

# 역타공법에 적용을 위한 콘크리트 강도성장 연구

## Study on Strength Development of Concrete for Top-Down Method

정 근 호\* 이 종 균\*\* 김 영 회\*\*\* 이 영 도\*\*\*\* 정 상 진\*\*\*\*\*

Jung, Kun Ho Lee, Jong Kyun Kim, Young Hoi Lee, Young Do Jung, Sang Jin

---

### Abstract

The purpose of this study to find the mixture of concrete for Top-Down method.

As a result, In fresh concrete, slump value and slump-flow value were increased as fly ash concrete(10% ratio). When plasticizer was added 1.5% by weight of binder in concrete, no fly ash concrete and fly ash concrete(10% ratio) all occurred segregation. And, no fly ash concrete and fly concrete(10% ratio) all showed compressive strength development close plain concrete as increasing plasticizer quantity. Especially, in case of 1.5% plasticizer of binder showed high compressive strength development.

---

### 1. 서 론

현재 건설품질에 대한 일반 국민의 관심이 증가하고 있으며 부실공사를 추방하자는 사회적 여론으로 건설업계의 모든 부분에서 품질관리에 최선을 다하고 있으나 시공기술의 객관적 평가기법의 개발과 품질확인 방법 등에 대한 연구가 부족한 형편이다.

Top-Down공법은 굴착과 함께 지하구조체의 보 및 슬래브를 시공하고 이것을 순차하부의 굴착과 구조체의 구조와를 반복하여 공사를 추진하는 공법이다. 최근 도심지 공사에서 작업공간을 확보하기 위해서 또는 철골조 및 철골콘크리트조에서 상·하부공사를 병행하여 공사기간을 단축시키기 위해 활용하고 있으며, 지반이나 주변조건이 좋지 않은 밀집시가지에서 비교적 큰 규모의 지하공사를 하는 경우에 주변 지반 및 건물에 터파기로 인한 피해를 방지하기 위하여 사용하고 있다. 본 공법에서 콘크리트의 역타설부분이 밀실하게 타설되지 않아 구조체 요구성능의 불확실성과 건축물에 구조적인 결함발생이 우려되고 있음에도 불구하고 아무런 대책이나 검증없이 시공되고 있는 것이 현실이다. 본 연구는

---

\* 정회원, 단국대 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 단국대 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 시립인천전문대 건축과 교수

\*\*\*\* 정회원, 경동대학교 건설공학부 전임강사

\*\*\*\*\* 정회원, 단국대 건축공학과 부교수, 공학박사

역타설 이음부분의 완벽한 충진을 위해 콘크리트가 가져야 할 여러 가지 특성 중에서 기본적인 강도 특성과 유동성에 관하여 검토하여 차후 계획된 실구조체로 적용할 최적의 역타설 콘크리트의 개발에 기초적 자료로 이용하는데 목적이 있다.

## 2. 실험

### 2.1 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 S사에서 생산된 보통 포틀랜드 시멘트로 KS L 5201 규정에 적합하며, 그 물리적 성질과 화학적 조성은 표 1과 같다. 세골재는 미사리산으로 최대직경 5mm이하의 것을, 조골재는 경기도 광주석산의 최대직경 25mm이하 쇄석을 사용하였으며 그 물리적 성질은 표 2와 같다. 혼화제는 유동성 확보를 위해 국내 D사의 나프탈렌 축합물을 주체로한 일반형 유동화제를 사용하였으며 물리적 성질은 표 3과 같다. 플라이애쉬는 보령산 F급으로 KS L 5405 규정에 적합한 것이며 그 물리적 성질은 표 4와 같다.

표 1 시멘트의 물리적성질 · 화학적 조성

화학적조성	성분	강열감량(%)	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	구성비율(%)	1.0	21.1	2.9	62.5	3.3	2.2	6.5
물리적성질	비중	분말도(cm <sup>3</sup> /g)	안정성	용결시간		압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
	3.15	2,900	양호	초결	종결	3일	7일	28일
				4h	6h	198	272	389

\*S사의 실험결과표

표 2 세골재 및 조골재의 물리적 성질

	생산지	최대치수 (mm)	표건비중	흡수율(%)	단위용적증량 (kg/m <sup>3</sup> )	실적율(%)	조립율(%)
세골재	미사리	5.0	2.57	0.98	1,590	61.2	2.87
조골재	경기도 광주석산	25.0	2.66	0.95	1,527	57.8	7.12

표 3 유동화제의 물리적 성질

유동화제	유형	색상	주성분	pH	비중
FS1	액상	압갈색	napthlene sulphonate	-	1.20±0.01

표 4 플라이애쉬의 물리적성질

	강열감량 (%)	단위수량비 (%)	분말도 (cm <sup>3</sup> /g)	비중	SiO <sub>2</sub> (%)	압축강도비 (%)	습분(%)
플라이애쉬	3.75	100	3,206	2.18	59.7	95	0.11

### 2.2 배합

본 실험은 국내의 레미콘 회사의 현장배합표를 분석하여 소요 압축강도의 배합비를 구하였다. 유동화제를 단위시멘트량에 대하여 0.5%, 1.0%, 1.5%를 첨가하여 첨가율에 따른 콘크리트의 특성을 파악하고자 했으며, 플라이애쉬를 첨가했을 때와 비교를 위해 시험배합에서 슬럼프와 강도특성이 우수했던 시멘트 중량의 10%를 플라이애쉬로 대체한 배합을 비교배합으로 정하였다. 배합계획을 표 5에 나타냈

다.

표 5 콘크리트배합

배합기호	W/B (%)	SP제 첨가율 (%)	S/A (%)	FA/C (%)	단위용적증량(kg/m <sup>3</sup> )					
					W	C	S	G	SP	FA
F0-SP0.0	50	0	47	0	180	360	813.5	917.3	0	0
F0-SP0.5		0.5							1.8	
F0-SP1.0		1.0							3.6	
F0-SP1.5		1.5							5.4	
F10-SP0.0	50	0	47	10	180	324	813.5	917.3	0	36
F10-SP0.5		0.5							1.8	
F10-SP1.0		1.0							3.6	
F10-SP1.5		1.5							5.4	

### 2.3 실험방법

비빔방법은 잔골재와 시멘트를 투입한 후 30초간 건비빔하고 물과 혼화제를 투입하여 1분, 굵은 골재를 넣고 1분 30초간 비빔으로서 혼합을 완료하였다. 슬럼프시험은 KS F 2402에 의하여 실시하였고, 굳지않은 상태에서의 유동성시험으로 슬럼프플로우는 슬럼프시험 후 내려앉은 콘크리트의 최대지름과 직교하는 두지점의 지름을 측정하여 그 두 값의 평균으로 하였다. 굳은 콘크리트 성질로서 압축강도는 KS F 2405의 콘크리트 압축강도 시험방법에 의해서 구하였고, 인장강도는 KS F 2423의 콘크리트 인장강도 시험방법에 의해서 구하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 슬럼프 및 슬럼프플로우

플라이애쉬를 대체하지 않은 콘크리트와 플라이애쉬를 10% 대체한 콘크리트에서 유동화제 첨가율에 따른 슬럼프와 슬럼프플로우의 관계에 대한 결과를 그림 1과 그림 2에 나타내었다.

유동화제의 첨가율에 따른 슬럼프의 변화를 보면, 플라이애쉬를 첨가하지 않은 경우에는 유동화제의 첨가율 1.0%와 1.5%에서 유동화제를 첨가하지 않았을 콘크리트에 비해 12cm이상의 슬럼프가 증가했으나 첨가율 1.5%에서는 재료분리현상이 나타났다. 플라이애쉬 10%를 대체한 콘크리트에 대해 유동화제의 첨가율에 따른 슬럼프의 변화를 보면, 플라이애쉬를 첨가하지 않은 콘크리트에 비해 높은 슬럼프 증가를 보였으나 유동화제 첨가율 1.5%에서는 낮은 슬럼프값을 보인다.

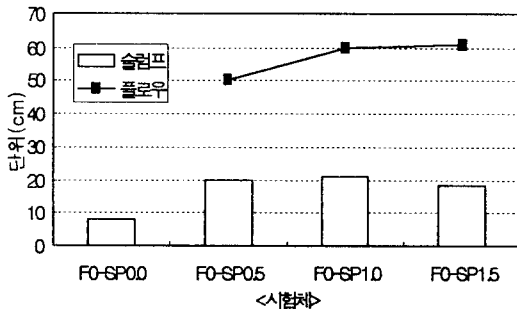


그림 1 유동화제첨가율에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우변화(플라이애쉬대체율: 0%)

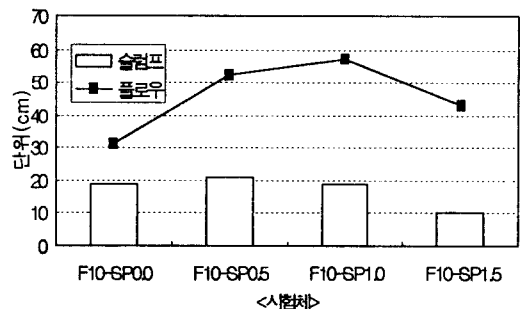


그림 2 유동화제첨가율에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우변화(플라이애쉬대체율: 10%)

슬럼프플로우의 경우도 대체로 슬럼프와 유사한 현상을 보였다. 이와 같이 유동화제 1.5% 첨가시에는 슬럼프와 슬럼프플로우가 감소하면서 재료분리현상이 나타났으며, 비빔 직후에 콘크리트가 흰색으로 변색되는 현상을 관찰할 수 있었다.

### 3.2 압축강도

플라이애쉬 대체율이 0%와 10%일 때 유동화제 첨가율에 따른 압축강도 실험결과를 표 6과 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 플라이애쉬 대체율이 0%인 콘크리트에서는 유동화제 첨가율에 따른

표 6 압축강도실험결과

시험체 \ 재령	7일	14일	28일
F0-SP0.0	233(70)	299(90)	331(100)
F0-SP0.5	220(70)	265(84)	315(100)
F0-SP1.0	216(66)	259(79)	327(100)
F0-SP1.5	240(66)	278(77)	362(100)
F10-SP0.0	203(62)	269(82)	328(100)
F10-SP0.5	198(67)	231(78)	295(100)
F10-SP1.0	208(68)	242(79)	304(100)
F10-SP1.5	236(62)	283(74)	382(100)

\* ( ): 재령28일 강도를 100으로한 경우의 강도비

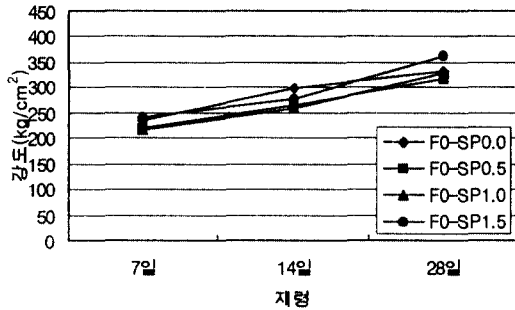


그림 3 재령에 따른 압축강도(FA대체율: 0%)

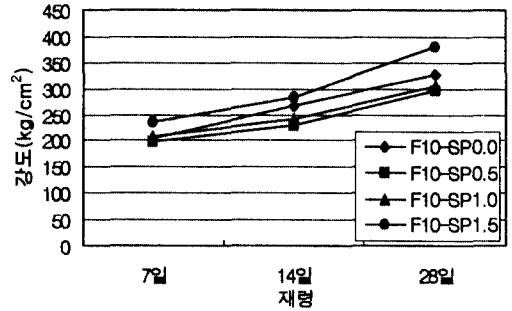


그림 4 재령에 따른 압축강도(FA대체율: 10%)

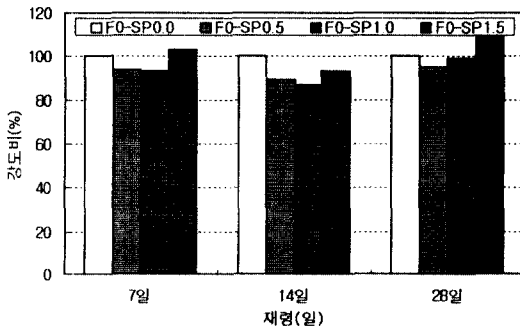


그림 5 각 재령에서의 유동화제 첨가율에 따른 압축강도비(FA대체율: 0%)

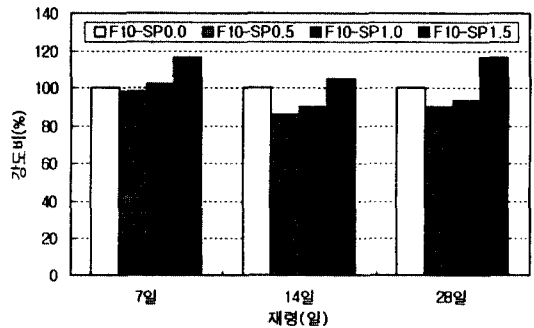


그림 6 각 재령에서의 유동화제 첨가율에 따른 압축강도비(FA대체율: 10%)

압축강도가 대체로 기준 콘크리트와 비슷한 경향을 보였으나, 유동화제 첨가율 1.5%인 콘크리트는 높은 압축강도를 보였다. 플라이애쉬 대체율이 10% 콘크리트에서도 유동화제 첨가율에 따른 압축강도가 0%, 0.5%, 1.0%일 때 모두 비슷한 강도증진현상을 보이고 1.5%에서 높은 압축강도의 결과를 보인다.

각 재령에서 유동화제 첨가율에 따른 압축강도비를 그림 5와 그림 6에 나타내었다. 그림에 의하면 플라이애쉬 대체율 0%인 콘크리트에서는 대체로 유동화제의 첨가율이 증가할수록 강도가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 재령 28일에서는 유동화제를 첨가한 콘크리트와 기준 콘크리트의 강도가 비슷한 경향을 보이고 있다. 플라이애쉬 대체율 10% 콘크리트에서는 기준 콘크리트보다는 작지만 전체적으로 유동화제 첨가량이 증가할수록 강도가 증가하는 경향을 나타내고 있다.

### 3.3 인장강도

인장강도에 대한 실험결과를 그림 7과 그림 8에 나타내었다. 플라이애쉬 대체율 0% 콘크리트에서는 대체로 압축강도와 비슷한 경향을 보이나 유동화제를 첨가한 경우가 플레인 콘크리트보다 인장강도가 낮은 결과를 나타내었다. 플라이애쉬 대체율 10% 콘크리트에서는 유동화제의 첨가량에 따른 변화는 보이지 않지만 기준 콘크리트에 비해 유동화제를 첨가한 콘크리트에서 인장강도가 낮은 결과를 나타내었다.

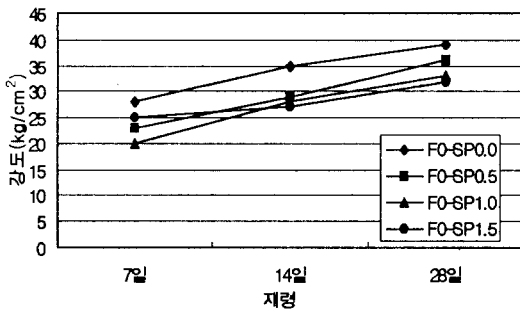


그림 7 재령에 따른 인장강도(FA대체율: 0%)

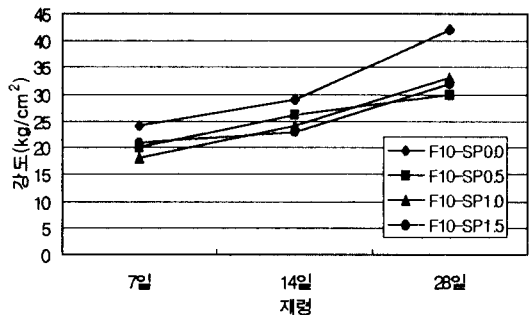


그림 8 재령에 따른 인장강도(FA대체율: 10%)

## 4. 결론

이상과 같이 본 실험의 범위에서 나온 결과를 분석 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 및 슬럼프플로우는 유동화제의 첨가율이 증가할수록 증가하는 경향의 실험결과 보였다. 플라이애쉬 대체율 0%의 콘크리트가 플라이애쉬 대체율 10%의 콘크리트보다 슬럼프 및 슬럼프플로우의 유동성이 우수한 결과를 나타내었다.
- 2) 슬럼프 및 슬럼프플로우시험에서, 유동화제 첨가율이 1.5%일 때 플라이애쉬 대체율이 0%, 10%인 콘크리트 모두에서 몰과 혼화제는 떠 오르고 시멘트와 골재가 가라앉아 단단히 굳어지는 재료분리현상이 일어났다. 특히, 비빔직후 콘크리트가 흰색으로 변색되는 현상이 관찰되었다.
- 3) 현장에서 콘크리트에 유동화제를 적정계량없이 과잉 첨가하게 되면 재료분리가 발생하여 펌프압송시에 막힘현상이 생길 것으로 사료된다.
- 4) 플라이애쉬 대체율 0%와 10%의 콘크리트 모두 유동화제의 첨가량이 증가할수록 대체로 플레인 콘크리트와 비슷한 압축강도의 증진현상을 보이고 있다.

- 5) 인장강도는 대체로 압축강도와 비슷한 경향을 보이고 기존 콘크리트에 비해 유동화제를 첨가한 콘크리트의 인장강도가 낮은 결과를 보이고 있다. 인장강도가 요구되는 콘크리트에는 이에 대한 고려가 필요할 것으로 사료된다.
- 6) 굳지 않은 콘크리트와 굳은 콘크리트 실험 결과에서, 플라이애쉬 대체율 0%와 10% 콘크리트에 유동화제 첨가율 1.0%를 첨가한 콘크리트가 차후 계획된 역타설 콘크리트 실구조체 실험에 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 박칠립 외, 초유동 콘크리트의 유동특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표 논문집, 제7권 2호. pp.1-7.
2. 박칠립 외, F급 플라이애쉬를 사용한 초유동 콘크리트의 유동특성, 한국콘크리트학회 가을 학술발표 논문집, 제7권 2호. pp.278-284.
3. 한천구 외, 중점제를 이용한 고유동 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표 논문집, 제7권 2호. pp.41-44.
4. 김상섭, 유동화 콘크리트 공법, 대건사, 1993.
5. 김무한 외, 플라이애쉬 및 실리카흄을 사용한 고강도유동화콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표 논문집, 제6권 2호. pp.161-166.
6. 김무한 외, 高性能減水劑を使用したコンクリートの流動性に強度特性關する實驗, 日本建築學會學術講演梗概集, 昭和62年 10月. pp.55-56.
7. M. Alasali, V. Sivasundaram and V. M. Malhotra, Fly Ash in Concrete, CANMEET MSL 94-15 (IR), Canada, 1992.
8. Dan Lavina, "Slump Loss of Fly Ash Concrete," Concrete International, Apr.1984.