

BETON AGREGALARINDA ALKALİ REAKTİVİTE YATKINLIĞININ TESPİTİ İÇİN RILEM YAKLAŞIMI

(RILEM APPROACH FOR ASSESSING POTENTIAL ALKALI REACTIVITY
OF CONCRETE AGGREGATES)

Özge ANDİÇ ÇAKIR ¹

ÖZ

Bu çalışma, yazarın 2007-2014 yılları arasında üyesi bulunduğu RILEM 219-ACS Teknik Komitesi çalışmalarının çıktılarını ışığında beton agregaları için betonda zararlı genleşmeler ve çatlamalara sebebiyet veren alkali reaktivitesi tespiti ve sınıflandırılmasını anlatmaktadır. Bu sayede, uluslararası kabul görmüş standartların ve agrega değerlendirme metodolojilerine giden yolda ülkemiz araştırmacılarına son gelişmeler aktararak RILEM yaklaşımının tanıtımı ve yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Geçmişten günümüze alkali agrega reaktivitesi konusunda çalışmalar yapmış olan teknik komitelerin bilgileri ışığında, güncel öneri ve test metotları tanıtılmış, karşılaştırılmalı değerlendirmeleri gerçekleştirilerek geliştirilmeye açık konular vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beton Agregaları, Alkali Agregada Reaksiyonu, Test Metotlarının Geliştirilmesi

ABSTRACT

This paper mentions the alkali reactivity determination and reactivity degree classification for concrete aggregates in view of the work conducted by RILEM 219-ACS Technical Committee of which the author is a member between the years 2007-2014. Thus, it is aimed to introduce national researchers the latest developments on the way to internationally accepted test and aggregate evaluation methods in order to raise their awareness and disseminate the results of the committee work. In light of the technical committee reports from the past to present, state of the art recommendations and test methodologies are described, their comparative evaluation as well as possible further research topics on this area are presented.

Keywords: Concrete Aggregates, Alkali Aggregate Reaction, Development Of Test Methods

¹ Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İZMİR, ozge.andic@ege.edu.tr (Sorumlu Yazar)

1. GİRİŞ

Açık adı, Fransızca olan isminden tercümesiyle *Uluslararası İnşaat Malzemeleri, Yapı Sistemleri Laboratuvarlar ve Uzmanlar Birliği* olan RILEM, 70'in üzerinde ülkede yer alan üyeleri ile yapı malzemeleri ve yapısal sistemler üzerinde bilimsel işbirliği çalışmalarını sürdürme hedefi ile 1947 yılından beri hizmet vermektedir. RILEM Teknik Komitelerinin yayımladığı raporlar uluslararası bilimsel komiteler ve standardizasyon enstitüleri tarafından ciddiye alınmaktadır. Betonda veya mevcut yapılarda alkali-agrega reaksiyonunun önlenmesine ve tespitine yönelik olarak test metotları ve öneriler geliştirmek üzere kurulmuş olan Teknik Komiteleri geçmişten günümüze inceleyecek olursak;

- TC-106: Alkali Agregası Reaksiyonu - Hızlandırılmış Testler (1988-2000)
- TC -191-ARP: Alkali Reaktivitesi ve Önlemler- Değerlendirme, Tarifleme ve Teşhis – (2000-2007)
- TC 219-ACS: Beton Yapılarda Alkali Agregası Reaksiyonu: Performans Testleri ve Değerlendirme (2007-2014)
- TC 258-AAA: Betonda Alkali Agregası Reaksiyonunu Önleme – Performansa Dayalı Konsept (2014-2019)

olmak üzere uzun soluklu oluşumlar göze çarpmaktadır. Yakın zamanda TC 219-ACS komitesinin bulguları derlenmiş olup, aşağıda yer alan dokümanlar tek bir kaynak eser ile araştırmacılara ve sektöre sunulmuştur [1].

- AAR-0 Agregaların Alkali Reaktivite Potansiyelinin Değerlendirilmesi için RILEM metotlarının uygulanmasına dair öneriler
- AAR-1 Petrografik İnceleme
- AAR-2 Hızlandırılmış Harç Çubuğu Testi
- AAR-3 Beton Prizma Testi
- AAR-4.1 Hızlandırılmış Beton Prizma Testi
- AAR-5 Karbonat Agregaları Testi
- AAR-6 Betonda Alkali-Reaksiyonlarının Teşhisi
- AAR-7 Alkali Agregası Reaksiyonu Kaynaklı Hasarlardan Korunmak için Şartname
- AAR-8 Salınabilir Alkalilerin Değerlendirilmesi

Günümüzde görevde olan Teknik Komite (258-AAA), performans test metotları, laboratuvar- saha korelasyonu, alkali geri dönüşümünü de kapsayan betonun toplam alkali seviyesi gibi konularda çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışma, agregaların reaktivitelerinin tespitinde kullanılan güncel RILEM test metotları ve bu metotların farklı agrega tipleri için değerlendirme kriterlerini sunmak üzere kaleme alınmıştır.

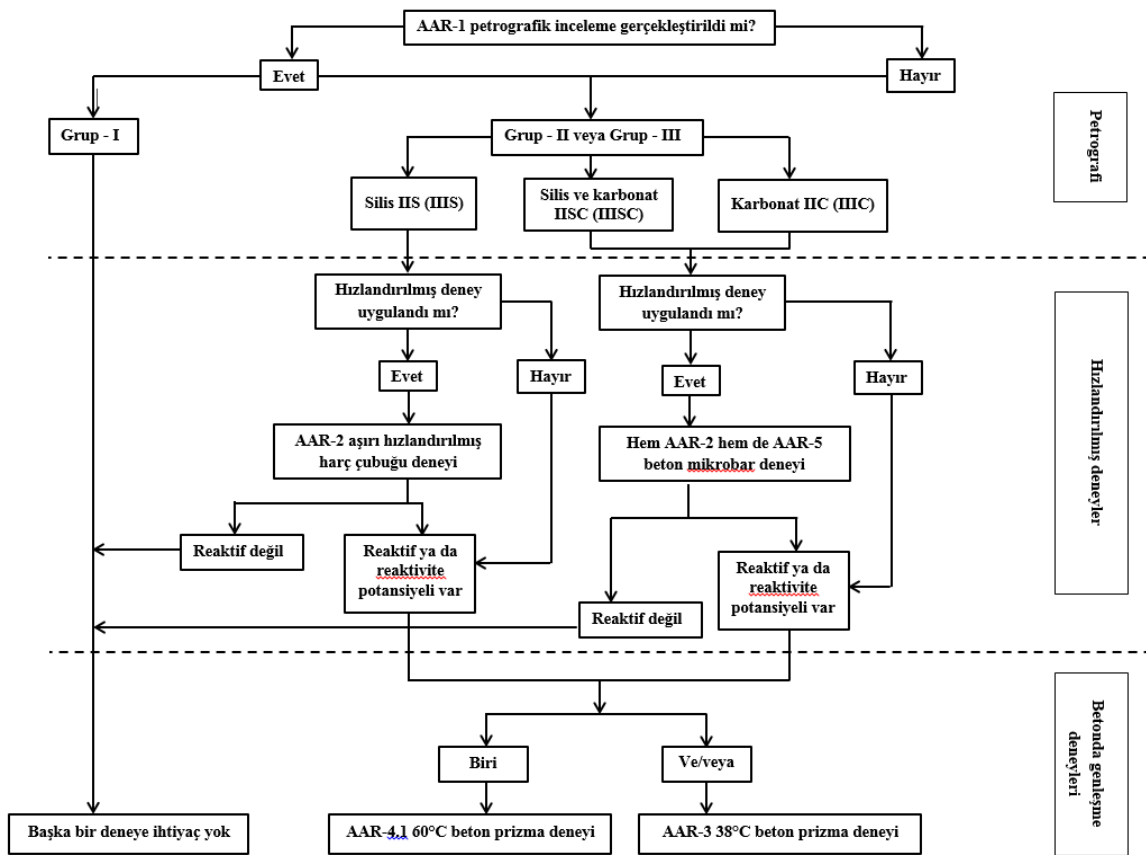
2. RILEM YAKLAŞIMININ TANITIMI VE İLGİLİ TEST METOTLARI

2.1. AAR-0 Agregaların Alkali Reaktivite Potansiyelinin Değerlendirilmesi için RILEM Metotlarının Uygulanmasına Dair Öneriler

RILEM TC 219-ACS belli bir agrega tipinin veya bunların kombinasyonlarının reaktivitesini değerlendirmek amacıyla bir sistem tanımlamıştır. Bu metodoloji, uygulanmakta olan üç farklı tipte testin performansına dayalı olarak agregayı değerlendirmektedir.

- Petrografik metot ile görsel inceleme (AAR 1.1)
- Silisli ve/veya karbonatlı agregalar için hızlandırılmış ön eleme deneyleri (AAR-2 ve AAR 5, ayrı ayrı uygulanır)
- Beton prizmalar üzerinde genleşme deneyleri (AAR-3 ve AAR-4)
İlk aşamada petrografik inceleme ile agregalar aşağıdaki üç kategoriden birine sınıflandırılır;
- Tip I: alkali reaktif olma ihtimali çok düşük
- Tip II: potansiyel olarak alkali reaktif veya alkali reaktivitesi belirsiz
- Tip III: alkali reaktif olma ihtimali çok yüksek

Agrega Tip II veya Tip III olarak sınıflandırıldığı takdirde ileri deneylerin neler olduğuna karar vermek için Şekil 1’de verilen akış diyagramı izlenir.

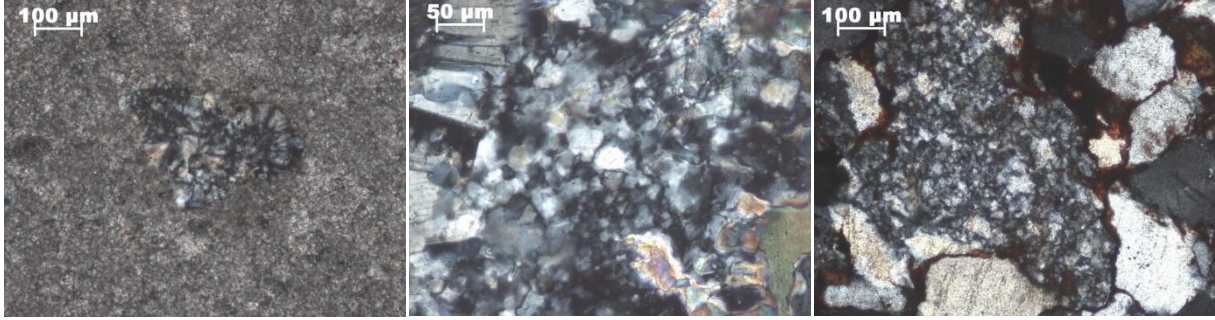


Şekil 1. Tümlşik agrega değerlendirme şeması (eğer agregaya petrografik analiz uygulanmadıysa Tip II (veya III) olarak kabul edilir) [1]

2.2. AAR-1, Petrografik Metot

Agregaların görsel değerlendirilmesi oldukça kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışma, (söz konusu bir kırmataş ocağıysa) kayaç tipinin (söz konusu doğal birikinti agregası ise) parçacıkların tipinin orijin, mineral yapı ve dokuya dayanarak tanımlanması ile gerçekleşmektedir. RILEM AAR 1.1, birbirini tamamlayan iki metot ile agregaların petrografik değerlendirilmesini içermekte olup, bu metotların uygulanmasında insan faktörü oldukça önemli ve petrografın konu üzerindeki deneyimi ön plandadır. Bu çalışmada ana esas,

agreganın klasik terminolojiye göre (volkanik, sedimanter, başkalaşım kayaları) şeklinde sınıflandırılmasından ziyade, mineralojik içeriği (reaktif formda silis içerip içermediği), kimyasal içeriği (örn riyolitik volkanik cam), tane boyutu ve dokusu gibi faktörlerin göz önüne alınmasını içerir. Özellikle tanımlanması zor agrega tipleri konusunda petrografa yardımcı olabilmek adına tamamlayıcı döküman olarak hazırlanan AAR 1.2 Petrografik Atlas sayesinde en sık rastlanan reaktif agrega tiplerinin optik mikroskop ile çekilmiş imajları hakkında bilgi sahibi olunabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Alkali reaktif silis tipleri arasında en sık rastlanan örnekler a) kireçtaşında yer alan kalsedon, b) deforme olmuş granit agregasında taneciklenme, c) kumtaşı içerisinde yer alan çört tanesinde kriptokristalin kuvars. [2]

2.3 AAR-2, Hızlandırılmış Harç Çubuğu Deneyi

Güney Afrika NBRI metoduna dayalı olarak geliştirilen bu deney yönteminin bir benzeri ASTM standartlarında C1260 kodu ile yer almakta olup, ASTM aynı zamanda bu yöntemin benzeri olarak çimentolu bağlayıcıların farklı kombinasyonları, örneğin puzolanlar ve cüruf ile agreganın reaktivitesini değerlendirmeye de imkân veren C 1567 metodunu geliştirmiştir.

AAR-0'a göre agregaların reaktivitesini belirlemede ön eleme deneyi olarak yer bulan bu yöntem, 25x25x285 mm³ boyutundaki harç prizmaların oldukça yüksek (80°C) sıcaklıklarda ve 1N NaOH çözeltisi içerisinde 14 gün boyunca (toplam deney süresi 16 gündür) kürlenerek örneklerin boy genişlerinin değerlendirilmesi esasına dayanır. RILEM yaklaşımına göre bu yöntemin farklı bağlayıcı tipleri ile agreganın göstereceği performansı değerlendirmek için kullanılması tavsiye edilmemektedir. Ayrıca, eğer söz konusu agrega kaba agrega ise test edilmeden önce kırılarak 4 mm elekten elenir ve standart harç hazırlamak için gerekli gradasyona getirilir. Kırım işlemi esnasında agrega hacmine oranla daha fazla yüzey alanı oluşacağından bu durum genellikle agreganın görünür reaktivitesini artırır. Tüm bu faktörler ve aşırı test koşulları dikkate alındığında bu deneyin oldukça güçlü bir emniyet payı içerdiği söylenebilir.

RILEM metodolojisi 25x25x285 mm³ boyutundaki “uzun-ince” örneklere ek olarak 40x40x160 mm³ boyutundaki “kısa-şişman” örneklerin de kullanılmasına izin vermekte olup farklı boyutta örnekler için farklı genişleme limiti önermektedir. Jensen ve Fournier [3] tarafından yapılan bir çalışmada farklı boyutlardaki örnekler arasında 0.54 ile 0.65 arasında değişen çevrim katsayıları önerse de, söz konusu yaklaşım herhangi bir sabitin kullanımını kabul etmemektedir.

AAR-2 yöntemi kullanılarak pesimum davranışın varlığı tespit edilebilir ancak harç numuneleri ile tespit edilen pesimum oranı betonda da aynı oranlarda kullanıldığında en yüksek genişleme vereceği anlamını taşımamaktadır. Bu deney metodu, kütlece %2'den fazla

boşluklu flint veya çört içeren agregalar, granit,, granitik gnays, metabazalt ve grovaklar için güvenilir sonuç vermeyebilir [4-9], ayrıca yavaş genleşme gösteren tipte agregalar için deney süresi uzatılabilir veya genleşme limiti de düşürülebilir [10].

AAR-2 deneyinde genleşme limiti, toplam 16 günlük deney süresi sonunda uzun-ince örnekler için %0.1 olup kısa-şişman örnekler için %0.8 olarak önerilmektedir [11].

2.4 AAR-3, Beton Prizma Testi

Beton prizma testi (75x75x285 mm³) gerçek yapılardaki genleşme davranışını daha iyi simüle edebilmektedir. Aynı genleşme limitlerinin geçerli olduğu iki farklı yöntem bulunmaktadır:

Agrega kombinasyonlarının reaktivitesini değerlendirmek için standart deney yöntemi (3.1);

Bu yöntem ile farklı agrega kombinasyonlarının reaktivite derecelerini değerlendirmek mümkündür. Söz konusu ince agregaya ise reaktif olmayan kaba agregaya ile karıştırılarak kullanılır, eğer kaba agreganın reaktivitesi sorgulanıyorsa reaktif olmayan ince agregaya ile test edilir. Bu yöntemde toplam beton alkali seviyesi 5.5 kg/m³ Na₂O_{esd} olarak sabittir.

Belli bir agregaya için alkali eşik değerinin belirlenmesi için standart deney yöntemi (3.2)

Sabit bir agregaya karışımı için toplam beton alkali seviyesi 2 ila 5 Na₂O_{esd} arasında olacak şekilde en az 3 beton karışımı test edilir. Eşik alkali seviyesi, deney süresi sonunda test edilen karışımlar arasında standart limitin üzerinde genleşme gösteren en az alkali seviyesine sahip karışıma ait alkali seviyesidir. Bu metot ile test edilen numunelerde önemli miktarda alkali sızıntısının gerçekleştiği bilindiğinden belirlenen eşik alkali seviyesi her halükarda saha betonu için güvenli mertebede olacaktır. Sonuçta, test için güvenlik payı sağlanmış olur.

AAR-3 deneyi için tavsiye edilen genleşme limiti 13 ay boyunca 38°C’de su üzerinde kürlenmiş örnekler için <0.05% olarak belirlenmiştir. Yavaş genleşen tipte agregalar için daha düşük limit (0.04% ve hatta 0.03%) değerleri önerilmekte olup, genleşme diyagramının zamanla yükselen bir trend gösterip göstermediği de değerlendirilmelidir [11].

RILEM TC 219-ACS ve yeni kurulan TC 258-AAA proje bazlı değerlendirme yapmaya imkan tanıyabilecek bir “performans deney yöntemi” geliştirmeye çalışmakta olup, bu yöntemin AAR-3 standardını baz alması gerektiği kesinleşmiştir.

2.5 AAR-4.1, Hızlandırılmış Beton Prizma Testi

Bu yöntemi AAR-3 deney metoduna oldukça benzer olup, agregaya karışımlarının reaktivitesini beton örnekler üzerinde görece daha hızlı olarak belirlemek üzere geliştirilmiştir. AAR-3 metodundan farklı yanı, beton prizmalarının (sarılmamış) 60°C’de reaktör kabinlerinin içerisinde kürlenmesi ile test süresinin 15 haftaya düşürülmesidir. AAR 4.1 metodunun değerlendirme kriteri henüz araştırmaya açıktır. Önerilen genleşme limiti, 15 (veya 20) haftalık kür süresi sonunda <0.03% olarak belirtilmiştir [11].

2.6 AAR-5, Karbonatlı Agregalar için Test Yöntemi

Bu metot karbonatlı agregaların potansiyel reaktivitesinin değerlendirilmesi için bir eleme yöntemi olarak kabul görmektedir. $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ boyutlarındaki beton mikrobar örnekleri $4/8 \text{ mm}$ boyutunda agrega kullanılarak hazırlanır. Deneyin kür koşulları AAR-2 ile aynı olup NaOH içeren çözelti içinde kür süresi 14 gündür. Bu testin değerlendirilebilmesi için AAR-2 deneyinin de aynı agrega örneğine (boyut olarak AAR-2 deneyine uygun olanına) uygulanması gerekmektedir. Alkali silis reaksiyonu durumunda, reaktivite seviyesi, dolayısıyla reaksiyon kaynaklı genleşmeler, parçacık boyutu azaldıkça artmaktadır. Ters bir durum gözlemlendiği takdirde farklı bir reaksiyonun, örn. alkali karbonat reaksiyonunun gerçekleşmekte olduğu söylenebilir. Konunun daha iyi değerlendirilebilmesi için beton prizma testlerinin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Bu metoda göre önerilen değerlendirme;

AAR-2 > 0.08%:

- AAR-5 < AAR-2 = ASR potansiyeli
- AAR-5 \geq AAR-2 = olası ASR ve karbonat reaksiyonu kombinasyonu

AAR-2 < 0.08%:

- AAR-5 \geq AAR-2 = karbonat reaksiyonu potansiyeli
- AAR-5 < AAR-2 = ileri deneye gerek duyulmamaktadır.

3. BETON PRİZMA TESTLERİ VE PERFORMANS TEST METOTLARINA YAKLAŞIM

EU Partner projesi ile Avrupa'nın toplam 14 ülkesinden 24 laboratuvarın katılımı ile seçilen agregaların RILEM (AAR-1, AAR-2, AAR-3 ve AAR-4) test metotları ile çoklu laboratuvar değerlendirmesi mümkün olmuştu ve buna ek olarak 8 farklı ülkede alkali agrega reaksiyonu maruziyet sahaları kurulmuştur [11]. Kasım 2013 itibarıyla ülkemizdeki ilk alkali agrega reaksiyonu maruziyet sahası Ege Üniversitesi'nde kurulmuş olup, genleşme değerleri elde edilmeye başlanmıştır. Partner projesi ile agregalar üç farklı sınıfa ayrılabilmiştir:

- Normal zaman ölçeğine göre reaktif (5-20 yıl)
- Yavaş reaktif (> 20 yıl)
- Reaktif değil

Normal zaman ölçeğinde reaktivite tespit edilen tüm örnekler için pesimum oran gösteren bir tip agrega hariç hepsinde değerlendirmeye tabi tutulan testler birbiri ile uyumlu sonuç göstermiştir. Ancak yavaş reaktif agregalar için AAR-3 açık ara en iyi değerlendirmeyi sunabilmektedir.

AAR-3 metodunun hızlandırılmış versiyonu olan AAR-4 ile karşılaştırıldığı çalışmalar yapılmış olup, farklı isimle de olsa ASTM metotlarında da benzer beton prizma yöntemleri yer almıştır. Yapılan değerlendirmeler özetlenecek olursa, 60°C 'de gerçekleşen deneylerin 13 haftalık genleşmeleri AAR-3 metodundaki 52 haftalık genleşmelere kıyasla, ince agregalar için %60 daha düşük, kaba agregalar için ise %53 daha düşüktür [12]. AAR-4 deneyi için ilginç bir bulgu ise, kaba agreganın reaktivite değerlendirilmesi için kullanılan "reaktif olmayan" ince agregadan arttırılmış sıcaklığın da etkisi ile ortama alkali salınımının arttığı ve boşluk çözeltisinde yer alan sülfat konsantrasyonlarında görülen artış, ve betonun dışına alkali

sızıntısının da artışı sebebiyle hızlandırılmış beton prizmasının sonuçlarının etkilendiğidir [13, 14].

Yakın zamanda, Lindgård vd [15, 16] tarafından güvenilir performans deney yöntemini etkileyen parametreler tartışılmış olup aşağıda sıralanan faktörlerin en önemlileri olduğu vurgulanmıştır;

- Beton prizmaların porozitesi ve (deney öncesi) içsel nem durumu,
- Beton içerisinde suyun taşınma mekanizması,
- Beton prizmalardan alkali sızıntısı,
- (Hızlandırılmış) kür esnasında saklama koşulları.

Lindgård [17] doktora tezinde ve yayınlarında düşük su / bağlayıcı oranına sahip karışımlar söz konusu olduğunda özellikle betonun içsel nem durumu ve suyun taşınım özelliklerinin ASR genleşmesi hızını oldukça etkilediği ve Norveç test metodunda olduğu gibi daha büyük kesitli (100x100 mm) beton prizmaların kullanımının alkali sızıntısındaki azalma sebebi ile daha yüksek genleşme değerleri verdiğini rapor etmektedir.

Özel betonlar için performans deney yöntemi geliştirilmesi konusundaki çalışmalar incelendiğinde, yol kaplamaları [18] ve kendiliğinden yerleşen betonlar [19] üzerindeki çalışmalar dikkat çekicidir.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Agregaların reaktivite potansiyelinin değerlendirilebilmesi için pek çok deney yöntemi önerilmektedir. Bu çalışma kapsamında, önerilerin ve agregaların değerlendirilmesine yönelik akış şemasının da yer aldığı AAR-0 yaklaşımı ile petrografik değerlendirme, hızlı tarama testleri ve beton prizma testlerini içeren RILEM test metotları sunulmaktadır. Görüldüğü gibi akış metodolojisi petrografik inceleme ve hızlandırılmış harç çubuğu gibi hızlı olan tarama deneylerinden daha uzun süreli beton prizma deneylerine doğrudur. Herhangi bir test metodu sonucunda agreganın reaktivitesi hakkında şüphe duyulduğu takdirde daha uzun süreli diğer testin uygulanması önerilir. Bu deneyler içinde şüphesiz en dikkatli yaklaşılması gereken oldukça hızlı sonuç veren ancak bazı tip agregalarda güvenilir olmayan sonuçlar elde edilen ve farklı çimentolu bağlayıcıların, örn. mineral katkıları, performansını ölçmede kullanılması tavsiye edilmeyen AAR-2, hızlandırılmış harç çubuğu deneyidir. 1-yıl süre ile sonuçların beklenmesinin inşaat sektörü için önemli bir dezavantaj teşkil ettiği AAR-3, söz konusu testler içinde (betondan alkali sızıntısı problemine rağmen) en güvenilir olandır. Bu deneyin hızlandırılmış versiyonu olan AAR 4.1 için test süresi-etkinlik anlamında iyi bir çözüm olduğu düşünülse de, artan sıcaklık ile boşluk çözültisinde artan sülfat konsantrasyonları ve alkali sızıntısındaki artış gibi yan etkilerin giderilmesine çalışılmalıdır. Yine yavaş genleşen agregalar için daha farklı genleşme limitlerinin kullanılması konusunda uluslararası çalışmalar ile hemfikir olunmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Beton teknolojisindeki yeni gelişmeler ışığında, yüksek performanslı (düşük su/bağlayıcı oranına sahip) ve özel tipte (hafif beton, kendiliğinden yerleşen beton, lifli beton) gibi betonlarda AAR performansının araştırılması konuları yeni RILEM teknik komitesi başta olmak üzere uluslararası araştırma gruplarının çalışma konuları arasındadır.

TEŞEKKÜR

Yazar, bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan RILEM TC 219-ACS teknik komitesinin tüm değerli üyelerine ve çalışmaya Türkiye adına katkı koymamızı sağlayan 110M569 nolu proje destekleri için TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilir.

KAYNAKLAR

- [1] Nixon PJ, Sims I. RILEM Recommendations for the Prevention of Damage by Alkali–Aggregate Reactions in New Concrete Structures. RILEM Technical Committee 219-ACS, RILEM State-of-the-Art Reports, Cilt 17, 2016, s. 176.
- [2] Fernandes I, Andiç-Çakır Ö., Hooton D. Assessing Aggregates for Alkali-Aggregate Reactions Potential, *Construction Materials, Institution of Civil Engineering Proceedings*, s 1-8, basımda
- [3] Jensen V, Fournier B. Influence of Different Procedures on Accelerated Mortar Bar and Concrete Prism Tests: Assessment of Seven Norwegian Alkali-Reactive Aggregates, *11th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete*, Quebec City, Canada, 2000, s. 345-354.
- [4] Deng M, Xu Z, Tang M. Suitability of Test Methods for Alkali–Silica Reactivity of Aggregates to Chinese Aggregates. *13th International Conference on Alkali–Aggregate Reaction*, Trondheim, Norway, 2000, s 39–48.
- [5] Fernandes I, Santos Silva A, Soares D, Ramos V, Leal S. The Effectiveness of Laboratory Expansion Tests in the Identification of Slowly Reactive Aggregates, *Concrete in Australia*, Concrete Institute of Australia, vol. 42, 2015, s. 72–80.
- [6] Freitag SA, St John DA, Goguel R. ASTM C 1260 and the Alkali-Reactivity of New Zealand Greywackes, *11th International Conference on Alkali–Aggregate Reaction*, Québec, Canada, 2000, s 305–313.
- [7] Hooton RD, Rogers CA. Development of the NBRI Rapid Mortar-Bar Test Leading to its Use in North America, *9th International Conference on Alkali–Aggregate Reaction*, London, UK, 1992, s. 461–467.
- [8] Shayan A, Xu A, Morris H. Comparative Study of the Concrete Prism Test (CPT 60°C, 100% RH) and Other Accelerated Tests. In Proceedings of the 13th International Conference on Alkali–Aggregate Reaction, Trondheim, Norway, 2008, s. 391–400.
- [9] Soers E. The Alkali–Aggregate Reaction in Belgium, Advanced Seminar On Alkali–Aggregate Reaction – the European Dimension, Queen Mary and Westfield College, London, UK, 1990, s. 147–160.
- [10] Alaejos P, Lanza Bermúdez MA, Velasco A. Effectiveness of the Accelerated Mortar-Bar Test to Detect Rapid Reactive Aggregates (Including the Pessimum Content) and Slowly Reactive Aggregates, *Cement and Concrete Research* Cilt 58, 2014, s. 13–19.
- [11] Nixon, PJ, Lindgård, J, Borchers, I, Wigum, BJ, Schouenborg, B. The EU “Partner” Project- European Standard Tests to Prevent Alkali Reactions in Aggregates Final Results and Recommendations, *13th International Conference on Alkali-Aggregate Reactions in Concrete*, Trondheim, Norway: 2008, s. 300-309.
- [12] Folliard, KJ, Ideker, JH, Thomas, MDA, Fournier, B. Assessing Aggregate Reactivity Using the Accelerated Concrete Prism Test, *7th CANMET/ACI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology – Supplementary Papers*, Las Vegas, NV: 2004, s. 269-283.
- [13] Ideker, JH, Folliard, KJ, Fournier, B, Thomas, MDA. The Role Of "Non-Reactive" Aggregates In The Accelerated (60 °C) Concrete Prism Test. Marc-André Bérubé Symposium on Alkali-Aggregate Reactivity in Concrete. *8th CANMET/ACI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology*, 2006, s. 45-70.

- [14] Ideker, JH, East, BL, Folliard, K.J, Thomas MDA, Fournier B. The Current State of the Accelerated Concrete Prism Test, *13th International Conference on Alkali-Aggregate Reactions in Concrete*, Trondheim, Norway, 2008, s. 300-309.
- [15] Lindgård, J, Andiç-Çakır, Ö, Borchers, I, Broekmans, M, Brouard, E, Fernandes, I, Giebson, C, Pedersen, B, Pierre, C, Rønning, TF, Thomas, MDA, Wigum, BJ RILEM TC219-ACS-P: Literature survey on performance testing, COIN project report 27, ISBN: 978-82-536-1209-6, 2011, s. 164.
- [16] Lindgård, J, Andiç-Çakır, Ö, Fernandes, I, Rønning, TF, Thomas, MDA, Alkali-Silica Reactions (ASR): Literature Review On Parameters Influencing Laboratory Performance Testing, *Cement and Concrete Research*, Cilt 42, 2012, s. 223-243.
- [17] Lindgård, J, Thomas, MDA, Sellevold, EJ, Pedersen, B, Andiç-Çakır, Ö, Justnes, H, Rønning TJ, Alkali-Silica Reaction (ASR)—Performance Testing: Influence of Specimen Pre-Treatment, Exposure Conditions and Prism Size on Alkali Leaching and Prism Expansion, *Cement and Concrete Research*, Cilt 53, 2013, s 68-90.
- [18] Giebson, C, Seyfarth, K, Ludwig, HM, Correlation of ASR Performance Testing for Highway Pavement Concretes with Field Performance and Investigations into Boosting the Alkali Level, *14th International Conference on Alkali-Aggregate Reactions in Concrete*, Austin, Texas, 2012, elektronik ortamda yayımlandı.
- [19] Yüksel, C, Mardani-Aghabaglou, A, Beglarigale, A, Yazıcı, H, Ramyar, K, Andiç-Çakır, Ö, Influence of Water/Powder Ratio and Powder Type on Alkali-Silica Reactivity and Transport Properties of Self-Consolidating Concrete, *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, Cilt 49, 2016, s. 289-299.

ÖZGEÇMİŞ / CV

Özge ANDİÇ ÇAKIR; Doç.Dr. (Assoc.Prof)

Lisans derecesini 1999'da Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden, Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini de sırasıyla 2002 ve 2007 yıllarında aynı bölümde Yapı Malzemesi Anabilim Dalı'ndan aldı. Hala Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Temel çalışma alanları: beton teknolojisi, beton agregaları, özel betonlar ve sürdürülebilir yapı malzemeleri üzerinedir.

She got her bachelors' degree in the Civil Engineering Department at Ege University, Izmir/Turkey in 1999, and her master degree and PhD degree at the same Department, Materials of Construction Division in 2002 and 2007, respectively. She is still an academic member of the Civil Engineering Department at Ege University. Her major areas of interests are: concrete technology, concrete aggregates, special concretes and sustainable materials for construction