

ATIK SU ARITMA TESİSİ UÇUCU KÜL KULLANIMI

Hazırlayan: İnş.Yük.Müh. Yasin Engin
yasin.engin@gmail.com
www.betonvecimento.com

1. GİRİŞ

Atık su arıtma tesislerinde özellikle atık su ile temas içinde olan yapı elemanlarındaki betonun başta sülfat ve klorür olmak üzere kimyasal ataklara karşı dayanıklı olması başlıca hedeftir. Bu hedef betonun dayanımından da önce gelmektedir. Betonarme yapının kimyasal etkilere karşı direncinin sağlanması için gereken başlıca hususlar:

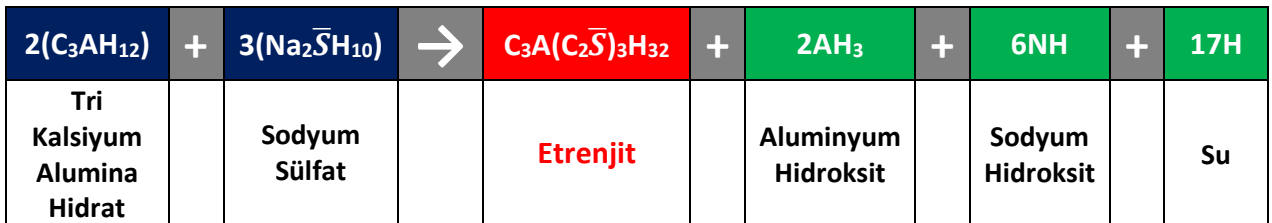
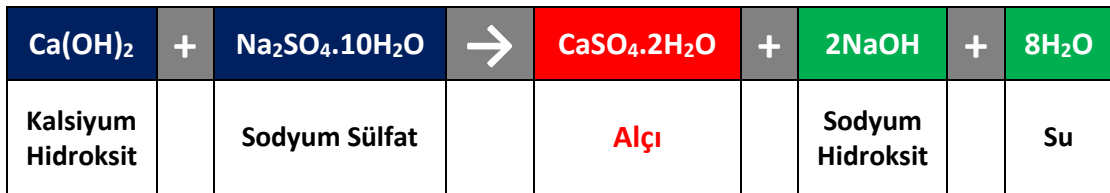
- uygun malzeme seçimi,
- uygun beton tasarımı,
- uygun bakım ve kür uygulaması

olarak sıralanabilir.

Çevresel etkilere karşı beton dayanıklılığının sağlanması için uygun çimento ve bağlayıcı tipinin seçimi en önemli tedbirlerden biridir. Uygun çimento ve bağlayıcı tiplerinin seçiminin standartlara ve literatür çalışmalarına göre yapılması gerekmektedir.

2. SÜLFAT ETKİSİ

Betonun sülfat atağına uğraması için iç veya dış kaynaklı sülfat iyonlarının, suyun ve tepkimeye girecek çimento hidrasyon ürünlerinin mevcut olması gerekmektedir. Ayrıca beton, su içinde çözünen sülfat iyonlarının nüfuz edebileceği kadar geçirimli olmalıdır. Sülfat iyonlarının çimentonun alüminli ve kalsiyumlu bileşenleri ile tepkimeye girmesi sonucu alçı ve etrenjit oluşumu meydana gelir. Bu reaksiyon sonucu 1-2 kata varan hacimsel artış meydana gelir. Bunun sonucunda da betonda çatlaklar ve hasarlar oluşur.



Şekil 1 – Sodyum sülfat atağı sonucu oluşan reaksiyonlar

Şekil 1’de sodyum sülfat atağı sonucu oluşan reaksiyonlar görülmektedir. Reaksiyonlar sülfat ile çimento hidratasyonu sonucu oluşan kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ve trikalsiyum alümina hidrat (C-A-H) arasında geçmektedir. Bu nedenle bu ürünlerin miktarının az olması reaksiyon hızını düşürür ve belli bir eşiğin üzerine çıkmamasını sağlar.

3. SÜLFAT ETKİSİNE KARŞI ALINACAK TEDBİRLER

Bilindiği gibi sülfatlara dayanıklı çimentolarda alüminli bileşen olan C_3A içeriği klinker fazında %5’den az olmalıdır. Ancak, Amerikan Standardı olan ASTM C 150’de orta şiddetli ortamlar için %8’e kadar müsaade edilmektedir. C

C₃A miktarını düşürmenin başlıca iki yolu vardır:

1. C_3A değeri düşük olan klinkerli çimento yani sülfatlara dayanıklı çimento kullanmak.
2. Klinker oranını azaltmak yani bağlayıcı olarak uçucu kül ve cüruf gibi malzemeler kullanmak.

Tablo 1 – SDÇ ve uçucu kül kullanımının avantajları

Sülfatlara dayanıklı çimento kullanmanın avantajları	Beton içeriğinde uçucu kül kullanmanın avantajları
1. Düşük C_3A oranı	1. İkame miktarına bağlı olarak daha az çimento ve dolayısıyla da düşük oranda C_3A oranı 2. Puzolonik reaksiyon sonucu sülfatlarla tepkimeye giren $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarının azalması 3. Betonun geçirimsizliğinin artması 4. Betonun akışkanlığının artması 5. Hidratasyon ısısının azalması

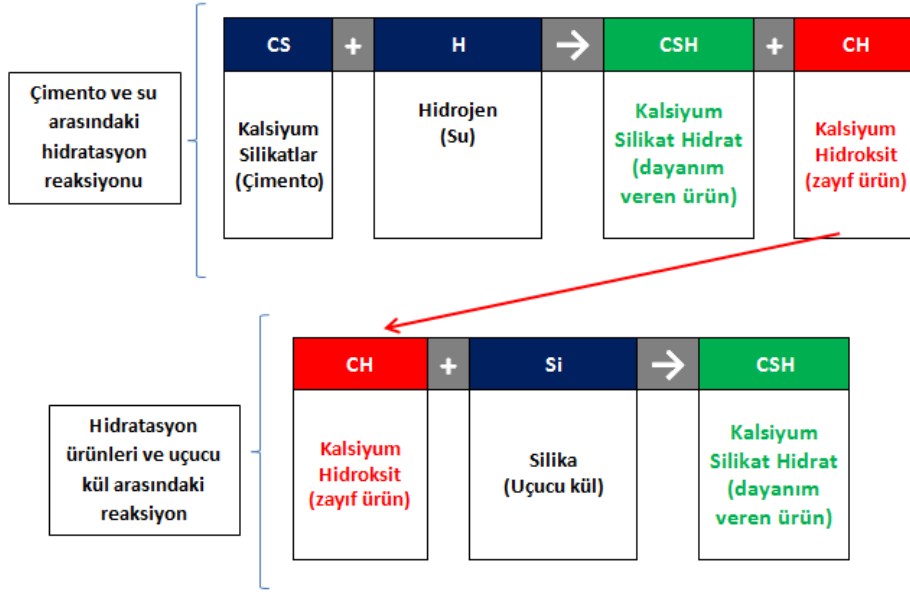
Tablo 1 incelendiğinde mineral katkı olarak (ikincil bağlayıcı) uçucu kül kullanımının daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bunu destekleyen standart bilgileri ve literatür çalışmalarından yazı içerisinde bahsedilecektir.

3.1. Sülfatlara karşı dayanıklılık için gerekli başlıca hususlar

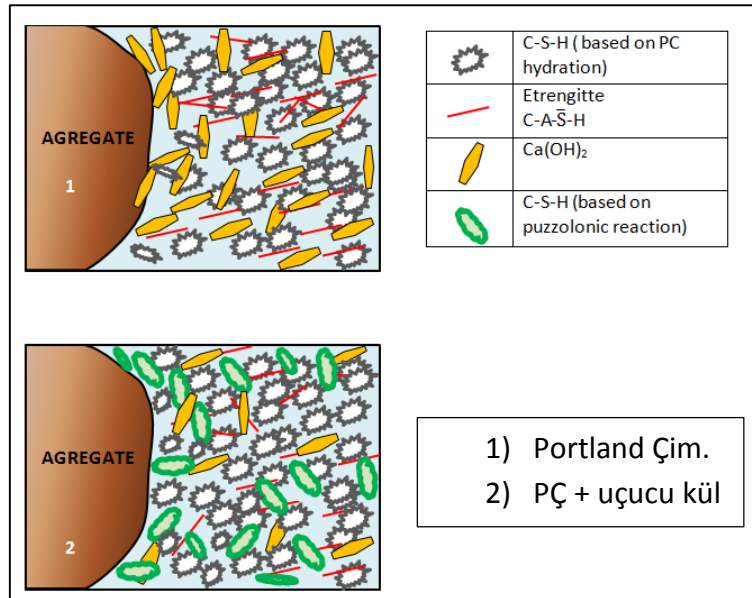
1. Betonda su/bağlayıcı oranının düşük olması gerekmektedir(düşük geçirimsizlik).
2. SDÇ veya çimento ile birlikte uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi bağlayıcılar kullanılmalıdır.
3. Betonun sıkıştırılması ve kür edilmesine azami dikkat gösterilmelidir.

3.2. Uçucu külün avantajları

Şekil 2’de görüldüğü gibi uçucu kül, çimento ve suyun hidratasyonu sonucu açığa çıkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kalsiyum hidroksit-CH) ile reaksiyona girerek CSH jeli oluşumunu sağlar. Betonda dayanımı sağlayan ürün C-S-H jelidir. Ayrıca, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dayanım açısından etkisi olmayan zayıf bir bileşendir. Ayrıca $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dış kaynaklı sülfat iyonları ile tepkimeye girerek alçı oluşumuna neden olur. %120’ye varan hacimsel bir genleşme meydana gelir. Ayrıca kalsiyum hidroksit aderans alanlarında (demir-beton ve agrega-çimento hamuru) toplanarak yapışmayı(aderansı) zayıflatır.



Şekil 2 – Uçucu kül reaksiyonu

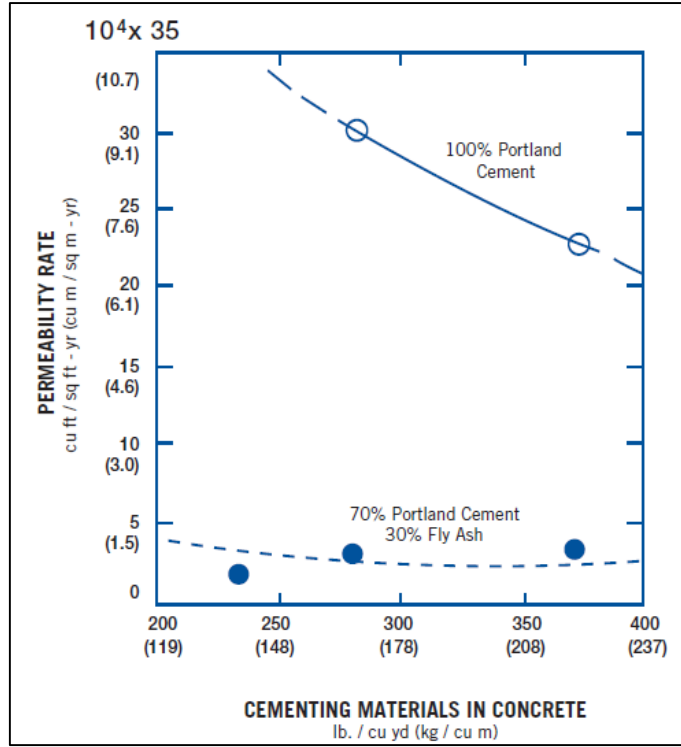


Şekil 3 – Uçucu kül kullanımında mikro yapı

Şekil 3’de uçucu küllü betonda daha fazla CSH jeli oluştuğu ve ara yüzeyde Ca(OH)_2 oranının azaldığı görülmektedir. Bu mikro yapının daha boşluksuz ve geçirimsiz olmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla yapının çevresel etkilere karşı direncinin sağlanmasıdır.

Uçucu kül+Portland çimentosu içeren beton:

1. Daha az Ca(OH)_2 içereceği için zaman içinde yoğunluk değişimi daha az olacaktır. Daha yoğun bir yapı oluşacaktır.
2. Daha geçirimsiz ve boşluksuzdur.
3. Tuz(klorür vb.), sülfat ve asitlere karşı zayıf olan Ca(OH)_2 miktarı daha azdır.
4. Akışkanlık daha iyidir.



Şekil 4 - Küllü ve külsüz betonda geçirimsizlik

Şekil 4’te %30 oranında uçucu kül içeren betonun uçucu kül içermeyen betona göre çok daha geçirimsiz olduğu görülmektedir. Betonun geçirimsizliği sülfat atağına karşı en başta alınması gereken önlemdir.

3.3. BS 6349-1'de (Maritime Works:General Code of practice for materials) betonun sülfata dayanıklılığı için alternatif yöntemler belirtilmiştir. Bunlardan birisi de Portland çimentosu ile birlikte uçucu kül kullanımınıdır. Betonda toplam bağlayıcının %20 oranında uçucu kül kullanımı durumunda hem klorür hem de sülfat iyonlarına karşı direnç sağlanmaktadır.

Alternative approaches, which combine sulfate resistance with chloride resistance, are to use combinations of Portland cement with at least 20 % pulverized-fuel ash (pfa) or 35 % ground granulated blastfurnace slag (ggbs). Higher levels of replacement (e.g. 30 % pfa or 70 % ggbs) can be expected to produce significantly reduced rates of chloride ingress. The choice of replacement proportion is affected by the ruling climatic and site conditions e.g. the lower range of replacement proportions are suitable for slender members and/or colder climatic conditions if early set and strength is required by construction logistics. The higher proportions, which can be expected to provide increased long-term durability, depend on the exposure severity and are suitable for all but slender members. Either factory produced Portland blastfurnace slag or Portland pulverized-fuel ash cements can be used or the combination made at the mixer with Portland cements and cementitious components conforming to the relevant standards.

3.4. BS 5328'de (Methods for Specifying Concrete Mixes) uçucu kül içeren betonun düşük C3A'lı (sülfatlara dayanıklı çimento) betonun alternatifi olduğu belirtilmiştir.

3.5. ACI 232.2R(American Concrete Institute -Use of Fly Ash in Concrete)'de CaO içeriği %15'den az olan Class F tipi uçucu küllerin sülfat direncini arttırdığı belirtilmektedir.

3.6. Neville (1997), sülfat atağını karşı 3 yaklaşımı önermektedir.

- C3A oranı düşük çimento kullanımı
- Mineral katkı kullanımı ile Ca(OH)₂ oranını düşürmek
- Düşük su(çimento oranı)

3.7. TS 13515 Standardı Madde 5.2.5.2.2.'de sülfat etkisi durumunda uçucu kül kullanımı ile ilgili aşağıdaki ifade yer almaktadır:

Not - Diğer tip çimentolar ile birlikte uçucu kül kullanımı ile ilgili detaylar yapıya ait özel teknik şartnamede belirlenmelidir.

Yüksek derecede sülfata dirençli beton imal edilmek istenildiğinde, sülfata dayanıklı çimento kullanmak yerine, aşağıdaki şartlar sağlanması halinde çimento ve uçucu külün karışımı kullanılabilir;

- Yeraltı suyundan veya diğer bir kaynaktan gelen suyun sülfat içeriği 1500 mg/L'den daha az ise,
- Çimento tipi CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL, CEM III/A ve ana bileşenleri S, V, T ve LL olan Portland kompozit çimentosu CEM II/A-M veya CEM II/B-M (S-T), Çizelge F.3.2
- Çimento ve uçucu kül (c+f) karışımının, uçucu kül içeriği, CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-V ve CEM II/A-LL çimento tipleri için ve ana bileşenleri S, V, T ve LL olan CEM II/A-M kompozit Portland çimentosu veya CEM II/B-M (S-T) çimento tipleri için en az % 20 (Çizelge F.3.2) ve CEM II/A-T, CEM II/B-T ve CEM III/A çimento tipleri için en az % 10 olmalıdır.

Özellikle sülfat etkisinin öne çıktığı deniz yapılarında uçucu kül kullanımı ön plana çıkmaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Atık su ile temas edecek betonarme yapıda sadece sülfat iyonlarının değil; klorür, amonyum ve asit özellikli diğer bileşenlerin de etkisi olacaktır. Bu tür işlerde sülfatlara dayanıklı çimentonun faydası muhakkak olacağı gibi bu fayda sadece sülfatlara karşı geçerli olacaktır. Oysa uçucu kül gibi puzolonik özelliği olan bir malzemenin kullanımı sonucunda daha önce bahsedildiği gibi Ca(OH)_2 miktarı azalacak, betonun geçirimsizliği artacak ve dolayısıyla çevresel etkilere karşı daya dayanıklı makro ve mikro yapı oluşacaktır. Ayrıca uçucu kül kullanımı ile azalacak olan çimento dozajı neticesinde C_3A miktarı da belli bir miktarda azalacaktır.