

Alkali - Karbonatlı Kaya Reaksiyonu

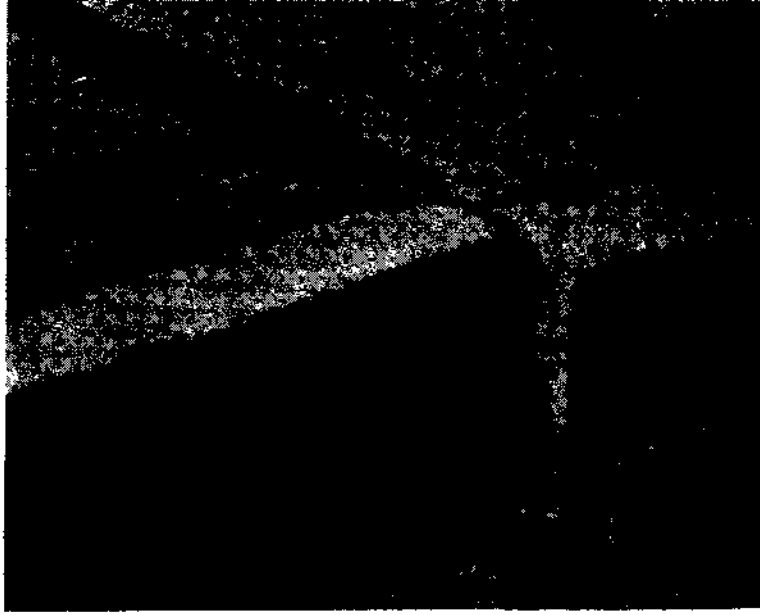
KEMAL GÜLEÇ *

1 — Giriş :

Bugün bütün mühendislik işlerinin temel elemanı ve ana maddelerinden birisi olan betonların Teknolojisi ve yapıda emniyetle kullanılmaları için bünyelerindeki elemanların detayları araştırılmakta ve normları yapılmaktadır. Beton içinde kullanılan agregalar % 9 dan fazla opal, tridimit ve kalseduvan gibi aktif silis veya bunları bulduran dasit gibi asit volkanik kayalar ihtiva ederse, Alkali-Silis reaksiyonu olmakta ve bunun neticesinde betonlarda kırık ve çatlaklar oluşmaktadır (Şekil 1).

kırık sebebi kaba agrega olarak kullanılan fillit ile çimento arasındaki kimyasal reaksiyonlardı. 1940 yılında T. E. STANTON tarafından bu kısımda ilk yayın yapılmıştı (1).

Bu ilk araştırmalar göstermiştir ki, opal fillit, dasit ve diğer asit volkanik kayalardaki aktif silis Portland çimentosundaki alkalilerle birleşerek bir jel meydana getirmekte, bu da çatlamlara sebep olmaktadır. Bilhassa çimento içindeki Alkaliler ($Na_2O + K_2O$) toplamı % 0,6 dan fazla ise, meydana gelen jel zarar meydana getirir. Tabii burada daha pek çok faktörler de vardır (4).



Şekil : 1 — Kingstonda beton'un genişlemesi ve çatlaklar (HADLEY'den)

Bu Alkali-Silis reaksiyonu ilkönce 1922 yılında Virginia Hidroelektrik santralında müşahade edilmiştir. 1935 yılında Prof. R. J. Holden, BUCK beton barajında meydana gelen genişleme ve çatlamların petrografisi üzerinde çalışmıştı ki; ona göre bozulma ve

Son yıllarda karbonatlı kayaların, bilhassa dolomitlerin Alkali karbonat reaksiyonu yaptığı anlaşılmıştır. Özellikle Amerika'da son 10 yıl içinde bu kısımda geniş ilerlemeler kay-

**Aaistan Yük. Müh. İ.T.Ü. Maden Fakültesi
İstanbul**

dedilmiş ve 1964 de bir simpozyum düzenlenmiştir. İşte bizim burada üzerinde duracağımız konu bu Alkali - Karbonat reaksiyonudur. Çimento içinde agrega olarak kullanılan kırma taşlar dolomit ($MgCO_3$) ihtiva ettiği zaman bu reaksiyon olmakta ve bir müddet sonra betonlarda çatlaklar meydana gelmektedir.

2— PROBLEMİN ESASI VE GENİŞLEYEN KAYAÇLAR :

Beton içinde agrega olarak kullanılan ve genişleme özellikli olan karbonatlı kayaçlar ilk önce Ontario, Kingston civarında SWENSON tarafından tespit edilmiştir (3).

Burada reaksiyonun esas belirti beton-daki yan çatlakların çok hızlı genişlemesi idi. Çatlaklar arası mesafe 5-10 cm. idi, kaldırımlarda kullanılan kalın döşeme bloklarının 2-3 misli şiştiği görülmüştü. SWENSON ve LEGGET'in Kinston bölgesindeki kayaçlarla yaptığı betonların % 75 i Alkali-Karboriat reaksiyonu göstermişti (Şekil: 1). Aynı zamanda, fakat ayrı ayrı yapılan araştırmalarda SWENSON, GILLOT ve HADLEY reaktif sgregaların, yüksek Alkalili solüsyonlar içinde çok hızlı geliştiğini müşahade etmişlerdir.

Amerika Karayolları Tatbiki Araştırmalar Bölümü Jeologu D. W. HADLEY kendi çalışmaları ve mevcut literatürü beraberince inceleyerek Alkali-Karbonat reaksiyonu için en iyi izah tarzının, reaktif agregaların bizzat davranışlarını müşahade etmek olduğu sonucuna vardı. Bunu müteakip, teorik, deneysel ve tatbiki çalışmalar yapılmıştır.

Alkali ortamlarda genişleyen kayaçlar a) dolomitli, b) killi, c) son derece ince taneli bulunmuştur. Kısacası genişleyen kayaçlar son derece ince taneli killi dolomitlerdir. Bunların hepsi de son derece karakteristik bir doku göstermekteydi. Bu kayaçların büyük bir kısmı, eğer fiziki şartlar uygunsa, çimento için mükemmel agrega olurlar.

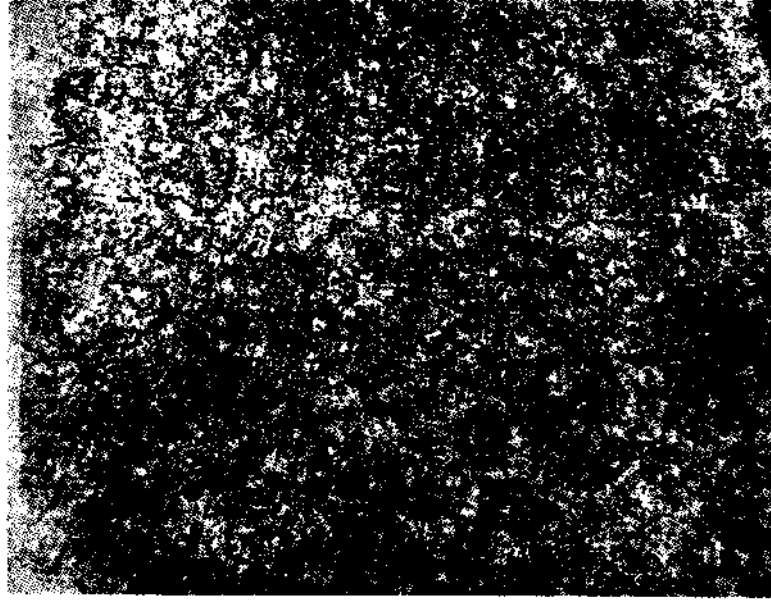
Missouri'de akademik bir problemden ziyade, pratik olarak alkali karbonat reaktivitesinin delilleri üzerinde duruldu. Burada 230 dan fazla numune ile yapılan prizma

testleri, bu kayaçların yeterli bir reaksiyona sebep olabileceğini göstermiştir.

Önceleri beton içinde agrega olarak kullanılmaya elverişli olan taşların tükenmesi ve yeni yapılan yapıtların artması dolayısıyla, yeni ocaklardan alınan numunelerin fiziki özellikleri beton agregası olarak kullanılmak için fevkalâde bulunmuştur. Fakat bununla beraber bu kayaçlar üzerinde dayanıklılık testleri yapıldı.

Bu kayaçlarla yapılan beton kirişlerde donma ve çözülme testleri yapılmasından 7 gün sonra -uzunluk değişimleri ölçüldü ve kuruma periyodu olan 42 gün sonra 2. ölçümler yapıldı. Bu -35 günlük periyod esnasında betonun ihtiva ettiği kayaç % 0,03 uzunluk artışı göstermişti. Bu kayaçlar az miktarda pirit ihtiva ediyordu. Bazı araştırmacılar piritin bozulmasını, betonun genişlemesinin sebebi olarak gösterdiler. Fakat müteakip testler münakaşa edilerek esas sebebin Alkali - Karbonat reaksiyonu olduğu sonucuna varılmıştı. (Şekil: 2) de bu agregalarla yapılan beton kaldırımlarda meydana gelen çatlaklar görülmektedir. Burada kullanılan betonun yaşı hesap edilmiştir. Fakat bundan 4 yaş daha genç olduğu bilinen beton kaldırımlarda da, benzer çatlaklar birbirinden çok farklı idi.

(Şekil : 3) de, bu küçük mikroskopik çatlakların mertebesi görülmektedir. Bunlar mürekkeple işaret edilmiştir. Görüldüğü gibi buradaki çatlaklar daha çok kısa ve kaba agregaların kenarlarında yukubulmuştur, Agrega yüzlere paralel ve kısa mesafelidir. Bu kayaç numunelerinden (5/16x5/16 1,5 inç) lik prizmalar kuru iken ölçüldü ve sabit bir uzunluk elde edilinceye kadar suya gömülüp distile edildi. Sonra her bir prizma çifti 'takriben 50 cc. lik 1 N Na OH solüsyonuna konuldu. Takriben 8 haftalık aralıklarla prizmalar kaplardan çıkarıldı, su ile distile edilip çalkalandı, kurutuldu, sonra ölçüldü ve tekrar alkali solüsyonlarla muamele edildi. Bu prizma testleri; bütün kayaçların kimyasal bileşimini, reaktivite gösteren veya göstermeyen çoğu kayaçların tayinini sağlamıştı ve karbonat içindeki dolomit yüzdesi kimyasal analizler sonunda hesap edilmişti.



Şekil : 2 — Beton kalıvrımlarda çatlaklar (HADLEY'den)

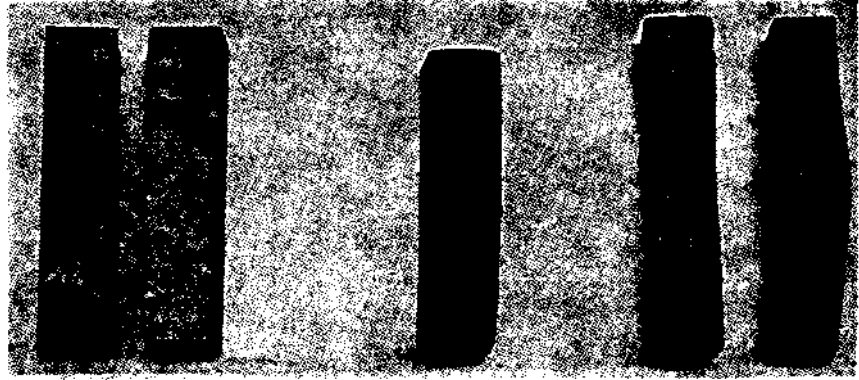


Şekil : 3 — Beton kalıvrımlarından mikroskopik çatlaklar (HADLEY'den)

Şekil: 4 de genişleme gösteren 3 prizma numunesi görülmektedir.

Bu şekilde; 15 Temmuz 1963 de, 23 Jeolojik formasyondan (47 Ocak ve 200 den fazla tabakadan) elde edilen kayaç prizmalardan 218 yerde testler yapıldı. Bu kâyaçlar Ordovisien, Devonien ve Karbonifer yaşlı idi. Bu 218 yerdeki kayaç prizmalarının 116 sı (% 53 ü) not edilmişti. Bunların % 20 si uzunluk değişimi göstermemişti. % 16,5

% 0,01 — 0,05, i% 7 si, 0,06 — 0,2 ve ;% 4 ü, % 0,21 — 6,95 genişleme göstermiştir. Bu incelenen 218 numunenin % 16 sının kimyasal bileşimleri de tayin edilmiştir. İçlerindeki dolomit % si, asitte erimeyen % 1er ve bunların reaktiviteleri arasındaki karşılıklı münasebetler incelenmiştir. Yapılan bu testler sonucunda betondaki genişleme ve bozulmaların esas sebebinin Alkali-Karbonat reaksiyonu olduğu, genişleme miktarları ve reak-



4.83 5.82 6.94
 (8 hafta) (6 hafta) (8 hafta)
 % GENİŞLEME

Şekil : 4 — Yüksek genişleme gösteren 8 prizma numunesi (HADLEY'den)

siyon hızının çimentodaki Alkali muhtevasının artımıyla arttığı anlaşılmıştır.

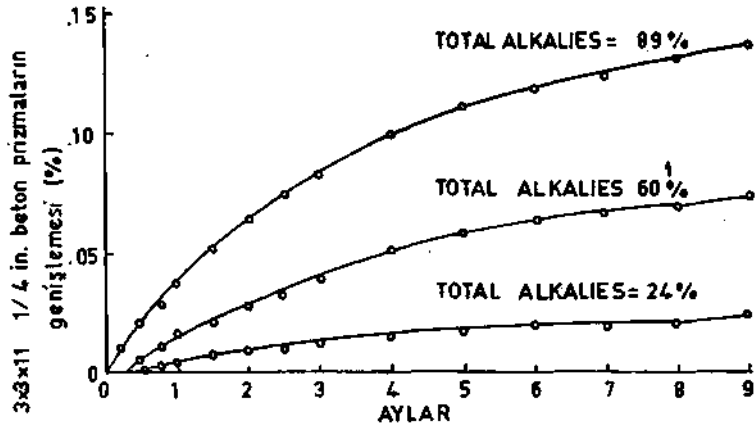
3 — BETONUN GENİŞLEMESİNE ETKİ YAPAN FAKTÖRLER:

Betonun genişlemesine etki yapan en önemli faktörün reaktif agregalar olduğunu yukarıda görmüş bulunuyoruz. Bunlardan başka aşağıdaki faktörler de betonun genişlemesine etki yapmaktadır. Bunlar:

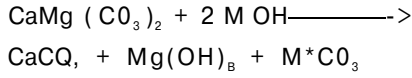
- 1) Çimento, alkali Muhtevası (Şekil: 5)
- 2) Isı ve rutubet şartları,
- 3) Max. agrega boyutudur.

4 — KİMYASAL REAKSİYONUN MEKANİZMASI ve KALSİNDOLOMİTİZASYON REAKSİYONU :

X ışınları difraksiyon çalışmaları, bu kayalarla Alkali Metal Hidroksitleri eriyiklerinin reaksiyonu olduğunda kalsit miktarındaki artışa mukabil dolomit miktarının azalmasını ve «Brusit» in meydana geldiğini göstermiştir. Yapılan laboratuvar çalışmaları mineral bileşimlerindeki bu değişikliklerin, reaktif kayalardaki dolomit ve Alkali metal hidroksitleri eriyikleri arasındaki kimyasal reaksiyonun bir sonucu olduğunu ortaya koymuştur. Bu reaksiyon aşağıdaki gibi yazılabilir.



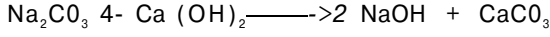
Şekil 5-Betonun genişleme hızı çimentonun alkali muhtevasına bağlıdır (HADLEY'den)



Dolomit

M = N, K, Li dur.

Bu reaksiyon sonucu meydana gelen alkali karbonatlar Hidratasyon reaksiyonu olarak Portland çimentosunu meydana getirirler.



Bu tip reaksiyonlar Alkalilerle yeniden oluşabilir ve bu sebeble dolomit reaksiyonu devam eder. Biraz ileride yeniden temas edeceğimiz veçhile, bu reaksiyon sonucunda Portland çimentosu olarak Ca(OH)_2 meydana gelmekte ve bu da yukarıdaki denklem geçince yeniden alkali hidroksitleri hasil etmektedir.

SWENSON, GILLOT, HADLEY ve diğer araştırmacılar bu reaksiyonlar sonucunda kayacın genişlediğini deneysel olarak müşahade edip, bu reaksiyonda meydana gelen kitle ve hacim değişmelerini incelediler. % 0 dan % 100 e kadar değişen oranlarda kalsit ve dolomit ihtiva eden kayalar NaOH ve KOH solüsyonlarına maruz bırakılmış ve aşağıdaki oranlar elde edilmiştir.

Müşahade edilen hacim artışı, $\text{Eq OH/Eq CO}_3 = 1$ oranı için % 25 civarında idi. 0,5 oranı için bu hacim artışı % 15 civarında bulunmuştur.

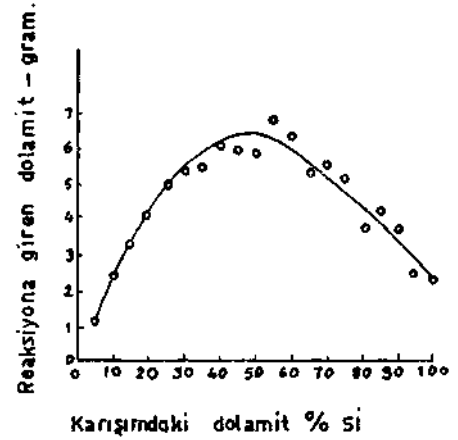
Yapılan bir çok çalışmalar neticesinde de dolomitizasyon reaksiyonunun hızına etki yapan faktörler tesbit edilmiş bunlar:

4.1. — Dolomit Tane Boyu :

Reaksiyon hızı tane boyutlarının küçülmesi ile artmıştır.

4.2 — Mevcut Kalsit'in Tane Boyu ve Miktarı :

Dolomitin reaksiyon hızı kalsitin bulunması halinde çok artmıştır. Hızlanmanın derecesi kalsit'in tane boyu ve miktarının direk bir fonksiyonudur. Dolomit'in en çok reaksiyona giren miktarı, kalsit ve dolomit'in karışımdaki muhtevaları eşit olduğu zamandır (Şekil: 6).



ŞEKİL : 6

4.3 — Alkali Hidroksit Konsantrasyonu:

Çeşitli kalsit - dolomit karışımlarında reaksiyon hızı alkali hidroksit konsantrasyonunun bir fonksiyonudur. Yalnız hidroksit konsantrasyonu 0.05 molar konsantrasyonda olduğu zaman veya daha düşük değerlerde, karışım oranlarının bir tesiri olmamaktadır. Netice olarak denilebilir ki, hidroksit konsantrasyonu ve kalsit dolomit oranının artması halinde reaksiyon hızı da artacaktır.

4.4 — İyonik Çeşitler :

Solüsyondaki alkali metal hidroksitlerinin tesirleri Hadley tarafından $\text{Na} > \text{K} > \text{Li}$ şeklinde tanzim edilmiştir.

Şimdi bu bilgilerden sonra genişleme mekanizması ve buna ait ileri sürülen hipotezleri inceleyelim. Alkali hidroksit solüsyonlarında muamele edilen karbonat kayaların genişlemesi veya % 0,4 den fazla alkali ihtiva eden çimento ile yapılan betonda bu agregalar kullanıldığı zaman meydana gelen genişlemeler için önceleri 3 genişleme mekanizması ileri sürülmüştür. Bunlar:

a) Dolomit Kr'stallerinin Genişlemesi:

Bu mekanizmalarda dolomit kristallerinin direkt genişlemeye sebep olduğuna inanılmıştır. Daha önce belirttiğimiz gibi bir dolomit kristali üzerinde dolomitizasyon esnasında 100 günde % 0,15 genişleme olduğu Hadley tarafından müşahade edilmiştir.

b) Feldman ve Sereda'nın Hipotezleri :

Feldman ve Sereda önce Kinston ve Ontoria reaktif agregalarının izoterm genişlemeleri üzerinde çalıştılar ve sonra alkali solüsyonlarla muamele edilen reaktif kayaçların boşluklarında koloidal materyallerin bulunduğunu ileri sürdüler ve bu materyallerin dolomitizasyon reaksiyonu yapabileceklerini düşündüler.

c) Osmatik Hipotezler :

Pek tutulmuş bir mekanizma değildir. Bunda boşluklardaki solüsyonun dolomit kristalleri üzerine basınç yaptığı düşünülmektedir (ki bu solüsyonlarda dolomitizasyon reaksiyonunda meydana gelen hidroksit solüsyonlarıdır).

Bundan başka bazı basit genişleme hipotezleri mevcuttu. A. A. PEGAST'ın postulatlarına göre, kayaçların genişlemesi açığa çıkan bakiyelerin elâstik gerilmesinin bir neticesidir. Depolanmış enerji ta ilk Jeolojik devirlerden Jbirikmişti. Handin ve Griggs çalışmaları ile bunu destekleyen referanslar yapıldılar. Handin dolomit'in kalsitten çok rejistan olduğunu; Griggs ise dolomit'in kalsit gibi hassas kristallenmediğini göstermiştir. Kingston bölgesindeki kayaçlar içinde depolanan elâstik enerjinin pozisyonu çeşitli saha numuneleri *fe desteklenmişti ve aynı zamanda laboratuvar çalışmaları ile ve foto elâstik tekniklerle gerilme değerleri ölçülmüştü. Netice de, Kingston kayaçlarının genişlemesine, açığa çıkan elâstik enerjinin sebep olmadığı ispatlandı. Eğer materyal tanelerinin bileşiminde mevcut depolanma varsa, elâstik gerilme bitmiştir. Aynı zamanda eğer böyle bir gerilme enerjisi ile genişleme olsaydı diğer depolanmış kayaçların da alkali reaksiyonu vermesi gerekirdi. Oysa bu reaksiyon dolomiti! kayaçlarda 'müşahade edilmekteydi.

1962 yılında sadece kalsindolomitizasyon reaksiyonu müşahade edilmişti ve alkali metal iyonları dolomit kristallerinin kafesi içine gönderildiğinde kristallerin büyüdüğü görülmüştür. Beton strüktürü içindeki rijit çimento

jelinin içine kristaller gömüldüğü zaman bu gibi genişleyen kristallerin bu matrix içinde basınç yapılabildiği müşahade edildi ve bu basıncın beton strüktürünü bozabileceği ileri sürüldü.

Yukarıdaki mekanizma için Alkali - Dolomit reaksiyonunun betonun genişlemesine sebep olabileceğini izah eder. Fakat farklı alkali hidroksit solüsyonlarının içine gönderilen aynı kayaç numunelerinin niçin farklı genişleme miktarları gösterdiğini izah edemez. Bunun izahı için mekanizma muhtevalları incelenmelidir.

Şimdi bunu bir misalle açıklamaya çalışalım. Bir kristal karışık olduğu zaman CA formülünü gösterir. (Burada C — Katyon, A = Anyon'dur). Bu kristal su ile emdirildiği zaman su molekülleri kristal kafesini sıkıştırır. Katyon ve anyonları bir tarafa iter, gerekli su verildikten sonra bu itme kuvveti iyonik kuvvetleri yenerek kafese girerki, iyonlar kafeste tutulur. Her bir iyon ile hidroksit iyonları su içinde dağılır. Emilen suyun bu muameleleri esnasında kristal genişlemiştir. Eğer beton strüktüründeki rijit çimento jeli içinde kristaller tehdit edilirse, bu genişleme solüsyonun karşıt basıncına sebep olur ve beton strüktürü genişler. Bir dolomit kristali NaOH solüsyonu içine gömüldüğü zaman hidroksit iyonları MgCO₃ kafesini sıkıştırır ve Mg iyonları ile gelip birleşir. İşte burada da, Na ve <CO₃ iyonları önceden münakaşa edilen CA katışık iyonlarına benzer tarzda davranır.

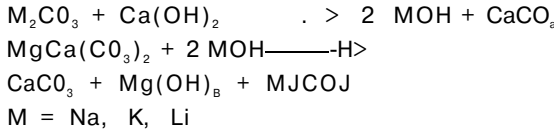
Normal atmosfer temperatürlerinde Na₂CO₃, 10 H₂O bileşiminde meydana gelir. Bu sebepten ötürü Na₂CO₃ kristalleri, Na₂CO₃ ün her bir molekülü için 10 molekül su ile katı hale gelmiştir.

KOH solüsyonu içine gömülen dolomit numuneleri verilen bir zaman periyodu içinde daha az genişleme göstermiştir. Çünkü normal atmosfer temperatürlerinde K₂CO₃ ancak 2 molekül su ile K₂CO₃, 2H₂O şeklinde kristallenir.

Bunun gibi LiOH solüsyonu içine dolomit kristalleri gönderildikleri zaman, buradaki

genişlemenin KOH solüsyonu ile elde edilen genişlemeden daha az olduğu müşahade edilmiştir. Çünkü Li_2CO_3 bir hidro karışımı olarak kristallenmemiştir. Bu sebepten daha az su emer ve dolayısıyla daha az genişleme istihsal eder.

- SHERWOOD ve NEWLTON konsantre hidrokisit solüsyonları içinde kalsit ve dolomit mineral numunelerini emdirdikleri zaman, Gaylussite ($CaNa_2(CO_3)_2 \cdot 5H_2O$), Buetsdhlite ($Ca_2K_6(CO_3)_5 \cdot 6H_2O$) ve Portlandit ($Ca(OH)_2$ 'in reaksiyon sonucu istihsal edildiğini gördüler. Bu neticeler kalsit'in alkali hidroksitlerle reaksiyon yapabileceğini gösterir. Bu gibi, çimento jeli de, reaksiyonda çimento mineralleri gibi kullanılmıştır ve sert çimento jelinin boşluklarında solüsyondaki alkali konsantrasyonu betondan buharlaşır ve agregada boşlukları çoğalır. Bu sebepten kalsit parçalı ince taneli betonda genişleme özelliği reaktif dolomitik kayalar bitmeye meyillidirler. Bunlardan dolayı alkali hidroksitler reaksiyonda yeniden meydana gelirler.



5 — GENİŞLEMEDE KİLİN ETKİSİ :

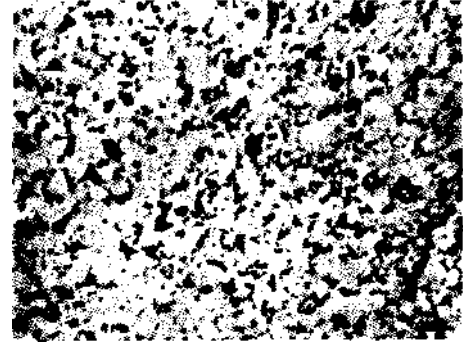
Reaktif kayaların önemli özelliklerinden birisi de, onların yüksek kil muhtevalarıdır. Kil muhtevası ve daha büyük partiküller veya silt, petrografik tekniklerle ayırt edilmiştir. Araştırmalar en az bir kil muhtevasının varlığını göstermiştir ki, bunun altında olduğu zaman genişleme olmaz. Genel bir kaide, karbonatlı kayalarda kil muhtevasının artması reaksiyonu artırır. Bununla beraber kil minerallerinin reaksiyon üzerinde önemli etkisi yoktur. Yalnız şu sebeplerden dolayı genişleyen karbonatlı kayalarda kilin bulunmasının genişlemeye etkisi olduğu düşünülmüştür.

5.1 — KM Strüktürünün Zayıflaması :

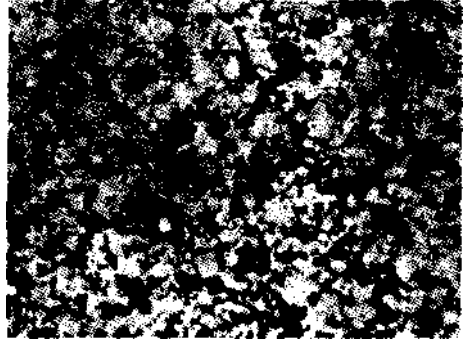
Kristaller arasındaki kil ozmatik bir zar gibidir. Bu kilin sulanması ile kilin strüktürü zayıflar ve dolayısıyla kristaller arasında dengesizlikler husule gelir.

5.2 — Kil sebebi İle Yapısal Zayıflama :

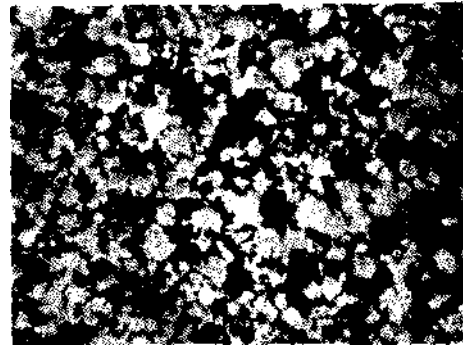
(Şekil: 7, 8, 9), fazla kil ihtiva eden killi dolomitlerin mikro i fotoğraflarını göstermektedir. (Şekil: 7) de görüldüğü gibi az kil ihtiva eden bir dolomit kayacık çok sıkışmıştır ve rijit yapıya kafes şeklindedir. (Şekil: 8) daha çok kil yüzdesi ihtiva eden bir kayaca ait olup, kayacığın strüktürü bozulmuştur. Dolomit romboderlerinin çoğunun yanındaki kristallerle irtibatı kalmamıştır. (Şekil: 9) da görülen kayacık ise daha çok kil



Takriben % 7 İril
Alkalide genişleme = 0.07 %
Şekil : 7 — Genişlemede kilin etkisi.



Takriben % 15 kil
Alkalide genişleme = 0.74 %
Şekil : 8 — Genişlemede İrilin etkisi.



Takriben % 25 kil
Alkalide genişleme = 1.20 %
Şekil : 9 — Genişlemede kilin, etkisi.

ihtiva etmekte olup, mevcut dolomit romboedrleri kil içinde yüzer vaziyette kalmıştır. Kayaç içinde kil yüzdeleri artarken karbonat iskeletinde de gittikçe artan bir zayıflama vardır.

Görüldüğü gibi kilin genişlemeye direk tesiri yoktur. Yalnız dedolomitizasyon reaksiyonu sonucu meydana gelen genişleme kuvvetine karşı koyan kayacın mukavemet kabiliyetinin azalmasına ve dolayısıyla kayacın karbonat iskeblinin zayıflamasına sebep olur. Bundan dolayı; genişlemeyi kolaylaştırıcı ve hızlandırıcı olarak rol oynar.

6 — ALKALİ • KARBONAT REAKSİYONU HUSUSUNDA JEOLJİ MÜHENDİS- LERİNİN VAZİFELERİ :

Endüstriyel ham maddeleri araştıran jeoloji mühendisleri, kullanacakları ham maddenin yalnız kantitelerini değil aynı zamanda kalitelerini de belirtmek zorundadırlar. Yukarıdan beri gördük ki, Alkali-Karbonat reaksiyonu yapan kayaçlar killi ve son derece ince taneli dolomitlerdir. Bunu daima hatırd tutacak olan jeoloji mühendisi, agrega olarak kullanacağı kayacın bileşim ve tektürlerini ve onların alkali solüsyonlarla davranışını ve betondaki reaktivitesinin ne mertebelerde olacağı hakkında bir fikir sahibi olmalıdır. Bunun için bazı testler yapmalı ve muhtemel çarelerini belirtmelidir. Şimdij Jeoloji mühendisinin yapabileceği ve yapması gerekli işleri kısaca belirtelim.

6.1 — Petrografik İnceleme :

Her ne kadar petrografik tekniklerle genişleyen kayaçları kesin olarak tesbit etmek mümkün değilse de, aşikâr olarak reaktif olmayan ve muhtemelen reaktif olan kayaçlar arasındaki farkları hızlıca ayırdetmek mümkündür. Bu sebepten petrografik tetkikler önemlidir. Herhangi bir araştırmada lüzumlu testlerin sayılarının azalmasına tesir ederler. Reaktif kayaçların aşağıdaki karakteristikleri petrografik tekniklerden kolayca tayin edilebilir.

6.12 — Tane Boyutu :

Daha öncede söylediğimiz gibi, reaktif kayaçların hepsi de son derece ince tanelidir. (Takriben 0,05 mm. veya daha düşük boyutlarda).

6.13 — Bileşim ve Doku :

Yine daha önce belirttiğimiz gibi reaktif kayaçların hepsi de dolomitiktir. Ayrıca reaktif kayaçlar kil ihtiva ederler. Bunlar tayin ve tesbit edilmelidir.

6.2 — Alkalide Genişleme Testi :

Mademki reaktif kayaçlar çimento içindeki alkalilerle reaksiyon yapıyor. O halde alkali hidroksitleri içine gömülen kayaçların da şişmeleri ve genişlemeleri gerekir. Yalnız genişlemeye etki yapan diğer faktörlerin test esnasında ortadan kaldırılması gerekir.

6.3 — Beton Testleri :

Bu kayaçlarla betonlar yapılır ve bir müddet sonra bu betonlarda genişlemeler olup olmadığı ve genişlemişse genişleme miktarları tesbit edilir.

Yapılan incelemeler ve diğer özellikler sonucunda, agrega olarak kullanılacak bir kayacın reaksiyon yapacak genişleyen bir kayaç olduğu bulunursa, bu kayaçları betonda kullanmak için bazı muhtemel tedbirleri almak gerekir. Bunun için de, bu tedbirlerin neler olabileceği bilinmelidir. Alınabilecek muhtemel tedbirler şunlar olabilir:

1) Genişlemeyen Agrega İle Karıştırma:

Mademki genişleme dolomitli ve killi materyallerin artması ile artıyordu. O halde genişleme göstermeyen agrega ile karışım yapılırsa bu dolomitli ve killi kısmın oranı azaltılmış olur.

2) Max. Partikül Boyunun Limiti :

Her ne kadar çoğu hallerde bu ölçü sadece yeterli olmazsa da reaktif agregalardan emniyetle faydalanılmasını sağlar. Diğer metodlarla beraber kullanıldığı zaman bu ilâve bir emniyet meydana getirmiş olur.

3) Az Ajkalili Çimentonun Kullanılması:

Biliyoruz ki, dedolomitizasyon reaksiyonu çimento içindeki alkali muhtevası ile artıyordu, öyleyse az alkalili çimentonun kullanılması reaksiyonu önleyici bir sebep olabilir.

7 — SONUÇ :

Gördüğümüz gibi beton içinde agrega olarak dolomitler kullanıldıkları zaman bu agregalar çimento içindeki alkali hidroksitlerle (genellikle NaOH) Alkali-karbonat reaksiyonu yapmakta ve hacim genişlemesi olmaktadır. Hacim ve kütlede görülen artış miktarı, verilen her hangi bir NaOH solüsyonu için dolomit muhtevası ile direkt münasebettedir. Hacim ve kütle değişimi mevcut dolomit mineralinin bozulmasından meydana gelmiştir. Alçak konsantrasyonda Eq OH

$$\frac{\text{Eq OH}}{\text{Eq CO}_3} = 0.5$$

ise Brusit ve Gaylussite, yüksek konsantrasyonda ise ve yukardaki oran 0,75 ise Buetschhlite meydana gelmiştir. Reaksiyona giren en fazla dolomit miktarı kalsit ve dolomit'in eşit olduğu en yüksek orandır. Bu reaksiyon yapan kayaçlar içinde kil bulunursa reaksiyonu kolaylaştırıcı ve çabuklaştırıcı yönde bir etki yapar.

Eğer bu kayaçlarda kil bulunmazsa ve silis miktarları mevcut olursa, o zaman dedolomitizasyon reaksiyonu ile beraber cidar reaksiyonu (rim reaction) meydana gelmekte ve reaksiyon belirtisi tanelerin kenarlarında olmaktadır.

Türkiye ekonomisi yönünden işi ele alacak olursak, Türkiye'nin her tarafındaki karbonatlı kayaçları ayrı ayrı incelemek, numu-

neler almak ve bunları Alkali solüsyonlarla muamele etmek gerekir. Böylece elde edilecek neticelere göre az veya çok genişleyen kayaçları tesbit edip, bu kayaçları sınıflandırmak gerektir. Bugün Amerika'da bu yapılmıştır. Hatta nereden ne kadar taş alınacağı ve bunun kaliteleri bilinmekte ve bunlara göre hesaplar yapılmaktadır. Çünkü bugün Karayollarında büyük çatlamlar ve bozulmalar meydana gelmekte ve bunun donma ve çözümlerden hasıl olduğuna inanılmakta, ve her sene bunları tamir etmek için milyonlar harcanmaktadır. Hatta İstanbul'daki asfaltların bir kar ve yağmurdan sonra nasılderişan olduğu gözlerimizin önündedir. Kanaatimizce bunun sebebi Alkali-Karbonat reaksiyonu olabilir. Çünkü don hareketlerinin tesirli olabilmesi için çatlaklar olması ve bu çatlaklar içersindeki suyun donarak boşluk suyu basınçlarının artması gerekir. Belki Alkali-Karbonat reaksiyonu bu küçük çatlakları meydana getirmekte ve bunlarda donma hareketleri neticesinde büyüyüp yolları tahrip etmektedir. Çünkü İstanbul çevresinde mıcır olarak kullanılan kalkerlerin içersinde az da olsa Mg vardır ve bunlar mikro çatlakları meydana getirebilirler.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM

- BLANK, S.R.F. - KENNEDY, H. L. (1955): The Technology of cement and Concrete. V: 1 John Wiley Sons. Newyork.
- ERGUVANLI, K. (1967): Mühendislere Jeoloji Sayfa: 67 I.T.Ü. Yayuu, İstanbul.
- HADLEY, D. W. and OTHERS (1964): Symposium, on Alkali - Carbonate Rock Reactions. American Highway Research Record 'Number 45, Washington.
- POSTACIOGLU, B. (1969): 'Yapı Malzemesi Dersleri Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton. LT.Ü. Teknik Okulu Yayım. Sayı: 73 İstanbul.