

폴리머 시멘트 고화체의 조성비에 따른 공극률 변화

지영용, 광경길, 홍대석, 김동호*, 김태국, 류우석

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

* 한일원자력(주), 안양시 만안구 안양7동 202-4 동양벤처스텔

yvji@kaeri.re.kr

1. 서론

일반적으로 시멘트 고화체의 내부구조는 수화반응에 의해 생성되는 Calcium Silicate Hydrate (CSH) 결정들과 공극과의 연속적인 배열로 구성되며, 이 공극들이 시멘트 고화체의 성능에 직접적인 영향을 미친다. 고화체 내부에 공극이 많을수록 그 강도는 현저히 떨어지며 물의 침투성은 증가하게 된다[1]. 따라서 본 연구에서는 물과 시멘트의 혼합시 일정 양의 폴리머를 첨가함으로써 시멘트 고화체가 가지는 공극의 양을 줄일 수 있는 polymer-modified cement(PMC) 고화체들을 제조하여 공극률 변화를 측정하였다. 이때 폴리머의 첨가로 인해 폴리머와의 결합이 시멘트와 물과의 수화반응을 방해하여 CSH 결정의 성장을 저하시킴으로써 시멘트 고화체가 가지는 본래의 기계적 강도를 크게 떨어뜨리지 않아야 한다. 이에 대한 평가의 일환으로 폴리머, 물 및 시멘트의 여러 혼합비에 따라 제조된 시편들의 압축강도를 측정하였으며, 이로부터 폴리머의 최적 혼합비를 결정하였다.

2. 본론

2.1 폴리머 시멘트 고화시편 제조

PMC 고화체는 포틀란트시멘트 몰타르에 물성개질을 위하여 열가소성 폴리머를 혼합한 것으로, 시멘트에 폴리머를 혼합함으로써 내수성 및 인성을 증진시키는 등 재료의 물성치를 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 물과 시멘트의 혼합비(W/C)를 33%와 50%로 설정한 상태에서 폴리머의 첨가량을 달리하여 시편들을 제조하였으며, 그 내역을 표 1에 나타내었다. 이때 압축강도 측정에서 요구하는 시편의 길이 및 높이 비를 2로 유지하기 위하여, 직경 50 mm 및 높이 100 mm의 몰드에 폴리머, 물 및 시멘트 반죽을 넣어 4주간 경화시켰으며, 7일간의 경화기간마다 압축강도를 측정하였다. 그림 1에 일정한 경화기간이 흐른 뒤

몰드에서 꺼낸 시편을 나타내었다.

Table 1. Specification of polymer-modified cement specimens

*W/C = 0.50		W/C = 0.33	
Index	**P/T	Index	P/T
BT0	0.00	CT0	0.00
BT1	0.14	CT1	0.08
A1	0.17	CT2	0.11
BT2	0.20	CT3	0.14
BT3	0.25	CT4	0.17
BT4	0.29	CT5	0.20

* W/C : water-to-cement ratio

** P/T : polymer-to-total mixture ratio

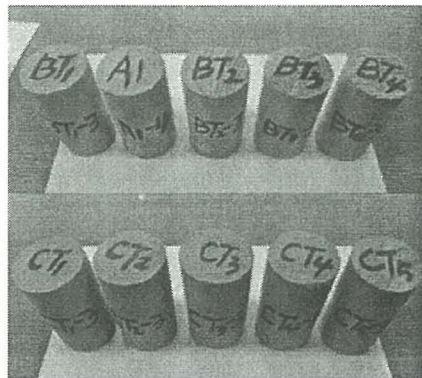


Fig. 1. Polymer-modified cement specimens for the compressive strength test

압축강도 측정결과 폴리머 첨가에 따라 그 강도는 감소하는 경향을 보이지만, 모든 경우에서 중저준위방사성폐기물 인수기준에서 요구하는 경질 고화체에 대한 35.08 kgf/cm² (500 psig) 기준을 초과하였다. 특히 W/C에 대한 비가 33%인 시편에서는 그 압축강도가 모두 200 kgf/cm² 이상으로 측정되었으며, 4주간의 경화시간을 거칠 경우, 8%의 폴리머를 함유한 시편은 폴리머 첨가에 따른 그 강도의 변화가 미미하였다.

2.2 공극률 측정

시멘트 고화체의 공극률은 고화체의 다른 물성에 영향을 미치게 되는데, 공극률이 큰 경우는 고화체가 조밀하지 못하다는 것으로써, 이는 고화체의 압축강도, 내수성 및 동결 용해 저항성 등의 내구성 저하를 야기하게 된다. 공극률 평가 시험법으로는 일반적으로 수침법과 수은치환법 등이 있으며, 본 연구에서는 물의 투과성을 이용하는 수침법[2]을 이용하여 PMC 고화체 시편의 건조 밀도 및 공극률을 구하였다.

먼저 공극률 측정을 위한 시편으로써 약 1 cm x 1 cm x 1 cm 크기를 가지는 육면체 모양의 시편들을 가공하여 24시간 이상 건조하였다. 그림 2의 밀도측정 장치를 이용하여 시편들의 건조무게 (W_d)를 측정정한 후, 물속에서의 무게(W_w) 및 포화 무게(W_s)를 각각 측정하였으며, 식 (1)로부터 시편의 건조밀도(ρ_d)를 계산하였다. 그리고 폴리머와 시멘트의 밀도 및 혼합비로부터 유추되는 이론밀도(ρ_t)를 계산하여 식 (2)로부터 시편의 공극률(P)을 구하였다.

$$\rho_d = \frac{W_d}{V_d} = W_d \times \frac{\rho_w}{W_s - W_w} \quad (1)$$

$$P = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_t} \quad (2)$$

여기서, V_d 는 건조시편의 부피, ρ_w 는 물의 밀도를 의미한다.

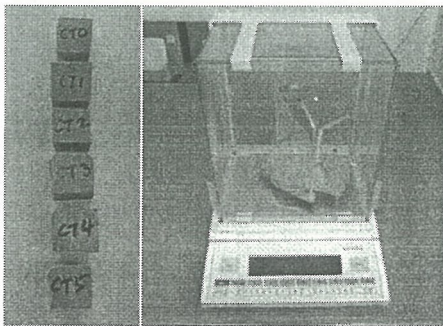


Fig. 2. Specimens for the porosity test and the analytical balance with a density determination kit

W/C의 비가 33%인 PMC 고화체 시편에 대한 공극률을 그림 3에 나타내었으며, 폴리머의 첨가량이 증가할수록 공극률이 감소함을 알 수 있다.

그림에서 보듯이, 폴리머 함량이 5 %까지는 공극률이 급격히 떨어지며, 그 이후부터 약 15 %까지는 일정한 공극률을 보이고 다시 크게 떨어지는 경향을 보인다. 그러나 공극률이 작을수록 내수성이 우수하지만, 20 %의 폴리머를 첨가한 시편의 압축강도가 폴리머를 첨가하지 않은 시편에 비해 약 50 % 감소하는 경향을 보이기 때문에 폴리머 함유량을 5 ~ 15 % 이내로 설정하는 것이 적합한 것으로 판단되었다.

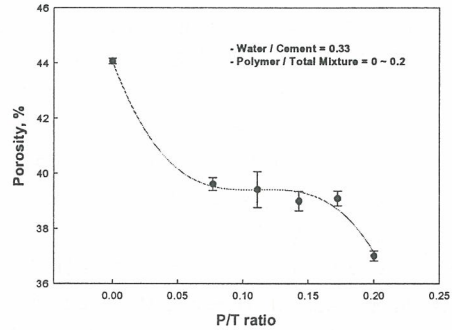


Fig. 3. Porosity of the polymer-modified cement with the difference of polymer content

3. 결론

시멘트 고화체가 가지는 공극의 양을 줄이기 위하여, 물과 시멘트의 혼합시 일정 양의 폴리머를 첨가한 PMC 고화체 시편들을 제조하였으며, 폴리머 첨가에 따른 공극률 변화를 측정하였다. 그 결과 폴리머의 함유량이 증가할수록 공극률은 감소하여 내수성이 우수해지지만 고화체의 내구성 측면에서 그 강도를 저하시키는 것으로 판단되었다. 따라서 강도변화에 영향을 최소화하면서 고화체의 내수성을 향상시킬 수 있는 폴리머 함유량의 범위는 약 5 ~ 15 % 이내로 결정되었다.

4. 참고문헌

[1] 고화체 특성규명 연구, KAERI-NEMAC/RR-139/94, vol 2 (1994)
 [2] 금속 소결체의 소결밀도 시험방법, KS D 0033 (2001)