

# 실리카흙을 사용한 고강도 콘크리트의 기초적 성질

## Foundamental Properties of High Strength Concrete Using Silica Fume

곽 기 주\* · 이 경 동\* · 곽 동 림\*\*  
Kwak, Kee Ju · Lee, Kyeong Dong · Kwak, Dong Lim

### Summary

An experimental study of the application of silica fume for the high strength concrete was conducted. Nine specimens with three different contents of silica fume, 0%, 10%, 20% and with three water-cement ratio 30%, 40%, 50% were tested. Results shows that 10% of silica fume and 30% of water-cement ratio has a maximum strength with 700kg/cm<sup>2</sup> of compressive strength and 64kg/cm<sup>2</sup> of splitting tensile strength and 100kg/cm<sup>2</sup> of flexural strength. Slump value of the tested samples decreases with increasing water-cement ratio and elapsed time of silica fume. Splitting tensile strength( $\sigma_t$ ) and flexural strength( $\sigma_f$ ) and static modulus of elasticity(E) can be correlated with compressive strength( $\sigma_c$ ) from a regression analysis.

### I. 서 론

근년에 이르러 구조물의 대형화 및 고층화와 함께 복잡한 특수 구조물의 건설이 증가함에 따라 높은 강도를 가진 건설재료가 절실히 요구되고 있다. 이에 따라 1970년대 부터는 미국을 중심으로한 각국에서 실리카흙을 콘크리트용 재료로 사용하기 위한 많은 연구<sup>11,12)</sup>가 계속되어 왔다. 실리카흙은 입자가 구형으로서 입경의 크기는 약 0.1 $\mu$ m인 초미분말이며, 주성분은 SiO<sub>2</sub>로서 그 양은 약 80%를 차

지하고 있다. 실리카흙은 강력한 포졸란 재료로서 제강용 탈산제인 웨로실리콘 또는 실리콘메탈을 전기로에서 제조할 때 발생하는 가스중에서 얻어지는 산업부산물<sup>16)</sup>이다. 이와같은 실리카흙은 포졸란 반응을 일으키고 비표면적이 크기 때문에 콘크리트의 강도와 수밀성 그리고 내구성을 향상시키는 것으로 보고<sup>7-10)</sup>되어 있다. 한편 시멘트에 대한 실리카흙의 혼입량을 20% 정도로 하여 만든 모르타르의 압축강도는 표준 수증양생(재령 90일)의 경우 약 1,100kg/cm<sup>2</sup>정도, 오토크레이브 양

\* 순천대학교 공과대학

\*\* 순천대학교 대학원

키워드 : 실리카흙, 회귀분석, 단위용적중량, 물-시멘트비 최적혼입량, 고강도 콘크리트, 정탄성계수, 강도에측식

생의 경우는 1,300kg/cm<sup>2</sup> 정도의 고강도를 얻을 수 있으며<sup>5,6)</sup> 또 일정량 이상의 실리카흙을 시멘트에 혼입하였을 경우 콘크리트 내부에서 알칼리 골재반응을 억제시킬 수 있는 것으로 알려져 있다<sup>1-3)</sup>. 이상과 같은 보고는 주로 외국에서 이루어진 것이고 우리나라에서는 실리카흙을 고강도 콘크리트용 재료로 사용하기 위한 연구보고가 다소 있으나 앞으로 더 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 시멘트에 대한 실리카흙의 혼입율이 각각 0%, 10% 및 20% 이고 물-시멘트비가 각각 30%, 40% 및 50%인 콘크리트의 워커빌리티, 단위용적중량, 압축강도, 할열인장강도, 휨강도 및 정탄성계수에 대한 실험을 실시하여 실리카흙의 혼입량과 물-시멘트비의 변화가 콘크리트의 역학적 성질에 미치는 영향을 실험적으로 규명하여 실리카흙을 고강도 콘크리트용 재료로 사용하기 위한 기초자료를 얻는데 그 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재 료

#### 가. 시멘트

시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table-1과 같다.

**Table-1. Physical properties of normal portland cement**

Specific gravity	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Setting time		Compressive strength(kg/cm <sup>2</sup> )			Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )		
		Initial (min)	Final (hrs)	3days	7days	28days	3days	7days	28days
3.06	2,960	231	6.10	162	242	340	20	24	28

#### 나. 세골재

세골재는 전남 승주지방에서 채취된 모래를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table-2와 같다.

**Table-2. Physical properties of fine aggregate**

Specific gravity	Absorption (%)	Passing percentage (%)							Fineness modulus
		10mm	No.4	No.8	No.16	No.30	No.50	No.100	
2.70	0.55	100	98.0	90.2	80.5	38.4	17.2	2.0	2.31

#### 다. 조골재

조골재는 전남 승주지방에서 채취된 자갈을 사용하였으며, 그 물리적 성질은 Table-3과 같다.

**Table-3. Physical properties of coarse aggregate**

Specific gravity	Absorption (%)	Passing percentage (%)						Fineness modulus
		40mm	25mm	19mm	16mm	10mm	No.4	
2.83	2.5	100	97	-	40	-	7	6.63

#### 라. 실리카흙

실리카흙은 노르웨이에서 개발한 컨턴스드 실리카흙을 사용하였으며, 그 화학적 성분 및 물리적 성질은 각각 Table-4 및 5와 같다.

**Table-4. Chemical compositions of silica fume**  
(Unit : wt.%)

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
89.21	1.92	0.83	0.32	0.92

**Table-5. Physical properties of silica fume**

Specific gravity	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Absorption (%)	Grain size distribution(wt.%)			
			10μm<	1-10μm	0.5-1μm	0.1-0.5μm
2.17	23.9	0.60	4.5	5.1	14.5	52.6

#### 마. 혼화제

낮은 물-시멘트비와 실리카흙의 첨가로 인하여 낮아지는 유동성을 확보하고 공기량을 조절하기 위하여 주성분이 Synthetic polymers 이고, 비중이 1.2인 고성능 감수제 Mighty 150을 사용하였다.

## 2. 시험배합

### 가. 콘크리트 배합

콘크리트를 배합할때 실리카흙의 혼입량은 시멘트 사용량의 각각 0%, 10% 및 20%씩 사용했고 이때 물-시멘트비는 30%, 40% 및 50%로 하는 9종의 콘크리트를 배합하였다. 이때 조골재의 최대치수는 25mm 이내로 하였고, 감수제의 사용량은 시멘트 사용량을 기준으로 하여 Table-6과 같이 9종으로 배합하여 콘크리트를 배합하였다.

Table-6. Mix design of concrete

Mix. series	W/C (%)	Silica fume content (%)	Cement (kg)	Super plasticizer (%)	Water (kg/m <sup>3</sup> )	Fine agg. (kg/m <sup>3</sup> )	Coarse agg. (kg/m <sup>3</sup> )
A	30	0	648	0.8	175	721	1289
B		10	583	1.3			
C		20	519	1.5			
D	40	0	438	0.3	175	721	1289
E		10	373	0.5			
F		20	309	1.0			
G	50	0	350	0.1	175	721	1289
H		10	385	0.15			
I		20	220	0.2			

### 나. 공시체의 제작

공시체는 3종류로 구분하여 압축강도 시험용은  $\phi 15 \times 30\text{cm}$ , 할열인장강도 시험용은  $\phi 15 \times 20\text{cm}$ , 휨강도 시험용은  $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 50\text{cm}$ 로 제작 하였으며,  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 인 수중에서 소정의 재령까지 양생시켰다.

## 3. 시험방법

### 가. 워커빌리티 측정

아직 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티를 측정하기 위하여 실리카흙의 혼입량과 물-시멘트비를 서로 달리한 9종의 콘크리트를 대상으로 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트 슬럼프 시험방법)에 따라 1배치당 3회씩 슬

럼프값을 측정하고, 이 값을 평균하여 슬럼프 값으로 하였다.

### 나. 강도측정 시험

강도시험은 용량 100ton의 만능시험기를 사용하여 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험방법), KS F 2423(콘크리트의 할열인장강도 시험방법) 및 KS F 2408(콘크리트의 휨강도 시험방법)에 따라 압축강도, 할열인장강도 및 휨강도를 재령 7일, 28일, 90일에 각각 3회씩 측정하여, 그 평균치를 실험결과치로 하였다.

### 다. 정탄성계수 시험

정탄성계수시험은 재령 28일된  $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 인 공시체에 스트레인 게이지를 부착하여 KS F 2438(콘크리트 원주공시체의 정탄성계수 및 포아슨비 시험방법)에 규정된 방법에 따라 극한하중의 약 40%를 반복적으로 가해서 얻어진 응력-변형을 곡선의 기울기로부터 얻어진 세컨트계수로 구하였다.

### 라. 콘크리트 단위용적중량 측정시험

용량 10ℓ 인 단위용적 측정기속에 처음에는 1/3, 그 다음은 2/3씩 채우고 다짐막대로 각각 25회씩 다지고 최후에는 용기의 상부에 재료를 고르게 채운 후 재료의 중량을 측정하여 단위용적 중량을 산정하였다.

## III. 결과 및 고찰

본 연구는 실리카흙의 혼입량을 0%, 10% 및 20%로 하고, 물-시멘트비를 각각 30%, 40% 및 50%로 하는 9종의 콘크리트로 시편을 각각 3개씩 제작하여 강도시험을 하였는데 그 평균값은 각각 Table-7과 같다.

Table-7에서 보는바와 같이 고강도 콘크리트를 만들기 위한 적정 물-시멘트비와 적정 실리카흙 혼입율은 각각 30%, 10%로 나타났

Table-7. The result of experimentation

W/C (%)	Silica fume content(%)	Mix series	Compressive strength(kg/cm <sup>2</sup> )			Tensile strength(kg/cm <sup>2</sup> )			Flexural strength(kg/cm <sup>2</sup> )		
			$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_{90}$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_{90}$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$	$\sigma_{90}$
30	0	A	417.5	512.3	574.6	45.4	55.8	62.5	79.6	94.9	105.5
	10	B	537.9	672.4	739.6	48.2	60.2	66.2	84.9	106.2	116.9
	20	C	409.2	511.6	562.8	42.5	53.2	58.6	76.7	92.4	101.7
40	0	A	306.2	382.8	459.4	44.7	54.9	61.5	66.7	80.3	88.4
	10	B	371.2	463.8	510.2	48.3	60.3	66.4	63.4	76.4	84.1
	20	C	377.9	472.3	519.5	43.4	54.2	59.6	68.3	82.2	90.4
50	0	A	223.4	279.3	307.2	24.2	30.3	33.4	67.2	80.0	89.1
	10	B	263.1	328.9	361.9	21.3	42.5	51.1	70.7	84.2	93.8
	20	C	378.9	463.5	520.1	34.9	43.6	47.9	64.9	76.2	86.1

다. 따라서 본 연구에서는 물-시멘트비가 30%이고 실리카흙의 혼입율이 10%인 콘크리트에 대해서만 기초적인 성질을 고찰하였다

### 1. 워커빌리티

물-시멘트비가 30%이고 감수제의 첨가량이 1.3%인 실리카흙과 시멘트를 혼합하여 제작한 콘크리트에 대하여 실리카흙의 혼입량이 콘크리트의 워커빌리티에 미치는 영향을 조사하였는 바, 그 결과는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 콘크리트의 슬럼프값은 실리카흙의 혼입량이 증가할수록 감소되는 양상을 보였다. 또 실리카흙의 혼입량

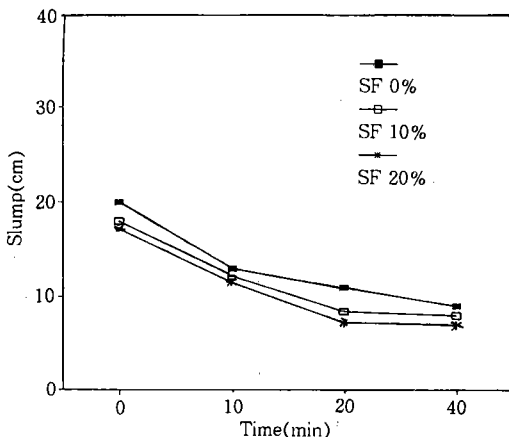


Fig. 1. Relationship between elapsed time and slump

이 슬럼프값의 변화에 미치는 영향을 살펴보면 실리카흙의 혼입량이 10%, 20%일때 콘크리트의 슬럼프값은 실리카흙이 혼입되지 않은 보통 시멘트 콘크리트 슬럼프값의 90%와 86%를 각각 나타냈다. 한편 콘크리트 배합 후의 경과시간과 슬럼프값의 관계를 보면 실리카흙의 혼입량이 10%인 경우 콘크리트 배합 후의 경과시간이 20분, 40분인 콘크리트 슬럼프값은 배합후의 경과시간이 10분인 슬럼프값의 69%와 64%이었다.

이와 같이 실리카흙의 혼입량이 증가할수록 콘크리트 슬럼프값이 감소되는 이유는 실리카흙의 비표면적이 시멘트의 비표면적 보다 더 크기 때문이라 생각된다. 또 본 실험결과는 長瀆義<sup>13)</sup>의 실리카흙을 사용한 콘크리트의 강도특성에 관한 연구에서 나타난 슬럼프값의 변화상태와 잘 일치함을 알 수 있었다.

### 2. 단위용적중량

물-시멘트비가 30%이고 감수제의 첨가량이 1.3%인 실리카흙과 시멘트를 혼합하여 제작한 콘크리트에 대하여 실리카흙의 혼입량의 변화가 콘크리트의 단위용적중량에 미치는 영향을 규명하였는 바, 그 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 콘크리트의 단위용적중량은 실리카흙의 혼입량이 증가할수

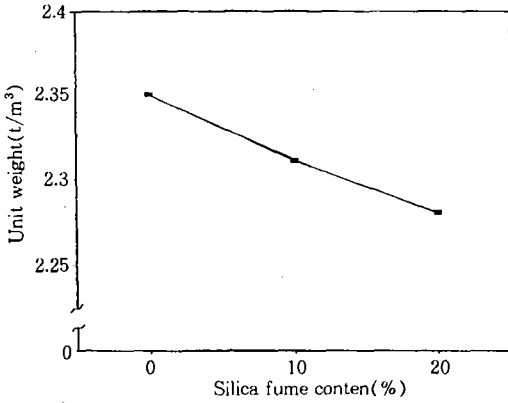


Fig. 2. Relationship between silica fume content and unit weight

록 감소되는 양상을 보여주었다. 실리카흙의 혼입량이 각각 10%와 20%인 콘크리트의 단위용적중량은 실리카흙이 혼입되지 않은 보통 시멘트 콘크리트 단위용적중량의 98%와 97%로 나타났다. 이와 같이 실리카흙의 혼입량이 증가 할수록 콘크리트의 단위용적중량이 감소되는 이유는 실리카흙의 비중이 시멘트의 비중보다 작기 때문이며, 이러한 결과는 高木 宣章<sup>14)</sup>의 실리카흙을 혼입한 콘크리트강도 특성에 관한 연구에서 나타난 단위용적 중량의 변화량과 근접한것이라 하겠다.

### 3. 압축강도

#### 가. 실리카흙의 혼입량과 압축강도

실리카흙의 혼입량이 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향을 조사하기 위해 감수제 첨가량이 1.3%인 실리카흙 콘크리트의 압축강도를 재령 28일에 시험 하였던 바 그 결과를 도시하면 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 보는 바와같이 콘크리트의 압축강도는 물-시멘트비가 30%이고 실리카흙의 혼입량이 10%일때 최대이고, 그 이상 혼입하면 오히려 감소되는 양상을 보였다. 실리카흙의 혼입량이 10%인 경우 물-시멘트비에 따른 압축강도의 변화상태를 살펴보면 물-시멘트비

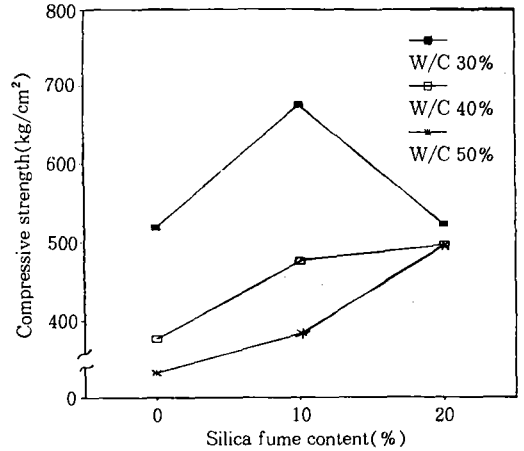


Fig. 3. Relationship between silica fume content and compressive strength

가 각각 40%와 30%인 콘크리트의 압축강도는 물-시멘트비가 50%인 콘크리트 압축강도의 각각 1.2배와 1.8배이었고, 실리카흙의 혼입량이 20%인 경우에도 물-시멘트비가 각각 40%와 50%인 콘크리트의 압축강도보다 물-시멘트비가 30%인 콘크리트의 압축강도가 더 크게 나타났으며, 실리카흙 혼입량의 대소에 관계없이 콘크리트의 압축강도는 물-시멘트비가 클수록 압축강도는 저하되었다. 이렇게 볼 때 물-시멘트비를 30%로 하고, 실리카흙의 혼입량을 10%로 할 경우 압축강도가 약 700kg/cm<sup>2</sup>인 고강도 콘크리트를 제조 할 수 있었으며, 이는 실리카흙을 혼입하지 않은 보통 시멘트 콘크리트 압축강도의 약 1.4배로서 이러한 결과가 三浦律彦<sup>15)</sup>의 실리카흙을 혼입한 고강도 콘크리트의 기초성상의 연구에서 규명된 실리카흙 콘크리트의 압축강도 개선의 효과와 거의 유사한 것으로 나타났다.

#### 나. 재령과 압축강도

콘크리트의 재령이 압축강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 물-시멘트비가 30%이고 감수제 첨가량이 1.3%인 콘크리트에 대하여 실리카흙의 혼입량에 따른 재령과 압축강도와의 관계를 도시하면 Fig. 4와 같다.

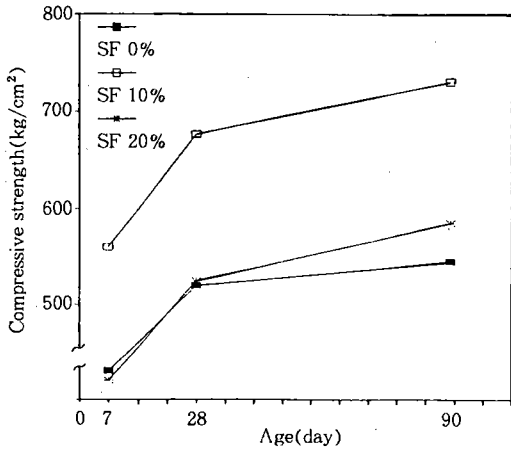


Fig. 4. Relationship between curing age and compressive strength

실리카흙의 혼입량에 따른 압축강도의 증가율을 살펴보면 재령 28일의 경우는 실리카흙의 혼입량이 각각 10%와 20%인 콘크리트의 압축강도는 실리카흙을 사용하지 않은 보통 시멘트 콘크리트 압축강도의 각각 1.3배와 1.0배이었고, 재령 90일의 경우는 실리카흙을 사용하지 않은 보통 시멘트 콘크리트 압축강도의 각각 1.3배와 1.1배로 나타났다. 따라서 고강도 콘크리트 제조를 위한 적정 물-시멘트비와 실리카흙의 혼입량은 각각 30%, 10%로 나타났다.

#### 4. 할열인장강도

##### 가. 실리카흙의 혼입량에 따른 할열인장강도

실리카흙의 혼입량 변화가 콘크리트의 할열인장강도에 미치는 영향을 규명키 위해 감수제 사용량이 1.3%이고 재령 28일된 콘크리트에 대하여 물-시멘트비에 따른 실리카흙의 혼입량과 콘크리트 할열인장강도와의 관계를 도시하면 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 콘크리트의 할열인장강도는 물-시멘트비가 클수록 감소되는 양상을 보였으며, 실리카흙의 혼입량이 10%일때 콘크리트의 할열인장강도는 가장 높게

나타났고, 그 이상 실리카흙을 혼입할 때는 오히려 감소되는 양상을 보였다. 또한 물-시멘트비가 50%인 콘크리트의 할열인장강도는 실리카흙의 혼입량이 증가할수록 증가되는 양상을 보였으나, 물-시멘트비가 30%이고 실리카흙의 혼입량이 10%인 콘크리트의 할열인장강도보다는 작게 나타났다. 따라서 콘크리트의 최대 할열인장강도는 물-시멘트비가 30%이고 실리카흙의 혼입량이 10% 일때 얻을 수 있었으며, 그 값은 64kg/cm<sup>2</sup>로서 실리카흙을

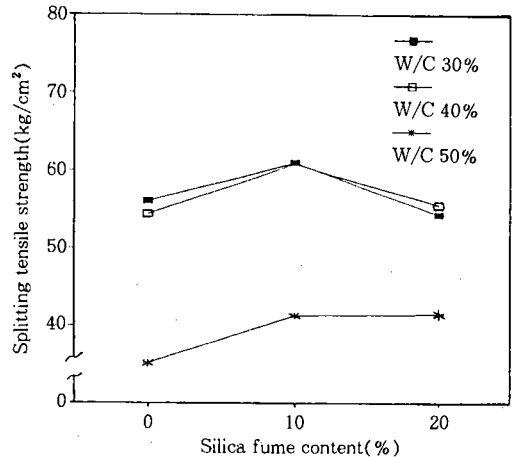


Fig. 5. Relationship between silica fume content and splitting tensile strength

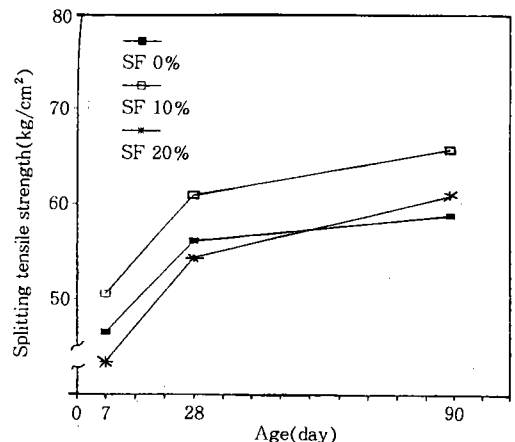


Fig. 6. Relationship between curing age and splitting tensile strength

사용하지 않은 보통 시멘트 콘크리트의 약 1.2배이었다.

**나. 재령과 활열인장강도**

감수제 첨가량이 1.3%이고 물-시멘트비가 30%인 콘크리트의 경우 실리카흙의 혼입량에 따른 재령과 활열인장강도와의 관계를 도시하면 Fig. 6과 같다.

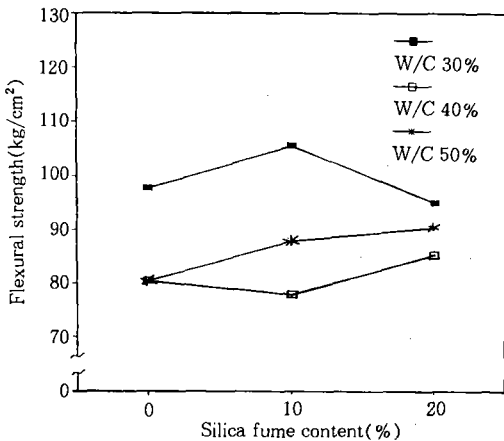
실리카흙의 혼입량이 10%인 콘크리트에 대한 활열인장강도의 증가양상을 살펴보면 재령 28일과 90일에서의 활열인장강도는 재령 7일의 각각 1.2배와 1.3배로 나타났다.

**5. 휨강도**

**가. 실리카흙의 혼입량에 따른 휨강도**

실리카흙의 혼입량이 콘크리트의 휨강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 감수제 첨가량이 1.3%인 콘크리트에 대하여 재령 28일에서 물-시멘트비에 따른 실리카흙의 혼입량과 휨강도와의 관계를 도시하면 Fig. 7과 같다.

휨강도는 물-시멘트비가 30%이고, 실리카흙의 혼입량이 10%일 때 최대치를 나타냈으며, 물-시멘트비가 각각 40%와 50%인 경우는 실리카흙의 혼입량이 20%일 때 각각 최대



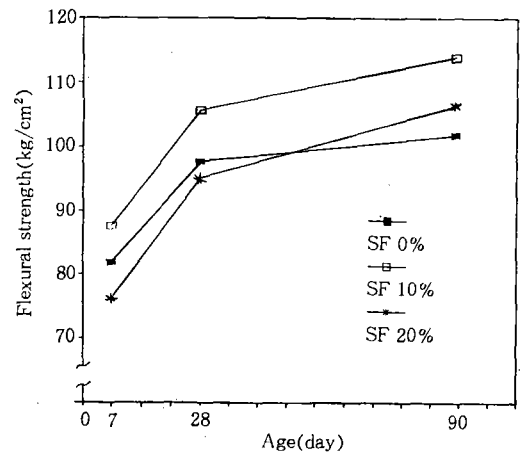
**Fig. 7. Relationship between silica fume content and flexural strength**

치를 나타내었다. 한편 물-시멘트비가 30%인 경우에 콘크리트 휨강도의 변화상태를 살펴보면 실리카흙의 혼입량이 10%일 때 최대이었으나, 그 이상 실리카흙을 혼입시키면 콘크리트의 휨강도는 오히려 감소되는 양상을 보였다. 따라서 실리카흙을 혼입한 콘크리트의 휨강도는 압축강도의 경우와 같이 물-시멘트비를 30%, 실리카흙의 혼입량이 10%일 때 최대값을 얻을 수 있었으며, 그 값은 약 100kg/cm<sup>2</sup>으로서 실리카흙을 사용하지 않은 보통 시멘트 콘크리트 휨강도의 약 1.1배로 나타났다.

**나. 재령과 휨강도**

콘크리트의 재령이 휨강도에 미치는 영향을 알아보기 위해 감수제 첨가량이 1.3%이고 물-시멘트비가 30%인 경우 실리카흙의 혼입량에 따른 재령과 휨강도와의 관계를 도시하면 Fig. 8과 같다.

실리카흙의 혼입량별로 휨강도 변화상태를 살펴보면 실리카흙 혼입량이 10%이고 재령이 각각 28일과 90일의 휨강도는 재령 7일 휨강도의 1.2배와 1.3배였다. 그리고 실리카흙의 혼입량이 20%일때, 재령이 각각 28일과 90일의 휨강도는 재령 7일 휨강도의 각각 1.3배와 1.4배로 나타났다.



**Fig. 8. Relationship between curing age and flexural strength**

### 6. 정탄성계수

물-시멘트비가 30%이고 감수제 첨가량이 1.3%인 콘크리트에 대하여 재령별로 실리카흙의 혼입량과 정탄성계수와의 관계를 도시하면 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에서 보는 바와 같이 재령 7일에서는 실리카흙을 혼입한 콘크리트의 정탄성계수가 보통 시멘트 콘크리트의 정탄성계수보다 더 높게 나타났으나 재령 28일과 90일에서는 더 낮게 나타났다. 또 재령 7일의 경우에는 실리카 흙의 혼입률이 각각 10%, 20% 증가함에 따라 보통 시멘트 콘크리트의 정탄성계수의 각각 103%, 110%로 증가 되었으나 재령 28의 경우는 실리카흙의 혼입률이 각각 10%, 20%로 증가함에 따라 보통 시멘트 콘크리트의 정탄성계수의 각각 93%, 89%로 감소되는 양상을 보여주고 있다.

따라서 실리카흙의 혼입량이 콘크리트의 탄성계수에 미치는 영향은 같은 혼입률에 있어서 장기강도에서 보다 초기강도에서 더 크게 나타남을 알 수 있었다.

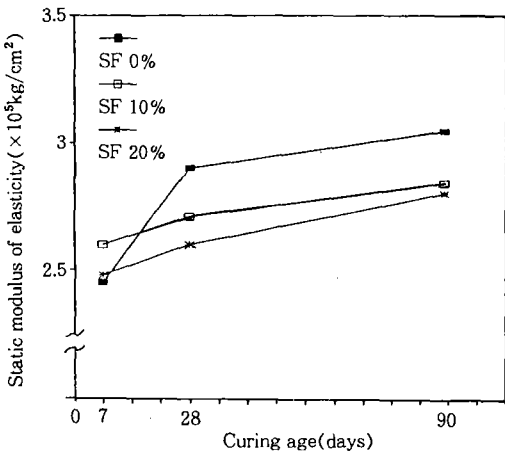


Fig. 9. Relationship between curing age and static modulus of elasticity

### 7. 강도 예측식

#### 가. 할열인장강도 예측식

압축강도와 할열인장강도와의 관계를 도시하면 Fig. 10과 같다. 이 결과에서 보는 바와 같이 실리카흙을 혼입한 콘크리트의 할열인장강도는 압축강도의 증가에 따라 증가됨을 알 수 있었다. 또한 압축강도와 할열인장강도와의 상관관계를 회귀분석하여 압축강도를 알고 있을 때 실험을 거치지 않고 할열인장강도를 구할 수 있는 식을 유도한 결과 다음과 같다.

$$\sigma_t = 0.0759\sigma_c + 14.75 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

이 때의 상관계수는  $r=0.93$ 으로서 압축강도와 할열인장강도와는 고도의 상관성이 있는 것으로 나타났다.

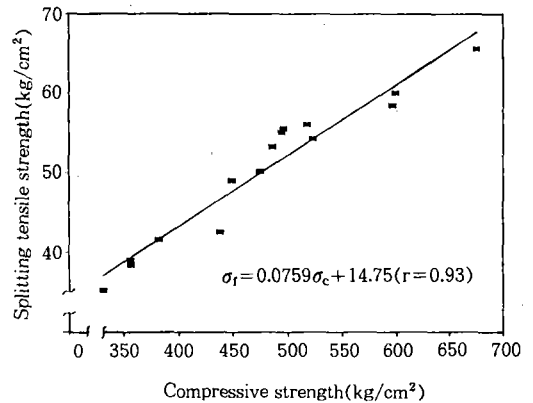


Fig. 10. Correlation between compressive strength and splitting tensile strength

#### 나. 휨강도 예측식

압축강도와 휨강도와의 관계를 도시하면 Fig. 11과 같으며 압축강도와 휨강도와의 상관관계를 회귀분석하여 휨강도를 구할 수 있는 식을 유도하였던 바, 그 결과는 다음과 같다.

$$\sigma_f = 0.1169\sigma_c + 32.36 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$



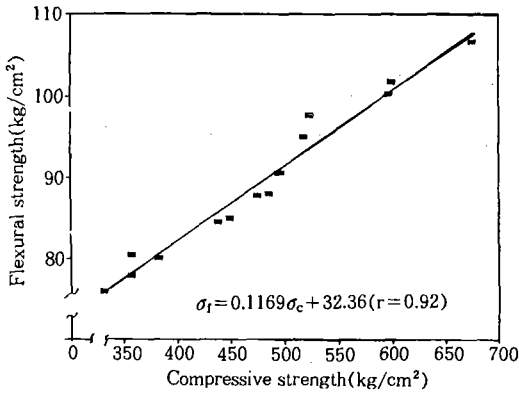


Fig. 11. Correlation between compressive strength and flexural strength

이 때의 상관계수는  $r=0.92$ 로서 압축강도와 휨강도는 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

다. 정탄성계수 예측식

압축강도와 정탄성계수와의 관계를 도시하면 Fig. 12와 같으며, 정탄성계수와 압축강도와의 관계를 회귀분석하여 정탄성계수를 구할 수 있는 식을 유도하였던 바, 그 결과는 다음과 같다.

$$E = 0.0040\sigma_c + 0.64 (\times 10^5 \text{kg/cm}^2)$$

이 때의 상관계수는  $r=0.90$ 로서 압축강도와

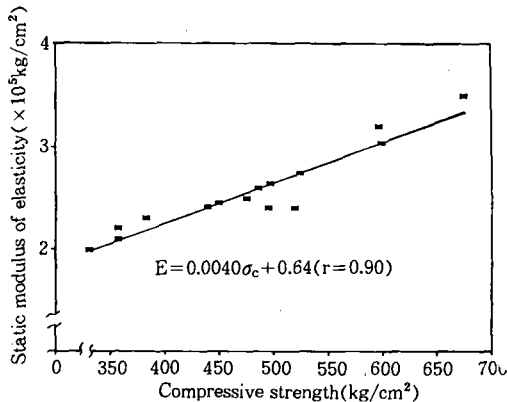


Fig. 12. Correlation between compressive strength and static modulus of elasticity

정탄성계수와의 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 실리카흙의 혼입량을 시멘트량의 0%, 10% 및 20%로 하고 물-시멘트비를 각각 30%, 40% 및 50%로 한 9종의 콘크리트를 제작하여 이에 대한 기초적인 성질을 실험적으로 구명한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 콘크리트의 슬럼프값은 실리카흙의 혼입량이 증가할수록 또 배합후의 경과 시간이 길어질수록 감소하였으며, 단위용적중량은 실리카흙을 사용하지 않은 시멘트 콘크리트의 단위용적중량 보다 작게 나타났다.

2. 고강도 콘크리트 제조를 위한 적정 물-시멘트비와 실리카흙의 혼입량은 각각 30%와 10%로 나타났으며, 이때의 압축강도, 할열인장강도 및 휨강도는 각각  $700\text{kg/cm}^2$ ,  $64\text{kg/cm}^2$  및  $100\text{kg/cm}^2$ 으로서, 실리카흙을 사용하지 않은 보통 시멘트 콘크리트의 각각 1.4배, 1.2배 및 1.1배로 나타났다.

3. 물-시멘트비가 30%이고 실리카흙의 혼입량이 10%인 콘크리트의 압축강도 ( $\sigma_c$ ), 할열인장강도 ( $\sigma_t$ ), 휨강도 ( $\sigma_f$ ) 및 정탄성계수 ( $E$ )간의 상관관계를 각각 회귀분석하여 도출된 할열인장강도, 휨강도 및 정탄성계수의 예측식은 각각 다음과 같이 유도되었다.

$$\sigma_t = 0.0759\sigma_c + 14.75 (\text{kg/cm}^2)$$

$$\sigma_f = 0.1169\sigma_c + 32.36 (\text{kg/cm}^2)$$

$$E = 0.0040\sigma_c + 0.64 (\times 10^5 \text{kg/cm}^2)$$

이 연구는 1995년도 산·학·연 컨소시엄사업으로 상공자원부, 전라남도청 및 한림콘크리트(주)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Gjorv. O. E, 1983, Durability of Concrete Containing Condensed Silica Fume : Fly Ash, Slag and Other Mineral By-Products in Concrete. Vol. 2 ACI Publication SP-79, pp. 695~708.
2. Sorensen. E. V, 1983, Freezing and Thawing Resistance of Condensed Silica Fume Concrete Exposed to Deicing Chemicals : Fly Ash, Silica Fume, Slag and Other Mineral By-Products, Vol. 2, ACI Publication SP-79, pp. 709~718.
3. Malhotra. V. M. and G. G Carette 1983, Silica Fume Concrete Properties, Application and Limitations, Concrete International, Vol. 5, May, pp. 40~46.
4. 村田耕司, 1960, 콘크리트라이프라리-第7號, 土木學會, pp. 122~142.
5. 鈴木正弘外 2人, 1980, 高性能減水劑を用いた콘크리트의耐久性について, 세멘트 技術年報34, pp. 39.
6. 飛坂基夫外 2人, 1980, 高性能減水劑を使用した高強度콘크리트의耐凍結融害性, 세멘트 技術年報34, pp. 39.
7. 六車熙外 3人, 1983, 高強度 콘크리트を用いたⅢ種プレ스트레스트部材に関する研究, 第5回 콘크리트工學年次講演會講演論文集, pp. 449~452.
8. 田澤雄二郎, 1985, 세멘트콘크리트, No. 465, pp. 20~25.
9. 河野清, 1981, 第3回콘크리트工學年次講演會講演論文集, pp. 69~72.
10. 六車熙外 1人, 1960, 세멘트技術年報, No. 24, pp. 407~411.
11. 세멘트協會, 1986, 海洋開發專門委員會報告, M-2, pp. 50~53.
12. 米倉亞州夫, 1985, 콘크리트工學, Vol. 23, No. 5, pp. 5~55.
13. 長重義他, 1985, シリカフュームと콘크리트, 콘크리트工學, Vol. 33, No.5 May, pp. 5~15.
14. 高木宣章他, 1984, シリカフュームを混入した콘크리트의特性について, 第6回 콘크리트工學年次講演會講演論文集, pp. 110~120.
15. 三浦律彦, 1987, シリカフュームを混入した高強度콘크리트의基礎性狀, 第6回 콘크리트工學年次講演會講演論文集, pp. 45~50.
16. 오병환외 1人, 1989, 실리카흙을 사용한 고강도 콘크리트의 역학적 특성과 최적배합 연구, 한국콘크리트학회지, 제1권 제1호, pp. 75~86.

(접수일자 : 1996년 11월 18일)