

# 실리카흄과 금속비누를 이용한 구체방수제의 개발에 관한 연구

## A Study on the Development of Self Waterproof Agents Using Silica Fumes and Zinc Stearates

최 훈\* 이 상 태\* 박 상 준\*\* 신 병 철\*\*\* 한 천 구\*\*\*\*  
Choi, Hoon Lee, Sang Tae Park, Sang Jun Shin, Byung Cheol Han, Cheon Goo

### ABSTRACT

This study is to develop a self waterproof agent by varying the addition ratios of silica fumes and zinc stearates. As the experimental results, it shows a possibility to produce a high performance self waterproof agent which performs a better properties in workability, strength, waterproof, dry-shrinkage and cost, if it is manufactured with silica fumes to zinc stearates ratios of 1 : 2 and mixed 6kg per  $1m^3$  into concrete mixtures.

### 1. 서 론

현대 건축 구조물은 요구하는 기능에 따라 다양한 건축재료를 사용하여 그 목적에 맞게 활용하고 있다.

그러나, 콘크리트 구조물의 사용에 있어서 시공자 및 사용자에게 부딪치는 어려운 문제점 중의 하나는 방수에 대한 대책 마련이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방수공법은 기존에 알려진 여러 가지 종류 및 공법이 있으나, 최근에는 구조체 자체의 투수성 및 흡수성을 현저하게 감소시켜 치밀하게 한 구체방수공법이 각광을 받고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 기 발표된 시멘트 모르타의 실험결과<sup>1)</sup>를 기초로 하여, 실리카흄 및 금속비누의 혼합비를 변화시켜 구체방수제 시제품을 개발한 다음, 기존의 구체방수제 사용 콘크리트와 함께 구체방수제 첨가량 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 재반 물성을 비교·분석함으로써, 양질이고 저렴한 구체방수제를 개발하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 배합사항으로 W/B는 55% 1개 수준으로 고정하고, plain에서의 목표 슬럼프치들  $15 \pm 3cm$ , 목표 공기량  $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하는 범위로 한다. 먼저, 실험 A에서는 시중에 유통되

- \* 정회원, 청주대 건축공학과, 석사과정
- \*\* 정회원, 청주대 건축공학과, 박사과정
- \*\*\* 정회원, 중부대 환경조경학과 전임강사, 공학박사
- \*\*\*\* 정회원, 청주대 건축공학과 교수, 공학박사

는 구체방수재를 구입하여 후첨가 방식으로 표준 사용량인  $12\text{kg/m}^3$ 와 6, 8,  $24\text{kg/m}^3$ 의 4개 수준으로 첨가하고, B, C, D의 구체방수재 개발안은 실리카흙:금속비누:규사의 혼합비율을 변화시켜 제품 A에서 사용하는 방수재의 표준사용량과 동일한 첨가량에서 슬럼프  $15\pm 3\text{cm}$ 를 만족하는 범위로 실험하여, 제품 A의 구체방수재와 동일한 수준으로 첨가하는 총 17배치를 실험계획한다. 굳지 않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험은 표 1과 같이 실시하도록 계획한다. 이때, 배합사항은 표 2와 같다.

표 1. 실험계획

배 합 사 항				실 험 사 항		
구 분	W/B (%)	방수재의 종류	방수재혼입물 ( $\text{kg/m}^3$ )	목표치	굳지 않은 상태	경화 상태
Plain	55	무첨가	0	슬럼프 ( $15\pm 2.5\text{cm}$ ) 공기량 ( $4.5\pm 1.5\%$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 슬럼프</li> <li>· 슬럼프플로우</li> <li>· 공기량</li> <li>· 단위용적중량</li> <li>· 응결시간</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 압축강도(7, 28일)</li> <li>· 흡수시험(28일)</li> <li>· 투수시험(28일)</li> <li>· 모르타르투수시험(28일)</li> <li>· 길이변화(1, 3, 7, 14, 21, 28일)</li> </ul>
A		기존의 구체방수재	6 12 18 24	$12\text{kg/m}^3$ 에서의 슬럼프 $15\pm 3\text{cm}$		
B		실리카흙:금속비누:규사 = 1 : 1 : 1				
C		실리카흙:금속비누:규사 = 1 : 2 : 1				
D		실리카흙:금속비누:규사 = 1 : 4 : 1				

\* 개발 방수재에는 실리카흙, 금속비누, 규사 이외에는 일부 미량 첨가물을 포함하고 있음

표 2. 배합사항

기호	W/C (%)	W ( $\text{kg/m}^3$ )	S/A (%)	AE제 (C×%)	SP제 (C×%)	절대용적 ( $\ell/\text{m}^3$ )				중량배합 ( $\text{kg/m}^3$ )			
						C	S	G	W.A	C	S	G	W.A
Plain					0	107	279	384	0	336	702	1004	0
A-6					0	105	278	384	3	330	701	1003	6
A-12					0	103	278	384	5	324	700	1002	12
A-18					0	101	278	383	8	318	700	1001	18
A-24					0	99	277	383	11	312	699	100	24
B-6					0.06	105	274	379	12	330	692	989	6
B-12					0.12	103	270	374	23	324	681	974	12
B-18					0.18	101	266	368	35	318	671	960	18
B-24	55	185	42	0.13	0.24	99	262	362	47	312	661	945	24
C-6					0.07	105	273	376	16	330	687	982	6
C-12					0.14	103	267	368	32	324	672	961	12
C-18					0.21	101	260	360	49	318	656	939	18
C-24					0.28	99	254	352	65	312	641	917	24
D-6					0.09	105	271	373	21	330	682	975	6
D-12					0.17	103	263	362	42	324	662	947	12
D-18					0.26	101	255	352	62	318	642	918	18
D-24					0.34	99	247	341	83	312	622	889	24

표 3. 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도( $\text{cm}^2/\mu$ )	인 정 도(%)	응 결 시 간(분)		압 축 강 도( $\text{kg/cm}^2$ )		
			초결	중결	3일	7일	28일
3.15	3,412	0.06	237	341	245	301	387

표 4. 골재의 물리적 성질

골재종류	비 중	조립율 (F.M)	흡수율 (%)	단위용적중량 ( $\text{kg/m}^3$ )	입형판정 실적율(%)	No.200번체 통과량(%)
산 골 재	2.52	2.47	1.46	1,598	61.0	2.06
굵은골재	2.61	6.53	0.69	1,505	56.1	-

## 2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 잔골재는 충북 청원군 부강면 미호천산 강모래를 사용하며, 굵은 골재는 충북 옥산면 20mm 채석을 사용하는데, 그 물리적 성질은 표 3, 4과 같다.

구체방수재로 제품 A의 구체방수재는 국내 S사를 사용하는데, 그 물리적 성질은 표 5 와 같고, 개발 구체방수재에 이용한 실리카흙은 노르웨이산율, 금속비누는 국내 S사 제품을 사용하고, 규사는 국내 D사의 제품을 사용하는데, 각 재료의 물리·화학적 성질은 표 6~8과 같다. 또한, 혼화재료로서 유동화제는 국내산 J사의 제품을 사용하며, 그 물리적 성질은 표 9와 같다.

표 5. 구체방수재의 물리적 성질

비중	용결시간(분)		안정성 (깨는방법)	압축강도비		흡수비			투수비
	초결	종결		7일	28일	1시간	5시간	24시간	
2.27	210	444	안정	110	120	0.32	0.37	0.48	0.35

표 6. 실리카흙의 물리적 성질 및 화학성분

비중	밀도(kg/m <sup>3</sup> )	주성분(%)							
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	lg.loss
2.2	300	90.16	0.77	1.72	0.32	1.25	1.03	0.36	2.29

표 7. 금속비누(Zinc Stearate)의 물리적 성질 및 화학성분

비중	외관	Zn 함유량(%)	수분(%)	유리산(%)	용점(°C)	325 mesh 통과량(%)
0.2	백색미분말	11.0±0.5	0.5이하	0.5이하	116~125	99이상

표 8. 규사의 물리적 성질 및 화학성분

비중	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
2.67	97.02	1.26	0.13

표 9. 유동화재의 물리적 성질

외관	이온성	ph	밀도(kg/l)	고형분(%)
암갈색	음이온성	8.4	0.40	96.0

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 그림 1의 순서에 따라 실시한다.

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402 규정에 의거 실시하고, 슬럼프 플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균치로 하며, 공기량 및 단위용적중량은 KS F 2421 및 2409의 규정에 따라 실시하고, 용결시간시험은 KS F 2436의 규정에 따라 시험한다.

압축강도 및 흡수시험용 공시체의 제작은 KS F 2403의 규정에 의거 제작하고, 경화 콘크리트의 압축강도는 KS F 2405의 규정에 따라 실시한다.

흡수 및 투수시험은 KS F 2451의 규정에 의거 실시하고, 길이변화시험은 KS F 2424의 다이알 게이지 방법으로 측정한다.

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 2는 방수재 혼입률 변화에

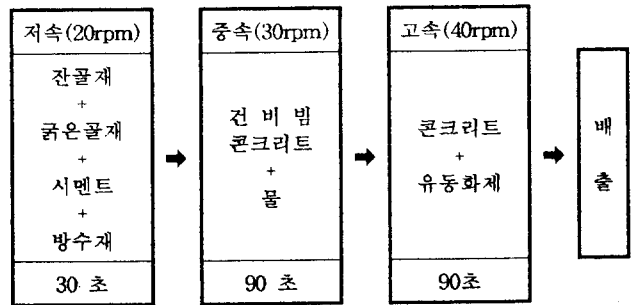


그림 1. 콘크리트의 혼합

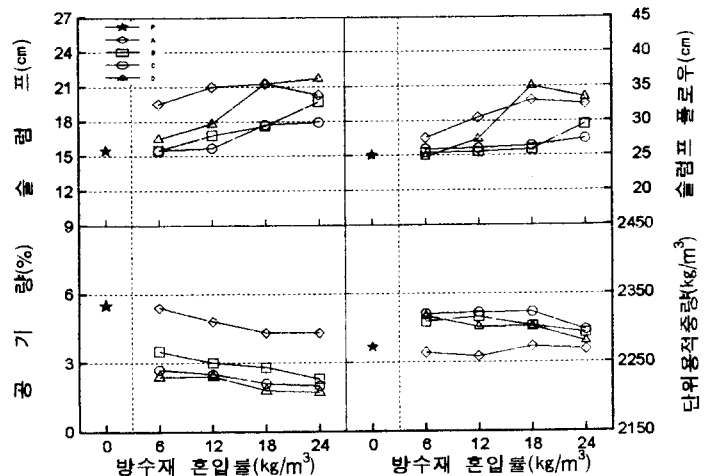


그림 2. 방수재 혼입률 변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성

따른 슬럼프, 슬럼프 플로우, 공기량 및 단위용적중량을 방수재 종류별로 나타낸 그래프이다. 전반적으로 방수재 혼입률이 증가할수록 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 방수재 혼입률이 증가할수록 금속비누에 의한 유동성 감소를 보상하기 위하여 첨가한 미량요소의 영향에 기인한 결과로 사료된다. 단, 제품 A에서는 슬럼프 및 슬럼프 플로우 공히 방수재 혼입률  $18\text{kg/m}^3$ 까지 증가하나,  $24\text{kg/m}^3$ 에서 감소하는 것으로 나타났다.

또한, 공기량은 방수재 혼입률 및 금속비누 첨가량이 증가하는 제품일수록 감소하는 것으로 나타났고, 단위용적중량은 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

그림 3은 시간 경과에 따른 관입 저항치를 방수재 종류별 및 방수재 혼입률 변화에 따라 나타낸 그래프이고, 그림 4는 방수재 혼입률 변화에 따른 초결 및 종결시간을 방수재 종류별로 나타낸 것이다. 전반적으로 방수재 혼입률이 증가할수록 응결시간이 지연되는 경향을 보이고 있다.

구체방수재 종류별 특성으로는 plain과 비교하였을 경우, 방수재 첨가량  $24\text{kg/m}^3$ 에서 제품 A는 초결 390분, 종결 320분, 제품 B는 초결 160분, 종결 50분, 제품 C는 초결 280분, 종결 200분, 제품 D는 초결 760분, 종결 710분 지연되는 것으로 나타났다.

### 3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 5는 방수재 혼입률 변화에 따른 7일 및 28일 재령에서의 압축강도를 방수재 종류별로 나타낸 그래프이다.

먼저, 제품 B, C, D의 7일 및 28일 재령에서의 압축강도는 방수재 혼입률이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났다.

또한, 금속비누 첨가량이 증가하는 제품일수록 압축강도는 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 금속비누의 발수작용에 의한 수화작용저해 및 단위시멘트량의 감소에 기인한 결과로 분석된다. 단, 제품 A의 압축강도는 7일 및 28일 재령에서 공히 방수재 혼입률  $18\text{kg/m}^3$ 까지는 증가하나,  $24\text{kg/m}^3$ 에서는 감소하는 것으로 나타났다.

그림 6은 방수재 혼입률 변화에 따른 1시간, 5시간, 24시간에서의 흡수율을 방수재 종류별로 나타낸 그래프이다. 전반적으로 방수재 혼입률이 증가할수록 1시간, 5시간, 24시간에서의 흡수율은 감소하는 것으로 나타났고, 금속비누 첨가

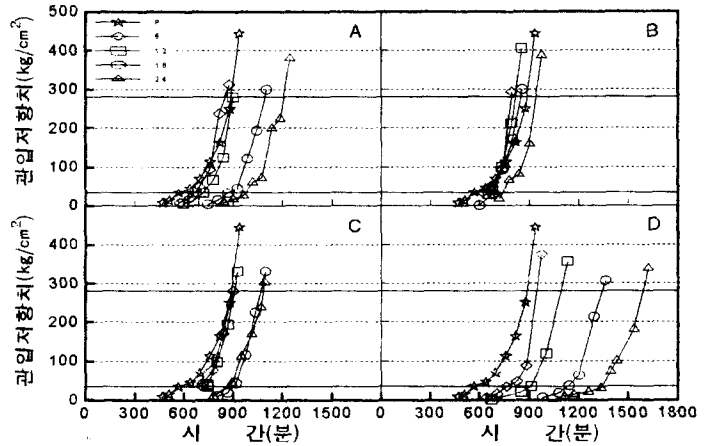


그림 3. 경과 시간에 따른 응결시간

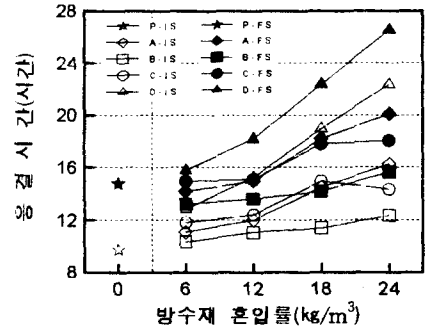


그림 4. 방수재 혼입률 변화에 따른 응결시간

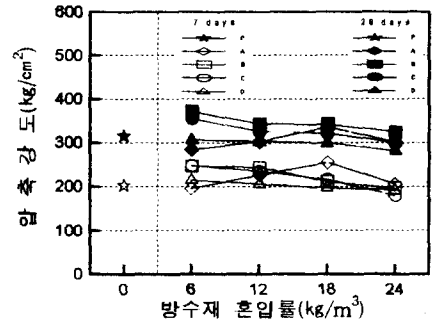


그림 5. 방수재 혼입률 변화에 따른 7일 및 28일 강도

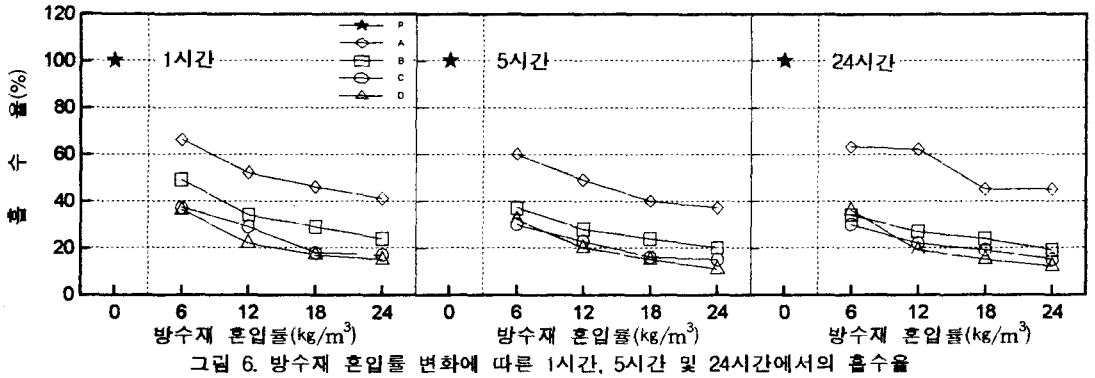


그림 6. 방수재 혼입률 변화에 따른 1시간, 5시간 및 24시간에서의 흡수율

율이 증가하는 제품일수록 흡수율은 작아지는 경향을 보이고 있다. 또한, 제품 B, C, D는 제품 A에 비하여 20% 이상 작은 흡수율을 보이고 있으며, 시간이 경과함에 따라 그 차이는 커지고 있다.

그림 7은 방수재 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 투수율을 방수재 종류별로 나타낸 그래프이다. 먼저, 제품 B, C, D의 투수율은 방수재 혼입률이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났는데, 특히, 금속비누 첨가량이 증가하는 제품일수록 투수율은 저하하는 경향을 보이고 있다. 이는 금속비누의 발수작용에 기인한 결과로 분석된다. 또한, 제품 C, D는 제품 A에 비하여 20% 이상 낮은 투수율을 나타내고 있다. 단, 실험 A에서의 투수율은 방수재 혼입률 12kg/m³에서 급격히 감소한 후, 24kg/m³까지는 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있다.

그림 8은 굳지 않은 콘크리트를 4번체로 체가름한 모트터의 투수율을 방수재 혼입률 변화에 따라 나타낸 그래프이다. 전반적으로 방수재 혼입률 및 금속비누 첨가율이 증가하는 제품일수록 투수율은 감소하는 것으로 나타났는데, 특히, 그림 7의 콘크리트 투수율에 비하여 20% 이상 낮은 경향을 보이고 있다. 이는 단위용적당 방수재량의 증가에 기인한 결과로 분석된다. 또한, 제품 B, C, D에서의 투수율은 제품 A에 비하여 방수재 혼입률 6kg/m³에서 14%, 12kg/m³에서 29%, 18kg/m³에서 34%, 24kg/m³에서 9% 이상의 낮은 투수율을 보이고 있다.

그림 9는 구채방수재 이용 콘크리트를 기중양생으로 건조시킨 길이변화율을 방수재 종류별로 재령 경과에 따라 나타낸 것이다. 전반적으로 건조수축은 초기재령에서 급격하게 이루어지고, 재령이 경과함에 따라 완만한 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 단, 제품 D에서의 재령 경과에 따른 건조수축율은 전반적으로 plain에 비해 크게 나타났는데, 28일 재령에서의 건조수축율은 plain에 비해 방수재 혼입률 6kg/m³에서  $0.8 \times 10^{-4}$ , 12kg/m³에서  $1.9 \times 10^{-4}$ , 18kg/m³에서  $2.2 \times 10^{-4}$ , 24kg/m³에서  $2.2 \times 10^{-4}$ 만큼 더 큰 수축을 보이고 있다.

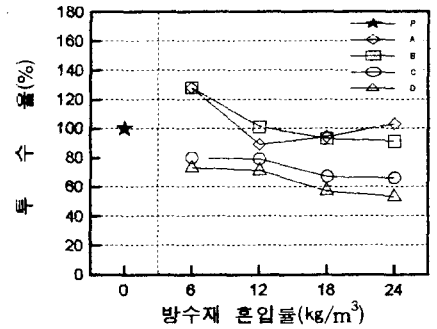


그림 7. 방수재 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 투수율

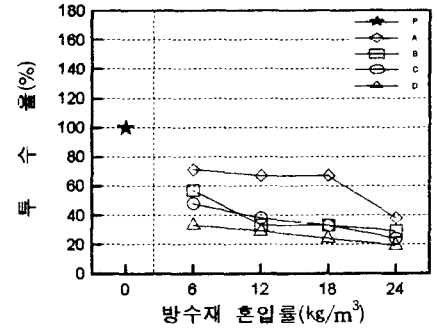


그림 8. 방수재 혼입률 변화에 따른 모트터의 투수율

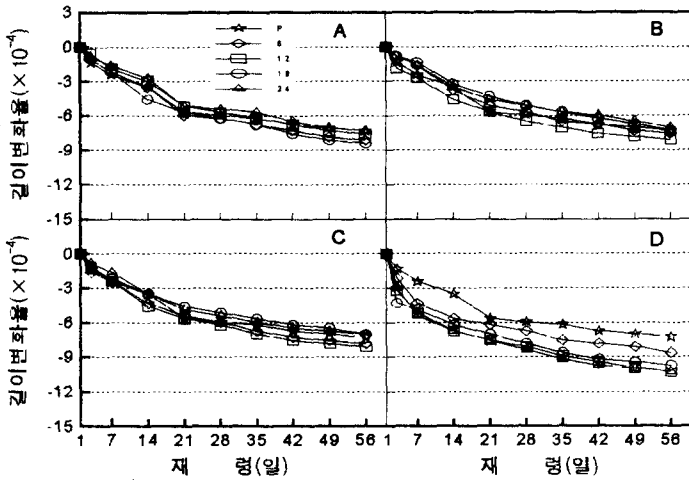


그림 9. 재령 경과에 따른 길이변화율

첨가율이 증가하는 제품일수록 지연되는 것으로 나타났다.

- 경화 콘크리트의 압축강도 특성으로 기존의 구체방수재 A에서는 7일 및 28일 재령 공히 방수재 혼입률  $18\text{kg/m}^3$ 까지 증가하다  $24\text{kg/m}^3$ 에서 감소하는 경향으로 나타났으나, 시제작 제품 B, C, D에서는 방수재 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있다.
- 방수 특성으로 흡수율 및 두수율은 방수재 혼입률이 증가할수록 낮아지는 것으로 나타났는데, 제품 A에 비하여, 제품 B, C, D가 20% 전후로 양호한 경향을 보이고 있다.
- 건조수축에 의한 길이변화율은 제품 A, B, C는 plain과 유사하게 나타났으나, 제품 D에서는 plain에 비해 큰 수축 경향을 보이고 있었다.

이상을 종합하여 볼 때 실리카흙:금속비누 혼합비 1:2인 조건에서, 혼입량  $6\text{kg/m}^3$ 로 하여 구체방수재를 활용하면, 유동성, 강도, 방수성, 건조수축 및 경제성 등에서 우수하여 보다 고품질인 구체방수재의 제조가 가능할 것으로 사료된다.

끝으로, 본 연구는 중소기업청의 '98년도 「산·학·연 공동기술개발 지역 컨소시엄」 계획에 따라 충북 도내 내기실업(대표이사: 김팔근)과의 컨소시엄 연구로 이루어졌음에 당해 기관에 감사한다.

#### 참 고 문 헌

- 최 훈, 강의영, 한민철, 류현기, 한천구; 무기질 혼화재 및 금속비누의 혼입률 변화에 따른 시멘트 모르타르의 방수 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 제10권 2호, pp.139~144, 1998년도 가을 학술발표회
- 오상근; 콘크리트 구조물의 수밀성과 방수의 관계, 미방회보, pp.20~25, 1996, 4.
- 오상근; 콘크리트 방수 및 수밀성을 위한 방수재료의 종류, 미방회보, pp.12~18, 1996, 12.
- 대한건축학회; 건축재료, 기문당, pp 305~324, 1998.

#### 4. 결 론

실리카흙과 금속비누의 혼합비를 달리하여 개발한 구체방수재의 방수재 종류 및 첨가량 변화에 따른 콘크리트의 기초적 특성 및 방수특성을 검토한 실험연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 구체방수재 혼입률이 증가할수록 슬럼프 및 슬럼프 플로우는 증가하는 것으로 나타났고, 공기량은 감소하는 것으로 나타났으며, 응결 시간은 방수재 치환율 및 금속비누