

# 잔骨材의 粒度分布가 시멘트물탈의 특성에 미치는 影響

柳 顯 紀

〈忠州工業專門大·專講〉

## 〈目 次〉

1. 序 論
2. 使用材料
3. 實驗計劃
4. 實驗方法
5. 實驗結果 및 分析
6. 結 論

## 1. 序 論

骨材의 粗粒率(Fineness Modulus : F·M) 이란 骨材粒度를 表示하는 方法으로 Abrams의 提案에 의한 것으로 80mm, 40mm, 19mm, 10mm, No. 4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100等 10個의 체로 各체에 남는 骨材量의 累加殘留率을 合計하여 100으로 나눈 값으로서 骨材의 거칠기를 表示하는 係數로 定義되어 있다. 그러나 同一 粗粒率을 나타내는 骨材의 粒度분포(粒度曲線)는 무수히 많이 있을 수 있는데, 이때는 各 경우마다 시멘트물탈의 Workability 및 強度에 미치는 影響은 相違하여 어느 意味에서는 시멘트물탈의 Workability 및 強度에 가장 適合한 粒度分布도 있을 수 있을 것이다. 또한 粒度分布가 良好한 天然骨材資源의 枯渴대책으로 低品質의 粒度分布 骨材를 이동할 경우도 있는데 이때의 典型的인 粒度分布에 따른 特性을 分析하면 參

考資料로도 利用할 수 있을 것이다. 이에 本稿에서는 建築工事標準方書 및 KS F 2526의 콘크리트用 모래(잔骨材)로 規定된 標準粒度범위의 上限粒度와 下限粒度 및 上限과 下限의 中間粒度 그리고 中間粒度의 粗粒率을 가지며 標準粒度範圍에 속하고, 속하지 않는 粒度分布를 임의로 선정해서 低品質骨材의 活用방안에 따른 參考資料를 提示하고자 한다.

## 2. 使用材料

### 2-1. 시멘트

시멘트는 콘크리트 強度의 主源으로서 接着시키는 모든 物質을 의미하나 일반적으로는 無機質 接着劑 또는 鑛物質 粉을 意味하는 것으로써 시멘트의 比重은 동일종류에서 시멘트가 風化되었거나, 攪成이 不充分하거나 異物質이 混合되면 比重이 低下하고 水和速度 및 骨材와의 接着面積과 關係되어 強度의 決定要因이 된다. 그러므로 本 實驗에 使用된 시멘트는 國內產 某社의 普通포틀랜드 시멘트로서 그의 物理的 性質은 다음의 表 1 과 같이 나타났다.

### 2-2. 잔骨材

骨材란 물탈 또는 콘크리트를 만들기 위해서 시멘트와 물로 반죽되는 모래, 자갈, 碎石, 其他 이와 類似한 材料로써 즉 結合材(matrix)에

表 1. 시멘트의 物理的 性質

種 類	比 重	粉末度 (cm <sup>2</sup> /g)	응결 (h-m)		F <sub>28</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
			初 結	終 結	
보통포틀랜드시멘트	3.15	3240	4-30	6-15	328

의하여 뭉쳐져서 한 덩어리를 이룰 수 있는 建設用 鑛物質 材料를 말한다. 이와같은 骨材에 含有할 수 있는 不純物은 有機不純物, 粘土덩어리, 塩等 많은 種類를 들수 있는데 이의 含有量은 적게 혹은 전혀 含有되지 않아야 高强度化할 수 있다. 그러므로 使用 骨材가운데 不純物이 함유되었을 때는 淸결하게 씻어서 使用할 것이며 또한 露天에서 採取時는 各급적 不純物이 含有되지 않도록 採取해야 한다. 各不純物別 强度에 미치는 影響은 다음과 같다.

1) 有機不純物: 有機不純物의 種類로는 부식토, 이탄질等を 들수 있는데 이것은 石灰分과 結合하여 후민산석회염을 形成하여 硬化를 방해하여 强度를 低下시키고 耐久性 및 安定性을 해치게 된다.

2) 염분: 바다모래, 바다자갈, 바닷물을 使用할 경우와 冬期工事時 동결방지로 염분첨가 및 염분과 類似한 混和劑인 凝結硬化 促進劑를 使用한 콘크리트의 경우에 염분은 鐵筋콘크리트 構造物에 큰 피해를 준다. 콘크리트의 자체 强度는 염분이 少量일 경우 피해는 적으나 鐵筋의 부식을 유발시켜 鐵筋의 팽창으로 철근콘크리트 構造物은 强度 저하로 인하여 피해를 받는다.

3) 粘土粉: 粘土 및 No.200체를 통과하는 silt 粉은 骨材 表面에 부착하여 骨材와 Cement Paste의 부착을 害하며, 아울러 독립 存在時는 骨材의 表面積 증가로 시멘트량의 손실을 유발하고 또한 레이턴스의 원인等 强度低下 耐久性低下로 궁극적으로는 均열까지 유발하는 원인이 된다.

4) 糖分: 당분의 경우는 强度低下는 물론이고 응결지연을 시킨다.

5) 운모질: 壁開性을 갖는 취약한 物質로서 동결, 温度變化等에 의하여 膨脹하고 층에 따라 파괴되기 쉽다.

6) 石炭, 토탄류等 比重 2.0액체에 뜨는 것: 强度低下뿐만 아니라 石灰中 유황물 및 공기와 의 結合, 膨脹으로 鐵筋의 부식 및 시멘트풀의 硬化를 해치게 된다.

7) 황철광, 황화철광: 물과 化合하여 황산을 생성 시멘트의 알루미산 석회나 수산화 석회와 반응 膨脹性 結定을 만들어 시멘트의 硬化를 害하고 심할 경우는 硬化하지 않는다.

8) 산, 알카리: 弱酸 및 强알카리는 콘크리트의 强度를 低下시킨다.

이와 같은 不純物의 영향을 줄이기 위하여 本 實驗에 사용된 잔骨材는 忠北 忠州市 南漢江産

表 2. 잔骨材의 物理的 性質

記 號	F·M	比 重	吸水率 (%)	비  고
1	2.765	2.550	1.163	記號 1~7은 그림 1의 粒 度曲線을 나타냄
2	2.765	2.548	1.092	
3	2.765	2.578	1.133	
4	2.765	2.530	1.010	
5	2.765	2.647	0.563	
6	2.15	2.524	1.000	
7	3.38	2.628	1.235	

江모래를 청결하게 씻어서 10mm체를 通過한 것은 No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 체와 Pan에 남은 잔骨材로 체가름하여 實驗 計劃에 따라 各 체별로 一定量씩 計量하여 混合한 다음 乾燥狀態로 하여 吸水率을 補正, 실험에 사용하였는데 各 粒度曲線別 殘骨材의 物理的 性質은 表 2와 같이 나타났고, 殘骨材의 粒度曲線은 그림 1과 같다.

### 3. 實驗計劃

本 研究에서 計劃한 시멘트 몰탈의 配合變數로서는 먼저 殘骨材의 變數로 標準粒度範圍中 粗粒率이 2.15인 그림 1의 ⑦번 粒度(下限值)와 粗粒率이 3.38인 그림 1의 ⑥번 粒度(下限值) 및 中間粒度로서 粗粒率 2.765인 그림 1의 ①번 粒度和 標準粒度範圍內의 骨材中에서 0.6~1.2mm의 骨材가 58.5%나 차지하는 均一粒度 分布 骨材인 그림 1의 ②번 粒度( $F \cdot M = 2.765$ )

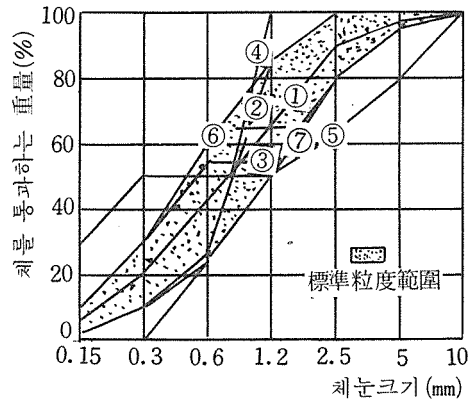


그림 1. 殘骨材의 粒度曲線

와 0.6~1.2mm의 骨材가 除去된 不連續粒度骨材인 그림 1의 ③번 粒度( $F \cdot M = 2.765$ ) 및 標準 粒度範圍外의 骨材中에서 0.6~1.2mm의 骨材가 76.5%나 차지하는 均一粒度 分布骨材인 그림 1의 ④번 粒度( $F \cdot M = 2.765$ )와 0.3~1.2의 骨材

表 3. 시멘트 몰탈配合

記號	몰탈 配合比	W/C	調 合 計 劃				
			單位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	絶 對 容 積(ℓ/m <sup>3</sup> )		重 量(kg/m <sup>3</sup> )	
				시 멘 트	잔 骨 材	시 멘 트	잔 骨 材
A <sub>1</sub>	1 : 2	0.50	309	196	485	618	1,236
A <sub>2</sub>			309	196	485	618	1,236
A <sub>3</sub>			311	197	482	621	1,242
A <sub>4</sub>			308	196	487	621	1,232
A <sub>5</sub>			315	200	475	629	1,258
A <sub>6</sub>			308	195	487	615	1,230
A <sub>7</sub>			314	199	477	627	1,254
B <sub>1</sub>	1 : 3	0.55	266	154	569	484	1,452
B <sub>2</sub>			266	154	570	484	1,452
B <sub>3</sub>			268	155	567	487	1,461
B <sub>4</sub>			265	153	572	482	1,446
B <sub>5</sub>			272	157	561	495	1,485
B <sub>6</sub>			265	153	573	482	1,446
B <sub>7</sub>			271	157	563	492	1,479

※ 記號中 A·B는 配合比, 첨자 1~7은 그림 1 粒度의 殘骨材 使用을 意味함.

가 除去된 不連續粒度骨材인 그림 1의 ⑤번 粒度(F·M=2.765)를 포함한 6개의 骨材粒度 종류를 擇하여 여기에 各各의 몰탈에 對하여 配合 比를 1:2, 1:3으로 하여 몰탈配合계획하였고 몰, 시멘트比의 결정은 試驗하고자 하는 試驗體 中 標準粒度範圍에서 中間粒度인(그림 1의 ① 번 粒度) 粗粒率 2.765의 骨材에서 配合比를 1 : 3으로 하여 반죽질기의 정도를 測定하는 flow 値가 150±2.5mm가 되도록 몰, 시멘트比 55%를 定하였고, 1:2의 配合에서는 50%로 몰, 시멘트比를 定하여 表 3과 같이 몰탈配合 計劃表를 작성하였다.

#### 4. 實驗方法

시멘트 몰탈 製造는 配合계획에 의한 材料量 을 저울로 計量하여 혼합하였고, Workability 測定은 몰탈 混合 5分後에 KS L 5111 規定의 플로우 테이블로 3회 플로우試驗하여 그의 평 均값을 플로우值로 취하였으며 플로우試驗이 끝

난 즉시 몰탈을 混合容器에 쏟은 後에 전 배치 를 普通速度로 다시 1分間 반죽한 뒤 KS L 5105 規定에 의거, 몰탈 壓縮強度試驗用 試驗 體 3연 몰드(5.08×5.08×5.08cm)에 供試體를 成型하였고, 이와같이 제작완료된 供試體는 23 ± 2℃로 調定된 恒溫恒濕槽에서 24時間 초기 發生한 다음 脫型하여 같은 온도, 즉 自動溫度 調節機가 부착된 水中에서 2日, 6日 및 27日 間 養生하였다. 이와같이 養生된 供試體의 壓縮 強度 시험은 KS L 5015規定에 의거, 200ton만 능재료시험기를 사용하여 일개조 3個씩 측정하여 最大荷重을 供試體斷面積으로 나누어 압축 강도를 求하였다.

#### 5. 實驗結果 및 分析

##### 5-1. 實驗結果

本 實驗의 結果로 나타난 플로우值 및 압축강 도의 實驗結果值는 表4와 같이 나타났다.

表 4. 實驗 結果

記號	몰  탈 配合比	W/C	實 驗 結 果			
			플로우치 (mm)	壓 縮 強 度		
				3 日	7 日	28日
A <sub>1</sub>	1 : 2	0.50	193	179	198	397
A <sub>2</sub>			185	172	223	328
A <sub>3</sub>			204	177	219	357
A <sub>4</sub>			182	162	178	305
A <sub>5</sub>			177	144	192	372
A <sub>6</sub>			183	172	217	383
A <sub>7</sub>			217	163	188	337
B <sub>1</sub>	1 : 3	0.55	151	159	211	301
B <sub>2</sub>			126	82	153	180
B <sub>3</sub>			161	147	209	324
B <sub>4</sub>			112	58	139	149
B <sub>5</sub>			112	94	213	270
B <sub>6</sub>			113	53	179	188
B <sub>7</sub>			185	34	51	328

※ 各 實驗結果는 3회 試驗平均值임.

## 5-2. 粒度分布에 따른 플로우值 比較에 對해 서

그림 2는 몰탈配合比 1:2에서 잔骨材의 粒度分布變化에 따른 시멘트 몰탈의 플로우值를 比較한 그림으로써 반죽질기의 정도는 粗粒率이 3.38인 標準粒度範圍의 下限值인 ⑦번 粒度曲線에서 제일 크게 나타났고 粗粒率이 2.15인 標準粒度範圍의 上限值인 ⑥번 粒度曲線에서 제일 작게 나타났는데 이는 굵은 粒經의 골재와 골재사이의 공극에 작은 粒經의 骨材가 너무 많기 때문에 미세립분의 骨材가 많은 것에서 플로우值가 저하된 것으로 분석된다. 또한 標準粒度 범위내외의 同一粗粒率(F·M=2.765)에서의 粒度分布의 영향으로는, 먼저 標準粒度 範圍內로 0.6~1.2mm의 骨材粒子가 빠져있는 ③번 粒度曲線에서 제일 큰값을 나타내고 다음으로는 標準粒度範圍의 中間粒度인 ①번 粒度曲線이고 骨材의 크기가 0.6~1.2mm사이의 骨材粒度에서 58.5%나 차지하는 均일粒度分布의 ②번 粒度

曲線에서 제일 작게 나타남을 알 수 있다. 또한 標準粒度 범위이외의 骨材의 粒度分布에서는 標準粒度範圍의 上限의 粒度인 ⑥번 粒度曲線(F·M=2.15)를 除外한 어느 粒度分布의 骨材보다 플로우值가 低下하였는데 여기에서는 標準粒度 範圍內에서의 均一粒度分布 및 不連續粒度分布인 骨材에서 나타난 傾向과는 逆으로 0.3~1.2mm인 粒子로 構成된 均一粒度分布의 ④번 粒度가 0.3~1.2mm의 粒子가 제거된 不連續 입도분포인 ⑤번 입도보다도 크게 나타났는데 이는 플로우試驗中에 나타난 시멘트 페이스트가 유출되는 材料의 분리 현상으로 분석되고 ④번의 粒度曲線에서는 空隙이 많이 존재하는 多空質狀이 관찰되었다.

그림 3은 몰탈配合比 1:3인 경우로써 1번 粒度에서 플로우值를 150±2.5mm가 되도록 물, 시멘트比를 결정하였기에 標準粒度範圍內의 ①번 粒度, ②, ③, ⑦의 粒度曲線에서는 1:2의 몰탈配合比의 경우와 유사하나 標準粒度範圍外

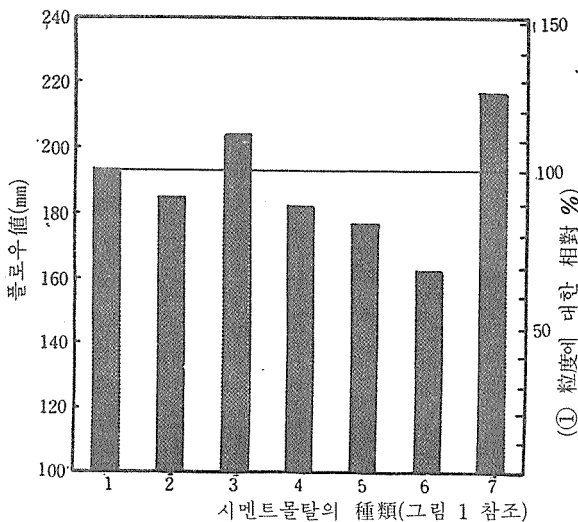


그림 2. 잔骨材粒度分布變化에 따른 시멘트 몰탈의 플로우值比較 (몰탈配合比 1:2)

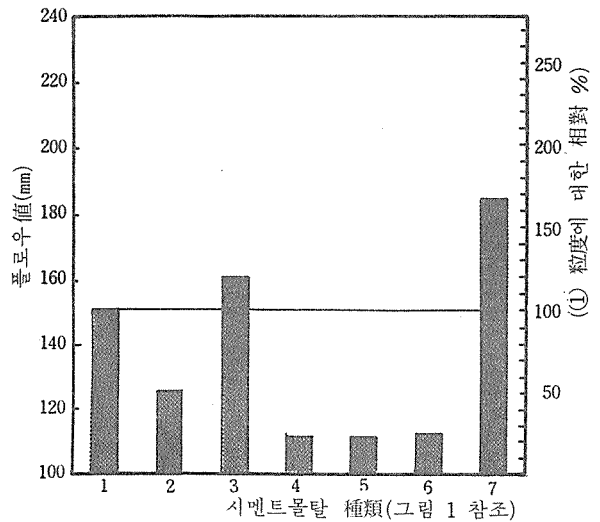


그림 3. 잔骨材 粒度分布變化에 따른 시멘트 몰탈의 플로우值比較 (몰탈配合比 1:3)

의 ④, ⑤번 粒度와 標準粒度範圍의 上限粒度인 ⑥번 粒度에서는 1:2의 물탈配合比의 경우와는 정반대의 현상을 나타내었다.

또한 ①粒度에 대한 相對 %는 標準粒度범위의 下限值인 ⑦ 粒度가 제일 크게 나타났고 標準粒度범위내의 불연속粒度分布인 ③ 粒度가 ①번 粒度보다도 큰 플로우值를 나타내었다.

### 5-3. 粒度分布에 따른 壓縮強度 比較에 대해서

시멘트 물탈의 力學的 성질중에서 가장 중요한 壓縮強度는 粒度분포별로 동일 配合에서는 플로우值 傾向과 類似하게 나타남을 알 수 있다. 그림 4, 5는 配合比別 材齡變化에 따른 압축강도를 比較한 그림으로써 標準粒度의 概念으로 볼때에 시멘트 물탈의 플로우值 및 압축強度를 시멘트벽돌 조적용 및 미장용 물탈 配合比 1:2, 1:3에서 考察할때 표준粒度범위의 中央線을 기준으로 보면 粗粒率面에서는 粗粒率이 큰 下限值쪽으로 갈수록 플로우值 및 압축강도가 크게 나타나고 骨材의 粒度분포면에서 볼 때는 0.6~1.2mm의 粒度가 均一粒度分布인 ④번 粒度曲線보다는 그 粒度가 빠져있는 ③번 입도곡선, 즉 불연속粒度분포에서 標準粒度범위의 中間입

도분포인 ① 粒度보다는 오히려 有利하게 나타났다. 그러나 표준입도범위以外的 均一 및 불연속粒度 분포에서는 1:2配合比의 경우 強度低下가 약 10% 前後의 작은 강도저하를 나타낸 반면에 1:3의 配合比에서는 약 30% 前後의 큰 폭의 강도저하를 나타내고 있어 貧配合으로 될 수록 골재의 粒度분포가 強度에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

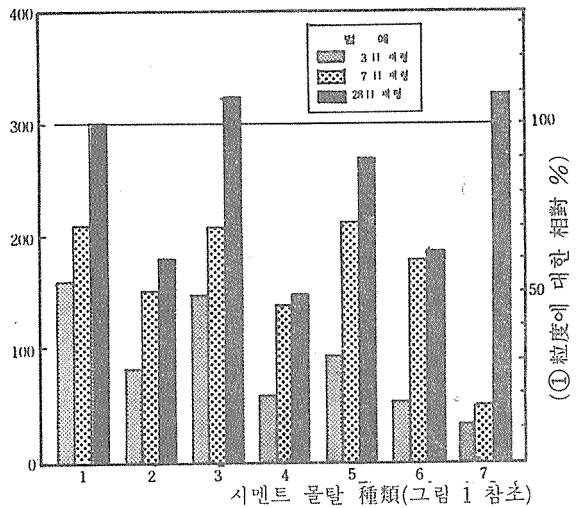


그림 5. 粒度分布變化에 따른 壓縮強度比較 (물탈配合比 1:3)

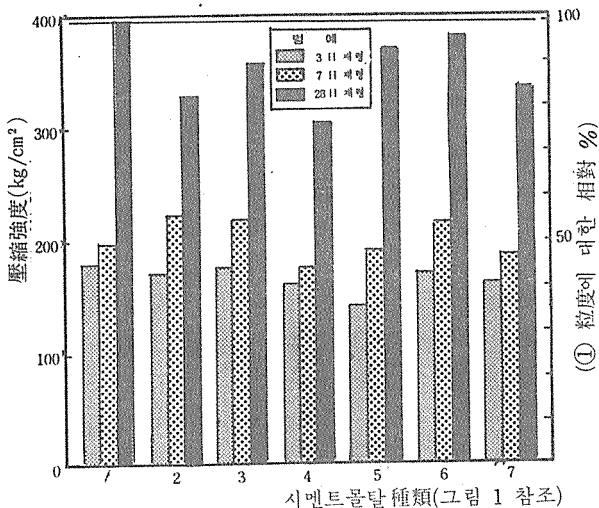


그림 4. 粒度分布變化에 따른 壓縮強度比較 (물탈配合比 1:2)

### 5-4. 材齡變化에 따른 壓縮強度 比較에 대해서

그림 6, 7에서 材齡變化에 따른 압축강도는 3日, 7日의 早期材齡에서는 粗粒率이 3.38인 標準粒度範圍의 下限值인 7번 入도보다도 中間粒度인 ①번 入도와 0.6~1.2mm의 骨材粒度가 빠져 있는 ③번의 불연속粒度分布의 골재에서 압축강도가 크게 나타났고, 물탈配合比 1:2에서는 各各의 入도間에 材齡變化에 따른 강도의 차이가 적게 나타난 반면에 1:3의 물탈配合比에서는 各 粒度分布別로 강도의 差異가 커서 早期材齡과 標準材齡 共히 물탈 配合比가 커질수록 入도분포가 강도에 많은 영향을 주는 것을 알 수 있다.

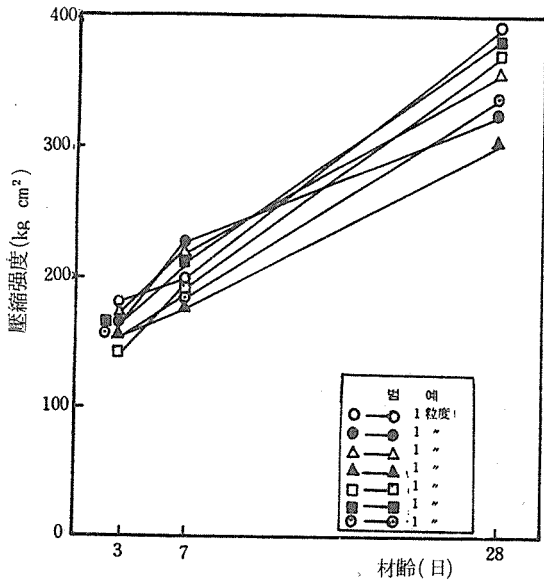


그림 6. 粒度分布別 材齡變化에 따른 壓縮強度比較 (물탈配合比 1:2)

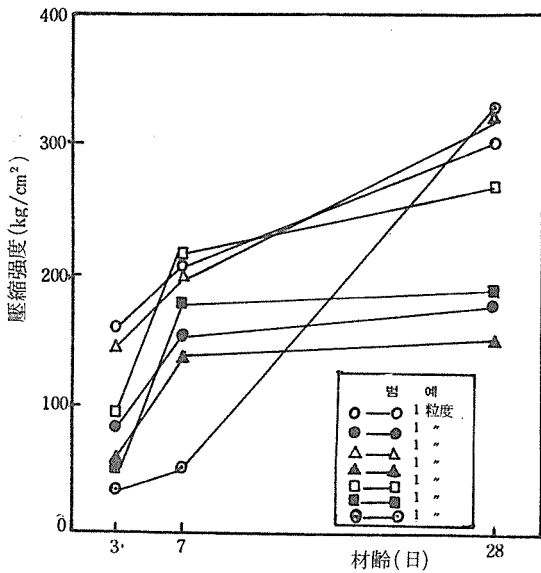


그림 7. 粒度分布別 材齡變化에 따른 壓縮強度比較 (물탈配合比 1:3)

## 6. 結 論

本實驗研究에서 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 시멘트 물탈의 반죽질기의 尺度인 플로우値는 標準粒度範圍의 下限値로 되는 즉 粗粒率 이 큰 粒度분포의 잔骨材에서 큰 플로우値를 나타냈고, 標準粗粒度範圍內에서는 中央粒度인 0.6~1.2mm의 粒子가 많이 분포되어 있는 均一 粒度分布의 骨材보다도 그 粒子가 빠져 있는 불연속粒度分布의 골재에서 플로우値가 크게 나타났으며 標準粒度範圍外의 均一 粒度分布의 골재 및 불연속 粒度分布의 骨材에서는 1:2 配合보다는 1:3과 같은 配合으로 될수록 플로우値가 현저히 저하하였다.

2) 시멘트 물탈의 力學的 性質中에서 압축강도는 표준입도범위의 粗粒率이 큰 입도분포인 下限値쪽으로 갈수록 압축강도가 크게 나타났고, 표준粒度범위내에서는 0.6~1.2mm의 粒子가 均일한 粒度分布의 골재보다는 不連續粒度分布의 골재에서 강도가 크게 나타났다. 그리고 표준粒度범위외에서도 0.6~1.2mm 粒子가 대부분을 차지하는 均일粒度分布의 골재보다 0.3~1.2mm의 骨材粒度가 빠져 있는 不連續粒度分布의 골재에서 강도가 크게 나타났는데 이는 미세립분의 粒子가 強度에 많은 영향을 미침을 알 수 있고 또한 플로우値傾向과 類似하여 플로우値가 클수록 압축강도도 크게 나타났다.

3) 물탈 配合比 變化에 따른 材齡變化는 1:2 配合에서는 3日, 7日의 早期材齡에서는 強度의 差異가 28日의 표준材齡보다는 적고 1:3 配合에서는 材齡變化에 따른 強度의 차이가 현저하게 나타났다. 그러므로 1:2 배합보다는 1:3 配合과 같이 잔骨材가 많은 배합으로 될수록 잔骨材의 粒度分布 영향이 強度에 많은 영향을 미칠 수 있다.\*