

콘크리트 구조물 보수용 단면복구재 및 표면보호재의 중성화 저항성 평가

Assessment on Carbonation Resistance of Products for Protection and Repair of Concrete Structures

박 상 순* 유 충 현** 박 현 일* 신 홍 철* 유 병 철*** 김 영 근****

Park, Sang Soon Ryu, Chung Hyun Park, Hun il Shin, Hong Chul Ryu, Byung Cheol Kim, Young Geun

ABSTRACT

This study is performed to evaluate the carbonation resistance by measuring carbonation penetration depth and diffusion equivalent air layer thickness for 3 types of repair materials and 2 types of surface protection materials. Diffusion equivalent air layer thickness(S_D) is thickness of a static air layer that possesses, under the same conditions, the same carbon dioxide permeability as the coating in accordance BS EN 1062-6. There is a significant advantage that continuous test is possible because it does not destroy the specimen. From experiment results, it is concluded that determination of carbon dioxide permeability is effective to evaluate for surface coating materials.

요 약

본 연구에서는 국내의 대표적인 보수재료인 폴리머시멘트계열의 단면복구재 3종 및 표면보호재 2종에 대해 촉진중성화 시험을 실시하여 국내 보수재료의 중성화 저항성능을 평가하였다. 기존의 KS 시험규격인 침투깊이 측정법과 함께 유럽시험규격인 BS EN 1062-6에서 규정한 등가공기층 확산두께 산정을 적용하였다. 등가공기층 확산두께(S_D)란 코팅재와 동일한 이산화탄소투과성과 동일한 조건을 가지고 있는 부동 공기층의 두께로서, 시편을 할렬 파괴하지 않으므로 동일한 시편으로 연속적인 시험을 진행할 수 있다는 장점이 있다. 시험결과 단면복구재의 경우 중성화깊이 측정법을 통해 이산화탄소 투과저항성을 평가할 수 있는 반면 표면보호재의 경우에는 이산화탄소 투과량 측정을 통한 등가공기층 두께 산정법이 효과적인 이산화탄소 투과저항성능 평가방법임을 밝혔다.

*정회원, 한국건자재시험연구원 방수보수보강센터 선임연구원

**정회원, 서울특별시 북부도로교통사업소

***정회원, 한국건자재시험연구원 방수보수보강센터 과장

***정회원, 한국건자재시험연구원 방수보수보강센터 센터장

1. 서 론

국내에서는 콘크리트 보수용 재료에 대한 이산화탄소 저항성 시험으로 KS F 2584에서 규정된 촉진중성화시험을 적용하여 5% CO₂에 노출후 1,4,8,13,26주에서 중성화깊이를 측정하여 중성화 저항성을 측정한다. 기존의 방법을 통해 중성화 속도계수를 구할 경우 페놀프탈레인 분무에 따른 침투깊이 측정 시 시험자에 따른 편차가 발생할 가능성이 있고, 중성화 진행이 끝나는 시점을 정확히 평가하기 힘들다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 유럽의 시험규격인 BS EN 1502에서 규정한 등가공기층 확산두께 산정을 중성화 저항성 평가에 적용하였다. 등가공기층 두께의 산정은 재료내에서의 이산화탄소확산계수를 산정하는 방법으로, 침투깊이를 측정하기 위해 시편을 할렬 파괴하지 않으므로 동일한 시편으로 연속적인 시험을 진행할 수 있다는 장점이 있으며, 등가공기층 확산두께 값(m)을 통해 재료의 중성화 저항성을 보다 명확하게 파악할 수 있다는 장점이 있다. 특히 표면보호재의 경우에는 중성화 침투깊이가 매우 작아서 기존의 페놀프탈레인 분무에 의한 방법으로는 투과저항성을 파악하기 힘들고 이산화탄소 투과성 시험을 적용한 등가공기층 두께의 산정으로 보다 정확한 결과를 도출할 수 있는 것으로 평가되었다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 침투깊이 측정법과 함께 이산화탄소 투과성 시험을 통한 부동공기층 확산두께의 산정을 통해 보수재에 대한 중성화 저항성을 평가하였다.

2. 실험 방법

2.1 사용재료

국내에서 현재 제작 판매되고 있는 단면복구재 및 표면보호재를 대상으로 시험을 실시하였다. 시험에 사용한 단면복구재 및 표면보호재는 KS F 4042, 4043, 4936에 따라 제작하여 도포하고 양생하였다. 단면복구재는 폴리머계열에 따라서 에틸렌-초산비닐 공중합체(Ethylene-vinyl acetate:EVA), 스티렌부타디엔고무 공중합체(Styrene-butadiene rubber:SBR) 및 폴리아크릴산에스테르 에멀전(Polyacrylic ester:PAE) 등 3종의 폴리머시멘트를 적용하였으며, 표면보호재는 유기계 및 유무기혼합계의 2종류를 적용시켰다.

2.2 실험 방법

단면복구재와 기준 콘크리트 위에 표면보호재를 적용한 후 이산화탄소에 노출시킨 후 중성화깊이(d_k)와 이산화탄소 투과저항성을 측정한다. 본 연구에서는 이산화탄소의 투과저항성을 평가하는 계수로 기존의 중성화깊이 뿐 만 아니라 이산화탄소 투과량과 등가공기층 확산두께를 사용하였다. 이산화탄소 투과량은 일정한 부분적인 압력이나 농도의 차에 의해서 코팅재의 제곱미터 면적을 통해 하루 동안에 투과된 이산화탄소의 양($g/m^2 \cdot d$)으로 나타낸다. 이산화탄소 등가공기층 두께는 코팅재료와 동일한 이산화탄소 투과성과 동일한 조건을 가지고 있는 부동 공기층의 두께(m)로 정의된다. 따라서 S_D 의 값이 클수록 이산화탄소 투과저항성이 우수한 것으로 평가된다. 콘크리트 시험체 100mm×100mm×400mm를 EN 1766에 따라 제작하여 양생한 후 단면복구재, 표면보호재를 KS F 4936에 따라 제작하여 도포하고 양생한다. 시험체를 24시가 동안 표준상태에서 정치한 후 (60±10)%, (21±2)℃에서 이산화탄소 농도를 10%로 노출시킨다. 시험체의 코팅된 면을 측정용 가스에 노출시키고 이산화탄소 흡수량을 측정한다, 셀 주변으로 가스가 새지 않도록 흡수한 이산화탄소를 담은 측정셀과 시험체를 밀봉한다. 측정셀은 건조상태의 이산화탄소를 대기온도 23±2℃에 보관하며 24시간 간격으로 중량을 체크한

다. 이산화탄소 투과성은 중량 증가로 계산한다. 만약 두 번의 측정사이에 무게 증가량이 5mg 보다 적다면, 측정간격을 연장한다. 두 번의 연이은 측정에서 시험용 셀의 무게 증가가 변함이 없을 때 시험을 완료한다. 측정값을 조정할 목적으로 이산화탄소 투과성을 알고 있는 참고용 필름(표준물질)을 각각의 연속적인 측정시 함께 측정한다. S_D 는 다음식에 기초하여 도출한다. 식(1)를 사용하여 이산화탄소 투과량 i 를 계산하고, 단위는 $g/(m^2 \cdot d)$ 이다.

$$i = \frac{d_m \times 24 \times 10^3}{t \times A \times c \times P_{amb}} \quad \text{-----(1)}$$

여기서, d_m : 무게의 주기적인 변화에서 두번의 중량의 차이(전후 중량차), g
 t : 계속되는 투과 정도로서 측정시간, h
 A : 시험체 면적, m^2
 c : 시험용가스중의 이산화탄소농도 %(V/V)
 P_{amb} : 주변 대기압력, kPa

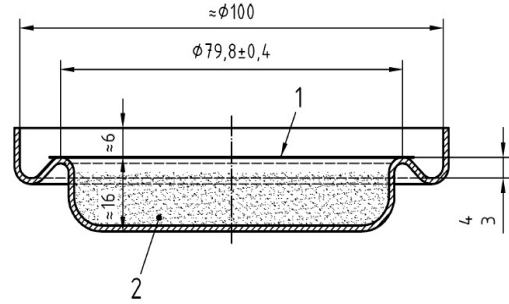


그림 1. 측정셀

등가공기층두께 S_D 계산은 식 (2)와 (3)을 사용하며, 단위는 m 이다.

$$S_D = S_{D\ COATING} + S_{D\ SUBSTRATE} \quad \text{-----(2)}$$

$$S_D = \frac{248}{i} \times 10^3 \quad \text{-----(3)}$$

3. 결과 및 고찰

3.1 단면복구재

단면복구재의 중성화침투깊이 측정을 실시한 결과 단면복구재에 대한 중성화 침투깊이 변화특성은 그림 1 및 표 1에 나타내었다.

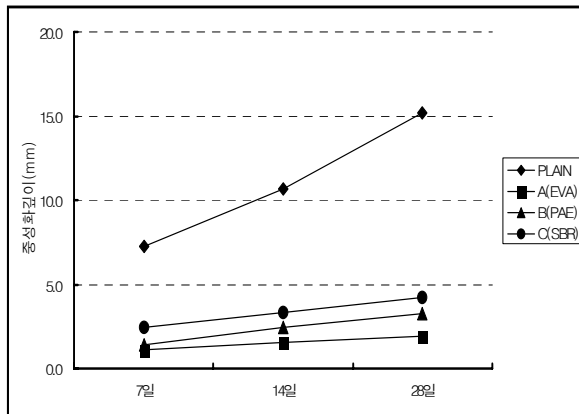


그림 2. 폭로시간에 따른 이산화탄소 침투깊이

구분	7일		14일		28일	
	결과	평균	결과	평균	결과	평균
PLAIN	7.02	7.2	10.64	10.7	15.26	15.1
	7.26		10.68		15.09	
	7.40		10.65		15.10	
A (EVA)	1.01	1.1	1.56	1.6	1.92	1.9
	1.12		1.54		1.89	
	1.04		1.55		1.93	
B (PAE)	1.48	1.4	2.56	2.4	3.21	3.2
	1.42		2.44		3.16	
	1.38		2.32		3.17	
C (SBR)	2.42	2.5	3.42	3.3	4.17	4.2
	2.50		3.33		4.28	
	2.55		3.28		4.22	

표 1. 중성화 침투깊이 측정결과

3.2 표면보호재

표면보호재에 대한 이산화탄소 침투깊이 변화특성을 56일간 측정할 결과 1% 페놀프탈레인 용액 분무에 의해서는 이산화탄소가 침투하지 못한 것으로 평가되었다. 반면 이를 등가공기층 확산두께(S_D)로 구하면 각 52.6m 37.4m를 얻을 수 있어 이산화탄소 침투 저항성을 정량적으로 평가할 수 있었다.

표 2. 표면보호제에 대한 이산화탄소 저항성 시험결과

구 분	플렉스(i)	등가공기층두께(m)	침투깊이(mm)
등가공기층두께(S _D)	A	4.71	52.6
	B	6.62	37.4

3.3 결과분석

단면복구제의 이산화탄소 침투깊이는 노출시간에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 일반 콘크리트에 비해서는 우수한 저항성을 가진 것으로 나타났다. 노출시간에 따른 뚜렷한 침투경향성을 나타내므로 기존의 침투깊이 측정법을 통해서 충분히 이산화탄소 저항성을 평가하고 탄산화 속도를 도출할 수 있다고 판단된다. 반면 표면보호제의 경우에는 56일간의 축진시험후 침투깊이를 측정하지 못해 정량적인 이산화탄소 저항성을 평가하지 못한 반면, 등가공기층 두께의 산출을 통해서 정량적인 이산화탄소 침투저항성 평가가 가능하였다. 따라서 향후 표면보호제에 대한 보다 많은 시험을 통해 품질기준을 마련할 필요성이 있다.



4. 결론

콘크리트 구조물 보수용 단면복구제 및 표면보호제에 대한 중성화 침투저항성 시험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 3가지 다른 계열의 폴리머를 사용한 단면복구제 및 2가지 종류의 표면보호제에 대한 중성화 침투깊이 시험을 실시한 결과 단면복구제의 경우 KS F 4042에서 규정한 품질기준인 침투깊이 2mm를 초과하는 결과를 얻은 반면 표면보호제의 경우에는 전혀 이산화탄소를 투과하지 않은 것으로 평가되었다.
- (2) 기존의 코팅재료에 대한 중성화깊이 측정법을 보완하기 위한 방법으로 등가공기층 확산깊이를 산정하는 이산화탄소 저항성 시험을 제안하였다. 시험결과 단면복구제의 경우 중성화깊이 측정법을 통해 이산화탄소 투과저항성을 평가할 수 있는 반면 표면보호제의 경우에는 이산화탄소 투과량 측정을 통한 등가공기층 두께 산정법이 효과적인 이산화탄소 투과저항성능 평가방법임을 밝혔다.

감사의 글

이 논문은 2008년 산업자원부 표준기술력향상사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 시험을 위해 도움을 주신 서울특별시 북부도로교통사업소 관계자분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국건설자재시험연구원, 콘크리트구조물 보수 및 보호시스템에서의 기준콘크리트 표준화 연구 최종 보고서, 산업자원부, 2007.
2. Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures Definitions, Requirements, Quality Control and Evaluation of Conformity Part 3 : Structure and non-structure repair, EN 1504-3, 2004.