공학적방벽 콘크리트의 황산염 침식 저항성에 대한 실험적 연구

이호재, 김도겸
한국건설기술연구원, 경기도 고양시 일산서구 시민대로 1190
h.lee@kict.re.kr

1. 서론

콘크리트는 원자력 발전 구조물, 입자가속기 등 방사선 차폐가 필요한 구조물에 사용되는 경제성과 편리성을 겸비한 우수한 재료이다. 그러나 방사선 차폐용 원전콘크리트의 기본 물성에 대한 연구결과가 부족하여 외국의 품질규정, 차폐성능 및 시공관리에 필요한 시설 기준 및 참고문헌에만 의존하고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 국내 방폐구조물에 사용된 실제 재료와 배합조건으로 시편을 제작하여 공학적 방벽의 황산나트륨수용액 침지기간에 따른 황산염 침식 저항특성을 평가하였다.

화학적 반응에 기인하는 침투성 물질은 주로 외부환경으로부터 침투하여 시멘트 경화체의 내부의 수화생성물과 화학반응에 의하여 반응생성물을 형성한다. 일반적으로 침투성 물질과 반응물질 간의 반응은 물질들이 접촉하자마자 발생하며, 시멘트 경화체 내부로 침투되는 물질들의 이동률이 낮아서 반응에 대한 성능저하의 결과로 나타나기까지는 장기간의 시간이 소요된다. 그러므로 시멘트 경화체에서 반응성 물질의 접근성은 유해이온이 침투할 때의 반응비율이 결정요인으로 작용하게 된다. 또한 온도가 높을수록 이동성이 활발해지는 이동 비율의 효과에 의하여 반응율은 높아진다. 황산염 이온과 시멘트 경화체의 수화생성물 간의 상호작용은 매우 복잡하고 동시 다발적으로 발생하는 화학반응으로써 다양한 요인들에 의해 반응이 좌우된다. 이러한 반응 과정에 영향을 미치는 요인은 경화한 시멘트 경화체의 조성, 황산염과 반응하는 형태, 황산염을 공급하는 내·외적 요인, 반응하는 공간의 온도 및 황산염의 농도 등에 따라 상이한 반응과 반응생성물을 생성시키는데 그에 대한 대표 물질은 Gypsum formation[$CaSO_4 \cdot 2H_2O$], Ettringite formation [$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$], Thaumasite formation [$CaSiO_3 \cdot CaCO_3 \cdot CaSO_4 \cdot 15H_2O$] 등이 있다.

2. 사용재료, 배합 및 시험체 제작

페이스트 및 모르터의 황산염반응에 의한 길이와 무게의 변화를 측정하기 위해 KS F 2424에 의거한 40×40×160mm크기의 시편을 페이스트 및 모르터로 제작하였으며, 페이스트와 모르터의 강도변화를 측정하기 위해 50×50×50mm 크기의 시편을 제작하였다. 또한 황산염 반응에 의한 콘크리트의 강도변화를 측정하기 위한 시편은 Ø100×200mm 크기의 원주형 시편으로 제작하였다. 황산염 시편은 페이스트 96개, 모르터 96개, 콘크리트 48개로 총 240개를 제작하였다.

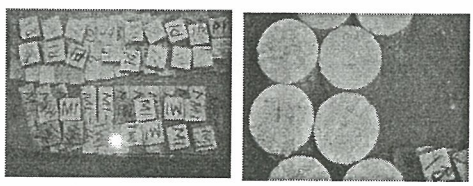
Table 1. Mixture of concrete.

No.	Mix proportion						
	Water	Cement	Fly ash	Coarse	Fine	WRA	AEA
Mix 1	0.45	0.8	0.2	2.31	1.84	0.04	0.004
Mix 2	0.32	0.8	0.2	1.68	0.88	0.03	0.002

3. 실험방법 및 결과

3.1 실험방법

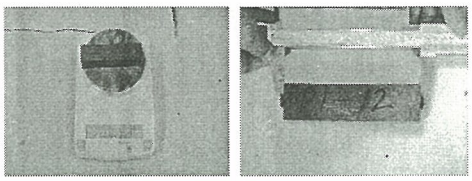
황산염 실험은 제작된 시편을 28일간 수중양생 후 ASTM C 1012에 의거하여 실험하였다. 저항성이 큰 고무 용기를 사용하여 5%의 Na2SO4용액을 구성하였다. 시편의 침지 후에는 공기와의 접촉을 최소화하기 위해 용기를 밀봉하였다. 28, 56, 180, 365일의 침지 재령이 경과한 후 시편의 길이 및 무게 변화를 측정하였다. 또한 페이스트, 모르터, 콘크리트의 강도변화를 측정하였다.



(a) Specimens in 5% $NaSO_4$ solution

(b) Concrete specimens for measurement of Compressive strength

Fig. 1. Sulfate attack test.

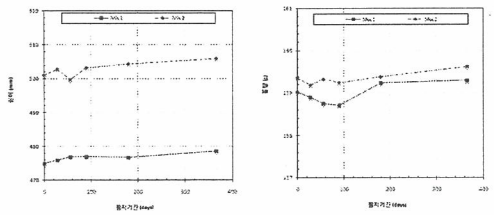


(a) Measurement of weight variance (a) Measurement of length variance

Fig. 2. Measurements of length and weight.

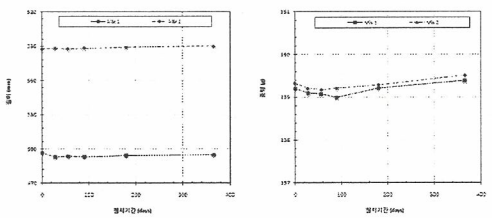
3.2 황산염침식 저항성 결과 분석

길이변화의 증감율은 페이스트의 경우 최소 0.04에서 최대 0.19%, 모르터의 경우 최소 0.02에서 최대 0.13%의 작은 변화가 나타나지만 가시적으로 드러나는 변화는 거의 발생하지 않았다. 황산염 침식에 의한 중량변화는 Mix 1을 제외한 나머지 Mix 2는 점차적인 증가를 보이고 있으며 365일의 경우 침식으로 인한 박락 및 화합물 침출로 인해 중량변화가 감소한 것으로 예상한다.



(a) (b)

Fig. 3. Measurements of paste (a)length and (b)weight.



(a) (b)

Fig. 4. Measurements of mortar (a)length and (b)weight.

4. 결론

본 연구에서는 공학적방벽 콘크리트의 사용재료 및 배합을 이용하여 황산염 침식 저항성에 대한 연구를 진행하였다. 결과적으로 원전배합과 공학적방벽 배합의 경우, 모두 황산염침식에 의한 길이 및 중량 변화에 대한 영향은 거의 없었으며 비율상 Mix 2의 경우, Mix 1보다 황산염침식 저항성이 높음을 알 수 있었다.

5. 감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

6. 참고문헌

[1] Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M., 'Concrete Microstructure, properties and materials', Mc Graw Hill, 2006.