

Remicon폐수 및 폐기물 처리시설 투자와 경제효과

박 기 청

〈동양시멘트 레미콘 기술부 부장〉

1. 서 론

최근에는 공해에 관한 것이 우리 생활에 중요한 일부분을 차지하고 있는 것이 사실이다.

내가 공해문제를 얼마나 발생시키고, 타에 의해서 내가 얼마나 공해의 피해를 당하고 있는지와는 생각과, 공해방지에 대한 행동을 요구하는 시점에 살아가고 있다.

공해는 나만의 문제가 아니라, 우리의 문제이며 나아가서 온 세계의 문제이고, 우리 후손에게 어떠한 상태로 물려줘야 할 것인가?

이러한 차원에서 공해문제를 다루어 가는 것이 현실이다. 정부에서는 투자를 장려하는 차원에서 일부 혜택을 주고 있으며, 업계에서는 폐기물을 재이용하면서 경제적 효과를 노리는 일석이조의 연구와 노력을 계속하고 있다.

Remicon이란 시간이 지나면 굳어 버리는 성질을 갖고 있기 때문에 출하후의 Batch plant의 Mixer와 Remicon truck drum 내외부에 부착되어 있는 잔존 Concrete를 필히 세척해야 하며 공사 현장에서 회수되는 Remicon을 처리해야만 한다.

이때에 폐수 및 폐기물이 발생한다. 이것을 환경 보전과 공해방지의 차원에서 처리해야 하는데, 처리시설 투자를 하거나 경제적으로

어려움이 예상되고, 시설투자를 안할때는 처리에 많은 어려움이 예상된다.

국가 규격인 KS에서도 1991년 7월 KS F 4009 개정에 의해 슬러지 수를 일정농도이하에서는 제사용하도록 개정되었다.

그러면 어떻게 품질에 영향을 주지 않고 일정농도를 유지하면서 재사용할 수 있을까?

최근에는 자동화가 잘되어 있어 사용하기에 용이하게 되어 있다.

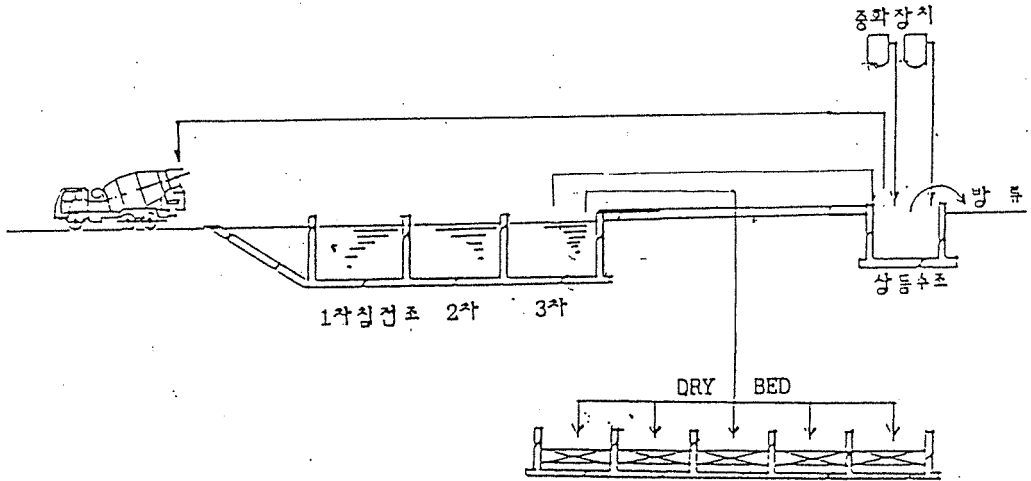
문제는 시설에 투자해야 경제적으로 득이될 수 있을까? 이러한 면에서 검토해 보고저 한다.

2. Remicon 혼합에 사용되는 물의 종류와 사용실태

물의 종류는 상수도 물, 상수도 이외의 물(하천수, 호수물, 저수지 수, 지하수, 공업용수)과 회수수(슬러지수, 상등수)이다.

상수도 물과 상수도 이외의 물은 우리가 일반적으로 사용하는 물이며 Batch plant mixer 세척수, 레미콘 트럭 드럼 세척수, 회수 레미콘 처리수 및 회수 빗물등을 회수수라 한다.

회수수는 레미콘을 생산하면 반드시 발생하는 것으로, 그 사용실태와 처리방법으로는 open system과 closed system이 있다.



공정 - 1. 상등수 중화처리

이 system의 구분은 변천과정에서는 구분이 다소 애매한 것도 있으나, 우선 크게 나누어 두 system으로 본다.

open system은 회수수 전량을 침전 중화시켜 외부로 배출하는 것을 말하고(공정-1) closed system의 변천과정을 살펴보면 4가지 방법이 있다.

하나는 회수되는 슬러지를 침전시켜 상등수만을 사용하고 침전물은 공해물로 외부로 반출하는 것과(공정-2), 둘째는 회수되는 슬러지수 중 조, 세골재는 선별해서 원료로 재사용하고 미립분은 침전시켜 공해물로 외부로 반출하고 상등수를 재 사용하는 것이며(공정-3), 셋째는 회수되는 슬러지수 중 조, 세골재는 선별해서 원료로 재사용하고 미립분은 물리적으로 분리시켜 케이크로 만든 후 공해물로 외부로 반출하고 상등수를 재 사용하는 것이며(공정-4), 넷째는 회수되는 슬러지수 중 조, 세골재를 선별해서 원료로 재사용함은 물론 미립분을 포함한 슬러지수를 일정농도이하로

조정시키면서 콘크리트 혼합수로서 전량 재사용하는 것을 말한다.

3. Remicon 공장에서 발생하는 폐수 및 폐기물의 량

폐수 및 폐기물의 발생량에 따라 공해방지 시설을 해야한다.¹⁾

폐수 및 폐기물이 발생하는 곳은 1항에서 언급한바와 같으며 이러한 곳에서 발생하는 량을 A공장의 예를 들어 산출하면 다음과 같다.

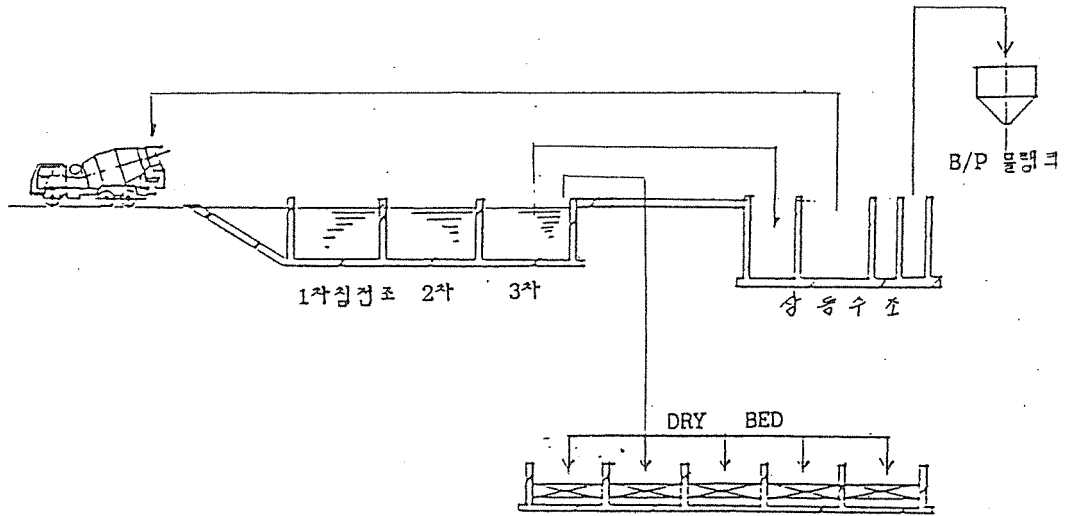
1) 레미콘 트럭에서 발생하는 량

보유대수 : $7\text{m}^3 \times 60\text{대}$

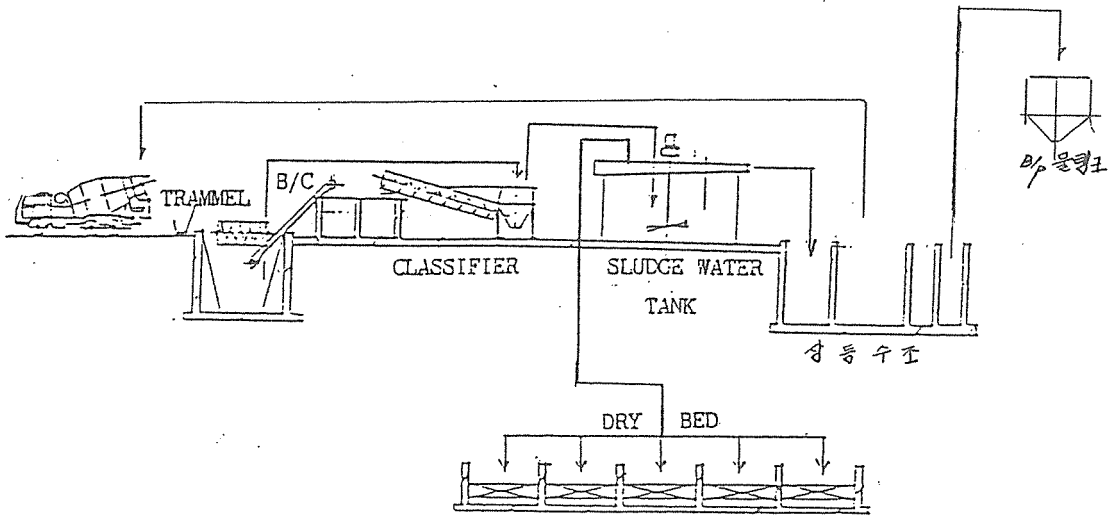
세척수량 : $1\text{회/일} \times 2\text{t/회} \times 60\text{대} = 120\text{t/일}$

세척수 2m^3 에 포함된 고흡분 구성비는 :

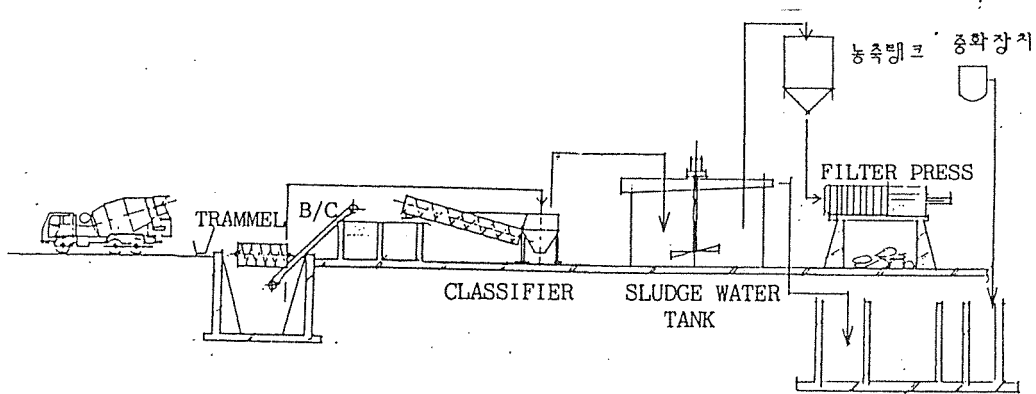
- 조골재 : 35kg
- 세골재 : 45kg
- 미립분 : 25kg



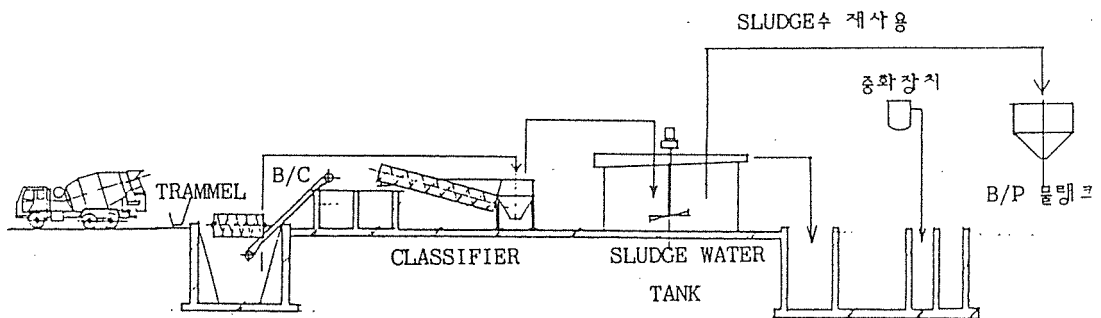
공정 - 2. 상등수 재활용



공정 - 3. 골재분리 도입



공정-4. 탈수기 도입



공정-5. 슬러지수 재활용

단위용적 중량 : $\begin{cases} \text{조골재} : 1,500\text{kg}/\text{m}^3 \\ \text{세골재} : 1,500\text{kg}/\text{m}^3 \\ \text{미립분} : 1,300\text{kg}/\text{m}^3 \end{cases}$

따라서 1일에 발생(회수)되는 량은

$$\text{조골재} : 60\text{대} \times 2\text{m}^3/\text{일} \times \frac{35\text{kg}}{2\text{m}^3} \div$$

$$1,500\text{kg}/\text{m}^3 = 1.4\text{m}^3/\text{일}$$

$$\text{세골재} : 60\text{대} \times 2\text{m}^3/\text{일} \times \frac{45\text{kg}}{2\text{m}^3} \div$$

$$1,500\text{kg}/\text{m}^3 = 1.8\text{m}^3/\text{일}$$

$$\text{미립분} : 60\text{대} \times 2\text{m}^3/\text{일} \times \frac{25\text{kg}}{2\text{m}^3} \div$$

$$1,300\text{kg}/\text{m}^3 = 1.2\text{m}^3/\text{일}$$

2) Batcher plant에서 발생되는 량

보유 기수 : $180\text{m}^3/\text{시간} \times 2\text{기}$

세척 수량 : $2\text{t}/\text{회} \times 2\text{회}/\text{일} \times 2\text{기} = 8\text{t}/\text{일}$

세척수 2m^3 에 포함된 고흡분 구성비는 :

$\begin{cases} \text{조골재} : 80\text{kg} \\ \text{세골재} : 110\text{kg} \\ \text{미립분} : 70\text{kg} \end{cases}$

따라서 1일에 발생(회수)되는 량은

$$\text{조골재} : 8\text{m}^3/\text{일} \times \frac{80\text{kg}}{2\text{m}^3} \div$$

$$1,500\text{kg}/\text{m}^3 = 0.2\text{m}^3/\text{일}$$

$$\begin{aligned} \text{세골재} &: 8\text{m}^3/\text{일} \times \frac{110\text{kg}}{2\text{m}^3} \div \\ & 1,500\text{kg}/\text{m}^3 = 0.3\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{미립분} &: 8\text{m}^3/\text{일} \times \frac{70\text{kg}}{2\text{m}^3} \div \\ & 1,300\text{kg}/\text{m}^3 = 0.2\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

3) 회수 레미콘 처리시 발생(회수)되는 량

회수 레미콘량 : 2m³/일

회수 레미콘 1m³의 고품분 구성비 평균치

- 는 : { 조골재 : 980kg
세골재 : 803kg
미립분 : 344kg

따라서 1일에 발생(회수)되는 량은

$$\begin{aligned} \text{조골재} &: 2\text{m}^3/\text{일} \times 980\text{kg}/\text{m}^3 \div 1,500\text{kg}/\text{m}^3 \\ & = 1.3\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

$$\text{세골재} : 2\text{m}^3/\text{일} \times 803\text{kg}/\text{m}^3 \div 1,500\text{kg}/\text{m}^3$$

$$= 1.1\text{m}^3/\text{일}$$

$$\begin{aligned} \text{미립분} &: 2\text{m}^3/\text{일} \times 344\text{kg}/\text{m}^3 \div 1,300\text{kg}/\text{m}^3 \\ & = 0.5\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

4) 따라서 전 과정에서 발생(회수)되는 총량은

$$\text{세척수량} : 120\text{t}/\text{일} + 8\text{t}/\text{일} = 128\text{t}/\text{일}$$

$$\begin{aligned} \text{조골재량} &: 1.4\text{m}^3/\text{일} + 0.2\text{m}^3/\text{일} \\ & + 1.3\text{m}^3/\text{일} = 2.9\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{세골재량} &: 1.8\text{m}^3/\text{일} + 0.3\text{m}^3/\text{일} \\ & + 1.1\text{m}^3/\text{일} = 3.2\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{미립분량} &: 1.2\text{m}^3/\text{일} + 0.2\text{m}^3/\text{일} \\ & + 0.5\text{m}^3/\text{일} = 1.9\text{m}^3/\text{일} \end{aligned}$$

5) 공정별 재료 사용조건 및 재료 재사용량과 폐기량

표-1. 공정별 재료 사용 조건

조 건 \ 공정별	공정-1	공정-2	공정-3	공정-4	공정-5
상등수 재이용	×	○	○	○	○
골재 재이용	×	×	○	○	○
회수 슬러지	×	×	×	×	○

(주) × : 사용 안함, ○ : 재사용함

표-2. 공정별 재료 재사용량 및 폐기량

공 정 별		(공정-1) 상등수 중화처리	(공정-2) 상등수 재활용	(공정-3) 골재분리기 도입	(공정-4) 탈수기 도입	(공정-5) 슬러지수 재활용
재 사 용 량	회수수(t/일)	○	128	128	128	128
	회수 조골재(m ³ /일)	○	○	2.9	2.9	2.9
	회수 세골재(m ³ /일)	○	○	3.1	3.1	3.1
	회수 슬러지(m ³ /일)	○	○	○	○	1.9
폐 기 량	중화 배출기(t/일)	128	○	○	○	○
	폐기 고품분(m ³ /일)	8	8	1.9	1.9	○

4. 폐수 및 폐기물 처리시설별 투자 및 설비 현황

레미콘 공장 설치시 공해방지 시설을 해야

만 허가를 득 할 수 있기 때문에 공해방지 시설을 필히 해야 하며, 그 시설은 처리공정 방식에 따라 투자비가 다르다.

각 공정별 설비 보유 조건 및 투자비는 다음과 같다.

표-3. 각 공정별 설비 보유조건

설비	공정별				
	공정-1	공정-2	공정-3	공정-4	공정-5
침전조	○	○	○		
배출수 중화처리	○	○	○	○	○
회수수 저장조		○	○	○	○
골재 회수			○	○	○
슬러지 탈수				○	
슬러지 농도조정					○

표-4. 각 공정별 공해방지 설비 투자비 현황

구분	내용	설치금액	비고
open system	1. 상등수 중화처리 1, 2, 3차 침전조를 통하여 침전후 침전물(모래, 자갈, 미립분)폐기, 상등수 중화 처리후 방류	4천만원	공정-1
closed system	2. 상등수 재활용 1, 2, 3차 침전조를 통하여 침전후 침전물(모래, 자갈, 미립분)폐기, 상등수 B/P 재활용	5천만원	공정-2
	3. 골재분리 도입 Trammel 및 Classifier cyclone를 통하여 모래, 자갈을 분리한 다음 슬러지수를 침전 시켜서 * 상등수 재활용 * 슬러지수 건조후 폐기	1억1천만원	공정-3
	4. 탈수기 도입 슬러지수 다량 발생에 따른 보완으로 탈수기를 이용 슬러지 cake화 시켜 * 상등수 재활용 * 슬러지수 발생 부피 축소	1억 4천 5백만원	공정-4
	5. 슬러지수 재활용 슬러지수 재활용이 공식화 됨에 따라 농도계 도입 슬러지수 재활용을 위한 농도조정 B/P 송부 line 신설	1억2천만원	공정-5

5. 공정별 폐수 및 폐기물 처리 난이도 및 문제점

1) 공정-1

상등수는 중화처리해서 외부로 배출하는데

그 수중에 아직 공해물질이 상존하고 있는 것이며 침전물은 다량의 수분이 함유되어 있어 그대로는 외부 반출이 불가능하며 자연 건조를 시켜야 하는데 그 과정이 장소 문제 주변 환경오염 문제등 어려운 문제들이 산적되어 있다.

2) 공정-2

상등수는 전량 재사용하므로 문제는 없으나, 침전물 처리의 문제점은 공정-1과 같다.

3) 공정-3

상등수와 회수 골재는 전량 재사용되므로 문제는 없으나, 미립분은 침전시킨후 처리는 공정-1보다 폐기물량은 적으나 자연 건조가 더욱 어려우며 장소 및 주변 환경문제는 공정-1과 같다.

4) 공정-4

상등수와 회수골재는 전량 재사용되므로 문제는 없으나, 미립분은 cake로 만들어 외부로 반출하기 때문에 그 처리량도 적고, 수분도 적으므로 처리는 용이하나, 운영비 및 외부로의 반출 비용이 발생한다.

5) 공정-5

전량 재사용하므로 문제는 없다. 단지 슬러지 농도에 따라 레미콘 품질에 영향을 주지나 않을까 염려할 수 있으나 자체시험 결과나 외국 문헌상에도 고품분이 시멘트의 1% 내에서는 레미콘 품질에 영향이 없는 것으로 되어 있다.

그러면 상기 공정에서 발생한 미립분량을 품질에 영향을 주지않고 전량 사용 가능한지 검토해 보면, 미립분 발생량은 : $1.9\text{m}^3/\text{일} \times 1,300\text{kg}/\text{m}^3 = 2470\text{kg}/\text{일}$

$\frac{\text{미립분량}}{\text{시멘트량}} = 1\%$ 면 품질에 영향이 없기 때문에 따라서 미립분량 2,470kg/일을 전량 소비하려면 시멘트량은 얼마이어야 하느냐는

$$\begin{aligned} \text{시멘트량} &= \text{미립분량} \div 0.01 \\ &= 2,470\text{kg}/\text{일} \div 0.01 \\ &= 247,000\text{kg}/\text{일} \end{aligned}$$

이 시멘트량으로 레미콘을 생산할 수 있는 량은 레미콘 1m^3 에 시멘트 $310\text{kg}/\text{m}^3$ 들어간다고 하면 $247,000\text{kg}/\text{일} \div 310\text{kg}/\text{m}^3 = 797\text{m}^3/\text{일}$ 이다.

상기 예의 공장 규모는 B/P $180\text{m}^3/\text{시간}$

$\times 2$ 기, 차량대수는 60대의 경우이므로 하루에 $800\text{m}^3/\text{일}$ 이상 출하 가능한 공장이므로 품질에 영향을 주지 않고 전량 처리가 가능하다.

6. 경제성 비교

앞에서 언급한 바와같이 레미콘 공장 설치 운영시 허가조건에 공해방지 시설을 해야하는데 어느 수준으로 하느냐를 경영 책임자는 생각하게 된다.

그래서 처리 공정별 경제성 비교를 해서 투자수준을 결정하는데 도움이 되었으면 한다. 비용 산출은 다음과 같다.

1) 공정-1

* 중화 처리비

공업용 황산 가격; $18\ell = 20,000\text{원}$

상등수 PH12에서 PH7로 중화하는데 소요되는 황산량은 : $0.16\text{ml}/100\text{ml}$ 상등수 따라서 상등수 128t 중화 처리비는

$$128,000\text{kg} \times 1,000\text{ml} = \frac{0.16\text{ml}}{100\text{ml}} \times$$

$$\frac{20,000\text{원}}{18,000\text{ml}} \times 30\text{일}/\text{일} = 6,827\text{천 원}/\text{일}$$

* 폐기 침전물 외부 반출비

1일 발생량 : $2.9 + 3.2 + 1.9 = 8\text{m}^3/\text{일}$

월 발생량 : $8 \times 30 = 240\text{m}^3/\text{월}$

반출비: 일위 대가 잔토 처리비; $6,618\text{원}/\text{m}^3$

$$240 \times 6,618 = 1,588,320\text{원}/\text{월}$$

* 용수비 : 물 사용량; 128t

공업 용수 단가; $45.6\text{원}/\text{t}$

$$128 \times 45.6 \times 30 = 175,104\text{원}/\text{월}$$

2) 공정-2

폐기 침전물 외부 반출비는 공정-1과 동일함.

상등수 재활용에 의한 절감액; $175,104\text{원}/\text{월}$

3) 공정-3

* 미립분 외부 반출비 :

월 발생량 ; $1.9 \times 30 = 57 \text{m}^3/\text{월}$
 반출비 ; $57 \times 6,618 = 377,226 \text{원}/\text{월}$

* 절감액 :

상등수 재활용 ; 175,104원/월
 조골재 단가 ; 8,942원/ m^3
 세골재 단가 ; 10,107원/ m^3
 조골재 회수 금액 ; $2.9 \times 30 \times 8,942 = 777,954 \text{원}/\text{월}$
 세골재 회수 금액 ; $3.2 \times 30 \times 10,170 = 976,320 \text{원}/\text{월}$

골재류 회수 금액 ; $777,954 + 976,320 = 1,754,274 \text{원}/\text{월}$

4) 공정 -4

* 미립분 외부 반출비 및 절감액은 공정 -3과 동일함.

5) 공정 -5

* 비용 발생은 없으며, 절감액은 공정 -3과 동일함.

6) 각 공정별 발생 금액은 다음과 같다.

표-5. 각 공정별 증감재료, 설비상환, 폐기재의 지출비용(월간)

(단위 ; 천원)

비 용		공 정				
		공정-1	공정-2	공정-3	공정-4	공정-5
증감의 원재료비	회 수 수	○	-175	-175	-175	-175
	회 수 골 재	○	○	-1,754	-1,754	-1,754
설비 상환액		4,091	5,550	11,193	14,754	12,211
배출수 중화비		6,827	○	○	○	○
잔토 처리비		1,588	1,588	377	377	○
합 계		12,506	6,963	9,641	13,203	10,283

* 설비 산출액 산출조건

- (1) 감가상각 방법 ;
정율법(11년, 상각율 0.189)
- (2) 이자율 ; 15%
- (3) 법인세율 ; 36.55%
- (4) 특별상각 ; 취득 금액의 90% 또는 세액 공제 10%

7. 결 론

1) 공정-1은 비용 발생이 두번째로 높고, 잔토 처리상의 어려움과 중화 처리후에도 방류수 중에 공해물질이 상존해 있어 바람직한 투자시설이라고 할 수 없다.

2) 공정-2는 비용이 제일 낮아 좋으나, 잔

토 처리중 공장주변 환경오염 및 공해유발 가능성이 있으므로 환경이 여의치 않는 곳에서는 바람직한 투자방법이 아니다.

3) 공정-3은 비용이 두번째로 낮으나, 잔토중 미립분 처리가 특히 어려우며 잘 건조 되지 않아 공장주변 환경오염 및 공해유발 가능성이 있으므로 환경이 여의치 않는 곳에서는 고려해야 한다.

4) 공정-4는 비용발생이 제일 많으며, 잔토 처리는 cake화 해서 용이하다.

5) 공정-5는 비용이 두번째로 많으나, 일체의 공해물질이 발생하지 않는다.

따라서 상기 조건을 감안해서 각 공장 여건에 맞는 것을 선택해서 투자하는 것이 바람직하며 우선 대 전제는 투자비용에 앞서 가능한

한 공해물질이 발생하지 않는 조건하에서 우리에게 적절한 것이 어떤 것인가를 고려해야 할 것이다.

끝으로, 상기 내용이 공해방지 시설투자에 도움이 되기를 바란다.

〈참 고 문 헌〉

1. 레미콘 폐수처리시설 개요. 1989. 12 콘크리트학회지

技術賞 制度實施

當協會에서는 레미콘에 관한 研究와 技術水準을 向上, 鼓吹함으로서 韓國 레미콘工業發展에 寄與하기 위하여 本施賞制度를 마련하였습니다.

會員社 여러분들의 적극적 참여있기를 바랍니다.

1. 施賞部門 : 當該年度 레미콘誌에 발표된 論文中에서 選定
가. 論文部門
나. 技術情報部門
2. 受賞資格 : 當協會 會員社 任職員
3. 受賞人員 : 2명 이내(각 부분별 1명씩)
4. 施賞日 : 1992년 1월초
5. 施賞內容 : 賞狀 및 副賞
6. 審 查 : 當協會 技術分科委員會
7. 其 他 : 상세한 내용은 當協會 기획과로 문의하시기 바람.

TEL. 566-7162, 7164

FAX. 554-7420