

물시멘트비에 따른 분말형 구체방수재의 방수효과에 대한 실험적 연구

An Experimental Study on the Waterproof Effect of Powder Self Waterproof Admixture according to the Water-Cement Ratio

○박선규* 김용로* 신홍철* 배기선** 오상근*** 김무한****
Park, Sun-Gyu Kim, Yong-Ro Shin, Hong-Chul Bae, Kee-Sun Oh, Sang-Keun Kim, Moo-Han

ABSTRACT

In structures, it is important to improve the capacity of waterproof in aspect of the durability and management of maintenance. Among the method of waterproof, self waterproof method is to improve the capacity of waterproof of structure itself. Thereby, we can expect the effect of durability and economics.

In this study, we investigated the adding effect of waterproof admixture according to the water-cement ratio when used powder self waterproof admixture and analyzed the change of microstructure. Also, we were made to clear the mechanism of self waterproof admixture and intended to suggest the basic data on developing self waterproof admixture.

키워드 : 방수성능, 내구성, 혼입효과, 조직구조

Key Words : waterproof capacity, durability, adding effect, microstructure

1. 서론

구조물에 있어서 방수성능의 향상은 구조물의 내구성이나 유지관리 측면에서 그 중요성이 있으며, 경제적인 면에서도 효과가 있다. 방수성능의 향상을 위한 방수공법에는 여러 가지 방법이 있으나, 이중 콘크리트 구조체 자체의 방수성능을 개선시키는 구체방수공법에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 이에 따른 여러 가지 효과를 기대할 수 있다.^{1),2)}

구체방수재의 사용에 의한 기대효과로는 구체에 직접 혼입하는 방법이므로 별도의 방수시공이 필요 없고 이에 따른 공기 단축 등의 경제적인 효과가 기대된다. 또한, 기타의 방수공법으로는 시공이 곤란한 부위, 즉 음용수조, 지하저수조, 하수관로 등에서의 시공이 가능하며 콘크리트 조직의 치밀화에 의한 내구성의 향상이 기대되어진다.

- * 정회원, 충남대학교 건축공학과 대학원
- ** 정회원, 배재대학교 토목건축공학부 겸임교수, 공학박사
- *** 정회원, 서울산업대학교 건축설계과 교수, 공학박사
- **** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 실험계획 및 배합

물시멘트비 (W/C)	방수재 치환율 (%)	목표 플로우 (cm)	단위수량 (kg/m ³)	시멘트 (kg/m ³)	잔골재 (kg/m ³)	방수재 (kg/m ³)	측정항목
0.5	0	18±2	270	540	1424	0	· 굳지않은 성상 - 플로우시험 · 경화성상 - 압축강도시험 - 흡수율시험 - SEM 촬영(7, 28일) - X선 회절분석시험 (7, 28일) * 재령 7, 21, 28, 56일
	2			540	1414	10.8	
0.6	0			450	1497	0	
	2			450	1488	9	
0.7	0			386	1549	0	
	2			386	1542	7.7	
0.8	0			338	1588	0	
	2			338	1582	6.8	

따라서, 본 연구에서는 콘크리트용 구체방수재 중 분말형 구체방수재를 사용하여 물시멘트비와 혼입 유무에 따른 콘크리트의 방수성능의 개선 효과에 대하여 검토하고 이에 따른 조직의 변화를 분석하여 콘크리트 구체방수재료의 메카니즘을 규명하는 동시에 분말형 방수재료의 개발에 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 실험에 사용한 배합은 표 1에서 보는 것과 같이 목표 플로우치를 18±2cm로 하고, 수 차례의 예비실험을 행하여 단위수량을 270kg/m³으로 고정하였다. 또한, 콘크리트용 구체방수재료의 방수성능을 검토하기 위해서 물시멘트비를 0.5, 0.6, 0.7, 0.8의 4가지 수준으로 하고 각각의 물시멘트비 별로 방수재료의 혼입 유무에 따른 방수효과를 검토하였다.

2.2 사용재료 및 비빔방법

본 실험에 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타낸 바와 같다. 골재는 잔골재로서 충남 금강산 강모래를 사용하였고, 시멘트는 국내 S사의 보통포틀랜드시멘트, 구체방수재료로는 캐나다 K사의 제품을 사용하였다.

또한, 비빔방법은 JIS R 5201 모르터 비빔용 믹서를 사용하여 건모르터(시멘트+방수재)→유동화모르터의 단계로 분할 투입하여 균질성을 확보하고자 하였으며, 총 비빔시간은 120초가 소요되었다. 방수재의 혼입 방법은 본 실험에 사용된 구체방수재의 사용법에 따라 시멘트의 중량에서 치환율을 정하고, 그 치환량을 잔골재로 대체하는 방법을 사용하였다.

2.3 시험방법

모르터의 유동성상을 측정하기 위하여 KS L 5105 에 준하여 플로우 시험을 행하였으며, 경화성상의 측정을 위해 표 3에서 나타내는 것과 같이 방수재의 혼입 유무에 따라 재령 7일, 28일, 56일의 압

표 2. 사용재료의 물리적 성질

잔골재	충남 금강산 강모래 조립율 : 2.60, 비중 : 2.55
시멘트	보통포틀랜드시멘트 비중 : 3.15, 분말도 : 3,200(cm ² /g)
방수재	분말형 구체방수재 비중 : 1.48

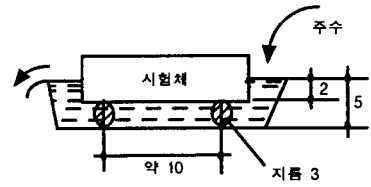
표 3. 시험항목 및 시험체

시험항목	기준	시험체 규격
압축강도	KS F 2451 KS L 5105	5×5cm
흡수시험	KS F 2451	4×4×16cm

축강도 시험과 재령 7일, 21일, 56일의 흡수시험을 실시하였으며, 이때의 내부 조직의 변화를 관찰하기 위한 SEM 촬영과 생성물질을 검토하기 위하여 X선 회절분석 시험을 실시하였다.³⁾⁴⁾

압축강도시험은 KS F 2451 및 KS L 5105에 의거하여 5×5cm의 시험체로 제작하여 측정하였으며, 흡수시험은 KS F 2451의 규정에 따라 그림 1에서 나타난 바와 같은 시험장치에서 4×4×16cm의 시험체로 1시간, 5시간, 24시간의 혼입 유무에 따른 흡수량의 측정을 실시하였다.

또한, 조직분석용 시료는 재령 7, 28, 56일에서 채취하여, 수화를 정지시키기 위하여 아세톤 처리 및 D-dry를 행하였다.



* 단위 : cm
그림 1. 흡수시험방법

3. 실험결과 및 분석

3.1 유동특성의 변화 및 검토

굳지 않은 성상에서 방수재의 혼입에 따른 물시멘트비별 상대 플로우치의 변화를 나타낸 그림 2에서 보는 바와 같이 방수재를 혼입한 시험체의 경우 모든 물시멘트비에서 플로우값이 10%이상 증진되었으며, 유동성의 증가와 함께 점성도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 방수재료의 혼입에 의한 분체량의 증가와 방수재료의 불베어링 작용에 의하여 모르타의 유동성 및 점성이 증가했기 때문으로 판단된다.

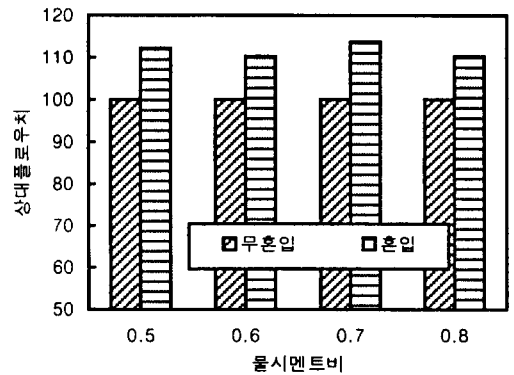


그림 2. 방수재 혼입에 따른 플로우치의 변화

3.2 물시멘트비에 따른 압축강도

그림 3 방수재 혼입에 의한 각 개령별 물시멘트비에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 압축강도는 물시멘트비의 증가와 함께 감소되는 경향을 보이고 있다. 또한, 물시멘트비 0.5를 제외한 0.6, 0.7, 0.8의 경우 방수재의 혼입에 따라 압축강도가 다소 증진되는 경향을 나타낸다. 이는 방수재 혼입에 의한 조직의 치밀화 효과가 높은 물시멘트비 영역에서 보다 잘 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

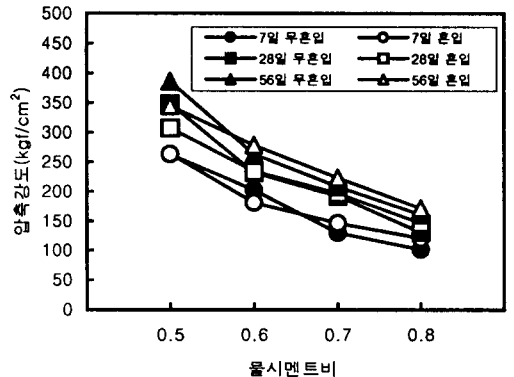


그림 3. 물시멘트비에 따른 압축강도의 변화

3.3 물시멘트비 및 재령에 따른 흡수율, 흡수비의 검토

그림 4는 방수재 혼입에 따른 물시멘트비별 흡수율의 변화를 나타낸 것으로 방수재를 혼입한 시험체의 경우 흡수율은 모든 물시멘트비 수준에서 무혼입 시험체에 비해 낮은 수준을 보이고 있다. 또한, 방수재를 혼입한 경우 재령 7일에서는 물시멘트비에 따른 흡수율의 차이가 크지 않으나, 재령이 증가할수록 물시멘트비에 따른 흡수율의 차이가 크게 나타나고 있다.

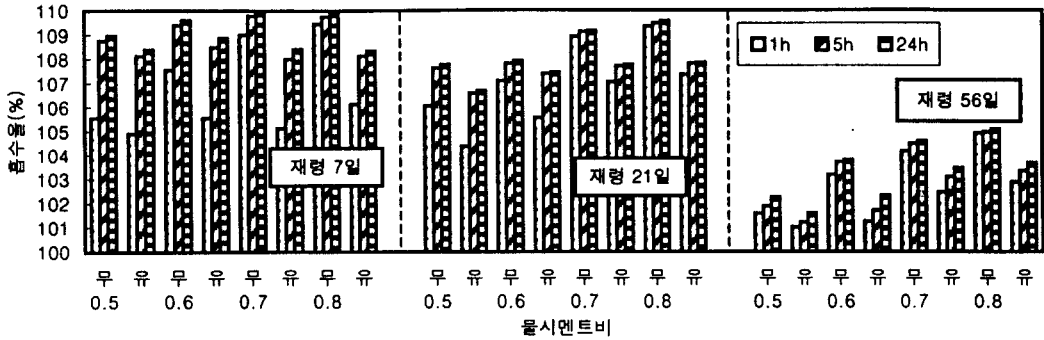


그림 4. 방수재 혼입에 따른 물시멘트비별 흡수율의 변화

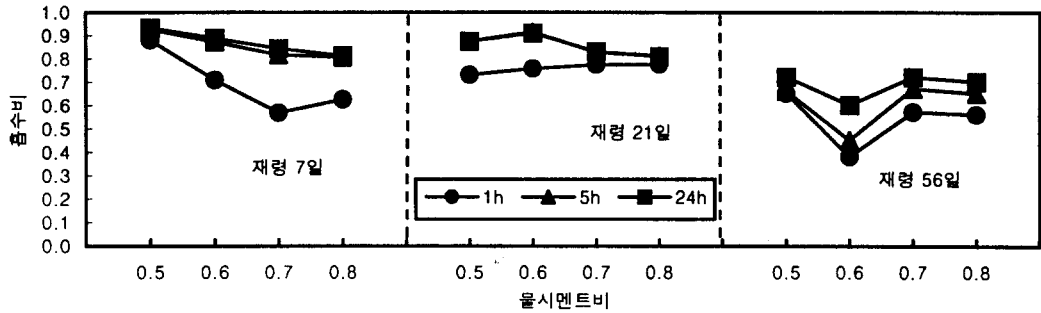


그림 5. 방수재 혼입에 따른 물시멘트비별 흡수비의 변화

이는 재령의 증가로 수화가 증진되어 물시멘트비별로 수화도의 차이가 나타나고 있기 때문으로 사료된다.

방수재 혼입에 따른 물시멘트비별 흡수비(=혼입시험체의 흡수량/무혼입시험체의 흡수량)의 변화를 나타낸 그림 5에서 보는 바와 같이 흡수비는 모든 물시멘트비에서 방수재의 혼입 효과가 나타났다. 또한, 물시멘트비가 증가함에 따라 흡수비가 감소하는 경향을 나타내는데, 이는 방수재를 혼입할 경우 내부조직이 밀실하지 않은 높은 물시멘트비에서 보다 높은 효과가 나타나기 때문인 것으로 판단된다.

재령의 경과에 따라서도 물시멘트비가 높아질수록 흡수비가 저하하는 경향이 나타나며, 재령 56일에서 흡수비가 크게 저하되었다. 특히, 물시멘트비 0.6에서는 흡수비가 가장 낮게 나타났는데, 이는 물시멘트비 0.7, 0.8에서는 물시멘트비 0.6에 비하여 방수재가 반응할 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 생성량이 부족하기 때문으로 사료된다.

3.4 물시멘트비 및 재령에 따른 SEM촬영 결과

사진 1은 방수재를 혼입한 시험체의 SEM촬영 결과 나타난 주요 생성물의 성상으로 침상형과 괴상형의 물질이 주로 생성되었다. 이러한 생성물은 재령의 증가에 따라 사진 1에서 보는 것과 같이 성장하는 것을 알 수 있었으며, 이러한 물질의 성장으로 인해 내부의 공극을 채우는 효과가 있을 것으로 판단된다.

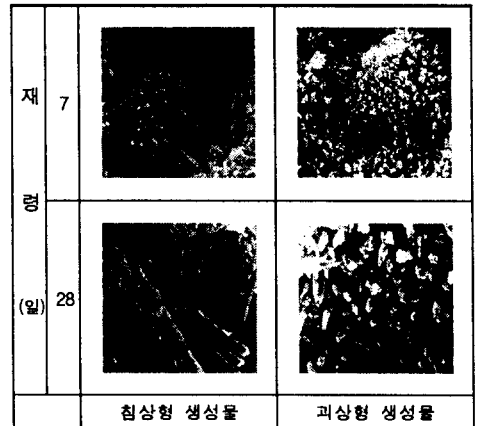


사진 1. 재령에 따른 주요생성물의 성상변화

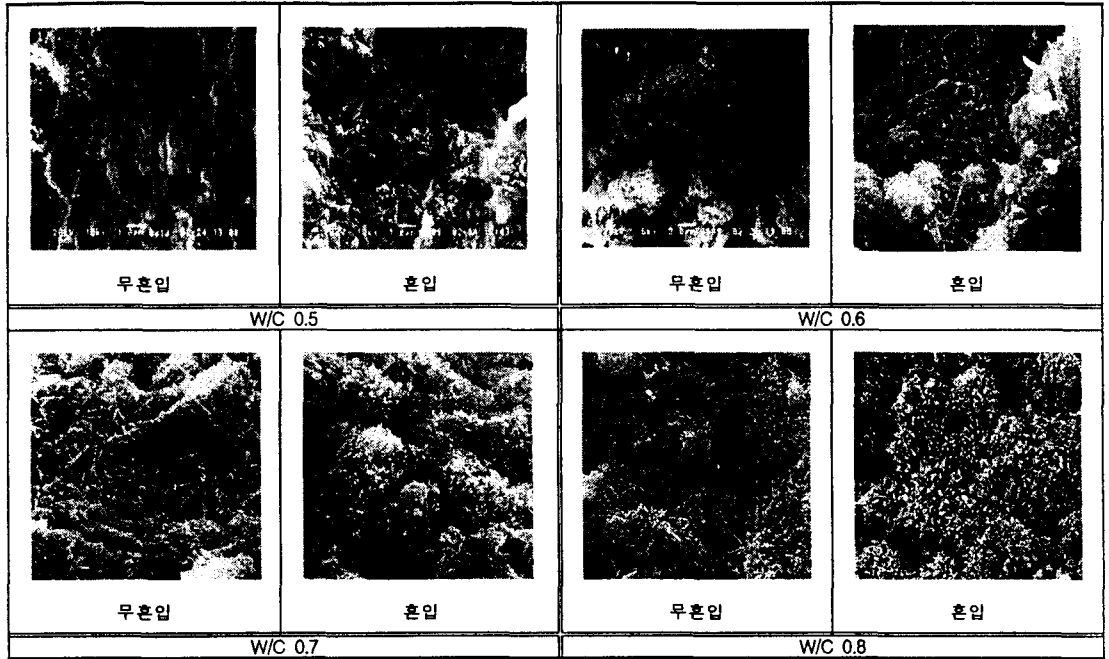


사진 2. 물시멘트비 및 방수재 혼입에 따른 SEM 촬영결과

사진 2는 물시멘트비 및 재령에 따른 SEM 촬영 결과를 나타낸 것으로 방수재의 혼입에 따라 모든 물시멘트비에서 대체적으로 조직이 치밀해진 것을 알 수 있었다. 또한 생성물질을 보면 혼입, 무혼입의 경우 비슷한 물질이 나타났으나 혼입한 시험체의 경우가 괴상형이나 침상형 등의 물질들이 많이 나타났다. 이러한 생성물 중 괴상형의 물질은 초기 칼슘실리케이트 수화물로 추정되며, 침상형의 물질은 에트리נג가이트로 추정된다. 흡수율 시험에서도 나타난 바와 같이 물시멘트비 0.6, 0.7, 0.8로 물시멘트비가 높아질수록 방수재의 혼입에 따라 이와 같은 생성물에 의한 조직의 치밀화가 잘 나타난다. 이는 물시멘트비가 높은 시험체의 경우 페이스트 내부에 있는 거친 조직을 생성물질들이 채워주는 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다.

3.5 물시멘트비 및 방수재 혼입유무에 따른 X선회절분석 결과

그림 6은 X선 회절분석의 결과를 나타낸 것으로 SiO_2 , Ca(OH)_2 성분이 주로 나타난다. 방수재 혼입 시험체의 경우 SiO_2 양이 상대적으로 많은 것을 알 수 있는데, 이는 방수재료의 주성분이 SiO_2 성분이기 때문인 것으로 판단된다. 본 실험에 사용한 분말형 구체방수재는 SiO_2 성분이 주성분이기 때문에 방수재를 혼입한 경우 내부에 칼슘실리케이트 수화물의 생성이 많아질 것으로 추정된다. 즉, 방수재를 혼입한 시험체의 경우가 상대적으로 Ca(OH)_2 의 양이 적게 나타났으며, 재령의 경과에 따라 Ca(OH)_2 양이 더욱 감소되는 경향을 나타내고 있다. 따라서, 분말형 구체방수재가 방수효과를 나타내는 주된 요인은 이와 같은 성분들에 의한 포졸란 반응에 의한 것이라고 사료된다.

4. 결론

물시멘트비와 방수재 혼입유무에 따른 분말형 구체방수재의 방수효과에 대한 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

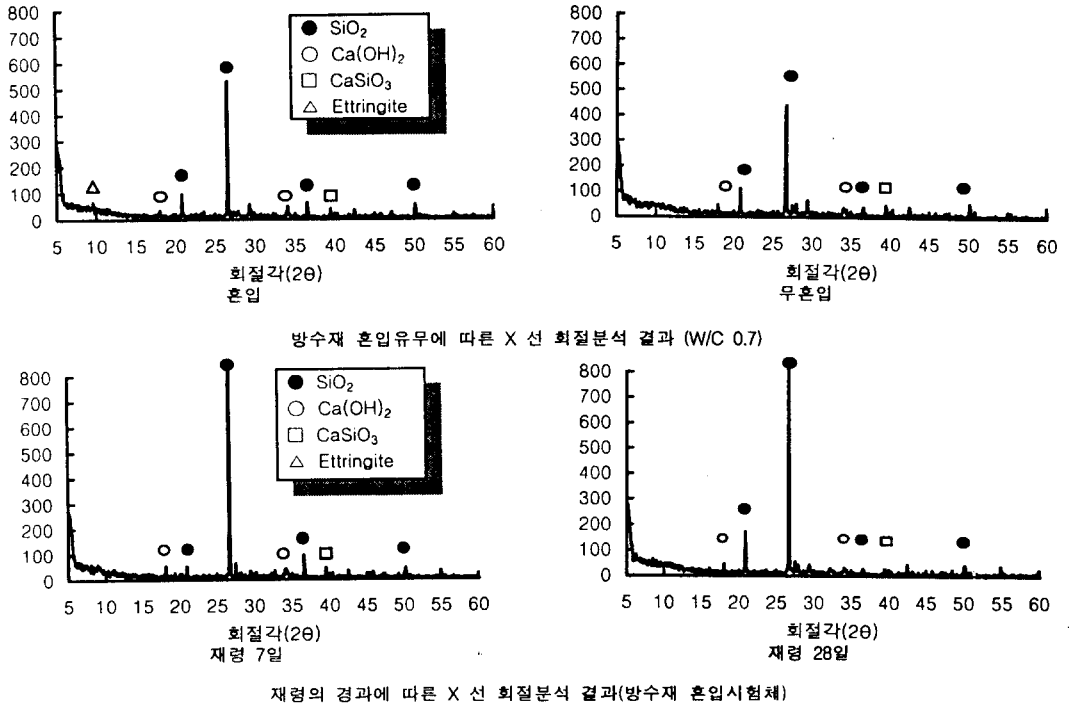


그림 6. X 선 회절분석

- (1) 굳지 않은 모르타의 성상에서 구체방수재료의 혼입에 의해 점성과 유동성의 증대효과가 나타났다.
- (2) 물시멘트비의 증가에 따라 흡수율은 증가하는 경향을 나타냈고, 방수제 혼입에 따라 흡수율은 감소하였다. 흡수비는 물시멘트비의 증가에 따라 방수효과도 좋아지는 것으로 나타났으며, 물시멘트비 0.6에서 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다.
- (3) SEM 관찰결과 조직의 구조에는 괴상형, 침상형 등의 물질이 생성되었고, 방수제 혼입에 따라 조직이 치밀하게 되는 것이 관찰되었다. 또한, 이런 경향은 물시멘트비가 높아질수록 잘 나타났다.
- (4) X선 회절분석의 결과 모든 시험체에서 SiO_2 , Ca(OH)_2 , 칼슘실리케이트 수화물이 주성분으로 나타났으며, 방수제를 혼입한 시험체의 경우 상대적으로 SiO_2 양이 많이 나타났고, Ca(OH)_2 양은 적게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 小池迪夫 外 : ケイ酸質塗布防水材料によるコンクリートの内部組織の変化, 日本建築学会構造系論文報告集, AIJ, No.419, 1990. 10, pp. 47~56
2. 小池迪夫 外 : ケイ酸質塗布防水材料が下地モルタルの透水性に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文報告集, AIJ, No.422, 1991. 4, pp. 27~36
3. 合志陽日, 佐藤公隆 : エネルギー分散型X線分析, 日本分光學會, 1989. 6
4. B. D. Cullity : Elements of X-Ray Diffraction, アグネ, 1988. 1