

# 플라이애쉬 다량 함유 콘크리트에 관한 실험적 연구

## A Study of Concrete with Large Quantity of Fly-Ash

이 동 하<sup>\*</sup> 공 민 호<sup>\*\*</sup> 백 민 수<sup>\*\*\*</sup> 김 성 식<sup>\*\*\*</sup> 이 영 도<sup>\*\*\*\*</sup> 정 상 진<sup>\*\*\*\*</sup>  
Lee Dong-Ha Gong Min-Ho Paik Min-Su Kim Sung-Sik Lee Young-Do Jung Sang-Jin

### Abstract

In this study, concrete what plenty of fly ash used as binder is left in three condition humid condition(35℃), normal condition(20℃) and cold condition(5℃). Fly ash concrete is tested in fresh properties and early strength. The result of tests could give the decisive factor of form side's stripping time.

The purpose of this study is presenting the stripping time data to help the construction work. The result of this study is below.

1. The plain concrete specimen in humid condition developed high strength before 5 days, then strength development is declined. 10 day strength of plain specimen is smaller than the normal condition specimen's.

2. The strength of the concrete which plenty of fly ash used is more developed than the concrete in normal condition. It says that fly ash concrete is useful in the humid condition.

3. As fly ash substitution rate is downsizing and outdoor temperature degree is low, form stripping times is getting shorter.

### 1. 서론

플라이애쉬는 현재 콘크리트용 혼화제로 사용되고 있으며, 수화발열의 저감과 경화체조직의 치밀화 등의 우수한 성질을 가지고 있으며 경제성 및 공급의 안정성 또한 우수하여 점차 사용량이 증가하고 있는 추세이다. 또한 화력 발전소의 산업폐기물인 플라이애쉬의 재활용은 환경적인 면에서도 매우 중요한 문제로 대두되고 있다. 다만, 플라이애쉬를 결합체의 일부로 치환하여 사용할 경우 치환율의 증대에 따른 단위시멘트량의 감소로 인해 초기강도저하 및 증성화에 대한 저항성이 감소하는 단점이 있다.

\* 정회원, 단국대 건축공학부 석사과정  
\*\* 정회원, 단국대 건축공학부 박사수료  
\*\*\* 정회원, 대흥 ENG 건축사사무소, 공학박사  
\*\*\*\* 정회원, 경동대 건축공학부 조교수  
\*\*\*\*\* 정회원, 단국대 건축공학과 교수

본 연구에서는 결합재를 다량의 플라이애쉬로 치환한 콘크리트를 이용하여, 외기온도 35℃의 서중환경, 20℃의 표준환경에서, 굳지 않은 콘크리트의 특성, 초기강도 발현특성에 관한 실험을 실시하였다. 또한, 외기온도 5℃의 한중환경에서의 초기강도 발현특성에 관한 실험을 실시하여 서중·표준·한중환경에 있어서의 콘크리트 측면 거푸집의 존치기간을 결정하고 재검토하므로써 건축 공사의 실무에 도움이 될 수 있는 자료를 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 실험의 배합은 물결합재비가 40%, 50%의 2수준으로 하였고, 플라이애쉬의 치환율은 0, 20, 40%의 3수준으로 하였다. 또한, 혼화제의 경우 AE감수제를 사용하였으며, 목표 슬럼프 18cm±2, 공기량 4%로 했다. 또한, 양생온도는 각각 35, 20, 5℃로 하였다. 본 실험의 실험인자와 수준 및 측정항목은 표1과 같고 배합사항은 표 2와 같다.

표 1. 실험인자와 수준 및 측정항목

구 분	W/B (%)	양생온도 (℃)	강열감량 (%)	생산지	치환율 (%)	측정항목
인 자	40, 50	5℃, 20℃, 35℃	3.75	보령	0, 20, 40	슬럼프, 압축강도,
수 준	2	3	1	1	3	-

표 2. 배합표

시험체명	W/B (%)	S/a (%)	치환율 (%)	단 위 중 량(kg/m <sup>3</sup> )				
				물	시멘트	플라이애쉬	잔골재	굵은골재
W4-00	40	40	0	170	425	0	673	1030
W4-20			20	170	340	85	660	1010
W4-40			40	170	255	170	647	990
W5-00	50	40	0	170	340	0	701	1072
W5-20			20	170	272	68	691	1056
W5-40			40	170	214	136	677	1035

### 2.2 사용재료

#### 2.2.1 시멘트

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내산 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다

#### 2.2.2 골재

잔골재의 경우 북한강산으로서 최대크기를 5mm이하로 입도 조정하여 사용하였고, 굵은 골재의 경우 최대치수 25mm이하의 광주석산 쇄석을 사용하였다. 골재의 물리적 성질은 표 3과 같다.

#### 2.2.3 플라이애쉬

플라이애쉬의 경우 보령 화력발전소에서 생산·정제 과정을 거친 유연탄 플라이애쉬를 사용하였고, 그 품질 특성은 표 4와 같다.

표 3. 골재의 물리적 특성

구분	비중	흡수율	조립율	단위용적중량	실적율
잔골재	2.57	0.98	2.87	1,590	61.2
굵은골재	2.62	1.8	6.3	1,596	61.04

표 4. 플라이애쉬의 물리·화학적 특성

강열감량 (%)	단위수량비 (%)	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	비중	압축강도비 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	습분 (%)
3.75	100	3,084	2.14	95	59.7	0.11

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 결과

그림 1에, 서중환경(외기온도 35℃) 및 표준환경(외기온도 20℃)에서의 시간 경과에 따른 슬럼프의 경시 변화를 나타내고 있다.

그림에 의하면 플레인 콘크리트의 경우 서중환경에서 시간의 경과에 따른 슬럼프의 저하가 크게 나타나고 있다. 그러나 플라이애쉬를 치환한 콘크리트의 배합에서는 35℃ 및 20℃의 모두에서 시간 경과에 따른 슬럼프의 저하가 플레인 콘크리트보다 적은 것으로 나타났다.

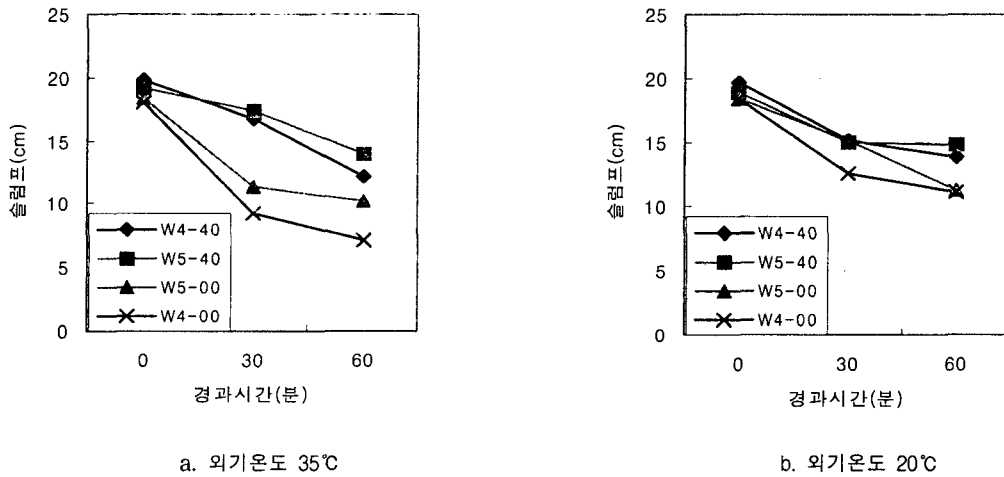


그림 1 시간경과와 슬럼프의 관계

#### 3.2 경화 콘크리트의 강도 발현 특성

표 5, 그림 2, 3에 플라이애쉬의 치환방법 및 양생온도에 따른 콘크리트의 재령별 압축강도의 변화를 나타내었다

표 5. 콘크리트의 압축강도

시험체명	압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )						시험체명	압축강도(kgf/cm <sup>2</sup> )					
	1일	3일	5일	7일	10일	28일		1일	3일	5일	7일	10일	28일
W4-00-05	-	35	81	136	192	243	W5-00-05	-	27	64	104	144	211
W4-00-20	37	162	225	256	277	304	W5-00-20	28	132	193	226	257	279
W4-00-35	104	214	237	262	279	293	W5-00-35	77	193	230	246	261	279
W4-20-05	-	29	63	106	151	195	W5-20-05	-	25	53	80	112	166
W4-20-20	26	118	165	191	221	243	W5-20-20	22	102	147	174	202	227
W4-20-35	75	173	202	235	257	277	W5-20-35	55	147	175	204	230	246
W4-40-05	-	21	40	64	97	174	W5-40-05	-	16	32	51	81	149
W4-40-20	17	89	119	142	173	202	W5-40-20	-	64	94	121	142	184
W4-40-35	46	124	151	186	214	236	W5-40-35	37	101	126	154	183	212

3.2.1 고온환경에서의 강도 발현 특성

플라이애쉬의 치환율이 증가함에 따라 콘크리트의 강도가 저하하는 것으로 나타났다., 그러나 양생온도가 35℃의 경우에는 양생온도 20℃와 비교하였을 때 강도의 저하가 감소되는 것으로 나타났다. 플레인 콘크리트에서는, 양생온도 35℃의 경우는 20℃의 경우에 비하여, 재령 7일까지의 강도는 크고, 재령 10일에 강도가 거의 동일해지고 그 이후의 재령에서는 강도가 낮아지는 경향을 나타내고 있다.

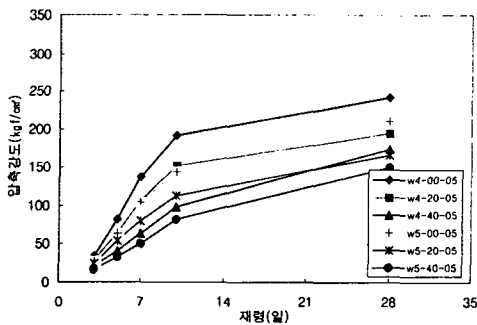
플라이애쉬를 치환한 콘크리트의 경우, 모든 재령에서 양생온도 35℃의 강도가 20℃ 양생을 한 콘크리트의 강도보다 높게 나타났다. 이것은, 보통, 플라이애쉬의 치환율이 커짐에 따른 초기재령에서의 수화반응속도가 저하하지만, 서중 환경하에서는 높은 온도로 인한 초기재령에서 수화의 활발한 진행에 따른 것이다.

3.2.2 저온환경에서의 강도 발현 특성

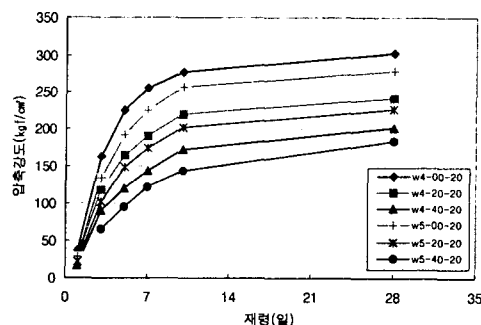
저온환경에서는, 초기재령에 있어서의 강도발현이 늦은 것으로 나타났다. 또한, 플레인 콘크리트와 비교하여, 플라이애쉬의 치환율의 증가할수록 콘크리트의 강도가 낮아지는 것으로 나타났다.

3.3 거푸집 존치기간 및 양생 종료 시기에 관한 고찰

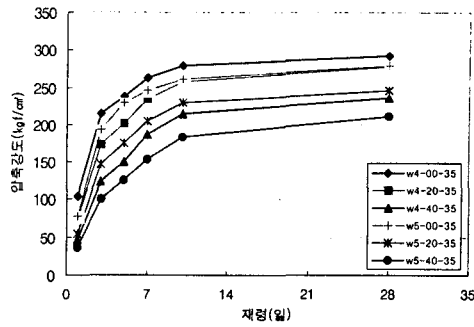
측면 거푸집 존치기간의 종료가 되는 강도인 압축강도50kgf/cm<sup>2</sup>에 도달재령을 표 6에 나타내었다. 표에 의하면 양생온도가 높을수록, 또한 플라이애쉬 치환율이 낮을수록 상기 강도에 도달하는 재령이 짧아지는 것으로 나타났다. 또한 양생온도 35℃에서는 플라이애쉬 치환율 증가에 따른 압축강도50kgf/cm<sup>2</sup>에 도달재령이



a. 양생온도 5℃



b. 양생온도 20℃



양생 온도 35°C  
그림 2. 초기강도 발현특성

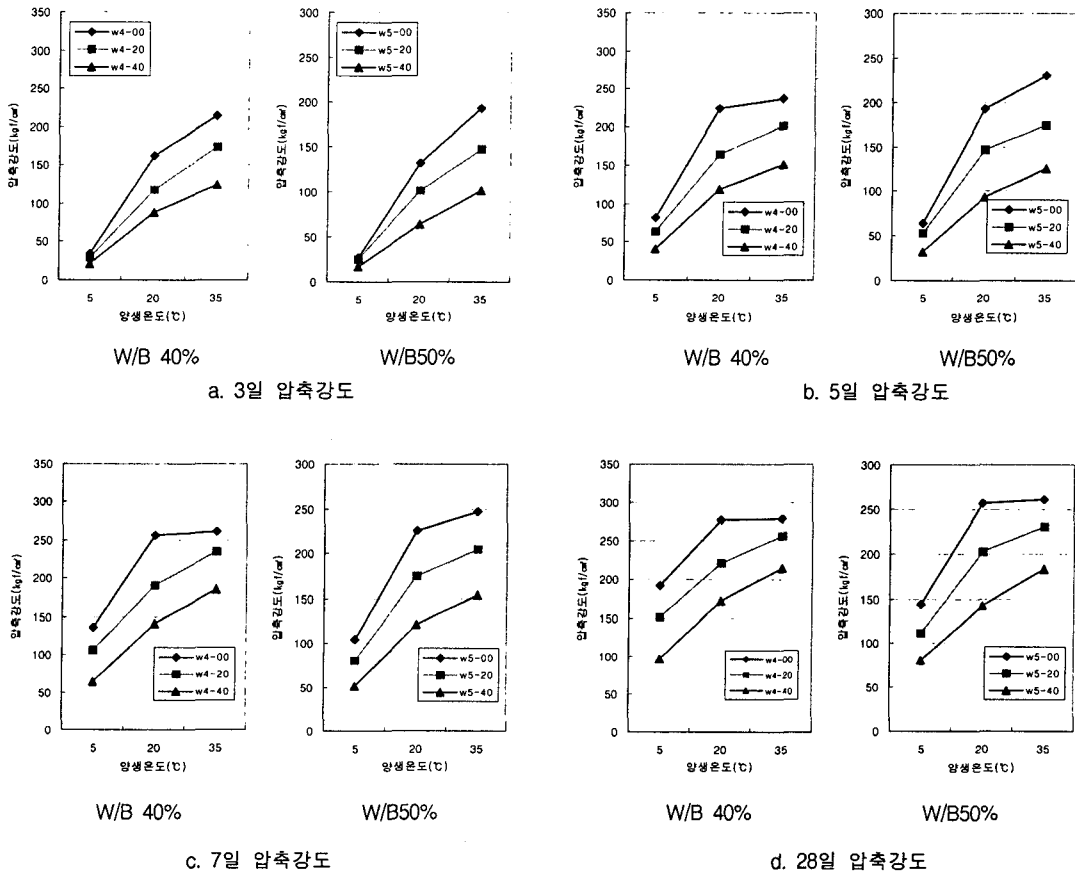


그림 3 압축강도와 양생온도와의 관계

크게 증가하지 않음을 알 수 있다. 이는 다량의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트가 서중 콘크리트에 활용되는 것이 유효할 것으로 판단된다.

표 6. 압축강도 50kgf/cm<sup>2</sup> 도달재령

시험체명	W/B (%)	치환율 (%)	외기 온도		
			5℃	20℃	35℃
W4-00	40	0	3~4	1~2	1
W4-20		20	3~5	1~2	1
W4-40		40	5~7	2~3	1~2
W5-00	50	0	4~5	1~2	1
W5-20		20	5	1~2	1
W5-40		40	7	2~3	1~2

#### 4. 결론

결합재의 일부를 플라이애쉬로 치환한 콘크리트의 양생온도에 따른 초기특성 변화에 대한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 플라이애쉬로 치환한 콘크리트의 경우 시간 경과에 따른 슬럼프의 저하가 플레인 콘크리트에 비해 작은 것으로 나타났다.

(2) 서중환경(양생온도 35℃)에서 양생된 플레인 콘크리트 시험체에서는 재령 5일 이전에는 높은 강도발현을 나타내다가 그 이후에는 강도의 증진현상이 급격히 저하하여 10일 이후에는 20℃에서 양생된 시험체보다 강도가 저하하는 것으로 나타났다. 한편, 플라이애쉬의 치환율이 큰 시험체의 경우 초기부터 재령 28일까지의 강도가 20℃로 양생된 시험체보다 높은 것으로 나타났다. 이는 다량의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트의 서중콘크리트로서 활용이 유효할 것으로 사료된다.

(3) 저온환경(외기온도5℃)에서는 초기재령에 있어서의 강도발현은 느리게 나타났으며, 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 그 강도는 더욱더 낮아지는 것으로 나타났으며 재령 28일까지 동일하게 나타났다.

(4) 본 실험을 통하여 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 거푸집의 존치기간에 대한 자료를 제시했다. 실험에 따르면 거푸집 존치기간은 외기온도가 높을수록, 플라이애쉬 치환율이 낮을수록 짧아지는 것으로 나타났다.

서중환경에서는 다량의 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트의 거푸집 존치기간이 플레인 콘크리트와 거의 유사한 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 정상진 외, 건축재료학, 보성각.
2. 정상진 외, 알기 쉬운 건축 시공·재료, 보성각.
3. 정상진 외, "플라이애쉬 콘크리트의 품질관리에 관한 기초적 연구," 대한건축학회 추계 학술발표대회논문, 제 19권 제 1호 1999, 4.
4. 정상진 외, "플라이애쉬를 사용한 일반 구조체 콘크리트의 적용성 및 품질관리에 관한 실험적 연구," 대한건축학회논문 구조계 2000, 8.
5. 飛板基夫의 2人, "空氣連行性に及ぼす石炭灰の諸性狀に關する檢謝," 세멘트·콘크리트논문 No. 51.
6. 牧野貞之의 3人 "フライアッシュを用いたマスコンクリートの諸性狀に關する檢謝," 콘크리트工學年次論文報告集 Vol.20.