

열화촉진 실험에 의한 콘크리트의 물리/화학적 변화 특성

권기정, 정해룡, 김기범*, 류지훈**

한국방사성폐기물관리공단, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

*한국건설기술연구원, 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283

**한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

kjkwon@krmc.or.kr

1. 서론

방사선차폐 재료로는 철, 납 등 중량이 무거운 재료가 고려되거나 이용되고 있지만, 가장 경제적으로 방사선차폐를 성취할 수 있는 것은 콘크리트이다. 즉, 방사선차폐 재료로서 콘크리트는 원자력 발전소 구조물 이외에도 입자가속기, 연구용 원자로 등에 널리 적용되고 있다. 본 연구의 목적은 국내 원자력관련 시설물에 사용된 실제 재료와 배합 조건으로 시편을 제작하여 공학적 방벽의 건전성에 영향을 미치는 각종 열화인자에 대한 정량적 분석을 실시하고자 시설물의 현장부지의 지화학적 특성 및 주변 환경을 모사할 수 있는 열화촉진실험 시편을 제작하여 이를 토대로 열화진행시간에 따른 그 물리/화학적 특성을 분석·평가하였다.

2. 본론

2.1 재료의 광물 조성 및 배합설계

원자력 관련 시설물에 적용된 시멘트의 광물 조성 및 배합설계를 시편 제작에 적용하였다.

Table 1. 시멘트의 광물조성.

광물조성	중량퍼센트 (%)
C3S	51.86
C2S	22.29
C3A	9.49
C4AF	8.51
Gypsum	2.03

Table 2. 콘크리트 배합설계.

	Strength (Psi)	G max	W/(C+P) (%)	S/a (%)	Materials(kg/m ³)							
					Water	Cement	Fly ash	Agg (3/4")	Sand (황사)	Sand (세사)	WRA	AEA
Mix1	6000	3/4"	40	44.4	162.75	325.50	81.38	938.77	748.89		1.63	0.18
Mix2	6900	3/4"	32.2	44.7	172.00	428.00	107.	904.00	473.00	257.00	2.14	0.16

2.2. 실험결과 분석

2.2.1 압축강도

콘크리트의 압축강도측정은 KS F 2405에 의거하여 측정하였다. 최대하중 100tonf 용량의 만능재료시험기(Universal Testing Machine, UTM)를 사용하여 하중조절 방식으로 시편이 파괴에 이르기까지 가력하였다.

2.2.2 동결융해 실험

동결·융해 시험기를 사용하여 동결·융해 저항성을 평가하였다. 동결·융해의 사이클 수는 50,150,300사이클까지 또는 상대동탄성계수비가 초기 값의 60%로 저하할 때까지 실시하였으며, 매 30사이클마다 페이스트 및 모르타르의 길이 및 무게변화를 측정하였다. 콘크리트의 동결·융해저항성은 상대동탄성계수와 질량변화로 평가하였다. 콘크리트의 상대동탄성계수의 측정은 급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 실험 방법(KS F 2456)에 의거하여 실시하였으며, 50사이클과 150사이클 과정 및 300사이클 과정에 대해 실시하였다.

2.2.3 탄산화 실험

탄산화 실험은 시험체를 온도 20℃, 습도 60%, CO₂농도 5%로 설정하여 탄산화 촉진 시험기를 사용하여 촉진재령 28, 56, 180, 365일의 탄산화 깊이를 측정하였다. 모든 시편의 원활한 탄산화를 유도하기 위하여 각 시편들의 충분한 거리를 확보하였다. 탄산화 깊이의 측정은 페놀프탈레인 1% 알코올 용액을 분무하여 무색부분을 측정하였다.

2.2.4 황산염 실험

황산염 실험은 ASTM C 1012에 의거하여 제작된 시편을 실험하였다. 저항성이 큰 고무 용기를 사용하여 5%의 Na₂SO₄용액을 구성하였다. 시편의 침지 후에는 공기와의 접촉을 최소화하기 위해 용기를 밀봉하였다. 28, 56, 91, 180, 365일의

침지 재령이 경과한 후 시편의 길이 및 무게 변화를 측정하였다.

3. 결론

3.1 압축강도 변화

재령 28, 56, 91, 180, 365일의 압축강도 실험결과를 나타낸 것이다. 강도발현의 경우 Mix2의 경우 91일에서 약간 감소하는 경향을 보이고 있지만 계획된 강도 내에서 감소로 별 차이가 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다.

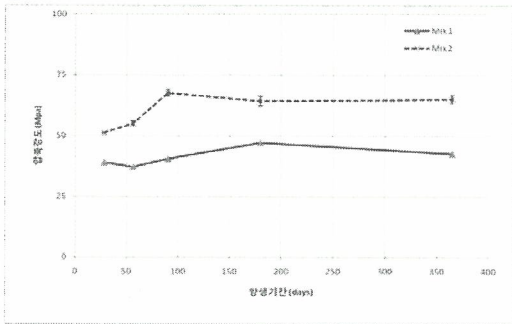


Fig. 1. 재령별 압축강도 변화.

3.2 동결융해 실험

콘크리트 시편의 무게의 경우 사이클 수가 증가할수록 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, 상대동탄성계수의 변화는 크게 나타나지 않았다.

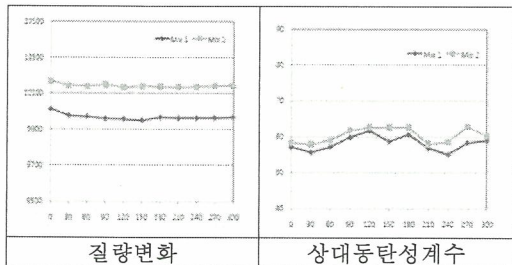


Fig. 2. 질량변화 및 상대동탄성계수.

3.3 탄산화 실험

CO₂ 노출 기간에 따른 탄산화 깊이를 페놀프탈레인 용액을 이용하여 확인하였고, 노출 기간이 증가할수록 탄산화 깊이가 증가하는 것을 알 수 있으며, 특히 Mix1이 Mix2에 비해 탄산화의 진행 속도가 빠른 것을 확인할 수 있다. Mix 1에서 상당히 탄산화가 진행된 것을 확인할 수 있었으며, Mix2의 경우 56일까지 탄산화가 진행되지 않다가 91일 이후부터 차츰 일어나기 시작하는 것을 알 수 있으며, 180일에서는 이전보다 탄산화의 진행

정도가 증가한 것을 알 수 있다. 365일 재령의 실험결과는 재령이 증가할수록 탄산화의 진행정도가 늦어짐을 알 수 있으며, 더 이상 탄산화의 진행이 활발하지 않음을 예측할 수 있었다.

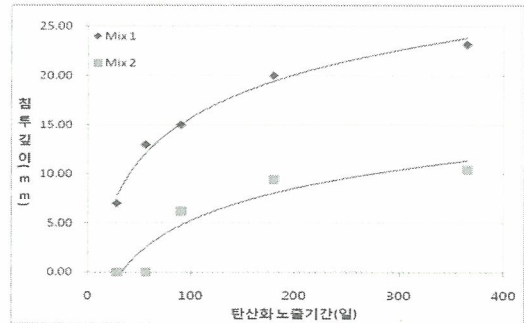


Fig. 3. 재령별 탄산화 침투깊이.

3.4 황산염 실험

황산염 침지 후 365일까지 경과 후의 시편의 길이, 무게변화를 확인하였다. 침지 재령이 증가하여도 각 시편의 무게 및 길이는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 강도에서도 재령 28일과 180일을 비교하였을 때, 별다른 차이가 없는 것을 확인할 수 있었다.

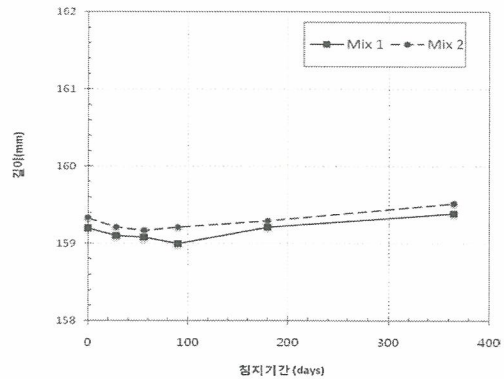


Fig. 4. 침지기간별 길이변화.

4. 감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(2009T100100523).