

레미콘 폐수처리시설 개요

朴 奇 淸
東洋시멘트 주식회사

1. 서 론

고도성장에 따라 레미콘의 수요는 급격한 속도로 증가되고 있다. 레미콘 공장은 대부분이 도시에 인접해 있으므로 공해방지와 환경보전을 위해 공장에서 배출되는 일체의 폐기물을 전량 회수하거나, 공장 밖으로 배출되지 않도록 Close-System을 채용해야 할 시기가 왔으며, 최근에는 식수의 오염 문제가 크게 부각되는 지점이므로 더욱 그러하다.

Sludge의 회수, 이용에 관해서는 일본을 위시해서 선진각국의 문헌에 나와 있듯이, 레미콘 공장에서 회수된 폐수와 Sludge는 그대로 콘크리트에 첨가할 수 있고, 특히 용수와 골재 공급난에 따라 이들 물질의 활용효과가 증대되고 있는 추세이다.

2. 레미콘 공장의 배수와 회수골재의 BALANCE

잔사처리시설을 설치하기에 앞서 공장의 현황을 면밀히 검토해야 한다. 레미콘 출하량, Mixer Truck의 대수, 사용수량등을 정확히 파악해야 한다.

(Case--1)

- 1) 레미콘출하량 : 1,200M³
- 2) Mixer Truck : 7M³ × 60대
- 3) 세척방법
믹서트럭 : 1회/회 × 2M³

Plant Mixer 및 Hopper : 2회/일 × 2M³

단, 우수는 일부 회수되는 것으로 한다.

4) 배합비

구분	시멘트	물	모래	자갈	W/C	S/A	Slump
중량	305kg	185kg	833kg	989kg	60.7	45.7	12

단, 모래의 함수분 : 4.5% × 833 = 37.5kg

골재의 함수분 : 0%

수분조정이 된 연후의 실제배합은 다음과 같이 된다.

- (1) 시멘트 : 30.5kg
- (2) 물 : 147.5kg
- (3) 모래 : 870.5kg
- (4) 자갈 : 989kg

상기 제반조건하에서 하루 1,200M³의 레미콘 출하시의 물 Balance는 다음과 같다.

- (1) 레미콘 1,200M³용 배합수량(공장으로 반출)

$$147.5\text{kg}/\text{M}^3 \times 1,200\text{M}^3 = 177\text{Ton}$$

- (2) Mixer Truck 60대 세척용수량
2M³/대 × 60대 = 120Ton

- (3) Batcher Plant, Mixer 및 Hopper 세척용수
2M³ × 2회 = 4Ton

따라서 1,200M³ 출하시는 세척용수 124Ton 외에 청수를 53Ton, 계 177Ton을 공급해야 한다. 500M³출하시에는 세척용수로서 124Ton을 공급하고 침전수 50.25Ton을 회수, 순환시킴으

**1,200M³출하시	세척수 : 120+4=124Ton 첨가수량 : 177-124=53Ton	177Ton (배합수량)
**500M³출하시	세척수 : 120+4=124Ton 잉여수 : 124-73.75=50.25Ton	73.75Ton (배합수량)

로써 용수는 해결이 된다. 그러나, 순환시켜야 할 침전수는 출하량에 따라 Mixer Truck의 대수를 조정함으로써 Balance를 조정할 필요가 있다. 또한 출하현장에서 반응되는 레미콘이 발생했을 시에는 세척수량을 증가시켜 소량씩 세차수조에 방출해야 한다. 공차 중에 남은 콘크리트 량은 레미콘 배합, Slump, Mixer차의 조건(온도, 운전시간등)에 따라 다르지만 평균적으로 볼때 고품물(시멘트, 모래, 자갈)로서 자갈 35%, 모래 45%, Sludge 25% 정도이다.

Mixer Truck 1대당 25kg의 Sludge가 회수되고 세척용수 2Ton/대/회를 사용한다고 하면,

$$\frac{25}{2,000+25} = \frac{25}{2,025} = 0.01234$$

즉, 약 1.2%의 농도가 된다.

반송레미콘이 있을 경우에는 반송량에 따라서 Sludge의 농도가 15%이하 정도를 줄여서 방출하고 전체의 농도를 조정해야 한다. 대체적으로 전체 Sludge농도는 5%를 최대치로 하거나 시멘트 중량(M³배합)의 3%를 최대치로 규제하는 것이 타당하다.

3. 세척배수의 회수 및 재이용설비 기준

1) 레미콘 Truck 및 Mixer를 세척한 배수는 공장에서 일체 배출하지 않는다.

2) 세척수를 회수해서처리한 후 콘크리트 재료로써 재이용하기 위해서 충분한 용량을 갖추고 설비를 해야 한다. 교반조를 충분히 크게 해서 1일분 이상의 배수량을 확보할 수 있어야 한다.

3) 레미콘 Truck의 세차설비는 운반차의 보유대수, 세차의 횟수, 세차에 사용될 수량, 세 시간등을 고려해서 계획하고 사용해야 한다.

4) 세척배수로부터 세, 조골재로 분리해서 회수하게 세척, 분리, 저장설비가 필요하다. 회수 모래에 시멘트가 혼합되지 않도록 하고 회수 골재는 소량씩 혼합 사용해야 한다.

5) Sludge수는 일단 교반조, 침전조, 농축조 등에 저장하여 농도를 조정한다.

6) Sludge수는 재사용시 콘크리트의 Consistency, 강도, 건조, 수축등에 영향을 주므로 계획적으로 사용토록 유의해야 한다. Sludge고형물 1%에 대해서 시멘트 공급량은 1~1.5% 증가하고 세골재율은 0.5% 감소시킨다.

7) Sludge의 농도는 정확히 측정해서 관리해야 한다. 용적법, 중량법, 광투과법, 초음파법, 차압법등으로 자동연속기록방식이 바람직하다.(별첨참조)

8) 계량기에 공급하는 계통은 Sludge수와 청수를 구분해야 한다. Sludge는 순환방식으로 하여 pipe가 막히지 않도록 한다.

9) 세척배수의 회수와 재이용의 설비는 그 성능면에 있어서 확신할 수 있도록 만전을 기해야 하며 여러 단계에 걸쳐 시험을 거친 후 사용해야 한다.

10) 고장에 대비하고 과오가 없도록 유지관리에 유의해야 한다. 운전시는 물론 휴전시에 대비한 운전방법을 충분히 고려해야 한다.

4. 회수수 재이용 설비

원칙적으로 작업완료후 침전조는 비워 놓는 것이 좋다. 상수도의 공급수량은 출하량에 따라 추가보완하며 회수수를 먼저 이용한다. 침전조는 되도록 1일의 세차(전 차량)를 한 세척배수를 저장할 수 있는 용량을 가져야 한다.

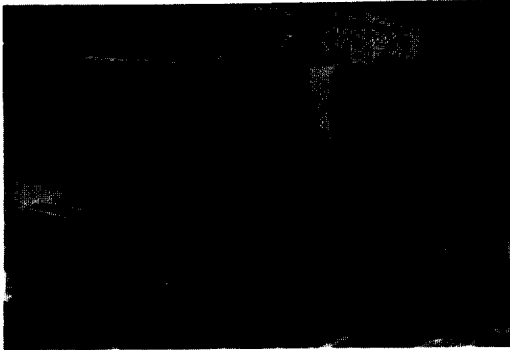


사진 1. 폐수처리장 세차슈트



사진 3. P₂ 탱크 및 P₂ 펌프



사진 2. P₁ 탱크 및 P₁ 펌프

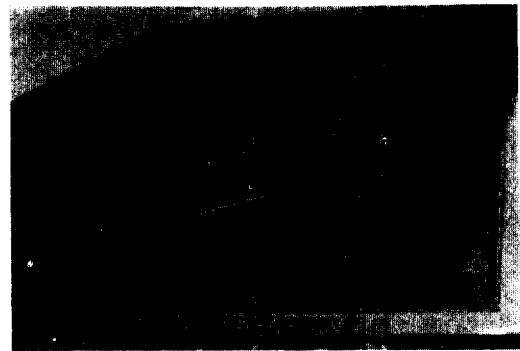


사진 4. 모래운반(배출) 크라스파이어

5. 회수수 재이용 설비 점검표

1) Trammel

가. Screen 의 눈이 메지 않았는가?

적량의 세수가 되고 있는가?

Screen 의 손상은 없는가?

나. 골재의 분급, 탈수는 잘 되는가?

다. 잡음은 나지 않는가?

라. Bearing 에 주유는 충분한가?

마. 가동시 전류계는 정상인가?

2) Spiral classifier

가. Pool 내에 이물질이 들어있지 않은가?

나. Screw 와 Shaft 에 이상이 없는가?

다. Chute 부분에 부착물이 없는가?

라. 모래중에 시멘트의 수화물이 혼입되지 않는가?

마. 세척배수의 공급량이 적정인가?

바. Sludge Chute 에 콘크리트 손상은 없는가?

사. 전류계는 정상인가?

아. 작업종료후에는 물은 완전히 배출해 두었는가?

3) 교반기와 교반조

가. 이상잡음은 없는가?

Belt 는 적당히 담겨져 있는가?

나. 감속기의 급유는 적당한가?

다. 교반조 저부와 측부에 Sludge 가 퇴적되어 있지 않은가?

라. 전류계는 정상인가?

4) Pump 류

가. Seal 로부터 새는 것이 없는가?

- 나. 토출량에 이상이 없는가?
- 다. Pump의 Impeller의 마모는 없는가?
- 라. 접지는 제대로 되어 있는가?

5) 배관류

- 가. 배관중에 폐쇄된 곳은 없는가?
- 나. Flexible Hose 등에 극결된 곳은 없는가?
- 다. 마모에 의한 누수는 없는가?

6) 침전조

- 가. Overflow 수가 정상타도인가?
- 나. Tank 내에 막힌 곳은 없는가?
- 다. 모래의 혼입은 없는가?
- 라. 1일 1회 완전배출(25Ton Tank)을 원칙으로 내부점검을 하고 있는가?
- 마. 하부의 Pinch Valve는 정상적으로 작동되고 있는가?

7) 저장조

- 가. 저장조의 저부에 침전물은 없는가?
- 나. 상등수 재이용시의 흡수구가 폐쇄되지 않았는가?
- 다. 상면에 거품이나 이물이 부양되지 않는가?

8) 계량(Head Tank)

- 가. 계량밸브의 폐쇄는 없는가?(슬러지수의 계량시간에 변화는 없는가?)
- 나. 계량밸브의 작동에 이상은 없는가?
- 다. 내벽에의 슬러지 고결은 없는가?
- 라. Overflow Pipe가 폐쇄되어 있지 않은가?

9) 슬러지수의 분리농축(Sinkener)

- 가. Overflow 수가 정상타도이하인가?
- 나. 슬러지가 침전 응고하여 슬러지 Scrapper에 과부하가 걸리지 않는가?
- 다. 슬러지 배출구가 폐쇄되어 있지 않은가?
- 라. 슬러지 교반장치에 이상은 없는가?
- 마. 슬러지 농도가 이상적으로 높지 않은가?

- 바. 슬러지중 모래가 이상적으로 혼입되어 있지 않은가?
- 사. Sinkener 내에 슬러지가 퇴적, 고결해 있지 않은가?
- 아. 슬러지 Collector에 슬러지가 고결해 있지 않은가?

10) 슬러지수 농도 조정(농도조정기기)

- 가. 농도검출부의 스케링에 의한 농도측정의 정도가 저하하지 않는가?
- 나. Zero점의 조정은?
- 다. 간격의 조정은?
- 라. 표준출력의 조정은?
- 마. Calibration Curve의 확인은?

11) 여과프레스

- 가. 여과포의 막힘상태가 어떠한가?
- 나. 누수는 없는가?
- 다. 점프압 및 작동상태는 정상적인가?
- 라. 공기압은 정상적인가?

6. Sludge 수 처리장치 Material Balance 계산서(예)에 따른 Spec 검토

1) 산출기준

- (1) 출하량 : 1,200M³/일
- (2) Remicon Truck(7M³) : 60대
- (3) Remicon Truck 내부세척회수 : 1회/일
- (4) Remicon Truck 내부세척수량 : 2M³/일
- (5) Remicon Truck 차체세척회수 : 1회/일
- (6) Remicon Truck 차체세척수량 : 0.3M³/회
- (7) 회수 Remicon 량 : 2M³/일 (Sludge 500kg/M³)
- (8) 배합비 : 2의 4)항 참조.

2) Sludge 발생량

- (1) Remicon Truck 내부세척에 의해 : 60대 × 25kg × 1회/일 = 1,500kg
- 25kg은 레미콘트럭 세차시 발생하는

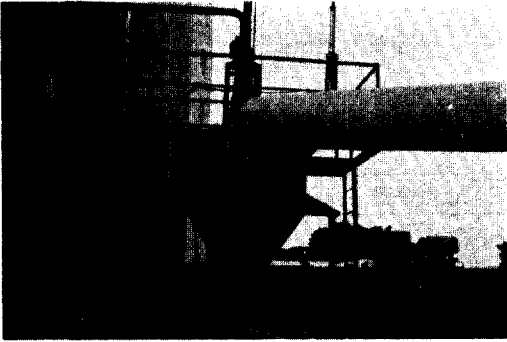


사진 5. P₂ 탱크 모래 선별 사이크론

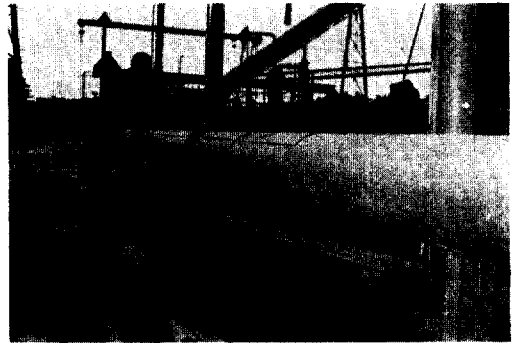


사진 9. P₂ 탱크 회수수로



사진 6. P₃ 탱크(스러지 탱크 및 아지테이터)

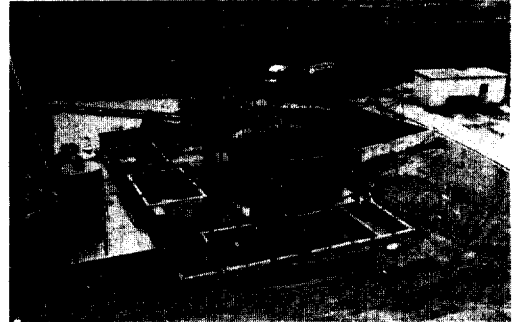


사진 10. 폐수처리장 전경

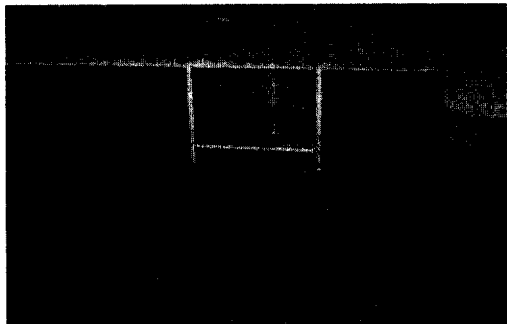


사진 7. P₃ 탱크 아지테이팅



사진 11. P₄ 탱크 농도계판넬



사진 8. P₄ 탱크 및 농도계

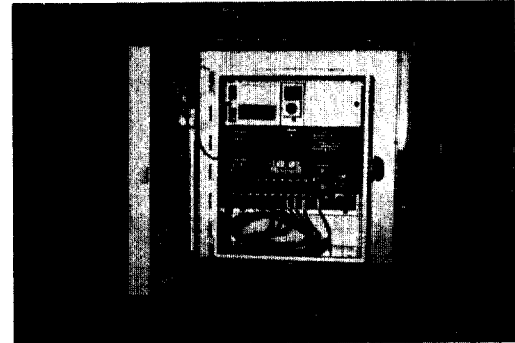


사진 12. P/P 수제실 농도계 판넬

Sludge 량임.

- (2) 회수 레미콘 : $500\text{kg} \times 2\text{M}^3 = 1,000\text{kg}$
 500kg은 1M³회수 레미콘중의 Sludge 량임.
 합계 $1,500 + 1,000 = 2,500\text{kg}$

3) Sludge 소비량

단위 시멘트량은 305kg이고 이것에 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%의 고형분을 Mixing용으로 사용시 각각의 소비량은 다음과 같다.

고형분율(%)	출하량(/일)	단위시멘트량(kg)	Sludge량(kg)
0.5	1,200	305	1,830
1	"	"	3,660
1.5	"	"	5,490
2	"	"	7,320
2.5	"	"	9,150
3	"	"	10,980

* 출하량을 1,200M³/일로 했을 때 단위 시멘트량에 대해 1%의 Sludge 고형분을 사용하면 발생한 Sludge는 소비된다.

4) 회수수 발생량

- (1) Remicon Truck 내부세척에 의해
 $60\text{대} \times 2\text{M}^3 \times 1\text{회} = 120\text{M}^3$
 (2) Remicon Truck 차체세척에 의해
 $60\text{대} \times 0.3\text{M}^3 \times 1\text{회} = 18\text{M}^3$
 (3) 회수레미콘 처리수
 $2 \times 9\text{M}^3 = 18\text{M}^3$
 (4) B/P 및 기타 세척수 $\frac{20\text{M}^3}{\text{제}} 176\text{M}^3$

5) 회수수 소비량

소비수량 : $1,200 \times 147.5 = 177\text{Ton}$

6) 잔여 회수수량(상등수)

$176 - 177 \approx 0 \text{ Ton}$

잔여 상등수가 없으므로 소요청수는 177Ton

계속 공급해야 한다.

7) 사용 Sludge 수의 농도

소비수량	고형분율(%)	수농도(%)
177	0.5	1
"	1	2.1
"	1.5	3.1
"	2	4.1
"	2.5	5.2
"	3	6.2

* Sludge 발생한 고형분 2,500kg은 사용 Sludge 수 농도로는 2%이하이며 고형분율은 1%이하이다.

8) 소요 Lane 수

세차 Lane 수는 Remicon Truck 1대당 세차시간을 20분으로 하면 총소요 세차시간은 60대 \times 20분 = 1,200분(20시간), 1회 평균운반소요시간을 3시간으로 할때 180분 이내에 세차를 전부 마쳐야 세차장에서 정체시간이 없을것임. 따라서 소요 Lane 수는 1 Lane 처리대수 :

$$\frac{180}{20} = 9\text{대/Lane} \therefore \frac{60\text{대}}{9\text{대/Lane}} \approx 7 \text{ Lane}$$

* Lane 수 결정은 차량대수, 1회운반소요시간, 세차소요시간에 따라서 결정됨.

9) 배수처리능력

저녁에 회수수 발생량 : 176M³
 처리능력 :

$$\frac{176\text{M}^3}{180\text{Min}} = 0.98\text{M}^3/\text{Min} \rightarrow 1.2\text{M}^3/\text{Min}$$

* 배수처리능력은 1회운반소요시간에 따라 (72M³/Hr) 달라질 수 있음.

10) Sludge 수조의 검토

A : Sludge 수 발생량 : 176M³

B : 따라서 Sludge 수조 유효용량은(상등수 배출상부 Level 까지)

(1) 1일 발생한 Sludge 수 농도에 따라 배합 보정해서 사용할 경우는 200M³이던 되나,

(2) Sludge 수 농도를 일정하게 유지사용할려면

Sludge 수 발생량 저장수조 : 200M³

Sludge 농도 조정등 수조 : 200M³가 있어야 함.

단, 잉여 Sludge 는 Cake 화 해야 한다. (회수 Remicon 이 많거나, 전, 후일의 출하량 차가 많을시)

C. 출하에 의한 Sludge 수 소비량 : 177M³

* B>C로 Sludge 수는 사용된다.

* Overflow 에 의해 상등수가 회수되는 양은 176-177≒0M³로 없으나 출하량에 따라 상등수량이 변하므로 200M³ 저장조가 있어야 한다.

11) Pump Capacity

P₁ Tank Pump : 1.5M³/Min

P₂ Tank Pump : 4.5<M³/Min(P₂ Pump 의 3 배 : Recycle 수 관제로)

Car Wash 수중 Pump : 2M³/Min(레미콘 트럭내부 세척용수 1대당 1분에 받을 수 있게 하기 위하여)

B/P 용 수중 Pump 는 B/P 용량에 따라 결정한다.

기타 Pump 는 관련 시설에 따라 결정한다.

12) Classifier 및 Trammel Capacity

(1) P₁ Pump Cap. : 4.5M³/Min

P₂ Pump Cap. : 1.5M³/Min

따라서 Recycle 수는 3M³/Min

(2) 페 레미콘 1M³에 회수수 9M³비율로 투여해야 하므로 따라서 Recycle 수 3M³에 처리될 수 있는 페 레미콘은 1:9=X:?. 따라서 X

=0.33M³/Min

(3) 따라서 2M³ 페 레미콘 처리소요시간은 2/0.33×60≒6분 소요되며 시간당 처리능력은 0.33×60≒20M³/Hr

(4) Classifier Capacity

20M³×833kg≒17Ton/Hr(20Ton/Hr)

(5) Trammel Capacity

20M³×989kg=20Ton/Hr(25Ton/Hr)

* 레미콘 회수수량에 따라 Classifier 및 Trammel Capacity 가 달라진다.

13) 일평균 모래, 자갈 회수량

* 모래 : 45kg×60대 2,700kg (세 차수에서)
2M³×833kg=1,666kg (페 레미콘에서)

계 : 약 4.4Ton

* 자갈 : 35kg×60대=2,100kg

2M³×989kg=1,978kg, 계 : 약 4.1Ton

7. 결 론

선진국에서는 오래전부터 환경보전 및 자원의 효율적인 이용의 측면에서 폐수처리 및 회수수 사용에 대한 규격을 제정하여 시행하고 있다.

한편 우리나라에서도 최근들어 수질오염문제를 비롯한 여러가지 공해문제가 범국민적으로 부각되고 있으며 따라서 이에 대응키위한 일환으로써 각 레미콘 공장에서도 공해방지시설이 다각적으로 검토, 추진되고 있는 실정이다.

이러한 시점에서 볼 때 본자료가 각 레미콘 공장에 조금이나마 보탬이 되었으면 하는 바람이며, 아울러 폐기되는 골재 및 Sludge 수를 재활용함으로써 폐기물 처리비 감소등의 경제적인 효과가 충분히 인식되므로 차기의 기회가 주어 진다면 경제적인 면을 구체적으로 검토하고자 한다.

측정방법	원리	정도	특징	문제점, 주의사항
용적법	* 시료를 일정량 메스실린더로 채취하고, 일정시간 방치후 침전물의 용적으로 농도용적(%)를 측정하여 미리 실험으로 구한 건조물(%)과의 환산표에 의해 중량농도로 환산한다.	* 고형물의 비중, 입자의 크기, 모래분혼입물, 슬러지의 재량, 수온에 의해 침강속도가 변하므로 정도가 나쁘다.	* 메스 실린더만 있으면 어디 서나 측정 가능.	* 오차가 크다. * 모래분 혼입물이 크게 변할 경우에는 특히 오차가 크다.
중량법	* 시료를 일정용적의 메스실린더에 채취, 직접 그 중량을 잰다. 예) 1000ml → 1026, 비중 : 1.026 비중과 건조물 농도와의 환산표로 농도를 찾는다.	* 계량정도내에서 정확	* 메스실린더와 저울만 있으면 임의로 측정가능. * 농도와의 관계 도시	* 정용적을 계량하는 정도에 좌우되므로 액면수평면적이 작은 용기를 선택. * 플라스크형, 나사형이 좋다. * 모래혼입물에 따른 Calibration curve 이용.
진조법 (1)	* 일정중량의 시료를 채취 105-110°C로 건조시킨 건조물의 중량을 직접 측정한다.	* 정도는 가장 높음.	* 건조에 시간을 요하므로 결과를 얻는데 시간이 걸리지만 가장 간단하다.	* 건조에 시간이 건립다. * 진자레인지, 직의선 랩프로 대강 수분을 증발시킨 후 건조로에 넣으면 시간이 단축된다.
진조법 (2)	* JIS K 0102 14-1 여과지에 의한 여과방법.	* 정도가 가장 높음.		
진조법 (3)	* 일정중량의 시료를 채취, 일정시간 방치후 decantation하여 상등수를 제거, 농축분물 건조 정량한다.	* decantation에 의한 suspension solid를 분리하는데 오차가 발생한다.	* 건조법(1)보다 시간이 빠르다.	* 오차를 발생시키기 쉽다. * 여과법에 의한측이 시간단축, 오차의 면에서 유리.
보오메의 비증체에 의한 방법	* 보오메의 유침을 사용하는 방법. * 비중과 건조물 농도와의 관계도에서 환산함.	* 상등수에는 좋지않 슬러지수에서는 측정이 어려워 오차도 크다.		* 슬러지수에서는 단시간에 침강이 시작되므로 신속히 할 필요가 있다.

자 동 축 정 도 는 조 정 방 법		비중계 (1)		슬러지수 수송 파이프 중간에 제량기구를 갖는 파이프를 장치, 파이프중을 흐르는 회수수의 농도변화에 대한 중량을 검출하여 농도를 나타냄.(연속 중량 표시)		연속조정정도는 스케밍에 의해 저하한다.		연속측정이 가능. * 장기간 운전에도 의한 내부부착의 염려가 있다.		* 제량부위의 파이프는 수평으로 되어있으므로 내부부착을 방지하기 위해 종종 동수할 필요가 있다.	
중 량		비중계 (2)		* 슬러지수 수송파이프 중간에 제량기구를 갖는 작은 용기로 유도하여 over flow 상태로 농도변화에 의한 중량을 검출하여 농도를 나타냄(중량 연속표시)		* 측정정도는 (3)보다 약간 낮다. * 연속조정정도는 스케밍에 의해 저하한다. * 슬러지수의 농도에 의해 단위시간유량에 차가 일어나 over flow 높이기 변함.		상 동		* 용기의 지부에 슬러지와 미사를 2시간마다 제거. * 정도를 높이기 위해 계속을 중단하고 Zero 점조정을 하고 또 용기의 용적을 크게할 필요가 있음.	
비중계 (3)		정용량 흡퍼에 Batch식 계량. 정중량이 되는 물뿔 슬러지수를 공급함. * 조정슬러지수는 전량 Batch 조정되게 된다.		* 측정정정도 양호. * 수일연속 사용해도 특히 안정.		* 조정시에는 전량계측됨. * 자동계량기록 원격지시 가능. * Batch식 계량이므로 조정량 이 정확히 기록됨. * 스케밍의 영향은 거의 없음.		* 기타 농축슬러지수만을 중량계량하여 자동 연산에 의해 유량계로 공급하는 방식도 있음.		* 펌프의 진동에 주의. * 관로내에서의 폐쇄가 일어나지않게 청소가 필요함. * 펄브류가 많고 조작, 점검, 청소가 복잡.	
치압방법		* 슬러지수를 원통형 치압감출 장치로 유도, 여기에 접속한 청수 파이프중의 청수와외 압력차에 의해 농도의 변화를 감지.				* 자동연속 기록원격지시 가능.		* 때때로 cell 내를 청소할 필요가 있음. * 모래의 색, 혼입물, 시멘트별로 calibration curve를 이용할 필요가 있음.		* 발진체의 수세방법을 고려할 필요가 있음.	
광투과법		* 슬러지수 수송파이프 중간에서 시료를 탁도계로 유도, 광전지에 의해 투과광선의 광전차량을 진류계로 증폭함. * 농도변화가 광전지령의 변화로 나타남.		* 모래의 혼입물, 모래의 색, 시멘트의 색에서 차이가 발생됨. * 측정기로서의 정도는 높지만 연속사용으로 스케밍에 의해 저하됨.		* 연속자동기록 및 원격지시가능.		* 연속자동기록 및 원격지시가능.		* 연속자동기록 및 원격지시가능.	
초음파법		* 회수수 수송중의 파이프 중간에 초음파발진체를 장치하여 농도변화에 의한 초음파의 투과도를 (dB)측정함. * 투과도와 농도의 환산표로 산출함.		* 슬러지수의 성질이 변화하지 않으면 상관성이 높음.		* 초음파발진체 (스텐레스)의 표면에 슬러지가 부착하면 오차가 발생함. * 연속측정 원격지시.		* 초음파발진체 (스텐레스)의 표면에 슬러지가 부착하면 오차가 발생함. * 연속측정 원격지시.		* 발진체의 수세방법을 고려할 필요가 있음.	