

초유동 고성능 콘크리트의 현장적용 사례보고 Field Application of Super Flowing Concrete



박 기 청*



신 동 수**



이 운 배***

1. 서 론

최근 전세계적으로 모든 산업분야에 걸쳐 기술 개발에 대한 경쟁이 날로 치열해지고 있는 가운데, 콘크리트 분야에서도 재료의 성능을 극대화시킨 각종 고성능 콘크리트에 대한 연구, 개발이 활발히 진행되고 있다. 고성능이란 고강도, 고유동, 고내구성으로 대표될 수 있으나 고성능 콘크리트에 대한 연구방향은 미국, 캐나다, 유럽 등에서 지향하고 있는 고강도, 고내구성을 강조하는 방향과 일본에서와 같이 다짐이 필요없는 초유동 콘크리트에 대한 연구로 대별할 수 있다.

초유동 콘크리트는 우수한 충전능력을 갖고 있기 때문에 콘크리트 타설시 다짐작업이 필요없으며, 철근 배근상태, 작업인력의 숙련도 등 각종 작업조건의 영향을 받지 않을 뿐만 아니라 경화후 품질의 균질성을 보장할 수 있는 가장 큰 특징을 갖고 있다. 따라서 콘크리트 공사의 현대화, 합리

화 및 신공법 개발을 촉진할 것으로 기대되고 있으며, 일본에서는 현재 실험실적연구뿐만 아니라 현장시공 사례도 많이 보고되고 있다.^(1,2)

국내에서 고강도 콘크리트 관련 연구는 상당히 진전을 보아 구조설계에 반영되어 건설현장에 상용화되기 시작하고 있으나 초유동 콘크리트에 관한 연구는 미진한 상태이다. 당사에서는 1993년부터 삼성분계 결합재(1종 시멘트, 고미분말 슬래그, 플라이애쉬)를 사용한 초유동 콘크리트를 개발하였으나⁽³⁾ 재료 입수의 어려움 및 레미콘 추가 설비 필요, 가격 상승 등의 문제점으로 인하여 1994년도 부터 플라이애쉬를 사용한 초유동 콘크리트에 대한 연구를 시작하여 금번의 현장적용을 실시하게 되었다.^(4,5)

현장적용에 앞서 실제로 레미콘 공장에서 사용하게 될 원재료를 이용하여 실험실에서 초유동 콘크리트 배합을 선정하였다. 현장 시험시공은 지금까지 실험실에서 제조한 초유동 콘크리트의 현장 제조 및 타설을 통하여 현장적용 가능성과 개선점을 파악하는데 목적을 두었다. 즉 현장 시험시공을 통하여 레미콘 공장에서의 제조 가능

* 정회원, 동양중앙연구소 이차제품연구실장

** 동양시멘트(주) 광양레미콘공장 품질관리실장

*** 동양시멘트(주) 건설사업본부 과장

성 및 품질관리상의 문제점, 현장 시공성 및 다짐 불필요 성능의 확인, 경화후의 물성 등을 종합적으로 판단하고 현재의 제조 및 시공법상의 개선점을 파악하고자 하였다.

2. 현장시공 개요

2.1 현장 개요

본 공사는 당사 건설사업본부 및 광양 레미콘 공장과 공동으로 동광양시에 신축중인 슬래그 시멘트 공장 구내 사무실 건물을 대상으로 실내실험을 통해 개발된 초유동 콘크리트의 현장 타설을 일반 레미콘과 비교하여 수행한 것이다.

레미콘 공장에서 시공현장까지는 약 25분 정도의 운반 시간이 소요되었으며, 급변 시험시공에서는 사무실 건물 1층의 기둥과 벽체 및 슬래브의 일부에 콘크리트 펌프카를 사용하여 타설하였으며, 다짐작업을 전혀 하지 않았다(표 1, 그림 1 참조).

본 시험시공의 대상건축물인 사무실은 벽 두께가 약 10cm로서 과밀배근되어 있거나 또는 거푸집의 형태가 복잡한 구조물은 아니었으나, 실험실 내에서 개발된 초유동 콘크리트를 레미콘 공장에서 기존의 시설로도 문제없이 제조할 수 있는지와 제조된 초유동 콘크리트의 유동성과 충전성능을 확인하기에는 무리가 없는 대상이라고 생각된다(사진 1 참조).

현장에 적용할 레미콘의 배합설계는 1차로 실내 실험을 실시한 후, 이를 토대로 공장 배치 플랜트로 실기 제조실험을 수행하였으며, 현장 배합 및 표면수 적용, 고성능감수제 첨가율 등을 최종적으로 결정하였다. 시공시에는 콘크리트의 유동상황 및 충전상황을 육안으로 확인하기 위하여 기둥 일

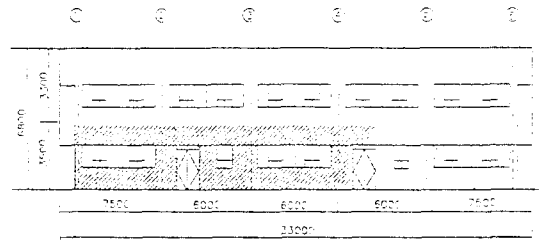


그림 1 대상 구조물의 입면도

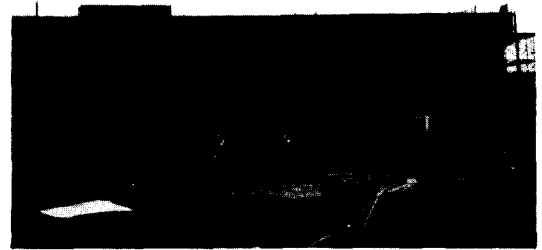


사진 1 시공대상 건물의 전경(시공후)

부에 투명 아크릴 판을 설치하였고 거푸집 제거 후에 경화된 콘크리트 구조체의 표면을 조사하였다.

2.2 현장재료 특성

시멘트는 당사에서 생산되는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 수화열 저감 및 콘크리트의 점성을 증가시키기 위하여 혼화재로서 보령화력 발전소산 유연탄 플라이애쉬를 시멘트에 30% 치환하여 사용하였다. 플라이애쉬의 비중은 2.23, 블레인 비표면적 3,270cm²/g, 장열감량 4.5%이며 그 화학조성은 표 2와 같다.

표 2 플라이애쉬의 화학조성

(단위 : 중량백분율)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
53.96	30.60	5.73	1.44	1.13	0.05	3.65	0.33	2.72

또한, 콘크리트의 유동성을 확보하기 위하여 나프탈린계 고성능감수제를 사용하였으며, 사용된 고성능감수제의 물성은 표 3과 같다.

표 1 공사 개요

위 치	전남 동광양시 태인동 1659-1 동양시멘트 슬래그 시멘트 공장
시공주	동양시멘트(주)
구 조	철근 콘크리트 구조물
시 공	동양시멘트(주) 건설사업본부
건 물	지상 2층(사무실용)
개 요	1층바닥면적 : 202.5m ²

표 3 고성능감수제의 물성

항 목	비 중	pH	고형분	Cl ⁻ (%)
측정값	1.20	8.61	39.67	0.0874

굵은골재는 동광양 석산에서 생산되는 최대크기 19mm 쇄석을 사용하였고, 잔골재는 세척사를 사용하였다(표 4 참조).

표 4 골재 물성

항목	비 중	흡수율 (%)	조립율 (F.M.)	단위용중 (kg/m ³)	실적율 (%)
잔 골 재	2.57	1.25	3.17	1468	57.13
굵은골재	2.70	0.89	6.89	1588	58.92

3. 초유동 콘크리트의 현장실기 실험

현장에 적용할 콘크리트의 배합비를 결정하기 위하여 광양레미콘 공장에서 사용하고 있는 골재를 사용한 실내실험을 실시하였으며, 이를 토대로 공장 설비를 이용한 실기 제조 실험을 수행하여 최종적으로 현장배합비를 결정하였다. 실내실험시 초유동 콘크리트는 슬럼프 플로우 60±5cm, 박스 충전성 시험시의 좌우 단차 5cm 이내, O형 깔때기 유하시간 15초 이내가 되도록 하였으며, 과밀배근 충전성 시험장치의 육안관찰 결과를 참고

로 하여 배합을 결정하였다. 또한, 시간 경과에 따른 슬럼프 손실을 고려하여 고성능감수제 첨가량을 조절하였다. 실험에 사용된 시험장치의 사양은 그림 2와 같다.

표 5에 나타나 있는 바와 같이 실내실험 결과를 근거로 하여 플라이애쉬 치환율 30%, 물결합재비 35%, 잔골재율 51%인 초유동 콘크리트의 제조를 목적으로 배쳐 플랜트 실기실험을 실시하였다.

표 5 실기실험시의 콘크리트 배합비

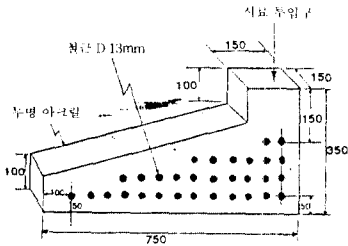
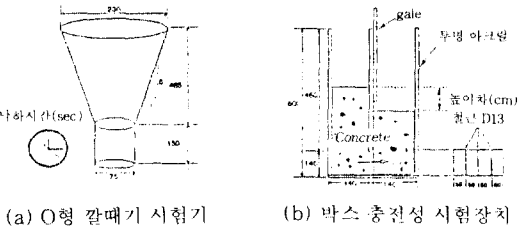
물결합재비 (%)	잔골재율 (%)	단위재료량(kg/m ³)				
		물	시멘트	플라이애쉬	잔골재	굵은골재
35	51	190	380	163	795	802

레미콘 실기실험시 1회 배합량은 1m³로 하였으며, 혼합시간은 혼합기 전류계를 보면서 전류계의 눈금이 안정되는 시간을 고려하여 모든 재료가 믹서에 투입된 후 약 1분으로 하였다.

레미콘 제조에 앞서 적외선 수분기에 의해 측정된 잔골재 함수율은 4.5%이었으며, 이를 근거로 하여 잔골재 표면수율을 3.2%로 적용하였다. 첫 번째 콘크리트 제조시 고성능감수제 첨가율을 (C+FA)×1.6%로 하였다. 실기실험은 총 3회 실시하였으며 그 결과는 표 6과 같다.

표 6 배쳐 플랜트 실기실험 결과

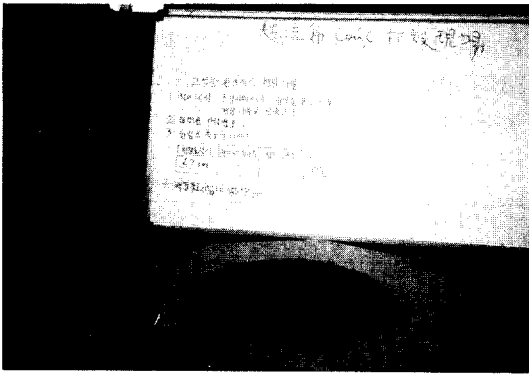
No.	SP 첨가량 (kg/m ³)	슬럼프 플로우 (cm)	깔때기 유하시간 (초)	박스시험 좌우 단차 (cm)	과밀배근 충전성 실험
1	8.7	62	2.32	1.5	매우 양호
2	7.6	40	6.75	11	-
3	8.7	50	6.53	9	-



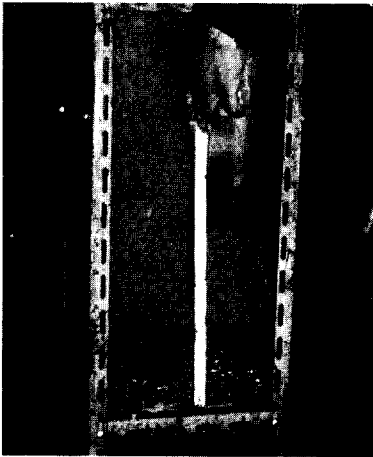
(c) 과밀배근 충전성 시험장치

그림 2 초유동 콘크리트 시험장치

재료분리 저항성을 향상시킬 필요가 있다고 판단되었다. 또한, 육안관찰상 굵은골재량이 매우 적어 보였으므로 이에 대한 배합보정을 실시하였다.



(a) 슬럼프 플로우



(b) 박스시험장치

사진 2 초유동 콘크리트 실험장면

2번째 실기 실험시에는 고성능감수제 첨가량을 1.4%로 감소시키고 콘크리트 중의 굵은골재량 증가를 위해 세골재 중의 5mm 이상분을 0%로 보정하였다. 2회 실험결과, 과밀배근 충전성 시험 및 깔때기 유하시험의 실험결과와 실험시의 양호한 충전성을 나타내는 기준을 만족하였으나 슬럼프 플로우가 약 40cm이고 박스시험의 단차가 21cm로 나타나 고성능감수제 첨가율을 재조정하였다.

3번째 실험에서는 세골재 중의 5mm 이상량을 0%로 적용하고 고성능감수제 첨가량만 1.6%로

하여 제조한 결과, 슬럼프 플로우가 약 50cm, 깔때기 유하시험이 약 7초, 박스시험의 단차가 9cm였으며, 과밀배근 충전성 시험결과도 양호하였다.

3번째로 제조된 콘크리트에 대하여 제조후 10분 경과후에 고성능감수제를 0.15% 후첨가하여 약 60분까지 경과시간에 따른 유동성 변화를 시험한 결과를 표 7에 나타내었다. 시험결과, 슬럼프 플로우가 40cm 이하로 되면 충전성이 크게 저하되는 것으로 나타나 이에 대한 대책으로 시공 현장에서 슬럼프 플로우 50cm 이하이면 고성능감수제를 후첨가하기로 결정하고 가급적 출하시기를 적절히 조절하여 불필요한 타설전 대기시간을 줄이기로 하였다.

따라서 실제 콘크리트 제조시에는 시간 경과에 따른 슬럼프 유동성 저하를 고려하여 고성능감수제 첨가율을 1.8%로 결정하였다.

표 7 시간경과에 따른 유동성 변화

측정항목	경과시간(분)				비고
	제조 즉시	15	35	55	
슬럼프 플로우(cm)	50	57	41	32	* 제조 10분 경과후 SP 0.15% 후첨가
깔때기 유하시험(sec)	6.5	5.2	5.8	7.7	* 콘크리트 온도 18℃
박스단차(cm)	9	6	20	20	* 공기량 1.6%
과밀배근 충전성	양호	양호	양호	약함	(55분경과 측정시)

4. 제조 및 시공

4.1 제조

현장적용 콘크리트의 배합비는 플라이애쉬 치환율 30%, 말결합재비 35%로 하여 다음 표 8과 같이 결정하였다. 배척 프랜트 실기실험 결과에 따르면 단위수량 및 잔골재율을 감소시켜 결합재량을 줄이고 굵은골재량을 증가시켜도 우수한 충전능력을 나타낼 수 있을 것으로 판단되었으나, 최초의 시험시공인 만큼 공장 제조시의 품질변동요인을 고려하여 초유동 성능을 안정적으로 확보할 수 있는 배합으로 선정하였다.

콘크리트 1회 비빔량을 1.5m³으로 할 경우, 혼합기에 걸리는 부하는 일반 콘크리트와 큰 차이를 보이지 않았으나 고성능감수제의 충분한 분산성

능 발휘를 위하여 원재료가 다 투입되고 난 뒤의 혼합시간을 약 1분으로 하였다.

표 8 초유동 콘크리트 현장적용 배합비

물결합재비 (%)	잔골재율 (%)	단위재료량(kg/m ³)					
		물	시멘트	플라이애쉬	잔골재	굵은골재	고형물잔수계
35	51	190	380	163	795	802	9.8

4.2 시 공

(1) 충전성 및 거푸집 측압

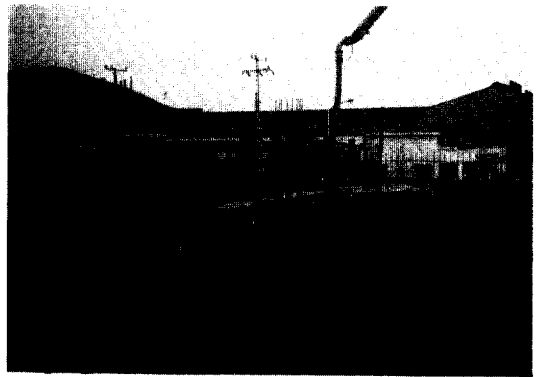
초유동 콘크리트를 타설하기 전에 25-210-18 규격의 일반 콘크리트를 먼저 타설하였다. 25-210-18 규격 콘크리트의 현장 도착시 슬럼프는 18cm로 일반 콘크리트로서는 양호한 작업성을 나타내는 것이었으나 타설시 진동기에 의한 다짐작업은 필수적이었다. 그러나 이후 타설된 초유동 콘크리트는 아무런 다짐작업 없이도 타설이 가능하였다.

기동에 투입된 콘크리트는 벽체를 통하여 옆기동으로 빠른 속도로 충전되어 오르는 것은 투명 아크릴 판을 통하여 관찰할 수 있었다. 그러나 투명 아크릴 판을 낸 기동의 약 70% 높이까지 콘크리트가 충전되었을때 거푸집이 압력을 견디지 못하고 일부 변형되거나 거푸집 곳곳의 미세한 틈으로 페이스트 및 몰탈이 유출되는 경우가 발생하기도 하였다. 이미 기존의 시공사례 및 연구에서 수차례 지적되었던 것처럼 초유동 콘크리트 타설시 거푸집에 걸리는 측압은 액압에 가까울 정도로 매우 크다는 것을 금번 시공을 통하여 확인할 수 있었다. 따라서 초유동 콘크리트의 높은 유동성으로 인해 발생하는 거푸집 측압을 고려한 거푸집 설계가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

(2) 슬래브 타설 및 표면마무리

일반적으로 초유동 콘크리트를 슬래브에 타설한 경우는 많지 않으나 본 시공에서는 유동성 및 유동거리의 확인을 위하여 슬래브에 다짐작업 없이 타설을 실시하였다. 슬래브 타설시 펌프카로부터 토출된 콘크리트는 재료의 분리없이 아무런 외력을 가하지 않아도 토출된 주위로 유동하였다(사진 3 참조). 또한 슬럼프 18cm의 보통 콘크리

트는 철저한 진동다짐을 하여야만 했으나 초유동 콘크리트는 아무런 다짐작업 없이도 슬래브에 타설된 콘크리트가 벽체 및 기동으로 흘러들어가 구석구석을 충전하므로 매우 효과적인 시공이 가능하였다. 그러나 표면 마무리 작업에 대한 현장 작업사의 작업소감은 보통 콘크리트에 비하여 상대적으로 힘들다는 반응이었다. 이것은 점성이 매우 크면서도 블리딩과 같이 콘크리트중의 자유수의 이동을 기대할 수 없는 초유동 콘크리트의 특성에 기인한 것으로 판단되며, 향후 이에 대한 개선대책도 필요하다고 여겨진다.



(a) 펌프카 타설 전경



(b) 슬래브 타설 전경

사진 3 초유동 콘크리트 타설 전경

(3) 운반 및 경시변화

레미콘 공장에서 타설 현장까지의 운반 소요 시간은 20~25분 정도였으며 콘크리트 타설계획에 따라 제조, 출하되었기 때문에 레미콘 차량의 현

장 대기 시간이 상당히 짧아 시간경과에 따른 유동성 저하를 방지할 수 있었다.

현장도착시 유동성이 부족한 경우에는 현장에서 고성능감수제를 후첨가하고 교반기 드럼을 고속으로 3~4분 가량 회전시킨 후 타설함으로써 유동성 부족문제를 해결할 수 있었다. 이때, 레미콘 차량으로부터 토출되는 콘크리트를 관찰한 결과, 유동성 증가가 일부분에만 나타나지 않고 전체적으로 균질하게 나타남을 알 수 있었다. 한편, 펌프 압송후 콘크리트의 슬럼프 플로우는 펌프 압송전에 비하여 약 5cm 가량 저하되는 현상을 나타내었다.

(4) 경화후 충전성 확인

콘크리트 타설후 1일만에 거푸집을 제거하고 타설된 콘크리트의 표면을 관찰한 결과, 다짐을 실시한 일반 콘크리트(슬럼프 18cm)가 타설된 장소에서는 모서리 부분 등에서 완전히 충전되지 않은 부위가 발견되거나 조골재와 몰탈의 분리가 나타난 부분이 부분적으로 발생한 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 초유동 콘크리트의 경우에는 거푸집 구성구석까지 치밀하게 충전된 것을 확인할 수 있었다.

표면마감은 대체로 양호하였지만 특히 일부에 곰보자국 등이 발견되기도 하였는데 거푸집 재질에 의한 영향과 함께 타설시 갖힌 공기가 외부로 탈출하지 못해 발생한 현상으로 추측되었다. 초유동 콘크리트는 밀실한 충전이 가능하며 페이스트가 많은 부배합이므로 표면마감 상태가 매우 양호한 것으로 보고되고 있으나, 거푸집 재질이나 거푸집 안쪽에 바르는 박리제 등의 종류나 양에 의해 영향을 받는 것으로 판단되므로 향후 이에 대한 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 특히 일반적으로 표면마감 상태로 콘크리트의 품질을 판단해버리는 잘못된 경향이 있는 국내의 현실을 감안할 때 이에 대한 검토의 필요성은 더욱 커진다.

(5) 품질시험 결과

초유동 콘크리트 제조시의 외기온은 10~12℃ 정도였으며 공장에서 제조 직후 측정된 콘크리트의 온도는 약 16~17℃였다. 슬럼프 플로우값의 변화는 53~74cm 정도로 나타났으며 표면수 보정

을 낮게 한 경우 실제 단위수량이 많아지므로 슬럼프 플로우값이 커지는 경향이 나타났다. 품질시험 결과는 표 9와 같다.

표 10은 현장 도착시의 초유동 콘크리트 품질시험 결과이다. 초유동 콘크리트 타설시 펌프카 압력 계기의 눈금은 일반 슬럼프 18cm(슬럼프 플로우 측정값 약 30cm)의 콘크리트 보다 약 10bar 정도 적었다. 현장 기온은 10~12℃ 정도였으며 콘크리트의 온도는 19~20℃ 정도였다.

표 9 제조직후의 콘크리트 품질시험 결과

측정 No.	표면수 (%)	슬럼프 플로우 (cm)	비 고
1	2	54	* SP 0.15% 후첨가후 출하
2	1	74	* 기온 10.8℃
3	2	50	* SP 0.15% 후첨가후 출하
4	1.5	56	* 공기량 2.3% * 공시체 15개 제조
5	1.3	62	
6	1.3	62.5	
7	1.3	61	* 공기량 4.3%
8	1.3	53	* 공기량 4.1%

표 10 현장 도착시 콘크리트 품질시험 결과

측정 No.	슬럼프 플로우(cm)			비 고
	도착시	SP제 첨가후	펌프 압송후	
1	58	74	64	* SP제 0.1% 레미콘에 후첨가
2	67	-	60	* 공시체 15개 다짐 없이 제작 (공시체 번호 No. 2)
3	67	-	-	* SP제 0.15% 레미콘에 후첨가
4	50	72	63	* SP제 0.13% 레미콘에 후첨가 * 공시체 15개 다짐 없이 제작 (공시체 번호 No. 4)
5	57	-	52	* 공기량 1.1% * 공시체 15개 다짐 없이 제작 (공시체 번호 No. 5A) * 공시체 6개 다짐하여 제작 (공시체 번호 No. 5B)
6	62	-	61	
7	59	-	-	
8	54	-	-	

표 11에는 현장 타설시에 채취한 공시체의 압축강도 시험결과를 나타내었다. 실내시험 공시체의 압축강도는 물결합재비(W/B) 35%, 단위수량 195kg/m³, 잔골재율 53%, 고성능감수제 첨가율

1.5%의 초유동 콘크리트에 대한 총 5회 시험값의 평균치이다. 현장시험시공 No.5의 A 공시체는 다짐하지 않고 제작한 것이며 B 공시체는 다짐하여 제작한 것이다.

현장 레미콘의 압축강도 시험결과는 실내시험에서 얻은 결과보다 비교적 낮은 값을 나타내었다(그림 3 참조). 이와 같은 결과는 공장의 품질변동 요인(표면수 변동, 계량 오차 등)과 사용된 시멘트 및 플라이애쉬 품질차이에 의한 것이 그 원인으로 판단된다.

표 11 압축강도 시험 결과

구 분		재 령	3일	7일	28일	90일
		실내시험 (94.7.8월 제작)	기건양생	315	393	515
수중양생	299		360	485	--	
현장 시공 예비 시험			271	311	437	--
현 장 시 험 시 공	No.2	138	262	386	494	
	No.4	141	275	410	511	
	No.5	A	134	258	391	493
		B	--	264	400	549
	공장제작	--	309	404	--	
	No.4		317	440	--	

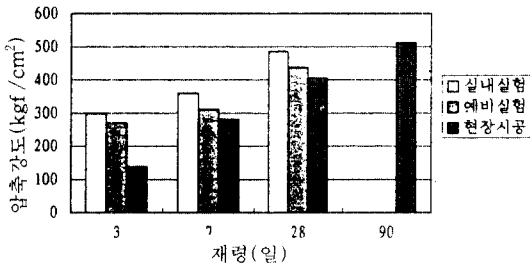


그림 3 초유동 콘크리트의 압축강도 발현성상

5. 결 론

국내 최초로 초유동 콘크리트를 현장구조물에 시험시공한 결과, 다음과 같은 사항이 확인되었다.

- (1) 현재의 레미콘 제조설비에 시멘트 이외의 결합재(혼합재)용 저장 및 계량설비 등이 보완된다면 초유동 콘크리트의 제조 및 안정적인 공급이 가능하다.
- (2) 세골재 표면수 변동과 같은 원재료 변동을 최소로 하기 위한 설비 및 관리대책이 필요

하다.

- (3) 초유동 콘크리트는 일체의 다짐이 없이도 거푸집 전체에 밀실한 충전이 가능하다.
- (4) 플라이애쉬를 사용한 2성분계 초유동 콘크리트는 재령 28일 압축강도 400kgf/cm² 정도를 발현하면서 타설시 진동 다짐을 전혀 하지 않고 시공할 수 있다.
- (5) 초유동 콘크리트는 타설시 거푸집에 걸리는 측압이 보통 콘크리트보다 크기 때문에 거푸집 설계시 이에 대한 반영이 필요하다.

향후 초유동 콘크리트의 시공성, 특히 펌프압송성 및 거푸집 측압과 관련하여 보다 세밀한 검토를 수행할 예정이며, 과밀배근 등 급변 사례에 비해 보다 가혹한 조건하에서의 시공을 통해 초유동 콘크리트의 물성을 확인할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 국책과제 초유동 콘크리트 개발 및 실용화 연구의 일환으로 수행되었으며, 현장 적용에 많은 지원을 해주신 동양시멘트(주) 건설사업본부 국중옥 과장 및 광양슬래그시멘트공장 현장인원 및 광양레미콘 임근정 공장장과 품질관리실 관계자 여러분, 그리고 국책과제 협력연구기관(대우 건설기술연구소 고성능콘크리트팀, 과학기술원 토목공학과) 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 有馬勇 ほか, “明石海峡大橋 4アンカレイジにおける高流動コンクリートの品質”, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 16, No. 1, pp.25-30, 1994
2. 江口清, “高流動コンクリートの實構造物への適用”, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.16, No. 1, pp.37-42, 1994
3. 정재동 외 3인, “고성능 콘크리트 개발에 관한 실험적 연구(제 2보, 삼성분계 초유동 콘크리트의 기초물성”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제5권, 제2호, pp.51-56, 1993
4. 박연동 외 3인, “플라이애쉬를 사용한 2성분계 초유동 콘크리트의 개발”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제6권, 제2호, pp.121-126, 1994
5. 노재호 외 4인, “초유동 콘크리트의 유동성능에 미치는 배합요인의 영향”, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제6권 제2호, pp.115-120, 1994