

# 고강도콘크리트용 混和材를 사용한 콘크리트의 物性에 관한 研究

## A Study on Physical Properties of Concrete using Admixtures for High Strength Concrete

이승한\*

Lee, Seung Han

### 요 약

본 연구는 증기양생을 실시하는 공장제품을 대상으로 석고계 고강도콘크리트용 混和材를 사용하여 콘크리트를 高強度化하는데 그 목적이 있다.

목표 슬럼프는 원심력 성형제품을 대상으로 슬럼프  $6\pm 1\text{cm}$ 가 되도록 高性能減水劑로 조절하였으며, 아울러 양생방법에 따른 고강도콘크리트용 混和材를 사용한 콘크리트의 강도발현 특성을 검토하고자 증기 및 수중양생을 실시 비교하였다.

실험결과로부터 고강도콘크리트용 混和材는 증기양생이 효과적이며 압축강도 발현은 單位結合材量  $530-600\text{kg}/\text{m}^3$ 의 조건에서 10% 치환으로 무치환에 비하여 1.3배 증가된  $650\text{kgf}/\text{cm}^2$  이상, 15-30% 치환시 1.4-1.5배 증가된  $700\text{kgf}/\text{cm}^2$  이상을 얻었다.

따라서 고강도콘크리트용 混和材는 증기양생시의 고강도콘크리트 제조에 효과적으로, 시멘트 2차제품 제조에 오오토클레브 양생을 하지 않고 증기양생만으로 고강도콘크리트를 얻을 수 있는 유효한 混和材임을 나타냈다.

### Abstract

This study was performed to get high strength of the precast concrete adopting a steam curing by using a gypsum-admixture for the high strength concrete.

The superplasticizer was used to compensate low slump of base concrete keeping its slump up about  $6\pm 1\text{cm}$ . To examine the property for strength revelation of concrete using admixtures for a high strength concrete, steam and standard curing were compared each other.

Test results were shown that admixtures for high strength concrete were more effective in steam curing than standard curing.

On the condition that the unit cement content is about  $530-600\text{kg}/\text{m}^3$ , the compressive strength of concrete replacing by 10% of the admixture was obtained over  $650\text{kgf}/\text{cm}^2$ , which was increased as 1.3 times as that for the nonreplacement.

When the admixture was replaced to 15-30%, the compressive strength was obtained over  $700\text{kgf}/\text{cm}^2$  which was increased as 1.4-1.5 times.

\* 정희원, 계명대학교 공과대학 토목공학과 부교수

\* 본 논문에 대한 토의를 1995년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 1995년 8월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

Therefore, the admixture for high strength concrete, being effective in steam curing, was more efficient to get a high strength concrete using only steam curing instead of an autoclave curing for the secondary products of cement.

**Keywords :** high strength concrete, admixtures for high strength concrete, steam curing, standard curing, water-cement ratio, superplasticizer, compressive strength

## 1. 序 論

최근에 와서 고강도콘크리트에 관한 연구개발<sup>(1,2,3)</sup>이 활발하게 진행되고 있으며, 이들 고強度化의 방법으로는 시멘트풀 및 골재의 強度改善과 이들의 附着強度 改善을 들 수 있고, 高強度化의 여러 방법을 조합<sup>11</sup>하여 행하는 경우도 많다. 이중 시멘트풀의 강도개선법으로 선진 외국에서는 이미 高性能減水劑 및 고강도콘크리트용 混和材를 사용하여 壓縮強度 800-1000kgf/cm<sup>2</sup>의 工場製品뿐만 아니라 현장 타설 콘크리트에도 적용<sup>(4,5)</sup>하고 있다.

그러나 우리 나라에서는 高性能減水劑를 사용하여 蒸氣養生으로 高強度를 얻는 말뚝, 흙관 및 프리스트레스트 콘크리트보와 현장타설에서 壓縮強度 400-500kgf/cm<sup>2</sup>가 일부 사용되고 있으며<sup>(6)</sup> 오토클레이브 양생에 의한 고강도콘크리트의 생산 및 고헨산염시멘트를 이용한 高強度化 연구<sup>(7)</sup> 등이 행하여지고 있으나 경제성면에서 고강도콘크리트의 실용화에는 아직 미흡한 실정에 처해 있다.

이에 본 연구는 고강도콘크리트용 混和材 및 高性能減水劑를 사용한 시멘트풀의 強度改善에 주안점을 두고, 현재 콘크리트 제조공장에서 사용하고 있는 저품질 골재를 이용하여 實用化 측면에서 증기양생으로 압축강도 700kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 고강도콘크리트를 얻는 것을 목적으로 한다.

## 2. 실험개요

### 2.1 실험재료

시멘트, 굵은골재와 모래는 현지 製造工場에서 사용하고 있는 材料를 이용하였고, 高性能減水劑

및 高強度用 混和材를 사용, 콘크리트의 고강도화를 도모하였으며 이들 材料의 物理的 性質은 아래와 같다.

#### 2.1.1 시멘트 및 混和材

본 연구에서 사용한 시멘트는 내수용 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement : 이하 OPC로 약칭)로 A사와 B사 제품, 混和材는 석고계 고강도콘크리트용 混和材인 DM 및 CP를 사용하였으며 이들의 물리적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 Physical properties of ordinary portland Cement and admixtures for high-strength concrete

kinds	sign	Specific gravity	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)
Brand A	A	3.13	3642
Brand B	B	3.13	3190
Admixtures for High-Strength Concrete	DM	2.92	2700-3500
	CP	2.92	7500

또한 시멘트 및 고강도콘크리트용 混和材의 주요 화학성분은 Table 2와 같으며, 실험에 사용한 高性能減水劑는 나프탈렌 설폰산염 고풍축물계인

Table 2 Chemical composition of ordinary portland cement and admixtures for high-strength concrete

Kinds	Chemical composition(%)					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SO <sub>3</sub>	Ig.loss
OPC	21.18	5.98	3.45	61.91	2.40	1.01
DM	0-8	0.5-6	0-2	35-45	40-60	0.2-1.0
CP	17-21	6-8	-	39-43	23-29	-

Table 3 Physical properties of superplasticizer

Name	Appearance	Specific gravity	pH
Mighty-150	Dark brown	1.2	8±1

Mighty-150을 사용하였고 이의 물리적 특성은 Table 3과 같다.

### 2.1.2 骨材

실험에 사용한 굵은골재는 경북 성주產 19mm 채석을, 잔골재는 김천產 모래를 사용하였으며 이들의 물리적 특성은 Table 4와 같다.

Table 4 Physical properties of aggregate

Kinds	Max. Size (mm)	Specific gravity	Absorption (%)	Fineness
Fine Agg.	5	2.52	1.73	2.91
Coarse Agg.	19	2.59	0.93	7.06

## 2.2 콘크리트의配合 및 製造方法

### 2.2.1 콘크리트의 配合

고강도콘크리트를 제조하기 위하여 Table 5와 같은 인자 및 수준으로 콘크리트의 강도발현 특성을 검토하였다. 여기서 고강도콘크리트용 混和材는 10% 치환한 것과 15% 및 30% 치환시킨 2종류를 사용하였고, 高性能 減水劑의 添加量은 슬럼프 값이  $6 \pm 1$ cm가 되도록 조절 사용하였다. 단, 高強度用 混和材인 DM 및 CP 첨가시의 물-結合材比 표현은  $W/(C+DM+CP)$ 로 표기치 않고,  $W/B$ 로 간략히 표기하였다.

Table 5 Experimental design

factor	level
Cement content ( $kg/m^3$ )	460, 530, 600
W/B ratio (%)	25, 28, 30, 35, 40
Admixture content ( $B \times \%$ )	0, 10, 15, 30
S/a (%)	40

### 2.2.2 믹싱 및 공시체 제작

공시체의 제작은 믹서에 시멘트, 잔골재 및 混和材를 투입하고 1분간 Dry mixing을 한 후, 물과 高性能 減水劑를 넣고 1분간, 굵은골재 투입 후 2분간, 손비빔 1분간을 하여 소정의 슬럼프를 확인한 후 제작하였으며 이들 흐름을 Fig. 1에 나타내었다.

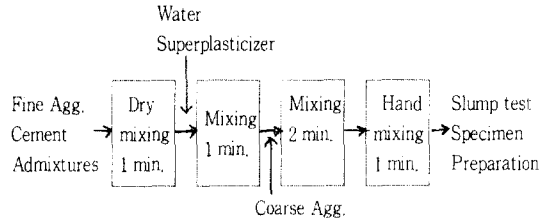


Fig. 1 Mixing method

## 2.3 養生方法

본 연구의 養生方法은 工場製品과 같은 蒸氣養生 후 氣乾養生하는 것을 기준으로 하였고, 高強度用 混和材의 강도발현특성을 조사하기 위하여 水中養生도 병행하였다. 蒸氣養生方法은 前置4시간, 昇溫  $15^\circ C/hr$ , 最高溫度  $65^\circ C$ 로 4시간 유지한 후 冷却과정을 두었으며, 이들 溫度 및 時間은 重倉들의 연구<sup>(8)</sup> 결과를 참고로 하여 설정하였다.

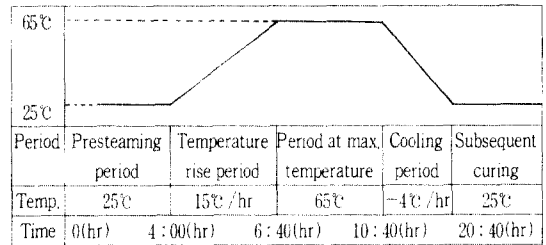


Fig. 2 Typical sequence for steam curing

## 3. 실험결과 및 고찰

각 배합설계별 굳지않은 콘크리트의 성질, 재령별 壓縮 및 熱열인장強度는 Table 6과 같다.

### 3.1 高性能 減水劑의 添加量

Table 6에 의거한 Fig. 3은 단위 結合材量이  $530 kg/m^3$ 일 때 물-結合材比와 슬럼프  $6 \pm 1$ cm로 하기 위한 각 配合別 高性能 減水劑 添加量과의 관계를 나타낸 것이다.

Table 6 Test result of strength and quality of fresh concrete

B (kg/m <sup>3</sup> )	W/B (%)	Replacement of Admixture (%)	Kind of Cement	Quality of fresh concrete		Compressive strength(kgf/cm <sup>2</sup> )				Splitting tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )
				SP (B×%)	Slump (cm)	Steam curing			Standard curing	Steam curing
						1day	7day	28day	28day	28day
460	30	0	B	3.20	5.5	285.8	292.8	374.3	471.1	33.0
		DM10	B	2.70	5.0	225.4	277.6	425.3	254.6	34.2
530	25	0	B	4.20	6.0	248.3	324.7	315.8	368.0	29.6
		DM10	B	3.50	5.3	291.6	371.8	336.1	290.3	31.5
	28	0	B	2.60	5.0	264.4	340.8	375.6	435.4	40.3
		0	B	0.80	5.8	334.8	429.7	521.2	546.6	38.9
	30	0	A	1.20	5.7	377.7	415.1	474.9	506.7	39.7
			B	0.55	6.0	389.6	448.8	674.8	424.0	41.1
		DM10	A	0.70	5.0	425.3	512.3	648.7	415.7	46.7
			A	0.80	7.0	465.4	550.0	682.5	631.5	55.5
		CP30	A	0.65	6.3	488.3	631.5	738.5	420.2	56.7
			0	B	0.20	6.1	276.7	368.6	472.4	461.3
	35	DM10	B	0.00	5.0	344.8	405.5	582.5	342.5	48.6
			A	0.00	5.5	368.0	438.0	576.8	320.9	37.4
		0	B	0.00	13.0	237.5	317.0	379.4	347.0	36.1
	40	DM10	B	0.00	17.0	236.2	359.1	488.9	201.2	49.2
0		B	0.70	5.0	345.1	462.2	473.6	537.3	42.0	
600	30	0	A	0.50	7.0	315.8	408.7	468.6	436.1	41.1
			B	0.40	6.3	426.5	528.4	636.6	318.9	59.2
		CP15	A	0.55	5.2	468.6	573.0	715.6	643.0	52.0
		CP30	A	0.45	5.1	520.8	616.2	722.0	445.6	64.4

이 그림은 동일 슬럼프를 유지하는데 물-結合材比가 작아질수록 高性能減水劑의 첨가량이 增加됨을 나타내고 있으며, 고강도콘크리트용 混和材의 사용은 동일 슬럼프(6±1cm)를 얻는데 混和材를 사용하지 않은 배합에 비하여 고성능 감수제의 사용량을 줄일 수 있음을 나타내고 있다. 이는 물-結合材比 35%에서 무치환콘크리트인 OPC의 경우 고성능감수제가 0.2% 첨가된데 비하여 DM 10% 치환시 감수제 첨가없이 소정의 슬럼프를 얻었음에서 알 수 있다. 또한 물-結合材比 40%의 경우 Table 6에 나타나 있는 것과 같이 高性能減水劑를 첨가하지 않은 무혼화콘크리트의 슬럼프가 13cm인데 반해 DM을 10%로 치환한 경우 슬럼프가 7cm로 증가되었다. 따라서 고강도콘크리트용 混和材 사용은 高性能減水劑의 첨가량을 감소시키며 콘크리트의 流動性を 증가시키고 있음을 알 수 있다. 더 나아가 Fig. 3은 물-結合材比

30%(B/W=3.3)에서 첨가량의 변곡점이 생겨 이보다 작은 물-結合材比에서는 동일슬럼프를

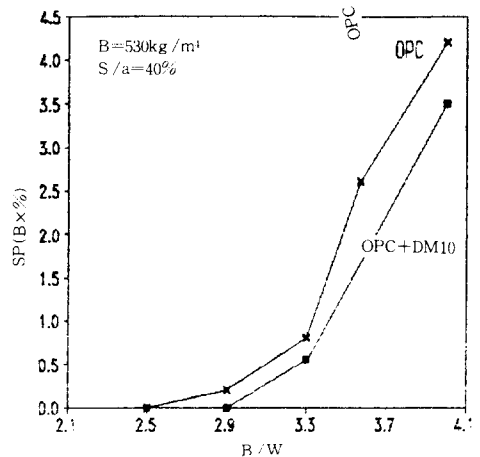


Fig. 3 Variation of dosage of superplasticizer at constant slump

유지하는데 高性能減水劑의 사용량이 급격히 증가됨을 알 수 있다.

또한, Fig. 4는 B시멘트의 單位結合材量과 高性能減水劑의 添加量과의 관계를 나타낸 것이다. 이 그림은 單位結合材量이 많을수록 高性能減水劑의 添加量이 감소하는 경향이 混和材의 종류에 관계 없이 나타내고 있으며 單位結合材量 530kg/m<sup>3</sup>를 경계로 高性能減水劑 添加量이 급격한 변화를 보이고 있다. 즉, 단위 結合材量이 460kg/m<sup>3</sup>에서는 高性能減水劑 添加量이 2.0~3.2% 소요되는데 비하여, 530,600kg/m<sup>3</sup>에서는 0.4~0.8%로 급격한 감소를 나타내고 있음을 보여주고 있다. 이러한 高性能減水劑의 添加量의 감소현상은 高強度用 混和材를 사용한 경우가 더욱 현저함을 나타내고 있다.

따라서, 본 실험에 한하여 물-結合材比 30%에 단위 結合材量이 530kg/m<sup>3</sup>가 高性能減水劑의 경제적인 사용범위라고 생각된다.

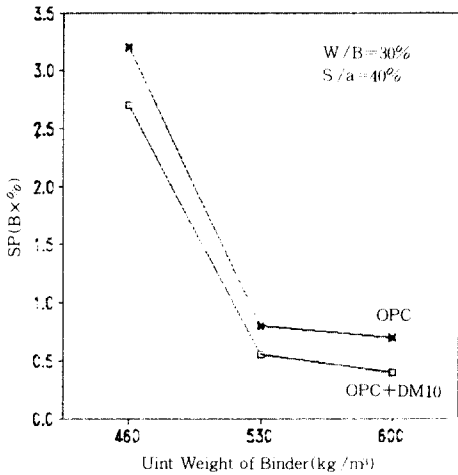


Fig. 4 Variation of dosage of superplasticizer at constant slump

### 3.2 單位結合材量이 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향

W/B=30%, S/a=40%일때의 單位結合材量과 콘크리트 압축강도 관계를 Fig. 5에 나타내었

다. 單位結合材量 530Kg/m<sup>3</sup>를 사용한 쪽이 600Kg/m<sup>3</sup>를 사용한 경우보다 압축강도가 대체적으로 높게 나타나 있고, 이 보다 작은 單位結合材量 460Kg/m<sup>3</sup>를 사용한 경우 급격한 強度減少 현상을 보이고 있다. 따라서 물-結合材比 30%, S/a=40%의 조건에서의 고강도콘크리트 제조에도 單位結合材量 530kg/m<sup>3</sup>의 사용이 적합하다고 사료된다.

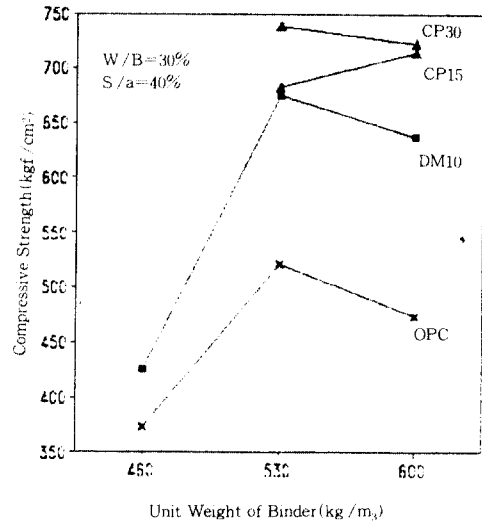


Fig. 5 Relationships between compressive strength and unit cement content

### 3.3 시멘트 제조회사에 따른 強度變化

Fig. 6은 單位結合材量 530kg/m<sup>3</sup>일 때 물-結合材比 30%와 35%에서 DM를 10% 치환시 시멘트의 제조회사에 따른 壓縮強度의 차이를 나타내었다. 시멘트 제조회사별 콘크리트의 壓縮強度는 물-結合材比 30%와 35% 공히 브레인값이 높은 A사 시멘트를 사용한 경우가 초기 수화촉진으로 B사 시멘트를 사용한 경우의 1일, 7일 強度에서 약간 상위하고 있다. 한편 28일 強度에서는 브레인값이 작은 B사 시멘트를 사용한 쪽의 強度가 약간 높거나 같아 시멘트 제조회사에 따른 強度의 유의한 차이는 없는 것으로 사료된다.

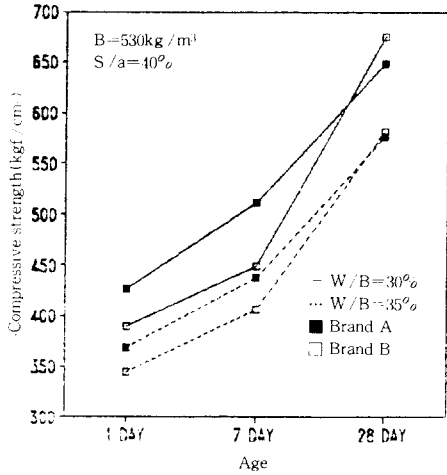


Fig. 6 Effects of various brands of cement on concrete compressive strength

### 3.4 물-結合材比에 따른 強度 변화

Fig. 7은 單位結合材量 530kg/m³일때 OPC와 DM 10% 치환시의 압축강도와 물-結合材比와의 관계를 나타낸 것이다.

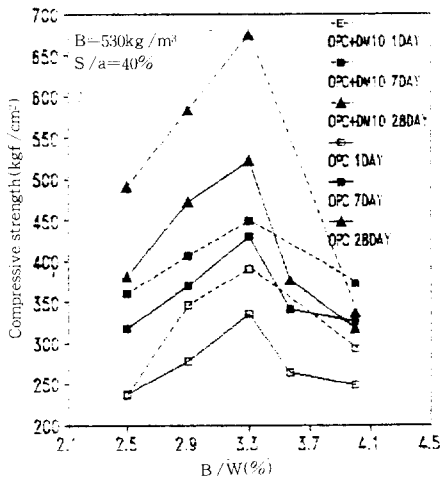


Fig. 7 Relationships between water-cement ratio and compressive strength of concrete

이들 그림으로부터 強度특성은 混和材의 종류에 관계없이 물-結合材比가 작을수록 強度가 증

가하고 있으며 30%에서 최대強度를 나타내고, 30%보다 작은 경우 25%, 28%에서 強度가 오히려 감소되는 현상을 나타내고 있다. 비빔방법과 고성능감수제의 첨가방법을 변화시켜 결합재의 균일한 분산을 도모하여 물-시멘트비 25% 이하에서도 강도증진을 나타내고 있는 논문<sup>(7,9)</sup>도 있으나, 본 비빔방법과 다짐방법으로는 물-結合材比 30%보다 낮은쪽에서는 충분한 다짐이 안되어 물-結合材比 法則이 성립되지 않음을 나타내고 있다. 실제 이 그림은 물-結合材比 法則의 적용범위가 한정되어져 있는 것을 나타내고 있으며, 이와같은 法則이 성립되는 처음 물-結合材比의 위치는 다짐방법에 따라 다르기<sup>(10)</sup> 때문에 원심력성형을 하는 실제 공장에서는 이 보다 낮은 물-結合材比에서 最大強度가 나타날 것으로 사료된다.

### 3.5 混和材의 종류 및 치환율에 따른 強度特性

Fig. 8은 단위 結合材量 530kg/m³와 600kg/m³일 때 물-結合材比 30%에서 CP 치환율과 재령에 따른 壓縮強度와의 관계를 나타내었다.

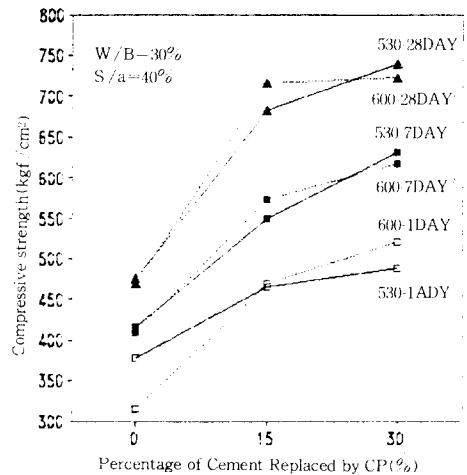


Fig. 8 Effect of CP admixture on strength of concrete

Fig. 8에서는 단위 結合材量이 530kg/m³, 600kg/m³ 공히 CP의 치환율이 증가할수록 콘크리트의 壓縮強度가 증진되고 있음을 나타내고 있

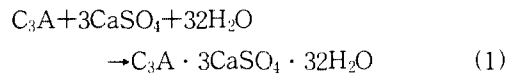
으며 7일 強度는 15%치환시 550kgf/cm<sup>2</sup>, 30% 치환시 600kgf/cm<sup>2</sup> 이상 나타내고 있다. 또한 28일 強度는 15% 치환시 680-740kgf/cm<sup>2</sup>로 OPC에 비하여 200kg/cm<sup>2</sup> 이상의 強度增加를 보인 반면, 30% 치환시 720-740kgf/cm<sup>2</sup>로 치환량에 따른 強度增加의 둔화가 현저하게 나타나 있다. 이는 본 실험에 있어서 700kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 強度가 되면 골재의 활열과괴현상이 일어나 둔화된 것으로서 사료되며, 이 보다 높은 고강도콘크리트를 얻기 위해서는 양질의 골재 선정이 필요하다고 사료된다.

또한 混和材의 종류 및 치환율에 따른 콘크리트의 強度特性을 알기 위하여 물-結合材比 30%일 때 무혼화 콘크리트의 각 재량별 壓縮強度를 100으로 하여 각 混和材 치환시의 콘크리트의 強度比를 Table 7에 나타내었으며, 이를 다시 Fig. 9에 나타내었다.

Table 7 Properties of strength for replacement ratio of each admixtures(W/ B=30%)

B kg/m <sup>3</sup>	Age	Replacement Ratio of admixtures(%)			
		0	DM10	CP15	CP30
530	1day	100	115	123	129
	7day	100	114	133	152
	28day	100	133	144	156
600	1day	100	124	148	165
	7day	100	114	140	151
	28day	100	134	153	154

Table 7과 Fig. 9에서 高強度用 混和材를 사용한 28일 壓縮強度比는 DM 10% 치환에서 129-137, CP 15%치환시 144-153, CP 30%치환시 154-156의 強度증진을 보이고 있어 고강도 콘크리트용 混和材는 強度增進에 효과적임을 알 수 있다. 이러한 강도발현기구를 長瀧<sup>(1)</sup>, 朴埜<sup>(1)</sup>은 고강도콘크리트용 混和材가 蒸氣養生에 의하여 시멘트속의 칼슘 실리케이트의 수화를 촉진시켜 칼슘알루미늄에이트와 반응하여 식 (1)과 같은 엔트린가이드를 초기에 생성시켜 경화조직이 치밀하게 되어 高強度가 발현되기 때문이라고 설명하고 있다.



### 3.6 養生방법에 따른 強度변화

양생방법에 따른 강도변화를 알아보기 위하여

Table 8 Relative compressive strength of standard curing concretes to steam curing

B	W/B	Replacement Ratio of admixtures(%)			
		OPC	DM10	CP15	CP30
460	30	126	60	--	--
	30	106	64	93	57
530	35	98	58	--	--
	40	91	41	--	--
600	30	103	50	90	62

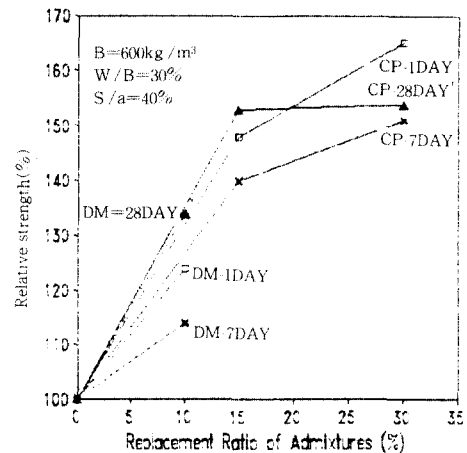
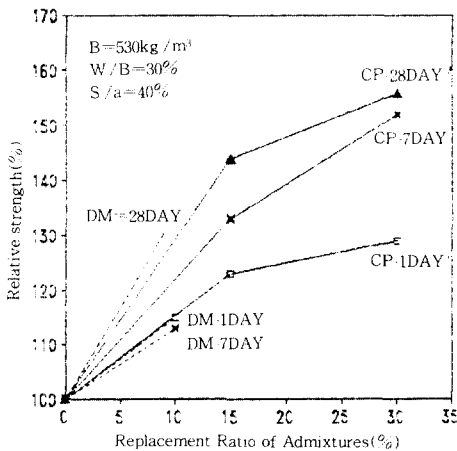


Fig. 9 Relationship between relative strength and replacement ratio of admixture

Table 8에 재령 28일 蒸氣養生 壓縮強度를 100으로 하여 水中養生시의 強度比를 나타내었으며, 물-結合材比 30%에 한하여 混和材 치환율과 증기양생에 대한 수중양생 壓縮強度比를 Fig. 10에 나타내었다.

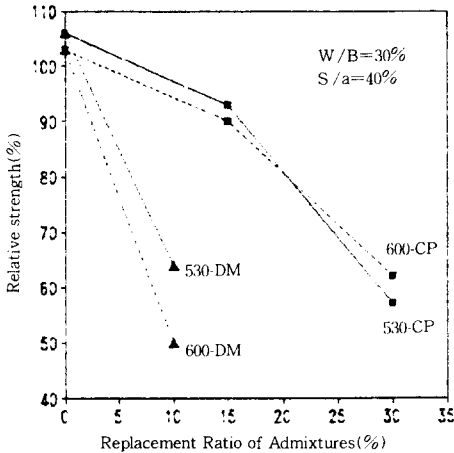


Fig. 10 Relationship between relative strength and replacement ratio of admixture

이 표와 그림에서 混和材를 치환하지 않은 OPC의 증기양생에 대한 수중양생시의 28일 強度比는 91-126으로 증기양생 強度가 수중양생 強度에 비하여 약간 작거나 거의 같다는 Saul<sup>(12)</sup>의 실험값과 같은 결과를 얻고 있다. 그러나 석고계 混和材인 DM을 10% 치환한 경우는 單位結合材量에 관계없이 수중양생 強度가 증기양생 強度의 절반인 41-64로 감소하고 있음을 나타내고 있다. 이는 무수 또는 반수상태인 석고계 혼화재가 증기양생에 의하여 칼슘알루미네이트와 반응하여 엔트린가이드를 생성시켜 高強度화에 기여한 것으로 볼 수 있다. 그러나 수중양생시에는 물의 공급과 양생온도  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 저열로 인하여 무수 또는 반수상태인 석고가 이수석고화되어 엔트린가이드의 생성에 효율적이지 못하여 콘크리트 強度가 감소된 것으로 사료된다. 또한 일부가 석고계인 CP 15%치환의 경우에는 強度比가 90-93으로 증기양생뿐만 아니라 수중양생에서도 탁월한 強度 증진효과를 나타내고 있음을 보여주고 있지만, CP

30%치환의 경우의 強度比는 57-62로 증기양생에 비하여 強度가 현저하게 저하하여 무치환 콘크리트보다도 작은 強度를 나타내고 있다.

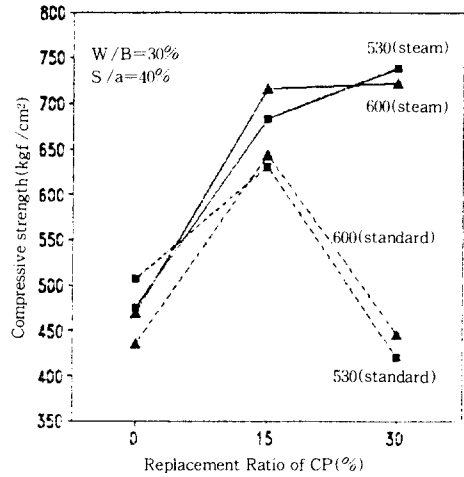


Fig. 11 Compressive strength of concrete containing CP admixture under steam and standard

또한 이는 Fig. 11에 나타난 것과 같이 단위 結合材量  $530\text{kg}/\text{m}^3$ 과  $600\text{kg}/\text{m}^3$ 에서 CP 15%치환이 무치환 콘크리트에 비하여 수중양생강도가 각각  $125\text{kgf}/\text{cm}^2$ ,  $206\text{kgf}/\text{cm}^2$  높은  $631.5$ ,  $643\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 水中養生으로도 고강도콘크리트를 생산할 수 있음을 보여주고 있다. 한편 CP 30%치환의 경우의 증기양생에 비하여 수중양생시의 強度가 현저하게 저하하고 있음을 나타내고 있어, 수중양생시의 CP의 치환율은 15%가 적정 수준으로 사료된다.

### 3.6 고강도콘크리트의 활열인장強度

Fig. 12는 증기양생시의 압축강도와 활열인장강도와와의 관계를 나타낸 것으로, 1차회귀분석 결과 28일 활열인장강도식은  $\sigma_{t28} = 0.06\sigma_{c28} + 12.61$ 이며 상관계수 0.70으로 비교적 양호하게 나타나 고강도콘크리트용 混和材를 사용하여 증기양생한 콘크리트의 활열인장강도의 추정에 사용할 수 있다고 사료된다.



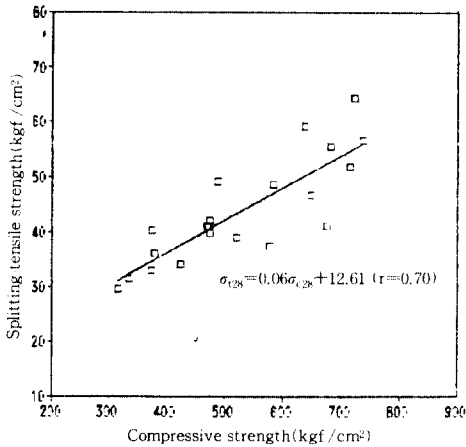


Fig. 12 Relationship between compressive strength and splitting-tensile strength

또한 蒸氣養生시 재령 28일의 할열인장強도와 壓縮強도의 比는 1/8-1/16로 나타나있고, 물-結合材比 30%에서 高強度用 混和材를 10-30% 치환함으로써 할열인장強도는 41-64kgf/cm<sup>2</sup>를 나타내어 무치환 철근콘크리트의 인장강도에 비하여 약 1.5-2배 정도 증가되었음을 알 수 있다.

#### 4. 結 論

본 연구는 공장제품을 대상으로 콘크리트를 高強度化하기 위한 연구로 본 연구의 범위내에서 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 종래의 蒸氣養生만으로 불가능하였던 1일 壓縮強도 500kgf/cm<sup>2</sup>, 7일 壓縮強도 600kgf/cm<sup>2</sup>, 28일 壓縮強도 700kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 고강도콘크리트를 高性能減水劑 및 고강도콘크리트용 混和材를 사용함으로써 얻을 수 있다.

(2) 무수석고계 混和材는 蒸氣養生에 의하여 시멘트의 칼슘알루미늄네이트와 반응 엔트린가이드를 생성하여 콘크리트의 高強度化에 기여하지만, 이를 水中養生에 적용하면 저열 및 물의 공급으로 인하여 무수석고가 이수석고화로 되어 콘크리트의 強度에 기여하지 못한다.

(3) 석고계인 DM은 蒸氣養生시의 강도증진에 효과적이며 水中養生시에는 무치환 콘크리트보다

強度가 오히려 감소한다. 그러나 일부가 석고계인 CP는 증기 및 수중양생시 강도증가에 효과적이며, 증기양생시는 30%까지 치환하여도 강도증진을 나타내지만 수중양생시는 15%까지가 적정치환율로 이보다 치환율이 증가하면 壓縮強도가 저하된다.

(4) 高強度用 混和材는 콘크리트의 유동성을 증가시켜 동일 슬럼프값을 얻기 위한 콘크리트에서 高性能 減水劑의 添加量을 줄일 수 있으며, 이를 이용한 고강도콘크리트의 제조에는 물-結合材比 30%에서 單位結合材量 530Kg/m<sup>3</sup>의 사용이 경제적인 사용범위로 사료되며, 이 보다 작을 경우 고성능 감수제의 사용량 증대와 압축강도 감소현상을 나타낸다.

(5) 壓縮強도 700kgf/cm<sup>2</sup> 이상에서는 짧은 골재의 할열파괴현상이 일어나고 있어, 이보다 높은 고강도콘크리트를 얻기 위해서는 양질의 골재 선정이 필요하다.

(6) 高強度用 混和材는 콘크리트의 할열인장強도를 무치환 콘크리트에 비하여 1.5-2배까지 높일 수 있고 蒸氣養生을 실시하는 콘크리트 말뚝, 흙관 등 콘크리트제품에 이용하여 제품의 조기 출하를 가능하게 한다.

#### 감사의 글

본 논문은 韓一建材工業(株)의 연구 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 長瀧重義, "高強度 콘크리트에 關する 研究と 實用化", 第10回 콘크리트 工學年次論文報告集, Vol. 10-1, 1988, pp. 61-68.
2. ACI Committee 363, "State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete", (ACI 363R-92), ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, 1994.
3. 文翰英, 金眞徹, "SF를 혼합한 콘크리트의 高強度化에 關한 基礎的 研究", 大韓土木學會 論文集, 제12권 4-1호 1992. 12, pp. 33-41
4. 박칠림, "고강도콘크리트의 實用化에 關한 國內

- 外 研究 動向”, 콘크리트 학회지 제2권3호, 1990. 9. pp. 27-36
5. 오병환, 정법석, “고강도콘크리트의 施工特性과 利用”, ACI 회장단 방한 학술 발표 기사, 콘크리트 학회지, 제2권4호, 1990. 12. pp. 31-35
  6. 신성우외 7인, “분당 삼성 초고층 아파트에 500kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 고강도콘크리트 시공 및 구조적 연구”, 한국 콘크리트 학회지 추계발표회, 1990. 11. pp. 185
  7. 박승범, 임창덕, “高黃酸鹽 시멘트를 이용한 고강도콘크리트의 壓縮強度 特性에 관한 實驗的 研究”, 콘크리트 학회지, 제4권3호, 1992. 9. pp. 135-146
  8. 重倉祐光, 高橋和雄, 棚野博之, “高強度コンクリート用混和材料に関する研究”, 日本コンクリート工學年次講演會講演論文集, Vol. 4, 1982, pp. 109-112
  9. 김진만, 이상수, 최진성, 박정일, 김무한, “高強度 유동화 콘크리트의 공학적특성에 미치는 單位 結合材量의 영향에 관한 실험적 연구”, 콘크리트 학회 가을 학술발표회 논문집, 제5권2호 1993. pp. 35-38
  10. Neville, A. M., “Properties of Concrete”, 3rd Edition, Pitman Publishing Limited, London, 1981. pp. 272
  11. 박승범, 임창덕, “고황산염 시멘트를 이용한 고강도콘크리트의 공학적특성에 관한 연구”, 한국 콘크리트 학회 가을 학술 발표회 논문집 제4권2호, 1992. 11. pp. 11-18
  12. Neville, A. M., “Properties of Concrete”, 3rd Edition, Pitman Publishing Limited, London, 1981. pp. 326-327

(접수일자 : 1995. 2. 13)