

유동화 공법에 의한 제치장 콘크리트의 현장실험 연구

A Field Study of Exposed Concrete Using the
Flowing Concrete Method

한 천 구 (Han, Cheon-Goo)
〈청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사〉

전 충 근 (Jeon, Chung-Keun)
〈청주대학교 대학원, 박사과정,〉

Abstract

Execution of exposed concrete has some problems such as segregation, surface honey comb and insufficient surface glossing due to unsuitable mix proportion and unfavorable construction in our field. Therefore, in this paper, field application of exposed concrete at training center building of Chongju university in Daecheon are carried out based on the mixing data obtained from laboratory test. Base concrete are made in accordance with mixing data. Segregation reducing type superplasticizer developed are applied in order to flow the base concrete with out segregation of materials. According to test results, air content shows to be reduced after flowing. Compressive strength of flowing concrete is higher than that of base concrete about 7%. Surface glossing is reducing as the age goes on. It is improved about 10% compared to that of base concrete.

키워드 : 제치장 콘크리트, 유동화 공법, 현장실험 연구

Key words : Exposed Concrete, Flowing Concrete Method, Field Study

1. 서 론

제치장 콘크리트란 구조물의 뼈대와 마감을 동시에 표현할 수 있는 공법으로 현재, 국내외에서는 설계 디자인적인 요구로써 이 공법이 많이 채택되고 있다.

그런데, 국내의 건설현장에서 시공되고 있는 제치장 콘크리트의 경우는 원재료 선택 및 배합요인 등에 따라 품질의 변동이 크고, 시공 품질불량으로 말미암아 표면의 재료분리, 비균질한 색조, 부족한 광택 등으로 제치장 콘크리트의 품질을 신뢰받기는 어려운 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 대천해수욕장에 건설되는 청주대학교 대천수련원 신축공사를 대상으로, 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트 공법을 도입함에 따르는 배합 및 시공과정의 개선으로 제치장 콘크리트의 품질향상 방안을 검토하고자 하였다.

2. 공사개요 및 실험계획

2.1 공사개요

[표 1]은 본 연구의 대상건물 공사개요이고, [사진 1]은 본 실험대상 건물의 조감도를 나타낸 것이다.

[표 1] 공사개요

공 사 명		청주대학교 대천수련원 신축공사
공사 개요	대지위치	충남 보령시 대천해수욕장 관광지 제2지구 26블록 2롯트, 27블록 4롯트
	대지면적	1,641㎡
	용 도	교육연구 및 복지시설
	구 조	철근 콘크리트조
건축 규모	층 수	지하 1층, 지상 3층
	건축면적	812.3㎡
	연 면 적	2,716.74㎡
건물 외장	외 벽	T30mm 화강석 버너마감, 제치장 콘크리트외 불소수지 도장 마감
	지 붕	T3.0mm 도막방수

2.2 실험계획

청주대학교 대천수련원은 해안에 접해있다. 따라서, 신축공사에 타설되는 콘크리트는 염화물이온 침투, 중성화, 동결융해작용, 철근부식 등에 대하여 충분한 저항성을 갖는 내구성 설계를 기본으로 검토하였다. 즉, 당초설계된 콘크리트는 25-210-15 규격이었는데, 이를 JASS-5의 장기개념의 내구성 설계 및 KASS-5의 고내구성 콘크리트를 고려하여 25-300-12로 수정하고 시공성 향상 및 제치장 콘크리트의 광택도 향상을 위하여 유동화 콘크리트 공법을 도입하는 것으로 하였다.



[사진 1] 청주대 대천 수련원의 조감도

[표 2]는 본 실험의 실험계획이고, [표 3]은 콘크리트의 배합표를 나타낸 것이다. 먼저, 현장 부어넣기 실험의 콘크리트 제조는 실제 레미콘 배치 플랜트를 통하여 슬럼프 12 cm인 베이스 콘크리트를 제조하였고, 현장에서 분리저감형 유동화제를 사용하여 슬럼프 21cm로 유동화 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 베이스 및 유동화 콘크리트 공히 슬럼프, 슬럼프 플로우 및 공기량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 3, 7 및 28일 재령에서 표준양생 공시체의 압축강도와 1, 3, 7, 14, 21, 28 및 91

일 재령에서 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 측정하는 것으로 하였다. 광택도 측정은 4면에 치장합판으로 제작한 공시체에 대하여 탈형후, 탈형후 7 및 28일에서 콘크리트 표면의 광택도를 측정하도록 하였다.

[표 2] 실험계획

실험요인		실험수준		
콘크리트	컨벤셔널 콘크리트	1	25-210-15	
	유동화 콘크리트	2	25-300-12 25-300-21	
실험사항	굳지않은 콘크리트	3	슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 · 표준양생(3, 7 및 28) · 구조체 관리용 (1, 3, 7, 14, 21, 28 및 91)	
	경화콘크리트	압축강도 (재령·일)	2	
		광택도	3	탈형후, 탈형후 7일 및 28일
	거푸집	1	치장합판	

2.3 사용재료

본 실험에 사용하는 재료는 레미콘 납품사로 선정된 G 레미콘사(주)에서 사용하는 재료이었다. 즉, 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트, 혼화재료로 플라이애시는 보령화력산을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 [표 4] 및 [표 5]와 같다. 골재로써 굵은골재는 충남 보령산 부순굵은골재, 잔골재는 충남 예당산 육지모래

를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 [표 6]과 같다. 혼화제로써, AE감수제는 리그닌계, 유동화제는 분리저감형 유동화제를 사용하였는데, 그 물리적 성질은 [표 7]과 같다.

[표 4] 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	팽창도 (%)	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3.513	0.09	210	340	181	229	405

[표 5] 플라이애시의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	단위수량비 (%)	이산화규소 (%)	습분 (%)	강열감량 (%)
2.18	3.628	99	60.0	0.1	4.0

[표 6] 골재의 물리적 성질

골재종류	비중	조립률	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	0.08mm체 통과량(%)
굵은골재	2.67	6.9	0.6	1,572	-
잔골재	2.58	2.7	0.9	1,592	1.0

[표 7] AE 감수제 및 유동화제의 물리적 성질

구분	주성분	형태	색상	비중 (20℃)	표준사용량 (C×%)
AE감수제	리그닌계	액상	암갈색	1.18	0.15~0.4
분리저감형 유동화제	멜라민계	액상	연황색	1.20	0.3~0.5

[표 3] 콘크리트의 배합표

구분	슬럼프 (cm)		W/B (%)	S/a (%)	FA/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	용적배합 (l/m ³) **				중량배합 (kg/m ³) **					
	베이스	유동화					C	FA	S	G	C	FA	S	G	AE 감수제	SP제
컨벤셔널 *	15	-	55.5	47	5	191	104	8	306	346	327	17	791	923	1.032	-
유동화 콘크리트	12	21	44.4	46		180	122	9	296	348	384	20	764	926	1.616	1.68

* 컨벤셔널은 기존의 레미콘 배합인 25-210-15임

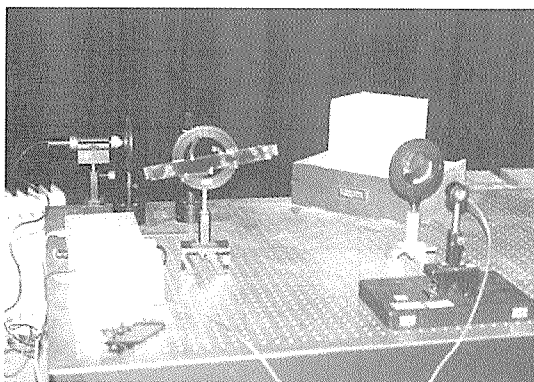
** C는 시멘트, FA는 플라이애시, S는 잔골재, G는 굵은골재, B는 C+FA의 결합재량, SP제는 유동화제임

2.4 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 레미콘 공장의 제조설비에 따라 실시하였고, 공시체 제작으로 압축강도 시험용 공시체는 KS F 2403의 $\phi 10 \times 20$ cm인 원주형 몰드를 이용하여 제작하였으며, 광택 측정용 공시체는 $15 \times 15 \times 15$ cm 크기의 4면을 치장합판으로 제작하였다.

굳지않은 콘크리트의 유동성 평가로서 슬럼프 시험은 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프플로우 시험은 슬럼프 시험이 끝난 직후 최대 직경과 이에 직교하는 직경의 평균값을 슬럼프플로우로 하였다. 공기량 시험은 KS F 2421 규정의 압력법으로 측정하였다.

경화 콘크리트의 압축강도 시험은 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 수중에서 실험 계획된 재령기간 양생한 후 100 ton U.T.M으로 KS F 2405의 방법에 의거 실시하였고, 콘크리트의 광택도 측정은 실험계획된 재령기간 항온항습실에서 양생을 실시한 후 ASTM D 523의 규정에 의거 [사진 2]와 같은 방법에 따라 측정하는 것으로 하였다.

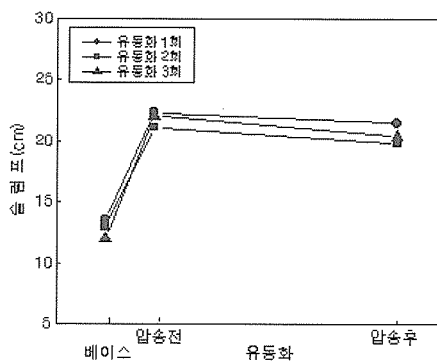


[사진 2] 광택도 측정 모습

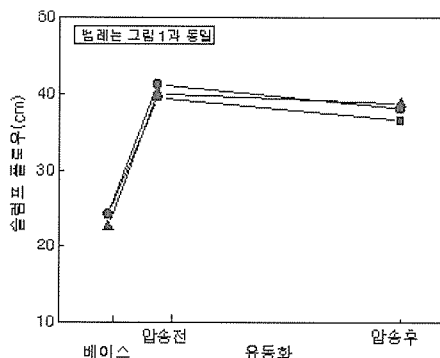
3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

사진 3~7은 레미콘 차 현장 도착후 유동화제를 첨가하여 교반후 시료채취하고, 베이스, 유동화 후 및 압송후의 유동성과 공기량을 측정하는 것이다.



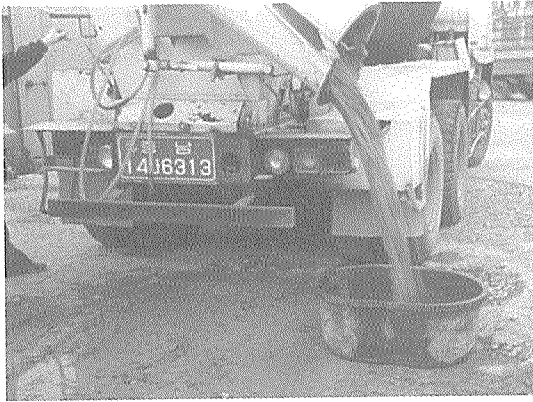
(그림 1) 베이스 및 유동화 콘크리트의 슬럼프



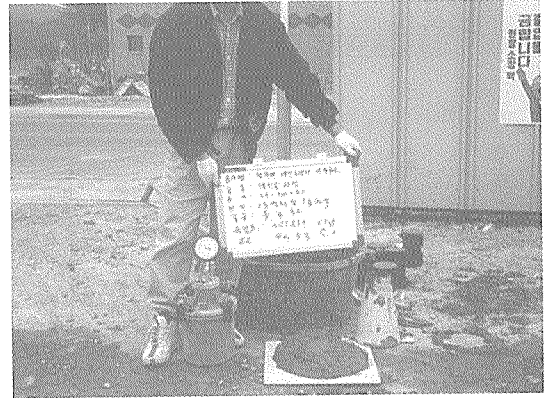
(그림 2) 베이스 및 유동화 콘크리트의 슬럼프플로우



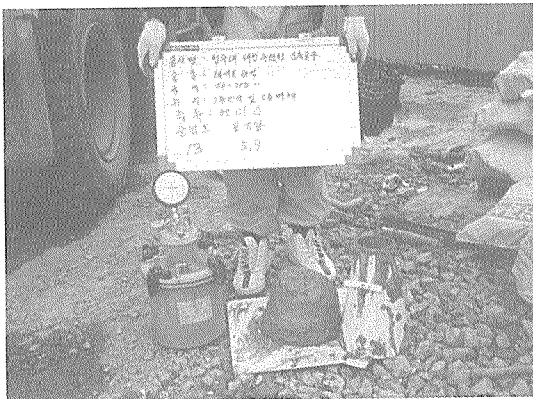
[사진 3] 유동화제 첨가 및 교반



[사진 4] 시료채취



[사진 6] 유동화 후의 슬럼프



[사진 5] 베이스 콘크리트의 슬럼프

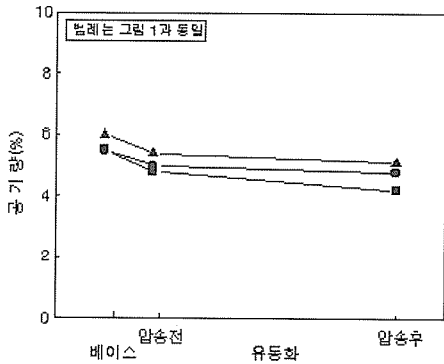


[사진 7] 펌프 압송후의 슬럼프

[그림 1] 및 [그림 2]는 베이스 및 유동화 콘크리트의 펌프 압송전·후에 있어서 슬럼프, 슬럼프플로우 값을, [그림 3]은 공기량을 나타낸 것이다. 먼저, 유동화제 첨가량 0.47%로 베이스 콘크리트를 유동화한 경우 슬럼프 증대는 약 8~10cm 정도이었다. 또한, 유동화 콘크리트의 펌프 압송후에 있어서 슬럼프는 펌프 압송시 압력에 의한 골재내부로의 수분 흡수 등으로 말미암아 1~2cm 정도 감소하는 것으로 나타났다. 슬럼프플로우의 경우도 전반적인 경향은 슬럼프와 유사하였다.

유동화 콘크리트인 경우 유동화 후의 공기량은 베이스 콘크리트에 비하여 0.5~0.8% 정도 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트를 유동화시킬 경우 콘크리트의 점성저하로 공기가 쉽게 소실됨에 따른 것으로 분석되었다. 또한, 펌프 압송후의 공기량은 압송전에 비하여 0.3~0.6% 정도 감소하였는데, 이는 펌프압력에 의한 공기포 손실에 기인한 것으로 분석된다.

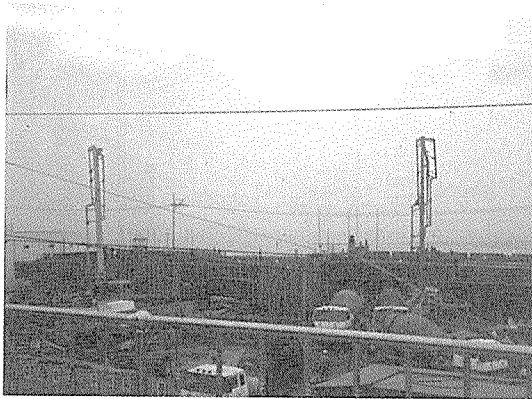
3.2 경화 콘크리트의 특성



[그림 3] 베이스 및 유동화 콘크리트의 공기량



[사진 10] 3층 부어넣기 모습



[사진 8] 1층 부어넣기 모습



[사진 9] 2층 부어넣기 모습

[그림 4]는 표준양생조건에서 베이스 및 유동화 콘크리트의 압송전·후와 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 재령경과에 따라 나타낸 것이다.

유동화 콘크리트의 압축강도는 베이스 콘크리트보다 펌프 압송전·후에서 크게 나타났는데, 이는 유동화 콘크리트의 경우 베이스 콘크리트에 비해 비교적 공기량이 적음에 기인한 결과로 분석된다.

재령 3, 7 및 28일에서 구조체 관리용 공시체의 압축강도(2000년 3월 23일 타설)는 표준양생 공시체보다 콘크리트 부어넣기 당시의 낮은 외기온으로 인해 작게 나타났다. 한편, 구조체 관리용 공시체의 압축강도는 1일 재령에서 50kgf/cm²이상의 압축강도를 발휘하는 것으로 나타났고, 또한 주문자가 요구하는 호칭강도인 300kgf/cm²는 재령 14일 정도에서 발휘되는 것으로 나타났다. 따라서, 구조체 관리용 공시체를 제작하여 콘크리트의 품질을 관리할 경우는 건축공사 표준시방서의 안전축 규정보다 거푸집 제거시기를 앞당길 수 있는 것으로 사료된다.

[그림 5]는 베이스 콘크리트와 유동화 콘크리트의 압송전·후에 있어서 압축강도를 산점도로 비교한 것이다.

전반적으로 유동화 콘크리트에서 펌프 압송 전·후의 압축강도는 베이스 콘크리트에 비하여 7% 전후로 공기량 저하 등에 기인하여 크게 나타났다.

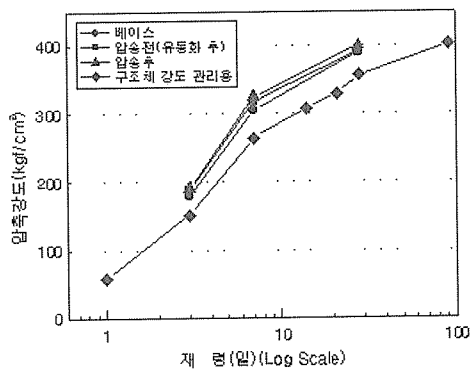
3.3 광택도 특성

[그림 6]은 재령경과에 따른 광택도를 컨벤셔널(실험실실험의 데이터), 베이스 및 유동화 콘크리트의 펌프 압송 전·후로 구분하여 나타낸 것이다.

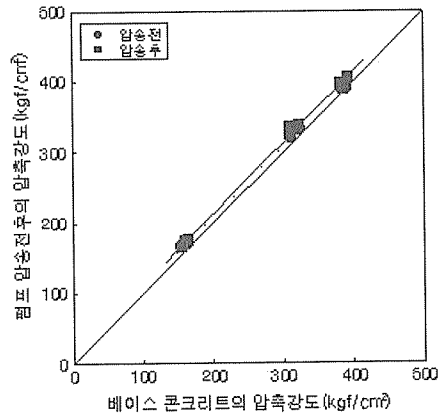
전반적으로 재령이 경과할수록 광택도는 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트 표면의 중성화 및 수화생성물의 유출로 인한 거칠기의 변화에 기인한 것으로 분석된다.

[그림 7]은 컨벤셔널, 베이스 및 유동화 콘크리트의 펌프 압송 전·후의 광택도를 평균적으로 나타낸 것이다.

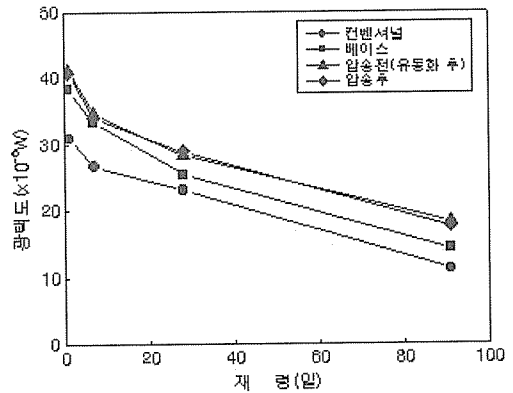
유동화 콘크리트의 펌프 압송 전·후에 있어서 광택도는 컨벤셔널에 비하여 약 35%, 베이스 콘크리트에 비하여 약 10% 전후로 증가하였다. 이는 W/C 저하에 따른 조직 치밀화와 콘크리트를 유동화 함에 따른 충전성 향상에 기인한 결과로 분석되었다.



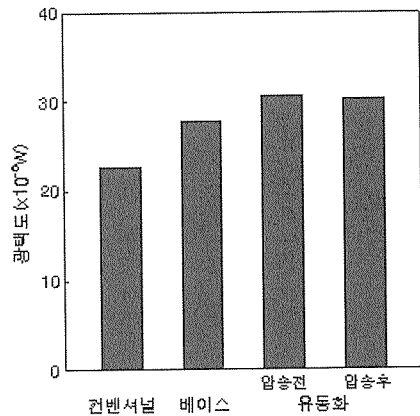
(그림 4) 재령 경과에 따른 압축강도



(그림 5) 베이스와 펌프 압송 전·후의 압축강도 비교



(그림 6) 재령경과에 따른 광택도



(그림 7) 베이스 및 유동화 콘크리트의 광택도

4. 결 론

본 연구는 청주대학교 대천수련원 신축공사에 실제 시공되는 콘크리트에 분리저감형 유동화제를 이용한 유동화 공법을 대상으로 굳지않은 콘크리트 특성, 경화 콘크리트의 특성 및 표면광택도 향상 특성에 대하여 분석하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 유동화 콘크리트의 슬럼프 및 슬럼프플로우 값은 펌프 압송후에 약간 저하하였고, 공기량도 펌핑압에 의한 공기포 소실에 기인하여 저하하였다.

2) 경화 콘크리트의 특성으로 유동화 콘크리트의 압축강도는 베이스 콘크리트에 비하여 공기량 저하에 기인하여 7% 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 구조체 관리용 공시체를 이용하여 품질관리를 할 경우는 시방서의 규정보다 거푸집 제거시기를 단축시킬 수 있어 효과적일 것으로 사료된다.

3) 유동화 콘크리트의 펌프 압송전·후에 있어 표면 광택도는 콘크리트의 충전성 향상에 의하여 컨벤셔널에 비하여 35%, 베이스 콘크리트보다 10% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

4) 이상을 종합하여 볼 때 제치장 콘크리트는 고내구성도 고려하여 W/C를 낮추고, 시공의 편리성을 위하여 분리저감형 유동화제를 이용하고, 또한 시공성 향상을 위하여 유동화 공법으로 준고유동 콘크리트를 제조하여 부어 넣기 하게 되면 조직 치밀화 및 충전성 향상으로 표면광택 특성을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 한천구, 강의영, 오선교, 반호용 ; 증점제를 이용한 분리저감형 유동화 콘크리트의 개발 및

그 특성분석, 한국콘크리트학회논문집, Vol.11, No.4, 1999

2. 한천구, 유호범, 오선교, 반호용 ; 분리저감형 유동화제를 이용한 준고유동 콘크리트의 제조 및 특성 분석, 대한건축학회논문집, Vol.16, No.6, 2000

3. 하재담, 공양식, 강창운, 정일모, 정태웅, 이현희 ; 광택 노출콘크리트 개발 및 실용화 연구, 콘크리트학회 학술발표 논문집, 1998. 5.

4. ASTM D 523 ; Standard Test Method for SPECULAR GLOSS, 1994.

5. 신성우, 정태웅, 이현희, 하재담 ; 수화반응시 생성되는 계면피막을 응용한 광택 노출콘크리트 공법, 콘크리트 학회지, 1999. 2.

6. 전충근, 이광설, 오선교, 한천구, 반호용 ; 제치장 콘크리트의 광택도에 미치는 거푸집 재료 및 박리제의 영향, 대한건축학회 학술발표 논문집, pp.421~426, 1999.

7. 김효구, 강의영, 오선교, 한천구, 반호용 ; 거푸집 및 박리제 종류에 따른 제치장 콘크리트의 광택도에 관한 연구, 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, pp.197~202, 1999.

8. 김효구, 박희설, 전충근, 김기철, 한천구 ; AE 계 종류 및 첨가량 변화에 따른 시멘트 모르타의 표면광택 특성, 대한건축학회 학술발표논문집, 1999. 10.

9. 박희설, 김효구, 전충근, 김기철, 한천구 ; 골재의 입형 및 입도분포에 따른 시멘트 모르타의 표면광택 특성, 대한건축학회 학술발표논문집, 1999. 10.

10. 한천구, 반호용, 오선교 ; 분리저감형 유동화 콘크리트의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 1998.

11. 宮本欣明 ; 打放しコンクリートに関する實驗的研究(その1 せき板および締固め方法が仕上がり,強度に及ぼす影響について), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1993. 9.

12. 柏木降男 ; 打放しコンクリートの色むらに関する基礎的研究, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1995. 8.