

플라이애쉬를 사용한 시멘트 모르타의 강도에 관한 연구

The Strength of the Portland-Cement Mortar use of Fly-ash

○ 서 기 원* 서 치 호**

Suh, Ki Won Suh, Chee Ho

ABSTRACT

In order to the Utilization of Fly ash, The Properties of cement Mortar use of Fly ash based on Mixing rate, strength of mortar, W/C+F and quantity of Fly ash, Flow value, and unit weight are investigated. So follow result are unit weight of mortar of Fly ash is about 2014 kg/m³, Compressive strength of mortar is 50 - 404 kg/cm² and beneficial reference to the utility of domestic Fly ash were obtained.

1. 서 론

무연탄 및 유연탄을 연료로하여 발전하는 화력 발전소의 석탄회는 Clinker와 함께 떨어지는 Bottom Ash와 연소 Gas와 함께 연도에 이르는 과정에서 급냉으로 형성되는 미세분말을 집진기로 포집한 플라이 애쉬로 구분되며 국내 무연탄의 질이 나쁜 관계로 인하여 특히 그 발생률이 높은 편이다.

따라서 이렇게 발생하는 석탄회는 거의 대부분이 산업폐기물로 처리되고 있기 때문에 주변환경을 오염시킬뿐 아니라 매립하거나 처리되는 장소의 확보에 있어서도 상당한 문제점으로 지적되고 있으므로, 이렇게 막대한 양의 폐기처리로 인한 주변환경의 오염방지와 현재 중요한 건설재료인 양호한 천연 자원의 고갈에 따른 부족현상에 대한 대처방안의 하나로 폐기물의 재활용이라는 측면에서 불태 석탄회의 활용방안에 대한 연구는 절실히 필요하다고 하겠다.

본 연구에서는 P 화력 발전소에서 발생하는 플라이 애쉬를 사용하여 시멘트의 치환제인 플라이 애쉬를 혼합한 시멘트 모르타의 정상규명을 위하여 잔골재의 물리적 성질과 플라이 애쉬 모르타의 플로우치, 단위용적중량, 압축강도, 인장강도등의 역학적 특성을 실험을 통하여 파악하고 그 결과를 분석 검토하여 실제로 건설재료로서의 적용여부에 대한 기초자료로 삼고자 한다.

2. 재료및 실험

2 - 1. 사용재료

2 - 1 - 1. 결합재

본 실험에 사용한 시멘트와 플라이 애쉬는 KSL 5201에 규정된 보통 포틀랜드 시멘트와 P화력 발전소 산 플라이애쉬로서 오전 11시경에 채취하여 사용하였으며 시멘트와 플라이 애쉬의 화학적, 성분 및 물리적 성질은 표1과 같다.

<표-1> 시멘트와 플라이 애쉬의 화학적 성분 및 물리적 성질

성분	시멘트	플라이애쉬
SiO ₂ (%)	21.3	57.0
Al ₂ O ₃ (%)	5.2	29.4
Fe ₂ O ₃ (%)	3.5	7.2
CaO (%)	62.0	0.4
MgO (%)	3.0	7.2
SO ₃ (%)	2.3	0.3
lg. loss (%)	0.8	17.7
비 중	3.15	2.15
비 표면적 (cm ² /g)	3,274	2.15

2 - 1 - 2. 잔 골 재

본실험에 사용한 잔골재는 한강산 천연 잔골재

* 정회원 건국대학교 산업대학원

** 정회원 건국대학교 교수

로서 24시간 이상 침수시켜 유기불순물을 제거한 뒤 No4의 체를 통과한 것으로 그 물리적 성질은 표-2와 같다.

<표-2> 잔골재의 물리적 성질

비중	단위용적중량 (kg/m ³)	공극율 (%)	실적율 (%)	흡수율 (%)	조립율 (%)
2.50	1,600	36.0	64.0	1.4	2.45

2 - 1 - 3. 물

본 실험에 사용한 물은 KASS 5.2.3의 규정에 따른 것으로 강도와 내구성에 미치는 영향을 고려하여, 유해량의 기름, 산, 알칼리, 염류, 유기물 등을 포함하지 아니한 상수도를 사용하였다.

2 - 2. 배합계획

모르터에 소요되는 플라이 애쉬+시멘트량과 잔골재량의 용적배합비 1:2와 1:3을 기준으로 W/C+F를 40%, 50%, 60%로 하고, 플라이 애쉬를 25%, 50%, 75%로 시멘트와 치환 혼합하여 공시체를 제작하였으며 공시체별 기본 배합인자와 수준은 표-3와 같다.

<표-3> 배합인자와 수준

요인	배합비	플라이애쉬혼입율(%)	W/C+F(%)
인자	1:2	25	40
		50	50
	1:3	75	60
수준	2	3	3

2 - 3. 실험방법

압축강도 및 인장강도 시험에 필요한 공시체의 제조는 용량(50quart), 회전수(140rpm)인 소형전동식 믹서를 사용하였으며, 공시체 제작시 KSL 5105 KSL 5111, KSL 5109의 규정에 따라 플로우치 측정을 실시한 후, 압축강도와 인장강도 시험용 공시체를 제작하여 온도 20~25℃의 습기양생실에서 습기 양생후 탈형과 동시에 20℃ ± 2℃의 상온수조에 옮겨놓은 후 27일간 수중 양생하였다.

3. 실험결과 및 분석

플라이 애쉬를 치환 혼입한 시멘트 모르터의 역학적 성능을 규명하기 위하여 각 배합 조건에 따른 플로우치 압축강도 인장강도 등의 실험을 실시하여 표4와 같은 결과를 얻었다.

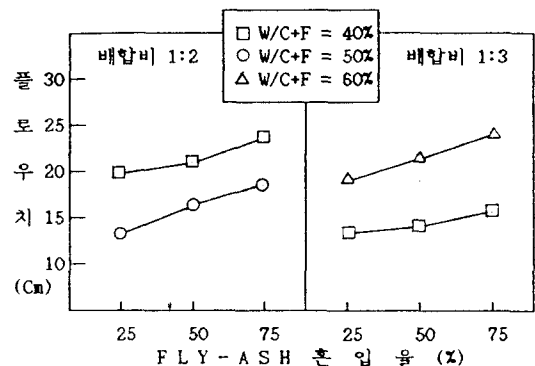
<표-4> 실험 결과표

공시체	중량배합 (kg/m ³)				실험 결과			
	시멘트	FLY ASH	잔골재	물	압축강도 (kg/cm ²)	인장강도 (kg/cm ²)	단위용적중량 (kg/m ³)	플로우치 (cm)
I-A-1	532	113	1,128	284	40A	37	2,068	13.3
I-A-2	356	228	1,128	284	115	31	2,053	16.5
I-A-3	178	341	1,128	284	88	15	2,043	17.2
I-B-1	498	107	1,050	330	352	35	2,084	19.8
I-B-2	331	212	1,050	330	200	25	2,037	21.1
I-B-3	167	319	1,050	330	93	15	2,017	23.5
I-C-1	463	99	983	371	208	19	2,071	-
I-C-2	309	198	983	371	91	15	2,068	-
I-C-3	154	297	983	371	45	8	1,937	-
II-A-1	432	93	1,368	230	105	8	1,928	-
II-A-2	290	186	1,368	230	81	8	1,888	-
II-A-3	145	277	1,368	230	50	5	1,817	10.9
II-B-1	406	87	1,293	271	180	27	2,071	13.4
II-B-2	271	174	1,293	271	11	15	2,024	14.0
II-B-3	135	261	1,293	271	89	11	2,012	15.5
II-C-1	384	83	1,223	308	208	23	2,063	18.6
II-C-2	258	166	1,223	308	91	14	2,060	21.4
II-C-3	129	246	1,223	308	45	10	2,014	23.3

I : 배합비 1:2 A : W/C+F 40% 1 : 혼입율 25%
 II : 배합비 1:3 B : W/C+F 50% 2 : 혼입율 50%
 C : W/C+F 60% 3 : 혼입율 75%

3 - 1. 플로우치

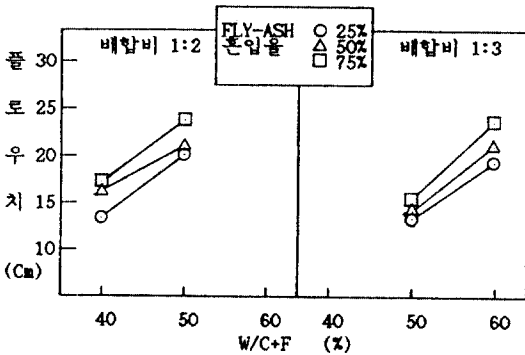
본 실험에서 나타난 플로우치에 의하면 W/C+F



<그림-1> FLY-ASH 혼입율과 플로우치

10%증가에 따른 플로우치는 6~7cm의 증가를 나타내고 있으나 배합비 1:2의 경우, W/C+F 60%에서 플로우치의 측정이 불가능한 것은 플라이 애쉬의 물리적 성질인 입도, 분말도등의 영향으로 모르터의 유동성 증대에 기인 한 것으로 추측된다.

또한 배합비 1:3의 경우 W/C+F 40%에서 플로우치의 측정이 불가능한 것은 잔골재의 흡수율이 높고 플라이 애쉬의 입자중에 포함된 성분중에 공기량을 흡착하는 미연소 탄소의 함유량이 다소 많아 물의 흡수율이 증대하여 유동성이 저하됨으로 배합비 1:3의 경우 AE제나 유동화제의 사용이 요구되고 있다.



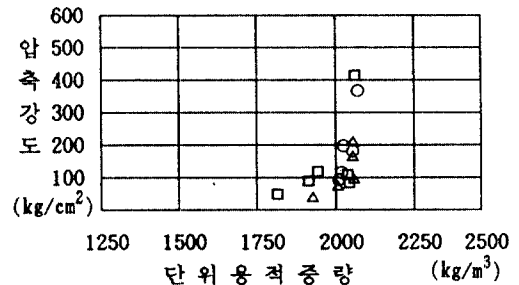
<그림-2> W/C+F와 플로우치

은 플로우치와 비교해 볼때 압축강도와 플로우치는 거의 반비례하는 것을 알수 있다.

또한 배합비 1:3의 경우 혼합율이 증가함에 따라 압축강도에 다소 차이는 있지만, 배합비 1:2의 경우보다 작은 폭을 나타내주고 있는 것은 플라이 애쉬의 혼합율이 높아짐으로 인하여 물의 흡수율이 증대하여 강도발현에 필요한 W/C+F의 확보가 어려워 압축강도가 저하 된 것으로 추측된다.

3 - 3. 단위용적증량

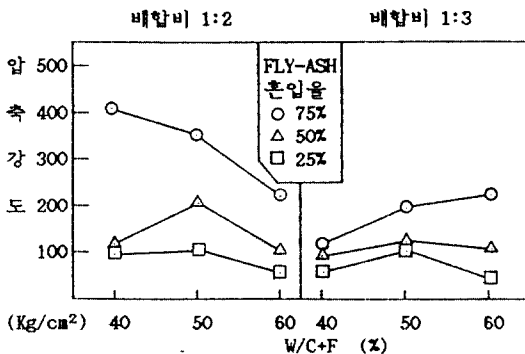
플라이 애쉬를 혼합한 모르터의 단위용적증량은 보통 시멘트 모르터의 경우와 비교해 볼때 약간 낮은 값을 나타내고 있으며, 단위용적증량에 따른 압축강도의 관계는 그림4와 같이 거의 일정한 상관 관계를 나타내고 있다.



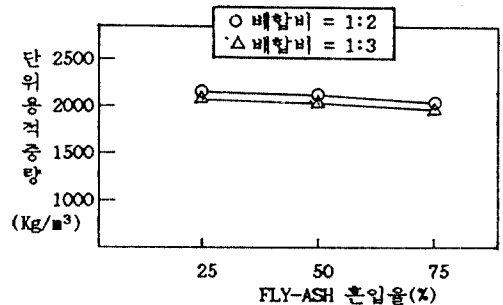
<그림-4> 단위용적증량과 압축강도

3 - 2. 압축강도

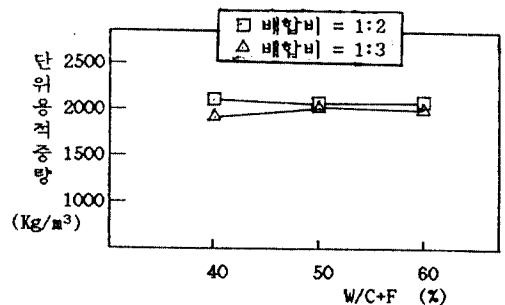
본 실험에서 사용한 플라이 애쉬의 치환 혼입율은 증량배합으로 25%씩 증가하여 시멘트와의 치환하여 혼합한 결과 그림3과 같이 배합비 1:2, 혼입율 25%에서 최고의 강도를 보이고 있으며 W/C+F가 40%일때 가장 큰 404Kg/cm²을 나타내 최대치를 보이고 있으며, W/C+F가 10% 증가함에 따라 압축강도의 감소는 12%~45%의 감소를 보이고 있는 것



<그림-3> W/C+F와 압축강도



<그림-5> 플라이 애쉬 혼입율과 단위용적증량

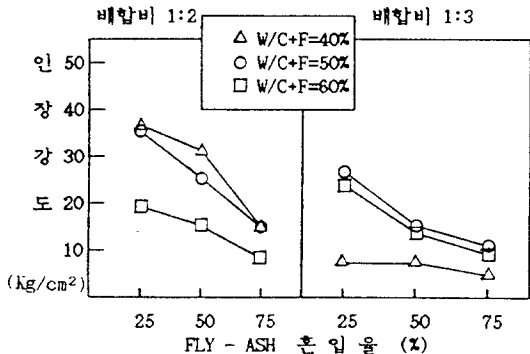


<그림-6> W/C+F와 단위용적증량

본 실험에서 나타난 바와 같이 단위용적중량값은 전반적으로 2,000kg/m³ 정도로 분포되어있으며 W/C+F 10% 증가에 따른 단위용적중량값은 그림6에서와 같이 거의 변화없이 일정하나, 플라이 애쉬의 혼입율이 증가함에 따라 단위용적중량이 감소하는 것은 본 실험에 사용한 플라이 애쉬 분말도가 거칠고 비중이 낮는데 기인되는 것으로 추측된다.

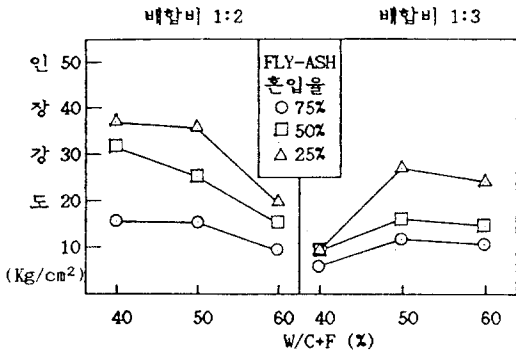
3 - 4. 인장강도

본 실험에서 배합비 1:2, 1:3 두 인자와 40%, 50%, 60% 세 인자로 하여 플라이 애쉬의 치환율 25%, 50%, 75%로 변화시켜 실험한 결과 인장강도는 배합비 1:2일때, W/C+F 40%와 50%에서 다소 높은 값을 보이고 있으며, 대체로 인장강도는 압축강도의 1/9~1/15 정도인데 비하여 본 실험에서는 8kg/cm² ~ 37kg/cm²의 범위를 나타내어 압축강도의 1/8~1/12 로 보통 시멘트 모르타와 같은 경향을 보이고 있다.



<그림-7> 플라이 애쉬 혼입율과 인장강도

플라이 애쉬의 혼입률에 대한 인장강도는 W/C+F 40%와 50%에서 거의 비슷한 강도 발현을 보이고 있으나, W/C+F 60%에서는 현저히 낮은 강도발현을 나타내고, W/C+F에 따른 인장강도는 같은 W/C+F에서도 혼입율이 25%일때 최대치를 보이고 있는 것은 압축강도와 같은 강도발현을 보이고 있다.



<그림-8> W/C+F와 인장강도

4. 결 론

본 연구에서 실시한 실험은 콘크리트의 재료인 시멘트의 대체재로서 유연탄및 무연탄을 원료로 하여 발전하는 화력발전소의 부산물인 플라이애쉬를 사용함으로써, 폐기물의 재활용과 함께 우수한 포졸란 재료로서 시멘트와 함께 혼합 사용하는데 주안점을 두었으며, 실험의 결과는 다음과 같다.

1) 플라이 애쉬를 25% 치환할 경우 배합비 1:2, W/C+F 40%에서 압축강도가 최고 404kg/cm²를 보이고 있어 보통 포틀랜드 시멘트와 일부 치환하여 사용할 경우 높은 강도를 얻을 수 있는 것으로 추정된다.

2) 본 실험에서 실시한 모르타의 단위용적중량이 다소 낮은 2,014kg/m³ 정도이므로 모르타와 콘크리트의 경량화에 기여할 것으로 추정된다.

3) 플라이 애쉬를 25% 혼합한 모르타는 플라이 애쉬의 고유의 특징인 입도및 형상으로 인하여 시공성이 양호하며, 시멘트와 혼합할 경우 모르타및 콘크리트의 품질향상에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

이상으로 국산 플라이 애쉬를 혼합한 시멘트 모르타의 특성을 실험을 통하여 고찰하였으나 플라이 애쉬의 사용 확대방안에 있어서 콘크리트에 대한 연구도 필요한 것으로 사료된다.

<참고문헌>

- 1) 윤 영철; 플라이 애쉬 배합 레미콘 제조-공급 시스템 효율화 방안에 대한 연구. 건국대 석사 학위 논문.
- 2) 문 한영; 콘크리트 혼화제로서 국산 플라이 애쉬의 품질에 관한 실험적 연구. 대한 토목 학회 지 제7권 제3호 1987년 9월.
- 3) M.Kokubu; "Fly Ash and Fly Ash Cement" Cement Association of Japan Tokyo.Vol.4-2, 1969
- 4) 장 종탁; 플라이애쉬 콘크리트의 취약물성 개선 관한 연구. 한국 건설기술 연구원 기술보고서, 1980