

Enjeksiyon Şerbetinde Deniz Suyu Kullanımı: Teknik Raporu

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

DENİZ SUYUNUN ZEMİN GÜÇLENDİRMEDE (JET-GROUT) ÇİMENTO ŞERBETİNDE KULLANIMI

GİRİŞ

Beton üretiminde kullanılacak karışım(karma) suyu “TS EN 1008: Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su Dahil, Suyun Beton Karma Suyu Olarak Uygunluğunun Tayini Kuralları” Standardı’na uygun olmalıdır. Standardın 3.5’inci maddesinde aşağıda belirtildiği gibi “donatı içermeyen” betonlarda deniz suyunun kullanılabilceği belirtilmiştir.

DENİZ SUYUNUN BETONUN PRİZİNE VE DAYANIMINA ETKİSİ

3.5 Deniz suyu ve acı göl suları

Bu sular, içerisinde donatı veya diğer gömülü metal bulunmayan betonlarda kullanılabilir. Ancak genelde, donatılı veya önerilmeli beton imalinde kullanım için uygun değildir.

İçerisinde donatı veya diğer metal bulunan betonlarda, izin verilen toplam klorür muhtevası belirleyici faktördür.

Zemin güçlendirme (jet grouting) işlerinde çimento ve su karışımından oluşan şerbet kullanılmaktadır ve meydana gelen kolonlar donatı içermemektedir. Bu nedenle donatı içermeyen elemanlarda çimento şerbetinin deniz suyu ile hazırlanmasına engel bir durum yoktur. Ayrıca soğuk hava koşullarının etkin olduğu durumlarda deniz suyu içeriğinde bulunan klorür çimentonun prizini hızlandıracağı gibi erken dayanımı arttırabilmektedir. Ancak, literatürde yer alan bazı çalışmalarda 28 günlük basınç dayanımının bir miktar düşebildiği de yer almaktadır.

İnş.Müh.İrfan Kadiroğlu tarafından yapılan çalışmanın verileri ve sonuçları aşağıda görülmektedir.

	Çimento (kg/m ³)	Su (lt/m ³)	Gerçek Bileşimler (kg/m ³)						S/Ç	Çökme (Slump) (cm)	Hız Başlangıcı	Priz Sonu	7 Günlük Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	90 Günlük Basınç Dayanımı (kg/cm ²)
			Çimento	Su	Kum	K.Taş 0-5 mm	K.Taş 5-15 mm	K.Taş 15-25 mm							
Şehir Şebeke Suyu	340	228	342	229	253	629	403	456	0,67	14	3 saat 30 dak	4 saat 45 dak	229	270	335
Konak Deniz Suyu	340	245	338	244	250	622	399	451	0,72	15	2 saat 30 dak	4 saat	211	256	330
Üçkuyular Deniz Suyu	340	239	338	238	250	622	399	451	0,70	15	2 saat 45 dak	4 saat 15 dak	191	245	317
Çeşme Deniz Suyu	340	238	338	238	251	623	399	452	0,70	15	2 saat 30 dak	4 saat	207	256	330

DENİZ SUYUNUN BETONUN DAYANIKLILIĞINA ETKİSİ

Yapılan literatür araştırmaları sonucu aşağıdaki bulgular tespit edilmiş ve deniz suyunun olası etkileri incelenmiştir.

- Deniz suyunun beton üzerindeki kimyasal etkisi çözülmüş tuzları içermesinden kaynaklanmaktadır.
- Genelde deniz tuzluluk oranı %3.5 civarındadır.
- Deniz suyunda bulunan tuzlar; sodyum klorür (NaCl) magnezyum klorür (MgCl), magnezyum sülfat (MgSO₄), kalsiyum sülfat (CaSO₄), potasyum klorür (KCl), potasyum sülfat (K₂SO₄) şeklinde sıralanabilir.

Bu tuzların başlıca etkileri:

1. Klorür etkisi
2. Alkali etkisi
3. Sülfat etkisi

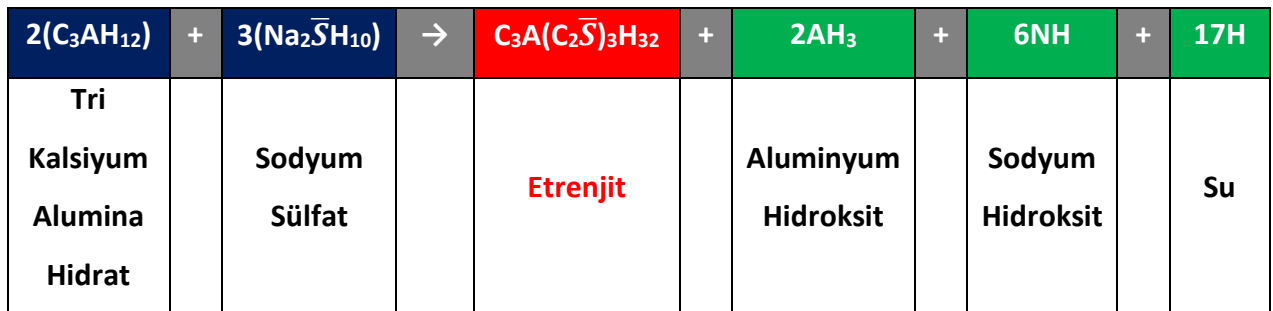
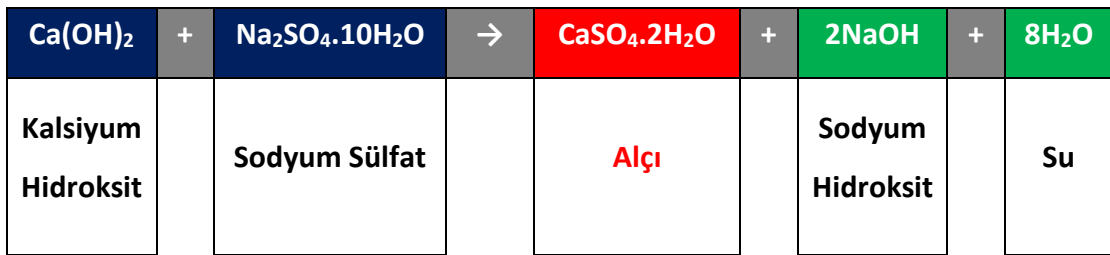
- **Klorür etkisi:** Deniz suyu içeriğindeki klorür “donatı içermeyen betonda” bir risk oluşturmaz. Klorürün etkisi betondan ziyade donatı korozyonuna yol açmasıdır.
- **Alkali etkisi:** Çimento ve sudaki alkali bileşenler(Na-K) ile agregadaki aktif silis içeriği “alkali-agrega reaksiyonu”na neden olabilmektedir; ancak çimento şerbetinde agrega olmaması nedeniyle bu etki de görülmeyecektir.
- **Sülfat etkisi:** Kullanılacak deniz suyunun kimyasal analizi yapılarak özellikle TDS(toplam çözülmüş tuz) değeri tespit edilmelidir. Yabancı kaynaklarda TDS (toplam çözülmüş tuz miktarı) değerinin 35000 ppm'den az olması durumunda suyun donatı içermeyen betonda kullanılabileceği yer almaktadır. Bilindiği gibi deniz suyu içeriğindeki klorür ve sülfat iyonları betonda istenmeyen hasar verici reaksiyonları neden olabilir. Özellikle donatı içermeyen betonlarda klorür atağının ciddi bir etkisi olmayacaktır. Hatta klorür iyonları çimento hidratasyonu sonucu oluşan kalsiyum alümina hidratlar ile tepkimeye girerek bağlanacaktır. Ancak; CaSO₄, MgSO₄ ve NaSO₄ gibi sülfata tuzları betonda istenmeyen reaksiyonlara neden olabilir.

	Şehir Şebeke Suyu	Konak Deniz Suyu	Üçkuyular Deniz Suyu	Çeşme Deniz Suyu
pH	7,5	6,3	6,5	6,2
Sülfat (mg/lt)	54	295	268	255
Çözünmüş Tuz (mg/lt)	925	44240	41100	39110
Askıdaki Katı Madde (mg/lt)	10	75	69	66

Yukarıdaki tabloda bir çalışmada kullanılan deniz suyu numunelerinin toplam çözünmüş tuz miktarı belirtilmiştir.

Sülfat Etkisi

Betonun sülfat atağına uğraması için iç veya dış kaynaklı sülfat iyonlarının, suyun ve tepkimeye girecek çimento hidratasyon 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 (Ca(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.

Aşağıdaki tabloda TS 13515 Standardı'nda yer alan çevresel etki sınıflarına karşı kullanılabilir çimento sınıfları yer almaktadır. Zararlı kimyasal ortamlarda sülfata dayanıklı çimento kullanılması önerilmektedir.

Etki sınıfı X = Kullanılması önerilir. O = Kullanılması önerilmez.	Korozyon etkisi yok	Donatı korozyonu											Betona etkisi						Orjenerime çeliğine uyumluluk							
		Karbonatlaşma nedeniyle korozyon				Klorür nedeniyle korozyon			Donma/ çözülme etkisi				Zararlı kimyasal ortam			Aşınma										
		XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2 ^d	XA3 ^d		XM1	XM2	XM3				
CEM I		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A/B	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A	D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A/B	P/Q	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A/B	vi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A	Wi	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
B		X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A/B	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A	LL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B		X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A	L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B		X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A	Me,i	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
B		X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM III	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C		X	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A		X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM IV ^{e,i}	B	X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
A		X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
CEM V ^{e,i}	B	X	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

a,e, i notları için Çizelge F.3.3'e bakılmalıdır.

- Bu çizelgede kullanılması önerilmeyen çimento, taraflar arasında uzlaşma olması durumunda kullanılabilir.
- Dayanım sınıfı $\geq 42,5$ veya dayanım sınıfı 32,5 R ve kütlece ≤ 50 öğütülmüş yüksek fırın cürufu.
- CEM III/B sınıfı çimento sadece aşağıdaki deniz yapıları uygulamalarında, su/çimento oranı $\leq 0,45$, dayanım sınıfı en az C35/45 ve çimento dozajı $c \geq 340$ kg/m³ ise kullanılabilir.
- XA1 etki sınıfına kıyasla daha ciddi kimyasal etkiye maruz betonlarda, deniz suyu dışındaki sülfat etkisi için yüksek oranda sülfata dayanıklı çimento kullanılmalıdır. Alternatif olarak, sülfat içeriği en fazla 1,500 mg/L olan zararlı etkiye sahip sular için sülfata dayanıklı çimento yerine uçucu kül ve çimento karışımı kullanılabilir, (5.2.5.2.2'ye bakılmalıdır).
- İçerisine belli oranda mineral katkı ilave edilmiş çimentolar daha iyi performans verebilir. Üç ana bileşenli CEM-II-M tip çimentosu için Çizelge F.3.2'ye ve CEM-IV ve CEM-V çimentoları ve iki veya üç ana bileşen için Çizelge F.3.3'e bakılmalıdır.
- Bu tip uygulamalarda, puzolanlı çimentolar performanslarını kanıtlayan yeterli veri bulunmamasından dolayı kullanılmamalıdır.
- TS 25'e uygun tras ihtiva eden, tras oranı en fazla % 40 olan traslı çimento.
- Trasın ana bileşen olduğu traslı çimentolara uygulanır.
- Beton imalatında kullanılan bağlayıcının uçucu kül ihtiva etmesi durumunda, uçucu kül TS EN 450'ye uygun olmalı ve kızdırma kaybı % 5'i aşmamalıdır.

SONUÇ

Donatı içermeyen betonlarda deniz suyunun kullanımı mümkündür. Ancak, sülfat etkisine karşı önlem alınmalıdır. Bunun içinde en uygun seçenek sülfata dayanıklı çimento kullanımıdır.