

Alkali Silis Reaksiyonu Açısından Sakarya Nehri ve Çoruh Nehri Agregalarının Araştırılması

¹Korkmaz Yıldırım and ²İlker Tekin
¹Hendek Meslek Yüksekokulu , Sakarya Üniversitesi,
²Mühendislik Fakültesi, İnşaat Fakültesi, Bayburt Üniversitesi,

Özet

Alkali-Silika reaksiyonu (ASR) betonun servis ömrünü kısaltan önemli durabilite sorunlarından birisidir. Betonun kanseri olarak ta bilinen bu sorun günümüzde onarım ve yenileme maliyetlerini oldukça artırmaktadır. Bu sebeple öncelikle betonda kullanılan malzemelerin ASR oluşturma riskleri araştırılmaktadır. İlâveten ASR'yi önleme ve iyileştirme çalışmaları da hızla artmaktadır. Bu çalışmada Sakarya Nehri ve Çoruh Nehri doğal agregalarında ASR sebebiyle oluşan genleşme davranışı araştırılmıştır. Bu amaçla doğal agregalar üzerinde hızlandırılmış harç çubuğu deney yöntemi uygulanmıştır.

Çalışma sonuçlarına göre, Sakarya nehri doğal agregası harcın yaklaşık 0.92 oranında genleşmesine sebep olduğu, Çoruh nehri doğal agregasının ise doğal kum 0.36 ve 0.28, kırma kum 0.18 oranında genleşmeye sebep olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada Sakarya ve Bayburt ili çevresinde bulunan agregaların ASR açısından zararlı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alkali-silika reaksiyonu, Genleşme, Beton, Agregas

Abstract

Alkali-silica reaction (ASR) which makes shorter service life of concrete is one of the most significant problems of durability. This problem also known as cancer of concrete has mostly increased cost of repairing and renewing at concrete structure, nowadays. Therefore firstly, materials using in concrete which causes ASR risk have been investigating. Moreover avoid and reclamation study has increased rapidly. Within this scope in this study expansion behavior due to ASR was investigated on natural aggregate in Sakarya and Bayburt (Çoruh River) region. For that purpose "Use of the Accelerated Mortar Bar Test for Evaluating the Expansion due to Alkali-Silica Reaction" according to ASTM 1260 was applied on natural aggregates.

As a result of this study, natural aggregate of Sakarya river caused expansion approximately 92%, two of natural and one of crushed aggregate of Çoruh river caused expansion approximately 0.36, 0.28 and 0.18, respectively. In this study aggregates which exist around Sakarya and Bayburt region is harmful in terms of ASR was determined.

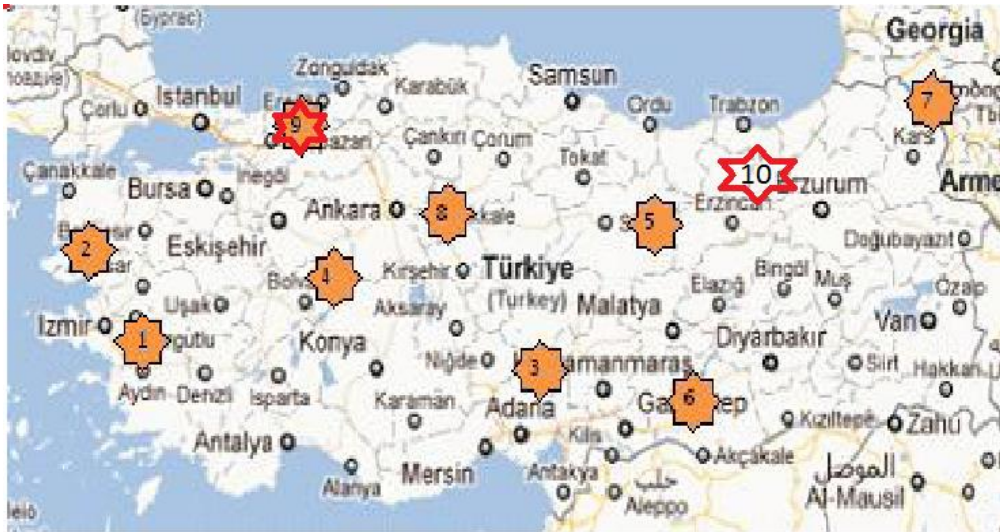
Key words: Alkali-silica reaction, Expansion, Concrete, Aggregate

1. Giriş

Çimento esaslı yapı elemanlarının işlevlerini beklenen servis ömürlerine ulaşmadan yitirmelerine birçok faktör sebep olabilir. Yapı elemanının dayanıklılığını belirleyen bu faktörler arasında, beton bileşimini oluşturan malzemelerin fiziksel ve kimyasal yapısı kaynaklı iç etkiler ve çevresel dış etkiler sayılabilir. Betonun yapısını oluşturan bileşenlerin kendi aralarında ve/veya dış kaynaklı zararlı maddelerle kimyasal reaksiyonlara girebildiği, bunun sonucunda betonun hacim sabitliğinin bozulması nedeniyle yapı elemanının zarar gördüğü bilinmektedir. Bu zararlardan biri de betonun kanseri olarak ta nitelendirilen sertleşmiş betonlarda gözlenen alkali-silika reaksiyonudur (ASR).

Beton üretiminde düşük alkali içeren çimento kullanılsa bile; 1) Betonda su nemin hareketi sonunda belli noktalarda alkali konsantrasyonu oluşursa, 2) Agregaya aşırı derecede reaktif ise, 3) Betonda kullanılan mineral ve kimyasal katkıları, karma suyu ve agregadan yeterli miktarda alkali ilavesi söz konusu oluyorsa ve 4) Çimento dozajının çok yüksek olması nedeniyle beton alkalitesi çok yükseliyorsa, ASR tehlikesi söz konusu olabilir[1].

Ülkemizde ASR sonucu tanımlanan ve literatüre geçen ilk hasar, 1995 yılında İzmir yöresindeki bazı karayolu köprülerinde yaygın çatlakların gözlemlenmesi ile ortaya çıkmıştır. Yapılan inceleme sonucunda, beton üretiminde kullanılan Gediz ve Nif nehri yatak ve teraslarındaki doğal iri ve ince agregaların içerdiği %3'un üzerindeki reaktif camsı riyolit ASR'ye yol açtığı anlaşılmıştır[2]. Daha sonraki çalışmalar ve incelemeler, reaksiyonun İzmir (1) yöresine has olmadığı, Ülkenin, Aliğa (2)[3], Niğde (3) [4], Afyon (4) [5], Sivas (5) [6], Fırat havzası (6) [7], Deriner Çoruh havzası (7) [8], Ankara (8) [9], Sakarya (9) [10] ve Bayburt Çoruh Havzası (10) gibi diğer bölgelerinde de bulunan bazı agregaların ASR oluşturacak özellikte olduğunu ortaya koymuştur(Şekil 1).[11]



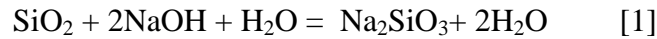
Şekil: 1 Ülkemizdeki ASR tesbit edilmiş olan agregaya bölgeleri ve konumları

Bu çalışma kapsamında Sakarya ve Çoruh nehirlerinden temin edilen doğal agregalar üzerinde hızlandırılmış harç çubuğu yöntemiyle ASR oluşumu izlenmiştir.

2. Alkali Silis Reaksiyonu Oluşumu

Bazı çimentoların kimyasal yapısında fazla miktarda bulunan sodyum oksit (Na_2O) ve potasyum oksit (K_2O) gibi alkali oksitler, hidratasyon sırasında ve sonucunda beton boşluk çözeltisinde sodyum hidroksit (NaOH) ve potasyum hidroksit (KOH) olarak çökelirler. Bunlar aktif silis içeren agregalarla reaksiyona girerek, zamanla betonu çatlatan bir jel oluşumuna sebep olurlar[12].

ASR'nin oluşturduğu reaksiyon ürünleri aşırı derecede su emme ve genişleme özelliğine sahiptirler. Bu ürünler, suyu emdikçe şişip betonda içsel çekme gerilmeleri oluşturarak agrega ile onu çevreleyen çimento pastasının çatlamasına neden olur[1]. Reaksiyonun neden olduğu genişlemeler belli bir sınırı aştığında beton için potansiyel bir tehlike oluşturur. Beton boşluk çözeltisinde bulunan hidroksil (OH^-) ve alkali iyonları ile beton agregası bünyesindeki bazı reaktif silis içeren malzemeler arasında oluşan reaksiyon aşağıda verilmiştir[12].



Jelin oluşumu ve genişmesi eş zamanlı değildir. Bu nedenle jelin varlığı mutlaka ciddi boyutta ASR tahribatı oluşturacak anlamı taşımaz. Jel ileriki safhalarda su emerek hacmini artırır. Hacmini arttıran jel agrega ve çimento hamurunda mikro çatlakları oluşturur. Mikro çatlaklarda yayılan jel giderek artar ve su emerek daha da genişler. Sonuçta çatlaklar genişleyip çoğalır ve betonun çatlamasına neden olur[12]. ASR'nin görünür dış belirtisi Şekil 2'de görülen harita şekilli çatlaklardır[13].



Şekil:2 Karayolu Yol Bariyerinde Gözlenen ASR Çatlakları (Bolu)

3. Deneysel Çalışma

3.1 Çalışma Kapsamında Kullanılan Malzemeler

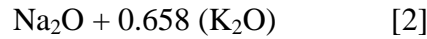
Deneysel çalışmada agrega olarak Sakarya nehrinden 1 numune, Bayburt'ta bulunan Çoruh nehrinden 2 numune doğal, 1 numune kırma kum temin edilmiştir. Agregalar 0–7 mm boyut aralığındadır.

Sakarya nehri agregası üzerinde öncelikle ASTM C289, TS 2517'ye uygun Kimyasal Analiz metodu yöntemiyle Aktif Silis miktarı bulunmuş ve zararlı bölgede olduğu tespit edilmiştir [13-14].

Tablo.1 Sakarya nehri agregası kimyasal ASR raporu

Harcanan NaOH	350 (mmol/L)
Çözünen Silis (SiO ₂)	700 (mmol/L)
Sonuç: TS 2517	III. Bölge Zararlı Agregası

Deneysel çalışmada Sakarya nehri agregası için kullanılan CEM I 42,5 R tipi çimento Bolu Çimento A.Ş.'den, Çoruh nehri agregası ile kullanılan CEM I 42,5 R tipi çimento Bilecik (SANÇİM) Çimento A.Ş.'den temin edilmiştir. Çimento oksit analizi sonuçlarına göre alkali oksitler itibariyle alkali silis reaktivitesi açısından standartları kısmen sağlamaktadır. Çimento alkalilik oranını veren formüle göre Bolu çimentosu alkali oranı 0.535, Bilecik çimentosu alkali oranı 0.67 olarak bulunmuştur. Çimentolara ait analiz değerleri Tablo 1'de verilmiştir



Tablo:2 Çimento Analiz Değerleri

Özellikler	CEM I 42.5 Bolu Oyak Çimento	CEM I 42.5 Bilecik Çimento
SiO ₂ (%)	18.58	19.5
Al ₂ O ₃ (%)	4.46	4.38
Fe ₂ O ₃ (%)	3.74	2.74
CaO (%)	63.81	63.59
MgO (%)	2.22	1.16
Na ₂ O (%)	0.20	0.25
K ₂ O (%)	0.51	0.64
Toplam Alkali Oranı	0.535	0.67
SO ₃ (%)	3.01	2,78
Kızdırma kaybı (%)	3.73	4,53
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3.23	3,06
İncelik (>45µm, %)	4.63	4,7
Özgül yüzey (cm ² /gr)	4180	3770

3.2 Hızlandırılmış harç çubuğu deney metodu

Deneysel çalışmada ASTM C-1260 Hızlandırılmış Harç Çubuğu Yöntemini uygulanmıştır. Bu amaçla numunelere ait ilk boy (24.Saat), 2.gün, 5.gün, 9.gün, 16.gün ve 28.günlük sürelerde numunelerin boy değişim ölçümleri yapılmış, bu sonuçlara bakılarak değerlendirme yapılmıştır [15].

ASTM C-1260'a göre değerlendirme kriterleri aşağıdaki gibidir.

*%0,2' den fazla genişleme olmuşsa agregası potansiyel reaktif olarak değerlendirilir.

*%0,1-0,2 arası genişleme olmuşsa zararsız veya potansiyel reaktif olabilir. Bu durumda genişlemelerin 28 güne kadar kaydedilmesi önerilmektedir

*%0,1'nun altında genişleme oluşuyorsa çoğu zaman agregası zararsız sayılabilir.

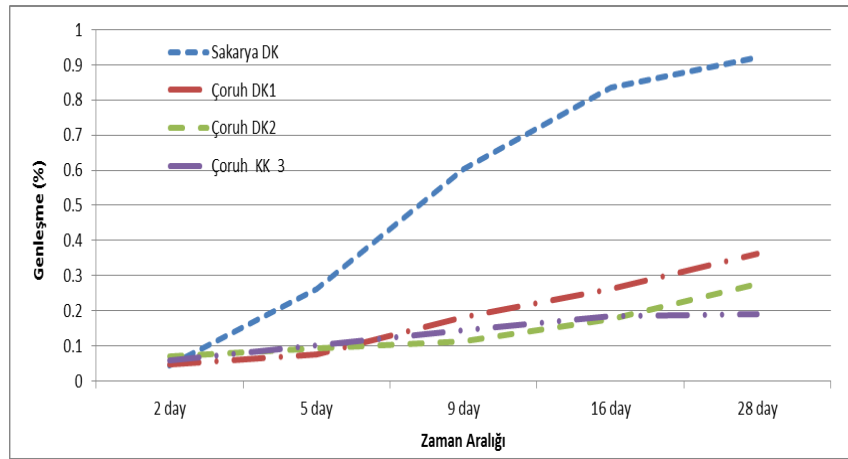
3.3 Çalışma içeriği

Deneysel çalışmada her grup agregadan ASTM-C 227 standardına uygun 4'er adet numune üretilmiştir. Üretilen numunelerde agregası/çimento:2.25, su/çimento oranı 0.47 olarak kullanılmıştır.

Hazırlanan numune grup ortalamalarına ait genişleme sonuçları Tablo 3'te, genişleme grafiği Şekil 4'de çatlaklar ise Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo:3 Agregra gruplarına ait 28 günlük genişleme sonuçları

Numuneler/Yaş (Gün)	2. gün	5.gün	9. gün	16. gün	28.gün
Sakarya dere kumu	0.044972	0.26226	0.601921	0.834689	0.920565
Çoruh dere kumu No:1	0.047684	0.075706	0.182825	0.263164	0.362599
Çoruh dere kumu No:2	0.07209	0.093672	0.115141	0.17661	0.278079
Çoruh kırma kum	0.058757	0.101356	0.143955	0.186554	0.189944



Şekil:4 Agregra gruplarına ait 28 günlük genişleme sonuçları grafiği



Şekil:5 28 günlük ASR Çatlakları

4. Sonuçlar ve öneriler

Hızlandırılmış harç çubuğu test yöntemi sonuçlarına göre agregalarda ASR açıkça gözlenmiştir. Ramyar'a göre ülkemizde bulunan akarsuların birçoğunda ASR'yi oluşturan alkali ürünleri bulunmaktadır[11].

Sakarya nehri doğal agregası üzerinde yapılan deney sonucuna göre ASR genişlemesinin standart değer çok üzerinde 0,92 dolayında gerçekleştiği, Çoruh nehri agregaları doğal

kumlarda standart değerin üzerinde 0,36 ve 0,28 dolayında, kırma kumda ise standart değerin biraz altında 0,18 dolayında genişlemenin ASR'nin oluştuğu gözlenmiştir.

Her iki bölge kırma kum agregalarında ASR açısından tehlike arz etmediği agregaların yıkanarak ince maddelerinden arındığında problemin ortadan kalktığı söylenebilir. Yinede (puzolanlı) mineral katkılı çimento kullanılması önerilmektedir. Uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve metakaolin gibi mineral katkılar ile ASR oluşumunun engellendiği yapılan çalışma sonuçlarından anlaşılmaktadır [13]. ASR oluşumunu önlemenin en iyi yolu beton dökülmeden önce gerekli önlemleri almaktır. Bunun için aşağıdaki önerilere dikkat edilmelidir;

- Aktif silis içermeyen agrega kullanımı,
- Düşük alkali içeren çimento kullanımı,
- Ortamın nemini kontrol altında tutmak,
- Mineral katkı kullanımı artırmaktır.

Buna göre üretilmekte olan betonların agregalarının önceden ASR deneylerinin yapılması, betonların dayanıklılığı açısından önem arz etmektedir. Bölgesel bazda agregaların petrografik, kimyasal analizleri ve ASR deneylerinin yapılması sonuçlarına göre beton sınıflarının belirlenmesinin yararlı olacağı söylenebilir.

KAYNAKLAR

1. Farny, J. A., Kosmatka, S. H., 'Betonda Alkali Agregası Reaksiyonunun Teşhis ve Kontrolü', Çeviren: Kalmış, M., Güngör, N., Eribol, S., *American Concrete Pavement Association (ACPA)*, 1998, 1-26.
2. Katayama, T., "Alkali Aggregate Reaction in the Vicinity of Izmir, Western Turkey", In: Berube, M.A., Fournier, B., Durand, B., (editors): *Alkali Aggregate Reaction in Concrete*, Proc. 11th International Conference, Quebec, Canada, 2000, pp. 365-374
3. Çopuroğlu, O., Andiç-Çakır, Ö., Broekmans, M.A.T.M., Kühnel, R. "Mineralogy, Geochemistry and Expansion Testing of an Alkali-Reactive Basalt from Western Anatolia, Turkey", In: I. Fernandes et al (editors), *Proceedings of 11th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*, Porto, Portugal, 2007, 305
4. Korkanç, M., Tuğrul, A., "Evaluation of Selected Basalts from Niğde, Turkey, as Source of Concrete Aggregate", *Engineering Geology*, 2004, (75), pp. 291-307
5. Ramyar, K., Kişisel Tecrübe.
6. Erik, D., Mutlutürk, M., "Alkali-Silica Reactivity Features of Gravel-Sand Aggregates in Koç River (Hafik-Sivas)", *ROCKMEC 2004 – VIIth Regional Rock Mechanics Symposium*, 2004, Sivas, Turkey
7. Aşık, İ., Şen, H., Ergintav, Y., Ünsal, A., Şentürk, E., Bayrak, E. "Alkali Agregası Reaksiyonu Yönünden Zararlı Olan Bir Ocağın İyileştirilmesi", *Beton 2004*, İstanbul.
8. Sağlık, A., Kocabeyler, M.F., Orkun, Y., Halıcı, M., Tunç, E., "Deriner Barajı ve HES İnşaatı Kütle Betonunda Kullanılması Planlanan Agregalarda Alkali-Silika Reaksiyonu Riski ve Önlenmesine Yönelik Yürütülen Çalışmalar", 5. *Ulusal Beton Kongresi*, 2003, 205-224.
9. Bektaş, F., Topal, T., Göncüoğlu, M.C., Turanlı, L., "Evaluation of the Alkali Reactivity of Cherts from Turkey", *Construction and Building Materials*, (22), 2008, pp. 1183-1190.
10. Yıldırım, K., Sümer, M., Uysal, M., "Uçucu Külün Alkali-Silis Reaksiyonuna Etkisinin Araştırılması", 8. *Ulusal Beton Kongresi*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, 2011, 99-107.
11. Ramyar, K., "Betonda Alkali Silis Reaksiyonu: Bir Derleme" Beton 2013 Hazır Beton Kongresi 21-23 Şubat 2013 İstanbul 289-311

12. Neville, A. M., "Properties of Concrete", *Longman Scientific & Technical, England*, 1981, 155-166.
13. Yıldırım K., Sümer M., Uysal, M., The optimization of mineral admixture compositions in reducing concrete alkali-silica reactions. Unpublished PhD thesis; 2013.
14. ASTM C-289-94 "Standard Test Method for Potential Reactivity of Aggregates (Chemical Method)", Annual Book of ASTM Standards, Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Aggregates, Philadelphia, PA, USA, *American Society for Testing and Materials*, 4 (2), 1994, 157-163.
15. ASTM C-1260-94, (1994) "Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)", Annual Book of ASTM Standards, Concrete and Aggregates, Philadelphia, PA, USA, *American Society for Testing and Materials*, 4 (2), 1994, 650-653.