

# 유동화공법에 의해 제조한 고유동 콘크리트의 원가분석에 관한 기초적 연구

## A Fundamental Study on the Estimation of Construction Cost of High Fluidity Concrete Applying Flowing Concrete Method

한민철\*                      손성운\*\*                      오선교\*\*\*                      김성수\*\*\*\*                      한천구\*\*\*\*  
Han, Min-Cheol                      Son, Seong-Woon                      Oh, Sun-Kyo                      Kim, Seong-Soo                      Han, Cheon-Goo

### Abstract

This paper discusses the estimation of construction cost of high fluidity concrete using segregation reducing type superplasticizer with 350kgf/cm<sup>2</sup> of design strength and 60±5cm of slump flow in order to verify the cost down effect of high fluidity concrete compared with that of plain concrete with 350kgf/cm<sup>2</sup> of design strength and 18cm of slump and with 210kgf/cm<sup>2</sup> of design strength and 15cm of slump. According to research, under same strength levels, although material cost of high fluidity concrete is somewhat higher than that of plain concrete due to segregation reducing type superplasticizer, labor cost and equipment cost of high fluidity concrete is cheaper than that of plain concrete. However, based on the strength differences, high fluidity concrete shows lower material cost, labor cost and equipment cost than that of plain concrete due to decreasing in size of member and re-bar caused by high strength development of concrete.

키워드 : 유동화공법, 분리저감형 유동화제, 고유동 콘크리트, 재료비

Keywords : Flowing concrete method, Segregation reducing type superplasticizer, High fluidity concrete, Material cost

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

고유동 콘크리트는 굳지않은 상태에서의 높은 유동성 및 구석구석까지 스스로 잘 채워지는 우수한 충전성을 발휘하는 장점을 보유한 반면, 제조단가가 비싸고 복잡한 품질관리가 요구되기 때문에 많은 보급 및 실용화에는 많은 문제점이 제기되었다.

이에 본 연구팀에서는 고유동 콘크리트를 저렴한 가격으로 제조하기 위하여 유동화공법을 적용하여 고유동 콘크리트를 제조하는 방법을 검토하였는데, 이 경우 유동화 과정중의 재료분리 및 공기량 감소 등 콘크리트의 품질이 저하하는 단점이 있어 시험실 실험을 통하여 일반유동화제에 증점제 및 AE제를 일정 비율로 첨가하는 적정 배합비를 결정하여 고유동 콘크리트용 분리저감형 유동화제를 개발한 후 이를 이용하여 고유동 콘크리트를 제조하고 그 물성을 검토함으로써 새로운 고유동 콘크리트의 제조방법을 제안하였다.<sup>1)</sup>

또한, 시험실 실험을 통하여 개발된 분리저감형 유동화제를 이용하여 실제 배치플랜트의 공정에 적용한 후 출하되는

베이스 콘크리트를 유동화공법으로 고유동 콘크리트를 제조하여, 모의구조체 및 실구조체를 대상으로 현장적용 실험을 실시하였다.

한편, 본 공법에 의한 고유동 콘크리트의 유효성은 본 연구팀에 의한 기존의 연구에서 검토되었으나, 본 공법을 적용함으로써 기대할 수 있는 공사비 절감효과에 대하여는 아직 검토된 바가 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 본 연구팀에 의하여 개발된 분리저감형 유동화제를 이용하여 유동화공법으로 고유동 콘크리트를 시공할 경우에 소요되는 공사비 절감효과를 검토하기 위하여 실제 아파트 건축공사현장을 대상으로 본공법을 적용하였을 경우의 공사비를 유동성 변수와 강도수준 변수에 따라 비교검토하고자 한다.

### 1.2 연구범위 및 방법

본 연구의 연구범위 및 방법은 표 1과 같다. 본 연구의 대상건물은 서울시 마포구 신수동 D건설 재개발 아파트 신축공사현장으로 대상건물의 개요는 표 2와 같다.

먼저 본 연구에 적용된 콘크리트의 강도수준은 고유동 콘크리트의 경우 350kgf/cm<sup>2</sup>, 플레인 콘크리트의 경우는 210kgf/cm<sup>2</sup>로 결정하였다.

유동성은 고유동 콘크리트의 경우 베이스 상태에서 18cm로 결정된 후 본 연구팀에 의해서 개발된 분리저감형 유동화제를 첨가하여 슬럼프 플로우를 60±5cm로 한 배합을 결정하

\*정회원, 중부대 건설공학부 강의전담 전임강사, 공학박사

\*\*정회원, 청주대 대학원 박사수료, (주) 해피랜드 건설

\*\*\*정회원, (주)선엔지니어링 종합건축사 사무소, 공학박사

\*\*\*\*정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

였다. 플레인 콘크리트의 경우는 슬럼프 18 cm로 결정하였다.

표 1. 연구범위

범 위		수 준
콘크리트	강도	· 350kg/cm <sup>2</sup> (고유동 콘크리트) · 210kgf/cm <sup>2</sup> (플레인 콘크리트)
	유동성	· 슬럼프:18cm(베이스콘크리트, 플레인 콘크리트) · 슬럼프플로우:60±5cm(고유동 콘크리트)
공사비 검토	· 유동성변화에 따른 공사비 · 강도수준변화에 따른 공사비	· 슬럼프 18cm와 슬럼프 플로우 60cm인 경우의 공사비 비교 · 강도210kgf/cm <sup>2</sup> 와 350kgf/cm <sup>2</sup> 인 경우의 공사비 비교

표 2. 현장개요

현장위치	서울시 마포구 신수동 D건설 신축아파트
건물면적	45,726m <sup>2</sup>
건축규모	지상 15층
구조	철근콘크리트 벽식구조

한편, 공사비 검토와 관련하여 본 연구에서는 신축아파트 전체동에 대하여 철근콘크리트 공사중 직접공사비만을 검토하는 것으로 하였는데, 먼저, 동일강도 수준에서 본 연구에 의한 고유동 콘크리트와 플레인 콘크리트의 공사비를 비교하기 위하여 압축강도 350kgf/cm<sup>2</sup>에 슬럼프 18cm인 플레인 콘크리트와 슬럼프 플로우 60±5cm인 고유동 콘크리트를 시공한 경우 공사비를 검토하였다. 또한, 강도수준변화에 따른 공사비를 비교하기 위하여 압축강도 210kgf/cm<sup>2</sup>에 슬럼프 18cm인 플레인 콘크리트와 본 연구에 의한 고유동 콘크리트의 공사비를 비교검토하였다.

본 연구의 공사비 산정은 건축공사 표준품셈, 적산정보 및 월간거래가격을 참고하여 결정하였다.

## 2. 공사비 산정에 관한 이론적 고찰

### 2.1 공사비의 개념

일반적으로 공사비란 공사를 수행하는데 필요한 비용을 말하는데, 공사원가, 공사가격, 시공비용, 공사금액, 낙찰금액, 시설비용, 계약금액 등 다양한 용어로도 사용된다. 한편, 원가 계산 방식에 의한 공사비는 총원가와 부가이윤으로 구성되며, 총원가는 공사원가와 일반관리비로 구성된다. 참고적으로 그림 1은 공사비의 구성을 나타낸 것이다.

### 2.2 공사비의 구성

#### 1) 직접공사비

직접공사비는 공사목적물의 실체를 형성하는 물품의 가치 및 보조에 소비되는 물품, 노무비 및 기계를 사용하는

비용으로 구성되어있다. 그러므로 사용자재의 물량, 노무량 및 사용장비시간에 단가를 적용하여 공사비가 형성된다.

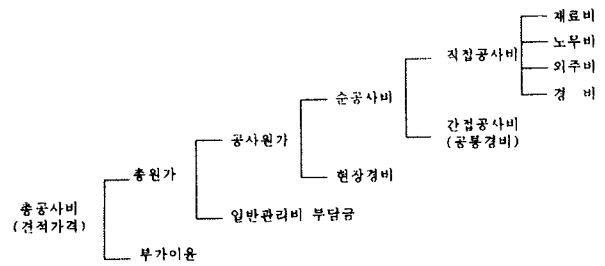


그림 1. 공사비의 구성

#### 2) 간접공사비

간접비는 법령에 의해 규정 또는 의무적인 산재보험료 등 법정요율을 적용하는 항목과 원칙적으로 발생하는 항목별 산출근거를 첨부하여 작성하는 항목으로 구분된다.

## 3. 분리저감형 유동화제에 의한 고유동 콘크리트 공법에 관한 기존의 연구

### 3.1 분리저감형 유동화제의 개발

본 연구팀에서는 유동화공법을 도입하여 유동화제의 유동 성능을 극대화시켜 유동화제량을 최소화함으로써 경제성을 성취하고, 유동화과정에서 발생하는 재료분리 및 공기량 저하를 유동화제에 중점제 및 AE제를 일정비율로 첨가시켜 해결하는 고유동 콘크리트용 분리저감형 유동화제를 개발하였다.

연구결과에 따르면 표 3과 같이 멜라민계 유동화제: PEO 중점제:AE제를 1:0.61:0.017의 비율로 혼합하여 제조할 경우 유동성의 향상, 재료분리의 방지 및 양호한 역학적 특성을 발휘할 수 있는 우수한 분리저감형 유동화제로 개발하였다.

표 3. 분리저감형 유동화제의 물리적 성질

주성분	부성분	형태	색상	비중
Melamine sulfonate superplasticizer	Poly ethylene oxide viscosity agent, Sodium lauryl oxide AE agent	액상	무색	1.08

### 3.2 분리저감형 유동화제를 사용한 고유동 콘크리트의 특성 및 현장적용실험

본 연구팀에서 개발한 고유동 콘크리트용 분리저감형 유동화제를 현장첨가 유동화 공법으로 첨가할 경우, 적정 첨가량이 W/C 35 및 40%에서는 1.0%, W/C 45%에서는 1.3% 정도로 나타났으며, 베이스콘크리트에 플라이애시를 20%전후를 첨가할 경우 유동성 발휘에 필요한 분리저감형 유동화제 사용량을 줄일 수 있으므로 보다 높은 경제성을 추구할 수 있는 것으로 나타났다.

한편, 실험실 시험결과를 토대로 현장 적용성 평가를 위하여 모의구조체 실험 및 실구조체 적용실험을 실시하였는데, 설계기준강도 350kgf/cm<sup>2</sup> (W/B 40%에 해당)콘크리트에 플라이애시를 20% 치환한 베이스 콘크리트에(표 4참조) 분리저감형 유동화제를 1.1%정도 첨가한 경우 양호한 유동성, 충전성 및 재료분리저항성을 갖는 고유동 콘크리트가 제조됨을 확인하였다.

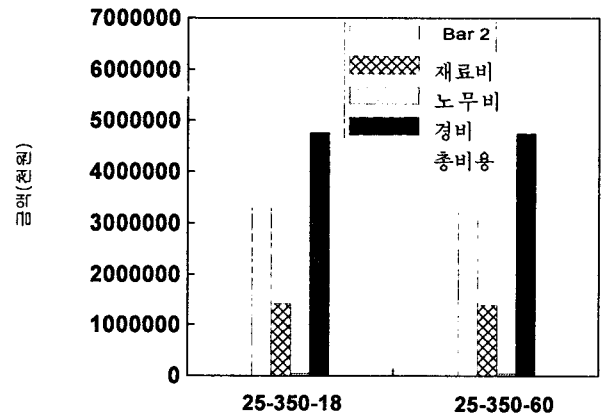
표 4. 베이스 콘크리트의 배합표

W/B (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	S/A (%)	FA/C (%)	S,P/C (%)	용적배합 (ℓ/m <sup>3</sup> )			
					C	FA	S	G
40	180	50	20	1.1	114	41	310	310

#### 4. 고유동 콘크리트의 시공에 따른 공사비 검토

##### 4.1 유동성 변화에 따른 공사비 비교

표 5 및 그림 2는 동일한 강도수준에서 고유동 콘크리트와 슬럼프 18cm인 플레인 콘크리트의 공사비를 각 항목별로 구분하여 나타낸 것이다. 먼저, 재료비의 경우 고유동콘크리트가 분리저감형 유동화제의 사용에 따른 유동화제 비용의 증대로 동일강도 수준의 플레인 콘크리트에 비하여 약 15,309,000원 (약 0.4%)정도 높게 나타난 반면, 노무비의 경우 고유동 콘크리트 시공시 다짐인부가 필요 없음에 따라 플레인 콘크리트에 비하여 약 2%정도 낮게 나타났다.



레미콘 규격

그림 2. 유동성 변화에 따른 공사비의 구성

한편, 기계경비의 경우는 고유동 콘크리트에 있어서 유동성 증대에 따른 펌프의 효율성 증대에 기인하여 플레인 콘크리트에 비하여 약 12%정도 낮게 나타났다. 따라서 동일강도 수준에서 고유동 콘크리트로 시공할 경우 재료비는 약간 상승하나, 노무비 및 경비에서 비용이 감소하여 전체적으로는 동일한 강도수준의 슬럼프 18cm 플레인 콘크리트에 비하여 약 0.3%정도의 공사비 절감효과가 있는 것으로 확인되었다.

##### 4.2 강도수준 변화에 따른 공사비 비교

표 6 및 그림 3은 고유동 콘크리트와 강도수준이 210 kgf/cm<sup>2</sup>인 플레인 콘크리트의 공사비를 각 항목별로 구분하여 나타낸 것이다.

표 5. 유동성 변화에 따른 철근콘크리트 공사비

(단위:천원)

구분	25-350-18						25-350-60 (슬럼프 플로우)					
	품명	규격	단위	수량	단가	금액	품명	규격	단위	수량	단가	금액
재료비	레미콘	25-350-18	m <sup>3</sup>	15,309	68	1,041,012	레미콘	25-350-18	m <sup>3</sup>	15,309	68	1,041,012
	철근	H10 H13 H16 H19 H22 H25	ton	1,040	320	333,099	철근	H10 H13 H16 H19 H22 H25	ton	1,040	320	333,099
				716	315	225,647				716	315	225,647
				240	310	74,541				240	310	74,541
				61	310	19,141				61	310	19,141
				35	310	11,095				35	310	11,095
				46	310	14,445				46	310	14,445
	철근가공조립	보통	ton	2,141	5	10,705	철근가공조립	보통	ton	2,141	5	10,705
거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	142,572	11	1,568,292	거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	142,572	11	1,568,292	
소계					3,297,977						3,313,286	
노무비	레미콘 타설	철근,펌프카	m <sup>3</sup>	15,309	4.359	66,731	레미콘 타설	철근,펌프카	m <sup>3</sup>	15,309	4.359	66,731
	-콘크리트인부		m <sup>3</sup>	15,309	1.718	26,300	-콘크리트인부		m <sup>3</sup>	15,309	1.718	26,300
	-다짐(보통)인부		m <sup>3</sup>	15,309	1.718	26,300	-다짐(보통)인부		m <sup>3</sup>	15,309	1.718	26,300
	철근가공조립	보통	ton	2,141	15.1	323,291	철근가공조립	보통	ton	2,141	15.1	323,291
거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	142,572	7	998,004	거푸집	유로폼	m <sup>2</sup>	142,572	7	998,004	
소계					1,414,326						1,388,026	
경비	레미콘 타설	철근,펌프카	m <sup>3</sup>	15,309	3.4	52,050	레미콘 타설	철근,펌프카	m <sup>3</sup>	15,309	3	45,927
소계											45,927	
합계						4,764,353					4,747,239	

표 6. 강도수준변화에 따른 철근콘크리트 공사비

(단위:천원)

구분	25-210-18						25-350-60(슬럼프플로우)					
	품명	규격	단위	수량	단가	금액	품명	규격	단위	수량	단가	금액
재료비	레미콘	25-210-18	m3	21,053	52.7	1,109,493	레미콘	25-350-18	m3	15,309	68	1,041,012
	철근	H10 H13 H16 H19 H22 H25	ton	1,143	320	366,043	유동화제	분리저감형 철근	ton	15,309	1	15,309
				787	315	247,964				1,040	320	333,099
				264	310	81,914				716	315	225,647
				67	310	21,034				240	310	74,541
				39	310	12,193				61	310	19,141
				51	310	15,874				35	310	11,095
	철근가공조립	보통	ton	2,285	5	11,425	철근가공조립	보통	ton	2,141	5	10,705
	거푸집	유로폼	m2	196,066	11	2,156,726	거푸집	유로폼	m2	142,572	11	1,568,292
	소계					4,022,666						3,313,286
노무비	레미콘 타설	철근,펌프카					레미콘 타설	철근,펌프카				
	-콘크리트인부	m3	21,053	4.359	91,770	-콘크리트인부	m3	15,309	4.359	66,731		
	-다짐(보통)인부	m3	21,053	1.718	36,169							
	철근가공조립	보통	ton	2,285	15.1	32,329	철근가공조립	보통	ton	2,141	15.1	323,291
거푸집	유로폼	m2	196,066	7	1,372,462	거푸집	유로폼	m2	142,572	7	998,004	
소계					1,532,730						1,388,026	
경비	레미콘 타설	철근,펌프카	m3	21,053	3.4	71,580	레미콘 타설	철근,펌프카	m3	15,309	3.0	45,927
소계					71,580						45,927	
합계					5,626,976						4,747,239	

먼저 재료비에서는 고유동 콘크리트의 경우 강도가 높고 유동화제의 사용으로 플레인 콘크리트보다 재료비가 클 것으로 생각되었지만, 고유동 콘크리트의 고강도화에 따른 부재의 단면적 및 철근량 감소에 기인하여 오히려 콘크리트의 물량이 28%정도 감소하고, 철근 및 거푸집 물량도 플레인 콘크리트보다 감소함을 알 수 있는데, 전체적으로 재료비에서 약 21%정도 낮게 산정되었다.

노무비의 경우도 고유동 콘크리트에서는 다짐인부가 필요 없으며, 거푸집 및 철근조립물량이 감소함에 따라 플레인 콘크리트에 비하여 약 10%정도의 감소효과가 있는 것을 알 수 있었다.

한편, 기계경비의 경우는 고유동 콘크리트가 물량감소 및 유동성 증대에 기인하여 플레인 콘크리트에 비하여 약 35%정도 감소하는 것을 알 수 있었다.

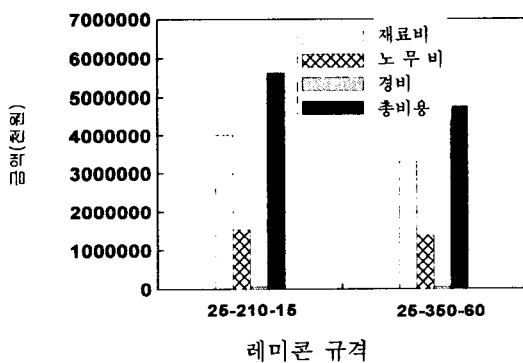


그림 3. 강도변화에 따른 공사비의 구성

전체적으로 본 연구범위에서는 25-210-15규격의 플레인 콘크리트와 25-350-60(슬럼프 플로우)인 고유동 콘크리트 시공 시 고유동 콘크리트의 고강도화에 따른 단면 및 철근량 감소

에 기인하여 콘크리트, 철근 및 거푸집 물량감소로 플레인 콘크리트에 비해 약 13%정도 공사비가 저렴한 것으로 나타났다.

이외에도 고유동 콘크리트 시공할 경우 양호한 충전성 및 재료분리저항성에 따른 콘크리트 노출면 보수비 절감, 고강도화에 따른 거푸집 제거시기 단축, 타설시 바이브레이터 사용감소로 인한 소음발생저감 및 건축물의 내구성향상 등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 단, 거푸집 제작에 있어서 높은 수밀성 요구 및 단면감소에 따른 진동이나 충격의 전달 등의 문제에 고려가 필요할 것으로 사료된다.

### 5. 결론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 동일한 강도수준에 있어서 유동성 변화에 따른 공사비는 고유동 콘크리트가 플레인 콘크리트에 비하여 재료비는 증가하나, 노무비 및 기계경비에서 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 전체적으로는 약 0.3%정도 공사비가 절감하는 것을 알 수 있었다.
- 2) 강도수준변화에 따른 공사비의 경우는 고유동 콘크리트 시공할 경우 고강도화에 따른 단면 및 철근량 감소로 재료비, 노무비 및 기계경비 모두 플레인 콘크리트에 비하여 절감되는 것으로 나타났다.

### 참고 문헌

1. 건축공사 표준품셈, 한국적산연구소, 2002.
2. 월간거재가계, 대한건설협회, 2002. 1