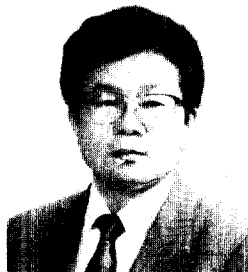


레미콘 폐수 재활용 및 폐수재활용 장치에 對한 考察

An Inquiry Into Practical Reuse And Plant Of Remicon's Waste Water



안 병 홍*

1. 서 론

레미콘 공장의 소음, 분진, 진동 및 플랜트 운반차의 세척수 등의 폐수는 공해의 요인이 되기도 한다.

이들 공해와 관련되는 요인중 레미콘 공장에서 발생되는 폐수를 回收하여 재활용 하기 위한 방법의 一環으로 레미콘 폐수 재활용 및 재활용 장치에 對하여 考察해 보고자 한다. 레미콘(Ready-Mixed) 공장에서 발생되는 폐수는 크게 4가지로 구분 되는데 이는 반송레미콘 세척수, MIXER TRUCK 세척수, DRUM 세척수, B/P 세척수 등이다. 이러한 발생폐수는 각 레미콘社別 설정과 여건, 그리고 日일 生産량에 따라 多小 차이는 있을 수 있겠으나, 그 처리에 있어서는 종래의 在來式 方式 그대로 불은 약품 중화 처리로 外部로 排

出 시키고, 슬러지(Sludge)는 별도의 乾燥場으로 옮겨 乾燥시킨 다음 폐기물 처리 회사에 委託處理 해온 실정이다.

이에 레미콘 폐수를 자갈, 모래, 슬러지水 등으로 적절히 분리하여 재활용 하고자 하는 연구, 개발이 활발히 진행 되고 있으며, 日本을 비롯하여 先進國 等에서는 이미 상당수준까지 도달 했음을 文獻을 통해 알수 있고, 우리나라에서도 최근 先進 技術 導入을 적극 추진하여 활발한 연구가 진행되고 있는 것으로 안다.

여기에 當社에서도 슬러지 재활용 장치의 필요성을 절실히 느껴 직접 企劃, 開發, 製作, 設置 等を 실용화 하여 自社만의 노하우를 축적하는 한편, 이미 同업계에 많이 보급하고 있다. 또한 當社에서는 보다 실용적이고, 완벽한 폐수 재활용 장치의 개발에 전력을 기울이고 있다.

이에 폐수 재활용에 대한 고찰과 재활용 장치 및 自社의 新,舊 폐수 재활용 장치에 대한 比較 設

*정회원, (주) 장안 회장

명도 더불어 고찰해 보고자 한다.

2. 레미콘 폐수 재활용에 대한 고찰

2.1 레미콘 폐수의 화학적 성분 분석

레미콘 공장에서 생긴 폐수를 靜置 시키면 맑은 上澄水는 윗부분에 뜨게 되고 시멘트, 골재 등의 微粒分을 포함한 슬러지 水는 아래쪽으로 분리된다.

이때 上澄水는 시멘트의 Ca^{2+} , K^{+} , Na^{+} 및 Mg^{2+} 등의 수산화물 이온(OH^{-})을 많이 포함하고 있기 때문에 수소이온 농도 pH 11-13 의 높은 알카리성을 나타낸다. 한편 슬러지는 시멘트의 화합물, 未수화물, 골재 및 혼화재료의 鑛物質 微粒末을 많이 포함한다.

레미콘 공장의 폐수를 채취한 後 上澄水와 슬러지 固形分으로 분류하여 화학분석 결과가 표 1, 표 2 이다.

표 1에서 알수 있듯이 上澄水의 pH는 평균 12.4 정도이며, 上澄水가 증발한 다음 남은 殘留物은 주로 용해되어 있는 수산화 칼슘으로 그 양은 평균 0.21% 정도로 나타난다.

한편 표 2에서 슬러지 固形分の 화학분석 결과

표 1. 上澄水의 화학분석 결과

성분	증 발 잔류물					
	pH	CaO (ppm)	MgO (ppm)	Na ₂ O (ppm)	K ₂ O (ppm)	
측정값						
최대값	13.0	1580	52	542	524	
최소값	10.4	46	0	29	16	
평균값	12.4	870	35	153	104	

표 2. 슬러지 固形分の 화학분석 결과

성분	화 학 성 분 (%)											비 중	
	ig. loss		insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O		total
	600°C	1000°C											
측정값													110°C 건조후
최대값	27.8	31.9	30.4	23.0	9.4	3.4	46.9	3.2	2.7	0.60	0.30	100.6	2.46
최소값	8.2	11.5	3.8	8.5	3.5	1.6	21.3	0.8	0.6	0.08	0.00	99.3	1.96
평균값	13.0	17.0	12.8	17.4	5.6	2.9	40.7	1.6	1.5	0.23	0.18	—	2.15

를 보면 CaO와 SiO₂의 함유량이 많으며 각각 40.7% 및 17.4%에 達하고 있음을 알수 있다.

그리고 1000°C에서의 強熱減量은 평균 17%의 높은 값이며 不溶解殘分도 12.8%로 나타났다. 이때의 強熱減量分은 시멘트 水和物에 의한 結合水와 이산화탄소이며 不溶解殘分의 대부분은 골재에 의한 것으로 판단된다.

2.2 레미콘 발생 폐기물 現況

國內 레미콘 생산공장의 능력및 차량보유 대수를 層別하여 발생되는 폐수 슬러지의 量을 조사한 결과 (표 3 참조), Sludge는 총 사용 시멘트의 약 1%, 폐수는 생산용수의 45-65%, 골재는 사용골재의 1% 미만 수준으로 조사된 발생 폐기물 量은 全量 레미콘 생산공장에서 생산재료로 재활용이 가능한 量으로, 이와같이 標準化된 活用기술로 全量 재활용 할 경우 레미콘 공장은 無公害 공장으로의 사회적 인식이 가능할 것이다.

이의 추진과정에서 요구되는 設備容量과 配合技術의 標準化 등은 레미콘 품질에 대한 소비자 不信의 해소를 위해서도 빈틈없이 해야 할 것이다.

표 3. 발생 폐기물의 量

항목	규모		발생량				발생량 (%)			
	출하량 (m ³ /일)	트럭 (대)	슬러지 (t/일)	폐수 (m ³ /일)	골재 (m ³ /일)		슬러지	폐수	모래	자갈
					모래	자갈				
평균 출하	1,200	40	4.04	130	4.9	6.4	1.2	61.2	0.77	0.85
	900	25	2.89	87	3.5	3.7	1.0	54.4	0.55	0.49
	540	18	1.74	61	2.3	2.5	1.1	64.0	0.36	0.33
최대 출하	1,500	40	4.63	137	5.6	7.3	1.1	51.6	0.88	0.97
	1,100	25	3.08	91	3.9	4.2	1.0	46.8	0.61	0.56
	660	18	1.96	64	2.6	2.7	1.0	54.8	0.41	0.36

참조 1) 算出 基準 配合

배합조각			재료조각(Kg/m ³)				물량		
W:C	S:A	슬러지량	C	W	S	G	Ad	SLUMP	강도
(%)	(%)	(%)						(Cm)	(Kg·Cm ²)
61	44	1	290	177	800	1,000	6.11	12	210

참조 2) 發生量의 算出 基準

항목		회수량	세척수량	비고
최종마감세척		0.1m ³ /대	2m ³ /대	
회수 레미콘 세척	평균 출하	6m ³ /일	4m ³ /m ³ -RMC	평균세척수량 출하량의 0.5%
	최대 출하	7.5m ³ /일		
B/P, Hopper 세척		0.2m ³	6m ³ /일	

표 4. 콘크리트 재료의 特性

품명	비중	품 실험 항목					비고
		P.H	공기량	분산도 (Cm·g)	압축강도 (Kg·Cm)	조립율 영화물 이온	
시멘트	3.15	-	-	3.3%	300	-	
모래	2.50	-	-	-	-	2.90	
굵은모래	2.58	-	-	-	-	6.44	
혼화제	1.18	7.0	4.5	-	-	-	
물	-	6.00	-	-	-	-	3%
슬러지수	-	11.5	-	-	-	-	3%

표 5. 굳이지 않은 시멘트의 응결 실험

구분	응결시간(분)		비고
	초경	종경	
PLAIN	225	390	약 25분 정도
슬러지수	250	365	단축

2.3 레미콘 발생 폐수의 재활용에 대한 실험 결과

2.3.1 재료의 產地

- 시멘트: 아세아產 “코끼리표”
- 모래: 경남 합천군 낙동강 지류 골재 채취장
- 굵은모래: 경북 달성군 가창면 채석 채취장
- 混和濟: 이진실업 “에코놀” (AE-BU-50)
- AE 감수제 표준형
- 슬러지 水: 레미콘 폐수 재활용 장치에서 採取한 것
- 물: (株) 長安 地下水 (150m 地下 生産)
- 실험장소: (株) 長安 實驗室

2.3.2 레미콘 발생 폐수에 대한 실험

레미콘 발생 폐기물이 콘크리트의 성질에 어떤 영향을 미치는지에 대해 자체 실험(표 4, 5, 6)을 통해 고찰해 보고자 한다.

1) 본 실험은 레미콘 공장에서 발생하는 골재(잔골재 + 굵은골재)가 完全 분리된 濃縮되지 않은 상태의 슬러지수를 混和수로 사용한 콘크리트의 性質을 比較하고자 하며 또한 본 實驗은 슬러지 고형분률을 3%의 濃度치를 기준으로한 試驗值로서 3회 試驗 平均値를 취하였다.

표 6. 콘크리트 블리이딩 실험

구분	블리이딩 용(%)	비고
PLAIN	12.2	0.5-0.6%
슬러지수	11.5	감소현상

표 7. 압축강도 비교

구분	압축강도비	비고
PLAIN	100	약 10% 정도의
슬러지수	111	강도상승

2) 표 5에서 처럼 슬러지 水를 混和수로 사용한 응결試驗 결과는 地下水를 사용한 것보다 약 25분 정도 단축되는 결과로써 레미콘 타설後 表面 마무리 整理에 留意를 要해야 할것으로 판단된다.

3) 표 6에서 처럼 슬러지 水를 混和수로 사용한 콘크리트의 블리이딩 率은 地下水를 사용한 量보다 약 0.5-0.6% 정도 減少되는 경향이 있다.

4) 표 7는 물·시멘트 比에 따라 多少 強度 차이는 있으나, 물·시멘트 比 60% 以下 에서는 強度의 상승을 보이고 있다. 이는 슬러지 水 內에는 시멘트 粒子가 상당수 포함되어 있는것으로 보인다.

표 8. 단위수량 비교

구 분	단위수량(Kg)	비 고
PLAIN	156	약 3%증가현상 (동일 반죽질기 상태)
슬러지수	161	

표 9. 잔골재율 비교

구 분	잔골재율(%)	비 고
PLAIN	43	약 2% 감소
슬러지수	41	

5) 표 8에서는 地下水를 사용한 콘크리트 보다 슬러지 물을 사용한 콘크리트의 단위수량은 多小 증가하는 현상을 볼수 있다.

표 9에서는 地下水를 사용한 콘크리트보다 슬러지 물을 사용한 콘크리트의 잔골재 率은 多小 감소하고 있는 현상을 볼수 있다.

그러나, 成形性이 좋고 Workable한 콘크리트를 얻기 위해서는 淸은 골재 量을 일정하게 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

* (참고) PLAIN:깨끗한 地下水를 混合水로 사용한 結果

2.3.3 레미콘 발생 폐수에 대한 실험결과 검토

1) 위 실험에서도 알수 있듯이 콘크리트의 기본 성질에는 큰 변화가 없는 것으로 나타나 있어 슬러지 물을 콘크리트 배합수로 재사용함이 경제성, 환경성, 지역성을 고려하여 불때 당연한 것으로 판단된다.

2) 콘크리트의 向後 영향에 대한 검토사항으로는 pH值가 약11-13 정도의 높은 알카리성을 나타내고 있는 슬러지 수에 대하여 알카리반응이 적은 골재의 사용문제라 사료되나, 국내에서는 아직 이런 문제점이 발생된 기록은 보이지 않는다.

3) 슬러지 물을 사용하고자 할때 슬러지 고형분 率이 시멘트 重量의 3%이하를 기준으로 하는 목표농도를 定하여 매일 定해진 濃度의 슬러지 수 사용의 농도관리를 確實하게 하여야 할것이다.

4) 농도 측정에 대한 실험식

$$C_s = S / W_1 \times 100 - 0.2 (W_1 + W + S)$$

C_s :슬러지 水의 농도 (%)=4.4% 以內

W:슬러지 水의 重量 (g)

S:건조 後의 슬러지의 重量 (g)

0.2:實驗值에 의한 上水 (上等水에 용해되어 있는 용해성 分量)

3. 레미콘 폐수 재활용 장치에 대한 고찰

3.1 레미콘 발생 폐수의 回收및 재활용 設備 基準

1) 레미콘 트럭 및 믹서를 세척한 폐수는 공장에서 일절 排出하지 않는다.

2) 세척수를 回收해서 처리한 後 콘크리트 재료로서 재이용하기 위해서 充分한 容量을 갖추고 設備를 해야한다.

3) 레미콘 트럭의 세차설비는 운행차의 보유대수, 세차의 횟수, 세차에 사용될 數量, 세차 시간 등을 고려해서 계획하고 사용해야 한다.

4) 세척배수로 부터 세, 조골재로 분리해서 回收하여 세척, 분리, 저장 설비가 필요하다. 回收모래에 슬러지가 혼합되지 않도록 하고 回收 골재는 少量 혼합 사용해야 한다.

5) 슬러지 水는 일단 교반조, 침전조, 농축조 등에 저장하여 농도를 조정한다.

6) 슬러지 水는 再使用時 콘크리트의 반죽질기, 강도, 건조, 수축 등에 영향을 주므로 계획적으로 사용토록 주의해야 한다. 슬러지 고형물 1%에 대해서 시멘트 공급량은 1-1.5% 증가하고, 세골재 率은 0.5% 감소 시킨다.

3.2 레미콘 폐수 재활용 장치에 對한 특성

3.2.1 "Jaco 2000" 레미콘 폐수재활용 장치의 특성

"Jaco 2000" 레미콘 폐수 재활용 장치는 Screw Drum 을 통하여 일정량씩 Washing Drum으로 투입되고 Drum에서 페레미콘을 세척하여 모래, 자

같은 운반하여 Screen을 통하여 자갈과 모래를 분리하고 슬러지 水는 Cyclone으로 보내져 미세한 모래를 선별하고 순수 슬러지 水는 교반조로 보내져 교반됨과 동시에 Sand Pump로 도출하여 재사용하는 시스템이다.

또한 여기서 각부분별 기계 장치에 對해서 알아 보면 다음과 같다.

- 1) U 형 Screw: 폐수를 투입하는 부분으로 골재를 1차 세척 및 이송시켜 Washing Drum 으로 보낸다.
- 2) Washing Drum: U 형 Screw 를 통하여 나온 폐수를 재세척 하고 골재와 슬러지 水를 분리하는 기계
- 3) Chute: Washing Drum에서 나온 골재 및 모래를 Bucket Elevator로 이송 (진동 모터 부착)
- 4) Bucket Elevator: 모래 및 자갈을 골재통으로 운반
- 5) 골재통: Bucket Elevator에서 이송된 모래 및 자갈을 받는 부분으로서 아래부분이 열리게 되어 골재를 배출한다.
- 6) 1차 집수조: Washing Drum에서 분리된 슬러지 水중에 함유된 모래를 U-Screw Conveyor로 이송하여 잔류모래는 버킷 엘리베이터로 이송되고 슬러지 水는 교반탱크로 이송된다.
- 7) 양수 Pump: 2대가 설치되어 있으며 평소 1대만 작동시키고 1차 집수조의 슬러지 水를 2차 교반 탱크로 이송시킨다.
- 8) 교반 Tank: 교반탱크 內의 슬러지 水를 재교

반 시킨후 펌프를 통하여 Head Tank 로 이송한다.

9) Head Tank: 일정한 농도로 계량된 슬러지 水를 Butterfly Valve를 통하여 Mixer의 물계량 탱크로 이송시켜 준다.

10) Sludge Densitometer: 교반된 Sludge 水를 일정한 농도로 조절하는 장치

3.2.2 新形 레미콘 폐수 재활용 장치의 특성

“Jaco 2000” 레미콘 폐수재활용 장치의 단점 및 문제점을 개선, 보완하여 개발된 “J. R 2000” 레미콘 폐수 재활용 장치는 Washing Drum, Bucket Conveyor Screw Conveyor, Cyclon 等の 4개의 기능을 1대에 집약시킨 System dlek. 가 여기서 이설비의 각부분별 기계 장치에 對하여 알아보면 다음과 같다.

- 1) Chute: 되 돌아온 페레미콘 및 레미콘 內부 세척수를 Chute에 투입 하면 진동 및 수압에 의하여 일정량 만큼 Washing Drum에 투입하는 장치이다.
- 2) Washing Drum: Chute에 유입되는 페레미콘을 Washing Drum이 선회하면서 세척 및 분리를 동시에 하는 Tolomel Type으로 되어 있다.
- 3) 1차 집수 Tank: Washing Drum에 1차적으로 처리한후 Drum에서 Over Flow 되는 미세모래와 Sludge 水를 1차 집수 Tank에 단수하여 Air

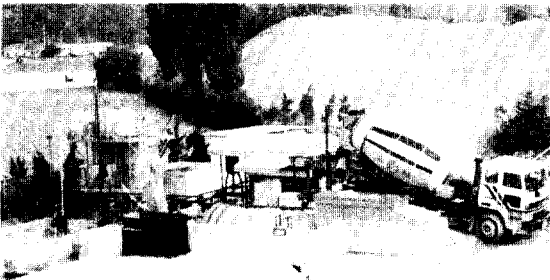


사진 1. 구형레미콘 Recycling System (Jaco 2000)

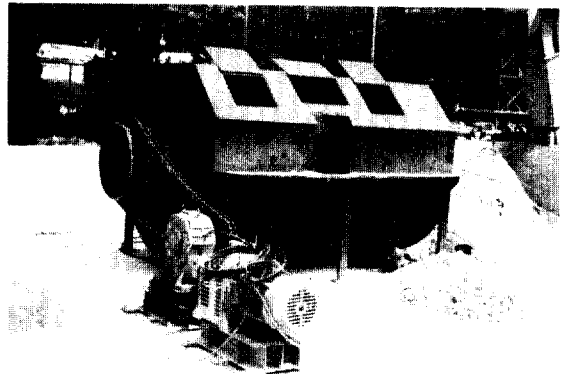


사진 2. 신형레미콘 Recycling System (J.R 2000)

Flow로 Sludge의 침수방지를 위하여 교반기가 설치되어있다.

4) 2차 집수 Tank:Screw Conveyor에서 Over Flow되는 Sludge 물을 2차 집수 Tank에서 담수하여 Sludge의 침전을 방지하기 위하여 Air Flow System을 설치하여 상시 Sludge 물을 교반하는 구조 및 장치 이다.

5) 청수 Tank:청수 Tank는 레미콘 Truck 의 부딪 내부세척, 관로세척및 공장 바닥세척 등을 활용하고 또, 2차 집수 Tank의 농도가 진할경우 (농도계 Sludge가 3%이상일 경우) Pumping하여 농도 조절용으로 사용된다.

6) 기타및 배관자재:폐수 재활용 장치의 전 Line의 연결구성은 Steel Pipe로 되어있다.

3.3 新·舊 Remicon Recycling System 흐름도 比較檢討

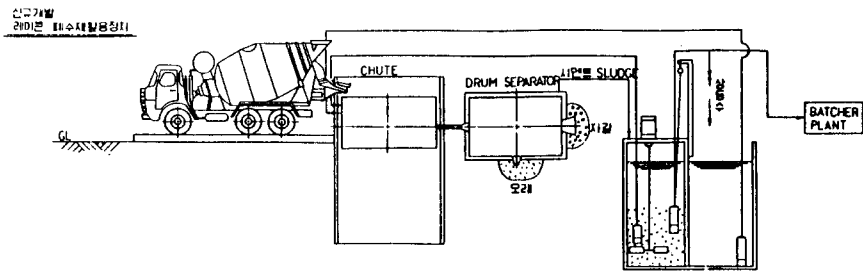


그림 1. 신형(J·R 2000) Remicon Recycling System 흐름도

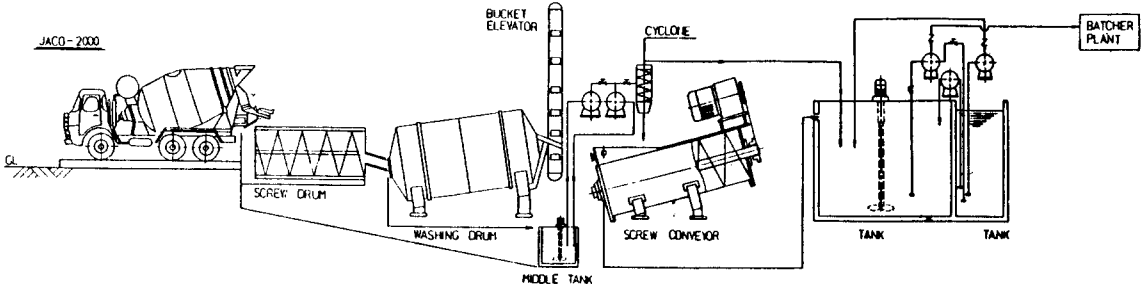


그림 2. 구형(JACO 2000) Remicon Recycling System 흐름도

3.4 新·舊 Remicon Recycling System 工程圖 比較檢討

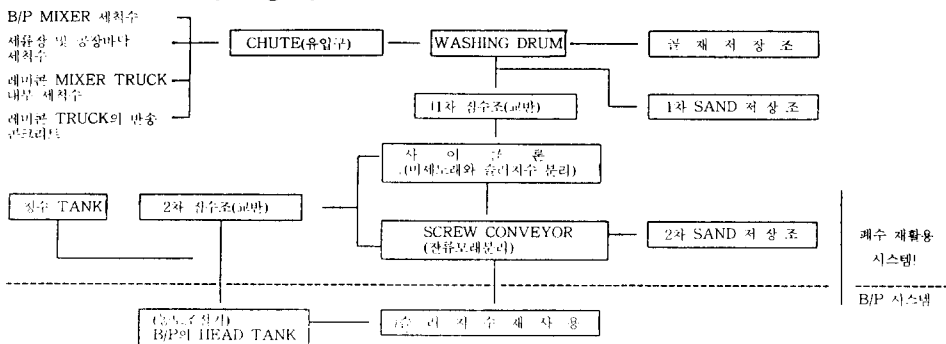


그림 3. 新形 Remicon Recycling System 工程圖

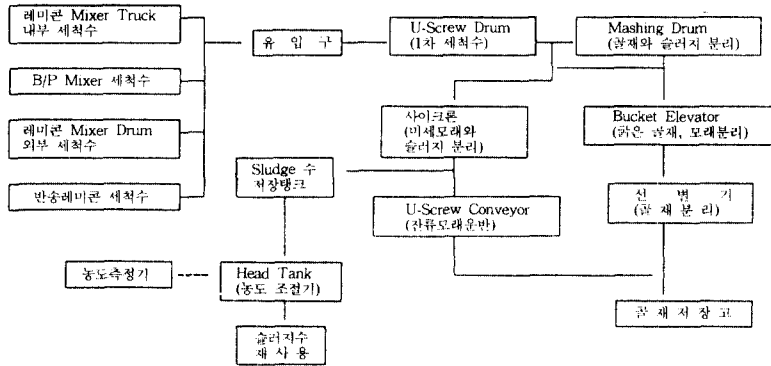


그림 4. 舊形 Remicon Recycling System 工程圖

표 10. 新·舊 레미콘 폐수 재활용 장치에 對한 비교 분석

구 분	부분별 기능면	부분별 성능면	비 고
레미콘 폐수 재활용 장치	<ul style="list-style-type: none"> 위 장치의 4대의 기능을 1대의 washing Drum으로 집약시킴. 장비가 간소하여 제작단가가 낮으며 장치의 분리 및 조립을 간편히 할 수 있어 고장 수리에 용이하다. 지상설치도 가능케 하였으며 각 부분별 설비의 고장률을 최소화하였음 마름모형 철망구조로 선별기를 제작하여 자갈의 끼임을 방지. 	<ul style="list-style-type: none"> 골재(자갈, 모래)의 완전선별과 슬러치와의 완전 선별이 가능. 골재(자갈, 모래)의 완전분리로 전량 재활용 할 수 있다. 슬러치수의 고형분율을 측정하는 집진기를 침수조에 설치하여 침수조의 물로 슬러치 고형분율을 조정함으로써 슬러치수의 전량 재사용이 가능케 됨 	(주) 장안기공 개발, 가동 시험중인 제품
구형 레미콘 폐수 재활용 장치	<ul style="list-style-type: none"> Washing Drum, Bucket conveyor, screw convey or cyclone 등으로 구성 지하에 설치함으로 인해 토목공사와 침수의 우려가 있다. 장비의 과대로 제작단가가 높으며 취급의 불리함이 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 골재의 부분선별과 슬러치와의 완전선별이 곤란함. 골재의 부분선별로 재활용의 범위가 축소됨. 슬러치수의 고형분을 측정이 미흡하여 슬러치수의 전량 재활용에 장애가 됨 	(주) 장안기공 제작 제품.

4. 結 論

최근에 와서 환경 보존의 차원에서 도시의 上水源을 오염 시키는 생활 폐수, 공장 폐수, 가축분뇨, 농약 등의 汚染이 극심하여 더이상 방치할 수 없는 極限 상황까지 도달한 것이 사실이며, 이는 곧 사회 문제로 대두 되고 있다.

그래서 멀지않는 장래에는 레미콘 공장의 폐수도 여론의 대상이 될것으로 類推 된다.

또한, 레미콘 공장에서 발생하는 폐수에는 PH 11-13 정도의 높은 알카리성을 나타내고 있어 이들 폐수를 그대로 河川에 방류 하게 되면 河川水의 PH 값을 높이게 되는 것은 물론 水道用水로도 부적합 할뿐 아니라 더불어, 土質을 알카리성으로 變質시켜 농작물및 漁族에도 큰 피해를 줄수 있다.

또한 레미콘공장의 폐수를 종전의 재래식 방법으로 처리할경우 그 관리의 充實性에 따라 자연을 해치고 공해를 유발시킬 위험이 있으며, 그처리

비용도 기업운영에 영향을 미칠 정도로 막대한 경비가 소요 된다.

한정된 자원으로로서 골재의 부족은 해가 갈수록 심각해지고 있는 실정이며, 보존 되어야할 상수원까지 위협을 받고있는 실정이고 보면, 사회적으로 공해예방, 한정된 자원의 재활용, 기업의 경비절감의 차원에서 레미콘 폐기물의 골재, Sludge, 물, 모두를 재활용 해야 한다고 생각된다.

또한 완벽한 재활용을 위해 재활용 장치의 계속적인 연구, 개발, 보급이 되어져야함은 의심할 여지가 없다.

참 고 문 헌

1. 한국레미콘공업협회지 89년 9월호
2. 한국레미콘공업협회지 91년 9월호
3. 한국레미콘 기술세미나 (제7회) 지
4. 한국콘크리트학회지 89년12월호
5. 한국콘크리트학회 논문집 제4권 1호
6. 철근콘크리트구조학-대신도서출판

1992년도 가을학술발표회 개최 안내

본 학회의 1992년도 가을학술발표회 및 정기총회를 아래와 같이 개최하고자 하오니 많은 회원의 학술연구논문 발표를 바랍니다.

- 개최일 : 1992년 11월 7일(토)
- 장 소 : 충남대학교
- 발표논문 제출 마감일 : 1992년 10월 24일(토)

자세한 내용은 학회사무국(543-1916, 545-0199)으로 문의하시기 바랍니다.