

중성자 차폐능 향상을 위한 붕규산유리 혼입 모르타르의 특성 분석

Characteristics of Borosilicate Glass Incorporated Mortar for Improve Neutron Shielding Capability

장 보 길* 김 지 현** 정 철 우***
Jang, Bo-Kil Kim, Ji-Hyun Chung, Chul-Woo

Abstract

Borosilicate glass was incorporated to improve the neutron shielding capability of concrete. Boron is a typical neutron shielding material, and it is contained in borosilicate glass. However, borosilicate glass causes alkali-silica reaction, which damages the concrete. Therefore, studied to reduce the expansion due to alkali-silica reaction and to improve the neutron shielding capability. The measurement of the expansion due to the alkali-silica reaction was based on ASTM C 1260. Experimental results show that the expansion due to alkali-silica reaction is reduced when borosilicate glass powder incorporated. In addition, the neutron shielding capability was significantly improved when the fine aggregate replaced with borosilicate glass.

키 워 드 : 알칼리 실리카 반응, 알칼리 골재 반응, 중성자 차폐, 붕규산유리
Keywords : Alkali-silica reaction, Alkali-aggregate reaction, Neutron shielding, Borosilicate glass

1. 서 론

국내의 원자력발전소에 대한 기술은 고리 원자력발전소를 시작으로 월성, 한빛, 한울 등의 원자력발전소 등을 건설 및 운영함에 따라 이에 관한 경험적으로 축적되어 국제적으로도 기술적 자립이 가능한 수준에 있다. 그러나 최근 고리 원자력발전소 1호기가 발전 중지됨에 따라 기존에 실시하였던 건설과 운영 뿐 만이 아니라 해체에 관한 기술을 개발해야 할 필요성이 대두되었다. 원자력발전소를 해체할 경우 방사성 폐기물이 발생하게 되는데, 이러한 폐기물을 수용할 수 있는 용기에는 콘크리트가 사용된다. 방사성 폐기물에서 발산되는 방사선을 방호하기 위하여 방사선 차폐물질을 콘크리트에 보다 효율적으로 적용할 수 있는 방법을 개발한다면 폐기물 적치 시에 더욱 뛰어난 안전성을 도모할 수 있을 것으로 판단된다. 이를 위하여 중성자를 방호하는데 사용되는 대표적인 물질 중 붕소를 활용하기로 하였다. 이에 따라 붕소를 함유한 붕규산유리를 활용하기로 하였으나, 유리를 사용할 경우 발생하는 ASR(Alkali-Silica Reaction)로 인해 콘크리트에 손상이 발생된다. 따라서 ASR을 최대한 억제시키는 동시에 중성자 차폐능을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하였다.

2. 실험 및 결과

2.1 ASR 팽창 측정

ASR로 인해 발생하는 팽창율은 ASTM C 1260에 의거하여 실시하였다¹⁾. 그러나 기존의 방법과는 달리 중성자 차폐능을 향상시키는 것이 본 연구의 주목적이므로 표준사 대신 붕규산유리를 골재로 사용하였다. 또한 붕규산유리를 미세한 분말의 형태로 분쇄하여 시멘트 중량의 0%, 10%, 20%, 30%를 대체하여 투입하였다. 팽창률 산정은 식 (1)에 따라 계산하였으며, 이에 따른 ASR 팽창 측정 결과는 그림 1과 같다.

실험 결과에 따르면, 30%의 붕규산유리 분말 치환율을 갖는 시험체가 팽창이 아니라 초기에 수축하는 거동을 나타내는 것으로 보이나, 실제로는 이후에 지속적으로 이루어진 측정에서도 팽창 또는 수축의 길이 변화 없이 같은 길이를 갖는 것으로 미루어 ASR로 인한 손상은 사실상 없는 것으로 판단하였다.

* 부경대학교 건축공학과 박사과정
** 부경대학교 공학연구원 융복합인프라기술연구소 선임연구원, 공학박사
*** 부경대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자(cwchung@pknu.ac.kr)

$$\text{Expansion Rate (\%)} = \frac{(\text{Period Reading} - \text{Zero Reading})(\text{mm})}{\text{Original Length}(\text{mm})} \times 100 \quad (1)$$

2.2 중성자 계수율 측정

붕규산유리를 혼입한 모르타르의 중성자 계수율을 측정하여 중성자 차폐능을 측정할 수 있을 것으로 판단하였다. 이에 따라 표준사를 사용한 시험체(PL), 잔골재를 붕규산유리 골재로 치환한 시험체(GA), 붕규산유리 골재를 치환한 시험체에 시멘트 중량 대비 10%, 20%, 30% 치환한 시험체(GA-10%, GA-20%, GA-30%)를 제작하여 한국표준과학연구원에 중성자 계수율 측정을 의뢰하였다. 측정 후 나타난 결과는 그림 2와 같다.

그림 2에서 나타난 바와 같이 붕규산유리 골재를 사용하는 시점부터 검출되는 중성자량이 확연히 줄어드는 것을 확인할 수 있었으며, 붕규산유리 분말을 사용할 경우 미세하게나마 검출량이 감소하는 것을 알 수 있었다.

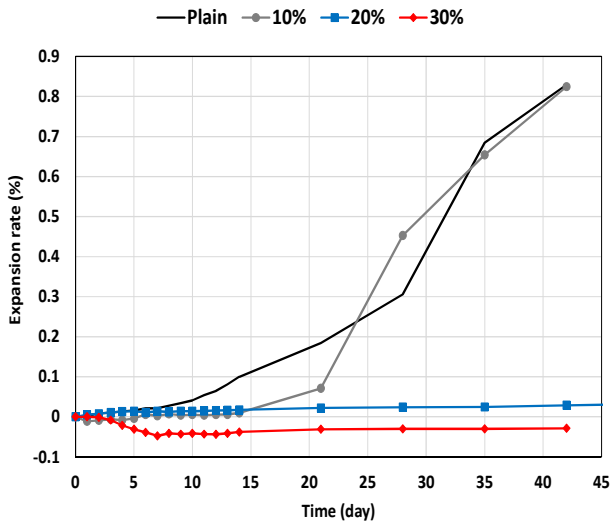


그림 1. 붕규산유리 분말 혼입량에 따른 ASR 팽창

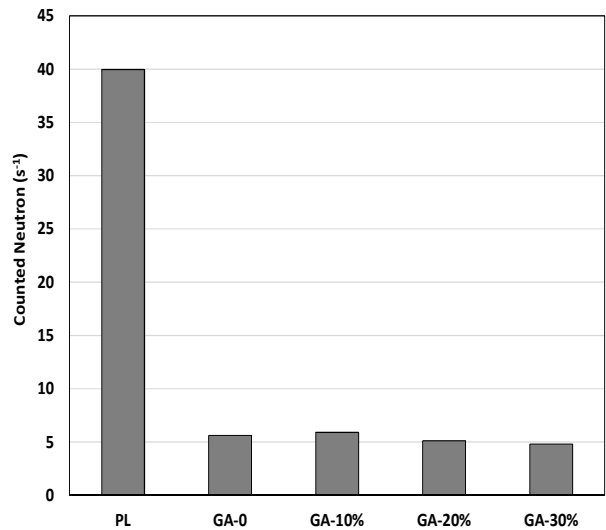


그림 2. 붕규산유리 분말 혼입량에 따른 중성자 계수율

3. 결 론

붕규산유리를 콘크리트에 적용하기에 앞서 모르타르에 먼저 적용하여 콘크리트에 나타날 수 있는 손상 및 이에 대한 보완방법을 강구하였다. ASR 팽창 측정 시 시멘트 중량 대비 20%의 붕규산유리 분말을 사용할 경우 ASR로 인한 팽창이 확연히 감소하였다. 따라서 이러한 방법을 적용할 경우 ASR로 인한 데미지 없이 붕규산유리를 골재로서 모르타르에 적용할 수 있을 것으로 판단되나, 이후 추가적인 연구를 통하여 다른 외적인 요소에 의한 변화를 감지할 필요가 있다고 판단된다. 또한 중성자 계수율 측정 실험의 경우에는 시험체의 두께를 감소시켜 좀 더 붕규산유리 분말에 의한 중성자 차폐능 향상 정도를 자세히 파악할 수 있을 것으로 판단되어 후속적인 연구를 계획하고 있다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호 14CATP-C07471-02)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. ASTM C 1260 (Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates, Mortar Bar Method)