01 = 0,20 \text{ dm}^3$ olarak bulunur.

Agrega hacmi:

Madde 6.2.4'teki (4) No' lu bağıntı kullanılarak hesaplanır.

$$\frac{W_a}{\rho_a} = 1000 - (133,3 + 160 + 5 \times 10 + 5,48 + 0,20) = 651,1 \text{ dm}^3$$

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

Madde 6.2.4 teki (5) No' lu bağıntı kullanılarak hesaplanır.

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

Toplam agrega miktarı (W_a) ve her sınıf agrega miktarları:

1 m³ beton içine girecek agrega miktarları;

$$M_a = W_a \times \bar{\rho}_a = 651,1 \times 2,727 = 1775,5 \text{ kg}$$

$$\text{İnce agrega (0/4) mm } M_{(0/4)DKY} = 1775,5 \times 0,47 = 834,5 \text{ kg}$$

$$\text{İnce çakıl (4/16) mm } M_{(4/16)DKY} = 1775,3 \times 0,25 = 443,9 \text{ kg}$$

$$\text{İri çakıl (16/32) mm } M_{(16/32)DKY} = 1775,3 \times 0,28 = 497,1 \text{ kg}$$

kütlesi olarak hesaplanır.

Agrega ve karışım suyu için rutubet düzeltme işlemi:

Her tane sınıfı için S_e -R hesaplanmalıdır:

$$\text{İri çakıl için, } 0,5 - 1,0 = -0,5$$

$$\text{İnce çakıl için, } 0,8 - 1,2 = -0,4$$

$$\text{İnce agrega için, } 1,5 - 3,5 = -2,0$$

Bütün değerler negatif (-) olduğundan hepsinin ıslak olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda karışıma girecek su miktarının azaltılması gerekecektir.

$$W_1 = W_o + \sum_{i=1}^n M_{ai}(DKY) \times \left(\frac{S_e - R}{100} \right)_i = 160 + 497,1 \times \left(\frac{-0,5}{100} \right) + 443,8 \times \left(\frac{-0,4}{100} \right) + 834,4 \times \left(\frac{-2,0}{100} \right) = 139,0 \text{ kg/m}^3$$

Ayrıca kimyasal katkının % 50'sinin su olduğu varsayıldığında, bu su miktarından katkının yarısı kadar daha su azaltmak gerekiyor. Bu durumda nihai su miktarı;

$$W = 139 - \frac{6,3}{2} = 135,9 \text{ kg/m}^3$$

olur.

Agregaların su düzeltme işlemi sonrasında 1 m³ beton karışımı için tartılması gerekli miktarları;

$$M_{(16/32)} = 497,1 - 497,1 \times \left(\frac{-0,5}{100} \right) = 499,6 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{(4/16)} = 443,9 - 443,9 \times \left(\frac{-0,4}{100} \right) = 445,7 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{(0/4)} = 834,5 - 834,5 \times \left(\frac{-2,0}{100} \right) = 851,2 \text{ kg/m}^3$$

Her tane sınıfı için gerekli agrega miktarı Şekil 16'da gösterilen oranlarla Çizelge B.1'deki gibi hesaplanır.

Çizelge B.1 - Şekil 16'da tespit edilen agrega karışım oranları ile tespit edilen 1 m³ beton için DKY ve rutubet düzeltmesi yapılmış agrega miktarları.

Tane Sınıfları	Agrega karışım oranları	Agrega özgül kütleleri g/dm ³	Agrega DKY kütleleri kg/m ³	Agrega su emmeleri %	Agrega rutubetleri %	S _t - R %	Rutubet düzeltmesi yapılmış miktarlar kg/m ³	Karışım suyu düzeltmesi kg/m ³
0/4	47,0	2,65	834,5	1,50	3,5	-2,0	851,2	-16,7
4/6	25,0	2,80	443,9	0,80	1,2	-0,4	445,7	-1,8
16/32	28,0	2,80	497,1	0,50	1,0	-0,5	499,6	-2,5
Toplam	100		1775,5				1796,5	-21,0

Çizelge B.2'de 1 m³ agrega DKY kütleleri ve 1 m³ su düzeltilmesi yapılmış kütleler ile 25 dm³ deneme dökümü için karışıma girecek malzemelerin miktarları verilmiştir.

Çizelge B.2 – 25 dm³ deneme karışımı için hesaplanan miktarlar

Malzemeler	1 m ³ beton için DKY miktarlar kg	1 m ³ beton için düzeltilmiş miktarlar, kg	25 dm ³ için miktarlar, kg
Çimento	420	420	10,500
Su	160	135,9	3,397
Kimyasal katkı	6,3	6,3	0,158
İri çakıl	497,1	499,6	12,491
İnce çakıl	443,9	445,7	11,141
İnce agrega	834,5	851,2	21,279
Toplam	2361,8	2361,8	58,97

Deney karışımlarının ayarlanması

Bu hesaplamalar tamamlandıktan sonra laboratuvarında 25 dm³ deneme karışımının yapılması ile istenilen çökme değeri, birim hacim kütle ve hava muhtevası ölçümleri yapılmak suretiyle gerçek karışım oranları TS 2941 standardında belirtilen taze beton verimi değeri dikkate alınarak belirlenmelidir.

25 dm³ deneme karışımı yapıldıktan sonra, istenilen 15 cm çökme değeri için karışıma 250 cm³ su ilave edildiği varsayalım. Betonun havası ise yaklaşık % 6,0 olarak ölçüldüğü varsayalım. Bu durumda hava sürükleyici katkı miktarı bir miktar azaltılacaktır. Genelde her %1,0 hava muhtevası azaldığında, karışım suyu miktarı yaklaşık 3 kg/m³ artacaktır. Ayrıca betonun s/ç oranı değişmiştir .

25 dm³ betonda kıvam sağlanması için 250 cm³ su ilave edildiğinden 1 m³ beton için gerçek DKY su miktarı aşağıdaki gibi düzeltilmelidir;

$$W = \left\{ W_o + \left(\frac{W_d}{1000} \right) \times \left(\frac{1000}{25} \right) \right\} = \left\{ 160 + \left(\frac{250}{1000} \right) \times \left(\frac{1000}{25} \right) \right\} = 170 \text{ L/m}^3$$

DKY durumundaki su miktarı $W = 160 + 10 = 170 \text{ kg/m}^3$ olacaktır, ancak hava sürükleyici katkı miktarının da azaltılarak taze betonun hava içeriği % 5,0 değerine getirilmesi gerekmektedir. Hava içeriği % 6,0'dan %5,0'e ayarlanacağından % 1,0 hava içeriği azalınca suyun 3 kg/m³ artırılması gerekecektir. Bu durumda gerçek su miktarı,

$$W = 170 + 3 = 173 \text{ kg/m}^3 \text{ olur.}$$

s/ç oranı 0,38 değerinde sabit kalması gerektiğinden çimento miktarı da artacaktır.

$$C = \frac{173}{0,38} = 455 \text{ kg/m}^3 \text{ olacaktır.}$$

Bu duruma göre yeni kimyasal katkı miktarları, karışım suyu miktarı ile agrega hacmi:

$$V_a = \frac{W_a}{\bar{\rho}_a} = 1000 - \left(\frac{455}{3,15} + 173 + 50 + \frac{455 \times 0,015}{1,15} + \frac{455 \times 0,0005}{1,01} \right) = 626,5 \text{ dm}^3$$

Yeni toplam agrega kütlesi:

$$M_a = W_a \times \bar{\rho}_a = 626,5 \times 2,727 = 1708,5 \text{ kg/m}^3 \text{ olacaktır.}$$

Deneme karışımından sonra yapılan düzeltmeler sonunda 1 m³ betona girecek olan agrega özellikleri ile karışıma giren gerçek miktarlar aşağıda Çizelge B.3'te verilmiştir.

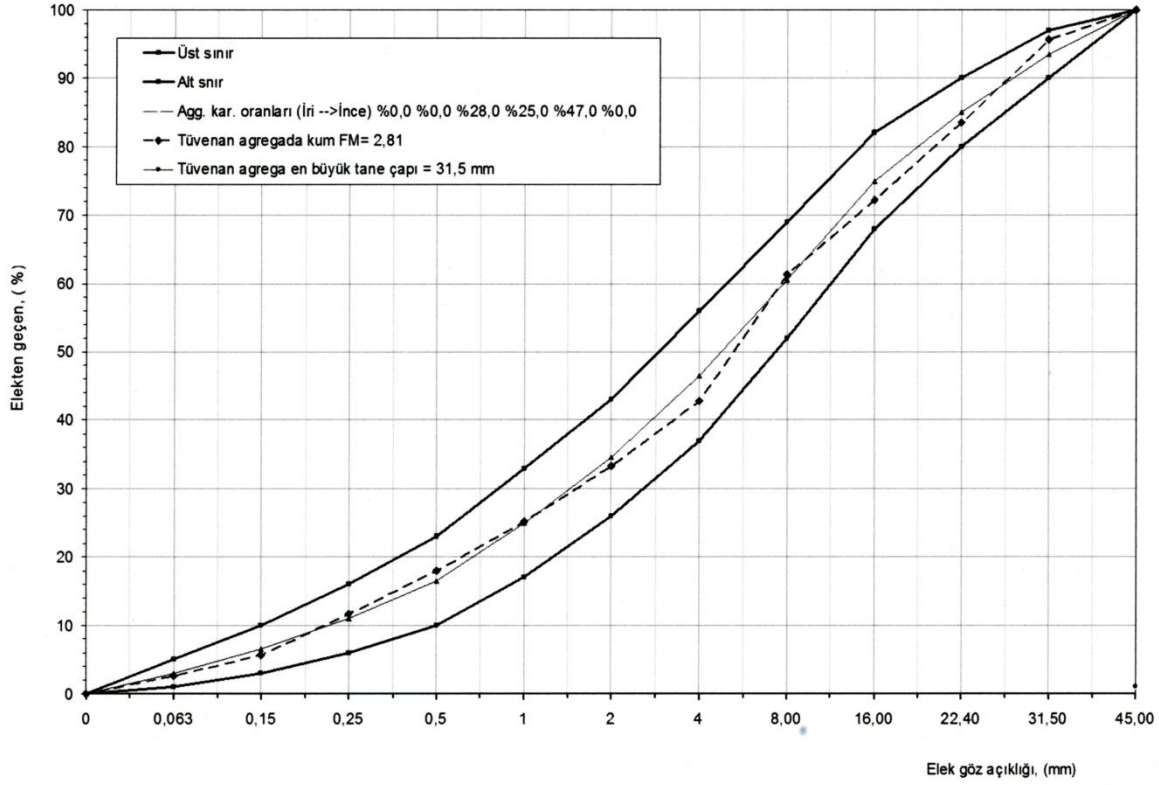
Çizelge B.3 - 1 m³ beton için malzemelerin yeni miktarları

Tane Sınıfları	Agrega karışım oranları	Agrega özgül kütleleri g/dm ³	Agrega DKY kütleleri kg/m ³	Agrega su emmeleri %	Agrega rutubetleri %	S _t -R %	Rutubet düzeltmesi yapılmış miktarlar kg/m ³	Karışım suyu düzeltmesi kg/m ³
0/4	47,0	2,65	803,0	1,50	3,5	-2,0	819,0	-16,1
4/6	25,0	2,80	427,1	0,80	1,2	-0,4	428,8	-1,7
16/32	28,0	2,80	478,4	0,50	1,0	-0,5	480,8	-2,4
Toplam	100		1708,5				1728,6	-20,0

Son olarak yapılan düzeltmeler sonunda tekrar 25 dm³ deneme dökümü yapılmalı ve karışım oranları ile taze beton özellikleri aşağıda verilen Çizelge B.4'e göre doğrulanmalıdır. Doğrulama işlemi tamamlandıktan sonra ise numune alma için en az 40 dm³ beton karışımı hazırlanmalıdır.

Çizelge B.4 - 1 m³ beton için DKY miktarlar, rutubet düzeltmesi yapılmış ve 40 dm³ düzeltilmiş numune alma için beton karışım miktarları

Malzemeler	1 m ³ beton için DKY miktarlar, kg	1 m ³ beton için düzeltilmiş miktarlar, kg	40 dm ³ için miktarlar, kg
Çimento	455	455	18,200
Su	173	149,4	5,977
Kimyasal katkı	6,825	6,825	0,273
İri çakıl	478,4	480,8	19,230
İnce çakıl	427,1	428,8	17,153
İnce agrega	803,0	819,0	32,761
Toplam	2343,3	2343,3	93,59



Şekil B.1 - Örnekte kullanılan agreganın Şekil 7'de verilen pompa ile iletilen betonda kullanılmaya uygun tane dağılım eğrisi. Betonda kullanılan agreganın tane dağılımı kesikli çizgi ile gösterilmiştir olup bu eğri için belirlenen oranlar grafik üzerinde verilmiştir.

Yararlanılan kaynaklar

1. TS EN 206 "Beton - Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk", 2014.
2. TS 13515, "TS EN 206'nın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standard", 2014.
3. TS 500, "Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları", 2000.
4. TS EN 1992-1-1, "Beton yapıların tasarımı - Bölüm 1-1: Genel kurallar ve binalara uygulanacak kurallar (Eurocode 2)", 2009.
5. BS 5328: Part 2, "Concrete - Part 2: Methods for specifying concrete mixes," 1997.
6. ACI 211.1 "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, 2002.
7. ASTM C33, Standard Specification for Concrete Aggregates.
8. TS 706 EN 12620, "Beton agregaları", 2009.
9. TS EN 1990, Eurocode: Basis of structural design.
10. TS EN 13670, Execution of concrete structures - Part 1: Common rules.
11. ISO 1803: 1997, Building construction - Tolerances - Expression of dimensional accuracy - Principles and terminology.
12. The European Guidelines for Self Compacting Concrete, Specification, Production and Use, May 2005, The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems (EFNARC).
13. Measurement of properties of fresh self-compacting concrete, Testing-SCC project", managed by Paisley University, Project web site <http://www.civeng.ucl.ac.uk/research/concrete/Testing-SCC/>.