THBB AKADEMİ

TEKNİK BÜLTEN

10

ÖZEL KONU

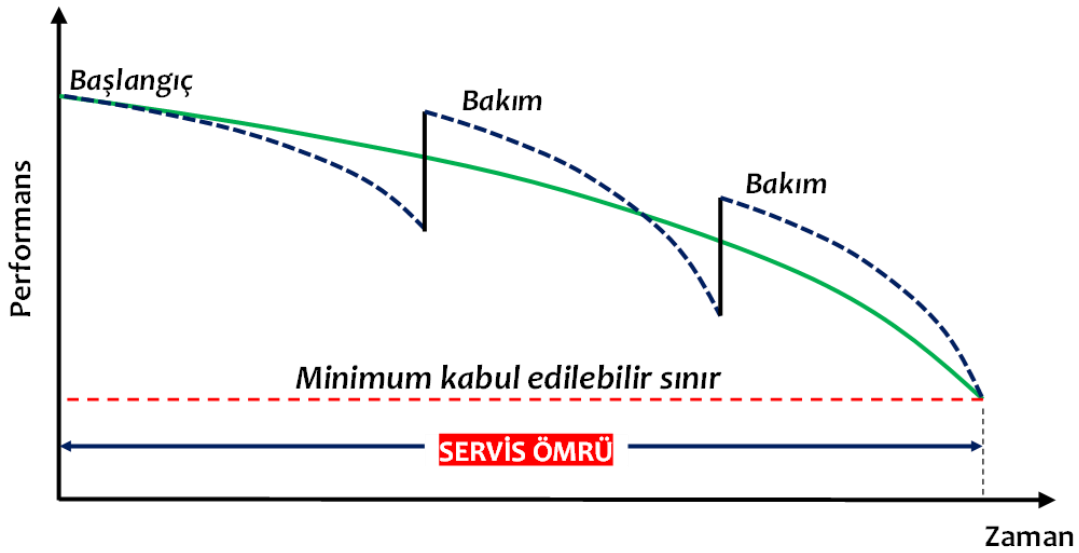
BETONUN ÇEVRESEL ETKİ SINIFLARI

TÜRKİYE HAZIR BETON BİRLİĞİ YAYINIDIR.

Nisan, 2023

BETONUN ÇEVRESEL ETKİ SINIFLARI

Beton; hizmet göreceği koşullara göre tasarlanmış, iyi bir kalite kontrol sisteminden geçmiş, standartlara uygun bir şekilde yerleştirilmiş ve bakımı yapılmışsa uzun yıllar hiçbir onarım gerektirmeden görevini yerine getirmektedir, ancak çeşitli iç ve dış etkiler altında betonun dolayısıyla yapının performansının düştüğü durumlar olmaktadır. Dayanıklı bir beton, bu etkilere karşı bozulmadan ve kendisinden beklenilen performansı kaybetmeden direnç gösteren betondur. Betonun dayanıklılığı (durabilitesi) mekanik, kimyasal ve fiziksel etkilere karşı bozulmadan direnç göstermesi olarak tanımlanmaktadır. Bir yapının servis ömrü, yapının performansının yerine getirilmesi için gerekli süredir. Performans ise yapı sahibinin, tüm yetkililerin ve kullanıcıların gereksinimlerini karşılayabilme yeteneğidir. Bundan dolayı tasarım, malzeme, hasar ve bakım arasındaki ilişkilerin iyi anlaşılması gerekmektedir. Yapının performans-zaman ilişkisi Şekil 1'de gösterilmektedir. Bir betonarme yapının performansı, çevresel etkilere ve bu etkilerin malzemede oluşturduğu değişikliklere bağlı olarak azalabilmektedir.

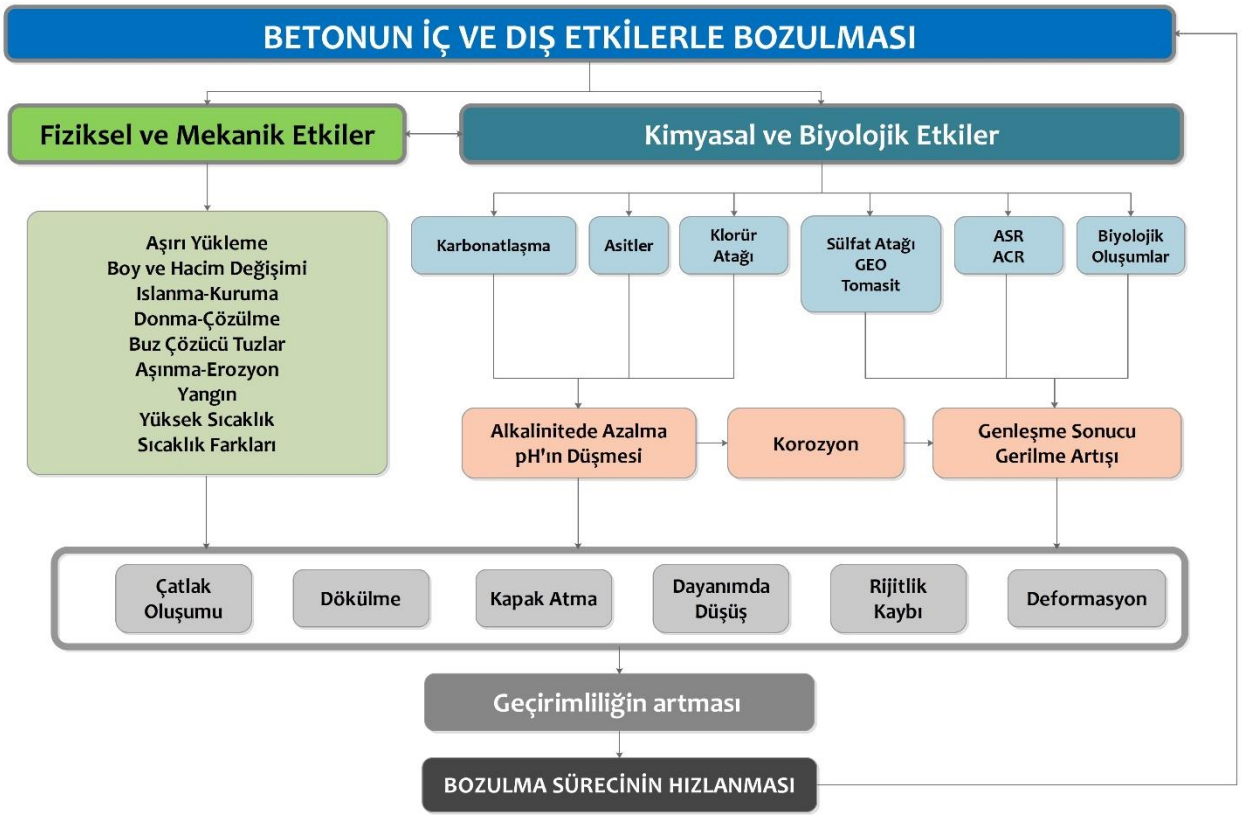


Şekil 1. Beton performansı ve servis ömrü arasındaki ilişki

Beton Şekil 2'de görüleceği üzere iç ve dış olmak üzere birçok fiziksel, mekanik ve kimyasal koşullardan etkilenmektedir. Betonun tasarım servis ömrü, bu koşullara göstereceği performansa bağlıdır. Bu nedenle her projede yapıya etki edecek çevresel etkilerin belirlenmesi ve başta beton olmak üzere diğer tasarım parametrelerinin bu etkilere uygun bir şekilde tasarlanması son derece önemlidir.

TS EN 206 ve bu standardın ulusal eki olan TS 13515, betonun çevresel etki sınıflarını ve bu sınıflara göre betonun gerekliliklerini belirtmektedir. Yapının türü, işlevi, servis ömrü, maruz kalacağı çevresel koşullar beton tasarımını belirlemektedir. İnşaat sektöründe genel olarak hazır beton, C30/37 ya da C35/45 sınıfı beton gibi dayanım sınıfı ile tanımlanmaktadır. Önemli olan betonun istenilen mekanik performansını yapının tüm servis ömrü boyunca korumasıdır. Bunun için de betonun servis ömrü boyunca maruz kalacağı çevresel etkilere dirençli olması gerekmektedir. Örneğin deniz suyu ile temas

edecek bir yapıda klorür etkisine karşı tasarım yapılmalıdır ya da sülfat içeriği yüksek olan bir zemin ile temas edecek betonun sülfat tuzlarına dirençli olması gerekmektedir. Eğer bu etkiler dikkate alınmaz ise en yüksek dayanımlı beton dahi zamanla performansını yitirecektir.



Şekil 2. Beton performansını etkileyen iç ve dış etkiler

Bir yapının servis ömrü boyunca beton performansını etkileyecek en önemli parametre çevresel etkilerdir. Bu nedenle tasarımcı ve şartname hazırlayıcı, yapıya tesir eden çevresel etki sınıfını/sınıflarını tespit etmek ve tasarımını bu kapsamda yapmak zorundadır. 2018 yılında Resmî Gazetede yayımlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, betonarme projelerinde (çizim paftalarında) beton dayanım sınıfı ve donatı sınıfı ile birlikte TS EN 206'ya uygun çevresel etki sınıfının belirtilmesini zorunlu hâle getirmiştir.

Bir yapı birden fazla çevresel etkiye maruz kalabilir. Literatürde bu duruma kombine etki denilmektedir. Örneğin hem sülfat hem de klorür tuzlarına maruz kalacak bir yapıda kombine etkiye göre beton tasarımı yapılmalıdır. Bazı durumlarda etkilere ait ayrı çözümler birbiri ile uyumsuz olabilmektedir. Bu nedenle bütüncül bir tasarım ilkesi benimsenmelidir.

Birçok ulusal ve uluslararası standart betonun farklı çevresel koşullara direnci için çeşitli tasarım parametrelerini sınırlamaktadır. Bunlar:

- En az çimento (bağlayıcı) içeriği
- En büyük su/bağlayıcı oranı
- En düşük basınç dayanım sınıfı
- Pas payı kalınlığı

TS 13515 Kapsamında Çevresel Etki Sınıfları

Beton, TS EN 206 ve TS 13515'de belirtilen çevresel etkilerin birden fazlasına maruz kalabilir. Bu nedenle betonun maruz kaldığı çevre şartlarının, etki sınıflarının birleşimi olarak ifade edilmesi gerekebilir. Belirli bir yapısal bileşen için farklı beton yüzeyleri farklı çevresel etkilere maruz kalabilir.

1.Korozyon veya zararlı etki tehlikesi yok

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Etki sınıfı X0 donatı veya gömülü metal içermeyen bileşenler için hiçbir zararlı etkinin olmadığı çevrelerde kullanılabilir.		
X0	• İçerisinde donatı veya gömülü metal bulunmayan betonlar: • Donma-çözülme, aşınma ve kimyasal etkiler haricindeki betona zarar vermeyecek diğer ortamlar. • Donatı veya gömülü metal içeren beton: Çok kuru ortam	Donatısız ve donma-çözülme etkilerine ve kimyasal tesirlere maruz kalmayan temel betonları; donatısız içyapı elemanları Yıl boyunca sürekli olarak çok kuru şartlarda (bağıl nem<%35) bulunan, içerisinde donatı veya gömülü metal bulunan betonlar

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m^3)
X0	-	-	C12/15	-

2. Karbonatlaşmanın sebep olduğu korozyon

Betonda karbonatlaşma, betonun içindeki hidratasyon ürünü olan kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) bileşeninin betona nüfuz eden karbondioksit (CO_2) ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) oluşturması sürecidir. Bu reaksiyon, betonun doğal bir yaşlanma sürecidir ve betonun yüzeyine yayılan karbondioksit nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Karbonatlaşma, betonun yüzeyinde beyaz bir tortu şeklinde görülen karbonat tabakasının oluşmasına yol açabilmektedir.

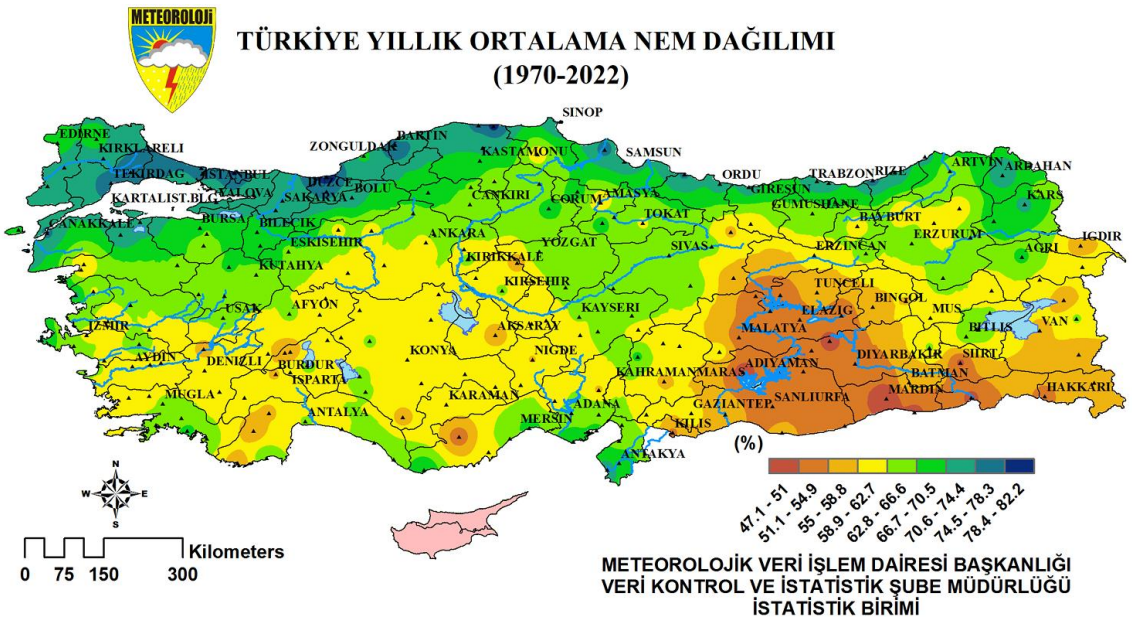
Karbonatlaşma, betonun dayanıklılığını etkileyebilir. Kalsiyum hidroksit, betonun alkalinite (baziklik) özelliğini sağlayan bir bileşen olduğundan, karbonatlaşma sonucu kalsiyum hidroksitin azalması, betonun koruyucu pasivasyon tabakasını zayıflatmakta ve betonun içindeki çelik donatının koruma sistemini etkilemektedir. Bu durum, betonun çelik donatının korozyona uğrama riskini arttırmaktadır. Bu nedenle, betonun karbonatlaşma süreci, betonun ömrü ve dayanıklılığı açısından dikkate alınması gereken bir faktördür ve yapıların bakım ve koruma süreçlerinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Karbonatlaşma derinliği ve ortam bağıl nemi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Literatürde yer alan bilgilere göre karbonatlaşma derinliği genel olarak bağıl nemin %50-%70 arasında olduğunda en yüksek seviye çıkmaktadır. Çok düşük ve çok yüksek bağıl nem durumunda karbonatlaşma etkisi giderek zayıflamaktadır. Yapılar için karbonatlaşma etkisi değerlendirildiğinde hem yapının içi ortamı hem de yapının maruz kalacağı dış ortamın rutubeti dikkate alınmalıdır.

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
İçerisinde donatı veya gömülü metal bulunan betonların hava ve nem etkisine maruz kaldığı etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XC1	Kuru veya sürekli ıslak	Yüksek nemli yapıların boşluklu üst yapıları ve alanları hariç kapalı yapıların içindeki betonarme ve öngerilmeli beton yüzeyler Sürekli olarak agresif olmayan su içinde kalmış betonarme ve öngerilmeli beton yüzeyler
XC2	Islak, ara sıra kuru	Su ile uzun süreli temas halinde olan beton bileşenler Su depoları, çoğu temeller (Zararlı etkisi olmayan toprak içerisine tamamen gömülmüş donatılı ve ön gerilmeli beton)
XC3	Orta derecede rutubetli veya döngülü ıslak ve kuru şartlar	Orta derecede veya yüksek rutubetli havaya sahip binaların iç kısımlarındaki betonlar, yağmurdan korunmuş, açıkta bulunan betonlar (sundurma tipi binalar, ticari mutfaklar, banyolar, çamaşır odaları, içerdeki yüzme havuzlarının rutubetli odaları, zeminler) Yağmura maruz kalan tüm harici beton elemanları
XC4		Islanma ve kurumaya maruz kalan betonarme ve öngerilmeli beton yüzeyler, Buz çözücü tuzlara maruz kalmayan yaya alt geçitlerinin iç beton yüzeyleri, boşluklu üst yapılar veya gözenekli köprü ayakları Su yalıtımı ile korunan betonarme veya öngerilmeli beton yüzeyler (Hizmet ömrü ile bağlantılı)

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m^3)
XC	1	0,65	C20/25	260
	2	0,60	C25/30	280
	3	0,55	C30/37	280
	4	0,50	C30/37	300

Aşağıdaki haritada il bazında ortama nem durumu görülmektedir. Bu harita aracılığıyla bölgesel olarak yapıların maruz kalacağı karbonatlaşma etkisi değerlendirilebilir.



Şekil 3. Türkiye yıllık ortalama nem dağılımı

3. Deniz suyu haricindeki klorürlerin sebep olduğu korozyon

Klorür kaynaklı beton korozyonu, klorür tuzlarının beton yapı elemanlarındaki çelik donatıyı etkileyerek çelik donatının korozyonuna neden olan bir tür beton bozulmasıdır. Klorür tuzları, betonun içine veya yüzeyine çeşitli yollarla girebilir. Bunlar arasında havadaki klorür iyonları, kar tuzlama, buz çözücü kimyasallar, klorür içeren kimyasal katkılar ve kirlilik sayılabilir.

Klorürler, beton içindeki çelik donatının yüzeyindeki pasivasyon tabakasını korozyona karşı koruyan pasivasyon sürecini bozar. Bu, çelik donatının korozyon hızını artırır ve zamanla çelik donatının paslanmasına ve genişlemesine, beton çatlaklarının oluşmasına ve betonun hacimce genişlemesine yol açabilir. Bu durum, beton yapıların dayanıklılığını azaltarak yapısal bütünlüğü tehlikeye atmaktadır.

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun, buz çözücü tuzları da ihtiva eden, deniz suyu haricindeki kaynaklardan gelen klorürleri ihtiva etmesi halindeki etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XD1	Orta derecede rutubetli	Araç trafiğine açık alanlar nedeniyle hava ile taşınan klorürlere maruz kalan beton yüzeyler; özel garajlar. Buz çözücü maddeler içeren doğrudan serpintilerden uzak olan kemer bölümlerindeki donatılı ve ön-gerilmeli beton yüzeyler. Betonarme ve öngerilmeli beton duvarlar ve bir anayoldan yatay olarak 10 metreden daha fazla mesafedeki istinat yapıları, yol üzerindeki, düşey olarak 5 metreden daha yüksek köprü tabliyesi altları, Çok az buz çözücü etkiye maruz kalan yapı bölümleri.
XD2	Islak, ara sıra kuru	Tuzlu su ve klorür içeren suya tamamen batan donatılı ve ön-gerilmeli beton yüzeyler, yüzme havuzları, klorür içeren endüstriyel sulara maruz kalan betonlar, Taşıt yolunun hemen bitişiğinde 1 metreden daha fazla gömülü otoban yapıları
XD3	Döngülü ıslak ve kuru	Buz çözücüler veya buz çözücüler içeren serpintilerinden doğrudan etkilenen donatılı ve ön- gerilmeli beton yüzeyler (örneğin duvarlar, köprü ayakları, taşıt yolundan 10 metre mesafedeki kolonlar, korkuluk kemerleri ve taşıt yolu seviyesinden 1 metre aşağıda gömülü yapılar, donatılı zemin betonları ve otopark döşemeleri

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m³)
XD	1	0,55	C30/37	300
	2	0,55	C30/37	300
	3	0,45	C35/45	320

4. Deniz suyundan kaynaklanan klorürlerin sebep olduğu korozyon

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Donatı veya diğer gömülü metal ihtiva eden betonun deniz suyunda bulunan klorürlere veya deniz suyundan kaynaklanan tuz taşıyan hava ile temas etmesi halinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XS1	Hava ile taşınan tuzlara maruz, ancak deniz suyu ile doğrudan temas etmeyen	Sahilde veya sahile yakın yerde bulunan beton yapılar.
XS2	Sürekli olarak su içerisinde	Suya tamamen daldırılmış ve sürekli doygun kalan betonarme ve öngerilmeli beton; örneğin deniz suyu içerisinde sürekli kalan beton.
XS3	Gelgit, dalga ve serpinti bölgeleri	Yüksek gelgit bölgelerinde çamurlu ve serpinti bölgelerindeki, iskele duvarları gibi donatılı ve ön-gerilmeli beton bileşenler.

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m^3)
XS	1	0,50	C30/37	300
	2	0,45	C35/45	320
	3	0,45	C35/45	340

Deniz suyunda önemli miktarlarda bulunabilen tuzlar; sodyum klorür (NaCl), magnezyum klorür (MgCl), magnezyum sülfat ($MgSO_4$), kalsiyum sülfat ($CaSO_4$), potasyum klorür (KCl) ve potasyum sülfat (K_2SO_4) olarak sıralanabilir.

Betonda deniz suyu etkisi birçok etkenin birlikte bulunduğu bir durumdur. Bu etkilerden özellikle klora bağlı korozyon en hızlı hasar oluşturan mekanizmadır, ancak deniz suyu ile teması olan bazı yapılarda sülfata dayanıklı çimento kullanılması gerekliliğine dair yanlış bir algı bulunmaktadır. Bilindiği üzere sülfata dayanıklı çimentolarda C_3A içeriği belirli bir sınırı geçmemektedir. Oysa çimentodaki C_3A bileşeni klorür iyonlarını bağlayarak Friedel tuzu oluşturmakta ve klorür geçirimsizliğine olumlu katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle deniz suyu etkisi olan yapılarda klorür etkisinin baskın etki olduğu dikkate alınıp çimento seçimi buna göre yapılmalıdır.

Ayrıca beton tasarımı kadar önemli bir diğer husus da pas payı tabakasıdır. Uzun servis ömrüne sahip bir deniz veya liman yapısı elde etmek için geçirimsiz bir beton kullanılmalı, uygun pas payına sahip, çatlak içermeyen elemanlar elde edilmelidir.

5. Buz çözücü maddenin de bulunduğu veya bulunmadığı donma/çözülme etkisi

Betonda donma-çözülme etkisi, beton bünyesindeki suyunun donma ve ardından tekrar çözülme süreçleri sonucu meydana gelen bir tür beton bozulmasıdır. Donma-çözülme süreci, suyun donma sıcaklığının altında olan soğuk hava koşullarında betonun içindeki suyun donması ile başlar. Suyun donması, su moleküllerinin kristalleşmesine ve genleşerek beton içinde mekanik gerilme oluşturmasına neden olur. Bu genleşme, betonun içindeki boşluklarda gerilme oluşmasına ve betonun genleşerek çatlamasına yol açabilir. Ardından, hava sıcaklığı yükseldiğinde çözülme süreci başlar ve donmuş su yeniden sıvılaşır. Bu çözülme süreci, çatlaklardan suyun beton içine nüfuz etmesine ve betonun donma-çözülme döngüsünde daha fazla hasar görmesine neden olabilir.

Donma-çözülme; özellikle soğuk iklimlerde, sık donma-çözülme döngülerinin yaşandığı bölgelerde ve betonun düşük mukavemetli veya düşük hava geçirgenliğine sahip olduğu durumlarda betonun zarar görmesine neden olabilir. Donma-çözülme nedeniyle meydana gelen çatlaklar, betonun dayanıklılığını azaltabilir, su ve kimyasal maddelerin beton içine nüfuz etmesine ve betonun zamanla bozulmasına yol açabilir.

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Betonun, etkili donma/çözülme döngülerine, ıslak durumda maruz kalması halinde etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XF1	Buz çözücü madde içermeyen suyla orta derecede doygun	Yağmura ve donmaya maruz kalan tüm dış yapı elemanları Düşey olmayan, suya doygunluğu yüksek oranda olmayan beton yüzeyler, sadece donmaya, yağmura veya suya maruz kalan beton yüzeyler
XF2	Buz çözücü madde içeren suyla orta derecede doygun	Serpinti ve sıçrama yolu ile temas eden ve buz çözücü madde içeren sulara maruz kalan tüm beton yüzeyler.
XF3	Buz çözücü madde içermeyen suyla yüksek derecede doygun	Islak halde donmaya maruz kalan yatay veya yataya yakın beton yüzeyler. Sık sık su sıçrayan ve donmaya maruz kalan beton yüzeyler.
XF4	Buz çözücü madde içeren su veya deniz suyu ile yüksek derecede doygun	Buz çözücü maddelere maruz yol ve köprü kaplamaları; Buz çözücü tuz ihtiva eden su serpintisine doğrudan ve donma etkisine maruz kalan beton yüzeyler; Deniz yapılarının dalga etkisi altındaki donmaya maruz bölgeleri.

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m^3)	En az hava içeriği (%)	Diğer özellikler
XF	1	0,55	C30/37	300	-	TS 706 EN 12620'ye uygun, yeterli donma/çözülme dayanıklılığına sahip agrega
	2	0,55	C25/30	300	%4	
	3	0,50	C30/37	320		
	4	0,45	C30/37	340		

6. Betonun kimyasal etkilere maruz kalması

Gerek doğal sularda gerekse atık sularda çeşitli sülfatlar az veya çok miktarlarda bulunurlar. Özellikle yeraltı sularında sülfat iyonlarının miktarı çok fazla olabilir. Bazı zeminlerde de zararlı olabilecek miktarlarda sülfat iyonu bulunur. Bu sülfat iyonları betona nüfuz ederek burada çimentonun hidratasyonuyla elde edilen kalsiyum hidroksit (CH) ve kalsiyum aluminat hidratlarla (C-A-H) reaksiyona girerek, sırasıyla alçı ve etrenjit adı verilen ürünler oluştururlar. Bu ürünlerin her ikisi de betonda genleşmelere ve dolayısıyla çatlama ve bozulmalara yol açarlar.

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Betonun, TS EN 206:2013+A2, Çizelge 2'de verilen tabii zeminler ve yer altı sularından kaynaklanan zararlı kimyasal etkilere maruz kalması durumunda etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır. Deniz suyu, coğrafik bölgeye göre sınıflandırılır, bu nedenle betonun kullanılacağı yerde geçerli sınıflandırma uygulanır. XA3 etki sınıfı için veya TS EN 206:2013+A2, Çizelge 2'de verilenlerden, geçerli etki sınıfının tayini için özel çalışma yapılmasına gerek duyulabilir: TS EN 206:2013+A2, Çizelge 2'de verilenler dışındaki sınır değerler, diğer zararlı kimyasal maddeler, kimyasal maddelerle kirlenmiş zemin veya su, TS EN 206, Çizelge 2'de verilen kimyasallarla birlikte yüksek hızda akan su bulunması.		
XA1	TS EN 206:2013+A2, Çizelge 2'ye göre hafif derecede zararlı kimyasal ortam	Atık su arıtma tesislerinde bulunan depolar; sıvı gübre konteynerleri.
XA2	TS EN 206:2013+A2, Çizelge 2'ye göre orta derecede zararlı kimyasal ortam	Deniz suyu ile temas halindeki beton bileşenler; zararlı kimyasallar içeren zeminler üzerindeki beton bileşenler.
XA3	TS EN 206:2013+A2, Çizelge 2'ye göre yüksek derecede zararlı kimyasal ortam	Endüstriyel atık su arıtma tesisleri; hayvan besleme yemlikleri; baca gazı arıtma ile soğutma kuleleri.

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m³)	Diğer özellikler
XA	1	0,55	C30/37	300	-
	2	0,50	C30/37	320	Sülfata dayanıklı çimento
	3	0,45	C35/45	360	

Doğal Zeminler ve Yer Altı Sularından Kaynaklanan Kimyasal Etkiler İçin Etki Sınıflarının Sınır Değerleri

Kimyasal özellik	Referans deney yöntemi	XA1	XA2	XA3
Yeraltı suyu				
SO_4^{2-} [(a)] mg/L	TS EN 196-2	≥ 200 ve ≤ 600	> 600 ve ≤ 3000	> 3000 ve ≤ 6000
pH	TS ISO 4316	≤ 6,5 ve ≥ 5,5	< 5,5 ve ≥ 4,5	< 4,5 ve ≥ 4,0
CO_2 mg/L	TS EN 13577	≥ 15 ve ≤ 40	> 40 ve ≤ 100	> 100 ve doygunluk seviyesine kadar
NH_4^+ [(b)] mg/L	ISO 7150-1	≥ 15 ve ≤ 30	> 30 ve ≤ 60	> 60 ve ≤ 100
Mg^{2+} mg/L	TS 6228 EN ISO 7980	≥ 300 ve ≤ 1000	> 1000 ve ≤ 3000	> 3000 ve doygunluk seviyesine kadar
Zemin				
$SO4^{2-}$ mg/kg [(c)] (toplam)	EN 196-2 [(d)]	≥ 2000 ve ≤ 3000 [(e)]	> 3000 [(e)] ve ≤ 12000	> 12000 ve ≤ 24000
Baumann Gully'ye göre asitlik mL/kg	EN 16502	> 200	Uygulamada karşılaşılmaz	

a) Yeraltı suyunun 600 mg/L'den daha fazla SO_4^{2-} içerdiği durumlar, beton karışım tasarımında belirtilmelidir.
b) NH_4^+ içeriğine bakılmadan, sıvı gübre XA1 çevre etki sınıfı olarak sınıflandırılabilir.
c) Geçirgenliği 10^{-5} m/s'den daha düşük olan kil zeminler bir alt etki sınıfına geçirilebilirler.
d) Deney metodunda, SO_4^{2-} 'ün hidroklorik asitle ekstraksiyonu tarif edilmiştir; alternatif olarak, betonun kullanılacağı yerde yapılıyorsa, su ile açığa çıkarma metodu da kullanılabilir.
e) Islanma kuruma döngüleri veya kılcal su emme nedeniyle, betonda sülfat iyonu birikimi tehlikesi olan yerlerde 3000 mg/kg olan sınır 2000 mg/kg'a indirilebilir.

7. Mekanik aşınma etkisi

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Beton, kullanım esnasında önemli derecede mekanik aşınmaya maruz kalacaksa etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XM1	Orta derecede aşınma	Üzerinde, şişme lastikli araçların hareket ettiği taşıyıcı zeminler veya sanayi tesislerine ait yüzeyi sertleştirilmiş zeminler.
XM2	Yüksek derecede aşınma	Üzerinde, şişme lastikli veya içi dolu lastikli çatallı yükleyicilerin (forklift) hareket ettiği taşıyıcı zeminler veya sanayi tesislerine ait yüzeyi sertleştirilmiş zeminler.
XM3	Çok yüksek derecede aşınma	Üzerinde, içi dolu lastik veya çelik tekerli çatallı yükleyicilerin hareket ettiği taşıyıcı zeminler veya sanayi tesislerine ait yüzeyi sertleştirilmiş zeminler; üzerinde, sıklıkla paletli araçların hareket ettiği zeminler; hızlı ve türbülanslı akan sulardaki beton su yapıları (enerji kırıcı havuzlar vb.)

Çevresel Etki Sınıfı		En büyük su/çimento oranı	En düşük beton sınıfı	En az eş değer çimento içeriği (kg/m^3)	Diğer özellikler
XM	1	0,55	C30/37	300	-
	2	0,55	C30/37	300	Beton yüzeyine işlem uygulanır
	3	0,45	C35/45	320	Sert agrega kullanılır

8. Alkali silika reaksiyonu etkisiyle donatının korozyonu

Sınıf	Çevrenin tanımı	Etki sınıflarının meydana gelebileceği yerlere ait bilgi mahiyetinde örnekler
Betonda alkali silika reaksiyonunun oluşabileceği ortamlarda etki, aşağıda verilen şekilde sınıflandırılır.		
XWO	Normal kür işleminin ardından çok kısa süreyle rutubetli kalma dışında, kullanımı boyunca büyük ölçüde kuru kalan beton	Bina içinde kullanılan yapı bileşenleri; yağmur, yüzey suyu, zemin rutubeti vb. ile temas halinde olmayan ve/veya bağıl nemi %80'den daha fazla olan ortam şartlarına sürekli olmayan şekilde maruz kalan bina dışında kullanılan yapı bileşenleri.
XWF	Sık sık veya daha uzun süreyle rutubetli ortamlara maruz beton	Yağmur, yüzey suyu, zemin rutubeti vb. etkilere maruz kalan korumasız dış yapı bileşenleri; endüstriyel veya ticari binalarda bulunan ıslak mekânlar, iç mekân yüzme havuzları, çamaşır odaları ve ıslak odalar gibi % 80'den daha fazla rutubete sahip ortamlarda kullanılan yapı bileşenleri; sık sık çiğlenme noktasının altındaki sıcaklıklara maruz yapı elemanları (baca delikleri, ısı aktarım merkezleri, hayvan ahırları vb.), en küçük boyutu 0,9 m olan kütle betonu elemanları (herhangi bir rutubet dikkate alınmadan)
XWA	XWF sınıfındaki şartlara ilave olarak betonun, aynı şartlara, alkalilerin de bulunduğu şekilde maruz kalması	Deniz suyu ile temas halindeki yapı bileşenleri; herhangi ilave dinamik yüke maruz olmayan, ancak buz çözücü tuzlarla temas eden yapı bileşenleri (deniz suyunun çarptığı bölgeler; otopark zeminleri ve park için ayrılmış özel alan); alkalilerle temas halindeki endüstriyel veya tarımsal yapılarda kullanılan yapı bileşenleri (sıvı gübre konteyneri gibi)
XWS	Yüksek dinamik yüklerin olduğu ve alkalilerin doğrudan etki ettiği ortamlardaki beton	Deniz suyu ile temas halinde ve yüksek dinamik yüklere maruz beton bileşenler (beton yol yüzeyleri veya döşemeleri gibi)

ÖNEMLİ NOT

Donatının korozyonuyla ilgili üç ortam mevcuttur: XC, XD ve XS. Beton donatı veya gömülü metal içeriyorsa, bu üç etki sınıfından biri tanımlanmalıdır. Deniz suyu, kimyasal olarak beton için korozif etkiye sahiptir ve bu etkinin dikkate alınması gerekir. XC1 etki sınıfı için tek bir etki geçerli olabilir. XC1 etki sınıfında bulunan beton sürekli olarak ıslak durumdaysa ve donma-çözülme etkilerine de maruz kalıyorsa XC1 ile XF3 sınıfı birlikte düşünülmelidir. XC2, donma/çözülme etkisinin mevcut olduğu bölge dışındaki, zemine gömülü betonarmede tek başına etki gösterebilir. XC2, aynı zamanda, XF1 veya XF3 etki sınıfları veya kimyasal olarak korozif etki sınıflarından biriyle birlikte etki gösterebilir.

XC3 ile XC4 etki sınıfları birbiri ile ilişkilidir. Beton şartnamesinde, donatının korunması amacıyla en düşük beton örtü tabakası kalınlığının belirlenmesi için TS 500 ve/veya TS EN 1992-1-1'de belirtilen değerler, XC3 ve XC4 içinde geçerlidir. XD ve XS etki sınıfları, kendi başlarına etki gösteremezler ve daima bir XC etki sınıfıyla birlikte etkin olurlar. Bu ikili sınıflandırma, bir XF etki sınıfıyla ve/veya bir XA etki sınıfıyla da bağlantılı olabilir.

ÖNEMLİ NOT

Donatısız betonlar için çevre etkisinin sınıflandırılması X0, XA ve/veya XF etki sınıflarıyla sınırlıdır. XC, XD ve XS sınıfları, donatının korozyonu riskiyle özellikle ilişkili olduğu için donatısız betonlarda kullanılmaz. Donatısız beton herhangi bir gömülü metali içeriyorsa, söz konusu beton donatılı olarak sınıflandırılmalı ve XC, XD veya XS etki sınıflarıyla ilişkili uygun sınır değerleri seçilmelidir.

ÖNEMLİ NOT

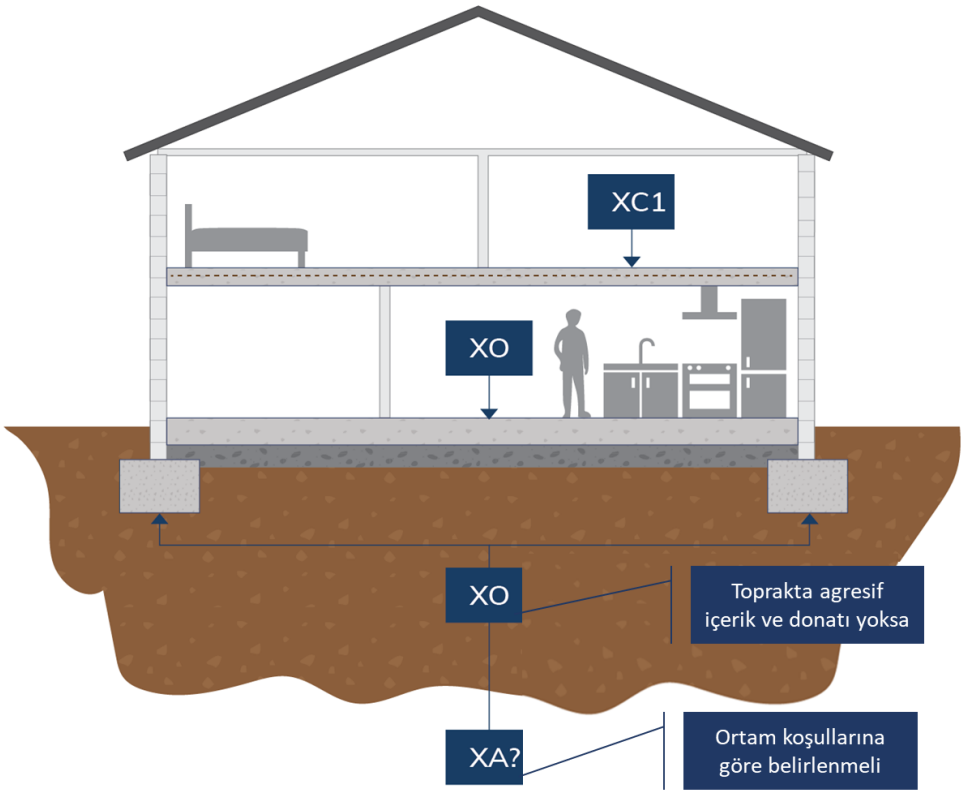
TS EN 206:2013+A2 standardında belirtilen, betona zararlı etkisi olan kimyasal maddeler, Portland çimento tipleriyle yapılmış betona zarar verebilmektedir. Bu tür etkilere maruz kalan betonlarda öncelikle Portland çimentosuna ilave mineral katkılardan yararlanılmalı ve TS EN 12390-8 standardına uygun olarak yapılan deney sonucunda su işleme derinliği 30 mm'yi aşmamalıdır. Farklı kimyasal zararlı maddeler ve daha fazla detaylı bilgi için TS 3440 standardına bakılmalıdır.

ÖNEMLİ NOT

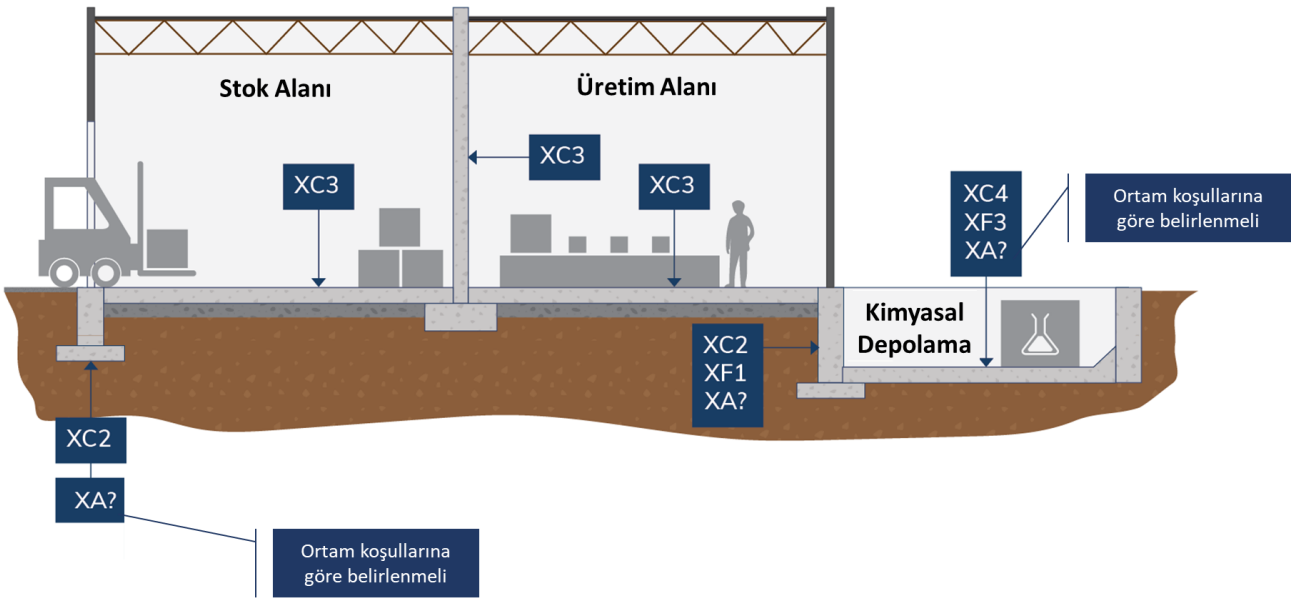
En düşük çimento içeriği, çimento ve standartta belirtilen k-değeri ile eş değer çimentoya dönüştürülmüş mineral katkıların toplam miktarını ifade etmektedir. Örneğin, 280 kg CEM I 42,5 çimentosu ve 50 kg uçucu kül içeren karışımın eş değer çimento içeriği 300 kg'dır. İlgili çevresel etki sınıfına ait en düşük çimento içeriği kontrol edilirken 300 kg'a göre değerlendirme yapılır.

ÇEVRESEL ETKİ SINIFI ÖRNEKLERİ

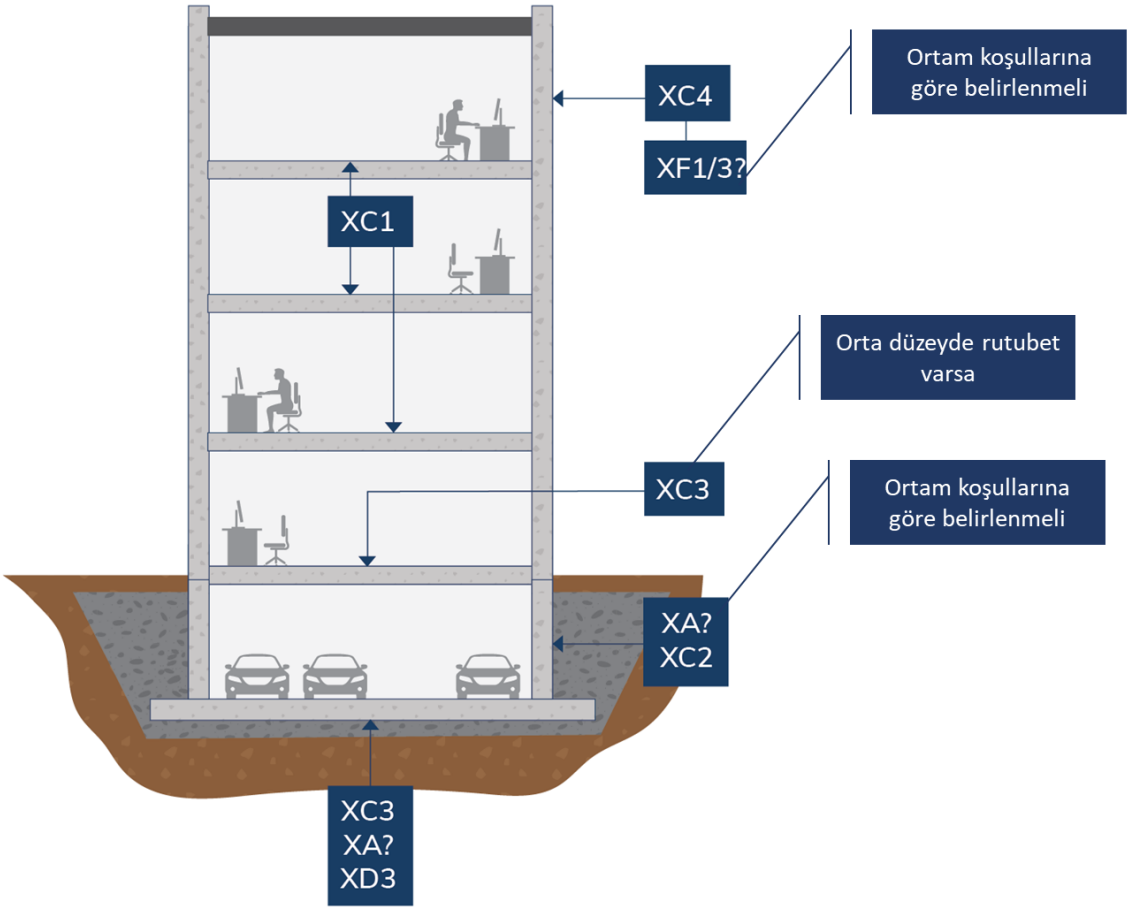
KONUT



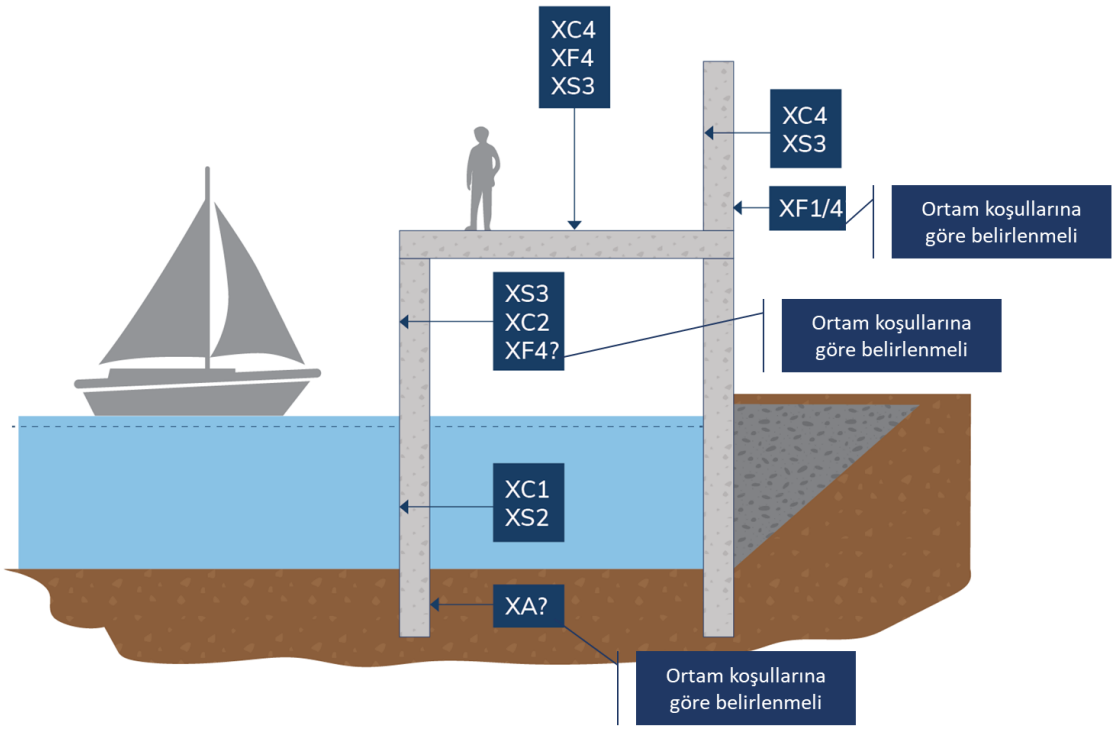
ENDÜSTRİYEL TESİS



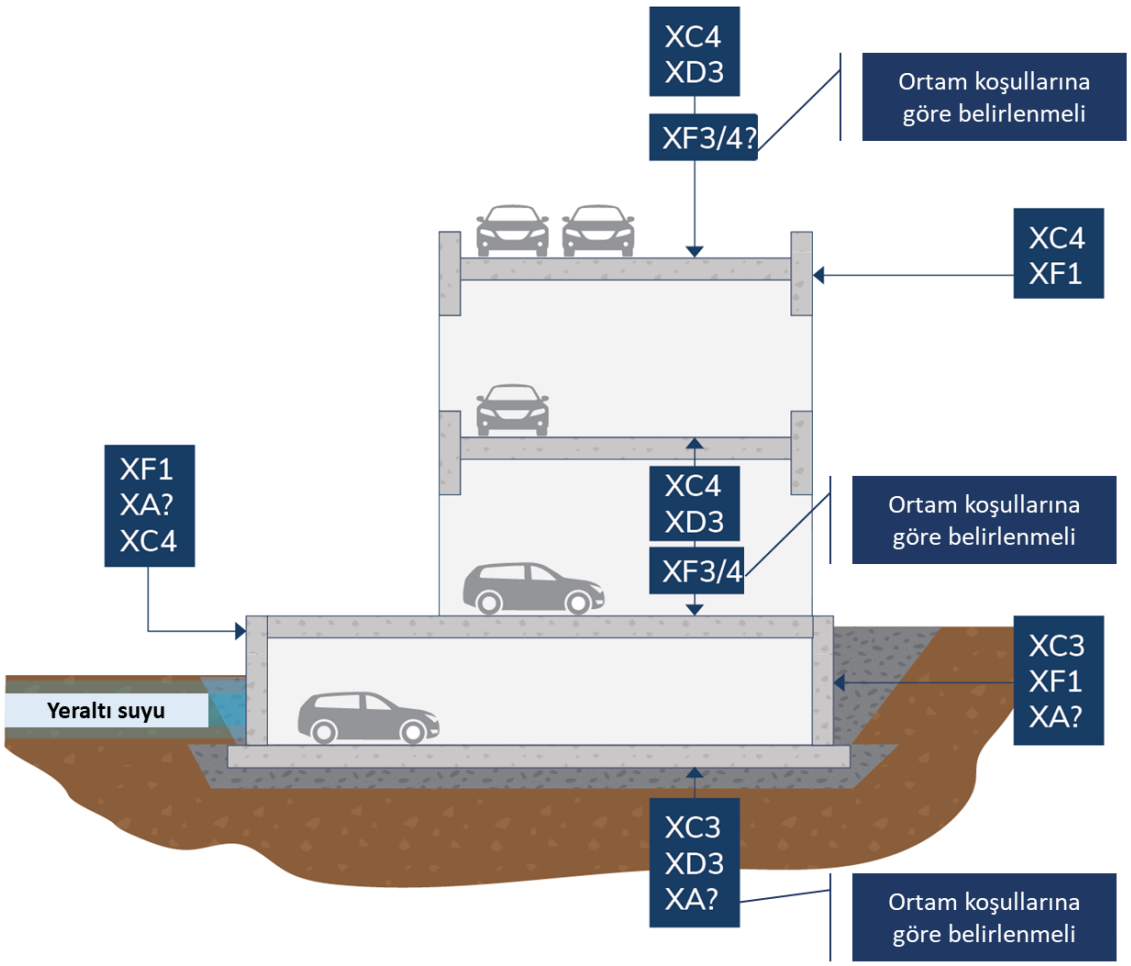
ÇOK KATLI BİNA



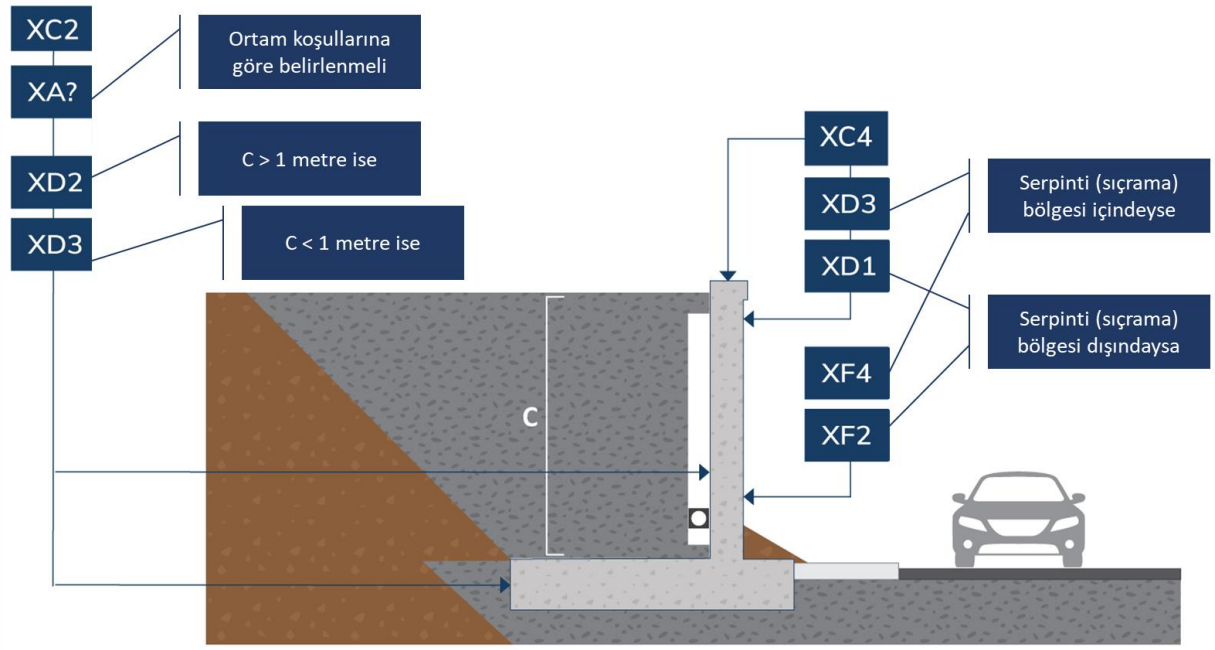
İSKELE



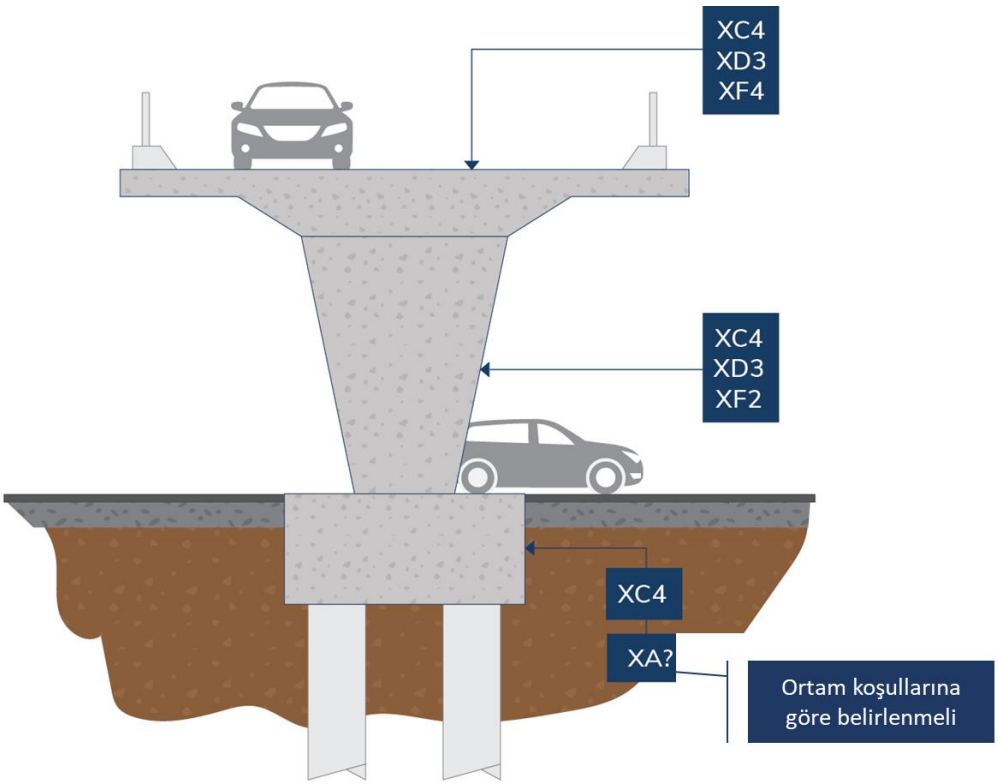
OTOPARK



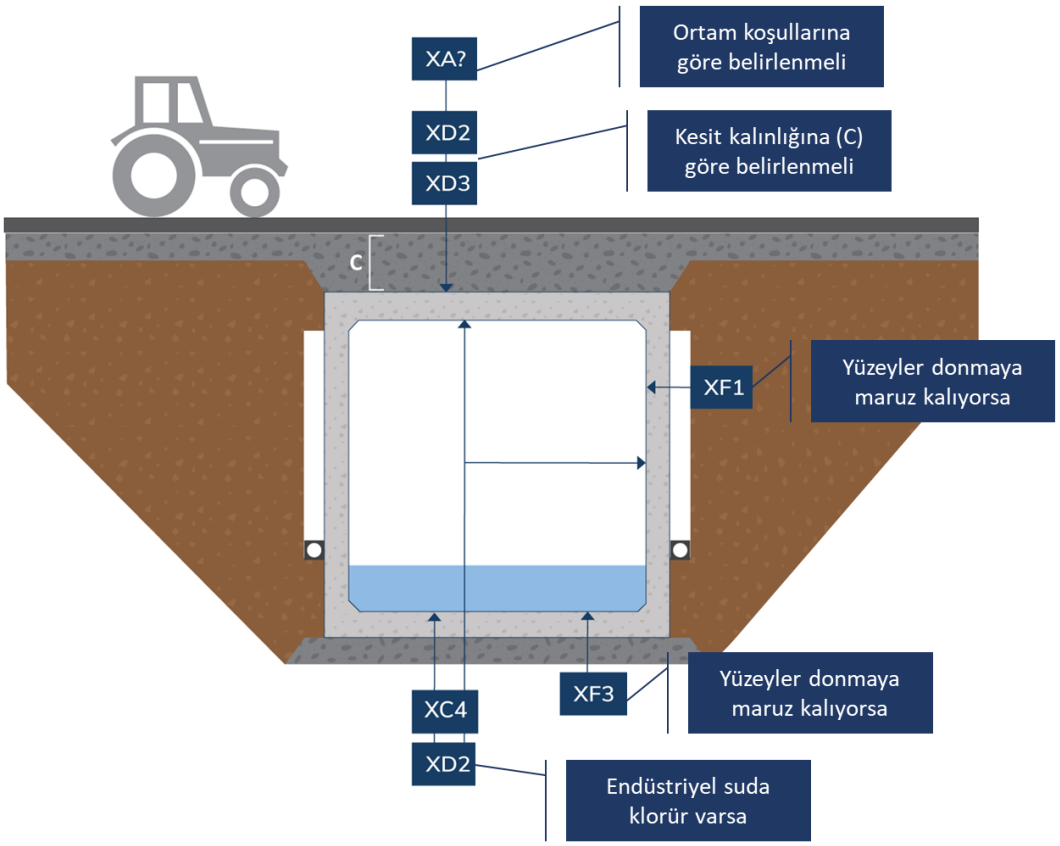
İSTİNAT DUVARI



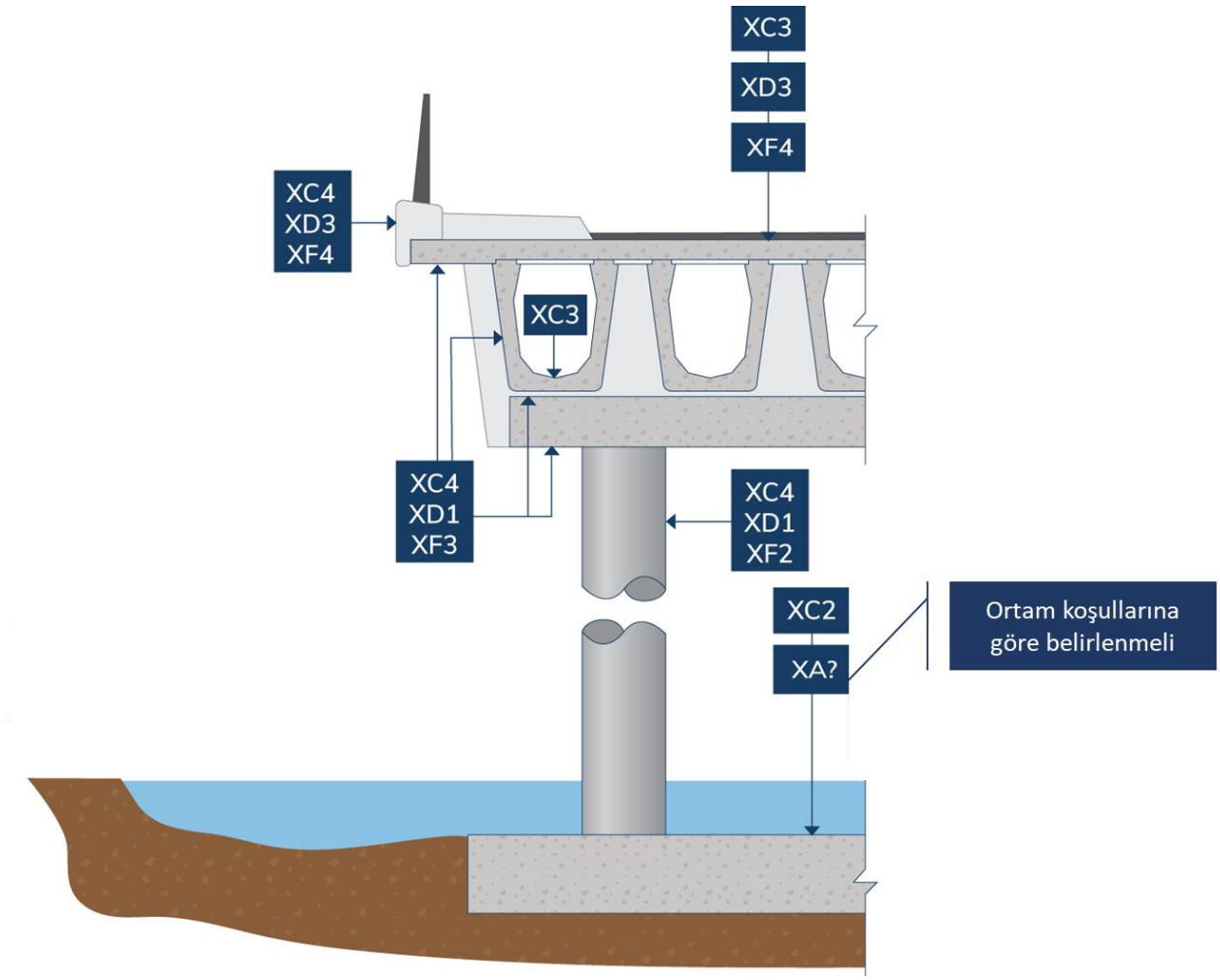
YOL ÜZERİ KÖPRÜ



MENFEZ



KÖPRÜ DÖŞEMESİ



NOT - Görseller için faydalanılan kaynak: https://www.specifyingconcrete.ie/

www.thbb.org

www.thbbakademi.org