

## 混和劑使用 콘크리트에 관한 試驗報告

洪 鍾 珀\* · 崔 興 植\*

### 1. 序 言

本 試驗研究는 美湖川流域綜合開發事業의 一環으로 建設되는 美湖池 Concrete Dam施工時 計劃된 混和劑(Plastocrete-R)使用 Concrete에 對하여 1983年 및 1984年 2個年에 걸쳐 試驗을 實施하고 其 結果를 綜合하여 分析 研究된 것이다.

試驗은 混和劑使用上 特性和 品質管理上의 向上을 目的으로 實施하였으며 混和劑(Plasto Crete-R)使用이 지닌 減水效果和 空氣連行 效果에 依한 Mass concrete, Dam concrete, Backfill concrete 및 暑中 Concrete 打設時 凝結遲延, 減水, 空氣連行, 水和熱減少等에 미치는 影響을 檢討키 爲하여 混合時의 Slump 變化, 壓縮強度, 含水比, 乾濕單位重量測定等을 通하여 얻은 資料를 갖이고 分析整理하였으며 此後 같은 業務에 參考토록 하기 爲하여 研究報告書를 簡略하게 作成하였다.

### 2. 使用骨材의 物理的性質

使用骨材는 忠北 鎮川郡 鎮川邑所在 栢谷川에서 生産된 材料로서 其 物理的 性質을 把握키 爲하여 比重, 吸水率, No.200체 通過率 및 粒度分析試驗을 實施하였다.

粗細骨材의 一般的인 物理的 性質 및 粒度 分布의 平均値는 表-1, 表-2 및 그림. 1과 같다.

表-1. 粗細骨材의 物理的 性質

種類	比重	吸水率 (%)	No. 200 체 通過率 (%)	粗粒率 (F.M)	摩 耗 率 (%)		備考
					100R	500R	
잔골재	2.57	1.58	0.38	2.95	—	—	
굵은골재	2.63	1.26	0.73	—	10.73	40.76	

表 -2. 체通過量의 重量百分率(%)

체番號	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	備考
通過率 (%)	100	88	67	34	12	4	

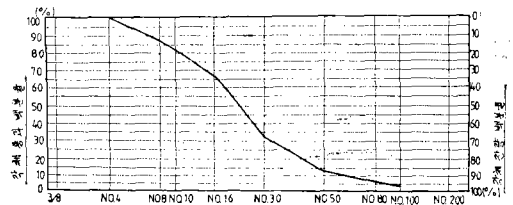


그림. 1. 체通過率

### 3. 試驗 및 試驗方法

Concrete의 諸性質을 把握하기 爲하여 Mortar試驗과 最大굵은 骨材值數 40m/m 使用 Concrete 및 現場製作의 最大굵은 骨材值數 150 m/m 使用 Dam concrete를 40m/m체에 依한 Wet screen後 供試體를 製作하여 試驗하였다.

#### 가. Mortar 配合

供試體는  $\phi 10 \times 20$ cm의 小型 Mould로 製作

\* 農業振興公社 忠北支社

表-3. 配合設計內譯(m³當)

骨材最大値數 (mm)	시멘트 (kg)	잔골재 (kg)	굵은골재 (kg)	물시멘트비 (%)	시멘트重量에의 混和劑使用 (%)	備考
40	313	670	1167	53	Plain, 0.15, 0.30, 0.45	공기량 3% 물 166

하여 材齡 7日, 28日, 2組로 混和劑를 넣지 않은 狀態와 Cement重量對比 0.15%, 0.30% 및 0.45%의 4種類로 混和劑量을 變化시켜가며 製作하여 壓縮強度試驗, 乾濕單位重量 및 吸水率을 計算하였으며 이때 配合條件은 아래와 같다.

시멘트對 모래重量比=1:3  
물시멘트비(w/c)=0.65

나. 굵은骨材 最大値數 40m/m 使用  
Concrete配合

使用供試體는 ϕ15×30cm의 標準 Mould를 使用하여 材齡 3日, 7日 및 28日의 3組로 混和劑를 넣지 않은 狀態와 Cement 重量對比 0.15%, 0.30% 및 0.45%의 4가지 種類로 變化시켜 Slump값의 變化, 壓縮強度, 乾濕單位重量 및 吸水率을 試驗하였으며 配合內譯은 表-3과 같다.

또한 減水効果와 이로 인한 強度增大效果 및 Cement所要量과의 關係를 把握코져 ϕ15×30cm의 標準 Mould를 使用하여 材齡 7日, 28

日로 區分 混和劑를 넣지 않은 狀態(w/c=53%)와 混和劑(Plastocrete-R)를 시멘트重量의 0.30%를 넣고 單位시멘트量 및 單位骨材量을 固定시킨後 單位水量(w/c=0.53, 0.50, 0.47)을 變化시켜가며 Workability의 尺度인 Slump의 變化와 壓縮強度를 試驗하였다.

이때 配合內譯은 表-3과 같다.

다. 굵은骨材 最大値數 150m/m 使用  
Dam concrete配合

現場 Batch Plant에서 生産되는 最大骨材 値數 150m/m의 콘크리트를 40m/m체에 依한 Wet screen後 ϕ15×30cm의 標準 Mould로 供試體를 製作하여 美湖Dam Concrete配合內譯과 同一하게 混和劑를 시멘트重量의 0.30%넣고 材齡 3日, 7日, 21日, 28日, 49日, 70日 및 91日의 7가지로 養生하여 壓縮強度, 單位重量 및 含水比를 試驗하였고 Dam體의 外郭콘크리트(設計基準強度 160kg/cm²)는 壓縮強度管理 試驗을 實施하였다.

이때 配合設計內譯은 表-4와 같다.

表-4. 콘크리트配合設計內譯

設計基準強度 (kg/cm²)	시멘트 (kg)	잔骨材 (kg)	굵은骨材 (kg)	물시멘트비 (%)	슬럼프範圍 (cm)	混和劑 (g)	備考
120	195	526	1,541	60	4±1	585	물 117 공기량 3%
160	216	503	1,549	54	4±1	648	물 117 공기량 3%

4. 試驗結果 및 分析

가. Mortar 供試體 試驗結果

Mortar試驗結果 材齡 7日 및 28日의 壓縮強度, 乾濕單位重量 및 含水比는 表-5과 같이 나타났다.

壓縮強度는 材齡 7日 및 28日 壓縮強度가 그림. 2에서 보는바와 같이 混和劑使用量이 增加함에 따라 減少하였고 其 減少率은 表-6

와 같으며 混和劑使用量이 強度에 미치는 關係式은 式(1) 및 式(2)로 誘導되었다.

$$\sigma_7 = 96.81 - 111.9A_d (R=0.95) \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma_{28} = 193.9 - 174A_d (R=0.99) \dots\dots\dots(2)$$

式中

$\sigma_7, \sigma_{28}$  = 材齡別 壓縮強度(kg/cm²)

$A_d$  : 混和劑量(%)

R : 相關係數

單位重量 및 含水比關係는 混和劑使用에 따라 乾濕單位重量은 大體로 減少하나 單位重量

表-5. Mortar供試體試驗結果

區分	7일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	28일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	濕單位重量 (g/cm <sup>3</sup> )	乾單位重量 (g/cm <sup>3</sup> )	含水比 (%)	備考
Plain	91.3	189	2.194	1.987	10.41	
0.15%	84.9	174	2.167	1.936	11.93	
0.30%	70.0	144	2.185	1.944	12.45	
0.45%	40.5	112	2.139	1.902	12.47	

表-6. 混和劑使用別 強度減小率

區分	Plain	0.15%	0.30%	0.45%	備考
7일 壓縮強度 (%)	100	93.0	76.8	44.1	
28일 壓縮強度 (%)	100	92.1	76.2	59.3	

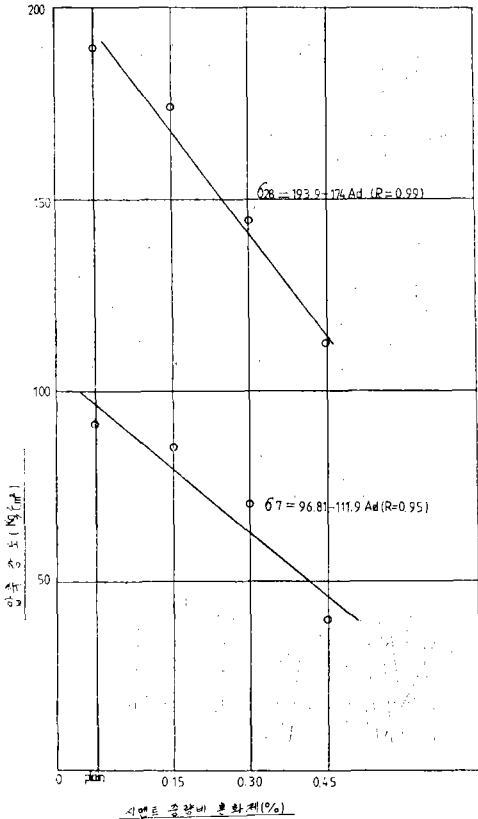


그림. 2. 混和劑使用量 壓縮強度關係

은 適定豫想量 0.30% 使用時는 他보다 적음을 알 수 있으며 또한 含水比는 그림. 3와 같이 混和劑使用量이 增加함에 따라 增大하는 것으로 나타났다.

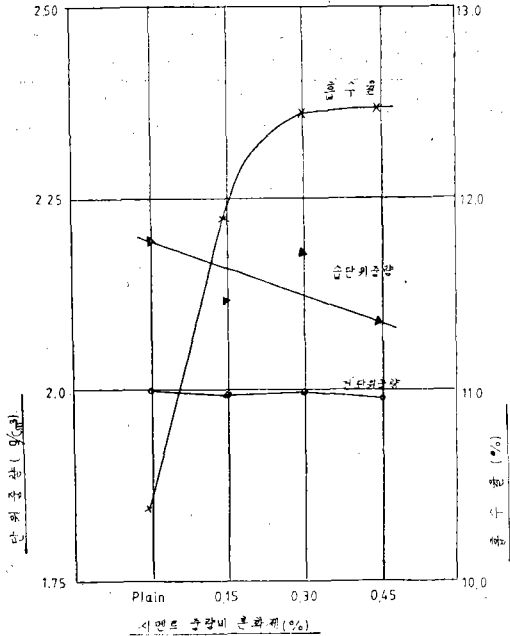


그림. 3. 混和劑使用量과 單位重量 및 含水比와의 關係

나. 굵은骨材 最大値數 40m/m使用 콘크리트 試驗結果

콘크리트의 配合는 表-3과 같이하여 Slump 값의 變化, 壓縮強度, 單位重量 및 含水比를 測定한 結果는 表-7에서와 같다.

여기에서 壓縮強度는 混和劑를 增加使用함에 따라 壓縮強度가 減少되어지는 것을 알 수 있으며 狀況을 圖化해본 結果 Exponential type으로 減少하고 있음을 나타냈으며 그 相關關係式은 式(3) 및 式(4), 式(5)로 表示할 수 있다.

$$\sigma_3 = 87.58e^{-0.97Ad} (R=0.97) \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma_7 = 122.72e^{-0.42Ad} (R=0.98) \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma_{28} = 205.34e^{-0.02Ad} (R=0.98) \dots\dots\dots (5)$$

表-7. 混和劑使用量에 따른 콘크리트 性能

使用混和劑 (%)	Plain	0.15	0.30	0.45	備考
區分					
Slump (cm)	8.5	15.0	17.5	18.5	
3일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	91.5	71.7	64.0	58.5	
7일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	124.5	113.2	107.5	102.8	
28일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	204.0	200.5	194.5	186.2	
濕單位重量 (g/cm <sup>3</sup> )	2,370	2,360	2,390	2,380	
乾單位重量 (g/cm <sup>3</sup> )	2,250	2,270	2,270	2,300	
含水比 (%)	5.33	3.96	5.29	3.48	

表-8. 混和劑使用量에 따른 壓縮強度減少率

區分	Plain	0.15%	0.30%	0.45%	備考
3일 壓縮強度 (%)	100	78.4	69.9	63.9	
7일 壓縮強度 (%)	100	90.0	86.3	82.6	
28일 壓縮強度 (%)	100	98.3	95.3	91.3	

混和劑를 使用치 않은 콘크리트 壓縮強度의 85% 以上이어야 한다는 KSF4050 規定은 混和劑 0.30% 使用時 材齡 7日에서 이미 滿足시키고 있음을 알 수 있다.

混和劑使用에 따른 Workability의 尺度인 Slump값은 그림. 5에서와 같이 使用量增加에 따라 커짐을 알 수 있고 混和劑使用量과 Slump값과의 關係式은 다음 式(6)과 같이 誘導되었다.

$$S_l = 17.89 A_d^{0.04} (R=0.98) \dots\dots\dots (6)$$

여기에서

$S_l$ : slump값 (cm)

$R$ : 相關係數

$A_d$ : 混和劑使用量 (%)

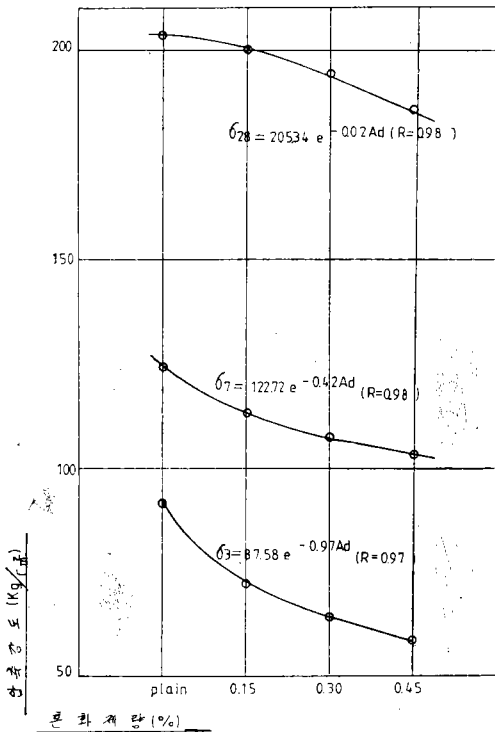


그림. 4. 混和劑使用量과 壓縮強度의 變化

式中

$\sigma_3, \sigma_7, \sigma_{28}$ : 材齡에서의 壓縮強度 (kg/cm<sup>2</sup>)

$A_d$ : 混和劑使用量 (%)

$R$ : 相關係數

또한 混和劑使用에 따른 材齡別 콘크리트의 壓縮強度減少率을 混和劑를 넣지 않은 狀態의 콘크리트 壓縮強度에 對한 比率로 表示해 보면 다음 表-8와 같다.

이때 混和劑使用時 콘크리트의 壓縮強度는

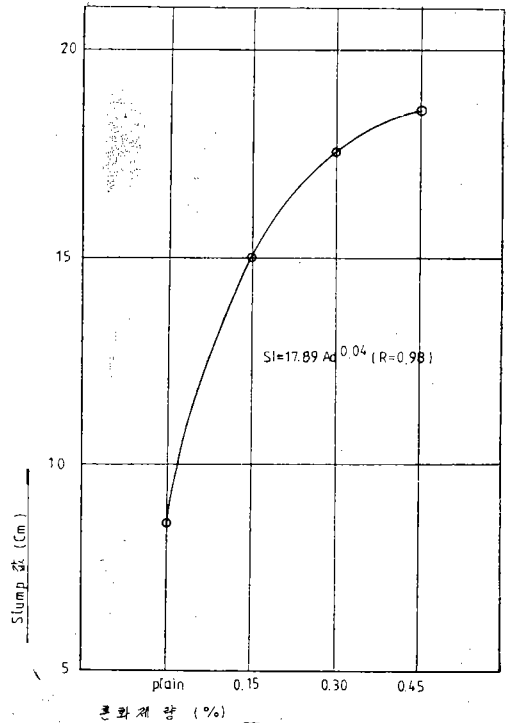


그림. 5. 混和劑使用量과 Slump값의 關係

다. 減水效果 및 強度增大效果

表-3 配合內譯으로 單位시멘트量, 單位骨材量을 固定시키고 單位水量 即 물-시멘트比를 變化시킨 狀態로 Slump值測定에 依한 減水效果와 壓縮強度測定試驗에 依한 強度增大效果는 表-9와 같고 其 結果는 그림. 6에서 보는 바와 같다.

그림. 6에서 알 수 있는 것은 混和劑0.30% 使用時 同一 Slump條件에서 壓縮強도의 增大는 18kg/cm<sup>2</sup>로 8.1%의 增大效果를 갖어오고 混和劑를 使用치 않은 狀態의 材齡 28日壓縮強度 221kg/cm<sup>2</sup>와 같은 條件에서의 물-시멘트

表-9 單位水量變化에 따른 Slump 및 壓縮強度

混和劑 (%)	試驗內容 물시멘트비 (%)	Slump (cm)	7일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	28일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	備考
0.30	53	14.0	140	205	
0.30	50	7.5	145	239	
0.30	47	4.0	152	241	

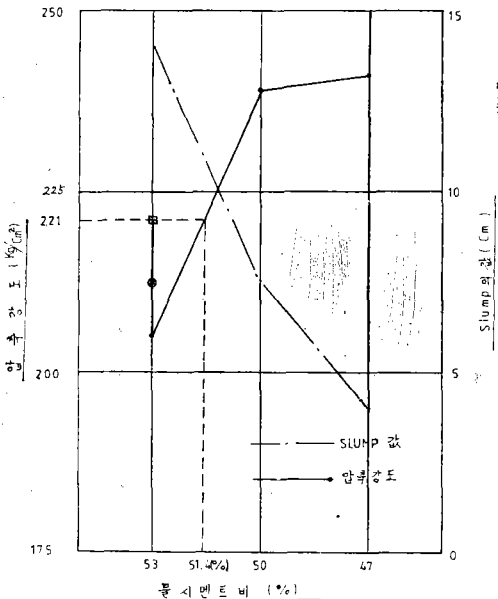


그림. 6. 물-시멘트비와 壓縮強度 및 Slump값의 關係

比는 51.4%로 單位水量을 3.1%로 줄일수 있었다. 이때 Slump값 亦是 11cm이므로 同一 強度發現時 Warkability增大를 가져올 수 있음을 알 수 있고 또한 壓縮強度가 增大됨을 알 수 있다.

라. 굵은 骨材最大值數 150mm 使用 Dam concrete試驗結果

Dam concrete配合은 表-4와 같이 Dam 體內部는 設計基準強度 120kg/cm<sup>2</sup>와 外郭은 160kg/cm<sup>2</sup>로 하였다.

試驗은 施工現場에서 40m/m체에 依한 Wet screen後 標準 Mould(φ15×30cm)를 使用 供 試體를 製作하였고 Slump, 壓縮強度, 單位重量 및 含水比를 測定하였으며 試驗結果는 表-10과 같이 나타났다.

이 試驗成果品에 依하여 Dam Concrete의 材齡과 壓縮強도의 相關關係式을 誘導하면 式(7)과 같이 表示된다.

$$\sigma_{120} = 35.03 \ln \text{Day} - 0.43 (R=0.99) \dots (7)$$

여기서

day : 材齡(日)

R : 相關係數

表-10. Dam 콘크리트試驗結果

試驗內容	設計基準強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	120	160	備考
Slump (cm)		3.0	—	
1일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		—	10.4	
3일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		34.9	83.9	
7일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		73.5	173.5	
21일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		96.2	182.5	
28일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		124.3	186.7	
49일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		137.7	216.9	
70일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		149.0	247.1	
91일 壓縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		154.2	287.7	
濕單位重量 (g/cm <sup>3</sup> )		2.38	—	
乾單位重量 (g/cm <sup>3</sup> )		2.20	—	
含水比 (%)		7.56	—	

表-11. 設計基準強度 120kg/cm<sup>2</sup> 콘크리트 試驗結果

試驗內容 試料採取日	Slump (cm)	材齡別 壓縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )			採取 部 位		備 考
		7일	28일	91일	Block 번호	標 高 (m)	
'83. 10. 6.	3.5	79	127	—	7	46. <sup>00</sup> ~48. <sup>00</sup>	
'83. 11. 1.	4.0	110	172	—	10	48. <sup>00</sup> ~49. <sup>00</sup>	
'84. 6. 27.	4.0	91	134	143	2	52. <sup>00</sup>	

表-12. 設計基準強度 160kg/cm<sup>2</sup> 콘크리트 試驗結果

試驗內容 試料採取日	Slump (cm)	材齡別 壓縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )			採取 部 位		備 考
		7일	28일	91일	Block 번호	標 高 (m)	
'83. 11. 10	4.5	107	169	210	11	54. <sup>00</sup> ~55. <sup>00</sup>	
'84. 4. 17	4.0	107	165	224	8	55. <sup>00</sup> ~57. <sup>00</sup>	
'84. 5. 14	4.0	108	169	208	6	42. <sup>00</sup> ~43. <sup>00</sup>	

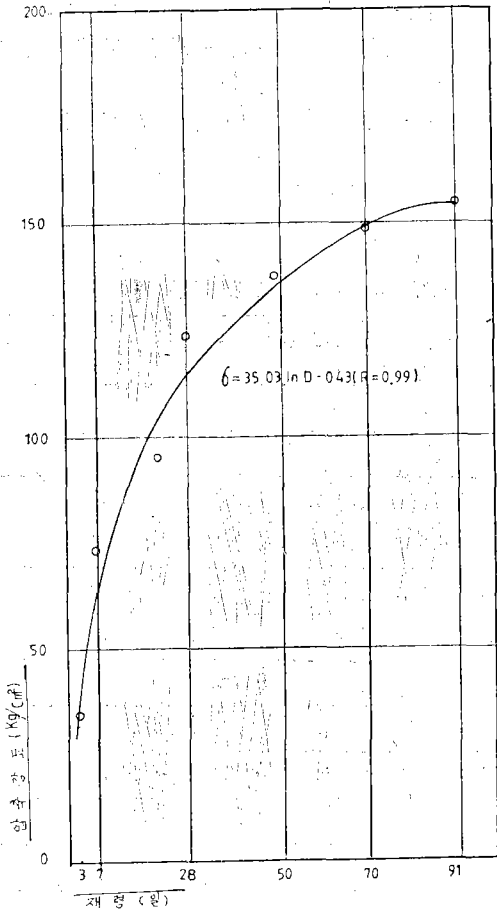


그림. 7. 材齡과 壓縮強度의 關係

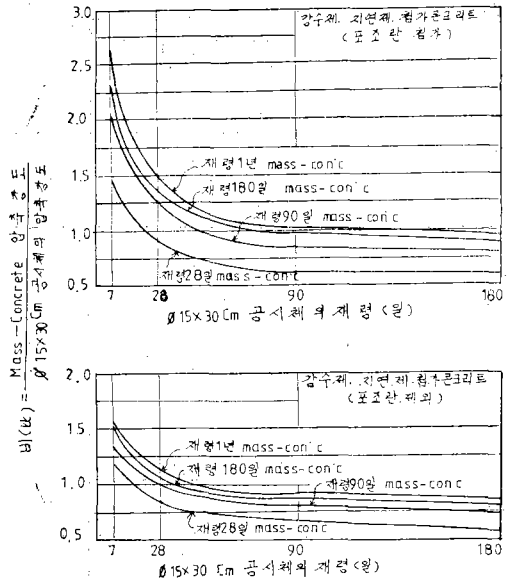


그림. 8. 콘크리트를 비빈後 40m/m 以上の 굵은 骨材를 除去 체가름(Wet screen)하여 φ15×30cm Mould를 製作 蒸氣養生시킨 供試驗壓縮強度에 對한 湧합양 生된 Mass concrete의 壓縮強度比

이 關係式에서 보듯이 材齡別 強度管理試驗은 Logarithmic curve type으로 相關係數는 0.99로 높게 나타나 壓縮強度管理試驗이 必要함을 알 수 있다.

또한 壓縮強度檢査試驗은 材齡 7日 및 28日 91日에 對해 實施하였고 試驗結果는 表-11과

表-12과 같다.

이 壓縮強度試驗成果는 Wet screen에 의한 強度이므로 Mass concrets 壓縮強度와 Wet screen後 小型 Mould( $\phi 15 \times 30\text{cm}$ )에 의해 製作된 供試體壓縮強度와의 比는 Concrete manual의 그림. 8에 따라 強度縮少率을 0.85를 適用하였다.

## 5. 結 論

本 試驗研究를 實施한 結果를 綜合하여 다음과 같은 結論 얻었다.

가. 混和劑를 使用한 Mortar 供試體試驗結果 混和劑使用量의 增加에 따라 壓縮強度가 減少되고 單位重量이 減少되며 含水比가 增加된다.

나. 混和劑使用콘크리트는 混和劑使用增加에 따라 Slump값은 增大되고 壓縮強度는 減少된다.

다. 混和劑使用콘크리트의 壓縮強度減少率은 長期材齡에서 初期材齡에서 보다 둔화됨을 알 수 있고 混和劑(Plastocrete -R) 0.30% 使用時 材齡 3日에서 30.1%, 材齡 7日에서 13.7%, 材齡 28日에서 4.7%(表-8 參照)로서 KSF4050의 15% 以上の 要求값을 材齡 7日에서 얻을 수 있음을 알 수 있다.

라. 굵은骨材 最大値數 40mm 使用콘크리트에서 同一 Slump條件으로 減水遲延型混和劑(plastocrete-R)를 시멘트重量의 0.30% 使用했을때 壓縮強度는  $18\text{kg/cm}^2$ 가 增加되어 使用치 않은 狀態보다 約 8% 增大하였다.

마. 減水遲延型混和劑(Plastocrete-R)를 굵은 骨材最大値數 40mm 使用콘크리트에 시멘트重量의 0.30% 使用時 混和劑를 넣지 않은 콘

크리트 壓縮強度  $221\text{kg/cm}^2$ 와 같은 條件에서의 물-시멘트比는 51.4%로 單位水量을 約 3% 程度 줄일 수 있고 이때 Slump값 亦是 11cm로 充分한 Workability를 얻을 수 있어 有利하였다.

바. 굵은骨材最大値數 150mm 使用 Mass concrete試驗成果로부터 얻은 試驗式인 材齡에 따른 콘크리트 壓縮強度 相關關係式(7)은 相關係數 0.99 以上으로 아주 높아져 壓縮強度管理를 할 수 있을 것으로 判斷된다.

## 參 考 資 料

1. 農業振興公社 忠北支社, “美湖川 地區 第 3-1工區 諸調査 및 試驗報告書”
2. 장동일, 구봉근, “건설재료 실험” 선진문화사, 1980. 2.
3. 한국공업표준협회 “KSF4050”, “KSF4051”
4. ACI “Admixture for concrete (ACI 212 1R-18)” to appear in *ACI Manual of concrete practice part 1*, 1985
5. ACI “Mass concrets for Dams and other Massive Structures(ACI 207, 1R-70)” to appear in *ACI Manual of Concrete practice part 1*, 1985
6. ACI “Manual of concrete Inspection(SP-2/ACI 311 1R-81)” to appear in *ACI Manual of concrete practice part 1*, 1985
7. USBR. “Concrete Manual” 7th Ed. Denver, colorado, 1966.
8. USBR. “Design of Small Dams” A water Resources Technical Publications, 1977, pp.645-665.