

구체혼화용 분말방수재의 적용성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Application of Waterproofing admixture of power

곽 규 성^{*}
Kwak, Kyu Sung

김 원 화^{**}
Kim, Won Hwa

오 상 근^{***}
Oh, Sang Keun

ABSTRACT

The purpose of this study is to offer the basic information of waterproofing admixture of powder for field application. Through before study and fly ash in mortar, Various properties as fly ash ratio in concrete were checked. According to the experimental result, it was shown that proper Waterproofing admixture of powder increased by cement weight in concrete was generally positive effect to flowing, compressive strength, suction ratio of water, length change ratio. So if Waterproofing admixture of powder is well done quality considered as good on application of concrete.

1. 서 론

지금까지 국내에서는 콘크리트 구조물의 방수/방식공사에 대한 확실한 개념 정립이 미약하고, 설계 지침이 미비된 상태로 콘크리트의 품질과 내구수명의 문제가 사회적으로 많은 논란의 대상이 되고 있다. 특히 외국의 사례를 무조건 받아들여 적용하려고 함으로써 콘크리트에 대한 방수/방식의 필요성이 전문 기술자들 사이에서도 상반된 견해가 일고 있어, 기술발전의 저해 및 실무적용에 있어서도 많은 혼선을 빚고있는 실정이다.

반면, 외국의 경우 미국, 유럽, 일본 등이 각각 국가별로 콘크리트에 대한 방수/방식 처리방안이 상호 다르지만, 그것에 대한 분명한 이유와 배경이 정립되어 있기 때문에 구조물의 환경조건, 용도, 적용부위 등에 따라 적절한 대응을하고 있다.

예를들어, 미국(ACI CODE)이나 영국(BS CODE)에서는 특별히 내산성(내부식성)을 요구하는 곳을 제외한 일반구조물에 대해서는 콘크리트 자체의 재료 및 시공상의 품질향상을 통하여 방수효과를 낼 수 있도록 규정하고 있어, 특별한 방수조치를 취하고 있지않은 실정이다. 또한 일본의 경우도 수밀콘크리트 개념과 방수/방식개념이 동시에 적용되어, 구조물의 환경조건에 맞도록 조치하고 있다.

이러한 상황에서 본 연구는 콘크리트용 구체방수재의 혼합사용에 따른 콘크리트 구조물의 성능개선(방수)특성을 평가한다. 시험방법으로서 분말형 구체방수재의 방수메카니즘 및 성능을 분석하고, 콘크리트의 방수를 위한 사용성 및 시공성을 평가하여, 방수재료로서의 입지적 조건을 명확히 하고자 함을 본 연구의 목적으로 한다.

* 서울산업대학교 건설산업과학연구소 방수기술지원센터 연구원

** 장산방수산업주식회사 대표이사

*** 서울산업대학교 건축설계학과 교수

2. 실험개요

2.1 사용재료

콘크리트 구조물의 방수를 위해 방수 레미콘 공법으로 구조물의 내구성 보호 유지와 강도증진 및 방수목적으로 사용하는 재료이다. 구체방수제의 기본원리는 수화반응시 생성되는 수산화 칼슘과 화학적인 반응에 의하여 불용성(방수성) 화합물인 규산질석회를 생성하는 Silicon Dioxid와 고분자 화합물 등을 주성분으로 제조한 활성 침투 방수제로 콘크리트 구조물의 내구성 보호 유지와 방수목적으로 시멘트 또는 콘크리트에 혼입하는 혼화제이다. 따라서 기존에 방수공법과는 달리 방수 공정이 간편하므로 시공성이 매우 우수하고 공사기간을 크게 단축시킬수 있는 장점을 가지고 있다.

<표 2.1> 화학적 조성

구 분	SiO ₂ (실리카)	Al ₂ O ₃ (이산화알루미늄)	Zno (산화아연)	Fe ₂ O ₃ (산화제이철)	MgO (산화마그네슘)	ig Loss	기타
구체방수제	58%이상	12% 이하	9%이하	3%이하	1% 이하	6%	11%

2.2 실험 및 평가방법

- 1) 콘크리트 시험체의 압축강도 평가 - 본 시험에서는 설계기준강도 210kgf/cm²인 공시체에 대해 콘크리트 타설시 구체 방수제를 혼입한 후 3일, 7일, 28일에 압축강도를 측정하였다. 본 시험으로 구체 방수제 혼입 콘크리트 시험체의 압축강도의 증진효과가 어느정도 나타나는 지를 시험·평가한다.

<표 2.2> 콘크리트 압축강도 배합설계의 기준

종 류	W/C (%)	S/A (%)	시멘트 (kg)	모래 (kg)	자갈 (kg)	구체방수제 (%)	비고
기준 콘크리트	55	46.5	320	843	981	-	
수밀화 콘크리트	55	46.5	320	843	981	3.75	
배합설계	25 - 210 - 8						

- 2) 투수성 평가 - KS F 2451(건축용 시멘트 방수제 시험방법)에 준한 시험방식을 이용하며, 구체방수제 혼입 모르타 시험체를 대상(재령28일 기준)으로 일정 수압(0.5kgf/cm²)을 가하여 시험체가 흡수하는 물의 양(흡수량)을 일반 모르타 시험체에서의 흡수량과 비교하여 투수비를 측정함으로써 방수제의 투수저항성을 평가한다.
- 3) 흡수성 평가 - KS F 2451에 의거 구체방수제 혼입 모르타 시험체를 24시간 물속에 침적시켜 각각 시간에 따른 흡수량을 측정하며, 일반시공(기준) 시험체도 같은 방법으로 흡수량을 측정하여 흡수비를 산출하였다.
- 4) 길이변화 - KS F 2424 “모르타르 및 콘크리트 길이변화 시험 방법” 중 3.3 다이얼 게이지 방법에 의거 구체방수제 혼입 모르타 시험체와 일반시공 시험체가 경화하면서 건조수축이 어느 정도 발생하는가를 비교·평가하기 위함이다. 콘크리트의 장기 내구성 저하요인중의 하나가 경화에 따른 건조수축으로 균열 발생은 물론 2차적인 결함요인(누수, 철근부식 등)을 내포하고 있다.
- 5) 조직관찰 - 구체방수제를 혼입한 시험체의 수밀성은 미세공극 구조의 변화상태를 비교 관찰하여 조직 치밀화 효과를 분석 할 수 있다. 즉, 구체방수제 혼입 모르타 시험체의 미세조직관찰(SEM)을 통해 조직치밀화가 크고, 침상 및 섬유상 결정체가 많이 관찰될 수록 구체 방수제에 의한 방수 효과를 기대할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

1) 구체 방수재 혼입량의 적정성 평가 - 본 시험결과(3회측정 평균값) 방수재를 시멘트 중량비의 2% 혼입 할 경우 재령28일 기준으로 234kgf/cm², 3% 혼입의 경우 247kgf/cm², 3.75% 혼입의 경우 270kgf/cm²로 강도가 증가하고 있으나, 4.5%의 과다사용의 경우에는 230kgf/cm²로 압축강도 저하를 보이고 있어, 본 시험결과 구체 방수재의 적정혼입량은 3.75%로 특히 현장 트럭믹서에 의한 혼합사용은 적정 혼입량의 준수가 반드시 필요할 것으로 판단된다(표3.1 참조).

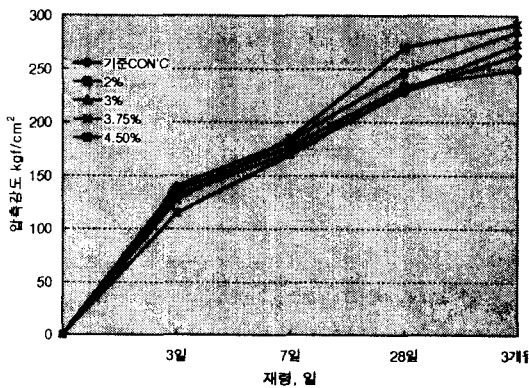
<표 3.1> 압축강도 시험결과(구체 방수재 혼입량의 적정성 평가)

시험체 종류	시험결과	압축강도 시험결과(kgf/cm ²)				비고
		3일	7일	28일	3개월	
기준CON'C		131	172	229	263	슬럼프: 8cm, 공기량: 3.0%
구체 방수재 혼입	2%	136	177	234	249	슬럼프: 10cm, 공기량: 2.5%
	3%	140	183	247	285	슬럼프: 10cm, 공기량: 2.5%
	3.75%	127	185	270	292	슬럼프: 14cm, 공기량: 3.3%
	4.5%	115	170	230	278	슬럼프: 18cm, 공기량: 3.5%

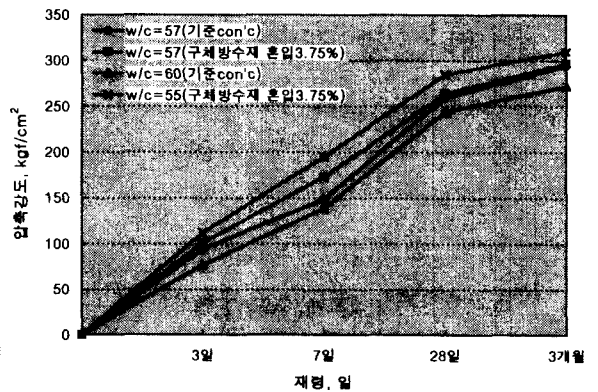
2) 물시멘트 비 감소 및 유동성 증가효과 평가- 동일한 물시멘트 비(w/c=57%)에서 구체방수재를 혼입 시공한 콘크리트 시험체인 경우 슬럼프는 12.5cm, 공기량은 3.0%, 압축강도(재령28일 기준)는 264kgf/cm²로 나타났으며, 일반시공 콘크리트 시험체의 경우 슬럼프 8.0cm, 공기량은 3.5%, 압축강도는 260kgf/cm²로 나타나고 있어, 물시멘트 비 감소 효과 및 유동성 증가 효과가 우수한 것으로 판단된다.

<표 3.2> 물시멘트 비 감소 및 유동성 증가효과 평가

시험체 종류	시험결과	압축강도 시험결과(kgf/cm ²)				비고
		3일	7일	28일	3개월	
W/C=57%	기준CON'C	94	149	260	294	슬럼프:8cm, 공기량:3.5%
	구체방수재(3.75%)	101	173	264	297	슬럼프:12.5cm, 공기량:3.0%
W/C=60%	기준CON'C	77	139	244	272	슬럼프:12cm, 공기량:3.8%
W/C=55%	구체방수재(3.75%)	112	195	285	310	슬럼프:8cm, 공기량:3.8%



<그림 3.1> 구체 방수재 혼입량의 적정성 평가



<그림 3.2> 물시멘트 비 감소 및 유동성 증가효과 평가

3) 투수성 평가 - 본 시험결과(3회 평균값) 시험조건인 일정수압(0.5kgf/cm²의 수압에서 24시간 측정)에서의 투수비는 시편의 종류에 따라, 표 3.3과 같이 나타나고 있다.

<표 3.3> 투수성 시험결과

사용재료	시험항목	투수성 시험결과				비고
		투수전 무게(g)	투수후 무게(g)	투수량	투수비	
기준 모르터		1600.61	1617.12	16.51	1	
구체방수재 혼입		1598.25	1605.68	7.43	0.45	

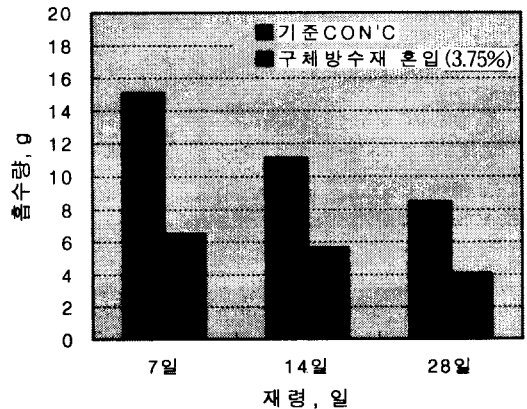
본 시험결과 투수량은 일반시공 시험체의 경우 16.51g, 수밀화 구체방수 공법으로 시공된 시험체의 경우 7.43g으로 투수비 0.45의 우수한 투수 저항성(방수성)을 보이고 있다.

4) 흡수성 평가 - 시험체의 흡수비 시험결과는 표 3.4, 그림 3.3과 같다. 구체방수재 혼입 모르터 시험체의 흡수비는 일반시공 시험체 1을 기준으로 약 0.45을 나타내고 있다. 수밀화 구체방수 공법으로 시공한 시험체의 흡수성은 비교 일반시공 시험체의 흡수성보다 약 2배 이상 내흡수성이 우수한 것으로 나타나고 있다.

이는 수밀화 구체 방수공법으로 시공한 시험체의 내부 및 표면의 미세공극(100 μ m)을 채워 흡수력에 영향을 주는 공극을 치밀화 시켰기 때문인 것으로 판단된다.

<표 3.4> 재령별 흡수성 시험결과

재령	시편 종류	흡수비 시험결과(g)		비고
		기준 모르터	구체방수재 혼입	
7일	흡수량	15.08	6.49	
	흡수비	1	0.43	
14일	흡수량	11.09	5.62	
	흡수비	1	0.51	
28일	흡수량	8.42	4.06	
	흡수비	1	0.48	



<그림 3.3> 흡수성 시험결과

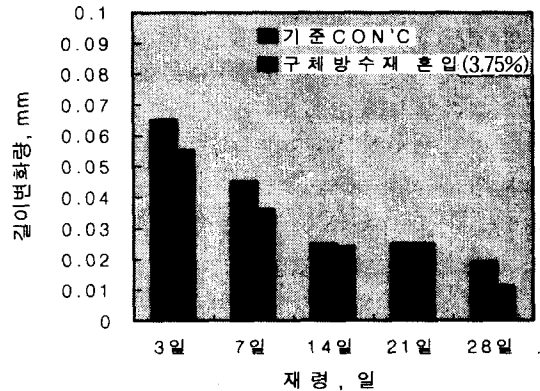
흡수성이 작으면 방수층의 화학적 침식의 가속화를 막을 수 있다. 따라서 본 시험체는 일반시공 시험체 보다 아주 적은 흡수량 수치를 나타내고 있기 때문에 이는 장기내구성 유지에 큰 영향을 주는 요인이 될 수 있을 것으로 본다.

방수층의 흡수성은 구성성분, 물배합비, 건조양생방법 등의 영향을 받는 것으로 볼 때, 본 방수재 구성성분은 우수한 방수성을 발현하는 재료임을 알 수 있다.

5) 길이변화 - 구체방수재 혼입 모르터 시험체와 일반시공 시험체의 길이변화량을 측정한 결과는 표 3.5, 그림3.4와 같이, 구체방수재 혼입 모르터 시험체는 일반시공 모르터 시험체 보다 약 0.85%로 적은 길이변화를 보이고 있다. 구체방수재 혼입 모르터 시험체가 일반시공 시험체보다 적은 길이변화율(일반시공 시험체 대비 약 0.85%정도)을 보이고 있는데, 이는 구체방수재의 조성물 중 알루미나 성분에 의하여 수축과 수화열 감소로 균열을 억제할 수 있어 2차적인 결함요인(누수, 콘크리트 또는 철근 부식 등)을 감소시킬수 있는 것으로 판단된다.

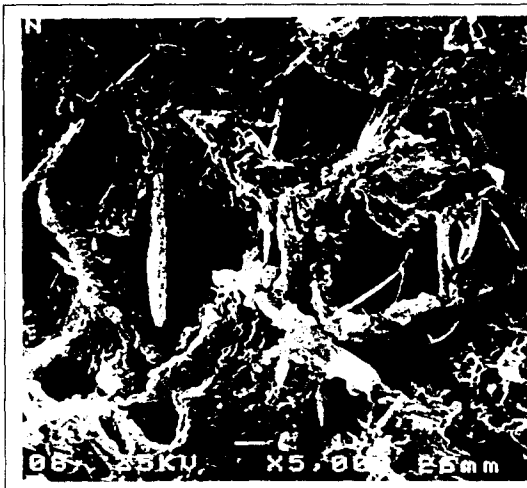
<표 3.5> 길이변화 시험결과

재령	길이변화 시험결과(mm)		길이변화비	비고
	기준 모르터	구체방수재 (3.75%)		
3일	0.065	0.055	0.85	
7일	0.110	0.091	0.83	
14일	0.135	0.115	0.85	
21일	0.160	0.140	0.88	
28일	0.179	0.151	0.84	
총길이변화	0.179	0.151	0.85	



<표 3.4> 길이변화 시험결과

6) 조직관찰 - 구체방수재 혼입 모르터 시험체와 일반시공 모르터 시험체의 조직관찰 결과는 사진 3.1, 3.2와 같이 구체방수재 혼입 모르터 시험체에서 침상 및 섬유상의 결정체가 관찰되고 있다. 이는 구체방수재 구성성분 중 규산질 성분(SiO_2)이 콘크리트 조직의 수산화 칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)과 반응하여 규산칼슘 수화물 및 에트리נג게이트 수화물을 생성시키고 있음을 나타내는 결과로 판단된다. 따라서 이러한 현상에 의해 조직이 치밀해지고, 수밀성이 향상되는 효과를 얻을 수 있다.



<사진3.1>일반시공 시험체의 SEM관찰 결과



<사진3.2>구체방수재 혼입 시험체의 SEM관찰 결과

4. 결론

본 연구는 분말형의 구체방수재를 이용하여 수밀화 구체방수의 목적으로 구체방수재를 혼입 시공하였을 때, 사용특성 및 방수성능을 평가·분석한 것이다. 또한 수밀화 구체방수 공법과 일반시공 콘크리트와의 방수성능을 비교 평가를 통하여 현장적용 가능성을 검토하였다.

수밀화 콘크리트 방수공법 시공에 있어서의 각종 개선된 성능 및 관련 메카니즘의 분석 결과는 다음과 같다.

- 1) 구체방수재 혼입 콘크리트의 압축강도 - 본 시험결과 구체방수재(시멘트 중량의 3.75%)를 혼합한 콘크리트의 경우 3일 강도비 97%, 7일 108%, 28일 118%의 강도발현을 나타내고 있어 기준콘크리트보다 강도 상승효과는 물론 슬럼프 증가(약6cm)로 수밀성과 작업성을 향상시키는 것으로 나타나고 있다.
- 2) 투수성 - 본 시험결과 (수압 0.5kgf/cm²에서 24시간 측정) 투수량은 일반시공 시험체의 경우 16.51g, 수밀화 구체방수 공법으로 시공된 시험체의 경우 7.43g으로 투수비 0.45의 양호한 투수 저항성(방수성)을 보이고 있다.
- 3) 흡수성 - 본 시험결과 구체방수재 혼입 모르타 시험체의 흡수비는 일반시공 시험체 1을 기준으로 약 0.45을 나타내고 있다. 수밀화 구체방수 공법으로 시공한 시험체의 흡수성은 일반시공 시험체의 흡수성보다 약 2배 이상 내흡수성이 우수한 것으로 나타나고 있다. 이는 수밀화 구체방수 공법으로 시공한 시험체의 내부 및 표면의 미세공극(100 μ m)을 채워 흡수력에 영향을 주는 공극을 치밀화 시켰기 때문인 것으로 판단된다.
- 4) 길이변화 - 본 시험결과 구체방수재 혼입 모르타 시험체가 일반시공 시험체보다 적은 길이변화율(일반시공 시험체 대비 약 0.85%정도)을 보이고 있는데, 이는 구체방수재의 조성물 중 알루미나 성분에 의하여 수축과 수화열 감소로 균열을 억제할 수 있어 2차적인 결합요인(누수, 콘크리트 또는 철근 부식 등)을 감소시킬수 있는 것으로 판단된다.
- 5) 조직관찰 - 본 시험결과 구체방수재 혼입 모르타 시험체에서 침상 및 섬유상의 결정체가 관찰되고 있다. 이는 구체방수재 구성성분 중 규산질 성분(SiO₂)이 콘크리트 조직의 수산화 칼슘(Ca(OH)₂)과 반응하여 규산칼슘 수화물 및 에트링게이트 수화물을 생성시키고 있음을 나타내는 결과로 판단된다. 따라서 이러한 현상에 의해 조직이 치밀해지고, 수밀성이 향상되는 효과를 얻을 수 있다.

연구검토 결과 수밀화 콘크리트 방수공법으로 제조한 콘크리트 구체의 압축강도성능, 수밀성능, 내구성능이 일반 콘크리트보다 우수함을 확인하였고, 본 재료의 방수메카니즘을 분석한 결과, 적정 환경 하에서는 방수재료 및 콘크리트 성능개선재료로서 사용이 적정하다고 판단되었다.

※참고문헌

1. A.M. Neville, Properties of Concrete, 1996.
2. 한국콘크리트학회, 콘크리트 혼화재료, 기문당, 1997.