

레미콘 回收水の 콘크리트용 用水로서의 再活用に 관한 研究(II)

— 시멘트 모르터 適用實驗을 中心으로 —

韓千求* 潘好鎔* 柳顯紀** 尹起源** 禹相六** 金基喆**

< * 淸州大學校 建築工學科 教授, ** 淸州大學校 建築工學科 大學院 >

I. 序 論

레미콘 回收水는 그림 1과 같이 區分하여 용어로 정의된다.

그런데, 레미콘 回收水의 利用方法 中 슬러지 함유율에 대한 기왕의 연구자들에 의한 實驗方法으로는 슬러지고형분을 乾燥시킨 후 분쇄하여 시멘트 또는 잔골재로 간주하고 添加하는 방법으로 그 연구결과는 별다른 효과를 얻지 못하는 것으로 보고되고 있다.

그러나, 실제 實務의 使用條件에서는 오히려 유익한 效果가 기대되는데 특히, 슬러지중에 포함된 시멘트 입자나 잔골재의 미립분은 콘크리트의 貧配合에 사용될 경우 骨材間 空隙 充填 效果로 期待되고, 또한 슬러지의 放置時間이 짧은 回收水의 경우에 末水和 시멘트는 強度增進에 寄與할 수 있을 것으로 기대된다.

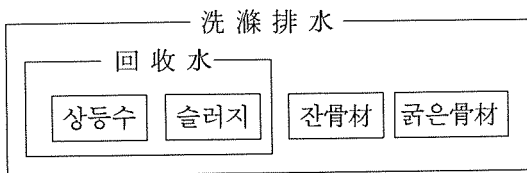


그림 1 레미콘 洗滌排水中 回收水의 定義 區分

한편, 레미콘 生産工場에서 發生된 레미콘 回收水는 레미콘 製造 用水의 약 45~65% 程度의 많은 量으로서 특별한 경우를 제외하고는 정상적인 稼動條件下에서 12~18시간 이내에서 全量 使用될 수 있는 유리한 면을 겸비하고 있다.

그러므로 本 研究에서는 前 研究(I)의 回收水 利用度의 設問調査 및 발생된 回收水의 性狀에 관한 연구에 이어 회수수를 레미콘 용수로써 적용 타당성을 실험하기 위한 중간단계의 연구로 使用用水 및 實務의 使用條件과 동일하게 한 슬러지 含有率變化와 모르터 配合比 및 回收水가 發生한 후 경과한 시간(이하 設置時間이라 칭함)에 따른 모르터의 力學的 特性, 凍結融解에 의한 耐久特性과 透水 및 熱傳導特性을 究明함으로써 레미콘 回收水의 效率的 使用에 基礎 參考資料를 提示하는데 目的이 있다.

II. 實驗 計劃 및 方法

2. 1 實驗 計劃

本 研究의 實驗計劃은 표 1과 같이 I, II 시리즈로 구성되어 있다. 먼저, I 시리즈의 實驗計劃은 配合事項으로써 使用用水를 증류수,

표 1 實驗計劃

實驗 시리즈	使用 用水	放置 時間	모 르 터 配合 比 (W/C)	아직 굳지않은 모르터			경화 모르터			
				플로우치	單位容 積重量	空氣量	強 度 試 驗	凍結融 解試驗	透 水 試驗	熱傳導 試驗
I	중류수 상등수 수도수 1.5%* 3.0% 4.5% 6.0% 9.0%	12	1 : 3 (55%)	○	○	○	壓縮強度 引張 強度 휨強도를 3일, 7일, 28 일에서 측정	○	○	○
II	3.0%	3 6 12 24	1 : 1 (28%) 1 : 3 (55%) 1 : 5 (77%)	○	○	○		-	-	-

* 슬러지 함유율 : 모르터 배합비가 1 : 3의 경우 물에 대한 농도로서는 단위수량에 대한 슬러지고형분량 1.5%, 3.0%, 4.5%, 6.0%, 9.0% 이고, 단위시멘트량에 대한 슬러지고형분량은 모르터 배합비가 1 : 3의 경우 0.8%, 1.6%, 2.5%, 3.3%, 5.2% 임.

상등수 및 수도수의 3종류와 수도수에 슬러지 함유율 1.5%, 3.0%, 4.5%, 6.0%, 9.0% (모르터 배합비가 1 : 3의 경우 단위시멘트량에 대한 함유율로는 0.8%, 1.6%, 2.5%, 3.3%, 5.2%)의 단계로 변화시킨 8개水準으로 하였고, 회수수放置時間은 12時間, 모르터 配合比는 1 : 3(W/C=55%)의 각각 1개水準으로 하여, 슬러지 함유율 3.0%인 配合水 條件에서의 플로우치가 150±10이 되도록 配合設計하여 全 配合에 同一하게 適用하였다.

또한, II 리즈의 實驗計劃은 配合事項으로 모르터 配合比(重量比)는 1 : 1, 1 : 3 및 1 : 5의 3개水準으로 하였고, 使用用水로는 슬러지 固形分量을 3%로 한 수도수 1개水準이었으며, 제조된 使用用水의 放置時間을 3, 6, 12, 24시간의 4개水準으로 實驗計劃하였는데, 각 모르터 배합비에서 放置時間 12시간의 경우 모르터 플로우치가 150±10이 되도록 配合設計하여 全 配合에 동일하게 適用하도록 하였다.

測定項目으로는 굳지않은 狀態의 모르터에서 플로우치, 單位容積重量 및 空氣量を 測定하도

록 하였고, 硬化 狀態에서는 재령 3, 7, 28일에서 壓縮強度, 引張強度, 휨強度 등 強度 特性을 分析하였으며, 또한 I 시리즈의 경우에만 凍結融解 低抗性和 透水特性 및 熱傳導率 特性 試驗을 실시하도록 計劃하였다.

2. 2 使材材料

本 實驗에 使用한 시멘트는 國內產 H사의 普通 포틀랜드 시멘트를 使用하였고(표 2참조), 骨料材는 忠北 청원군 미호리產 강모래를 使用하였다.(표 3참조)

표 2 시멘트의 物理的 性質

比 重	粉末度 (cm ² /g)	凝結時間(分)		壓縮強度(kg/cm ²)		
		初 結	終 結	3日	7日	28日
3.15	3,456	260	365	188	243	341

표 3 骨料材의 物理的 性質

比 重	吸收率 (%)	F.M	單位容 積重量 (kg/m ³)	空隙率 (%)	粒形判定 實績率 (%)
2.56	2.38	2.94	1,553	43.4	54.2

물은 증류기를 통하여 1차 증류된 증류수와 既往의 研究結果를 基礎로 實驗室에서 製造한 洗滌排水를 24時間 침전후 채취한 상등수 및 수도수에 슬러지 함유율을 實驗計劃과 같이 5개 水準으로 變化시켜 제조하고 12시간 放置한 후 本 實驗에 使用하였고, II 시리즈의 使用用水는 슬러지를 수도수에 3%의 比率이 되도록 충분히 교반하여 3, 6, 12, 24시간 放置後 實驗에 使用하였는데 단, 슬러지 固形分은 既存의 文獻을 참고하여 모래 微粒粉과 시멘트의 比率을 1 : 4로 混合하여 使用하였다.

2. 3 實驗方法

本 研究의 實驗方法은 굳지 않은 상태의 모르터 實驗으로 플로우值는 KS L 5111, 單位容積重量 및 空氣量은 KS F 2409의 重量方法에 의거 실시하였고, 경화 후의 強度實驗으로 壓縮強度는 KS L 5105, 引張強度는 KS L 5104, 휨強度는 ASTM C 348에 의거하여 實施하였고, 凍結融解試驗은 KS F 2443의 규정에 準하여 온도를 -18°C 로 水中凍結과 $+4^{\circ}\text{C}$ 로 水中融解하는 試驗을 4시간 1사이클로 반복하여 相對動彈性係數, 길이변화비, 질량감소율 및 耐久性指數를 다음 식에 의거 구하여 평가하였다.

$$\bullet \text{ 相對動彈性係數 : } P_n = \frac{fn^2}{fo^2} \times 100 \dots\dots(1)$$

$$\bullet \text{ 길이변화비 } (\times 10^{-2}) = \frac{\ell n - \ell o}{L} \dots\dots(2)$$

$$\bullet \text{ 질량감소율 } (\%) = \frac{W_o - W_n}{W_o} \times 100 \dots\dots(3)$$

$$\bullet \text{ 耐久性指數 : } DF = \frac{N \times P_n}{M} \dots\dots(4)$$

fn : 凍結融解 n사이클후의 휨진동에 의한

1차 공명주파수

fo : 凍結融解試驗 개시시의 휨진동에 의한

1차 공명주파수

ℓn : n사이클시 시험체의 길이 측정치

ℓo : 시험개시시 시험체의 길이 측정치

L : 시험개시시의 시험체의 기준 길이

Wo : 시험개시시의 시험체 질량

Wn : n사이클시의 시험체 질량

N : 相對動彈性係數가 60%로 되는 사이클 또는 300 사이클중 작은 값

Pn : 凍結融解 N사이클시 相對動彈性係數

M : 300 사이클

透水試驗은 KS F 2451에 準하여 시험체를 $\phi 150 \times 40(\text{mm})$ 로 制作하여 24시간 경과 후 탈형하여, 19일간 溫度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 水中 養生한 후에 건조기에서 80°C 로 량량이 될 때까지 건조한 후 투수시험기에 걸고 1시간 동안 $3\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 수압을 가하는 투수시험을 하여 다음 식에 의거하여 透水量과 透水率을 구하였다.

$$\bullet \text{ 透水量 } (g) = W_1 - W_2 \dots\dots(5)$$

$$\bullet \text{ 透水率 } (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \dots\dots(6)$$

W₁ : 투수시험후의 무게(g)

W₂ : 투수시험전의 무게(g)

열전도율 測定은 $150 \times 150 \times 20(\text{mm})$ 의 모르터 供試體를 제작하여 24시간 경과후에 탈형하여 溫度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 수중에서 4주간 양생한 후 건조기에서 $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 로 량량이 될 때까지 乾燥시켜 국내 S사의 STC-600 C 熱傳導率 測定器를 이용하여 KS F 2264에 準하여 測定하였는데 열전도율 산출 공식은 다음과 같다.

$$\bullet \text{ 열전도율 : } \lambda_0 \times \frac{\ell}{\ell_0} \times \frac{\theta_2 - \theta_1}{\theta_3 - \theta_2} \dots\dots(7)$$

λ_0 : 표준판의 평균온도에서의 열전도율

ℓ : 시료의 두께

ℓ_0 : 표준판의 두께

$\theta_3 - \theta_2$: 시료의 양면 온도차

$\theta_2 - \theta_1$: 표준판의 양면 온도차

그 외의 모든 實驗을 KS規格에 의거 標準的인 方法으로 實施하였다.

III. 實驗 結果 및 分析

3. 1 아직 굳지 않은 모르터의 特性

그림 2는 使用用水 및 슬러지 含有率 變化에 따른 플로우치를 막대그래프로 比較한 것이고, 그림 3은 아직 굳지않은 상태에서 모르터 配合 및 回收水 放置時間에 따른 플로우치를 比較한 그래프이다.

使用用水에 따른 플로우치로써 증류수와 상등수 및 슬러지 含有率 0%, 1.5%, 3.0%의 수도수는 大同小異한 플로우치를 나타냈으나 슬러지 含有率 4.5% 및 6.0%의 수도수는 슬러지 含有率 3.0%에 비하여 2.4~5% 정도 增加하였고, 9% 添加할 경우는 오히려 6.9% 정도 減少하는 것으로 나타났다.

이의 原因은 먼저 本 實驗에서의 配合은 슬러지의 量을 水量에 包含시킨 것으로 엄밀하게는 슬러지 含有率에 따른 W/C比 減少가 있었으나, 슬러지 含有率 4.5%까지는 슬러지 含有率이 增加할수록 모르터의 公극충진 및 불베어링 作用이 슬러지 含有에 따른 W/C 減少要因보다 크게 作用하므로써 流動性을 增大시킨 結果로 보여진다. 또한, 슬러지 含有率 6.0% 이후는 슬러지의 增加로 인한 公극충진이나 불베어링 作用보다 W/C比 低下要因이 크게 作用하여 플로우치가 減少하는 傾向이나 슬러지를 添加하지 않은 경우와 比較할 때 슬러지 含有率 6.0%(단위 시멘트량에 대하여는 3.3%)까지는 良好한 콘систен시를 나타내고 있었다.

또한, 回收水의 放置時間別로는 각 配合에서 公히 6시간 放置한 回收水를 사용한 것이 플로우치가 最小值를 나타내고 있다. 이는 보통 포틀랜드 시멘트의 경우 凝結反應이 4시간부터 8시간에 이루어지므로 이에 의한 流動性 低下要因으로 플로우치가 減少된 것으로 分析된다.

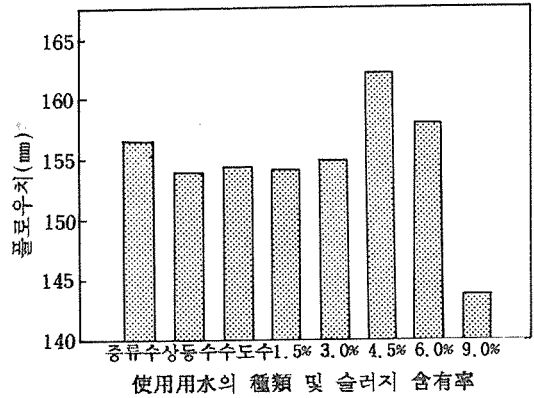


그림 2 使用用水別 플로우치

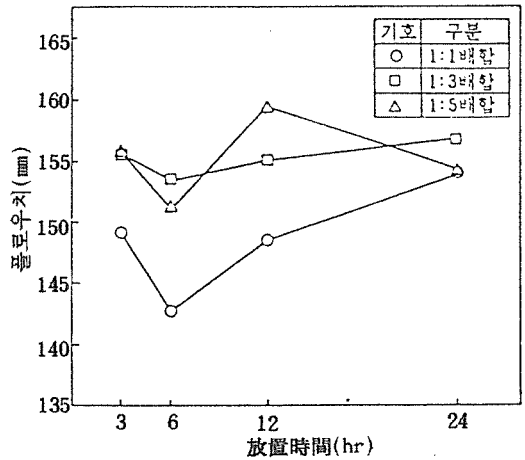


그림 3 回收水 放置時間과 플로우치

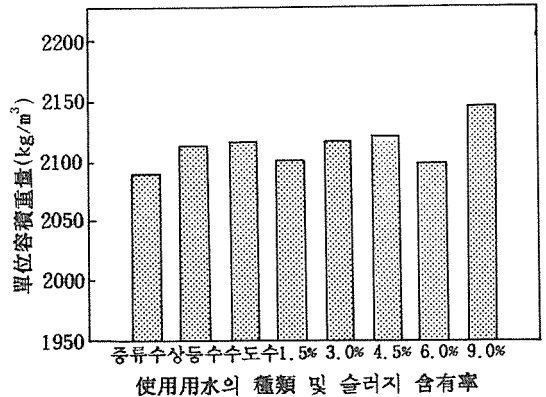


그림 4 使用用水別 單位容積重量

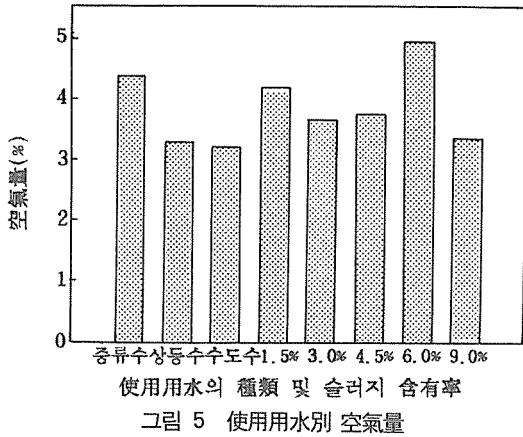


그림 5 使用用水別 空氣量

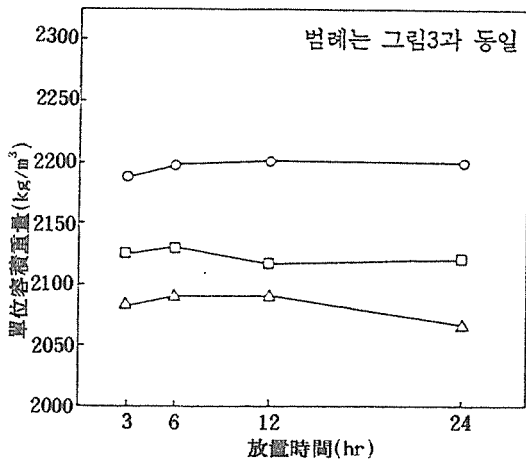


그림 6 回收水 放置時間과 單位容積重量

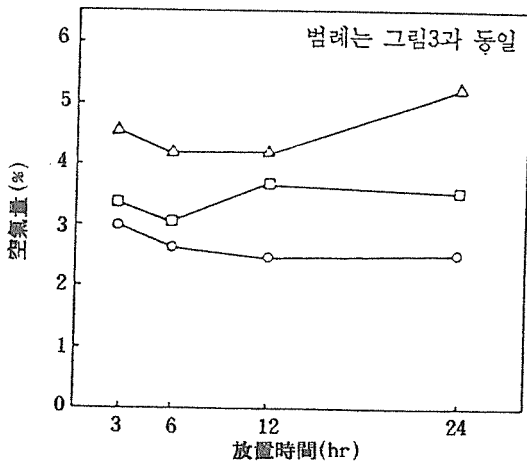


그림 7 回收水 放置時間과 空氣量

그림 4, 5는 使用用水 및 슬러지 含有率에 따른 單位容積重量 및 空氣量を 막대그래프로 나타낸 것으로 먼저, 單位容積重量의 경우 일정한 경향을 찾기는 곤란하였지만 슬러지 含有率이 增加할수록 공극충진의 影響으로 單位容積重量이 커지는 것을 알 수 있었고, 이에 비하여 空氣量은 약간 低下하는 것을 알 수 있었다.

그림 6, 7은 그림 3과 동일한 요령으로 單位容積重量 및 空氣量を 비교한 그래프이다. 配合比別 單位容積重量은 단위시멘트량이 많은 1:1배합에서 제일 크고 이와는 반대 경향으로 空氣量은 제일 적게 나타났다. 放置時間 經過別로는 특별한 변화 傾向없이 類似한 것으로 나타났다.

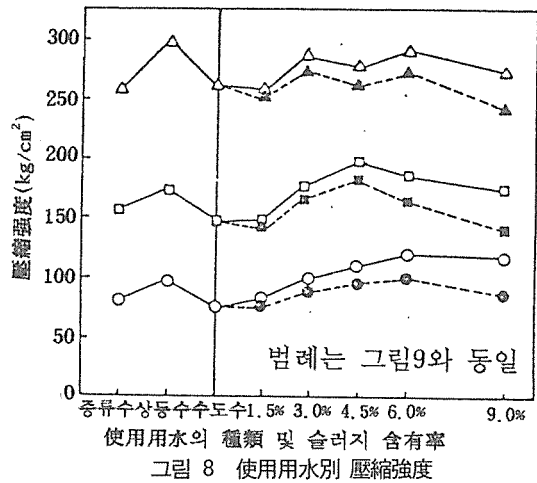


그림 8 使用用水別 壓縮強度

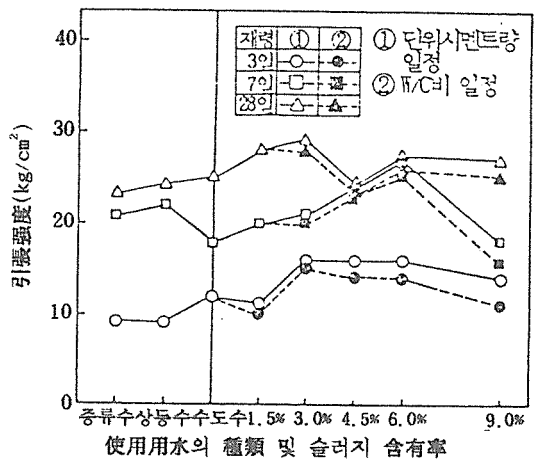


그림 9 使用用水別 引張強度

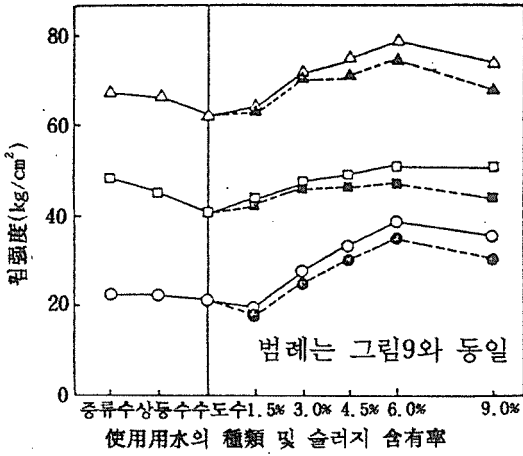


그림 10 使用用水別 휨강도

3.2 硬化 모르터의 強度 特性

그림 8~10은 使用用水의 種類와 슬러지 含有率에 따른 壓縮, 引張 및 휨강도를 비교한 그래프이다.

먼저, 각 그래프內의 수직 분할선 左側에 플로트한 使用用水 種類에 따른 強度特性으로 증류수, 상등수 및 수도수는 일정한 傾向이 없고 類似한 強度를 나타내고 있는데, 단 壓縮強度에서는 상등수가 증류수나 수도수를 使用한 경우보다 각 재령 공히 20~50kg/cm² 정도 큰 것으로 나타나 상등수를 사용함에 있어 별다른 問題點은 없을 것으로 分析된다.

또한, 슬러지 含有率 變化에 따른 強度 特性

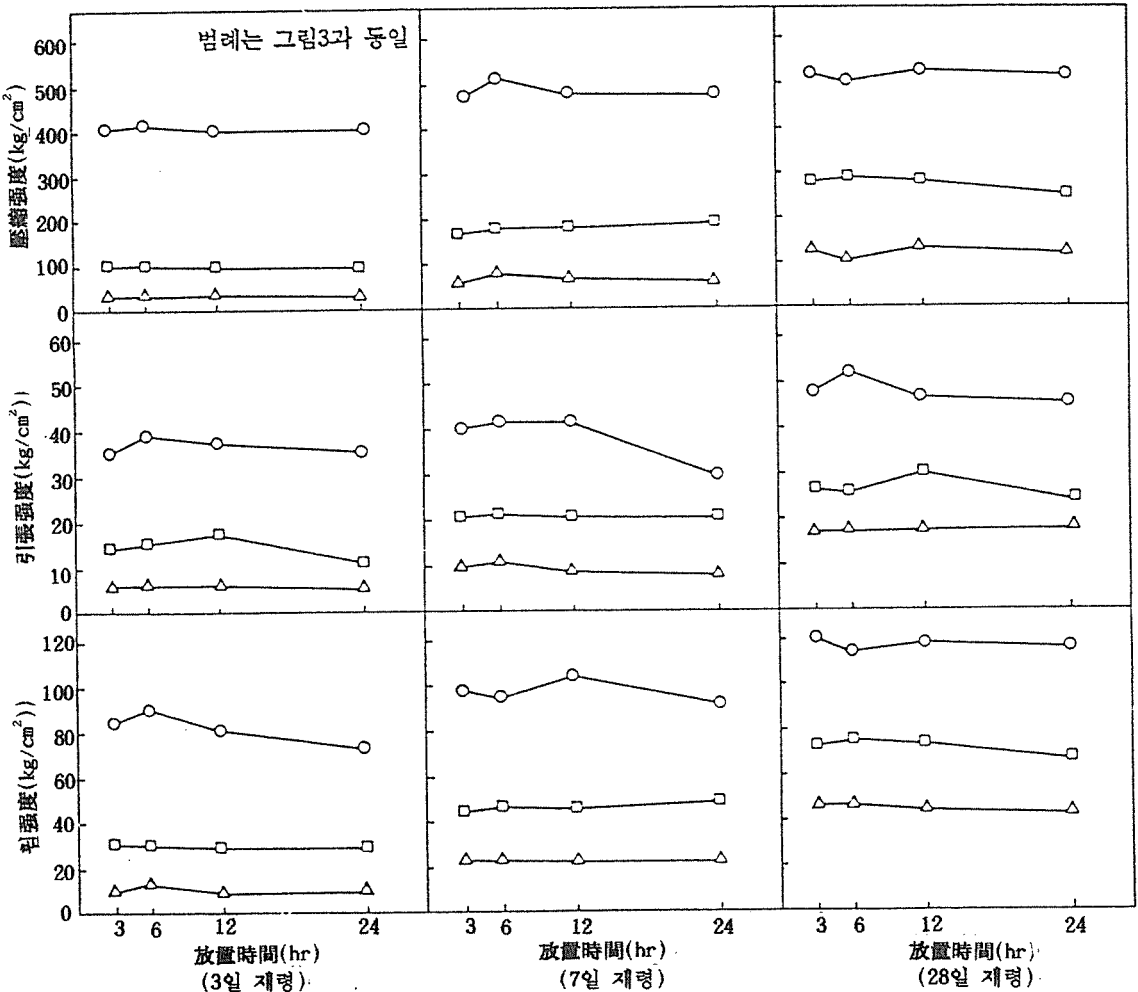


그림 11 回收水 放置時間과 모르터 配合비에 따른 強度

은 수직 분할선 右側에 플로트하였는데, 실선으로 表示된 것은 단위 시멘트량을 一定하게 유지하고 슬러지를 單位水量에 포함시켜 實驗分析한 것이고, 점선으로 表示된 것은 W/C비가 一定한 狀態에서 比較하기 위하여(실선의 경우가 슬러지 含有率에 따라 W/C가 微小하나 작아지므로) II 시리즈의 C/W比와 強度間의 相關關係로부터 환산계수를 算出, 同一한 W/C比인 경우로 가정한 환산 壓縮強度값을 나타낸 것이다.(이하 同一, 그림 18~20 참조)

全般的인 傾向으로 슬러지 固形分을 첨가하지 않은 수도수를 基準으로 할 때 슬러지 固形分 含有率이 增加할수록 미소한 차이는 있으나 壓縮, 引張 및 韌強度는 공히 增加하다가 슬러지 固形分 含有率이 4.5~6.0%(單位 시멘트량에 대하여는 2.5~3.3%)를 기점으로 低下하는 포물선 傾向을 나타내고 있다.

이의 原因으로 슬러지 含有率 4.5~6.0%까지의 強度 增進은 슬러지 固形分의 공극 충전 効果 및 미수화 시멘트의 강도 발현효과로 分析되며, 그 以後에서는 슬러지 固形分이 오히려 골재와 시멘트 페이스트간의 부착 저해요인으로 作用하여 強度低下가 나타난 것으로 分析되어진다.

한편, W/C를 일정하게 換算한 경우의 強度 特性도 슬러지 含有率 4.5~6.0%(單位 시멘트량에 대하여는 2.5~3.3%)까지는 슬러지를 添加하지 않은 경우보다 上記 効果에 起因하여 增進된 것으로 나타났고, 6.0% 이후에서는 減少하여 슬러지 固形分을 添加하지 않은 경우와 비슷하거나 약간 減少하는 것으로 나타났다.

그림 11은 모르타르 配合比 및 回收水 放置時間에 따른 壓縮, 引張 및 韌強度를 재령별로 比較한 그래프이다. 전반적인 傾向으로는 6~12시간 放置한 것에서 강도 增進을 보이고, 24시간에서 다시 減少되는 傾向으로 나타났다.

3.3 強度 變化比 特性

그림 12~14는 슬러지를 添加하지 않은 경

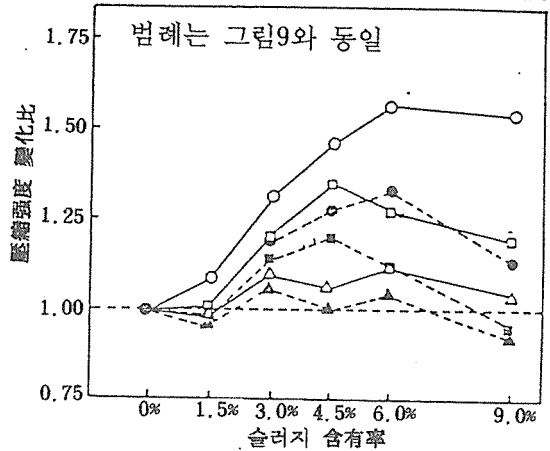


그림 12 슬러지 含有率에 따른 壓縮強度 變化比

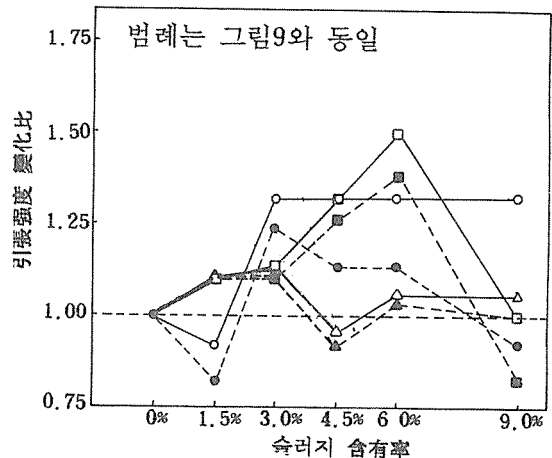


그림 13 슬러지 含有率에 따른 引張強度 變化比

우의 強度를 1.0으로 할 때 슬러지 含有率 變化에 따른 壓縮, 引張 및 韌強度의 比率을 比較한 그래프이다.

全般的인 傾向은 壓縮, 引張 및 韌強度 공히 4.5~6.0%까지 增加하다가 점차 減少하는 포물선 傾向으로 나타났다. 또한, 단위 시멘트량이 一定하고 슬러지 固形分量을 單位水量에 포함시킨 경우는 슬러지 含有率 9.0%(單位 시멘트량에 대하여는 5.2%)까지도 슬러지 固形分을 添加하지 않은 경우보다 큰 것으로 나타났다, 同一 W/C로 환산한 경우 韌강도에서는 含有率 9.0%까지도 問題視되지 않으나 壓縮 強度는 약 7.0%, 引張強度는 약 7.8% 이후에

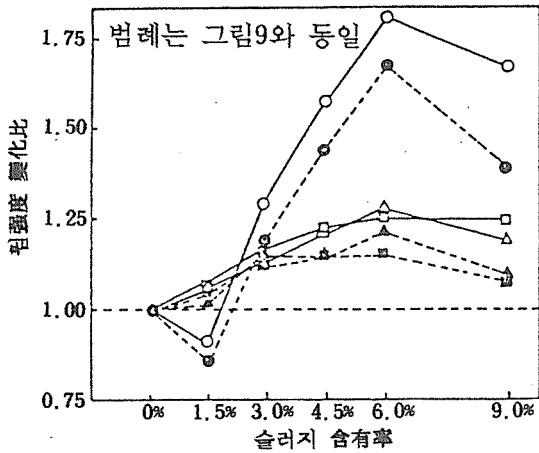


그림 14 슬러지 함유율에 따른 휨강도 변화비

서 슬러지 固形分을 添加하지 않은 경우보다 低下하는 것을 알 수 있었다.

綜合적으로 레미콘 回收水의 利用으로서 一般 用水 즉, 슬러지를 添加하지 않은 경우의 強度보다 低下되지 않는 슬러지 含有率은 7.0% (單位시멘트量에 대하여는 3.9%)程度로 나타났으며, 슬러지 含有率 9.0% ((單位시멘트量에 대하여는 5.2%)의 경우라도 添加하지 않은 경우의 壓縮強度를 90~95% 정도 발휘하는 것으로써, 本研究의 範圍 및 條件內에서 슬러지 固形分 含有率은 單位시멘트量에 대하여 4% 정도까지는 使用해도 無害한 것으로 밝혀졌다.

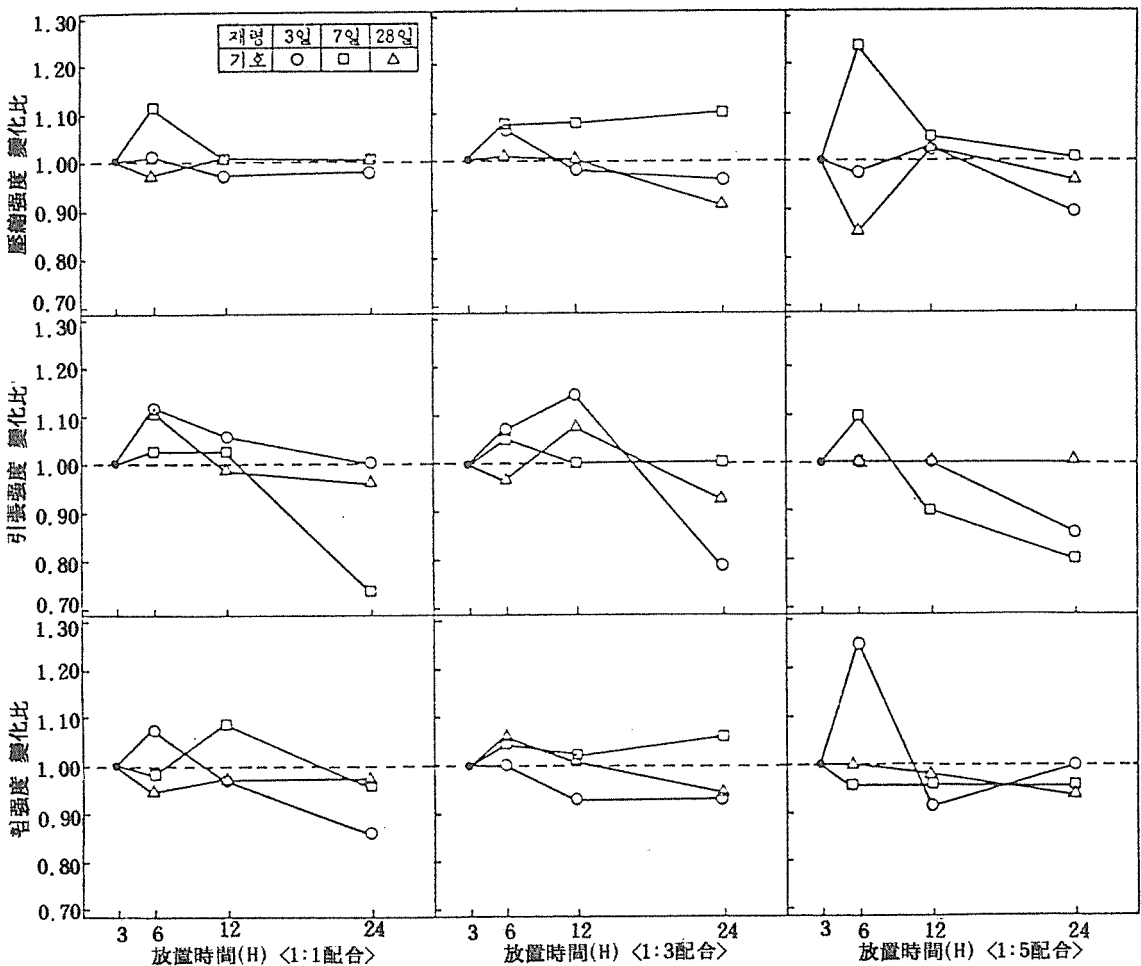


그림 15 回收水 放置時間과 모르터 配合비에 따른 強度 변화비

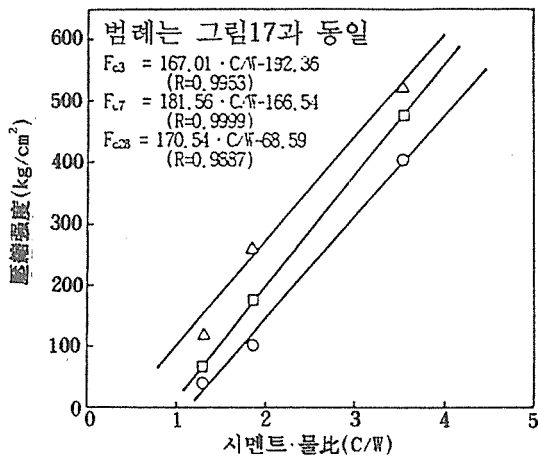


그림 16 시멘트·물비와 壓縮強度 關係

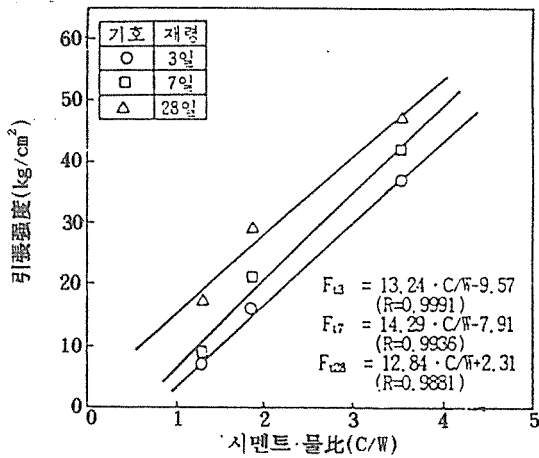


그림 17 시멘트·물비와 引張強度 關係

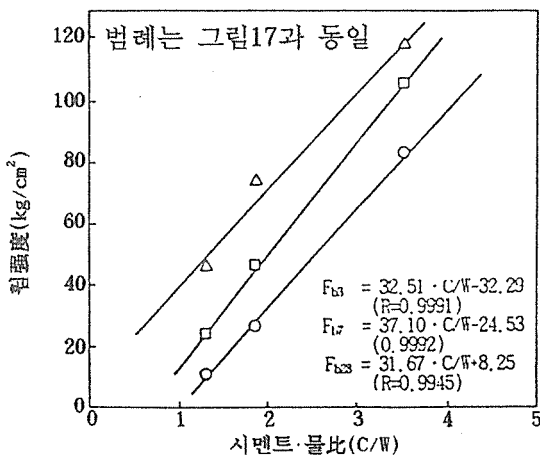


그림 18 시멘트·물비와 휨強度 關係

그림 15는 回收水를 3시간 방치한 것의 強度를 1로 하고 이에 대하여 回收水 放置時間과 모르터 配合比에 따른 強度 變化比를 재령 별로 비교한 것이다.

壓縮強度 變化比는 그림에서와 같이 재령 및 放置時間 경과에 따라 增加와 減少가 교차하는 變動 傾向을 보이지만, 각 재령에서의 時間經過別 變化比 平均을 구하면 6~12시간 放置한 것에서 미소한 增加를 보이다가 24시간 放置한 것에서는 1.00보다 작은 값이 나타났는데, 이때 각 配合에서의 平均은 2% 程度의 強度 低下가 나타났다.

引張強度 및 휨強度의 變化比도 壓縮強度 變化比와 마찬가지로 6~12시간 방치한 것은 미소한 增加를 보이는 類似한 傾向을 볼 수 있는데, 24시간 放置한 것에서 引張強度는 10%, 휨강도에서는 4%로 強度 低下가 나타나고 있어 큰 값의 강도 저하는 아닐지라도 回收水를 再使用할 경우는 가능한 12시간 이내에 全量 利用하는 노력이 要求되었다.

참고로 그림 16~18은 시멘트·물비 變化(모르터 배합비)에 따른 시멘트 모르터의 壓縮, 引張 및 휨強度의 關係를 回收水 放置時間 12시간에 대하여 直線回歸式으로 分析한 것으로 각 強度와 C/W間에는 良好한 相關性을 나타내고 있었는데, 이때의 回歸式은 각 그림 중에 提示되어 있는 바와 같다.

3. 4 凍結融解試驗 特性

그림 19~21은 使用用水의 種類 變化와 耐凍害性과의 關係를 凍結融解 사이클 별로 相對動彈性係數 실험결과로부터 耐久性指數를 구하여 使用用水별로 變化 傾向을 나타낸 것이다.

전반적인 傾向으로 相對動彈性係數는 10~20사이클을 전후로 하여 凍害判定의 最低계수인 60% 이하로 되었는데, 슬러지 함유율 0%인 수도수와 증류수 및 상등수는 약간의 차이는 있으나 거의 유사한 傾向으로 凍結融解作用에 의하여 動彈性係數가 작아져 점차 彈性이 소실되어 진다. 슬러지 함유율 變化量에 의하

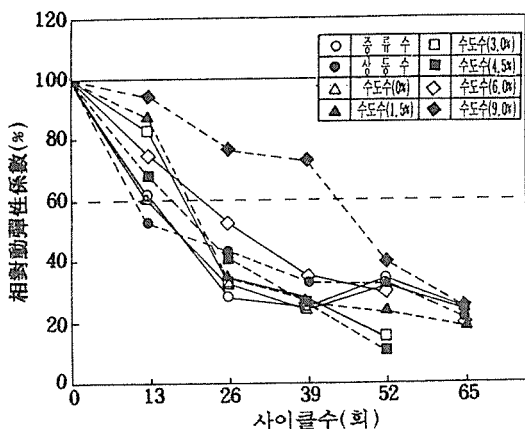


그림 19 凍結融解作用에 따른 相對動彈性係數

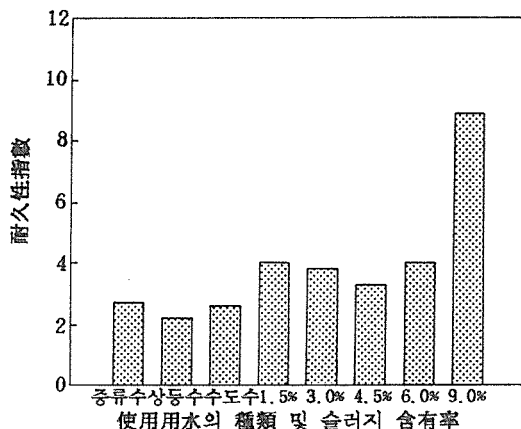


그림 22 使用用水別 耐久性指數

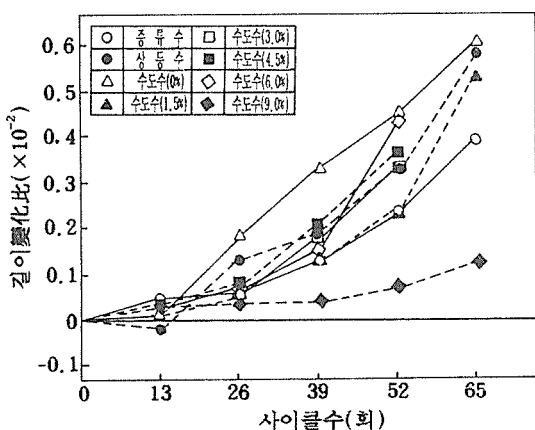


그림 20 凍結融解作用에 따른 길이變化比

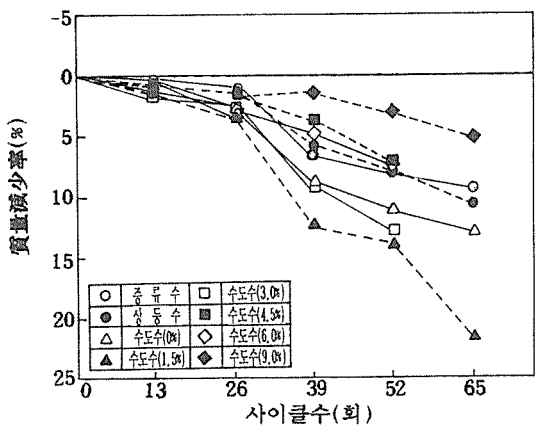


그림 21 凍結融解作用에 따른 質量減少率

여는 슬러지 함유율 1.5%, 3.0%의 경우 凍結融解作用 초기에는 슬러지 함유율 6.0%보다 動彈性係數가 크게 나타나지만, 凍結融解作用이 진행될수록 動彈性係數가 작게 나타나는데, 전반적으로 슬러지 함유율 0%인 수도수보다는 슬러지함유율을 증가에 따라 動彈性係數가 크게 나타났다. 또한, 슬러지 함유율 9.0%인 수도수의 경우는 相對動彈性係數가 최초계수인 60%가 되는 시점이 44사이클로 되며, 그림 22에서의 耐久性指數도 8.9로 가장 크게 나타났다. 이의 원인으로는 슬러지 첨가량이 증가할수록 공극충진의 效果로 인하여 凍結融解作用의 큰 영향 인자인 갇힌 空氣量을 감소시켜 耐久性이 증대된 것으로 分析되어진다.

길이변화비는 전반적으로 凍結融解作用이 진행됨에 따라 팽창변화를 보이는데, 슬러지 함유율 0%인 수도수보다 슬러지를 함유한 경우 대부분 작은 팽창율을 나타내고 있다. 특히, 슬러지 함유율 0%인 수도수의 경우는 52사이클에서 슬러지 함유율 9%인 수도수보다 6배의 큰 팽창변화가 나타났다.

質量減少率은 증류수나 상등수의 경우 슬러지 함유율 0%인 수도수보다 작게 나타났고, 슬러지 함유율이 4.5%이상인 경우는 슬러지 고형분이 強度 增進에 기여하므로써 凍結融解作用에 대한 供試體의 表面 低抗性이 커져서

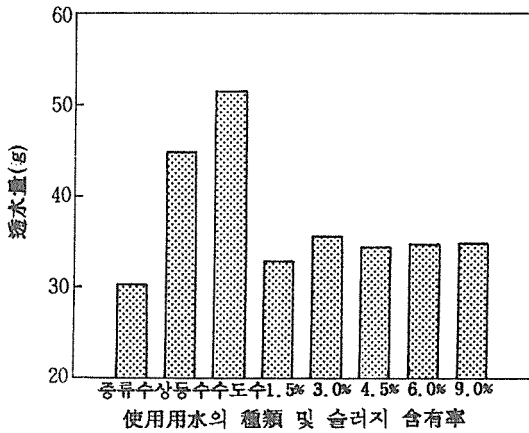


그림 23 使用用水別 透水量

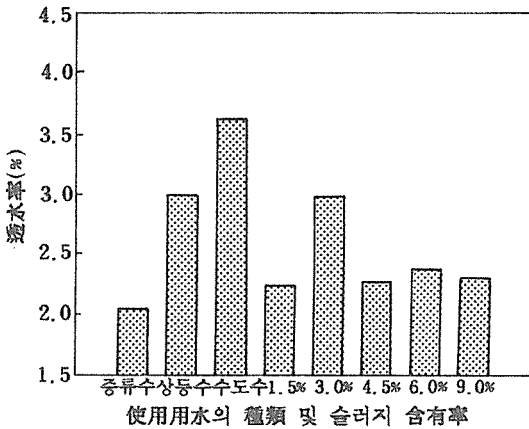


그림 24 使用用水別 透水率

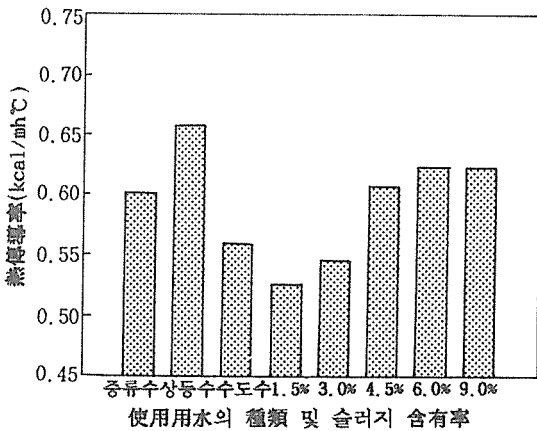


그림 25 使用用水別 熱傳導率

質量 減少率이 가장 작게 나타나 즉, 질량감소율은 壓縮強度와 상관성이 크다는 既往의 理論을 재입증하는 結果이었다.

3. 5 透水 特性

그림 23 및 24는 使用用水의 種類 變化에 따른 透水量 및 透水率을 비교한 것으로 중류수 및 상등수는 특별한 원인은 알수 없으나 슬러지 함유율 0%인 수도수보다 41%, 13% 정도 透水量이 적게 나타났다.

또한 슬러지 함유율 변화에 따른 透水特性은 슬러지 함유율이 증가할수록 透水量이 적게 나타나는 경향인데 투수량도 슬러지 고형분의 공극충진효과에 기인한 것으로 分析되어지고, 透水率은 透水量과 거의 유사한 경향으로 나타났다.

3. 6 熱傳導 特性

그림 25는 전과 동일한 요령으로 熱傳導率을 비교한 것으로 상등수를 사용한 것이 0.658kcal/mh°C로 가장 크게 나타났다. 슬러지 함유율 변화에 따른 熱傳導 特性은 슬러지 함유율이 증가할수록 供試體 내부의 공극충진이 증대되어 열전도가 전반적으로 커지는 경향으로 나타났는데, 슬러지 함유율 6.0%에서 슬러지 함유율 0%보다 10% 정도 熱傳導率이 크게 나타났다.

V. 結 論

레미콘 回收水의 再利用에 관한 기초적인 實驗研究로 슬러지 固形分 含有率, 모르터 配合比 및 回收水의 放置時間 등에 따른 모르터의 굳지않은 상태의 性質, 力學的 特性, 凍結融解 低抗性和 透水 및 熱傳導特性을 究明하고자 實驗研究한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 굳지않은 상태에서의 플로우치는 슬러지 固形分의 添加에 따라 공극충진 효과와 불배어링 作用 및 W/C比의 감소 要因의 複合으로

4.5~6.0%(단위 시멘트량에 대하여는 2.5~3.3%)까지는 증가하다가 그 이상에서는 감소하였으며, 슬러지 添加率에 比例하여 單位容積重量은 增加하며, 空氣量은 減少하였다.

또한, 回收水의 放置時間 經過에 따라서는 시멘트의 응결시간 영향을 제외하고는 일정한 傾向이 없고 類似하여 회수수의 방치시간 경과가 모르터의 特性에는 거의 影響을 주지 않는 것으로 나타났다.

2) 強度 特性으로써 상등수는 증류수나 수도수에 비하여 별다른 문제점이 없는 것으로 나타났고, 슬러지 含有率에 따라서는 壓縮, 引張, 휨 強度 공히 슬러지 含有率 4.5~6.0%까지는 增加하다가 그 以上에서 減少하는 포물선 傾向으로, 強度 變化比에서 推定할 경우 使用用水 中 슬러지 含有率 7.0%(單位 시멘트량에 대하여 4%)까지는 強度 低下가 없는 것으로 밝혀졌다.

3) 回收水를 再利用함에 있어 回收水의 設置時間이 24시간 程度 經過하게 되면 壓縮強度 2%, 引張強度 10%, 휨強度 4% 정도의 감소를 나타내어 最上의 모르터 品質을 維持하기 위하여는 發生된 回收水를 가능한 12시간 以內에 使用하도록 하는 努力이 要求되었다.

4) 凍結融解試驗에 의한 耐久特性은 증류수와 상등수, 수도수는 거의 유사한 傾向으로 나타났고, 슬러지 高형분 함유율이 증가할수록 相對動彈性係數는 커지는데 슬러지 함유율 1.5~6.0%는 10~20사이클을 前後로, 슬러지 함유율 9.0%에서는 44사이클에서 동해판정의 시점인 최초계수의 60%이하로 되었고, 길이 변화비 및 질량감소율과도 연관하여 볼 때 슬러지량이 增加할수록 공극충진 효과로 耐久性은 양호하여 지는 것으로 나타났다.

5) 透水量은 使用用水의 종류에 따라 증류

수가 수도수보다 41% 정도 적게 나타났고, 슬러지 함유율이 증가할수록 공극충진 효과로 透水量 및 透水率이 작게 나타났다.

6) 熱傳導率은 상등수에서 0.658kcal/mh℃로 가장 컸으며, 슬러지 함유율이 증가할수록 공극충진에 기인하여 열전도율도 커지는 傾向으로 나타났는데, 슬러지 함유율 6.0%에서 슬러지를 함유하지 않은 것보다 10% 정도 熱傳導率이 크게 나타났다.

콘 工業協同組合의 協力研究의 일환으로 研究되었음에 위 두 기관에 感謝하고, 또한 凍結融解試驗機를 使用할 수 있도록 협조해 준 중부 실업주식회사에도 감사한다.

參 考 文 獻

1) 韓千求, 潘好鎔, 柳顯紀, 尹起源, 禹相六, 金基喆: 레미콘 回收水의 콘크리트용 用水로써의 再活用に 관한 研究(Ⅰ)-回收水 利用度의 設問調査 및 發生된 回收水의 性狀에 관하여-, 韓國레미콘工業協會, 通卷 第37號, 1993.

2) 尹起源, 柳顯紀, 韓千求, 潘好鎔: 레미콘 回收水의 콘크리트용 用水로써의 再活用に 관한 基礎的 研究-發生量 및 實態調査를 中心으로-, 韓國建築學會學術發表論文集, 제13권 제1호, 1993.

3) 禹相六, 金基喆, 尹起源, 柳顯紀, 韓千求, 潘好鎔: 레미콘 回收水의 콘크리트용 用水로써의 再活用に 관한 實驗的 研究(Ⅰ)-第1報: 使用用水 및 슬러지 함유량 變化에 따른 모르터의 力學的 特性-, 大韓建築學會學術發表論文集, 제13권 제1호, 1993.