

# 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고복합체의 역학적특성에 관한 실험적연구

## An Experimental Study on the Mechanical Properties of Fiber Reinforced Fly Ash · Lime · Gypsum Composites

박 승 범\*  
Park, Seung Bum

---

### 요 약

본 연구는 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 역학적 특성을 실험적으로 구명하고, 그 제조방법을 제시한 것이다. 플라이애쉬·석회·석고 복합체는 PAN계 및 Pitch계 탄소섬유, 내알카리성 유리섬유와 폴리머 분산제를 사용하여 제조하였고, 배합조건별로 그 특성을 검토하였다.

연구결과, 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 제조를 위한 소요의 컨시스턴시와 강도를 얻기 위한 최적 배합을 제안하였다. 또한, 섬유보강 플라이애쉬 석회 석고 복합체의 휨강도 및 휨인성은 섬유의 종류에 관계없이 섬유혼입율의 증대에 따라 현저히 개선되었으며, 압축강도는 섬유혼입율보다는 섬유의 종류에 따라 크게 영향을 받았다. 한편, 폴리머 분산제를 혼입한 PAN계 탄소섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 비중은 폴리머 분산제의 혼입에 의해 크게 감소하였고, 동복합체의 압축강도, 휨강도 및 휨인성은 폴리머에 의한 영향은 거의 없고 섬유혼입율의 증대에 따라 현저히 개선되는 것으로 나타났다.

### Abstract

The results of an experimental study on the manufacture and the mechanical properties of fiber reinforced fly ash · lime · gypsum composites are presented in this paper. The composites using fly ash, lime, and gypsum were prepared with various fibers (PAN-derived and Pitch-derived carbon fiber, alkali-resistance glass fiber) and a small amount of polymer emulsion-styrene butadiene rubber latex (SBR).

As the test results show, the manufacturing process technology of fly ash·lime·gypsum composites was developed and its optimum mix proportions were successfully proposed. And the flexural strength and toughness of fiber reinforced fly ash · lime · gypsum composites were increased remarkably by fiber contents, but the compressive strength of the composites were

---

\* 정희원, 충남대학교 토목공학과 교수

• 본 논문에 대한 토의를 1994년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 1994년 4월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

influenced by the kinds fiber more than by the fiber contents. Also, the addition of a polymer emulsion to the composites decreased the bulk specific gravity, but the compressive and flexural strength, and the toughness of the composites were not influenced by it, but were considerably improved by increasing fiber contents.

**Keywords** : fiber reinforced fly ash · lime · gypsum composites, polymer emulsion, optimum mix proportions, compressive strength, flexural strength, toughness, bulk specific gravity

## 1. 서 론

최근 각종 건설구조물의 대형화 및 다양화와 함께 그 요구성능도 다양화·고도화됨에 따라 경량·고강도의 고성능 건설용 재료 및 부재의 수요도 급신장하는 추세에 있으며, 이에 수반하여 최근에 이르러 특히 건재용 섬유보강 복합체의 개발과 실용화가 크게 주목을 받고 있다. 또한, 최근 경제적·사회적으로 많은 문제와 민원을 발생시키고 있는 국내 화력발전소에서 1년간 약 200만톤 가량 생산되고 있는 석탄회 및 플라이애쉬와 같은 산업부산물물은 대부분 막대한 경비를 들여 회사장에 폐기되고 있는 실정이며, 이러한 산업부산물물을 건재용 경량 고강도 건재의 제조에 다량 이용함은 국가의 에너지절약 및 건설산업의 발전에 크게 기여할 것으로 기대된다. 일찌기 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 플라이애쉬의 우수한 시멘트 혼화제로써의 활용연구가 수행된 바 있고<sup>(1-14)</sup>, 우리나라에서도 관련연구기관<sup>(15-17)</sup> 및 문<sup>(18-21)</sup>, 박<sup>(22-24)</sup>, 천<sup>(25)</sup>, 신<sup>(26)</sup>, 김<sup>(27,28)</sup>, 오<sup>(29,30)</sup> 등의 연구자들에 의하여 콘크리트 및 건설용재료로서의 활용을 위한 기초적 연구가 수행된 바 있다. 그러나, 아직도 국내에서는 이중 대부분이 막대한 경비를 들여 회사장에 폐기되고 있고 경제·사회적으로 많은 문제를 야기하고 있어 부존자원이 없는 우리나라로서는 이러한 산업부산물물의 선진국 수준으로의 용도 개발 및 활용이 시급히 요망되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 산업부산물인 플라이애쉬와 국내의 부존자원이 풍부한 석회 및 석고와 보강재로서 PAN계 탄소섬유를 사용하고 이와 비교검토를 위하여 Pitch계 탄소섬유, 내알카리성 유리섬유를 사용한 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체

의 제조 및 그 역학적 특성에 관한 기초적 연구를 수행하였다. 특히, 본 연구에서는 고강도의 탄소섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 제조를 위하여 폴리머 분산제로서 SBR(Styrene-Butadiene Rubber Latex) 에멀존을 사용하였고, 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 최적배합조건과 그 역학적 특성을 규명하기 위하여 폴리머-(플라이애쉬+석회+석고) 비를 변화시키고, 다시 보강용 PAN계 탄소섬유 혼입량을 변화시키면서 플로우값과 비중을 측정하였다. 아울러 이와 비교검토를 위하여 Pitch계 탄소섬유, 내알카리성 유리섬유를 사용한 복합체의 압축강도와 휨강도 및 휨하중-처짐변형 등 그 역학적 특성에 관한 실험적 연구를 수행하였다.

## 2. 시험개요

### 2.1 사용재료

(1) 플라이애쉬 : 국내 보령화력 발전소에서 부산된 플라이애쉬를 사용하였고 그 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

(2) 석회 및 석고 : 석회는 시판의 소석회(Lime)를 사용하였고, 석고로는 시판의  $\alpha$ 형반수석고( $\alpha$ -CaSO<sub>4</sub> · 1/2H<sub>2</sub>O)를 사용하였으며 그 물리적 성질은 Table 2와 같다.

(3) 사용섬유 : 탄소섬유는 국내 KOSKA제품의 PAN계 탄소섬유 및 일본 K사 제품의 Pitch계 탄소섬유 단섬유(L<sub>GF</sub>=6mm)를 사용하였고, 유리섬유는 Asahi 회사제품의 내알카리성 유리섬유(L<sub>GF</sub>=13mm)를 사용하였으며, 그 물성은 Table 3과 같다.

**Table 1 Chemical composites and physical properties of fly ash**

Chemical Compositions (%)								
Ig.loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Total
3.63	65.30	25.50	4.25	1.20	0.98	1.03	0.21	98.47
Size (mm)	Specific Gravity (20°C)	Blaine's Specific Surface Area (cm <sup>2</sup> /g)	Water Content (%)	Organic Impurities				
< 4.2×10 <sup>-2</sup>	2.14	3.124	< 0.1	None				

**Table 2 Physical properties of gypsum**

Setting Time (min-sec)			Wet Strength (kg/cm <sup>2</sup> )		Specific Gravity (20°C)
Initial Set	Apparent Final Set	Final Set	Compressive Strength	Tensile Strength	
15-16	16-18	30-90	130	18.5	2.75

**Table 3 Physical properties of fibers**

Type of Fibers	Average Diameter (μm)	Average Length (mm)	Specific Gravity (20°C)	Young's Modulus (×10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (kg/cm <sup>2</sup> )
PAN-CF	6.8	6	1.78	23.0	35,000
Pitch-CF	14.5	6	1.63	3.8	7,800
GF	14.1	13	2.60	5.9	26,000

**Table 4 Properties of polymer dispersions**

Type of Polymer Dispersions	Appearance	Specific Gravity (20°C)	PH (20°C)	Viscosity mPa·s (20°C)	Total Solids (%)
SBR	Milky-white, Without Coarse Particles, Coagula and the others	1.020	7.82	147	44.6

(4) 폴리머 분산제 : 폴리머 분산제로는 일본 H사 제품의 SBR 에멀존을 사용하였으며, 폴리머 분산제의 성질은 Table 4와 같다.

## 2.2 배합 및 시험방법

### (1) 배합 및 믹싱

배합은 복합체 제조시 재료가 분리하지 않고 적당한 워커빌리티를 확보하도록 시험배합을 통하여 믹싱방법과 배합조건을 선정하였고, 섬유보강

플라이애쉬·석회·석고 복합체의 배합을 Table 5와 같이 하였으며, 섬유보강 폴리머혼입 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 배합은 Table 6과 같이 하였다. 또한, 믹싱은 용량 10<sup>3</sup>의 섬유분산용 고성능 Omni-Mixer를 사용하였으며, 믹싱시간은 건비법을 2-3분(Fly Ash, 석회, 석고)하고, 1차로 물을 넣어 3분 비빔 후 2차로 섬유를 혼입하여 3~4분 비빔하여 평균 10분간 혼합하였다.

### (2) 공시체의 제조 및 시험방법

플로우 시험은 KSL 5105에 준하여 행하고 압축강도 시험은 KSL 5105에 준하여 5.08×5.08×5.08cm의 입방 공시체를 제작하여 행하였다. 또한, 휨시험은 JIS R 5201에 준하여 4×4×16cm 공시체를 제작하여 성형후 1일 동안은 기건양생을 하고 27일 동안은 수중양생을 한 후 일본 S사 제품인 25t 용량의 Computer Controlled Universal Testing Machine을 사용, 크로스헤드 속도 0.5 mm/min의 변위 제어방식으로 3점 휨시험방법에 의해 휨강도 및 휨하중-치짐곡선을 측정하였다.

**Table 5 Mix proportions of fiber reinforced fly ash · lime · gypsum composites**

Mix Proportion (by wt.)				Fiber Content (vol.%)
Fly Ash	Lime	Gypsum	Water	PAN-CF, Pitch-CF, GF
60	20	13	46	0, 0.5, 1.0, 1.5

**Table 6 Mix proportions of fiber reinforced polymer · fly ash · lime · gypsum composites**

Mix Proportion (by wt.)					Fiber Content (vol.%)
Fly Ash	Lime	Gypsum	Water	Polymer	PAN-CF
60	20	13	46	0.5, 1.0, 1.5	0, 0.5, 1.0, 1.5
65	20	10	46	0.5, 1.0, 1.5	1, 0.5, 1.0, 1.5

## 3. 시험 결과 및 고찰

### 3.1 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 최적배합의 검토

Fig. 1은 석고혼입율을 13%로 일정하게 한 경우의 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 석회혼입율과 압축 및 휨강도의 관계를 나타낸 것이다. 이

를 고찰하면, 석회혼입율의 증가에도 불구하고 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 휨강도는 다소 증가하였으나 거의 일정하며, 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 압축강도는 증대하고 석회혼입율의 증가에 따라 중량비 석회혼입율 20%에서 최대값을 나타내었으며, 적정 석회혼입율은 15~25% 정도인 것으로 판단된다. 이러한 현상은 플라이애쉬중의  $Al_2O_3$ 에 대한 석회혼입율이 적게 되면 모노설페이트( $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ )가 주성분으로 되기 때문에 강도 발현이 작게 되고, 반대로  $Al_2O_3$ 에 대한 석회혼입율이 많게 되면 에트링가이트(Ettringite)의 생성에 기여하지 않는 석회가 존재하여 압축강도가 저하하기 때문으로 생각된다. 또한, 본 연구결과에서 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 컨시스턴스와 강도측정 결과로 부터 최적배합은 플라이애쉬 : 석회 : 석고 : 물 = 60~70 : 15~25 : 10~15 : 40~48 (wt.%) 정도가 적당한 것으로 판단되었다.

### 3.2 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 역학적 특성

(1) 섬유(PAN계 및 Pitch계 탄소섬유, 유리섬유)보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 압축강도 특성

Fig. 2 및 Table 7은 PAN계 탄소섬유, Pitch계 탄소섬유 및 내알카리성 유리섬유를 보강재로 사용한 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 압축강도와 섬유혼입율과의 관계를 나타낸 것이다. 이를 고찰해 보면, PAN계 탄소섬유 및 Pitch계 탄소섬유를 보강재로 사용한 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 압축강도는 일반적으로 섬유종류에 관계없이 섬유혼입율 증대에 따라 저하하였는데 섬유혼입율 부피비 1.0%까지는 비교적 완만하게 저하하였으나, 1.5%에서는 급속하게 저하하였으며, 섬유종류에 따라서는 PAN계 탄소섬유, Pitch계 탄소섬유, 내알카리성 유리섬유를 사용한 순으로 높은 압축강도를 나타내었다. 이것은 섬유의 비표면적의 차이에 따른 영향과 함께 섬유혼입율 및 섬유길이의 증가에 따른 연행공기의 증가에 기인하는 것으로 판단된다.

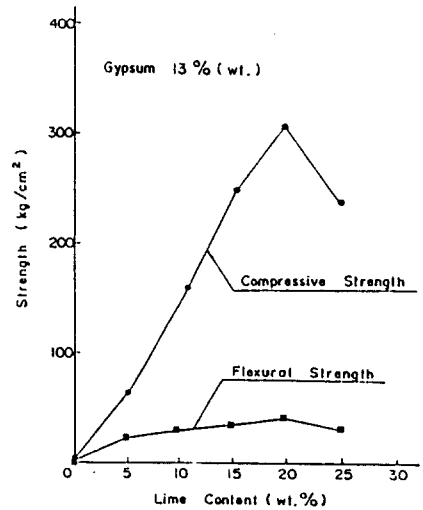


Fig. 1 Relationship between strength and lime content

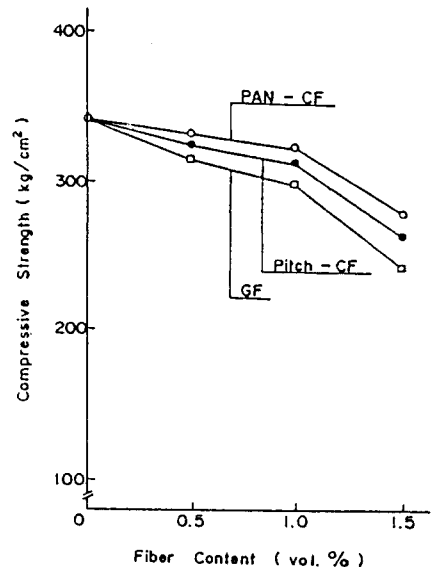


Fig. 2 Relationship between compressive strength and fiber content

(2) 섬유(PAN계 및 Pitch계 탄소섬유, 유리섬유)보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 휨강도 및 하중-처짐특성

Fig. 3 및 Table 7과 Figs. 4,5,6은 보강섬유로 PAN계 탄소섬유, Pitch계 탄소섬유 및 유리섬유를 사용한 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 휨강도와 섬유혼입율과의 관계 및 휨하중과 처짐과

Table 7 Compressive and flexural strength of fiber reinforced fly ash · lime · gypsum · composites

Types of Fiber	Fiber Content (vol.%)	Compressive Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexural Strength (kg/cm <sup>2</sup> )
PAN-derived CF	0	343	52
	0.5	338	55
	1.0	333	69
	1.5	281	86
Pitch-derived CF	0	343	52
	0.5	328	53
	1.0	315	63
	1.5	267	69
Alkali-resistance GF	0	343	52
	0.5	319	62
	1.0	302	74
	1.5	242	77

\* Mix Proportions (Wt.) = 60 : 20 : 13 : 46

의 관계를 나타낸 것이다. 이를 고찰하여 보면, Fig. 3에서 일반적으로 섬유혼입율의 증가에 수반하여 섬유보강 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 휨강도는 증대하였고, 섬유혼입율 부피비 1.5%에서의 휨강도는 섬유혼입율 0%의 경우(휨강도 52 kg/cm<sup>2</sup>)와 비교하여 보면, PAN계 탄소섬유의 경우 1.7배(86 kg/cm<sup>2</sup>), Pitch계 탄소섬유 1.3배(69 kg/cm<sup>2</sup>), 유리섬유 1.5배(77 kg/cm<sup>2</sup>)를 나

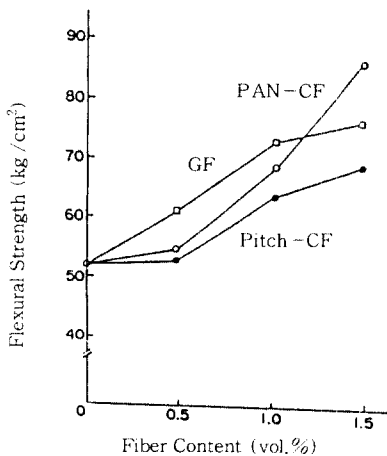


Fig. 3 relationship between flexural strength and fiber content

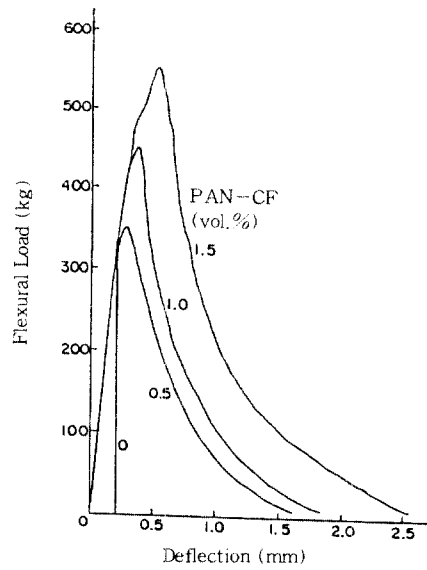


Fig. 4 Relationship between flexural load and deflection for PAN reinforced fly ash · lime · gypsum composites

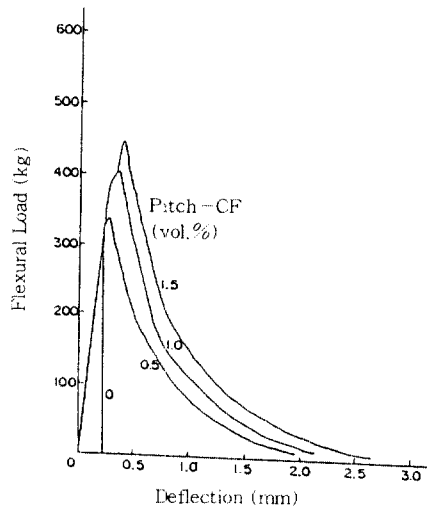


Fig. 5 Relationship between flexural load and deflection for pitch derived CF reinforced fly ash · lime · gypsum composites

타내었다. 섬유의 종류에 따라서는 섬유혼입율 1.0까지는 내알카리성 유리섬유를 사용한 경우가 PAN계 탄소섬유, Pitch계 탄소섬유를 사용한 경우보다 높은 휨강도를 나타내었으며, 1.5%에서는 PAN계 탄소섬유, 유리섬유, Pitch계 탄소섬유의

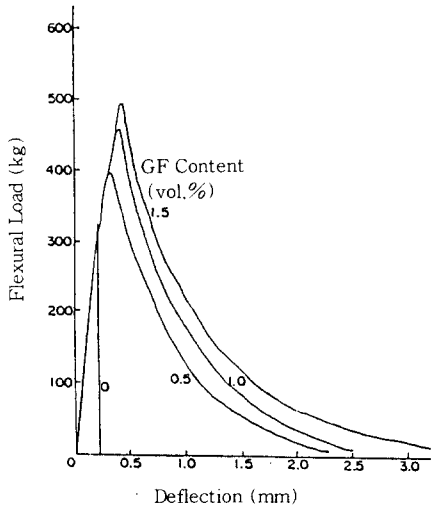


Fig. 6 Relationship between flexural load and deflection for glass fiber reinforced fly ash · lime · gypsum composites

순으로 높은 휨강도를 나타내었다. 또한, 휨하중-처짐특성을 고찰하여 보면, 전반적으로 섬유혼입율의 증가에 수반하여 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 휨변형 특성은 현저히 개선되고, 사용섬유의 종류에 관계없이 균열 발생 직후에 있어 섬유보강 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 휨하중의 저하는 비교적 경사가 완만하게 나타났으며, 이러한 경향은 섬유혼입율의 증가함에 따라 보다 현저하였다. 그리고 섬유보강 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 휨인성은 섬유혼입율의 증가에 따라 일반적으로 증가하였다. 그리고 섬유의 종류에 따른 휨강도 및 인성의 차이를 확인할 수 있으며, 이러한 섬유의 종류에 따른 차이는 섬유 자체의 물리적 · 화학적성질, 매트릭스 내에서의 섬유의 분산정도 및 섬유와 매트릭스간의 부착강도의 차이에 기인하는 것으로 생각된다.

한편, 압축강도와 휨강도간의 섬유혼입율과 강도관계의 차이는 두가지 시험에 있어 공시체의 파괴기구의 차이에 의한 것으로 생각되고, 공시체의 파단면에 대한 고찰로부터 섬유길이의 증가는 공시체중의 연행공기의 증가를 수반하는 경향이 없는 것으로 판단되었으며, 이는 섬유길이가 타섬유보다 긴 유리섬유를 사용한 플라이애쉬 · 석회 ·

석고 복합체의 최저 압축강도를 나타내게 한 원인으로 판단된다.

### 3.3 탄소섬유보강 폴리머혼입 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 역학적 특성

(1) 탄소섬유보강 폴리머 · 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 플로우값 및 비중

PAN계 탄소섬유와 폴리머 분산제로 SBR를 혼입한 탄소섬유보강 폴리머 · 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 플로우값 및 Bulk Specific Gravity를 확인하기 위해 시험배합을 통하여 비교적 배합이 양호한 것으로 판단된 플라이애쉬 : 석회 : 석고 : 물 = 60 : 20 : 13 : 46 및 65 : 20 : 10 : 46 인 경우에 대하여 플로우값 및 Bulk Specific Gravity의 측정결과는 Fig. 7 및 Table 8에 나타낸 바와 같다. 이를 고찰하여 보면, 섬유혼입율의 증가에 수반하여 복합체의 플로우값은 현저히 저하하는 경향을 나타내었고, 배합에 따라서는 폴리머 분산제를 혼입하지 않은 경우에는 플라이애쉬 : 석회 : 석고 : 물 = 65 : 20 : 10 : 46 인 배합이 60 : 20 : 13 : 46 의 배합에 비해 섬유혼입율에 관계없이 플로우값은 높은 값을 나타내었으나, 폴리머를 혼입한 경우에는 오히려 60 : 20 : 13 : 46 의

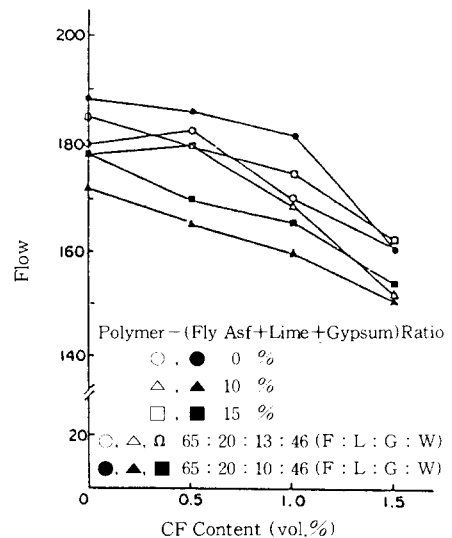


Fig. 7 Relationship between flow and CF content

Table 8 Flow and bulk specific gravity of fiber reinforced polymer · fly ash · lime · gypsum composites

Mix No.	Mix Proportion (by wt.) Fly Ash:Lime:Gypsum:Water	Polymer + (Fly Ash + Lime + Gypsum) Ratio (%)	Fiber Content (PAN-CF) (vol.%)	Flow	Bulk Specific Gravity
1	60 : 20 : 13 : 46	0	0	180	1.48
2			0.5	183	1.47
3			1.0	170	1.51
4			1.5	161	1.50
5		5	0	181	1.45
6			0.5	180	1.40
7			1.0	168	1.38
8			1.5	152	1.40
9		10	0	178	1.41
10			0.5	180	1.40
11			1.0	168	1.42
12			1.5	152	1.44
13		15	0	185	1.39
14			0.5	180	1.40
15			1.0	175	1.41
16			1.5	162	1.38
17	65 : 20 : 10 : 46	0	0	188	1.50
18			0.5	186	1.53
19			1.0	182	1.50
20			1.5	161	1.54
21		5	0	170	1.49
22			0.5	167	1.51
23			1.0	162	1.52
24			1.5	150	1.52
25		10	0	172	1.50
26			0.5	165	1.48
27			1.0	160	1.49
28			1.5	151	1.51
29		15	0	178	1.40
30			0.5	170	1.43
31			1.0	166	1.42
32			1.5	154	1.40

배합이 65 : 20 : 10 : 46 의 배합에 비해 전반적으로 높은 플로우값을 나타내었으며, 배합에 따라 폴리머 혼입율에 의한 영향은 배합에 따라 다소 차이를 나타내었다. 또한, 동 복합체의 Bulk Specific Gravity는 섬유혼입율 증대에 따라 다소 차이가 있으나 큰 영향을 주지는 않았으며, 폴리머 혼입율 증가에 따라 현저히 저하하는 경향을 나타내었다.

(2) 탄소섬유보강 폴리머 · 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 압축강도 특성

PAN계 탄소섬유 보강 폴리머 혼입 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 압축강도와 폴리머혼입율

과의 관계는 Fig. 8 및 Table 9에 나타난 바와 같고, 이를 고찰하여 보면, 전반적으로 섬유혼입율의 증가에도 불구하고 폴리머 혼입율의 증가와 함께 폴리머 · 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 압축강도는 저하하는 경향을 나타내었으며, 플라이애쉬 : 석회 : 석고 : 물 = 60 : 20 : 13 : 46의 경우의 압축강도가 플라이애쉬 : 석회 : 석고 : 물 = 65 : 20 : 10 : 46의 경우에 비하여 약간 높은 경향을 나타내었다.

(3) 탄소섬유보강 폴리머 · 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 휨강도 및 하중-치짐특성

PAN계 탄소섬유 보강 폴리머 혼입 플라이애쉬

Table 9 Compressive and flexural strength of fiber reinforced polymer · fly ash · lime · gypsum composites

Mix No.	Mix Proportion (by wt.) Fly Ash:Lime:Gypsum:Water	Polymer-(Fly Ash + Lime + Gypsum) Ratio (%)	Fiber Content (PAN-CF) (vol.%)	Compressive Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexural Strength (kg/cm <sup>2</sup> )
1	60 : 20 : 13 : 46	0	0	343	52
2			0.5	338	55
3			1.0	333	69
4			1.5	281	86
5		5	0	332	54
6			0.5	315	55
7			1.0	291	63
8			1.5	258	77
9		10	0	293	57
10			0.5	273	56
11			1.0	238	60
12			1.5	219	68
13		15	0	246	58
14			0.5	220	59
15			1.0	192	62
16			1.5	168	70
17	65 : 20 : 10 : 46	0	0	319	36
18			0.5	326	38
19			1.0	310	42
20			1.5	268	52
21		5	0	282	34
22			0.5	303	36
23			1.0	266	40
24			1.5	239	47
25		10	0	247	32
26			0.5	255	33
27			1.0	228	35
28			1.5	206	41
29		15	0	203	30
30			0.5	210	32
31			1.0	174	38
32			1.5	156	45

· 석회 · 석고 복합체의 휨강도와 탄소섬유 혼입율과의 관계는 Fig. 9 및 Table 9에 나타난 바와 같고, 하중-처짐관계는 Fig. 10에 나타난 바와 같다. 이를 고찰하여 보면, 탄소섬유 혼입율의 증가에 수반하여 탄소섬유 보강 폴리머 혼입 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 휨강도 및 휨인성은 현저히 증대하나 폴리머 혼입에 의한 휨강도 및 휨인성에 미치는 혼입효과는 거의 나타나지 않았다.

#### 4. 결 론

산업부산물인 플라이애쉬 및 국내 부존자원인 풍부한 석회, 석고와 보강섬유로써 PAN계 탄소섬유, Pitch계 탄소섬유 및 내알카리성 유리섬유와 폴리머 분산제등을 이용한 고성능 건자재 개발을 위한 기초적 연구를 수행하였으며, 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 플라이애쉬 · 석회 · 석고 복합체의 최적배합조건은 플라이애쉬 : 석회 : 석고 : 물 = (60~



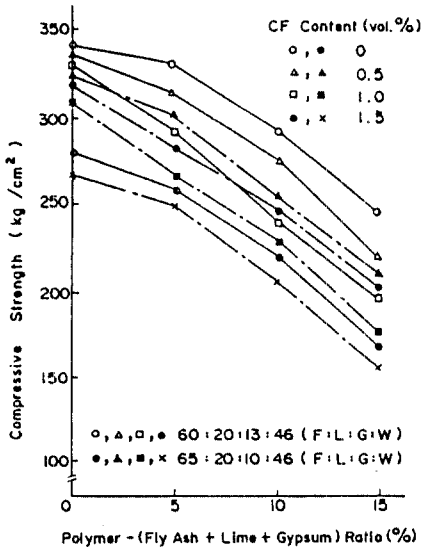


Fig. 8 Relationship between compressive strength and polymer (Fly Ash+Lime+Gypsum) ratio

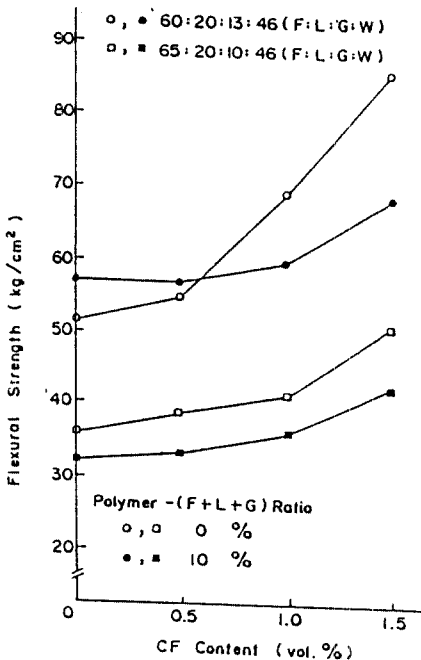


Fig. 9 Relationship between flexural strength and CF content

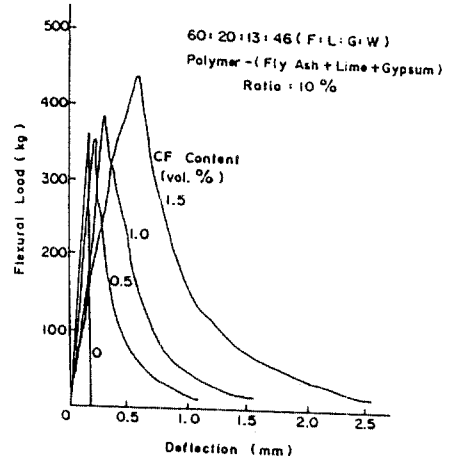


Fig. 10 Relationship between flexural load and deflection

70) : (15~25) : (10~15) : (45~48) wt.% 정도로 판단된다.

(2) 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 압축강도는 PAN계 탄소섬유 및 Pitch계 탄소섬유, 내알카리성 유리섬유를 사용한 순서로 높은 압축강도를 나타내었으나, 섬유혼입을 증가에 따라 압축강도는 다소 저하하는 경향을 나타내고, 섬유혼입을 부피비 1.0% 이상에서는 현저히 저하하는 경향을 나타내었다.

(3) 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 변형성능도 섬유혼입율의 증가에 수반하여 크게 개선되고, 일반적으로 섬유혼입율의 증가에 따라 섬유보강 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 휨강도 및 휨인성은 현저히 증가하였다.

(4) PAN계 탄소섬유보강 폴리머 혼입 플라이애쉬·석회·석고 복합체의 플로우값은 섬유혼입율의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내고, Bulk Specific Gravity는 섬유혼입율에 의한 영향은 크지 않았으나, 폴리머 혼입율의 증가에 수반하여서는 현저히 저하하는 경향을 나타내었다.

(5) PAN계 탄소섬유보강 폴리머 혼입 플라이애쉬·석회·석고 복합체는 탄소섬유 혼입율의 증가에 수반하여 휨강도 및 휨인성은 크게 증가하나, 폴리머 혼입에 의한 영향은 그다지 크지 않은 것으로 판단되며, 이에 관련하여 동복합체의 폴리머 함침 등에 의한 복합체의 성능개선 등에 관한 계속적인 연구고찰이 요망되는 것으로 판단된다.

— 감사의 말 —

본 연구는 1991년도 한국과학재단의 특정목적 기초 연구지원에 의하여 수행된 내용중의 일부분을 밝히며 동재단과 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. ACI Committee 226, "Use of Fly Ash in Concrete", Committee Report, 1985
2. E. E. Berry, M. Malhotra, "Fly Ash for Use in Concrete—A Critical Review", J. of ACI, Vol. 77, No. 1, pp. 59-73, 1980
3. 長瀧重義, "石炭灰, 特にフライアッシュの有効利用を中心に, 建設材料に関する研究から新材料へのアプローチ", 情報開発, 東京, pp. 37, 1983
4. 長崎慶伸, 水野武司, "石炭灰の有効利用, ゴム充てん剤, プラスチック充てん剤, 比陸かわらの素地への利用", 工業材料, Vol. 32, No. 7, pp. 101-105, 1984
5. A. R. Dawson, F. Bullen, "Furnace Bottom ash : Its Engineering Properties and Its Use as a Sub-base Material", Proc. , Institution of Civil Engineers, Part 1, pp. 993-1009, 1991
6. M. R. H. Dunstan, "Development of High Fly Ash Content Concrete", Proc. , Institution of Civil Engineers (London), Part 1, Vol. 78, pp. 413-434, Aug. 1985
7. ASTM Standard Part 14(1980) "Standard Specification for Fly Ash and Raw Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete (ASTM C 618-80)"
8. R. E. Davis, "Use of Pozzolans in Concrete", J. of ACI, Proc. , Vol. 46, Jan. 1950
9. R. E. Davis, R. W. Carlson, J. W. Kelly and Harmer E. Davis, "Properties of Cements and Concretes Containing Fly Ash", J. of ACI, Proc. , Vol. 33, No. 5, May-June (93)
10. M. Kokubu, "Fly Ash and Fly Ash Cements", Proc. , 5th Int. Symposium on Chemistry of Cement (Tokyo, Oct. 1958), Cement Association of Japan, Tokyo, Vol. IV-2, 1969
11. R. H. Brink and W. J. Halstead, "Studies Relating to the Testing of Fly Ash for Use in Concrete", ASTM, Proc. , Vol. 56, 1956
12. R. W. Cannon, "Proportioning Fly Ash Concrete Mixes for Strength and Economy", J. of ACI Proc. , Vol. 65, No. 11, Nov. 1968
13. S. Popovics, "Strength Relationship of Fly Ash Concrete", J. of ACI, Jan. -Feb. 1982
14. F. E. Legg, "Experimental Fly Ash Concrete Pavement in Michigan", Highway Research Record, No. 73, Symposium on Fly Ash in Concrete, 1965
15. 한국전력공사 기술연구원, "콘크리트 혼화제로서의 석탄회 이용방안 연구", 1989. 4
16. 산업기지개발공사, "플라이애쉬 콘크리트 연구보고서 1차", 1984. 12
17. 산업기지개발공사, "플라이애쉬 콘크리트 연구보고서 2차", 1985. 12
18. 문한영, 김기형, "고성능 감수제를 사용한 시멘트 복합체의 유동성 손실에 대한 연구", 한국콘크리트학회지, Vol. 4, No. 2, pp. 119-126, 1992
19. 문한영, 서정우, "플라이애쉬를 혼합한 굳지 않은 콘크리트에 있어서 유기혼화제의 기능에 관한 연구", 대한토목학회논문집, Vol. 8, No. 2, pp. 117-123, 1988
20. 문한영, 서정우, 손형호, "플라이애쉬를 혼합한 콘크리트의 내약품성에 관한 연구", 대한토목학회논문집, Vol. 8, No. 1, pp. 103-112, 1988
21. 문한영, 서정우, "콘크리트용 혼화제로서 국산 플라이애쉬의 품질에 관한 실험적 연구", 대한토목학회논문집, Vol. 7, No. 3, pp. 213-221, 1987
22. 박승범, 이보성, 윤의식, "산업폐기물을 이용한 건재용 고성능 복합체의 개발 및 응용", 한국콘크리트학회지, Vol. 3, No. 3, pp. 101-110, 1991
23. 박승범, 윤의식, 조정휘, "산업부산물물을 활용한 섬유보강 시멘트 복합체의 역학적 특성", 한국콘크리트학회 불학술발표회논문집, Vol. 5, No. 1, pp. 93-98, 1993

24. S. B. Park, B. I. Lee, "Experimental Study on the Engineering Properties of CFRC", Cement and Concrete Research, Vol. 21, No. 4, pp. 589-600, 1991
25. 천병식, 조영구, "화력발전소에서 부산되는 석탄 회의 공학적 특성", 대한토목학회지, Vol. 8, No. 2, pp. 59-66, 1988
26. 신성우, "고강도 콘크리트부재의 응력블록에 관한 검토", 한국콘크리트학회지, Vol. 1, No. 1, pp. 93-99, 1990
27. 김진근, 박연동, 성근열, "고강도 플라이애쉬 콘크리트의 장기강도 특성에 관한 연구", 한국콘크리트학회지, Vol. 3, No. 4, 1991
28. 김진근, 김상식, 오병환, 신성우, "고강도, 유동화 및 섬유콘크리트의 개발과 역학적 특성에 관한 연구", 과기처 연구보고서, 1990
29. 오병환, 정범석, "플라이애쉬 및 플라이애쉬 콘크리트의 제반특성 및 이용", 한국콘크리트학회지, Vol. 3, No. 3, pp. 5-22, 1991
30. 오병환, 고재균, "플라이애쉬 콘크리트의 강도 및 역학적 특성", 한국콘크리트학회지, Vol. 3, No. 4, pp. 87-96, 1991

(접수일자 : 1993. 8. 4)