

4종류 암석별 알칼리-골재 반응 팽창성

Alkal-Silica Reactivity of Four Type of Rocks

홍승호*, 한승환**, 윤경구***

Hong, Seung Ho · Han, Seung Hwan · Yun, Kyong Ku

1. 서 론

최근 국내에서 알칼리-골재 반응에 의해 고속도로 콘크리트 포장에 파손된 사례가 보고되었다¹⁾. 국내에서 알칼리-골재 반응에 의한 피해가 발생되어 본 연구에서는 국내 골재의 알칼리-골재 반응 현상에 대하여 알아보려고 국내산 골재에 대한 알칼리-골재 반응에 의한 팽창 특성에 대하여 실험 및 결과를 분석하였다. 본 연구에서는 전 세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 ASTM C 1260 촉진 모르타르바 시험 방법을 사용하였다²⁾. 본 시험 방법으로 국내 일부 골재에서 알칼리-골재 반응에 의한 팽창 현상이 발생하는 것으로 실험되었다. 본 논문에서 실험된 국내 일부 골재의 경우 ASTM C 1260 시험의 14일 팽창 제한인 0.1%와 CSA A23.2-25A³⁾의 팽창 제한인 0.15% 이상의 팽창이 발생하는 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 국내 골재에서도 알칼리-골재 반응에 의한 팽창이 발생할 수 있음을 알 수 있었으며, 콘크리트 구조물에 대한 알칼리-골재 반응 억제를 위한 방안 수립이 요구된다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

콘크리트 시편의 알칼리-골재 반응 특성을 분석하기 위하여 본 연구에서는 4단계의 절차로 실험을 수행하였다. 첫 번째 단계에서는 실험에 사용될 국내산 골재의 원석을 채취하였다. 두 번째 단계에서는 다른 골재와 혼합되지 않은 원석을 분쇄하여 실험에서 요구하는 크기로 체가름하여 크기별로 분류하였다. 세 번째 단계에서는 시편을 제작하여 실험을 수행하였다. 마지막으로 단계에서는 골재의 종류별 시간 경과에 따른 팽창 변화 측정과 알칼리-실리카 반응에 의한 시편의 외부 변화 특성을 위상차 현미경으로 조사하였다.

2.2 실험 재료

본 실험에서 사용된 국내 골재의 원석은 4 종류를 선정하였다. 3종은 화성암의 화산암인 안산암과 유문암 그리고 비현정질인 규장암이고, 1 종은 변성암인 점판암이다. 안산암과 유문암은 경북 대구에서 채취하였으며, 점판암과 규장암은 충남 보령에서 채취하였다. 실험에 사용된 시멘트는 국내 A사에서 생산된 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 시멘트의 화학 성분은 Table 1과 같다.

* 정회원 한국도로공사 도로교통기술원 공학석사 013-371-3440 (E-mail : HSH373@freeway.co.kr)

** 정회원 한국도로공사 도로교통기술원 공학박사 031-371-3365 (E-mail : hansu@freeway.co.kr)

*** 정회원 강원대학교 공과대학 토목공학과 교수 033-250-6236 (E-mail : kkyun@kangwon.ac.kr)



Table 1. Chemical analyses of cement

Composition	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O _{eq}		TiO ₂	Loss on Ignition
							K ₂ O	Na ₂ O		
A	19.20	4.59	2.97	63.90	3.05	2.20	0.93		0.27	2.30
							1.08	0.22		

2.3 실험 방법

본 연구에서는 골재의 알칼리-골재 반응에 의한 길이 변화 특성을 확인하기 위하여 ASTM C 1260 촉진 모르타르 바 시험법을 사용하였다. ASTM C 1260 시험 방법은 시편 제작 후 16일 후 길이 변화를 측정하여 0.1~0.2%이면 알칼리-골재 반응의 잠재성이 있는 것으로 판정하고, 0.2% 이상이면 알칼리-골재 반응성이 있는 것으로 판정하고 있다. 본 시험 방법은 골재를 Table.2와 같이 분쇄하여 사용한다.

시험에 사용되는 모르타르바의 배합은 시멘트 440g, 혼합 골재 990g 및 물 206.8g이다. 배합에 사용된 물-시멘트비는 47%이다. 모르타르바는 25.4mm×25.4mm×295mm 규격으로 3개/조로 제작하였다. 모르타르바의 양 끝단에는 길이 변화 측정을 위한 지그를 설치하였다. 모르타르바 제작은 몰드에 모르타르를 타설한 후 23℃가 유지되는 항온항습기에서 몰드 상태로 24시간 동안 양생하였다. 1일 양생된 모르타르는 몰드에서 시편을 분리하여 모르타르 시편의 길이를 버어니어 캘리퍼스 0.001mm까지 측정하였다. 모르타르바의 양 끝단에 설치된 지그의 길이를 다이얼게이지가 설치된 길이 변화 측정기로 습윤 양생 전 길이를 측정하였다. 초기 측정이 완료된 시편은 폴리프로필렌 밀폐 용기에 시편이 완전히 잠기도록 물을 채운 후 밀폐 시킨 후 80℃가 유지되는 항온기에서 24시간 수중 양생을 하였다. 24시간 경과 후 수중 양생된 시편은 영점 길이 변화 측정을 위하여 밀폐 용기에서 꺼낸 후 즉시 물기를 제거하고 초기 길이 변화를 측정하였다. 초기 길이 변화가 측정된 모르타르 시편은 1N NaOH 용액이 담겨 있는 밀폐 용기에 넣어 80℃가 유지되는 항온기에서 저장하였다. 영점 길이 변화 측정 후 시편의 길이 변화는 7일, 14일, 21일 및 28일까지 측정하였다.

Table 2. Grading Requirements

Sieve Size		Mass %
Passing	Retained on	
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	10
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	25
1.18 mm (No.16)	600 μm (No. 30)	25
600 μm (No.30)	300 μm (No. 50)	25
300 μm (No.50)	150 μm (No.100)	15

3. 실험 결과 및 분석

3.1 길이 팽창 결과

본 실험을 통하여 경북 대구의 안산암에서는 Figure 1에서 보는 것과 같이 14일 측정에서 0.018%에서 0.027%의 팽창이 발생하였고, 유문암 골재에서는 Figure 2에서 보는 것과 같이 -0.003%와 0.01%의 팽창이 발생하여 두 골재에서는 팽창이 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 충남 보령의 점판암 골재는 Figure 3에서 보는 것과 같이 14일 측정에서 0.27%와 0.33%로 팽창이 크게 발생한 것으로 측정되었고, 규장암 골재에서는 Figure 4에서 보는 것과 같이 14일 측정에서 0.45%와 0.46%로 팽창이 매우 크게 발생한 것으로 측정되었다. 본 연구에서 실험된 4종류의 골재 중 충남 보령의 점판암과 규장암 골재에서 알칼리-골재 반응에 의한 팽창이 매우 크게 발생하는 것을 알 수 있었다.

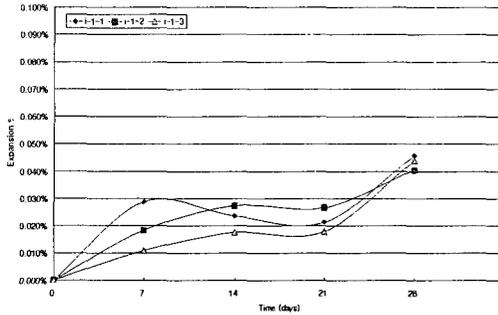


Figure 1. Expansion of Rhyolite

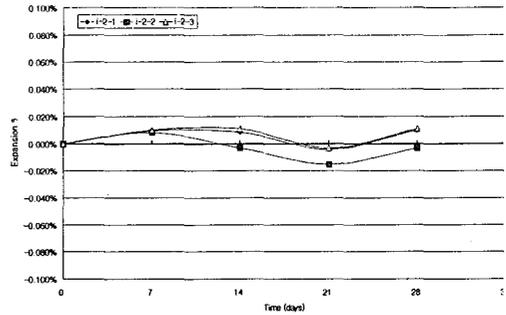


Figure 2. Expansion of Andesite

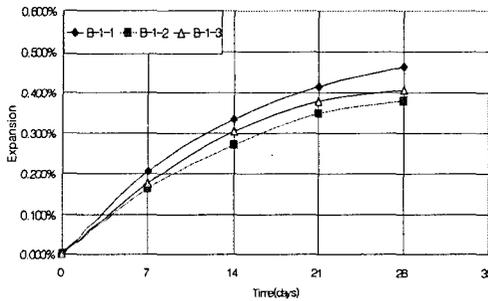


Figure 3. Expansion of Slate

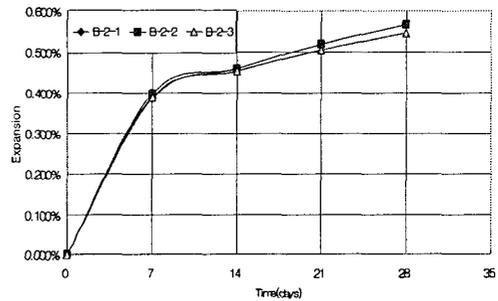


Figure 4. Expansion of Felsite

3.2 위상차 현미경 분석

저배율의 위상차 현미경(Nikon SMZ1000)을 사용하여 ASTM C 1260 시험으로 실험된 시편에 대하여 외부 표면에 발생한 파손 현상을 관찰하였다. 경북 대구의 안산암과 유문암 골재에서는 팽창이 완료된 시료를 대상으로 위상차 현미경을 이용한 외관조사에서 Figure 5, 6과 같이 균열 발생이 관찰되지 않았고, 표면 공극에서 특이한 현상은 관찰되지 않았다.

충남 보령의 점판암 골재는 Figure 7에서 보는 것과 같이 표면 공극에서 바깥 방향으로 4개의 균열이 발생되어 있는 볼 수 있으며, 균열은 5시와 11시 방향은 크게 넓게 발생하였고, 1시 방향과 7시 방향의 균열은 앞에서 설명한 균열보다 작게 발생한 것으로 관찰되었다. 또한, 공극 주위에 백색의 용출물이 관찰되었다. 규장암 골재는 Figure 8에서 보는 것과 같이 표면의 공극을 따라 균열이 연결되어 있는 것으로 관찰되었다. 또한, 공극 주위에 백색의 용출물이 관찰되었다. 점판암이 규장암보다 균열이 크고 많이 발생한 것으로 조사되었다.

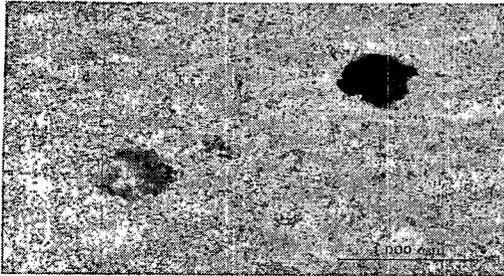


Figure 5. Surface condition of Rhyolite

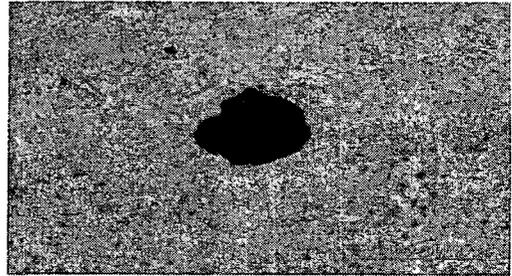


Figure 6. Surface condition of Andesite

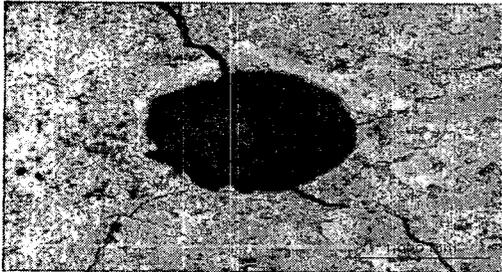


Figure 7. Cracking of Slate

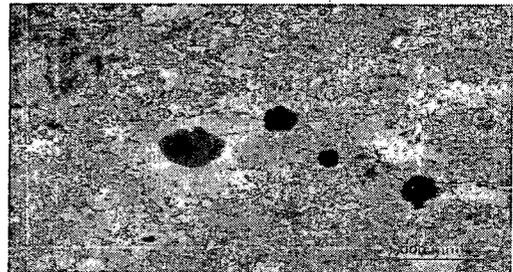


Figure 8. Cracking of Felsite

4. 결 론

본 연구에서 국내 골재에 대한 알칼리-골재 반응 실험으로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 본 연구에서 실험된 4종류의 골재 중 안산암과 유문암에서는 알칼리-골재 반응에 의한 팽창이 거의 발생하지 않는 것으로 나타났다. 반면에, 충남 보령의 점판암과 규장암 골재에서 알칼리-골재 반응에 의한 팽창이 매우 크게 발생하는 것을 알 수 있었다.
- 2) 충남 보령의 점판암 골재는 표면 공극에서 바깥 방향으로 4개의 균열이 발생되어 있는 볼 수 있으며, 균열은 5시와 11시 방향은 크고 넓게 발생하였고, 1시 방향과 7시 방향의 균열은 작게 발생한 것으로 관찰되었다. 규장암 골재는 표면 공극을 따라 균열이 연결되어 있는 것으로 관찰되었고, 공극 주위에 백색의 용출물이 관찰되었다. 점판암이 규장암보다 균열이 크고 많이 발생한 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1) 홍승호, 한승환, 안성순, 장태순, 알칼리-골재 반응에 의한 무근콘크리트포장의 파손 고찰, 2003년도 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제15권 2호 (통권 제 29집), 2003. 11, pp99-101.
- 2) ASTM C 1260 (1994), "Standard Test Method for Potentially Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)," American Society for Testing and Materials.
- 3) CSA A23.2-25A (2000), "Standard Method for Detective of Alkali Silica Reactive Aggregate by Accelerated Expansion of Mortar Bars," Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, CA.