

혼화제 첨가 모르터를 이용한 압축부재의 보강성능 평가

Evaluation of Strengthening Capacity of Axial Member Using Admixture-Modified Mortar

박준명* 양동석** 박선규***
Park, Jun Myung Yang, Dong Suk Park, Sun Kyu

ABSTRACT

Strength and Durability of reinforced concrete exposed at deteriorated environment are decreased by cover spalling and corrosion of reinforcement. The purpose of this paper is to evaluate capacity of strengthening axial member using admixture-modified mortar. To investigate the capacity of strengthened axial member, behavior and strength of strengthening specimens were compared with a monolithic basic specimen. Admixture-modified mortar was prepared with silica fume, zeolite, polymer as cement modifier. From the result of this experiment, strengthening specimens using polymer-modified mortar have apparant strengthening capacity because of good flexural strength and tensile strength.

1. 서론

철근콘크리트 구조물은 해사의 사용, 극심한 환경적 요인 등에 의하여 심각한 손상을 받게 되며 철근의 부식과 콘크리트의 열화현상으로 인하여 구조물은 내구성 및 내하력이 저하되게 된다. 즉, 구조물이 해양환경등의 가혹한 환경에 노출되어 철근의 부식 그리고 콘크리트 피복의 박리, 박락현상으로 철근과 콘크리트 단면의 손실이 발생하게 되면 구조물의 내하력과 내구성은 저하되고 사용수명이 줄어들게 된다. 손상이 발생한 구조물과 구조부재의 문제를 해결하고 사용수명을 증가시키기 위하여 손상정도에 따라 보수보강공법을 수행하여야 하는데, 현재 국내 뿐 아니라 외국에서도 보수보강에 관련

* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

** 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 박사과정

*** 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 부교수

된 공사비가 급증하는 추세이다. 따라서 효과적이고 경제적인 보강공법을 개발하고 적용하여 구조물의 보수보강과 유지관리에 소모되는 비용을 절감하는 노력이 필요하다.

구조물의 보강공법은 손상된 구조물의 사용수명을 증가시키고 구조적으로 안전성의 확보를 위하여 중요한 것으로 시공성이 우수하고 경제적이며 보강효과에 대하여 정확한 예측이 가능하고, 그 효과가 뛰어나야 한다. 현재 손상된 구조물의 내구성과 내하력 향상을 위하여 적용되고 있는 보수보강공법에는 강판보강, 탄소섬유보강, 단면증설등의 공법이 있다.

이에 대하여 본 연구에서는 손상된 콘크리트 구조물에 대하여 역학적 특성이 상이한 혼화재 첨가 모르터를 보강재료로 이용하여 손실된 단면을 복구하였다. 그리고 실험을 통하여 혼화재 첨가 모르터의 역학적 특성을 규명하였고 혼화재 첨가 모르터로 보수·보강된 시험체의 압축력에 대한 보강효과와 거동특성을 파악하여, 경제적이고 시공성이 뛰어난 보강공법을 개발하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 개요

혼화재 첨가 모르터의 보강성능을 파악하기 위하여 압축부재에서 주철근의 내측과 외측(피복)이 일체로 제작된 시험체를 기준시험체로 제작하였다. 그리고 보강시험체는 구조물의 콘크리트 피복이 열화 현상으로 인하여 심하게 손상되어 제거된 것으로 가정하고, 제거된 콘크리트 피복의 면적에 대하여 혼화재 첨가 모르터를 이용하여 기준시험체와 동일한 단면이 되도록 단면을 보강하였다.

실험에 사용된 혼화재 첨가 모르터는 실리카흄(Silica Fume)과 제올라이트(Zeolite) 그리고 폴리머 디스퍼전(Polymer dispersion)을 혼화제로 사용하였다. 그리고 압축강도시험, 휨강도시험, 인장강도시험을 수행하여 보강재료로 사용된 혼화재 첨가 모르터의 역학적 특성을 파악하고 기준시험체와 보강 시험체의 하중-변형률관계를 통하여 혼화재 첨가 모르터의 보강성능을 평가한다.

2.2 실험변수 및 시험체명

표 1 실험변수 및 시험체명

Specimen	Type of Mortar	Cement : Sand (by weight)	W/C(%)	Admixture-Cement Ratio(%)
OPC	OPC-Mortar	1 : 1.74	48.6	0
Z10	Zeolite-Mortar		37.1	10
Z15				15
S10				Silica Fume-Mortar
S15	15			
P10	Polymer-Mortar			
P15				15

본 실험에서는 실험변수를 혼화재의 종류와 치환률로 하였고 그에 따라 7가지의 혼화재 첨가 모르터를 사용하여 기준시험체와 보강시험체를 제작하였다. 실험에 사용된 혼화재는 제올라이트(Zeolite), 실리카흄(Silica Fume), 폴리머 디스퍼전을 사용하였으며 폴리머 디스퍼전으로는 부틸 아크릴레이트와

스타이렌의 공중합 수성 디스퍼전을 사용하였다.

보통 시멘트 모르타(Ordinary Portland Cement Mortar)를 OPC-Mortar, 그리고 제올라이트, 실리카 흙, 폴리머 디스퍼전을 사용한 모르타를 Zeolite-Mortar, Silica Fume-Mortar, Polymer-Mortar로 구분하였다.

시험체명M은 기준시험체로써 OPC-Mortar로 철근의 내측과 외측이 일체형으로 제작된 것을 의미한다. 그리고 시험체명에서 Z, S, P는 보강시험체에 사용된 모르타의 혼화재를 의미하고 숫자는 혼화재의 혼입비율을 의미한다. 본 실험에서의 시험체명과 혼화재 첨가 모르타의 배합은 표 1와 같다.

2.3 실험재료

본 실험에 사용된 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 혼화재의 화학조성 및 특성은 표 2~4와 같다.

표 2 실리카흙의 화학적 조성

화학적분	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	비중
백분율(%)	0.93	95.22	2.36	2.8	0.57	2.12

표 3 제올라이트의 화학적 조성

화학적분	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
백분율(%)	12.12	72.39	1.77	1.29	0.81	2.74	2.20

표 4 폴리머 디스퍼전의 특성

	Specific Gravity(20℃)	pH (20℃)	Viscosity (20℃)	Total Solids
Polymer dispersion	1.03	7.5-8.5	170-500(mPa · s)	50(%)

2.4 시험체제작

축방향 하중에 대한 모르타의 보강효과를 파악하기 위하여 기준시험체와 혼화재 첨가 모르타로 보강한 보강시험체를 제작하였으며 시험체의 길이는 20cm이며 각 시험체에 대한 단면형상은 그림 1과 같다. 축하중재하시 하중이 주철근에 직접 재하되지 않도록 주철근에서 시험체의 양끝단까지의 두께를 2cm로 하였다. 모든 시험체의 주철근은 SD30 D10의 철근을 사용하였으며 띠철근은 직경이 3mm인 철사를 사용하여 5cm간격으로 배치하였다.

기준시험체는 철근의 내측과 외측(피복)을 일체로 제작하였다. 그리고 보강시험체는 주철근의 내측을 OPC-Mortar로 먼저 제작한 후 외측에는 각각의 혼화재 첨가 모르타를 이용하여 보강하였다. 모든 시험체를 제작한 후 하루 한 차례씩 7일간 대기상태에서 물을 주면서 습윤양생을 수행하였다.

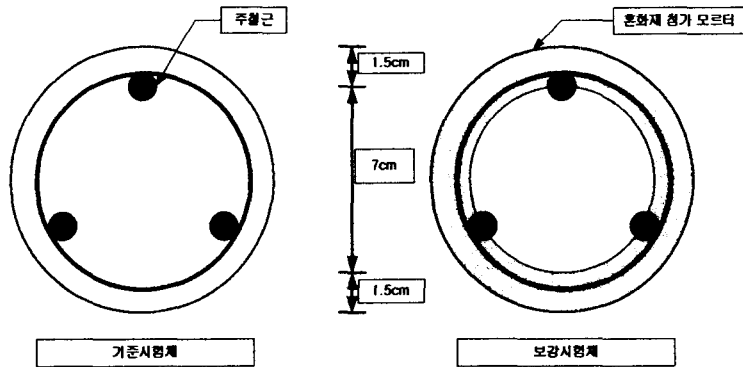


그림 1 시험체의 형상

3. 실험결과 및 분석

3.1 혼화재 첨가 모르터에 대한 공시체 특성

기준시험체와 보강시험체의 제작에 사용된 보통 시멘트 모르터와 혼화재 첨가 모르터의 역학적 특성을 파악하기 위하여 각종 모르터를 28일간 수중양생한 후 압축강도시험, 조깅인장강도시험, 휨강도시험을 KS F 2405, KS F 2423, KS F 2408에 따라 실시하였다.

다음의 표 5는 각종 모르터에 대한 공시체의 압축강도, 인장강도, 휨강도를 나타낸 것이다.

표 5 혼화재 첨가 모르터의 공시체 특성

	OPC-Mortar	Zeolite-Mortar		Silica Fume-Mortar		Polymer-Mortar	
		10%	15%	10%	15%	10%	15%
Compressive Strength	350	528	504	576	540	400	378
Tensile Strength	27	36	35.3	30	30	41	40
Flexural Strength	76	73	72	69	73	102	103

표 5에서 알 수 있는 바와 같이 Zeolite-Mortar와 Silica fume-Mortar는 OPC-Mortar와 비교하여 40~50%정도 압축강도가 증가한 것으로 나타났다. 그러나 Polymer-Mortar는 OPC-Mortar와 비교하여 압축강도는 약 10%정도 증가하였다. 또한 인장강도시험의 결과, OPC-Mortar와 비교하여 Zeolite-Mortar는 33%, Silica fume-Mortar는 11%, Polymer-Mortar는 52%정도 인장강도가 증가한 것을 알 수 있었다. 그리고 모르터의 휨강도에 대한 결과에서는 OPC-Mortar와 Zeolite-Mortar 그리고 Silica fume-Mortar가 큰 차이를 나타내지 않았으며 Polymer-Mortar는 다른 모르터와 비교하여 휨강도가 약 51%정도 높게 나타났다.

3.2 축하중재하실험의 결과

그림 2~3은 기준시험체M과 보강시험체 OPC, S10, S15, Z10, Z15, P10, P15의 하중과 변형률의 관계를 나타내고 있다. 다음의 표 6는 축하중재하실험에서 얻은 각 시험체의 최대하중과 변형률을 비교 정리한 것이다.

표 6 축하중재하실험의 결과

시험체명	최대하중시 변형률 ($\mu\epsilon$)	최대하중 (tonf)	최대하중의 비교 (보강시험체/기준시험체)	변형률의 비교 (보강시험체/기준시험체)
M	2989	31.0	1	1
OPC	1995	29.7	0.96	0.67
S10	2320	33.3	1.07	0.78
S15	2254	33.5	1.08	0.75
Z10	3036	40.0	1.29	1.02
Z15	2932	40.8	1.31	0.98
P10	5032	42.0	1.35	1.68
P15	5677	40.1	1.29	1.89

실험결과를 살펴보면 보강시험체 OPC는 기준시험체M과 비교하여 최대하중이 약 4%저하되었으며 변형능력이 33%정도 감소한 것을 알 수가 있다.

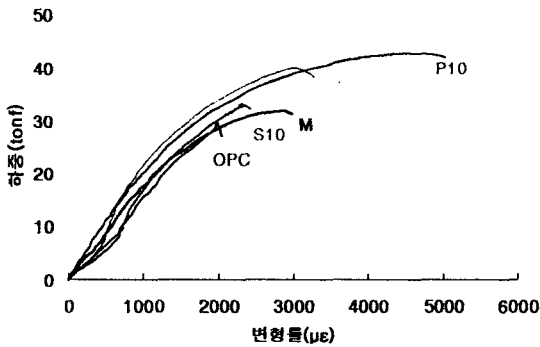


그림 2 시험체의 하중-변형률 곡선

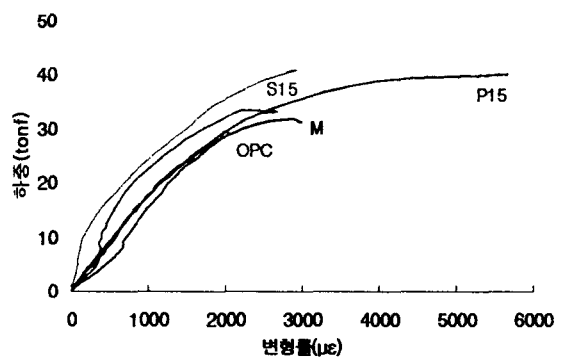


그림 3 시험체의 하중-변형률 곡선

고강도의 Silica fume-Mortar로 보강한 시험체S10, S15는 최대하중이 약 7~8%증가하지만 변형능력은 약 25%정도 감소되는 것을 알 수가 있었다. 보강시험체Z10, Z15는 기준시험체와 비교하여 변형능력은 크게 향상되지 않았지만 최대하중에서 약 30%의 보강효과를 보였다. 보강시험체P10, P15는 최대하중이 30~35%정도 증가하는 보강효과를 나타냈으며 변형능력에서도 70%정도 향상되는 것을 알 수가 있었다. 그리고 혼화재의 치환율에 의한 보강효과의 차이는 5%미만으로 큰 차이가 없었다. 이와 같은 시험체에 따른 보강효과는 시험체를 보강하는데 사용된 모르터의 역학적 특성에서 찾을 수가 있다. Silica fume-Mortar는 OPC-Mortar와 비교하여 인장강도, 휨강도는 비슷하고 압축강도가 60%정도 높은 보강재료지만 축하중 재하실험결과 보강효과는 거의 없었다. 따라서 보강재의 높은 압축강도는 축방향 압축력을 받는 부재에 대하여 보강효과가 없으며 오히려 고강도 모르터의 취성특성으로 변형

능력을 감소시키는 것으로 판단된다.

Zeolite-Mortar는 OPC-Mortar와 비교하여 44~50%이상의 압축강도증진과 함께 33%정도 인장강도가 향상되는 것으로 나타났으며, 축하중 재하 실험결과에서도 최대하중에서 30%정도의 보강효과를 나타냈다. 이와 같은 결과에서 혼화재 첨가 모르터를 이용한 압축부재의 보강시 보강재료의 인장강도가 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

또한 시험체P10, P15가 큰 변형능력을 가지며 최대하중이 크게 증가한 것은 OPC-Mortar와 비교하여 압축강도는 크게 향상되지 않지만 인장강도는 약 52%, 휨강도가 약 51% 향상된 Ploymer-Mortar의 역학적 특성인 것으로 판단된다. 즉 압축부재의 보강효과는 보강재의 인장강도와 휨강도의 영향을 크게 받는 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 혼화재 첨가 모르터를 이용한 철근콘크리트의 압축부재의 보강효과에 대한 실험을 수행하였고, 제한적 범위에서 도출한 연구결과는 다음과 같다.

1. 시험체M과 OPC의 축하중재하시험결과, 시험체의 내측과 동일한 모르터를 이용하여 보강한 경우 보강효과는 그다지 크지 않으며, 재료의 취성적인 특성에 의하여 혼화재 첨가 모르터의 갑작스런 파괴와 함께 시험체는 파괴된다.
2. 시험체OPC, S10, S15를 보강한 모르터는 압축강도에서만 큰 차이를 냈지만 보강효과는 거의 없었으며 오히려 변형능력이 감소하며 갑작스런 파괴를 발생시켰다. 즉 혼화재 첨가 모르터의 압축강도만을 고려하여 축하중에 대한 부재의 보강성능을 평가하면 모르터의 압축강도의 증가가 부재의 보강성능에 영향을 미치지 못하였다. 오히려 고강도재료의 취성적인 파괴특성으로 인하여 변형능력이 감소한다.
3. 휨강도, 압축강도가 매우 뛰어난 Polymer-Mortar로 보강한 P10, P15는 뛰어난 보강효과를 나타냈다. 이상의 결과에서 혼화재 첨가 모르터로 압축부재를 보강할 경우 부재의 보강성능은 모르터의 역학적 특성 중에서 압축강도보다는 휨강도, 인장강도에 의해 결정되는 것을 알 수가 있다.

참고 문헌

1. 양동석, 한경봉, 박선규, "시멘트계 보수재료를 이용한 철근 콘크리트 보의 휨내력 특성에 대한 실험적 고찰," 대한토목학회논문집, 제21권, 제2-A호, pp.287~294.
2. Ahmed Sherif Essawy, Moetaz EI-Hawary, "Strength and ductility of spirally reinforced rectangular concrete columns," *Construction and Building Materials*, Vol.12, No.1. pp.31-37.
3. S. Hanna, R. Jones, "Composite wrap for ageing infrastructure : concrete columns," *Composite Structure*, V.38, No.1/4, pp.57-64.
4. Shamim A. Sheikh, Murat T. Toklucu, "Reinforced Concrete Columns Confined by Circular Spirals and Hoops," *ACI Structural Journal*, V.90, No.5, September-October 1993, pp.542-553.
5. Ugur Ersoy, A. Tugrul Tantut, Ramadan Suleiman, "Behavior of Jacketed Columns," *ACI Structural Journal*, V.90, No.3, May-June 1991 pp.288-293.