



## Kısa Makale

# Betonun Zararlı Ortamlardaki Durumu: Yeraltı Suyu Etkisi

Tayfun UYGUNOĞLU<sup>1</sup>, Kemal Tuşat YÜCEL<sup>2</sup>, Şaban YURTCU<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Bölümü, 03200 Afyonkarahisar

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 32200 Isparta

## ÖZET

Betonarme yapıların kalıcılığını etkileyen kimyasal ve fiziksel işlemlerin çoğunda iki önemli faktör vardır. Bunlar, su ve beton bünyesinde bulunan çatlaklar içindeki taşınımıdır. Beton dökümü her zaman elverişli ortamlarda olmayabilir. Özellikle yeraltı su seviyesi yüksek zeminler ile doğrudan temasta bulunacak olan betonun üretiminde bazı önlemlerin alınması gereklidir. Bu çalışmada, yeraltı suyunun betonarme yapılar üzerindeki etkisi araştırılmış ve alınması gereken önlemler belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, zararlı ortam, yeraltı suyu, önlem

## 1. GİRİŞ

Suyun ve zararlı maddelerin beton içine taşınımı (transferi) ve bunların beton ile etkileşimi betonun durabilitesi açısından çok önemlidir. Bu gibi ortamlar beton için “zararlı ortamlar” olarak nitelendirilmektedir [1].

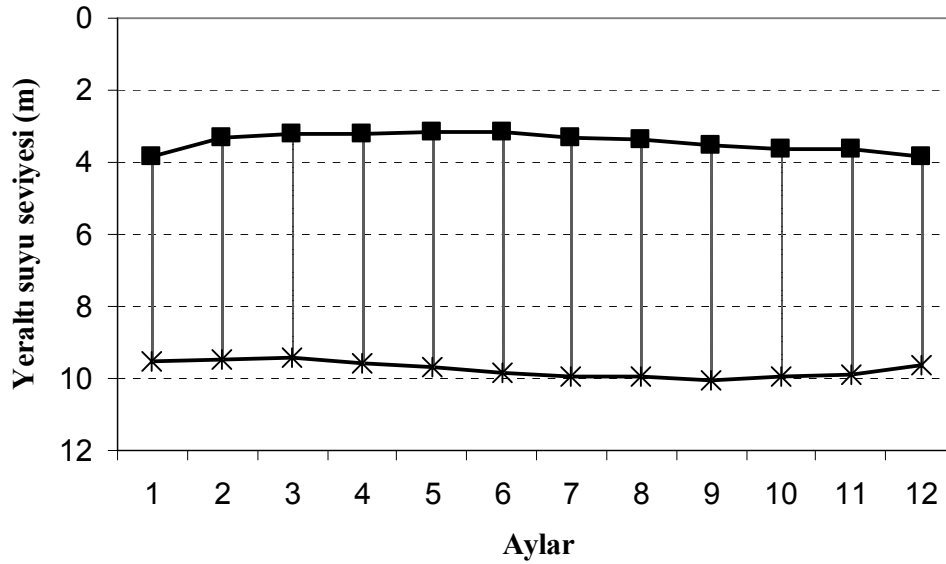
Yeraltı su seviyesi (YASS) yüksek olan zeminler bu ortamların başında gelmektedir. İçerdikleri kimyasal tuzlar bakımından yer altı suları, yapılarda temele, kapilerite sebebiyle sıvalara ve betona zararlı olmaktadır. Özellikle YASS yüksek olan bölgelerde oluşan bu durumun yanında yüksek YASS, kil zeminlerde konsolidasyona, yapılarda farklı oturmalar dolayısıyla hasarlara yol açmaktadır [2].

YASS'nin yüksek olduğu bölgeler, genellikle porozite ve su tutma yeteneği fazla olan killi zeminlerdir. Bu tür bir yapıya sahip olan zeminlerde yer altı suyu hareket edemez ve bazı durumlarda su, toprak üzerinde birikerek göletler bile oluşabilir (Şekil 1) [3].

Yer altı sularının betonarme yapılara zararlarının en aza indirebilmesi için YASS'nin iyi bilinmesi ve gerektiğinde drenaj gibi önlemlerle kontrol altına alınması gerekmektedir. Yurtcu v.d. [5], Akarçay Afyon alt havzası için, 1977-1998 yılları arasında ölçülen kuyu suyu seviyelerinin ortalamalarını kullanarak akış, buharlaşma ve yağışa göre YASS'nin aylara göre değişimini modellemiştir (Şekil 2). Şekilden de görüldüğü gibi YASS oldukça yüksek olup, 3 m.'ye kadar çıkmıştır. YASS zemin yüzeyinden itibaren 10 m.'den yukarıda olduğu durumlarda betonarme yapılar risk altındadır [6].



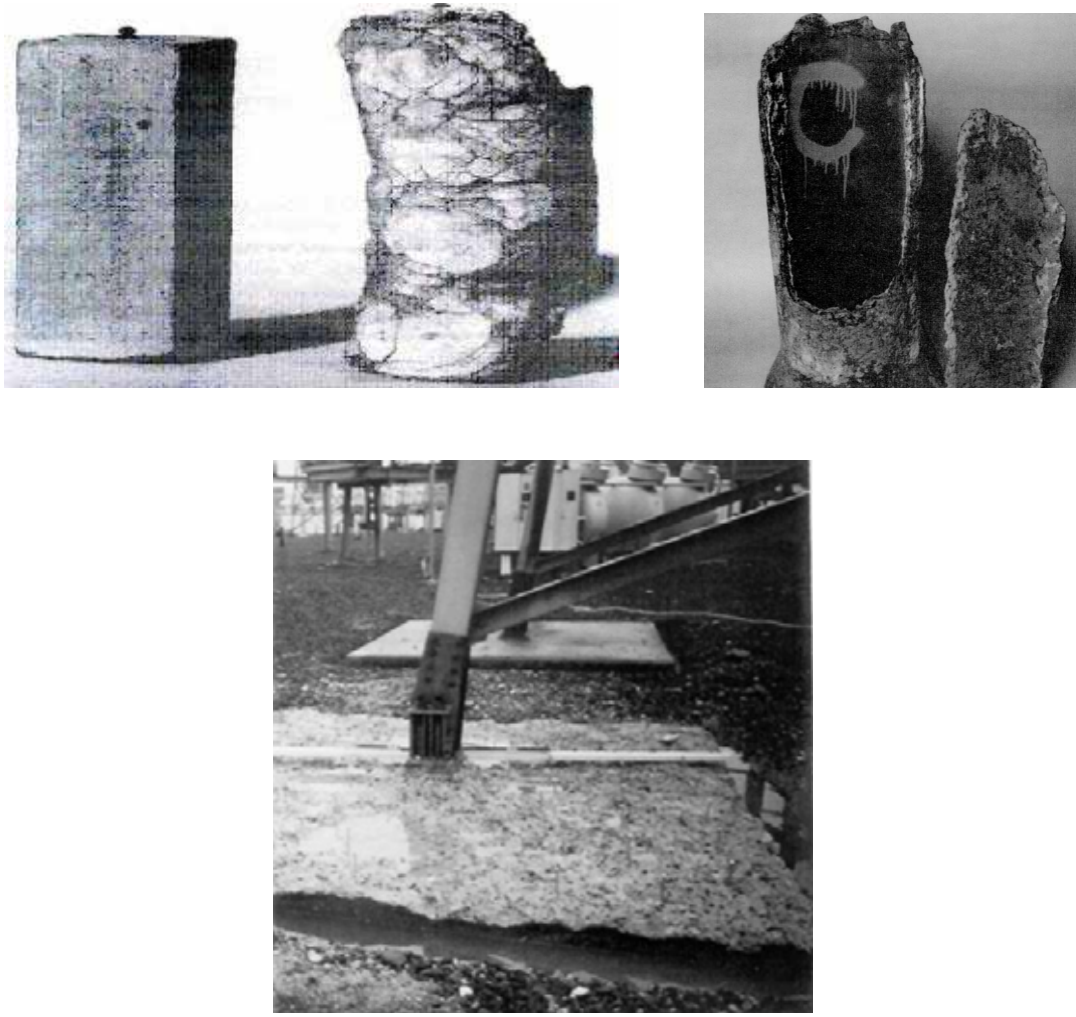
Şekil 1. YASS yüksek bir bölgenin görünümü (Akarçay havzası) [4]



Şekil 2. YASS'nin aylara göre değişimi

Yer altı suyunda betona en çok zarar veren etki kimyasal maddeler olup bu etkiler sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) iyonlarından kaynaklanmaktadır. Sülfatlı suların beton üzerindeki korozif etkisi iki şekilde ortaya çıkar. Birinci etki sülfat aniyonlarının, çimento hidrasyon ürünü hidrate kireçle tepkimesi sonucu alçıtaşı oluşumudur.

Sülfat tuzunun katyon türüne bağlı olarak alçı taşı ile birlikte teşekkül eden reaksiyon ürünü, NaOH gibi suda eriyen veya  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  gibi suda erimeyen türde olabilir. Sülfatların asıl önemli etkisi, alçı taşı ile veya suda erimiş halde bulunan kalsiyum sülfatla  $\text{C}_3\text{A}$ 'ın reaksiyona girmesiyle ortaya çıkar. Etrenjit içerdiği kristal suyunun fazlalığı nedeniyle büyük hacim artmasına sebep olur. Kristalleşen katı haldeki tuz, betonun boşluk çeperlerinde büyük basınç gerilmeleri oluşturur; önce çatlamlar şeklinde olan hasar, ileri yaşlarda ayrışmaya ve parça dökülmeye sebep olur (Şekil 3) [7-8].



Şekil 3. Sulfat etkisiyle ağır hasar görmüş Beton Elemanlar

Zararlı ortamlarda betonarme yapıların inşasında bazı önlemlerin alınması gereklidir. Bu önlemler beton yapımında ve bakımında olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir.

### 1.1. Beton Yapımında Alınması Gereken Önlemler

Bu gibi ortamlarda yer alan betonu etkileyen en önemli parametre fiziksel ve mekanik etkilerden çok kimyasal etkilerdir. Özellikle tuzlu sularda bulunan sulfat iyonları, beton bileşenlerinden çimentonun bazı bileşenleri ile reaksiyona girerek betonun zamanla bozulmasına neden olur. Bu saldırı sulfat iyonlarının, sertleşmiş betondaki alüminli ve kalsiyumlu bileşenlerle kimyasal reaksiyona girmesi, etrenjit ve alçı taşı oluşturması ile gerçekleşir. Sulfat iyonları topraktan ya da zemin suyundan da betona taşınabilir.

Betonun sulfata dayanıklılığın sağlanabilmesi için alınacak olan önlemler;

- Betonun mümkün olduğunca geçirimsiz olarak üretilmesi (bunun için su/çimento oranının mümkün olduğunca düşürülerek, katkı kullanmak suretiyle aynı işlenebilmeyi elde etmekle ve süresiz bir granülometri kullanılması ile mümkün olabilir)
- Çimentonun  $C_3A$  ve  $Ca(OH)_2$  içeriğinin sınırlandırılması,
- Puzolanik katkı maddelerin kullanılması olarak özetlenebilir.

ACI 318 [9] yapı şartnamesi, orta şiddetteki sulfat etkisinde ( $150-1500 \text{ mg/l SO}_4^{-2}$  yer altı suyunda veya  $\%0.1-0.2 \text{ SO}_4^{-2}$  zemininde)  $C_3A$  oranı  $\%8$ 'den az olan (ASTM Tip II) bir çimento kullanımını ve betonun

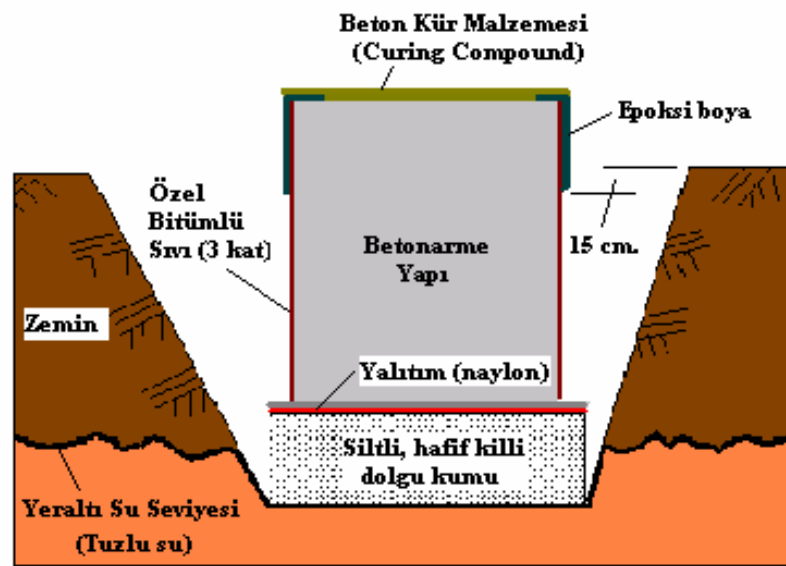
su/çimento oranının 0.5 değerinin altında kalmasını, şiddetli sülfat etkisi durumunda (1500-10000 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$  yer altı suyunda veya %0.2-2  $\text{SO}_4^{-2}$  zemininde)  $\text{C}_3\text{A}$  oranı %5'den az olan (ASTM Tip V) bir çimento kullanımını ve betonun su/çimento oranının 0.45 değerinin altında kalmasını, çok şiddetli etki durumunda ise (>10000 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$  yer altı suyunda veya >%2  $\text{SO}_4^{-2}$  zemininde)  $\text{C}_3\text{A}$  oranı %5'den az olan bir çimento ile puzolanik katkı maddelerinin birlikte betonun su/çimento oranı 0.5 değerinin altında olacak şekilde kullanımını önermektedir.

TS EN206-1 [10] standartlarına göre az zararlı kimyasal etki (200-600 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$  yer altı suyunda veya 2000-3000 mg/kg  $\text{SO}_4^{-2}$  zemininde) durumunda, en fazla su/çimento oranı olarak 0.55, en az çimento dozajı 300 kg/m<sup>3</sup>, en düşük dayanım sınıfı da C30 olmasını önermektedir. Orta dayanımlı kimyasal etki durumunda (600-3000 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$  yer altı suyunda veya 3000-12000 mg/kg  $\text{SO}_4^{-2}$  zemininde) en fazla su/çimento oranı olarak 0.50, en az çimento dozajı 320 kg/m<sup>3</sup>, en düşük dayanım sınıfı C30 olmasını ve sülfata orta derece dayanıklı ( $\text{C}_3\text{A}$  oranı %8'den az) çimento kullanımını zorunlu kılmaktadır. Çok zararlı kimyasal etki durumunda (3000-6000 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$  yer altı suyunda veya 12000-24000 mg/kg  $\text{SO}_4^{-2}$  zemininde) en fazla su/çimento oranı olarak 0.45, en az çimento dozajı 360 kg/m<sup>3</sup>, en düşük dayanım sınıfı C35 olmasını ve sülfata yüksek derece dayanıklı ( $\text{C}_3\text{A}$  oranı %5'den az) çimento kullanımını zorunlu kılmaktadır.

## 1.2. Beton Bakımında Alınması Gereken Önlemler

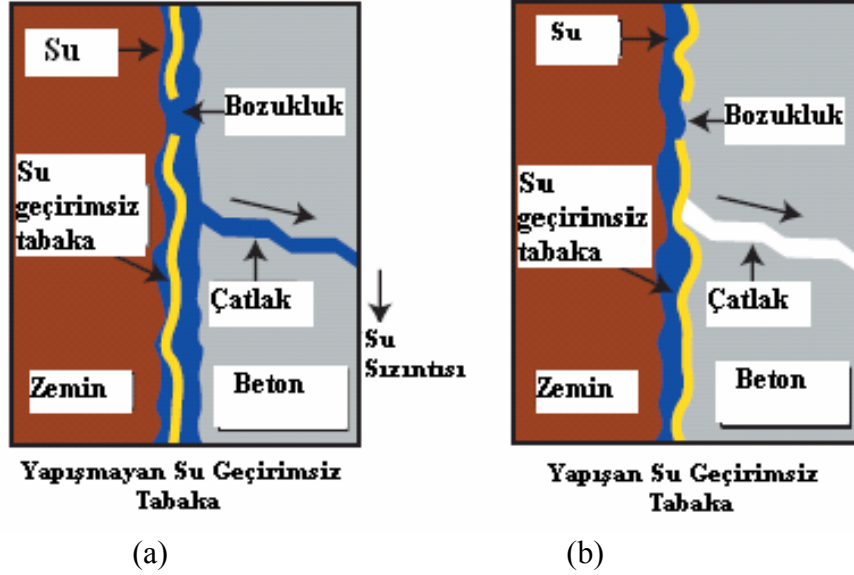
Betonun bakımında alınması gereken önlemler de taze betonun yerine uygun bir biçimde yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasından sonraki alınacak önlemleri kapsamaktadır. Şekil 3'de yer altı suyu tuzlu (sülfatlı) bir betonarme yapının yapımında alınacak önlemler şematik olarak gösterilmiştir.

Yer altı su seviyesi yüksek olan zeminlerde öncelikle şevli bir kazı yapılması gereklidir. Kazı yapılır yapılmaz hızlı bir şekilde yapım aşamasına geçilmelidir. Betonarme yapının yer altı suyu ile temasını önlemek amacıyla tabana geçirimsiz siltli, hafif killi kum dolgu malzemeleri serilir ve sıkıştırılır. Üzerine yalıtım gereci (naylon olabilir) kaplandıktan sonra grobeton dökülür. Daha sonra asıl betonarme yapı hazırlanan zemin üzerine inşa edilir. Yapının zeminle temas edecek olan kenarları özel bitümlü geçirimsiz sıvı ile 3 kat halinde 1 mm. kalınlıkta olacak şekilde boyanır (Painting). Boyama işlemi yerine eğer beton yüzeyine yalıtım gereci kaplanacaksa mutlaka beton yüzeyine yapışan bir kaplama gereci seçilmelidir. Şekil 2'de bu durum şematik olarak gösterilmiştir [11-12].



Şekil 3. Zararlı ortamda bulunan bir betonarme yapının şematik görünümü

Şekil 3'deki beton yapının açıkta kalan yan yüzeyleri, zeminin zararlı kimyasal etkilerinden etkilenmemesi için, zeminin üst kotundan yaklaşık 15 cm. aşağıya kadar epoksi boya ile 250 mikron kalınlığında boyanır. Betonun yan yüzeylerinin yalıtımı tamamlandıktan sonra betonun üst yüzeyi de hidrokarbon reçine esaslı yalıtım ve koruma filmi oluşturan çok yönlü beton kür malzemeleri ile (curing compound) kaplanarak betonun kuru gerçekleştirilir. Beton kür örtüsü, betonu aşırı sıcaktan, soğuktan ve rüzgarlı havalardan koruma niteliğinde olup, yüzeydeki terleme suyunun da betondan ayrılmasını önlemektedir. Ayrıca üzerine su döküldüğünde beton yüzeyine iletecek şekilde imal edilmişlerdir [8-13].



Şekil 4. Beton yüzeyindeki yalıtım tabakasının durumu ve etkisi

Yalıtım gerecinin beton yüzeyine yapışmaması durumunda (Şekil 4.a), yalıtım gerecinde oluşacak küçük bir yırtılma veya hasardan dolayı, su beton ile yalıtım gereci arasında girecek ve beton yüzeyindeki bütün çatlaklardan veya gözeneklerden beton içerisine taşınacaktır. Bu da betonun durabilitesi için oldukça olumsuz bir durumdur. Betonun hasar görme derecesi artmakta ve hasar görme süresi de azaltılmaktadır. Diğer yandan yalıtım gerecinin beton yüzeyine yapışması durumunda (Şekil 4.b), yalıtım gereci yırtılsa veya hasar görse bile, zemindeki mevcut su betona sadece hasar bölgesinden etkiyecektir. Dolayısıyla betonda oluşacak hasarlar daha aza indirgenerek, hasar oluşma süresi de uzatılabilmektedir [11].



Şekil 5. Kaplama yöntemiyle betonarme bir yapının korunması

Zemindeki zararlı ortamlardan betonarme yapıları korumanın bir diğer yolu da kaplama tekniğidir. Bu yöntemde, betonarme yapının her tarafı geçirimsiz bir malzemeye kaplanır (Şekil 5). Benzer bir uygulama da bohçalama yöntemi olup, zemin şevli bir şekilde kazılıp dolgu malzemesi serildikten sonra, beton yapının dış yüzeylerini (yan yüzeylerini veya bazı durumlarda tamamını) kaplayacak olan bitümlü yalıtım malzemesi orta kısmından tabana serilerek yan tarafları zemin üst kotuna doğru her iki taraftan açılır. Betonarme yapı inşa edilip kalıbı alındıktan sonra iki yandaki bitümlü malzeme beton yapı üzerine sağından ve solundan birbiri üzerine kapatılarak betonarme yapı bohça içerisine alınır. Ankara’da 2003 yılında inşa edilen ve yapımı süren Metro inşaatının betonarme bölümü bohçalama yöntemiyle koruma altına alınmıştır.

## 2. SONUÇ

Betonarme bir yapının zararlı ortamlardan korunmasında dikkat edilecek hususların en başında, inşa edilecek olan yapının bulunduğu ortam, bu ortamın zararlı etkileri ve betonun maruz kalacağı etkilerin tespit edilmesi gelmektedir. Çünkü ortamın durumu ve betona ne gibi etkilerinin olacağı bilinmeden ya yetersiz önlem alınır ya da yanlış önlem alınır ve yapının hasar görmesi kaçınılmaz olur. Yapılarda oluşan hasarlar hem malzeme kayıplarını arttırarak direk olarak çevreye zarar verir hem de çevreye verdiği etki kadar maliyeti de etkileyecektir. İkinci olarak dikkate alınması gereken bir diğer husus da hangi zararlı etkiye nasıl bir koruma yönteminin uygulanmasıdır. Bu hususlara dikkat edildiğinde hem inşa edilen betonarme yapılar hasar görmeyecek ve böylece ömürleri uzun olacaktır hem de daha ekonomik olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. TS 3440, “Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar İçin Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1982.
2. Yurtcu Ş., 2001, “Kil zeminlerde yer altı suyu davranışının modellenmesi”, Afyon Kocatepe Ün., Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Afyon.
3. Erguvanlı K., Yüzer E., 1973, “Yer altı suları jeolojisi”, Özkadaş Matbaası, 1. Baskı, s. 31-51, İstanbul.
4. Tezcan, L., Meriç, T., Doğdu, N., Akan, B., Atilla, Ö., Kurttaş, T., Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yer altı suyu Akım Modeli Final Raporu, Hacettepe Üniversitesi UKAM, Ankara, 2002.
5. Yurtcu Ş., İçağa Y., “Kil zeminlerde yer altı suyu davranışının modellenmesi”, 4. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 28-30 Eylül 2005, Konya.
6. Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ağustos, 1998.
7. Akman, S.M., Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi, İTÜ İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Anabilim Dalı, İstanbul, 1992.
8. Baradan B., Yazıcı H., Ün H., Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No:298, ISBN:975-441-189-1, İzmir, 2002.
9. ACI 318-02/318R-02, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, ACI Committee 318, American Concrete Institute, 2002.

10. TS EN 206-1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
11. Tengizchevroil b, Paint and Protective Coatings, Project Specification, Doc No. X-St-2000
12. Tengizchevroil a, Specification For Plain And Reinforced Concrete, Project Specification, Doc No. Q-St-2020
13. Akman, S., “Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri”, İnşaat Müh. Odası İstanbul Şubesi, Aralık-2000, İstanbul