

레미콘 回收水の 콘크리트용 用水로서의 再活用に 관한 研究(I)

— 回收水 利用度の 設問調査 및 發生된 回收水の 性狀에 關하여 —

韓千求* 潘好鎔* 柳顯紀** 尹起源** 禹相六** 金基喆**

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

I. 序 論

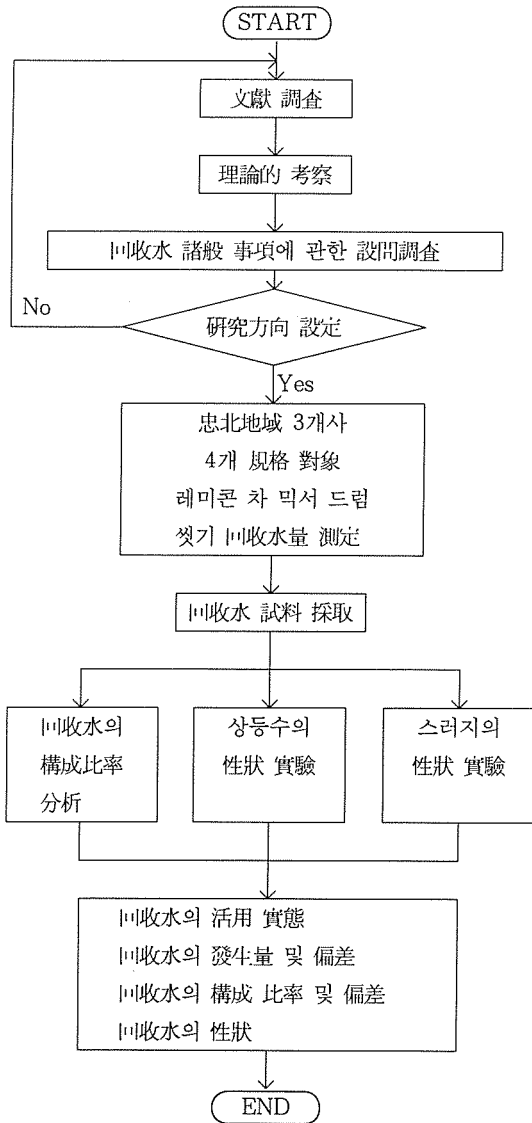
레미콘의 경우, 뱃처 플랜트에서 일단의 콘크리트를 製造하고 에지테이터 트럭으로 운반하여 당일의 작업이 완료되면, 裝備의 保存 및 후일의 양호한 콘크리트를 생산하기 위하여는 반드시 레미콘차, 뱃처 플랜트, 공장 바닥 및 각종 기기의 洗滌이 必要하게 된다. 그런데, 이때 發生하는 洗滌排水는 pH 12 정도의 강알칼리성으로 이러한 洗滌排水를 그대로 자연에 放出하는 경우는 環境 汚染의 원인이 되어 環境 汚染 防止法에 의하여 강력히 規制를 받고 있다. 따라서 洗滌排水는 표 1과 같은 여러가지 方法 중 어떠한 方法이든간에 처리 및 재이용되지 않으면 않된다.

그런데 상기의 레미콘 洗滌排水를 처리하는 方法 중, 공해 방지 및 경제성 측면에서 가장 効果적인 방안은 레미콘 생산에 再利用하는 方案으로써, 레미콘 회수수의 이용에 관한 정책 입안 및 설비 예측 등 効果적인 活用을 위하여는 전국적인 레미콘 회수수의 活用실태 및 장래의 계획을 파악하고, 세척배수의 精確한 發生량 및 성상을 구명하며, 이를 재사용할 경우 나타나는 레미콘 품질의 영향도에 대하여도 심

도있게 분석할 필요가 있다. 그러나, 기왕의 연구에서는 우리나라의 회수수 活用실태를 精確히 파악한 바 없고, 洗滌排水의 發生量은 개략적인 추정치로 대신하고 있으며, 또한 回收水를 모르터나 콘크리트에 再利用한 일부 연구의 경우는 슬러지 고형분을 完전건조 후 분쇄하여 분말상으로 실험에 이용하는 등 실무의 조건과는 부합하지 않는 미흡한 점이 지적된다. 단, 레미콘 回收水の 再活用に 관한 外國의 研究로서는 상등수의 경우는 별다른 문제가 없는 것으로 報告되고 있으나, 使用用水 中에 슬러지 固形分의 含有率이 증가할수록 굳지않은 상태에서의 워커빌리티 및 強度에 影響을 주어 슬러지 固形分 含有率의 制限과 配合補正이 規定되고 있는 실정이다.

그러므로 本 研究에서는 그림 1과 같은 흐름으로 全國의 레미콘사를 對象으로 回收水の 이용도에 대하여 設問 調査를 實施한 후 設問 調査 結果와 統計資料를 토대로 忠北 地域의 임의의 3개 레미콘사를 選定하여 出荷量이 많은 4개 規格에 대하여 洗滌排水 發生量을 調査하고 洗滌排水의 構成比率 및 상등수와 슬러지수의 物理的 性質의 平均値 및 標準偏差를 究明하는 것을 본 보에 提示하고 차후 연속되는 研究에서는 회수수가 모르터 및 콘크리트의

品質에 미치는 影響에 대하여 分析하므로써 外國의 연구와 동일한 條件으로 우리나라에서도 回收水가 活用可能할 수 있는지 實驗 研究하므로써 레미콘의 公해요인인 回收水의 効果적인 活用方案에 한 參考資料를 제시하고자 함이 本 研究의 目的이다.



<그림 1> 本 研究 進行의 흐름

II. 設問調査

2. 1 設問調査 對象, 方法 및 期間

레미콘의 生産 規模, 回收水 回收水 發生量, 使用與否 등을 客觀的으로 정확히 파악하기란 대단히 어렵다. 따라서 本 調査에서는 韓國 레미콘 工業協會의 도움으로 1991年末 現在 파악되어 있는 全國의 450여개 레미콘 工場을 對象으로 本 設問調査를 實施하였다.

本 調査의 方法은 그림 1의 研究進行의 흐름도와 같이 文獻 調査 및 資料收集에 이어 全國 레미콘 生産業體의 回收水의 이용도를 調査하기 위하여 韓國 레미콘 工業協會에 파악되어 있는 레미콘 工場에 대하여 設問紙를 92年 2月 19日에 發送, 2月末까지 回收하여 그것을 분석하는 것으로 하였다.

단, 이때 총 발송회사는 450여개사이고, 설문지 회수는 75개사로 16.7%의 회수율을 보였다.

2. 2 設問調査 結果

2. 2. 1 回收水의 콘크리트용 用水로써 再 使用 與否

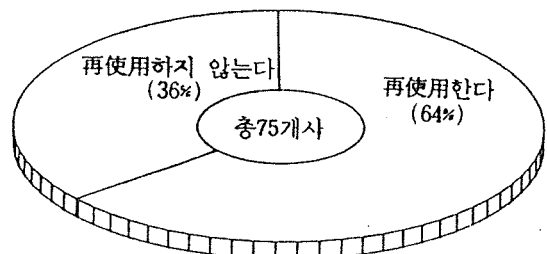


그림 2 回收水의 再使用 與否

그림 2는 92년 2월말 現在 레미콘사에서 發生하는 回收水의 再使用 및 廢棄에 관한 調査結果를 나타낸 것으로, 應答한 75개사 중 64%

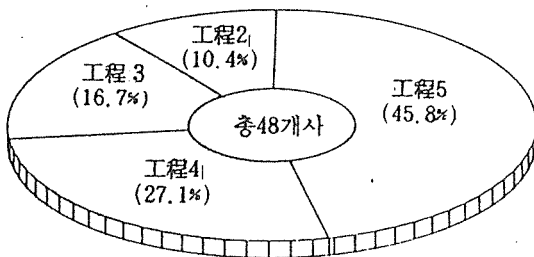
의 레미콘사가 回收水를 再使用하고 있으며, 나머지 36%는 再使用하지 않고 廢棄處分하고 있는 것으로 나타난 재사용율이 과반수는 넘고 있으나, 아직은 回收水의 再使用 시스템의 보급이 요구되고 있는 것으로 나타났다.

2. 2. 2 再使用하는 경우

本 調査에서는 레미콘사에서 回收水를 再使用하기 위하여 適用하고 있는 方法을 표 1과 같이 5개의 工程으로 分類하여 應答하도록 하였는데, 그림 3은 그 利用 現況을 나타낸 것이다. 즉, 回收水를 再使用하는 48개 會社 中 45.8%가 全量을 再使用하는 工程 5의 方法을, 그 다음이 工程 4로 27.1%로 나타났다.

<표 1> 回收水의 利用範圍

工程	方法의 要約
工程-1	洗滌水 全量을 沈澱, 中和後 放流
工程-2	洗滌水를 沈澱, 상등수만 利用하고 沈澱物은 그대로 放出
工程-3	洗滌水中 骨材는 選別하여 利用, 슬러지는 放出, 上등수만 再使用
工程-4	骨材는 選別하여 利用하고 슬러지는 固形化시켜 버리고 上등수만 再使用
工程-5	全量 再使用

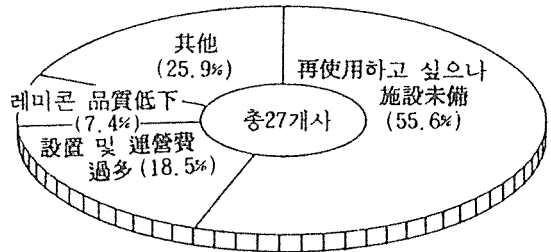


<그림 3> 回收水 再使用 利用範圍(工程)

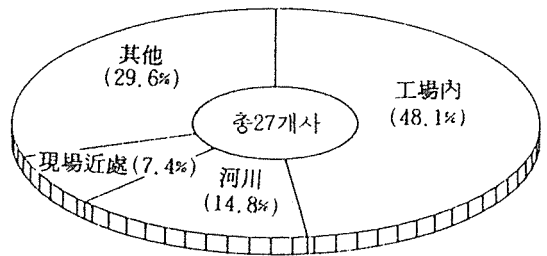
2. 2. 3 廢棄하는 경우

그림 4는 회수수를 再使用하지 않는다고 應

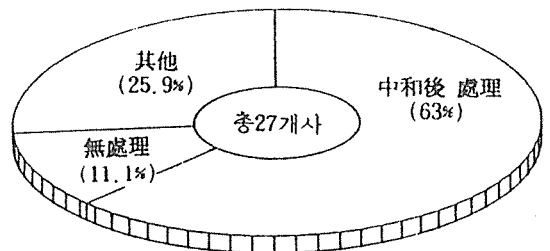
答한 27개사를 基準으로 原因을 調査한 것으로서 가장 큰 原因으로는 再使用하고 싶으나 施設未備로 인하여 再使用하지 못하는 경우가 55.6%로 가장 많았고, 그 다음은 運營費의 過多(18.5%) 레미콘의 品質低下(7.4%) 및 其他의 順으로 나타났다.



<그림 4> 回收水를 再使用하지 않는 이유



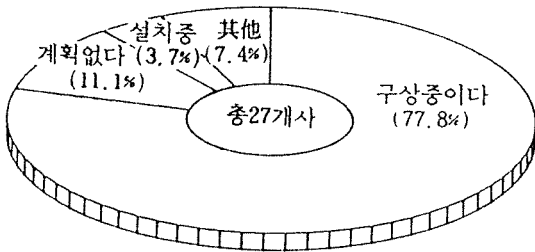
<그림 5> 回收水의 廢棄 場所



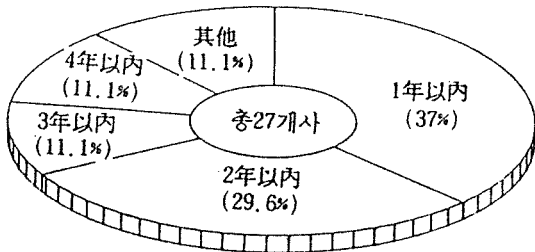
<그림 6> 回收水의 廢棄 方法

그림 5 및 6은 回收水를 再使用하지 않는 경우에 回收水의 廢棄 場所와 處理方法을 나타낸 것이다. 廢棄 場所로는 工場에서 處理한다

는 레미콘사가 48.1%로 가장 많았고, 다음은 하천으로 14.8%이었다. 處理 方法에 있어서는 62.9%가 中和後 處理하는 것으로 나타났으나 11.1%는 無處理 廢棄하는 공장도 있어 공해 방지의 관점에서 커다란 問題로 대두될 소지가 있는 것으로 나타났다.



<그림 7> 回收水の 再使用 意向



<그림 8> 回收水 再使用 設備의 設置 時期

그림 7 및 8은 再使用 意向 및 設置時期를 나타낸 것으로써 77.8%가 構想中이라고 대답했으며, 그 時期는 1년 이내가 37%로 가장 많고, 29.7%가 2년 이내에 設置하겠다고 應答하여 앞으로 수년 이내에 대부분의 레미콘사가 回收水를 再使用하게 될 것으로 보여진다.

III. 發生量 및 成分調査

3. 1 調査對象, 範圍 및 方法

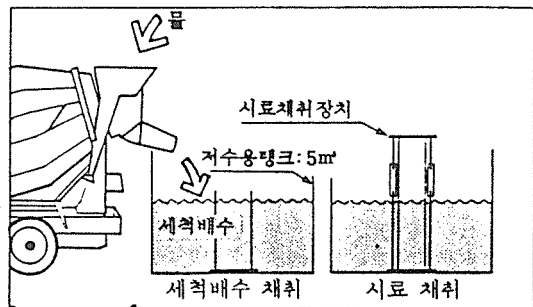
本 研究에서는 레미콘 세척배수의 성상을 명확히 구명하기 위한 조사연구로서 표 2와 같

이 대상 및 범위를 설정하였다. 즉, 實態調査의 對象으로는 忠淸北道에 위치한 3개사에 대하여 그간의 레미콘 통계자료를 이용하여 가장 出荷量이 많은 25-180-10, 25-180-12, 25-210-8, 25-210-12 등 4개의 規格을 研究 範圍로 選定하였다.

<표 2> 研究 對象 및 範圍

研究 對象		實 驗 項 目		
會社名	規格	總發生量	比重	構成比率
A社	25-180-10	○	○	○
	25-180-12			
B社	25-210- 8			
	C社			

조사방법은 먼저 레미콘 洗滌排水의 發生量 調査를 목적으로 레미콘 믹서트럭에서 發生하는 洗滌排水를 특별히 製作한 F.R.P. 재질(貯水 用量 약 5m³; 내경·185cm, 높이 144cm)인 圓筒形 용기를 利用하여 全 發生量을 調査토록 하였다.



<그림 9> 세척배수 및 시료 채취 과정

또한, 성분분석을 위한 시료채취는 그림 9와 같이 특별히 製作한 샘플링 裝置로 採取한 試料에 대하여 實驗하도록 하였는데, 이때 各 試驗方法을 要約하면 다음과 같다.

㉓ 洗滌排水 總發生量: 그림 9의 저수용기에 回收된 洗滌排水의 量을 測定하여 용기의

단면적을 곱하므로써 總發生量을 구하였다.

㉑ 構成比率：洗滌排水에서 체가름 試驗으로 잔·굵은 骨材量을 測定하고, 骨材를 除去한 混濁溶液의 比重으로부터 시멘트量을 測定한 후 試料重量에서 잔·굵은 骨材 및 시멘트量을 뺀 것을 水量으로 하였다. 參考로 豫備實驗에 의하여 導出된 混濁溶液의 比重과 시멘트量의 相關關係는 다음 식(1)과 같다.

$$C = 1593.34 \cdot G - 1591.40 \dots \dots \dots (1)$$

여기서 ; C : 推定 시멘트量(g) G : 混濁溶液 比重

㉒ pH : 미국제 (NOVA SCIENTIFIC CO. LTD. 품명 : NOVA-210C) pH meter를 이용 測定하였다.

㉓ 固形分量 : 回收水を 乾燥機에 넣어 105 ± 5℃로 恒量이 될 때까지 乾燥시킨 후 테시 게이트어안에서 室溫으로 식힌 후 重量을 測定하였다.

3. 2 發生量 및 成分調査 結果 및 分析

忠北地域 3개사, 4개 出荷規格에 대하여 레미콘 트럭 드럼 내부씻기 洗滌排水의 發生量, 構成比率 및 回收水의 物理的 性質을 實驗한 結果는 표 3과 같다.

3. 2. 1 洗滌排水의 總發生量

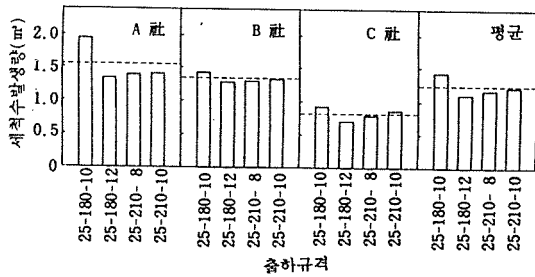
그림 10은 會社別로 각각의 出荷規格에 대한 레미콘 洗滌排水의 發生量을 3회 측정하여 그 平均치를 막대그래프로 나타낸 것이다.

全般的인 傾向으로는 A사의 레미콘 洗滌排水 總發生量이 가장 많았고 B사 및 C사의 순으로 나타났다. 또한, 規格別로는 25-180-10인 경우가 A, B, C사 공히 가장 많고 25-210-12, 25-210-8, 25-180-12의 순으로 나타났다.

이의 原因으로 會社別 洗滌排水의 發生總量은 會社自體의 運營 方法 차이로써 A사와 같은 경우는 레미콘 트럭의 운전사가 자신의 레미콘 차를 所有하고 고용된 경우로써 레미콘 차에 대한 管理를 철저히 하려는 傾向이 있어 레미콘 트럭의 씻기 物量을 많이 使用함에 相

<표 3> 레미콘 洗滌排水의 發生量, 構成比率 및 回收水의 物理的 性質

會社名	規 格	發生總量 (m ²)	採取試料 中量(g)	比 重	洗滌排水의 構成				回收水의 物理的 性質			
					시멘트 量(g)	굵은골재 量(g)	잔骨材 量(g)	水 量 (g)	pH	採取試料 中量(g)	상등수 比 重	固形粉 率(%)
A社	25-180-10	1.94	13766.3	1.004	8.3	10.0	262.9	13485.1	10.80	1,007	1.002	0.90
	25-180-12	1.33	9278.5	1.016	27.5	0.7	132.8	9117.6	11.35	1,018	1.002	2.53
	25-210- 8	1.43	9897.8	1.012	21.1	32.0	165.5	9679.2	11.35	1,007	1.002	2.06
	25-210-12	1.44	9835.0	1.016	26.6	106.8	365.7	9336.0	11.20	1,014	1.002	2.07
B社	25-180-10	1.45	8584.3	1.007	13.0	2.1	305.2	8264.1	10.95	1,006	1.002	0.59
	25-180-12	1.28	7879.0	1.005	9.9	2.1	220.1	7647.0	11.15	1,020	1.002	2.73
	25-210- 8	1.29	8407.0	1.024	40.1	32.5	279.7	8054.8	10.74	1,020	1.002	3.22
C社	25-210-12	1.33	9347.3	1.006	11.5	0.8	299.4	9035.6	10.95	1,014	1.003	2.67
	25-180-10	0.91	6529.3	1.016	26.7	145.0	366.7	5991.0	11.89	1,012	1.001	2.57
	25-180-12	0.70	5022.0	1.030	49.0	55.6	577.8	4359.7	11.90	1,028	1.002	5.14
	25-210- 8	0.78	4530.5	1.029	48.1	9.9	243.6	4229.0	12.03	1,024	1.008	5.07
平 均	25-210-12	0.85	5861.3	1.031	51.3	67.4	467.6	5275.0	11.84	1,026	1.002	4.80
		1.23	8244.9	1.016	27.8	38.7	307.3	7872.8	11.35	1,016	1.003	2.86



<그림 10> 출하규격별 레미콘 세척배수의 총발생량

對的으로 많은 洗滌排水가 發生되는 것으로 分析되어지고, 規格別의 洗滌排水 發生量은 各規格에 따른 물씻기의 난이도 및 개인 오차에 기인한 結果로써 특별한 傾向 및 原因은 없는 것으로 分析되어진다.

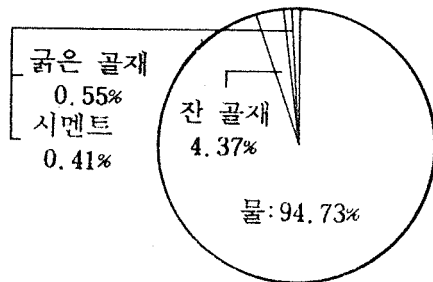
종합적으로 레미콘 믹서 트럭의 드럼 내부 씻기 洗滌排水 發生量은 全體의으로 레미콘 믹서 트럭 1대당 平均 1.23m³, 標準偏差 0.34m³ 정도로 기왕의 연구에서 추정하는 1.5~2.0m³ 보다 약 0.3~0.8m³ 적은 것으로 밝혀졌다.

3. 2. 2 洗滌排水의 構成比率

표 4는 레미콘 洗滌排水의 構成比率를 規格別, 회사별로 區分하여 나타낸 것이고, 그림 11은 실험대상 3개사 4개 規格에 대하여 레미콘 믹서 트럭의 '드럼 내부씻기'에서 발생한 洗滌排水의 平均的인 構成比率를 원 그래프를 나타낸 것이다. 平均적인 構成비율은 굽은골재 0.55%, 잔골재 4.37%, 시멘트 0.42% 및 물 94.73%로써 물과 잔골재가 거의 大部分이고, 굽은골재 및 시멘트는 매우 적은 量임을 알 수 있다. 이 結果를 레미콘 트럭 1대에 發生하는 洗滌排水量(1.23m³)에 대하여 重量으로 환산하면 굽은骨材 7.0kg, 잔骨材 54.4kg, 시멘트 5.3kg, 물 1199.3kg으로 構成되어 있는 것을 알 수 있다.

<표 4> 레미콘 洗滌排水의 構成比率

規格	회사	물	굽은골재	잔골재	시멘트
25-180-10	A사	97.96	0.07	1.90	0.06
	B사	96.27	0.02	3.56	0.15
	C사	91.76	2.22	5.62	0.41
	평균	95.33	0.77	3.69	0.21
25-180-12	A사	98.27	0.00	1.43	0.30
	B사	97.06	0.03	2.79	0.13
	C사	86.81	1.11	11.51	0.98
	평균	94.05	0.38	5.24	0.47
25-210-8	A사	97.79	0.32	1.67	0.21
	B사	95.81	0.39	3.33	0.48
	C사	93.35	0.22	5.38	1.06
	평균	95.65	0.31	3.46	0.58
25-210-12	A사	94.93	1.09	3.72	0.27
	B사	96.67	0.01	3.20	0.12
	C사	97.96	1.15	7.98	0.88
	평균	93.87	0.75	4.97	0.42
평균		94.73	0.55	4.34	0.42

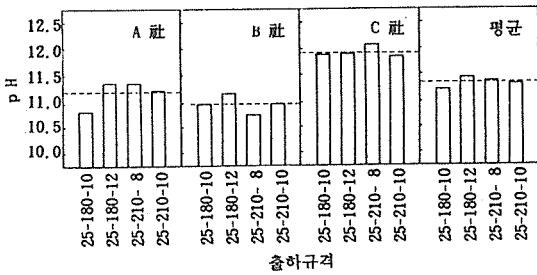


<그림 11> 레미콘 세척배수의 구성비율

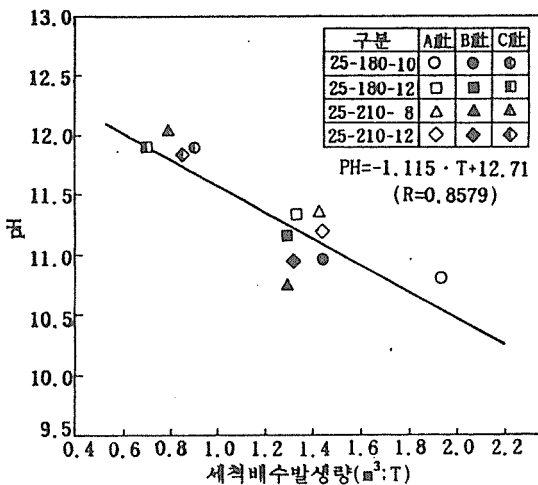
3. 2. 3 回收水の pH

그림 12는 出荷 規格別로 發生한 回收水의 pH를 막대그래프로 나타낸 것이다. 全般的으로 일정한 傾向을 찾기는 곤란하나 會社別로는 C사가 平均 11.92로 가장 높고, A사가 平均 11.18로 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이는 3. 2. 1절의 分析과 마찬가지로 레미콘차 믹서 드럼 내의 剩餘 콘크리트를 씻을 때 A사가 물

을 가장 많이 사용하므로 당연히 濃度가 떨어져 pH가 낮고 이에 비하여 C사와 같이 회사 소유인 경우는 소량의 수량 사용으로 pH가 높은 것으로 分析되어진다. 洗滌排水의 pH는 평균 11.35, 표준편차 0.46으로 나타났는데, 規格別로는 洗滌排水 發生量이 가장 많은 25-180-10의 경우 11.21로 제일 작게 나타났으며, 25-180-12가 11.33, 25-210-8이 11.37, 25-210-12가 11.47의 순으로 높게 나타났다.



<그림 12> 출하규격별 레미콘 회수수의 pH



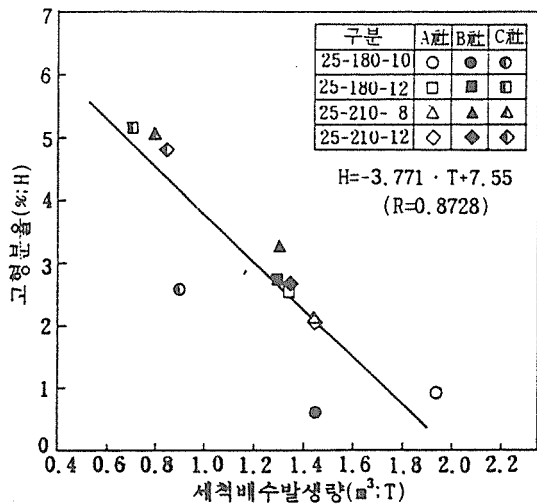
<그림 13> 세척배수 총발생량과 pH와의 관계

단, 既存의 文獻에서는 洗滌排水의 pH가 12 ±1정도로 보고되고 있으나 本 實驗에서 pH

는 11.35±0.45정도로 낮게 나타나 전 분석의 발생량과도 연관하면, 기왕의 보고는 세척배수의 발생량도 많고 pH도 크게 보고되는 등 공해성을 지나치게 과장하지 않았는가 하는 우려도 제기된다. 참고적으로 그림 13은 洗滌排水 發生量과 pH의 관계를 플롯한 것으로 上記 分析과 마찬가지로 洗滌排水 發生量이 증가할 경우 pH는 낮아지는 負相關의 關係를 나타내고 있다.

3. 2. 4 固形分率

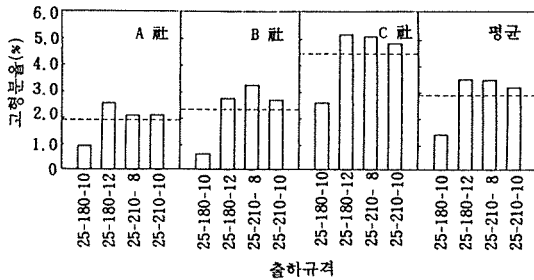
그림 14는 發生 洗滌排水에서 잔·굵은骨材를 除去한 回收水의 固形分量을 固形分率로 환산하여 規格別 막대그래프로 나타낸 것이다.



<그림 14> 세척배수 총발생량과 고형분율의 관계

全般的으로는 pH와 유사하게 規格別 一定한 傾向을 찾기는 곤란하나, A사가 1.89%, B사가 2.30%, C사 4.40%로 평균 2.86%, 표준편차 1.43%로 나타나고 있었다.

또한, 그림 15는 洗滌排水 發生量과 固形分率의 관계를 플롯한 것으로 洗滌排水量이 많을수록 固形分率は 상대적으로 적어지는 負相關의 關係를 나타내고 있었다.



<그림 15> 출하규격별 레미콘 회수수의 고형분율을

V. 結 論

레미콘에서 발생하는回收水の 效率的인 再使用 方案의 基礎的인 研究로서, 먼저 全國 레미콘사를 對象으로 실시한 回收水 活用 實態의 설문조사 結果와 忠北地域 3개 레미콘사 4개 規格을 선정하여 洗滌排水 生産量 및 構成成分에 관한 實驗 結果는 다음과 같이 要約된다.

1) 1992年 2월末 現在 全國 레미콘사 중 回收水を 再活用하고 있는 業體는 64%로 나타났고, 당시에 回收水を 再利用하고 있지 않은 業體에서도 향후 2년내에 再使用하겠다고 응답한 業體가 77.8%로서 대부분의 레미콘사가 가까운 시기내에 回收水を 再利用하게 될 것으로 기대된다.

2) 回收水の 利用 範圍로는 45.8%가 發生하는 回收水 全量을 再使用하고 있고, 54.2%는 일부 使用하거나 全量 廢棄하는 것으로 나타났는데, 단, 回收水を 利用하지 않고 廢棄하는 경우에는 11.1%는 無處理 放流하는 것도 나타나고 있음에 이 境遇는 環境汚染 防止 및 自然保護를 위하여 適切한 조치가 강구되어야 할 것으로 사료된다.

3) 레미콘 믹서 트럭 내부 씻기의 洗滌排水 發生量은 레미콘 믹서 트럭 1대당 平均 1.23m³, 標準偏差 0.34m³程度이고, 構成比率로는 굵은骨材 0.55%, 잔骨材 4.34%, 시멘트 0.42% 및 물 94.73%로써 레미콘 1대에 대한 量으로

換算하면 굵은骨材 7.0kg, 잔骨材 54.4kg, 슬러지 5.3kg, 물 1199.3kg인 것으로 나타났다.

4) 回收水の pH와 固形分率은 洗滌排水의 사용량에 따른 洗滌排水의 發生量과 역관계로 나타났는데, 全般的으로 回收水の pH는 平均 11.35 標準偏差 0.45이고, 固形分率은 平均 2.86%, 標準偏差 1.43%로 밝혀졌다.

參考文獻

- 1) 韓國 레미콘 工業協會 : 1991年度 레미콘 統計年報, 1992.
- 2) 金武漢, 辛鉉植, 金文漢 ; 建築材料學, 文運堂, 1991.
- 3) 崔在眞 ; 콘크리트 품질문제의 유형과 대책, 韓國 레미콘 工業協會, 1988.
- 4) 日本 콘크리트 工學協會 ; 回收水 研究 委員會 報告, 1975-3.
- 5) A.M.Neville ; Properties of Concrete, Third Edition, Pitman.
- 6) 鄭雄先, 尹起源, 韓千求, 潘好鎔 ; 레미콘 回收水の 콘크리트용 用水로서의 再活用に 관한 基礎的 研究-設問調査를 中心으로-, 大韓 建築學會 學術發表論文集, 第12卷 第1號, pp.393~396, 1992.
- 7) 尹起源, 柳顯紀, 韓千求, 潘好鎔 ; 레미콘 回收水の 콘크리트용 用水로서의 再活用に 관한 基礎的 研究-發生量 및 成分調査를 中心으로-, 大韓 建築學會 學術發表論文集, 第13卷 第1號, pp.409~412, 1993.
- 8) 박기청 ; Remicon폐수 및 폐기물 처리 시설 투자와 경제 효과, 한국 레미콘 공업협회, 레미콘지, 통권 제29호, pp. 63~71, 1991.
- 9) 文翰英, 申承鎬, 崔在眞 ; 레미콘 콘크리트 공장에서 발생하는 폐수의 재활용에 관한 고찰, 한국레미콘 공업협회, 레미콘지, 통권 제21호, pp.4~11, 1989.
- 10) (주)장안기공 ; 레미콘 공장 폐수 재활용 방안, 제7회 레미콘 기술세미나, pp. 25~48, 1991.