

# 混和材에 의한 콘크리트의 高強度化에 관한 實驗 研究 (I)

-碎石 콘크리트를 대상으로-

The High-Strengthening of Concrete with Admixture

-On the Crushed Stone Concrete-

김 화 중\* 김 태 섭\*\* 이 용 철\*\*\* 한 중 훈\*\*\*\*

Kim, Hwa Jung Kim, Tae Sub Lee, Yong Chul Han, Jong Hoon

## ABSTRACT

The purpose of this study is to raise the strength of concrete with admixture. The natural zeolite and mud stone, abundant in this country, were used as admixture for high-strengthening of concrete.

Proper workability was gained by using the superplasticizer. The optimum replacement ratio of zeolite and mud stone was 10% on unit-cement amount. At these optimum replacement ratio, the strength development over the plain concrete was 34% for zeolite and 16% for mud stone.

Through this study, we concluded the natural zeolite and mud stone were adequate admixtures for the high-strengthening of concrete.

## 1. 序 論

콘크리트의 高強度化는 特殊材料의 사용, 配合의 調整 등 각종 技術的 製造手法에 의하여 所期의 目的에 접근할 수 있으며, 최근 資源活用 등의 側面에서 混和材를 사용하는 方案이 主要 關心事로 浮上되고 있다.

混和材를 사용하는 방법은 비교적 간편하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라 특수한 技術이나 設備가 요구되지 않으므로, 性能과 經濟性이 확보될 경우 비교적 용이하게 實用化시킬 수 있을 것으로 判斷된다.

이에 따라, 先進諸國에서는 각종 混和材를 사용하여 콘크리트의 壓縮強度를 증진시키고자 하는 노력이 지속적으로 진행되어 왔으며, 실리카 흙을 사용한 高強度 콘크리트는 이미 實用化 단계에 있다

그러나, 국내의 경우 既存의 실리카 흙, 플라이 애쉬 및 高爐 슬래그 등의 混和材는 經濟性, 品質 등의 문제로 인하여, 高強度用 混和材로서의 活用이 사실상 어려운 實情이다.

따라서, 本 研究는 混和材로서 活性 실리카를 主成分으로 하며, 국내에 풍부히 매장되어 있는 天然 제올라이트 및 泥岩을 사용한 콘크리트의 強度 性狀에 대하여 考察함으로써, 經濟性과 性能이 우수한 새로운 高強度用 混和材를 개발하기 위한 資料를 제공하는데 그 目的이 있다.

## 2. 實 驗

### 2.1. 概要

本 實驗은 시멘트의 一部를 제올라이트 및 泥岩으로 置換한 콘크리트의 強度 性狀을 파악하기 위한 것으로, 比較를 위하여 실리카 흙 및 高爐 슬래그 粉末에 대하여서도 同一한 實驗을 적용하였다.

\* 경북대 건축과 교수  
\*\* 한양대 건축과 박사과정  
\*\*\* (주)장안레미콘 기획실  
\*\*\*\* 한양대 건축과 석사과정

## 2.2. 使用材料

### 1) 제올라이트 및 泥岩

경북 포항産으로, 原石을 粉碎한 후 체가름을 통하여 No.200체를 통과한 微粉末을 사용하였다.

### 2) 실리카 흙

오스트리아産 실리카 흙을 사용하였다.

### 3) 高爐 슬래그 粉末

포항 제철소에서 발생하는 高爐 슬래그를 粉碎한 微粉末을 사용하였다.

### 4) 시멘트

國內 S社製 普通포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 化學組成 및 物理的 性質은 표 1, 2와 같다.

표 1. 시멘트의 化學組成

成分	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ig-loss
組成비 (%)	21.4	2.9	60.8	3.1	1.7	7.0	0.72	0.12	1.2

표 2. 시멘트의 物理的 性質

比重	粉末度 (cm <sup>2</sup> /g)	壓 結 (h·m)		安定性	Flow (mm)	壓 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
		初結	終結			3日	7日	28日
3.15	3140	3:45	7:20	良	110	210	280	376

### 4) 骨材

간骨材는 경북 옥성産 강모래로서, 최대크기를 4.76mm로 調整하였으며, KS F 2502~2506에 따라 그 物理的 性質을 檢討하였다. 굵은骨材는 경북産 碎石骨材로서 KS F 2462 및 KS F 2531~2534에 따라 그 物理的 性質을 檢討하였다(표 3 參照).

표 3. 使用 骨材의 物理的 性質

種 類	表乾 比重	최대 크기 (mm)	單位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	含水率, 空隙率, 實積率 (%)			磨耗率	粗粒率
				含水率	空隙率	實積率		
굵은骨材	2.74	25	1480	1.26	47	53	23.8	6.74
간骨材	2.58	4.76	1682	1.63	34.8	65.2	--	2.71

### 5) 混和劑

낮은 물結合材比, 高粉末度の 混和材 사용 등으로 인한 슬럼프 低下를 감안하여, 각 配合當 나프탈렌 설폰酸鹽系의 高性能減水劑 (SP)를 單位結合材量의 1.5%씩 添加하였다.

## 2.3. 配合

單位水量은 160kg/m<sup>3</sup>로, 물結合材比는 30%로, 單位結合材量은 533kg/m<sup>3</sup>로 하였다. 單位結合材量에 대한 各 混和材의 置換率은 0%, 5%, 10%, 15%(重量比)로 하였으며, 잔率材率은 45%(容積比)로, 空氣量은 4%로 設計하였다.

## 2.4. 供試體의 製作 및 養生

콘크리트의 成形은  $\phi 10 \times h 20$ cm의 원주형 MOULD를 사용하였으며, 成形 完了後 20~24시간 사이에 유리판을 이용하여 시멘트 페이스트로 capped 하였다. 供試體는 capped 完了後 20~24시간 사이에 MOULD로부터 脫형하여 流水와 振動이 없는 23±2°C의 常溫水槽에서 所要材齡까지 養生하였다(단, 氣乾 壓縮強度 試驗用 供試體는 직사광선을 받지 않는 大氣中에서 養生).

## 2.5. 測定 方法

### 1) 슬럼프

KS F 2402에 準하였다.

### 2) 壓縮強度

KS F 2405에 準하였다. 載荷速度는 매초 1.5~3.0kg/cm<sup>2</sup>로 하였으며, 측정된 最大荷重을 供試體의 斷面積으로 나누어 壓縮強度를 算出하였다.

### 3) 引張強度

KS F 2423에 準하였다. 載荷速度는 270±10 kg/min로 하였으며, 측정된 最大荷重으로 콘크리트의 引張強度를 算出하였다.

## 3. 結果 및 考察

實驗의 配合 및 結果는 표 4와 같다.

### 3.1. 슬럼프

高爐 슬래그로 置換한 콘크리트의 슬럼프는 「混和材로 置換하지 않은 콘크리트」(이하 Plain Concrete라 칭함)와 거의 동등하였다. 그러나, 제올라이트, 泥岩, 실리카 흙으로 置換한 콘크리트의 슬럼프는 置換率이 커질수록 급격히 低下되었으며, 그 低下率은 실리카 흙보다 제올라이트 및 泥岩으로 置換한 콘크리트에서 약간 크게 나타났다. 이는 제

표 4. 콘크리트의 配合 및 結果

混和材		單位 結合 材 量 (kg/m <sup>3</sup> )	單位重量(kg/m <sup>3</sup> )					슬 람 프 (cm)	空 氣 量 (%)	壓縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )					引 張 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	
種 類	置 換 率(%)		W	C	Ad	G	S			SP	3日	7日	28日			91日
											水中	氣中				
-	0			533	0	981	756		22.0	2.4	357	414	455	448	472	30
제 올 라 이 트	5			506	27	975	751		21.5	2.0	421	479	595	581	612	32
	10			480	53	970	747		17	2.4	455	500	608	601	637	46
	15			453	80	965	743		8.1	1.7	340	468	568	526	599	35
			533	160				8.0								
泥 岩	5			506	27	975	751		20.3	2.6	386	435	509	485	553	35
	10			480	53	970	747		14.9	2.5	361	409	528	496	554	41
	15			453	80	965	743		5.5	1.9	307	376	495	490	514	35
실 리 카 흙	5			506	27	975	751		22.0	2.1	381	440	555	529	587	36
	10			480	53	970	747		14.1	2.6	418	426	529	524	551	37
	15			453	80	964	743		9.4	2.0	386	406	507	485	514	32
高 爐 슬 래 그	5			506	27	975	751		23	2.2	260	344	428	420	460	32
	10			480	53	970	747		16	2.6	266	362	447	417	453	31
	15			453	80	964	743		17	2.1	242	321	367	352	411	26

註) W: 물, C: 시멘트, Ad: 混和材, G: 굵은骨材, S: 잔骨材, SP: 高性能減水劑

올라이트 및 泥岩이 多孔質임과 동시에 粘土 鑛物을 含有하고 있어, 混合水의 일부를 吸水하였기 때문인 것으로 思料된다(그림 1 參照).

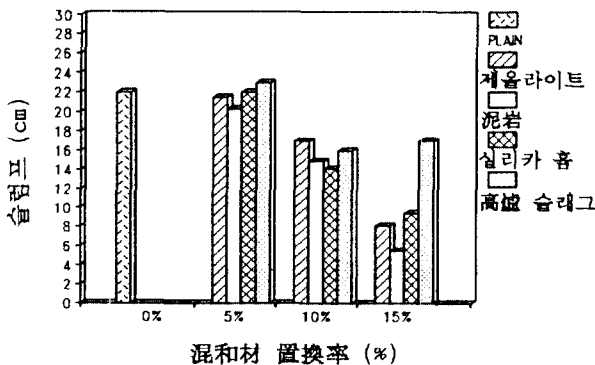


그림 1. 混和材의 置換率에 따른 슬럼프

### 3.2. 強度

#### 3.2.1. 壓縮強度

##### 1) 置換率과 壓縮強度

제올라이트, 泥岩, 실리카 흙으로 置換한 콘크리트는 置換率 10%, 10%, 5%에서 最高強度를 나타내었으며, 이 때 Plain Concrete에 대한 強度增進率은 각각 34%, 16%, 22%였다. 한편, 高爐 슬래그 置換時에는 전반적으로 Plain Concrete보다 낮은 壓縮強度를 나타내었다(그림 2~5 參照).

##### 2) 材齡과 壓縮強度

제올라이트, 泥岩, 실리카 흙으로 置換한 콘크리트는 거의 모든 材齡에서 Plain Concrete 이상의 壓縮強度를 나타내었다.

또한, 混和材 置換時 「Plain Concrete에 대한 壓縮強度 百分率」(이하 壓縮強度 百分率이라 칭함)은 材齡이 커질수록 증대되는 경향을 나타내었다. 특히, 슬래그 置換 콘

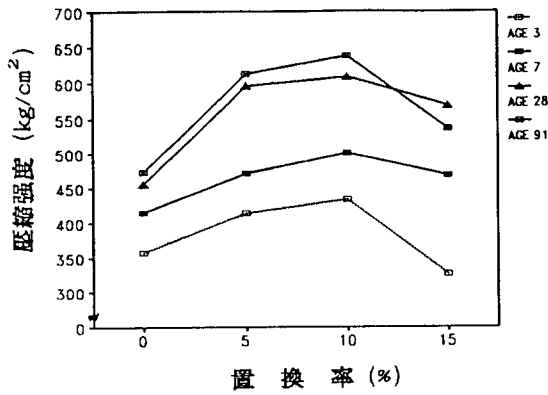


그림 2. 混和材의 置換率에 따른 壓縮強度 (제올라이트)

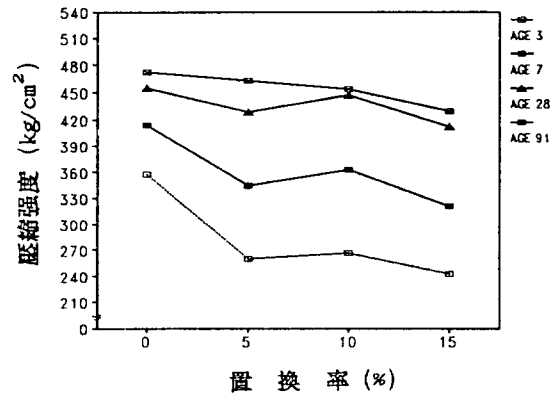


그림 5. 混和材의 置換率에 따른 壓縮強度 (高爐 슬래그)

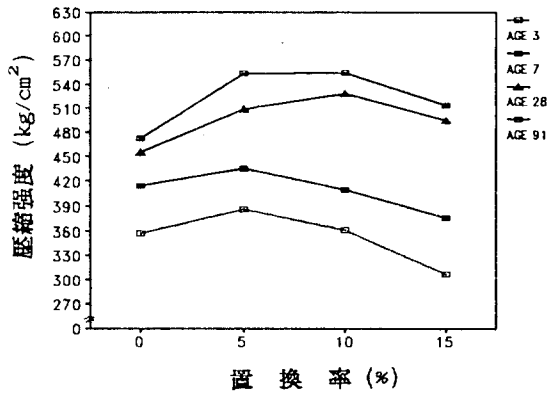


그림 3. 混和材의 置換率에 따른 壓縮強度 (泥岩)

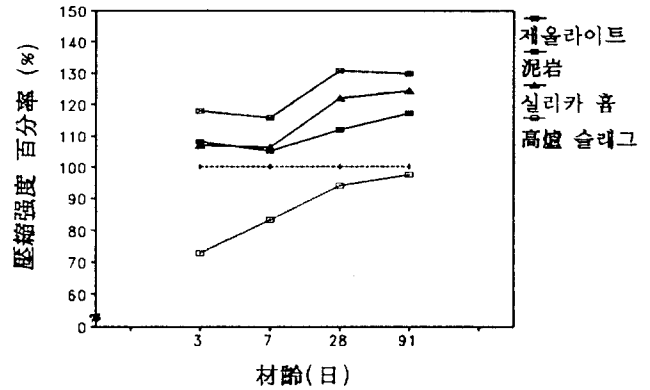


그림 6. 材齡에 따른 壓縮強度 百分率 (混和材 置換率 5%)

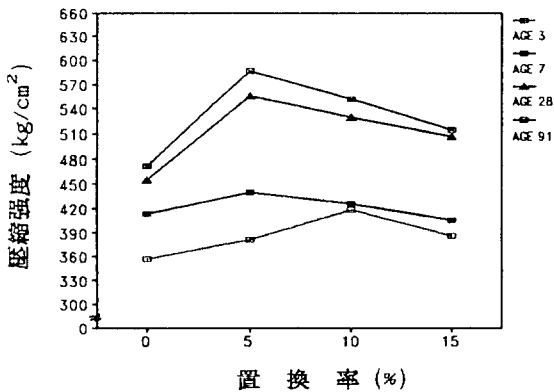


그림 4. 混和材의 置換率에 따른 壓縮強度 (실리카 흙)

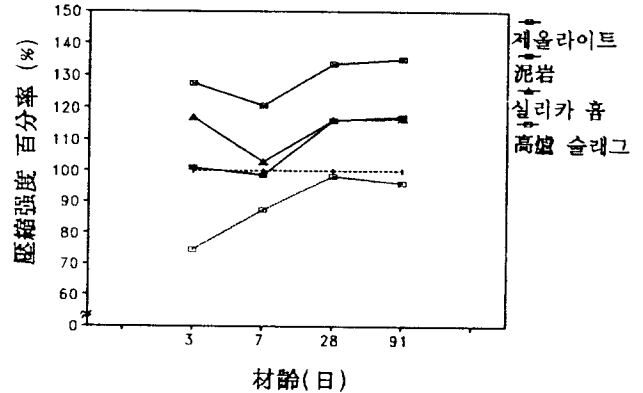


그림 7. 材齡에 따른 壓縮強度 百分率 (混和材 置換率 10%)

크리트의 경우 材齡의 증가와 함께 壓縮強度 百分率이 크게 改善되었다(그림 6~8 參照).

Plain Concrete에 있어 28日 強度에 대한 3日 強度의 百分率은 78%, 7日 強度의 百分率은 91%로 나타났다.

한편, 混和材로 置換한 콘크리트의 경우에는 28日 強度에 대한 3日 強度의 百分率이 69%(제올라이트), 69%(泥岩), 75%(실리카 흙), 62%(高爐 슬래그)였다. 또한, 28日 強度에 대한 7日 強度의 百分率은 82%(제올라

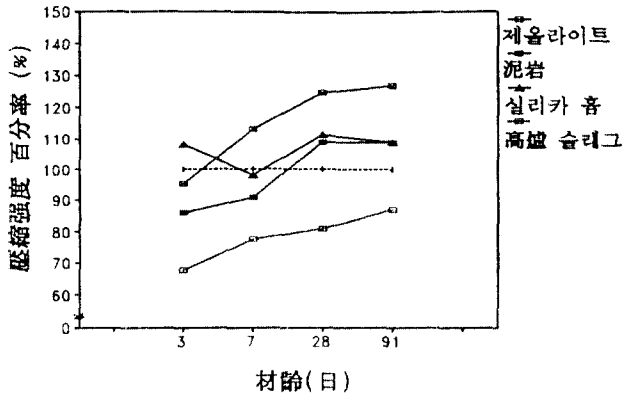


그림 8. 材齡에 따른 壓縮強度 百分率 (混和材 置換率 15%)

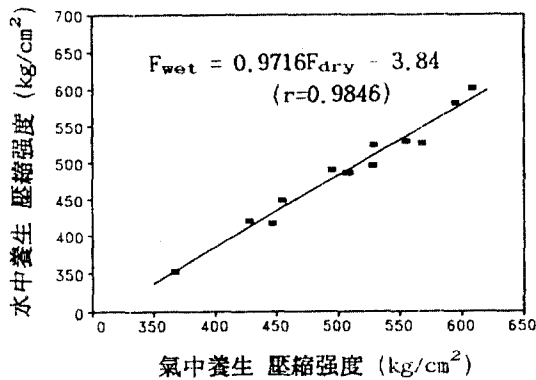


그림 9. 氣中養生 壓縮強度와 水中養生 壓縮強도의 關係

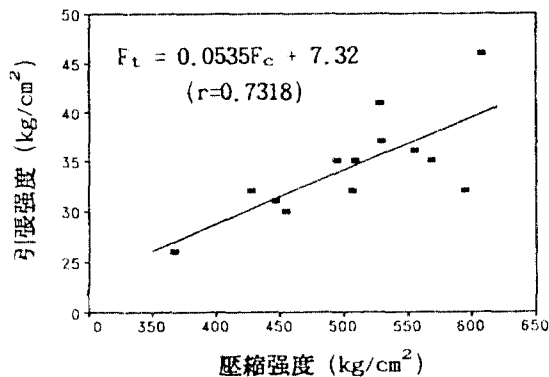


그림 10. 壓縮強度와 引張強도의 關係

이트), 79%(泥岩), 80%(실리카 흙), 83%(高爐 슬래그)로 나타났다.

따라서, 混和材 置換時 初期材齡 이후에서의 強度增進率은 Plain Concrete보다 큰 것으로 판단된다.

3) 氣中養生 콘크리트의 壓縮強度  
水中養生 콘크리트에 대한 氣中養生 콘크

리트의 壓縮強度 百分率은 93~99%이며, 混和材의 置換에 따른 影響은 거의 없었다(그림 9 參照).

### 3.2.2. 引張強度

콘크리트의 脆度係數는 Plain Concrete의 경우 15.2로 나타났다. 混和材로 置換한 콘크리트의 脆度係數는 평균 14.8로서 Plain Concrete의 경우와 큰 차이가 없었다(그림 10 參照).

## 4. 結 論

새로운 高強度用 混和材의 開發을 目的으로, 제올라이트 및 泥岩을 사용한 콘크리트의 強度 性狀에 대하여 考察한 結果, 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 제올라이트, 泥岩 및 실리카 흙으로 置換한 콘크리트는 置換率이 커질수록 슬럼프가 급격히 低下되며, 그 低下率은 실리카 흙보다 제올라이트 및 泥岩으로 置換한 콘크리트에서 약간 크게 나타난다.

2) 最高強度를 發現하기 위한 置換率은 제올라이트 및 泥岩의 경우 10%, 실리카 흙의 경우 5%이다. 이 때 Plain Concrete에 대한 強度增進率은 제올라이트 34%, 泥岩 16%, 실리카 흙 22%로서, 특히 제올라이트는 高強度用 混和材로서 그 性能이 우수한 것으로 判斷된다.

3) 混和材 置換時, 初期材齡에서의 強度發現이 일반적으로 不良하나, 제올라이트, 泥岩 및 실리카 흙으로 置換한 콘크리트는 初期材齡에서의 強度發現도 良好하다.

4) 初期材齡 이후에서의 強度增進率은 混和材 置換 콘크리트가 Plain Concrete보다 높게 나타난다.

## 參 考 文 獻

- 1) 吳炳煥外: 실리카 흙을 사용한 高強度 콘크리트의 力學的 性狀과 最適配合 研究, 콘크리트學會紙 第1卷1號, 1989. 9.
- 2) 金炯來: Zeolite 置換 輕量콘크리트의 壓縮強度 性狀에 관한 實驗的 研究, 漢陽大學校 碩士學位 論文, 1992