



복합양생에 의한 폴리머 시멘트 모르타르의 성질

조영국^{1)*}

¹⁾청운대학교 건축공학과

Properties of Polymer Cement Mortars under Combined Cures

Young-Kug Jo^{1)*}

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Chungwoon University, Hongsung 350-750, Korea

ABSTRACT Concrete is much more easily damaged by various parameters than by the only one and performance reducing mechanism grows more complicated in that condition. In addition, the factors which really act in concrete structure tend to be activated in turn and the degradation of concrete is very rapidly progressed. The purpose of this study is to evaluate the properties of polymer cement mortars under combined cures. The polymer cement mortars are prepared with various polymer types, polymer-cement ratios and cement-fine aggregate ratio, and tested for compressive and flexural strengths, accelerated carbonation, chloride ion penetration and acid resistance test, and freezing-thawing test. The properties of polymer cement mortars under combined cures is discussed. From the test results, polymer cement mortars have superior strengths compared with plain cement mortar under combined cures. The strengths of polymer cement mortars are markedly increased at curing condition II and V, however strengths are not improved at curing condition I and IV irregardless of polymer types. The carbonation and chloride ion penetration depths of polymer cement mortars tend to decrease in curing conditions, III-C, IV-B, V-A order, and decrease with increasing polymer cement ratios. It is concluded that polymer cement ratio of 10 to 15% are considered optimum for the preparation of such polymer cement mortars.

Keywords Polymer cement mortar, polymer-cement ratio, compressive strength, flexural strength, carbonation

1. 서 론

현대사회의 건축양식을 지배하고 건설 산업의 비약적인 발전을 뒷받침한 영구적인 재료라 여겨졌던 콘크리트는 구조물의 성능저하로 인해 대규모의 사고가 발생하고 그 안전성 및 사용성에 문제가 제기되어 최근에는 콘크리트 위기로까지 불리게 되었다. 세계 각국에서는 콘크리트의 내구성 개선에 대한 필요성을 인식하게 되었으며 이를 위한 많은 연구를 진행해 왔다. 그동안의 콘크리트의 동결융해, 중성화, 염해, 황산염 침식 등 콘크리트 사용 환경에 따른 콘크리트 내구성 저하 발생 원인별 성능저하 메커니즘 구명을 위한 연구가 진행되어 왔으며 이에 따른 콘크리트 성능저하 원인별 내구성 개선 및 내구수명 예측에 대한 연구결과가 상당수 보고 되어 왔다¹⁻⁵⁾.

한편, 콘크리트 구조물은 장기간에 걸쳐 동결융해 등의 기상작용 및 황산염, 산류 등의 화학적 침식작용, 중성화, 염화물에 의한 철근 부식, 반응성 골재 등에 의한 화학작용 등을 시공 초기부터 동시에 또는 순차적으로 받게 된다^{3,4)}. 이와 같은 콘크리트 성능저하 요인들의 복합적 또는 순차적인 작용은 환경오염과 사용여건의 가혹

화에 따라 더욱 증가되고 있으며 콘크리트 성능저하도 현저해지고 있다. 따라서 콘크리트 내구성 개선을 위해서는 이러한 여러 가지 성능저하 요인들이 복합적으로 또는 순차적으로 작용할 때의 성능저하 요인에 대한 구명과 내구성 개선 방안에 대한 연구가 절실히 되고 있다. 이러한 시멘트계 콘크리트 재료의 성능개선을 위한 방법 중 하나가 시멘트 콘크리트 조직 구조를 보강하는 폴리머 디스퍼션의 혼입이다¹⁾. 폴리머 디스퍼션의 혼입에 의해 시멘트 콘크리트 조직에 성질이 다른 조직 구조가 복합화 되어 내구성을 증진시킨다. 폴리머 시멘트 콘크리트 및 모르타르의 내부에 형성된 폴리머 필름에 의한 내구성이 크게 개선되기 때문이다.

본 연구는 폴리머 시멘트 모르타르의 초기재령에서부터 복합양생을 받을 경우, 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 내구성 저하요인을 실험적으로 검토하여 보다 더 시멘트 콘크리트 구조물의 성능을 개선시킬 수 있는 방안을 모색할 수 있는 기초적 자료를 제공하고자 하였다. 따라서 양생을 실시하면서 작용될 수 있는 각 요인을 비교 시험하기 위하여 양생재령을 달리하였다.

2. 연구 계획 및 방법

본 연구는 폴리머 종류, 시멘트-잔골재의 배합비(C : S),

*Corresponding author E-mail : ykjo@chungwoon.ac.kr
Received May 30, 2006, Accepted August 30, 2006
©2006 by Korea Concrete Institute

Table 1 Test variables in properties of polymer cement mortars under combined cures

Factor	Type of polymer	P/C (%)	C : S	Curing condition
Level	PA	0, 5, 10,	1 : 2	I, II, III, IV, V
	St/BA	15, 20	1 : 3	

폴리머 시멘트비(P/C)에 따른 복합양생을 받은 폴리머 시멘트 모르타르의 기초적 성질을 시험한 것이다. Table 1은 본 연구의 실험 인자 및 수준을 나타내고 있다.

2.1 사용 재료

2.1.1 시멘트

본 실험에 사용된 시멘트는 국내산으로 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.1.2 시멘트 혼화용 폴리머

시멘트 혼화용 폴리머는 현장에서 널리 사용되고 있는 아크릴계(이하 PA) 에멀전과 스틸렌·아크릴산 부틸(이하 St/BA)을 사용하였으며, 그 성질은 Table 2와 같다.

2.1.3 소포제

시멘트에 폴리머를 혼입할 때 진행되는 기포를 제거하기 위하여 수성 폴리머 분산계에 실리콘계 에멀전(고형분 30%)을 폴리머 중량에 대하여 0.7% 첨가하였다.

2.1.4 염화나트륨 및 황산용액

염화물 이온 침투시험을 위하여 시약용 염화나트륨(순도 99%)을 사용하여 10%의 염화나트륨용액을 제조하였으며, 내산성시험으로 황산용액 5%를 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 폴리머 시멘트 모르타르 제작 및 양생

폴리머 시멘트 모르타르는 KS F 2476(시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법)에 따라 Table 3과 같이 시멘트-잔골재 배합비 1:2 및 1:3, 폴리머 종류 PA 및 St/BA, 폴리머 시멘트 비를 0, 5, 10, 15 및 20%로 하여 폴리머 시멘트 모르타르의 플로우가 170±5mm가 되도록 물시멘트비를 조정한 배합을 사용하여 40×40×160 mm의 몰드를 제작하였다. 제작된 공시체는 양생조건을 5가지로 달리 하여 Fig. 1과 같은 조건으로 양생하였다. 양생조건을 자세히 설명하면 다음과 같다.

Table 3 Mix proportions of polymer cement mortars

Type of mortar	Cement : sand (by weight)	P/C (%)	W/C (%)	Flow (mm)
Plain		0	52.0	167
		5	41.6	171
PA	1 : 2	10	35.6	169
		15	31.0	175
		20	27.2	175
		5	44.0	168
St/BA		10	39.0	169
		15	36.0	170
		20	34.8	172
Plain		0	67.5	171
		5	47.5	166
PA	1 : 3	10	41.8	171
		15	37.5	165
		20	36.5	166
St/BA		5	55.0	170
		10	47.5	171
		15	47.5	168
		20	46.3	166

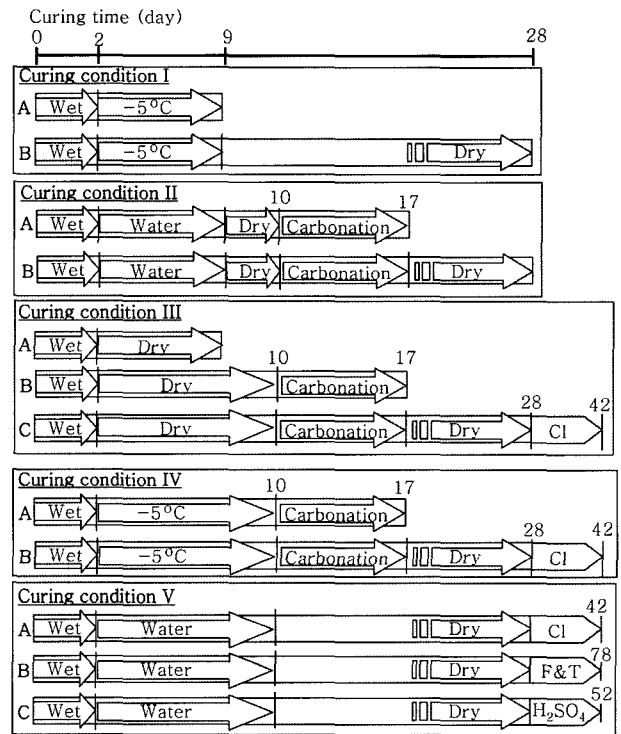


Fig. 1 Curing condition of polymer cement mortars

Table 2 Properties of polymer dispersions

Type of polymer	Specific gravity (20°C)	pH (20°C)	Viscosity (20°C, mPa·s)	Total solids (%)
PA	1.02	8.6	30	46
St/BA	1.07	6.4	2900	55

1) Curing condition I

· A: 폴리머 시멘트 모르타르를 제작, 2일간 습윤양생 (20°C, 80% R.H), 7일간 저온양생 (-5°C, 50% R.H.)을 실시하였다.

· B: A와 같이 9일간 양생 후, 재령 28일까지 기중양생 (20°C, 50% R.H)을 실시하였다.

2) Curing condition II

· A: 폴리머 시멘트 모르타르를 제작, 2일간 습윤양생, 7일간 수중양생 (20°C), 1일간 기중양생, 7일간 중성화 촉진시험 (30°C, 50% R.H., CO₂ 5%)을 실시하였다.

· B: A와 같이 양생한 후, 재령 28일까지 기중양생을 실시하였다.

3) Curing condition III

· A: 폴리머 시멘트 모르타르를 제작, 2일간 습윤양생, 7일간 기중양생을 실시하였다.

· B: A와 같이 2일간 습윤양생, 8일간 기중양생, 7일간 중성화 촉진시험을 실시하였다.

· C: B와 같이 양생한 후, 재령 28일까지 기중양생을 실시하였다. 그 후 14일간 염화나트륨용액(농도 10%, 20°C)속에서 침투시험을 실시하였다.

4) Curing condition IV

· A: 폴리머 시멘트 모르타르를 제작, 2일간 습윤양생, 9일간 수중양생, 8일간 저온양생, 7일간 중성화 촉진시험 (30°C, 50% R.H., CO₂ 5%)을 실시하였다.

· B: A와 같이 양생한 후, 재령 28일까지 기중양생을 실시하였다. 또한 그 후 14일간 염화나트륨용액(농도 10%, 20°C)속에서 침투시험을 실시하였다.

5) Curing condition V

· A: 2일간 습윤양생, 7일간 수중양생, 재령 28일까지 기중양생을 실시하였다. 그 후 14일간 염화나트륨용액(농도 10%, 20°C)속에서 침투시험을 실시하였다.

· B: A와 같이 28일간 양생한 후, 동결융해 시험을 300 사이클까지 실시하였다.

· C: A와 같이 28일간 양생한 후, 황산용액에 28일간 침지하였다.

2.2.2 압축강도 및 휨강도 시험

소정의 양생을 실시한 후, KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험방법)에 준하여 압축강도 및 휨강도 시험을 실시하였다.

2.2.3 중성화 촉진 시험

소정의 양생을 실시한 후, 중성화 촉진 시험 장치(30°C, 60%R.H., CO₂ 농도 5%)를 이용하여 중성화 시험을 7일간 실시하였다. 시험 후 공시체를 절단하여 그 절단면에 페놀프탈레인 1% 알코올 용액을 분무하여 적색으로 변화하지 않는 부위를 중성화 영역으로 간주하여 측정하였다.

2.2.4 염화나트륨 수용액 침지 시험

소정의 양생을 실시한 폴리머 시멘트 모르타르를 염화

나트륨 10% 용액에 14일간 침지하였다. 침지 후, 모르타르를 2등분으로 절단하여 플루오레세인 나트륨 0.1% 용액 및 0.1N 초산은 용액을 분무하여, 갈색으로 변화되지 않은 부위를 염화물 침투영역으로 간주하여 측정하였다.

2.2.5 동결융해 시험

동결융해 시험은 KS F 2443(급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항시험방법)에 준하여 +4±2°C~18±2°C의 온도범위에서 실시하였으며, 총 300 사이클까지 시험을 실시하였다.

2.2.6 내산성시험

소정의 양생을 실시한 폴리머 시멘트 모르타르를 황산 5%용액에 28일간 침지하여 실험을 실시하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 양생조건에 따른 압축강도 및 휨강도

Fig. 2는 양생조건 I의 초기동해를 입은 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도를 나타내고 있다. 양생조건 I의 A는 재령이 9일인 만큼 압축강도가 5.8~8.7 MPa, 휨강도가 2.0~3.1 MPa 정도로 낮게 나타났다. 보통 시멘트 모르타르의 압축강도 및 휨강도 보다 모든 폴리머 시

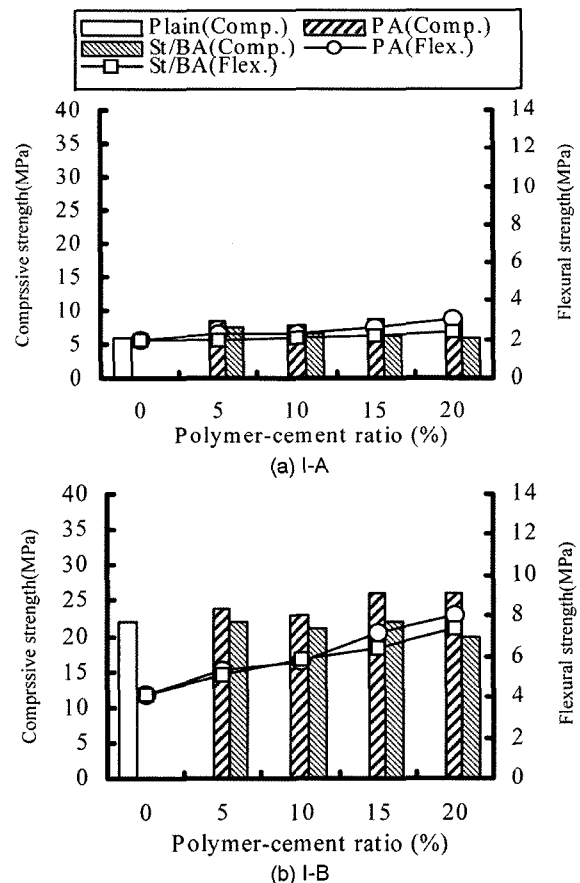


Fig. 2 Strengths at curing condition I (A, B)

멘트 모르타르에서 최대 1.45~1.55배 높은 강도를 나타냈다. 또한 초기 동해를 입은 폴리머 시멘트 모르타르의 재령 28일에 있어서의 강도는 다른 양생 조건에 비해 비교적 낮게 나타나 초기 동해가 압축강도에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었다. 특히 표준양생조건 V의 강도와 비교하면, 보통 시멘트 모르타르 경우, 압축강도 32.7%, 휨강도 51%, 폴리머 시멘트의 경우 최대강도에서 압축강도가 26%, 휨강도가 25% 각각 작게 나타나, 초기동해에 의한 강도 저하는 보통 시멘트 모르타르의 경우가 폴리머 시멘트 모르타르에 비해 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 또한 폴리머 종류에 따른 강도는 전반적으로 PA의 경우가 St/BA에 비해 높은 강도를 발현하였는데, 이는 폴리머 자체의 경화 후 탄성계수의 차이로 생각할 수 있다.

Fig. 3은 양생조건 II에 의한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도를 나타내고 있다. 폴리머 시멘트 모르타르의 표준양생인 2일 습윤양생, 7일 수중양생을 실시한 후, 중성화 시험을 위해 1일간 기중에 방치한 다음, 중성화 시험을 실시한 결과이다. 폴리머 종류에 관계없이 재령 17일에 있어서의 압축강도는 보통 시멘트 모르타르에 비해 높은 강도를 보였으며 폴리머 시멘트비 10% 또는 15%에서 최대치를 보였다. 오히려 폴리머 시멘트비가 20%일 때 강도의 저하를 나타냈다. 이는 전술한 바와 같이 시멘트 모르타르 매트릭스 속에 탄성계수가 시멘트 모르타르의 약1/10인 폴리머 필름의 양이 증가할수록 강성이 저하하기 때문이다. 그러나 본 연구에서와 같이 폴리머 시멘트 모르타르가 높은 강도를 나타

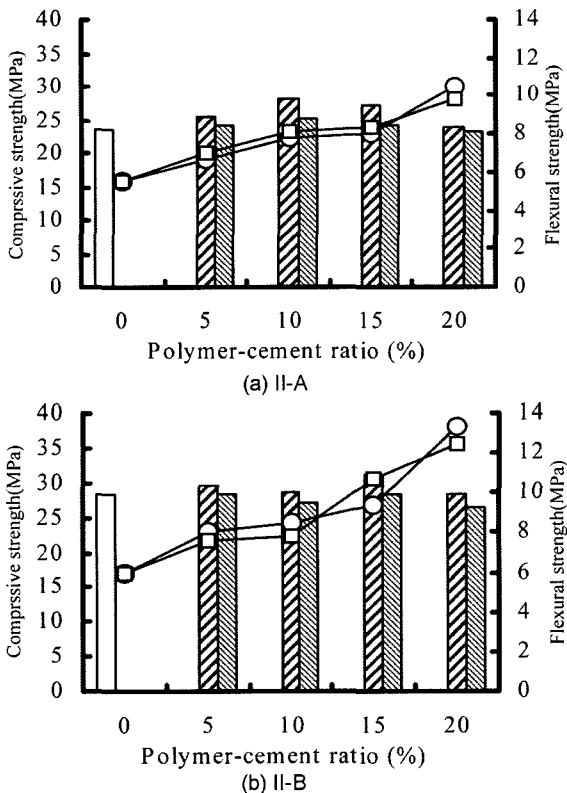


Fig. 3 Strengths at curing condition II(A, B)

낸 것은 같은 시공연도에서 필요한 물의 양이 상당히 감소하였기 때문이다. 또한 압축강도에 비해 휨강도의 경우가 강도발현이 큰 것은 폴리머 자체의 필름이 휨 인성을 증대시켰기 때문이라 볼 수 있으며, 최대 폴리머 시멘트비 20%에서 보통 시멘트 모르타르에 비해 약 1.9~2.1배의 높은 강도를 나타낸 이유이다. 양생조건 V와 비교하면, 압축강도의 경우 약 3~5% 정도 작았으나, 휨강도의 경우는 폴리머 시멘트 모르타르의 경우 약 10% 크게 나타났다. 이는 중성화 장치에서의 높은 양생온도에 의한 폴리머 필름의 강화가 휨 인성 증진에 기여한 것으로 생각할 수 있다.

Fig. 4는 양생조건 III(A, B, C)에 의한 폴리머 시멘트 모르타르의 재령 9일, 재령 17일, 재령 28일에 있어서의 압축강도와 휨강도를 나타내고 있다. 이 시험도 양생조

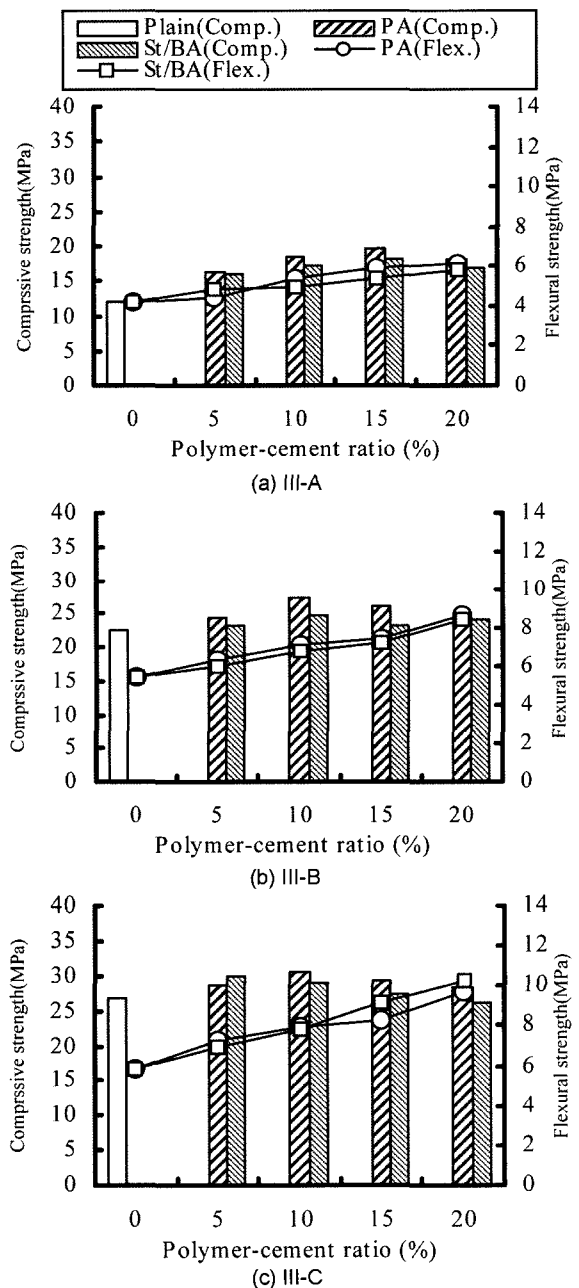


Fig. 4 Strengths at curing condition III(A, B, C)

건 II와 마찬가지로 중성화에 의한 강도변화를 평가하기 위한 것이다. 양생조건 III-A는 양생조건 I-A에 비해 전반적으로 높은 강도를 나타냈으며, 양생조건 III-B는 양생조건 II-A에 비해 약간 낮은 강도를 나타냈다. 또한 양생조건 III-C는 양생조건 II-B 보다 낮은 강도를 나타냈다. 폴리머 시멘트 모르타르의 강도발현을 위해서는 초기에 수중에서 양생함으로써 시멘트의 수화를 촉진한 다음, 기중양생을 실시하여 내수성이 약한 폴리머 필름의 수분을 건조시켜 강화하는 양생방법을 선택할 필요가 있다. 초기에 건조양생을 실시하면, 폴리머 필름은 강화되나, 시멘트 자체의 수화에 따른 강도 발현에 영향을 미치기 때문이다.

Fig. 5는 양생조건 IV(A,B)에 의한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도를 나타낸 것이다. 양생조건 IV-A의 압축강도와 휨강도는 양생조건 III-B에 비해 압축강도가 약 15~20%, 휨강도가 약 30~46% 낮게 나타났다. 또한 양생조건 IV-B의 압축강도와 휨강도는 양생조건 III-C에 비해 압축강도가 약 10~13%, 휨강도가 약 20~30% 낮게 나타나, 재령이 증가함에 따라 강도의 회복이 약하게 나타났다. 이 결과에서 알 수 있는 바와 같이 초기 동해는 결과적으로 강도발현에 커다란 영향을 미침을 알 수 있다. 또한 초기 동해는 압축강도에 비해 휨강도의 발현에 영향을 크게 미쳤다. 폴리머 시멘트비

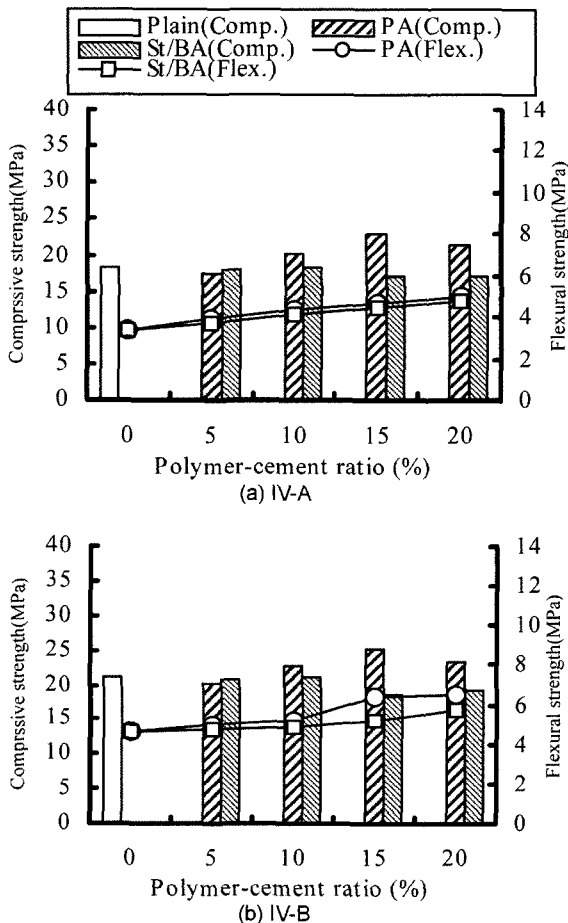


Fig. 5 Strengths at curing condition IV(A, B)

에 따라서는 압축강도의 경우 15%, 휨강도의 경우에는 10%에서 최대치를 나타냈으며, PA의 경우가 St/BA 보다 높은 강도를 보였다.

Fig. 6은 양생조건 V(A)에 의한 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도를 나타내고 있다. PA의 경우가 보통 시멘트 모르타르 보다 높은 강도를 나타냈으나, St/BA의 경우는 약간 낮은 강도를 보였다. 또한 휨강도의 경우에는 폴리머 종류에 관계없이 보통 시멘트 모르타르에 비해 최대 1.8배의 높은 강도를 나타냈다. 본 양생방법은 폴리머 시멘트 모르타르의 표준양생방법이나 실제 현장에서의 양생은 기중양생이기 때문에 약간의 차이가 있으나 강도발현에 있어서의 최적의 양생방법이다.

3.2 시멘트-골재비에 따른 성질

Fig. 7은 양생조건 I-B, II-B, III-C 및 IV-B에서 양생한 시멘트-잔골재비가 1:3인 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도와 휨강도를 나타내고 있다. Fig. 2에서 Fig. 6의 압축강도 및 휨강도는 시멘트-잔골재비가 1:2인 폴리머 시멘트 모르타르에 대한 실험적 고찰이었다. 전반적으로 1:2에 비해 1:3의 경우가 강도발현이 낮았으며, 그 정도는 양생조건에 따라 차이를 보였다. 양생조건 I의 경우, 시멘트-잔골재비에 따른 압축강도저하는 보통 시멘트 모르타르의 경우 28.6%, 폴리머 시멘트 모르타르 경우 평균 6.9%를 나타냈다. 또한 휨강도의 경우는 보통 시멘트 모르타르 경우가 12.2%, 폴리머 시멘트 모르타르 경우에는 평균 16.8%를 나타냈다. 상대적으로 폴리머 시멘트 모르타르의 경우가 저온양생에 따른 강도 저하는 보통 시멘트 모르타르에 비해 휨강도에서 크게 나타났다. 이는 폴리머 시멘트 모르타르의 큰 특징인 휨인성의 개선에 초기 동해에 의한 양생방법은 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 양생조건 II의 경우, 보통 시멘트 모르타르의 압축강도 및 휨강도의 저하는 14.5% 및 11.7%이며, 폴리머 시멘트 모르타르의 경우, 7.0%와 13.5%를 나타냈다. 또한 폴리머 종류에 따라서는 압축강도의 경우 St/

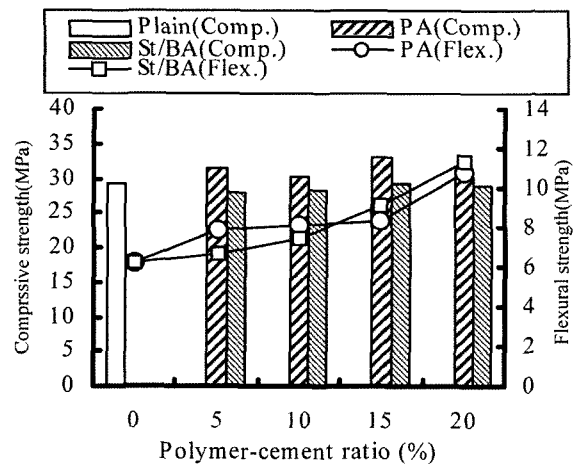


Fig. 6 Strengths at curing condition V(A)

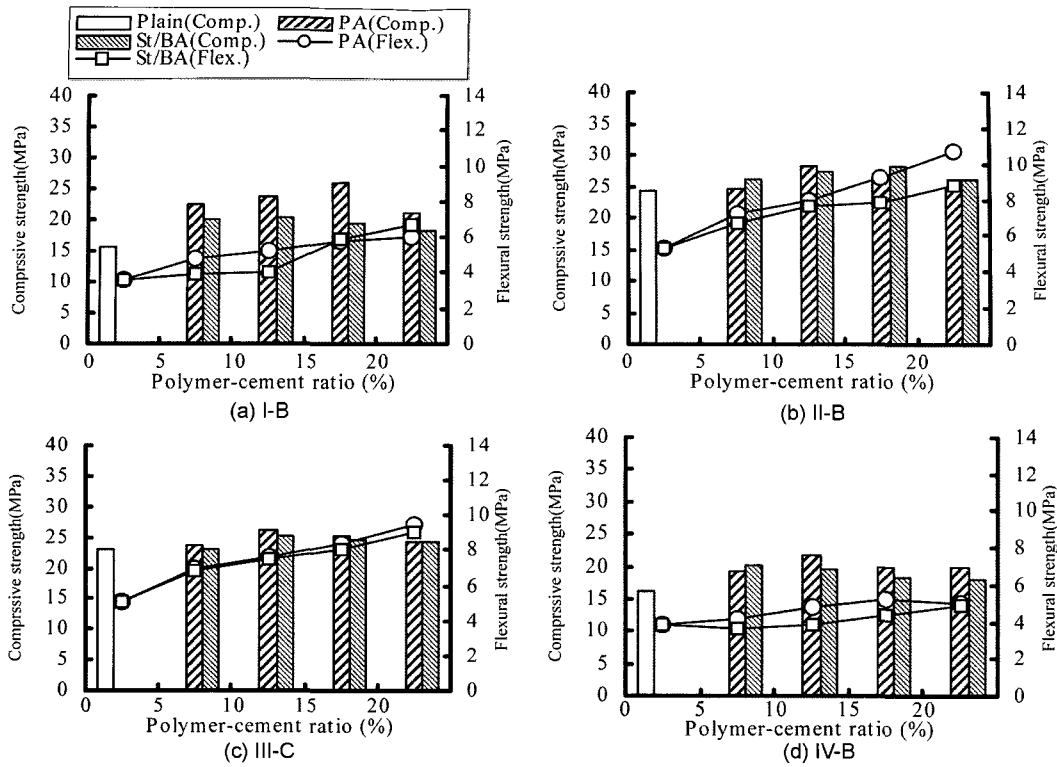


Fig. 7 Strengths according to curing condition (I-B, II-B, III-C, IV-B)

BA가 휨강도의 경우에는 PA의 경우가 강도의 저하가 작게 나타났다. 양생조건 III의 경우에는 보통 시멘트 모르타르의 강도저하율이 14.1% 및 12.1%, 폴리머 시멘트 모르타르 경우, 14.3% 및 5.2%를 나타냈다. 양생조건 IV의 경우에는 보통 시멘트 모르타르의 강도저하율이 23.1% 및 17.4%, 폴리머 시멘트 모르타르 경우, 7.9% 및 17.3%를 나타냈다. 결과적으로 시멘트-잔골재비 1:2의 경우가 1:3에 비해 보통 시멘트 모르타르의 압축강도 및 휨강도는 평균 20% 및 13.3%, 폴리머 시멘트 모르타르 경우, 평균 9% 및 13.2%로 나타났다. 또한 양생조건별로는 압축강도의 경우, 양생조건 II의 경우가, 휨강도의 경우에는 양생조건 III의 경우 강도 저하가 적게 나타났다.

3.3 중성화

중성화에 의한 강도의 영향을 평가하기 위하여 양생조건 II-B와 양생조건 V-A의 강도를 비교해 보면, 압축강도의 경우 양생조건 II-B가 V-A에 비해 보통 시멘트 모르타르 경우, 3.4%, 폴리머 시멘트 모르타르 경우, 평균 4.5% 낮게 나타났다. 그러나 휨강도의 경우에는, 보통 시멘트 모르타르의 경우에 3.2% 낮게 나타났지만 폴리머 시멘트 모르타르의 경우는 오히려 11.3%나 크게 나타났다. 폴리머 시멘트 모르타르의 표준양생으로 강도를 발현할 때, 양생도중 중성화에 의해 압축강도는 감소하였으나, 휨강도가 오히려 증가한 것은 중성화 촉진 시험시 30°C의 높은 온도에서 양생중반기에 폴리머 필름이 건조되어 휨인성을 크게 한 것으로 볼 수 있다. 전술한 결과에서도 다른 조건에 비해 양생조건 II-B의 경우가 가장

높은 휨강도를 보인 결과로 설명할 수 있다.

Fig. 8은 양생조건 II-A, III-B, IV-A에서 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화 촉진 시험을 실시한 후, 중성화 깊이를 나타낸 것이다. 양생조건에 따른 폴리머 시멘트 모르

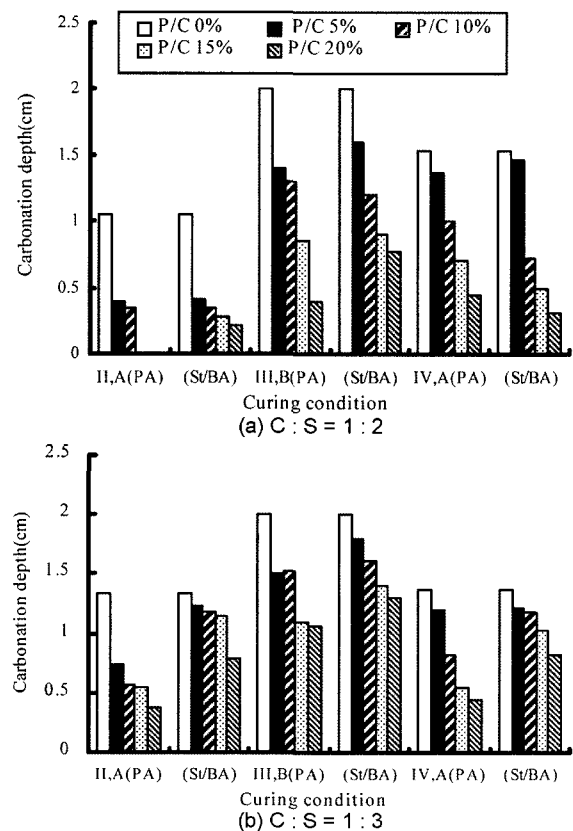


Fig. 8 Carbonation depth of polymer cement mortar(1 : 2 and 1 : 3)

타르의 중성화 깊이는 양생조건 II-A, IV-A, III-B 순으로 작게 나타났으며 폴리머 필름의 중성화 저항성으로 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 크게 감소하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 표준양생 과정의 양생조건 II-A가 강도에서도 높은 강도를 보인 것과 마찬가지로 중성화 깊이도 작게 나타났다. 그러나 양생조건 IV-A보다 큰 강도를 나타낸 양생조건 III-B는 오히려 중성화 깊이가 크게 나타났다. 이는 양생조건이 시험편의 탈형 후, 계속적으로 기중양생을 실시하여 건조상태를 유지하였기 때문에 이산화탄소의 침투를 용이하게 하였기 때문으로 사료된다. 시멘트-잔골재비에 따른 중성화 깊이는 1:2에 비해 1:3의 경우 약간 크게 나타났다.

3.4 염화물 이온 침투

Fig. 9는 양생조건 III-C, IV-B, V-A에서 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물이온 침투 깊이를 나타낸 것이다. 양생조건에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물이온 침투깊이는 양생조건 III-C, IV-B, V-A 순으로 크게 나타났으며 폴리머 필름의 차염성으로 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 크게 감소하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 표준양생 과정의 양생조건 V-A에서 가장 작은 염화물 침투 깊이가 나타난 것은 전술한 큰 강도의 결과로 볼 수 있다. 또한 중성화에서 고찰한 바와 같이 오히려 초기 동해를 받은 폴리머 시멘트 모르타르의 경우가 기중양생을 실시한 경우보다 염화물이온의 침투 깊이가 작게 나

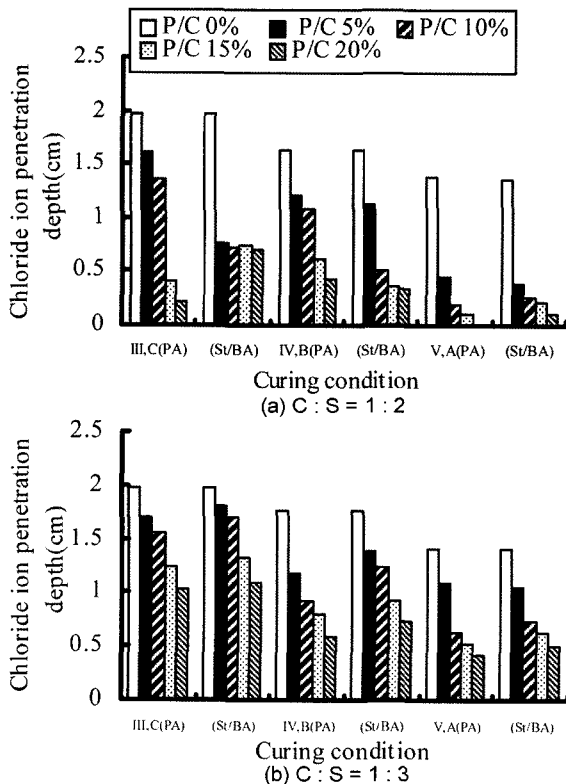


Fig. 9 Chloride ion penetration depth of polymer cement mortar(1:2 and 1:3)

타났다. 시멘트-잔골재비에 따른 염화물 침투 깊이는 1:3의 경우가 1:2에 비해 약간 크게 나타났으며, 폴리머 종류에 따라서는 PA의 경우가 St/BA에 비해 염화물 이온 침투 저항성이 크게 개선되었다. 보통 시멘트 모르타르의 경우에는 염화물이온이 거의 단면을 관통하였으나, 폴리머 시멘트 비 20%의 폴리머 시멘트 모르타르의 침투 깊이는 0.5 cm 이하로 보통 시멘트 모르타르의 1/10~1/4 정도였다.

3.5 내동해성

Fig. 10은 양생조건 V-B로 양생한 폴리머 시멘트 모르타르를 동결융해시험기로 300사이클 동안 시험한 후, 강도, 강도 저하율 및 중량 감소율을 나타내고 있다. 동결융해 시험후의 강도는 보통시멘트 모르타르에 비해 폴리머 시멘트 모르타르가 매우 높게 나타났으며, 그 정도는

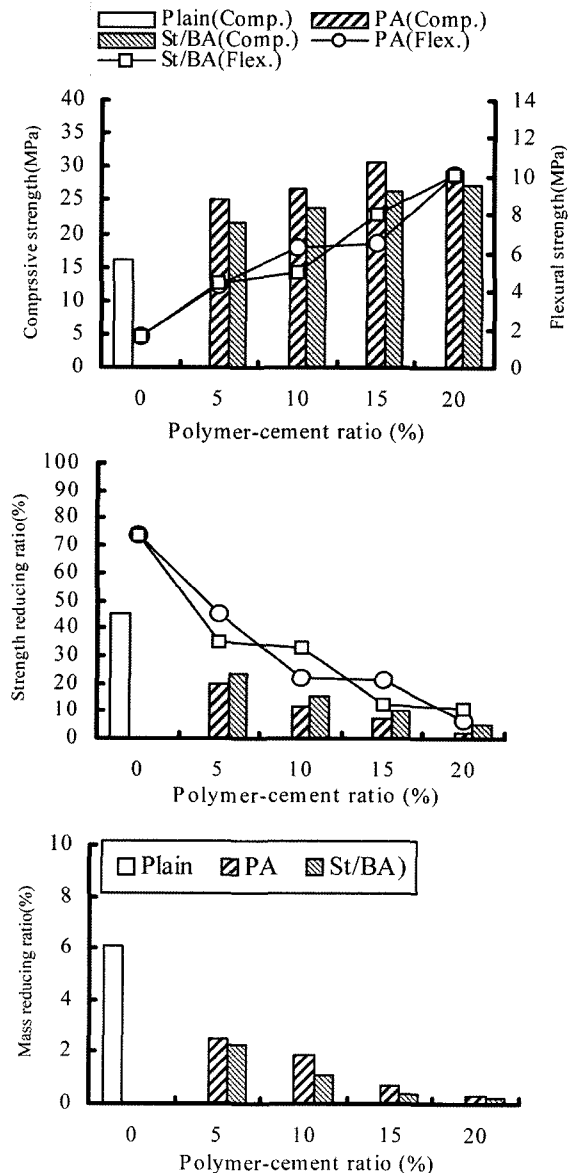


Fig. 10 Properties after freezing-thawing test at curing condition V-B

휨강도의 경우가 훨씬 크게 나타났다. 압축강도의 경우에는 폴리머 시멘트비 15%에서, 휨강도에서는 폴리머 시멘트비 20%에서 최대치를 보였다. 또한 시험전후의 강도 저하율은 보통 시멘트 모르타르의 경우 압축강도가 45%, 휨강도가 74%로 크게 나타났으나, 폴리머 시멘트 모르타르 경우에는 20% 및 40% 이하를 보였다. 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 강도 저하율도 크게 감소하여, 동결융해 저항성에 폴리머의 작용이 크게 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 폴리머 시멘트 모르타르의 동결융해 시험후의 중량감소도 보통 시멘트 모르타르에 비해 훨씬 작았으며, 강도 저하율과 마찬가지로 폴리머의 혼입량이 증가 할수록 그 저항성은 크게 개선되었다.

3.6 내산성

Fig. 11은 양생조건 V-C로 양생한 폴리머 시멘트 모르타르를 황산 5%용액에 28일간 침지한 후, 강도, 강도 저

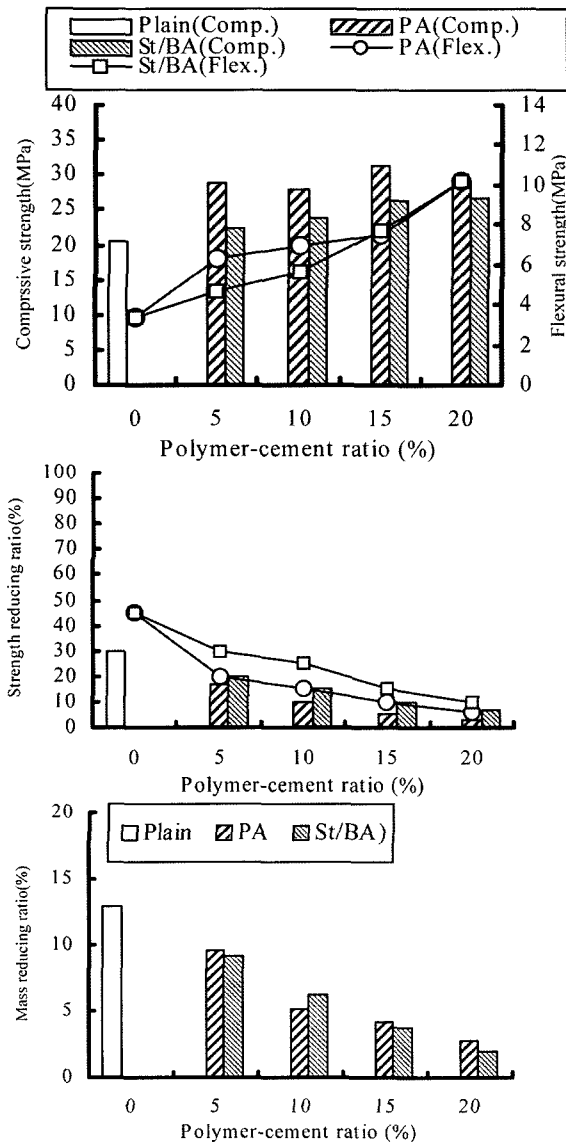


Fig. 11 Properties after acid-resistance test at curing condition V-C

하율 및 중량 감소율을 나타내고 있다. 폴리머 시멘트 모르타르의 내산성 시험 후, 강도 성상은 내동해성 시험 결과와 정도는 차이가 있으나, 비슷한 경향을 보였다. 폴리머 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르에 비해 내산성이 우수하게 나타났으며, 그 정도는 폴리머 시멘트비가 증가할수록 크게 나타났다. 보통 시멘트 모르타르의 강도 저하율은 30% 및 47%로 나타났으며, 폴리머 시멘트 모르타르 경우에는 20%와 30% 이하를 보였다. 또한 폴리머 시멘트 모르타르는 내동해성 보다 내산성이 크게 개선되었으며, 내동해성 시험 후의 중량감소율이 내산성 시험 후의 중량감소율 보다 작았음에도 불구하고 강도저하율이 크게 나타났다. 이는 동해에 의한 피해가 폴리머 시멘트 모르타르의 내부 조직까지 피해를 끼쳤으나, 내산성 시험은 황산용액이 시멘트 모르타르의 표면부터 침식하여 침식된 부분은 취약하게 되나 시멘트 모르타르 내부까지는 침투되지 않아 건전한 조직이 존재하기 때문에 사료된다.

3.7 복합양생에 의한 폴리머 시멘트 모르타르의 성질

본 연구에서는 하나의 양생조건에서도 복합적인 양생 방법이 포함되어 있다. 중성화 후의 강도성상, 중성화 후의 염화물의 복합양생, 초기 동해후의 강도 및 중성화, 그리고 염화물이온 침투 등의 여러 가지 복합양생에 의해 강도 및 내구성이 저하되는데 그 정도가 보통 시멘트 모르타르에 비해 현격히 작게 나타나 폴리머의 혼입에 의한 개선효과가 뚜렷하였다. 또한 시멘트에 혼입하는 폴리머의 최적의 양에 있어서도 폴리머 시멘트비가 10~15% 정도가 성능면에서 유리할 것으로 사료된다. 그리고 시멘트-잔골재비 또한 성능에 영향을 크게 미친다. 1:2의 경우는 1:3에 비해 시멘트의 절대량이 많아 강도 증진도 컸지만, 폴리머의 양이 시멘트량에 대한 중량비인 만큼 폴리머의 절대량도 증가하여 내구성의 개선효과가 크게 나타났다. 폴리머 종류에 따라서는 아크릴계 폴리머인 PA의 경우가 강도 및 내구성면에서 전반적으로 St/BA에 비해 우수하게 나타났다.

4. 결 론

복합양생을 받은 폴리머 시멘트 모르타르의 성질에 대한 연구결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

- 1) 폴리머 시멘트 모르타르의 강도는 양생조건 II, V, III, IV, I 순으로 높게 나타났으며, 압축강도의 경우 폴리머 시멘트비 10-15%, 휨강도의 경우에는 20%에서 최대치를 나타냈다.
- 2) 시멘트-잔골재비에 따른 강도는 1:2의 경우가 1:3의 경우에 비해 훨씬 큰 강도를 보였으며, 폴리머 PA의 경우가 St/BA 보다 큰 강도를 보였다.
- 3) 폴리머 시멘트 모르타르의 중성화 및 염화물이온

- 침투 깊이는 양생조건 III-C, IV-B, V-A 순으로 크게 나타났으며 폴리머 필름의 차염성으로 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 크게 감소하였다.
- 4) 폴리머 시멘트 모르타르는 내동해성 보다 내산성이 크게 개선되었으며, 내동해성 시험 후의 중량 감소율이 내산성 시험 후의 중량감소를 보다 작았음에도 불구하고 강도 저하율이 크게 나타났다.
 - 5) 이상의 결과로부터, 폴리머 시멘트 모르타르가 복합양생을 받을 경우 폴리머의 종류, 폴리머 시멘트비, 시멘트-잔골재비 등의 배합요인과, 양생조건에 따라 강도 및 내구성 개선의 정도가 크게 변화할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

1. Ohama, Y., *HandBook of Polymer-Modified Concrete and Mortars*, Noyes Publications, New Jersey, U.S.A, 1995, 225pp.
2. 조영국, 김영집, 소양섭, “양생조건이 폴리머 시멘트 모르타르의 강도발현에 미치는 영향에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집, 14권 3호, 1998, pp.335~344.
3. Ngala, V. T., and Page, C. G., “Effects of carbonation on pore structure and diffusional properties of hydrated cement pastes”, *Cement and Concrete Research*, Vol.27, No.7, 1997, pp.301~311.
4. 宮川豊章, “콘크리트構造物의耐久性上の問題點とその對策”, *콘크리트工學*, Vol.32, No.6, 1994, pp.66~71.
5. 竹田宣典, 十河茂幸 “凍結融解と中性化の複合劣化作用を受けるコンクリトの耐久性に關する研究”, *콘크리트工學年次論文集*, Vol.24, No.1, 2002, pp.735~740.

요 약 대부분의 콘크리트 구조물은 여러 가지 환경요인에 노출되었는데, 여러 가지 환경요인 중, 요인 한가지만의 작용이 아니라 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 콘크리트의 내구성은 현격하게 저하하게 된다. 본 연구에서는 복합양생을 받는 폴리머 시멘트 모르타르에 관한 강도 및 내구성 개선효과를 실험하였다. 폴리머 종류, 폴리머 시멘트비, 시멘트-잔골재비를 변화하여 폴리머 시멘트 모르타르를 제작한 후, 5가지의 환경요인, 즉 양생조건을 달리하여, 강도성장, 중성화, 염화물이온 침투, 내동해성, 내산성을 시험하였다. 시험결과, 폴리머 시멘트 모르타르는 보통 시멘트 모르타르에 비해 우수한 강도성장을 나타냈으며, 양생조건 II와 V에서 강도가 개선되었으나, 양생조건 I와 IV에서는 강도의 발현이 낮았다. 또한 중성화 및 염화물이온 침투 깊이는 양생조건 III-C, IV-B, V-A 순으로 작아졌으며, 폴리머 시멘트비의 증가에 따라 감소하였다. 본 연구에서 폴리머 시멘트비의 적정 혼입비는 10% 또는 15%이었다.

핵심용어 : 폴리머 시멘트 모르타르, 폴리머 시멘트비, 압축강도, 휨강도, 중성화