

보수용 모르타르의 강도 및 투과특성에 관한 연구

백신원

한경대학교 안전공학과
(2003. 6. 16. 접수 / 2003. 12. 4. 채택)

An Experimental Study on the Strength and Permeability Characteristics of Repair Mortar

Paik, Shin Won

Department of Safety Engineering, Hankyong National University
(Received June 16, 2003 / Accepted December 4, 2003)

Abstract : Structure surfaces damaged due to many causes are repaired by several special mortars. But wide studies about the permeability of these mortars were rarely conducted. In this study compressive strength test, flexural strength test and bond strength test of these mortars were conducted. And chloride ion penetration test was also conducted to explore the permeability characteristics of selected repair mortars. This test was carried out following the standard ASTM C1202-91. Colourimetric penetration depth can be drawn from these test results using a relationship equation between colourimetric penetration depth and charge passed which C. Andrade suggested. Diffusion coefficient can be calculated by CTH rapid method. To the end, the present study can provide a firm base for the application of repair mortars to concrete structures
Key Words : repair mortar, chloride ion penetration, colourimetric penetration depth

1. 서 론

콘크리트 구조물은 여러 가지 원인에 의해 손상을 입거나 시간이 지남에 따라 노후화가 진행된다. 이와 같이 손상을 입거나 노후화가 진행된 구조물은 그 내구성능이 저하되어 계속 사용하기 위해서는 보수를 하거나 보강해야만 한다. 구조물을 보수 하거나 보강하는 것은 구조물의 수명을 크게 연장하는 일로 여러 가지의 경제적인 효과가 있기 때문에 이에 대한 연구와 공법 개발 등이 활발히 이루어지고 있다¹⁾.

일반적으로 보수는 손상원인을 제거하거나 여러 가지 보수재료를 이용하여 구조물의 성능을 향상시킬 수 있도록 대상 구조물에 대한 추가적인 공사를 하는 것을 의미한다. 특히 여러 가지 원인에 의해 부식되거나 탈락된 콘크리트 표면의 보수에는 보수용 모르타르가 많이 사용되고 있다.

한편 콘크리트 구조물의 내구성에 가장 크게 영

향을 미치는 인자중 하나는 콘크리트 투수특성인데, 표면보수에 주로 사용되는 보수용 모르타르에 대한 연구는 접착성능과 압축강도를 중심으로 이루어지고 있다^{2,3)}.

따라서 본 연구에서는 표면보수재로 주로 사용되는 5종류의 보수재에 대한 압축강도, 휨강도, 부착강도와 더불어 염소이온 투과 시험을 통해 투수특성을 알아내어 콘크리트 구조물의 종류와 용도 및 위치에 따라 보수하는데 있어 올바르게 사용될 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

2. 실험변수 및 배합

본 연구에서는 5 종류의 모르타르를 선택하여 실험을 수행하였는데, Table 1은 실험에 사용된 5 종류의 모르타르로서 ERH는 초속경폴리머모르타르, CA는 내중성화폴리머모르타르, CH는 내화학폴리머모르타르, CL은 내염화폴리머모르타르, SP는 뿔칠폴리머모르타르를 의미한다.

Table 1. Mortar types

Specimen name	Mortar Type
ERH	Extra rapid hardening polymer mortar
CA	Carbonation - resisting polymer mortar
CH	Chemical - resisting polymer mortar
CL	Chloride - resisting polymer mortar
SP	Spray polymer mortar

Table 2. Mix proportioning

Specimen	Cement (kgf/m ³)	Water (kgf/m ³)	Fine aggregate (kgf/m ³)	Mineral admixture (kgf/m ³)	Chemical admixture (kgf/m ³)
ERH	167	334	1,573	220	5.9
CA	639	334	1,199	124	3.9
CH	501	334	1,199	261	3.9
CL	560	334	1,199	202	3.9
SP	590	334	1,111	258	7.9

Table 2는 5종류의 보수용 모르타르의 배합표로서 모르타르 생산업체에서 추천하고 있는 배합을 사용하였다.

3. 실험 방법

3.1. 압축강도

모든 배합에 대하여 온도 20±2℃, 습도 60%인 실험실에서 50mm×50mm×50mm Cubic 몰드에 2층 다짐에 의해 공시체를 변수 ERH 9개, CA, CH, CL, SP는 각각 12개씩 제작하여 약 20시간이상이 경과한 후 탈형하고 온도 23±1℃의 수중에서 측정시간 동안 표준양생을 한 후 압축강도를 KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험방법)에 의거하여 측정하였다.

3.2. 휨강도

모든 배합에 대하여 온도 20±2℃, 습도 60%인 실험실에서 40mm×40mm×160mm 각주형 몰드에 2층 다짐에 의해 공시체를 변수 ERH 9개, CA, CH, CL, SP는 각각 12개씩 제작하여 약 20시간이상이 경과한 후 탈형하고 온도 23±1℃의 수중에서 측정시간 동안 표준양생을 한 후 휨강도를 KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험방법)에 의거하여 지간의 길이를 100mm로 하고 3점 휨시험(3 point bending test)으로 측정하였다.

3.3 부착강도

KS L 5207의 규정하는 방법으로 제작한 모르타르를 안쪽 치수 70mm×70mm×20mm의 금속제 형틀을 사용하여 성형하고, 온도 20±2℃, 습도 80% 이상의 상태로 24시간 양생한 뒤 탈형한 후 6일 동안 20±2℃의 물속에서 양생하고, 이것을 다시 온도 20±2℃, 습도 80% 이상의 양생실에서 7일 이상 양생한 후 제품의 표면에 붙은 이물질등을 제거한 모르타르판을 시험용 밀판으로 사용하였다.

시험용 모르타르판에 본 연구에서 측정하고자 하는 보수용 모르타르를 평탄하게 도포한 후 온도 20±2℃, 습도 80% 이상의 양생실에서 측정시간동안 양생시킨 후 상부 인장용 어태치먼트 바닥면과 시료 도포면에 접착제를 이용하여 접착을 시키고, 상부 인장용 어태치먼트 4 주변을 따라시료의 두께만큼 홈을 판 후, 수직으로 인장력을 가하여 부착 강도를 측정하였다.

3.4. 염소이온 투과시험

염소이온 투과시험은 ASTM C1202-91 Electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration⁴⁾와 AASHTO T259의 방법에 의거하여 수행하였다. 28일 수중 양생한 직경 10cm의 콘크리트 시편을 길이가 5cm가 되도록 절단한 다음 실험을 수행하기 전까지 상대습도 95%이상 유지시킨다. 실험시 시편은 Applied Voltage Cell 에 고정시키고 회로 구성을 한다. 이 회로에서 전원은 60±0.1V의 직류를 안정적으로 공급할 수 있어야 한다. 실험을 수행하는 동안 전해질 용액이 새지 않게 하기 위하여 사용되는 Sealant는 고무제품이고 무게는 20~40g 정도의 것으로 Cell 과 시편사이를 고정시킨다.

전류를 측정하는 방법으로는 기지의 저항체를 연결하여 전압을 측정함으로써 얻을 수 있는데 이 때에 사용되는 저항으로는 콘크리트 시편에 적용되는 전압에 영향이 적도록 하기 위하여 가능한 작은 저항을 사용하는 데 본 실험에서는 0.1Ω을 사용하였다. 콘크리트 시편의 노출된 부분은 불투수성의 재료로 덮개를 하는데 이는 실험이 진행되는 동안 콘크리트 표면이 건조되어 염소이온의 투과에 영향을 미치는 것을 방지하기 위함이다.

A.V. Cell의 (-) 전극에 3.0%의 NaCl 용액을 채우고 (+) 전극 쪽에는 0.3N의 NaOH 용액을 채운다. 3% NaCl 용액은 물 900ml에 NaCl 30g을 용해시킨 후 물을 가하여 1000ml의 용액을 만들고 0.3N NaOH

는 물 1L에 NaOH 12g을 용해시켜 제조한다. 실험 시 용액의 초기 온도는 20~25℃를 유지하도록 한다. 또한 시험 중 용액의 온도는 90℃이하가 되도록 한다.

시험중 30분마다 0.1Ω의 저항에 걸리는 전압을 Data Logger로 측정하여 기록한다. 이 때 전압은 0.1mV까지 측정 가능해야 하고 ±0.1%의 정도를 가진 장치이어야 한다. 측정된 전압값은 다음 식 (1)에 의하여 전류치로 환산한다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0.1} \quad (1)$$

여기서, I = 전류(Ampere, A)
 V = 전압(Volts, V)
 R = 저항(Ohms, Ω)

염소이온 투과실험은 매 시편마다 6시간이 소요 되고 30분 간격으로 전압값을 측정한다. 측정된 전압을 전류로 환산하여 다음 식 (2)을 이용하여 회로를 통과한 총 전하량을 산정한다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \quad (2)$$

여기서, Q = 회로를 통과한 전하량(Coulombs)
 I_n = 실험시작후 n분이 경과하였을 때의 전류(Ampere)

ASTM의 규정에서는 본 실험에서 산정된 전하량을 염소이온 투과성과 비교하는 자료를 제시하고 있고 Table 3과 같다.

4. 실험 결과

4.1. 강도

초속경폴리머모르타르는 경화가 빨리 일어나므로 타설후 3시간, 6시간, 24시간의 압축강도, 휨강도, 부착강도를 측정하였는데, 이에 대한 평균값 결과는 Table 4(a)와 같으며, 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르, 내염화폴리머모르타르, 뽕칠폴리머모르타르는 타설후 3일, 7일, 14일, 28일의 압축강도와 휨강도와 3일, 7일, 14일의 부착강도를 측정하였는데, 이에 대한 평균값 결과는 Table 4(b)와 같다.

Table 3. Chloride ion penetrability

Charge passed(coulombs)	Chloride ion penetrability
>4,000	High
2,000~4,000	Moderate
1,000~2,000	Low
100~1,000	Very Low
<100	Negligible

Table 4(a). Strength results(1)

Specimen name	Compressive strength (kgf/cm ²)			Flexural strength (kgf/cm ²)			Bond strength (kgf/cm ²)		
	3hr	6hr	24hr	3hr	6hr	24hr	3hr	6hr	24hr
ERH	219	270	375	31.6	45.9	75.5	14.4	17.4	21.6

Table 4(b). Strength results(2)

Specimen name	Compressive strength (kgf/cm ²)				Flexural strength (kgf/cm ²)				Bond strength (kgf/cm ²)			
	3day	7day	14day	28day	3day	7day	14day	28day	3day	7day	14day	28day
CA	256	392	434	542	72.4	84.7	99.0	115.3	17.1	24.3	30.5	
CH	256	360	438	526	62.2	79.6	96.9	114.3	17.6	24.4	30.1	
CL	269	393	494	568	79.6	96.9	116.3	127.6	20.1	25.9	35.9	
SP	250	375	417	504	59.0	71.5	76.8	82.9	25.6	27.9	31.8	

Table 4b에서 보는 바와 같이 내염화폴리머모르타르가 가장 큰 압축강도와 휨강도 결과를 보였으며, 뽕칠폴리머모르타르가 가장 낮은 압축강도와 휨강도 결과를 보였다. 한편, 부착강도에서는 내염화폴리머모르타르가 가장 큰 결과를 보였고, 내중성화폴리머모르타르와 내화학폴리머모르타르가 가장 낮은 결과를 보였다.

4.2. 투수

염소이온 투과시험 결과는 Fig 1과 같으며, Fig 1에서 보는 바와 같이 초속경폴리머모르타르, 내염화폴리머모르타르, 뽕칠폴리머모르타르, 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르 순으로 염소이온 투과량이 큰 결과를 보여, 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르 등은 수밀성이 요구되는 구조물의 보수에 사용하는 함에 있어 세밀한 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다.

C. Andrade의 논문에 의하면 ASTM C1202-91의 염소이온 투과시험에 의해 측정된 이온투과량(Passed charge, Coulomb)과 색 변화 측정방법(Colourimetric method)의 색 변화 깊이(Colour changing depth)는 다음 식과 같은 선형관계식으로 표현할 수 있다.

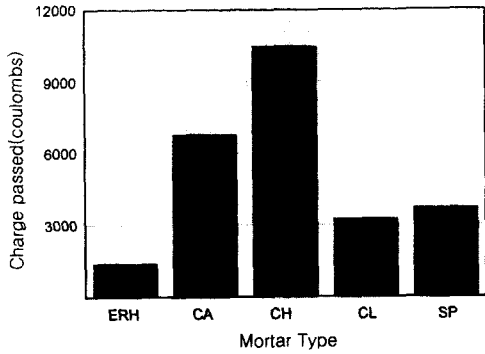


Fig. 1. Charge passed according to mortar type

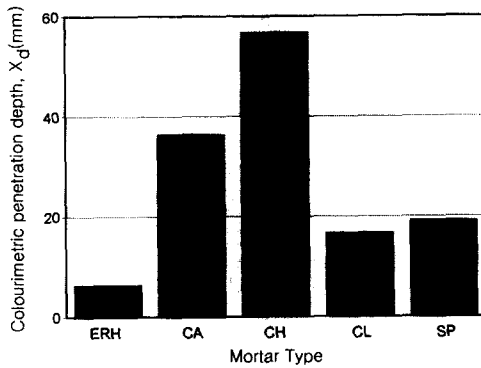


Fig. 2. Colourimetric penetration depth according to mortar type

$$Q = 3.56 + 2.54 X_d \quad (3)$$

여기서, Q : 단위면적당 통과한 전하량(Coulombs/cm²)

X_d : 색 변화 깊이(mm)

이 식 (3)에 의해 구한 보수용 모르타르 종류별 색 변화 깊이는 Fig. 2와 같다.

염소이온 확산계수 측정실험(CTH rapid method)에서 염소이온의 이동특성은 이온의 확산에 의해 지배되며, 이것은 확산계수에 의해 표현될 수 있는데, 다음 식 (4)로 확산계수(Diffusion coefficient)를 구할 수 있다.

$$D_{nssm} = \frac{RTL}{zFU} \frac{x_d - \alpha\sqrt{x_d}}{t} \quad (4)$$

$$\alpha = 2\sqrt{\frac{RTL}{zFU}} \operatorname{erf}^{-1} \left(1 - \frac{2c_d}{c_0} \right) \quad (5)$$

여기서, D_{nssm} : 확산계수(Diffusion coefficient, m²/sec)

z : 이온밸런스 절대값(Absolute value of ion valence, $z=1$)

F : 페러디 상수(Faraday constant, $F = 9.648 \times 10^4 \text{J}/(\text{V} \cdot \text{mol})$)

U : 포텐셜차 절대값(Absolute value of potential difference, V)

R : 가스상수(Gas constant, $R = 8.314 \text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$)

T : 용액온도(solution temperature, K)

L : 시편두께(thickness of the specimen, m)

x_d : 침투깊이(penetration depth, m)

t : 시험시간(test duration, second, $t = t\text{CTH} \times 3600$)

erf^{-1} : 에리 역함수(inverse of error function)

c_d : 색 변화 염소농도

(chloride concentration at which the colour changes, $c_d \approx 0.07\text{N}$)

c_0 : 셀 농도(chloride concentration in the upstream cell, $c_0 \approx 2\text{N}$)

이 식 (4)에 의해 구한 보수용 모르타르 확산계수는 Fig. 3과 같다.

5. 결론

콘크리트 구조물은 사용성과 안전성을 확보하기 위해서는 구조물에 대한 보수와 보강과 같은 철저한 유지관리가 필요하며, 특히 여러 가지 원인에 의해 손상된 표면은 철근의 부식과 단면력을 확보하기 위해 보수용 모르타르를 이용하여 보수를 하게 된다.

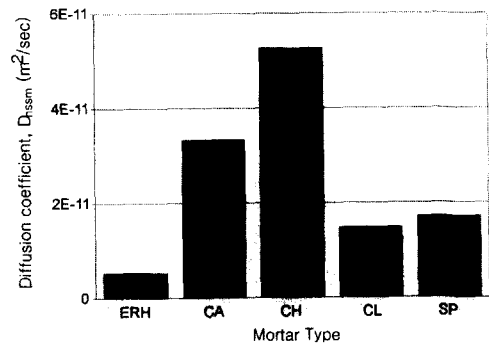


Fig. 3. Diffusion coefficient according to mortar type

따라서 본 연구에서는 보수용 모르타르에 대한 강도 및 투수특성을 알아보기 위해 표면보수재로 주로 사용되는 5종류의 보수용 모르타르를 선택하여 압축강도, 휨강도, 부착강도와 투수성을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

① 압축강도에서는 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르, 내염화폴리머모르타르, 뽕칠폴리머모르타르 중 내염화폴리머모르타르가 가장 큰 결과를 보였으며, 뽕칠폴리머모르타르가 가장 낮은 결과를 보였다.

② 휨강도도 압축강도와 마찬가지로 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르, 내염화폴리머모르타르, 뽕칠폴리머모르타르 중 내염화폴리머모르타르가 가장 큰 결과를 보였으며, 뽕칠폴리머모르타르가 가장 낮은 결과를 보였다.

③ 부착강도에서는 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르, 내염화폴리머모르타르, 뽕칠폴리머모르타르 중 내염화폴리머모르타르가 가장 큰 결과를 보였으며, 내중성화폴리머모르타르와 내화학폴리머모르타르가 가장 낮은 결과를 보였다.

④ 염소이온 투과량 및 색변화 깊이, 확산계수는 초속경폴리머모르타르, 내염화폴리머모르타르, 뽕칠폴리머모르타르, 내중성화폴리머모르타르, 내화

학폴리머모르타르 순으로 큰 결과를 보여, 내중성화폴리머모르타르, 내화학폴리머모르타르 등은 특히 수밀성이 요구되는 구조물의 보수에는 적합하지 않은 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 강성후, '토목구조물의 안전진단과 사례', 도서출판 구미서관, 2001.
- 2) 오병환, 정원기, 차수원, 장봉석, "콘크리트 투수성 측정 및 초저투수성 콘크리트의 개발연구", 콘크리트학회논문집 제8권, 제5호, 1996, 10.
- 3) 박승범, 김도겸, "콘크리트 중의 염소이온 확산 특성에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회논문집, 제12권, 제1호, 2000. 2.
- 4) Annual Book of ASTM Standard, C1202, "Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration", 1990.
- 5) C. Andrade, M. Castellote, C. Alonso, C. Gonzalez, "Relation between colourimetric chloride penetration depth and charge passed in migration tests of the type of standard ASTM C1202-91", Cement and Concrete Research, 1999.