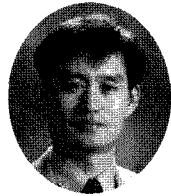


폐수처리설비



유지오
신흥대학

1. 기초사항

1.1 개요

터널공사에서는 굴착, 버럭의 운반, 숏크리트, 콘크리트 타설 등으로 인해 폐수가 발생한다. 따라서 현재 수질 오염 방지법이나 지방자치단체가 정하는 규제에 준하여 행정지도가 이루어지고 있다.

그러므로 공공용수의 오염방지를 위해서 터널공사 계획시 폐수처리에 대해서 고려를 하고, 공사착수전에 적절한 처리시설을 설치해야 할 필요가 있다.

1.2 폐수의 성분

1.2.1 폐수의 성질

터널공사로 인하여 발생하는 폐수는 토양중의 미세입자, 굴착으로 인한 분진, 굴착기와 버럭운반기에 의한 미립화된 흙 등의 혼입과 숏크리트와 콘크리트 타설, 약액 주입 등으로 인한 시멘트 및 주입제 등의 혼입, 그리고 터널 굴착용 기계 등에서 누출되는 기름이 혼입한 폐수가

발생하게 된다.

터널공사는 일반적으로 1~3년의 공사기간을 필요로 하기 때문에, 폐수를 직접 하천, 호수, 바다 등에 방류하면 수질오염을 발생시켜서 자연환경을 파괴할 우려가 있다.

1.2.2 폐수의 성분 및 영향을 미치는 인자

터널공사로 인하여 발생하는 폐수중 일반적으로 수질 오염에 문제가 되는 성분은 부유물질(SS)과 수소이온화(pH), 기름이다.

폐수중의 성분(SS, pH, 기름, 중금속류, 기타 유해물질)은 토질(암석의 종류와 그 성상, 용수의 수질과 용수량), 굴착방법(발파에 의한 방법, 기계굴착에 의한 방법), 배수방법(자연배수, 펌프에 의한 강제배수), 약액주입의 유무, 콘크리트 타설 등에 따라서 영향을 받기 때문에 한마디로 말하기는 어렵다. 이와 같은 성질은 폐수를 화학적, 기계적으로 처리할 때 여러차례에 걸쳐서 고려하여야 할 사항이다.

폐수의 성분과 이에 영향을 주는 인자를 표 1에 표시하였다.

표 1. 폐수의 성분과 영향을 미치는 인자

영향인자		폐수의 성분				
		SS	pH	기름	중금속	유해물질
토양의 성상	암석의 종류와 성상	○	○		○	
	용 수 량	○	○		○	
굴 착	발 파 굴 착 방 법	○		○		
	기 계 굴 착 방 법	○		○		
운 반 방 법	타 이 어 방 법	○		○		
	레 일 방 법	○		○		
지보·복공	뿔어붙임콘크리트		○			
	복 공 콘 크 리 트	○	○			
약액주입	있 음	○	○			○

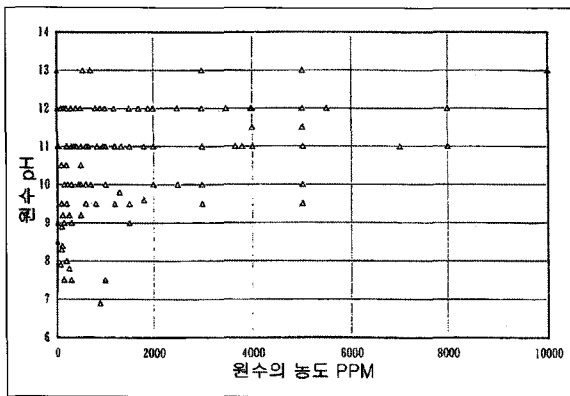


그림 1. 원수의 탁도와 pH의 관계

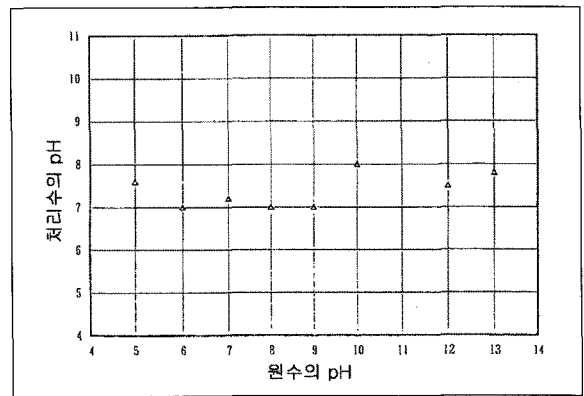


그림 2. 원수의 pH와 처리수의 pH관계

1.2.3 폐수량과 SS농도, pH

(1) 원수의 탁도와 원수량

원수의 탁도와 원수의 PH관계를 그림 1에 표시하였다.

(2) 원수의 pH와 처리수의 pH

원수의 pH와 처리수의 pH관계를 그림 2에 표시하였다 (터널공사의 가설비 등에 관한 조사 연구, (주)일본터널기술협회).

1.3 수질에 관한 법령 및 기준

1.3.1 법체계

폐수처리에 관한 법령에는 공해대책기본법에 따른 수

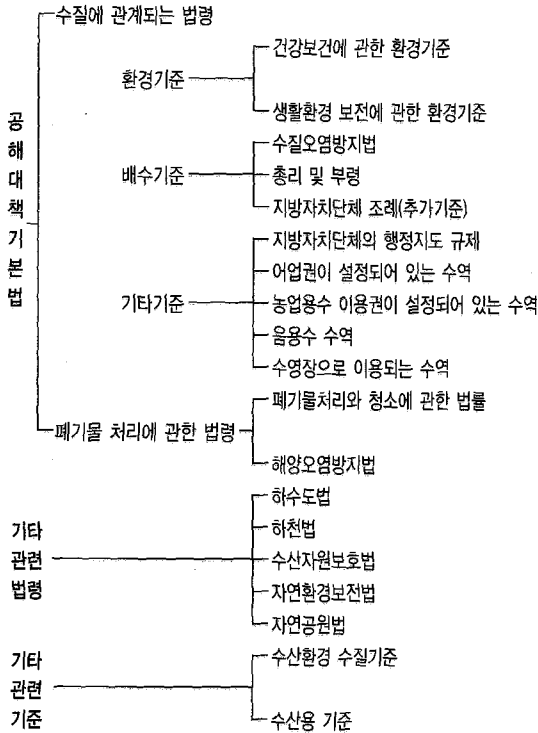
질오탁방지법, 폐기물의 처리와 청소에 관한 법률 등이 있고, 이들에 관한 부령·규칙·조례에 따라 배출기준치 등을 정하고 있다. 또한 기타 관련 법령·기준에 따라서 폐수의 수질을 규제하고 있다. 이들의 법체계는 표 2에 표시하였다.

공사를 계획 시공할 경우, 각종 법에서 정하는 기준치를 준수하는 것은 물론이며, 이외에도 공사로 인한 폐수량, 수질과 주변의 수생동물, 식물, 용수로의 이용, 미관 등 환경에 미치는 영향을 조사해서 악영향을 미치지 않는 배수 기준치를 검토하여야 한다.

1.3.2 배수의 수질기준

배수의 수질기준에 대하여는 공해대책기본법에 따르는

표 2. 폐수처리에 관한 기준



「환경기준」, 수질오염방지법에 기초한 「배수기준」, 또한 각 지방자치 단체의 공해방지조례 등에 따른 「추가기준」이 있다.

공해대책기본법 환경기준
 수질오염방지법 배수기준
 지방자치 단체의 공해방지조례 등 추가기준

공사를 시작하는 경우, 우선 수질오염방지법에 규정되어 있는 「배수기준」을 조사하고 다음에 지방자치단체의 조례에서 규정하고 있는 「추가기준」을 검토하여 공사중의 폐수를 이들 기준치 이하로 처리하여 배수한다.

다만, 공사중 폐수를 공공용수 수역(하천, 호소, 바다 등)이 아닌, 공공하수도(종말처리장을 설치하고 있는 곳)에 허가를 얻어 배수할 때에는 「하수도법」에서 정하는 기준치 이하로 처리하여 배수한다.

(1) 환경기준

환경기준은 하천 등 공공용수 수역에 대한 수질기준치로서 이는 정부와 지방자치단체가 달성하여 유지하여야 할 행정목표로서, 폐수 배출자에 대해서 직접 부과되는 배출기준은 아니다. 그러나 지자체는 법률 운용상 법적 규제기준으로서 준용할 경우도 있고, 또한 법률, 조례에 대한 배수기준을 지켜도 하천의 수량, 수질에 따라서는 환경 기준치를 상회하는 경우가 있기 때문에, 공사 착수 전에 행정당국, 수리권자, 어업권자와 충분히 논의 하여, 오염방지를 위한 배수 기준치를 정하는 것이 바람직하다.

환경기준은 ① 사람의 건강보전에 관한 환경기준과, ② 생활환경보전에 관한 환경기준(표 3 참조)의 2가지로 되어있다. 전자는 중금속 등의 유해물질에 관한 것으로서, 국가에서 일괄적으로 정해 놓고 있으며 후자는 수소이온농도(pH), 생물화학적 산소요구량(BOD), 부유물질량(SS) 등의 일반적인 오염에 관한 것으로서, 수경분류법(하천, 호소, 바다)에 따라 다르고 또한 유형 분류별(상수도, 수산, 공업 용수 등의 사용목적에 대응한 분류)에 따라서도 다르게 되어있다.

(2) 배수기준

배수기준이란, 환경기준을 지키기 위하여, 특정설비를 설치할 공장 또는 사업장으로부터 공공용수 수역에 배출되는 배출수의 규제기준을 정하기 위한 것이다. 이 기준은 배수시 최소한으로 지켜야 하는 기준으로 전국적으로 총리령에 의해서 일률적으로 정하고 있다.

수질오염방지법 시행령에 규정되어있는 특정시설 중에 건설시설은 포함되어 있지 않으나, 관련업종에는 다음의 시설을 하도록 지정되어있다.

- (가) 콘크리트 제조업에서 이용되는 배치프렌트
- (나) 석석업에 쓰이는 시설로서 수세식 파쇄시설, 수세식 분류시설
- (다) 자갈 채취업에 쓰이는 수세식 분류시설

상기 시설의 경우와 같은 특정시설은 배출 계획서를 지방자치단체장에게 제출하여야 한다. 그러므로 이들 업종

표 3. 생활환경 보전에 관한 환경기준(소화46 환경청)

이용목적		기 준 치				
		pH	BOD	SS	DO	대장균군수
AA	수도 1급, 자연환경보전 및 A이하	6.5 이상 8.5 이하	1ppm 이하	25ppm 이하 이하	7.5ppm 이상	50 MPN/ 100ml 이하
A	수도 2급, 수산 1급 및 B이하	6.5 이상 8.5 이하	2ppm 이하	25ppm 이하	7.5ppm 이상	1,000MPN/ 100ml 이하
B	수도 3급, 수산 2급 및 C이하	6.5 이상 8.5 이하	3ppm 이하	25ppm 이하	5ppm 이상	5,000MPN/ 100ml 이하
C	수도 3급, 공업용수 1급 및 D이하	6.5 이상 8.5 이하	5ppm 이하	50ppm 이하	5ppm 이상	-
D	공업용수 2급, 농업용수급 및 E이하	6.5 이상 8.5 이하	8ppm 이하	100ppm 이하	2ppm 이상	-
E	공업용수 3급, 환경보전	6.5 이상 8.5 이하	10ppm 이하	먼지 등 부유물이 없을 것	2ppm 이상	-

표 4. 배수기준에 정하는 총리부령(소화49 총리부령70. 일부개정)

항 목	허 용 한 도
수소이온농도 (수소지수)	해수를 제외한 공공용수 수역에 배출되는 경우, 5.8 이상 8.6 이하 해수로 배출되는 경우, 5.0 이상 9.0 이하
생물 화학적 산소요구량 (mg/l)	160(일일평균 120)
화학적 산소요구량 (mg/l)	160(일일평균 120)
부유물질량 (mg/l)	200(일일평균 150)
노말 헤기산 추출 물질함유량(mg/l) (광물성 유류 함유량)	5
노말 헤기산 추출 물질함유량(mg/l) (동식물성 유지 함유량)	30
페놀류 함유량(mg/l)	5

은 배수기준과 규정을 준수하지 않으면 안된다.

이를 위반하는 경우에는 배출수의 배출제한이나 개선 명령이 내려지고 또한 이에 불응하는 경우에는 처벌을 받게 된다.

그러나 일반적으로 건설업공사시설에 대해서는 특정시설을 하도록 지정되어 있지 않으나 이 법령에 따라서 배수처리를 하도록 일반적으로 요구하고 있다.

(3) 추가기준

수질오탁방지법 제3조 제3항에서 지방자치단체에 속하는 공공용수 수역중에서 자연적, 사회적 조건을 판단하여 전술한 배수기준으로는 인간의 건강을 보호하고 또한

생활환경을 보존하기에 불충분하다고 인정되는 지역의 경우에는 지방자치단체의 장이 그 지역에 배출되는 배출수의 오염상태에 대하여, 법령이 정하는 기준에 준하여 조례를 제정하여 정부가 전국에 일률적으로 정하는 기준보다 엄격하게 허용한도를 정하고 추가기준으로 할 수 있다.

일반적으로 지방자치단체는 공해방지법 조례 등을 제정하여, 각 지역에 적합한 추가기준을 설정하고 있다. 일부 지자체에서는 건설시공현장을 특정시설로서 지정하여 규제하고 있다. 또한 일부에서는 사업자와 지방자치단체가 공해방지협정 또는 환경보전협정을 체결하는 경우도 있어, 배수기준이나 추가기준 보다도 더욱 엄격히 배수조건을 정하고 있다.

2. 설비의 종류

2.1 침강양식의 분류

폐수 중에 함유되는 입자의 침강양상은 폐수의 농도, 입자의 성질(응집성, 입경), 액체의 성질(점성, 밀도)에 의하여 변한다. 이를 분류하면, (가) 단위입자 자유침강 (나) 응집성 자유침강 (다) 간섭침강(계면침강) (라) 압축침강의 네 가지로 분류된다.

2.1.1 단위입자 자유침강

현탁입자의 농도가 낮으며, 침강하고 있는 입자가 독립하여 다른 입자에 영향을 받지 않는 상태로 입자가 서로 응집하려는 성질(응집성)을 갖고 있지 않은 경우를 말한다.

단위입자에 작용하는 중력과 유체저항이 평형상태를 이룰 때에 종말침강속도에 도달하게 된다. 이와 같은 형태의 침강은 침사지나 자연 침전지에서 볼 수 있다.

2.1.2 응집성 자유침강

저농도의 현탁입자가 독립하여 침강하나, 개개의 입자의 침강속도가 서로 달라서 서로 부딪히게 된다. 이때 응집성이 있으면 입자가 뭉쳐져 더욱 큰 입자가 되어 침강하게 된다. 이와 같은 상태를 응집성 자유침강이라고 하며 응집침전지에서 볼 수 있다.

2.1.3 간섭침강

입자의 침강이 다른 입자와의 상호간섭에 의하여 자유침강보다 침강속도가 느려지는 침강을 말한다. 고농도에서 응집성이 있는 경우에 간섭이 심하게 발생하여 개개의 입자가 상대적으로 위치를 바꿀 수 없게 되어 집합적으로 일체가 된다. 즉, 계면침강의 형태가 된다. 침전지의 바닥 부근이나 농축조의 슬러지층에서 볼 수 있다.

2.1.4 압축침강

슬러지가 농축되어 개개의 입자가 서로 접촉하게 되어

상부입자의 중량에 의하여 바닥부분의 슬러지가 농축하는 현상으로 농축조에서 볼 수 있다.

2.2 침전 제거율

침전지의 침전 제거율을 구하려면 이상적인 침전자를 가정하여 구한다.

이상적인 침전지는 다음 조건을 충족하여야 한다.

- (가) 흐름의 방향이 수평이고, 침전대 모든 부분에서의 수평유속이 일정한 흐름을 유지하여야 한다.
- (나) 입경에 따른 현탁 입자의 농도는 유입부에서 침전부로 유입할 때 전체단면에서 균일한 상태임.
- (다) 침전대에 일단 침하한 입자는 재부상하지 않음.

2.3 부유물질(SS)의 응집침전처리

수중에 부유하고 있는 미세한 입자는 자연 침강만으로

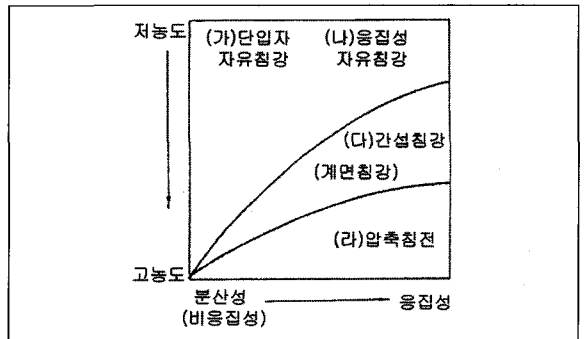


그림 3. 이상적인 침전지

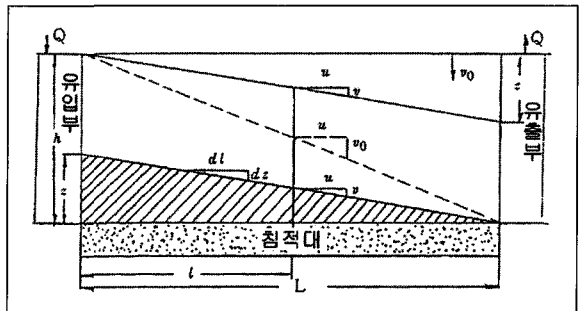


그림 4. 이상적인 침전지

표 5. 토양입자의 직경과 침강속도

토양입자의 직경(μm)	토양입자의 실비중 $G_s = 2.65$		1m침강하는데 소요되는 시간
	수	온 10°C	
1		0.0041	17일
5		0.10	17시간
10		0.41	4시간
74		22.6	4.4분

는 고액분리를 하는데, 장시간이 걸리게 되므로, 다량의 탁수를 처리할 경우에는 대용량의 침전지가 필요하게 되므로 현지상황에 따라서는 이와 같은 침전지의 설치가 불가능한 경우도 있다.

표 5에 표시하는 바와 같이 토양입자의 직경이 $10\mu\text{m}$ (10^{-3}cm) 이하이면 침강속도는 느려지게 되고 침강에 수 시간에서 부터 수일이 필요하게 된다.

일반적으로 자연상태의 폐수는 콜로이드 용액의 성질을 갖는 것이 많고, 부(-) 전하로 대전되어 서로 반발해서 안정상태로 존재하고 있다. 각 입자는 같은 이온으로 대전되어 있으므로 입자가 근접하면, 서로 반발하여 입자와 입자가 결합할 수 없어 응집작용이 일어나지 않는다. 그래서 응집제를 첨가하여 각 입자를 응집시키고 침강속도를 크게하여 소용량의 침강지에서 현탁물을 침강시켜 고액으로 분리하는 것이 응집침강 처리이다.

2.4 응집작용

현탁물을 응집시키는 방법은 (가) 응집제의 이온화에 의한 표면전위의 중화 (나) 응집제의 흡착에 의한 가교흡착 두가지 방법이 있다.

(가) 응집제의 이온화에 의한 표면전위의 중화

일반적으로 토양입자는 부(-)전하로 대전되어 있으므로 이를 중화하기 위해서는 양 전하를 갖는 응집제(무기응집제나 고분자 응집제, 가치온계)로 표면전위를 소실시켜 토양 입자의 상호간 반발력을 약화시켜 응집되기 쉽게 한다.

예를 들면, 무기응집제의 산화알루미늄은 수중에서 가

수분해를 하여 수산화알루미늄을 생성한다. 이 수산화알루미늄은 물의 pH에 따라 다른 여러 가지 중합체를 형성하여 토양입자를 흡착하고 정전하에 의해 입자의 전하를 중화한다.

토양입자의 표면전위는 pH에 의해서 변하고 전위를 0으로 하는 pH를 등전위점이라 한다. 용액의 pH가 등전위점에 가까워지면 표면전위는 소실되고, 응집이 시작된다.

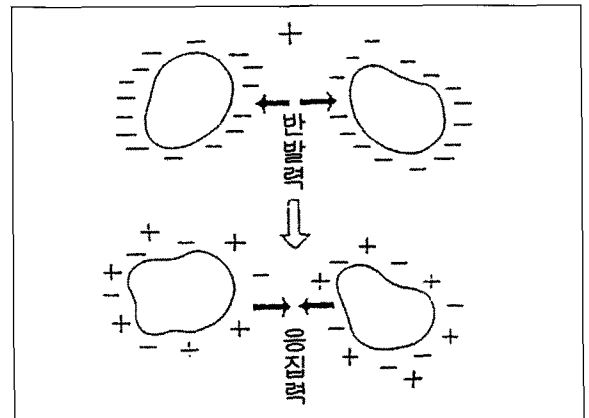


그림 5. 표면전위의 중화

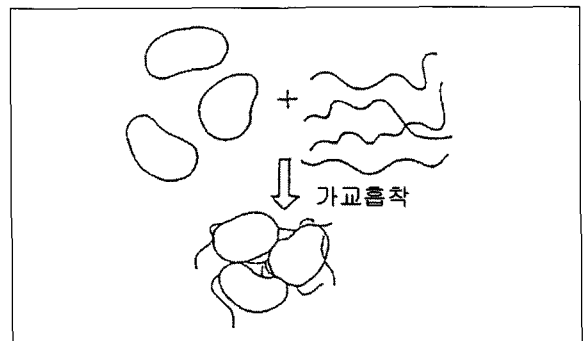


그림 6. 가교흡착

표 6. 주요 무기질계 응집제의 특징

분류	물 질	장 점	단 점
알루미늄염	산화알루미늄 폴리염화알루미늄	1. 경제적인 2. 탁도, 색도, 조류와 대부분의 현탁물에 유효 3. 독성이 없음 4. 결정은 부식성이나 격성이 없음	1. 고형화물이 가벼움 2. 적정 pH범위가 비교적 좁음
산화철	산화 제2철 산화 제1철 염화 제2철 사염화티탄	1. 플록의 무거움, 침전이 용이함. 2. 경제적인	1. pH 9정도의 높은 pH가 아니면 완전하게 고형화물이 형성되지 않음 2. 부식성이 강함
아연	염화아연	1. 플록의 침강속도가 가장 빠름 2. 플록의 압축성이 좋고, 고농도의 슬러지를 얻을 수 있음 3. 여과가 쉬움	1. 독성이 있음

(나) 응집제의 흡착에 따른 가교흡착

현탁물의 토양입자를 응집시켜 보다 큰 플록(flock)을 형성하는 방법으로서 고분자 응집제에 의한 가교흡착 작용이 있다. 고분자가 토양입자를 연속적으로 흡착하여 토양 입자간을 연결한다. 고분자에 흡착된 토양입자가 랜덤한 운동을 하여 다른 고분자에 흡착한 입자와 결합하여 거대한 플록(육안으로 관찰할 정도의 입자)을 생성하여 침강을 쉽게 한다.

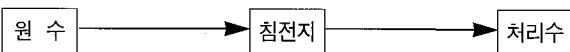
2.4.1 응집제의 종류와 특성

폐수중의 현탁미세입자를 응집시키는데 이용되는 응집제에는 수용성의 무기질 응집제와 고분자 응집제가 있다. 무기질 응집제의 특징을 표 6에 표시하였다.

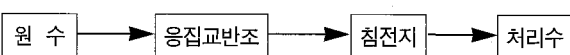
2.5 처리방식

폐수 처리방식은 다음 4가지 방식으로 대별된다.

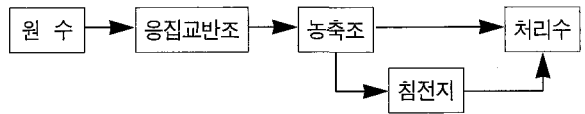
① 자연침전방식



② 응집 침전방식



③ 기계처리 침전방식



④ 기계처리 탈수방식

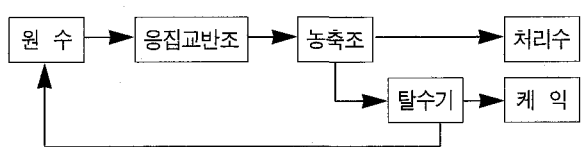


그림 7. 처리방식 개요도

2.5.1 자연침전방식

이 방식은 탁수중의 SS를 약품을 사용하지 않고 자유 침강시켜 상부의 물을 방류하는 가장 간단한 폐수처리 방식이나, 처리수의 SS는 100~200 PPM 정도까지이고 이 방식의 경우, 하류의 상황을 충분히 고려하여 계획할 필요가 있다.

2.5.2 응집침전방식

이 방식은 자연침전방식에 약품을 첨가해서 SS를 응집 처리시키는 방식이다.

침전지는 자연침전방식에 비하여 소규모이나, 약품첨가의약품탱크, 약품주입 펌프 등의 장치가 필요하다.

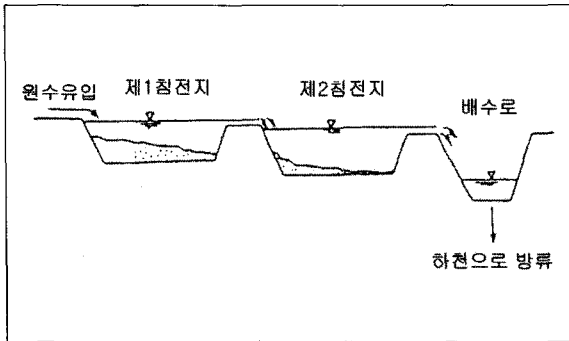


그림 8. 자연침전 방식의 개요도

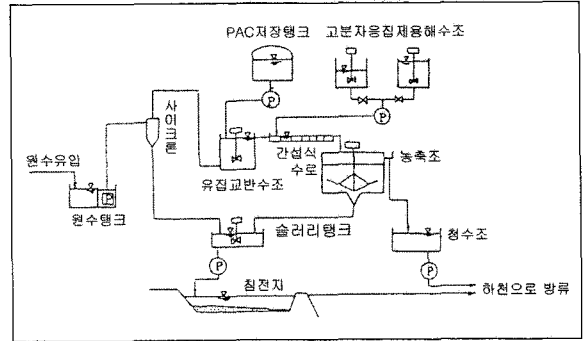


그림 10. 기계처리 침전방식의 개요

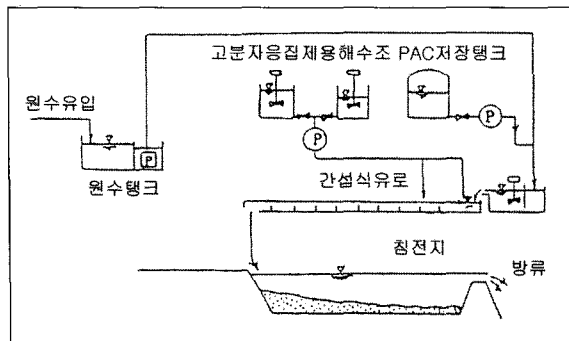


그림 9. 응집침전방식의 개요도

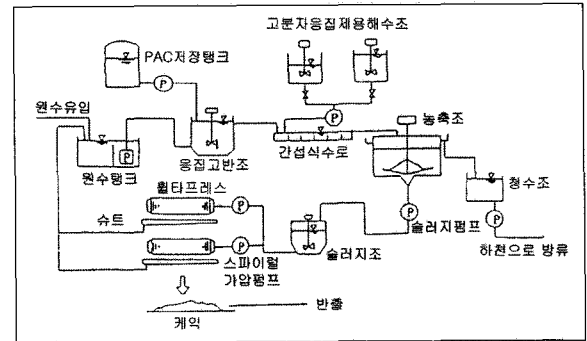


그림 11. 기계처리 탈수방식의 개요도

2.5.3 기계처리 침전방식

이 방식은 약품첨가 후 농축조에 의해서 응집침전시켜 처리수는 방류하고 응집침전오니(슬러지)는 침전지에서 처리하는 것이다.

농축조의 형상은 일반적으로 약 80%가 원형이며, 기타 갈퀴식이나 각형농축조가 사용되고 있다.

침전지는 구조적으로 자연침전방식의 것과 동일하지만 오니는 300%정도의 함수율을 갖으며, 슬러지의 총용량과 침전조에 발생하는 처리수의 량을 고려하여 용량을 결정하여야 한다.

2.5.4 기계처리 탈수방식

이 방식은 일반적으로 침전지를 얻을 수 없는 현장이나 대량의 오락수가 발생하는 경우에 농축조로 응집 침전시켜 발생하는 슬러지를 탈수기로 탈수하여 케익상의 고형물을 덩프 트럭 등으로 운반 처리하는 방식이다.

탈수기는 필터 프레스가 90%정도이며, 진공식이 일부 사용되고 있다. 또한 탈수기의 용량산정은 전처리로서 싸이크론 또는 침사지를 설치하여 입경이 큰 것을 미리 분리하는 경우도 있으므로 이 점을 고려할 필요가 있다.

2.6 처리설비의 구조와 특징

2.6.1 분급세척설비

이 설비는 완성품도 있으나 주문생산하며, 처리후의 상태를 고려하여 설계하게 된다.

(1) 침사지방식

이 방식은 폐수중에 있는 거친 입자를 자연침강시켜 분리시키는 비교적 간단한 처리방식으로서 건설공사에서 많이 이용되고 있다.

침전한 토사는 중기(크람셀, 트랙터 쇼벨 등)를 이용하여 버리는 방식과 버킷 콘베어 등을 이용하여 연속적으로

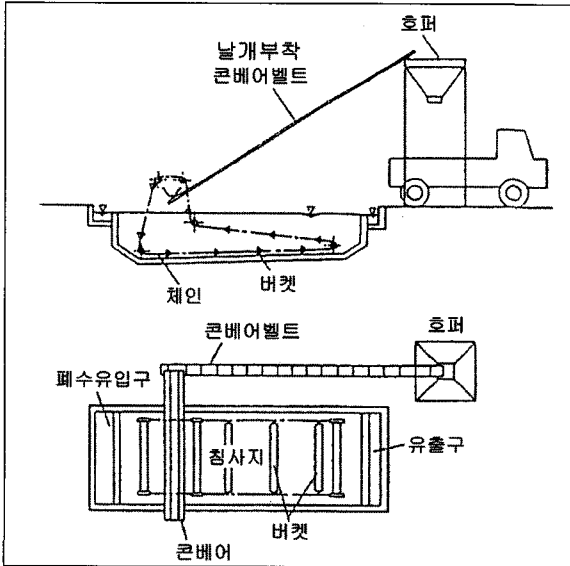


그림 12. 침사지(버킷 콘베어 벨트에 의한 배토)

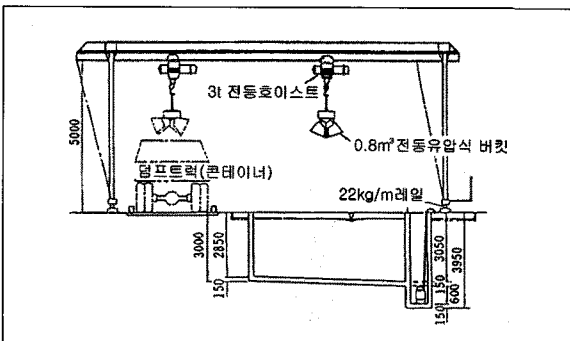


그림 13. 침사지(그라브 버킷에 의한 처리)

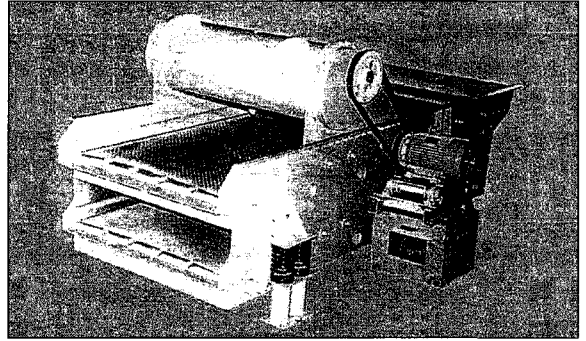


사진 1 진동 스크린의 한 예

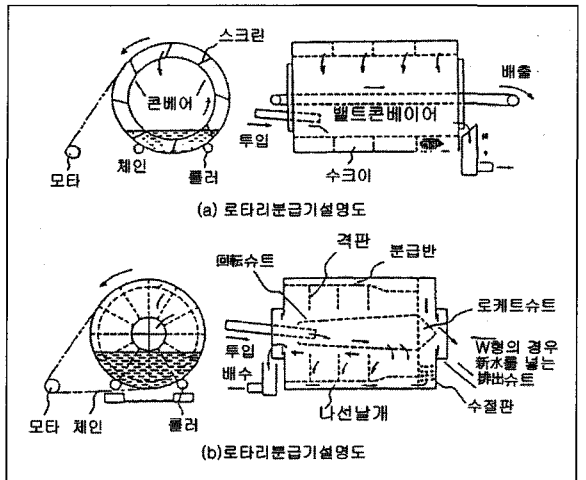


그림 14. 로타리 분급기

처리하는 방식이 있다.

자연침전에 의한 처리는 10 μ m 정도의 입자까지 가능토록 되어 있으나 일반적으로 침전에서 사용되는 경우, 분리입경 74 μ m(0.074mm) 이상의 모래성분을 대상으로 하고 있다.

그러나, 침강토사의 제거가 불충분하거나 침사지의 용량이 부족한 경우 및 난류현상의 영향을 받는 경우에는 이론과 같이 토사를 침강제거하지 못하는 경우가 많다.

(2) 기계처리방식

(가) 진동 스크린

진동하는 스크린위에 폐수를 투입하여 토사를 분리하

는 형식으로 폐수중의 1.0 mm 이상의 토사를 다량 함유할 경우, 이것을 제거하는 유효한 방식이다.

스크린이 경사져있는 있는 리프트로 후로 · 스크린, 스크린이 수평으로 되어있는 헤드 · 스크린 등 여러가지 형태가 있다.

(나) 로타리 분급기

회전하는 원관내에서 자연침강시켜 침전한 토사를 긁어올리는 형식으로 비교적 구조가 간단하나 분급정도는 낮다.

(다) 스파이럴 분급기

자연침강한 토사를 스파이럴 스크류로 긁어올리는 형식으로 구조가 간단하나 처리능력은 크지 않다.

(라) 액체 사이클론

액체 사이클론은 원심력을 이용한 분급기로서 소형으

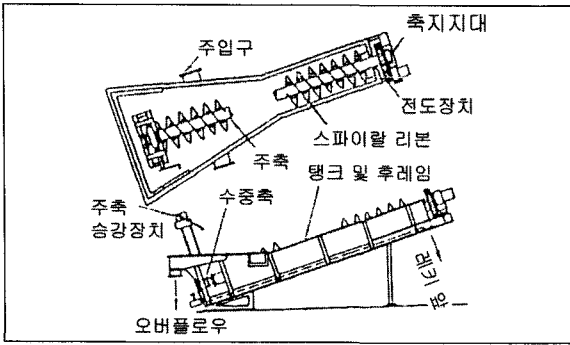


그림 15. 스파이럴 분급기

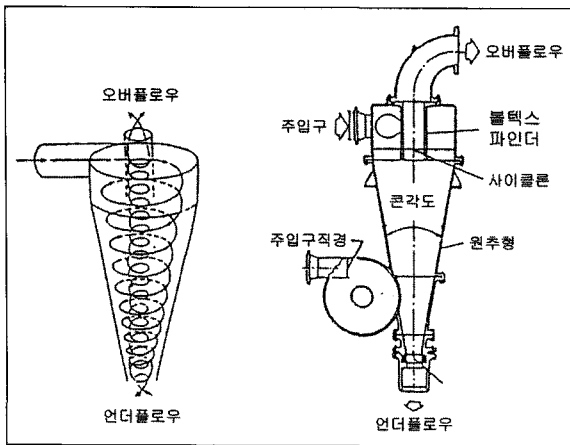


그림 16. 액체 사이클론의 개념도

로 가동부분이 없어 구조가 간단하나, 운전시 0.5~10 kgf/cm²의 유입압력을 필요로 하여 슬러지 펌프와 조합하여 사용하는 것이 보통이다.

직경 200~600 mm 정도의 대형 사이클론은 40~80 μ m 정도, 직경 75~200 mm 정도의 소형 사이클론은 15~40 μ m 정도의 분급에 사용된다.

소형 사이클론은 1기당 처리능력이 작기 때문에 다수의 유닛을 결합하여 사용하고 있다.

2.6.2 침강분리설비

(1) 농축방법

(가) 원형 농축조

농축조의 내부는 청징수 분리부와 침전부로 구성되어 있다. 응집제와 교반은 농축장치에 유입하기 전에 교반기

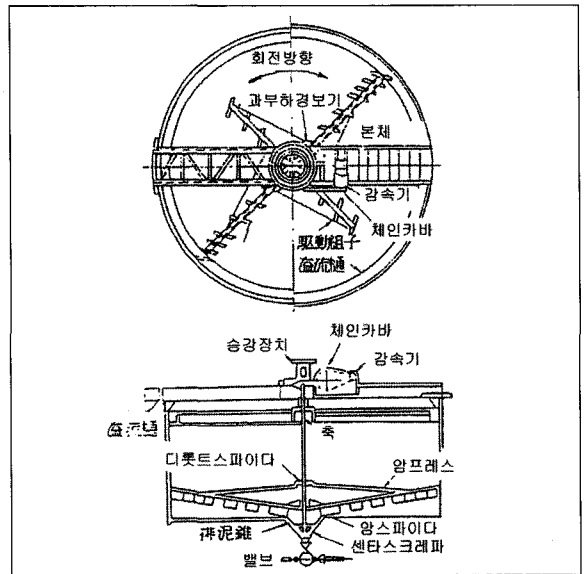


그림 17. 원형농축장치

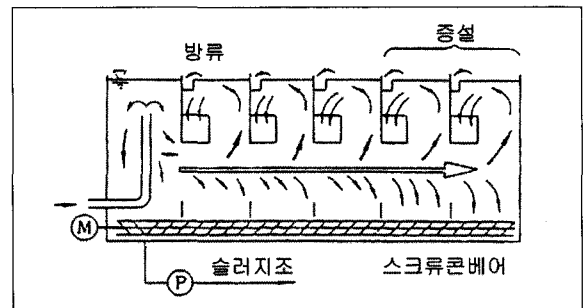


그림 18. 각형 농축조

를 하는 수조 또는 간접식 유로에서 이루어져 플록과 청징수(상징수)는 청징수 분리부에서 분리가 이루어진다. 즉, 액체와 입자의 고액분리가 이루어진다. 분리작용은 청징수의 상승유속과 플록의 지중에 의한 침강속도가 상호 작용하여 플록이 침강한다. 침강분리된 플록은 농축장치의 하부의 침전부에서 레이크(rake)에 의해 긁어 모아져서 배출구를 통해 슬러지 배출 펌프에 의하여 배출된다.

(나) 각형 농축조

농축조의 형상이 각형이고 한쪽으로 부터 응집시킨 원수가 유입되어 플록을 침강시켜, 하부에 설치된 스크류에 의해서 집적한다.

분리된 청징수는 오버플로우에 의해서 탱크로 부터 방

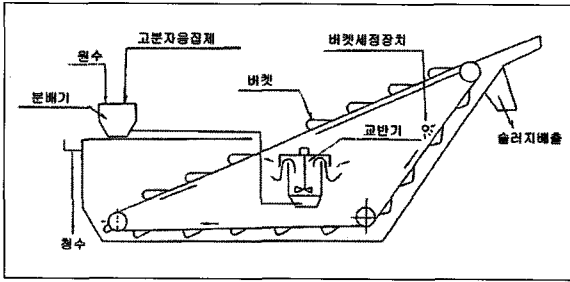


그림 19. 버킷형

출된다. 이 방식은 형상이 유니트화 되어 있어서 운반 및 조립이 간단하고 운용성이 우수하다.

(다) 버킷형

침전된 슬러지를 긁어 올리는 방식이다. 응집침강 분리조의 형태는 일반적으로 각형으로 탱크내부에 교반장치를 내장하고 있다. 버킷으로 긁어 올림과 동시에 수분을 제거하여 함수율이 75%정도의 안정된 슬러지를 얻을 수 있는 것이 특징이다. 일반적으로 골재 플랜트용으로 개발되어 소량을 정량처리하기 위한 고탁도의 폐수처리에 사용되고 있다.

버킷의 금속망의 막힘을 방지하고 보수하여야 하며 구동부분의 보수는 타 기종에 비하여 복잡하다.

특히, 약액주입작업이 예상되는 현장에서는 주입재료에 의한 금속망의 막힘이 발생 수 있다. 또한 한냉지에서는 동결에 의한 금속망의 막힘이 발생할 수 있다. 침강속도는 6~10 m/hr가 일반적이며, 수량변화에 대하여 여유용량이 적기 때문에 수량의 증대가 예상되는 경우는 선택에 주의를 할 필요가 있다.

(2) 침징방법

(가) 슬러지 블랭킷형

농축장치의 중앙부에 탁수와 고분자 응집제를 혼합하기 위한 교반장치를 갖고 있으나 침전물을 모으기 위한 장치는 갖지 않는 콘형이다. 응집침전 분리조의 형상은 원추형이며, 상승유속이 점차 낮아진다. 상승하는 유체의 유속과 플록의 침강속도가 평형상태를 이루게 되어 플록이 정체하고 있는 층을 정지 현탁층(슬러지 브랭킷트 존)

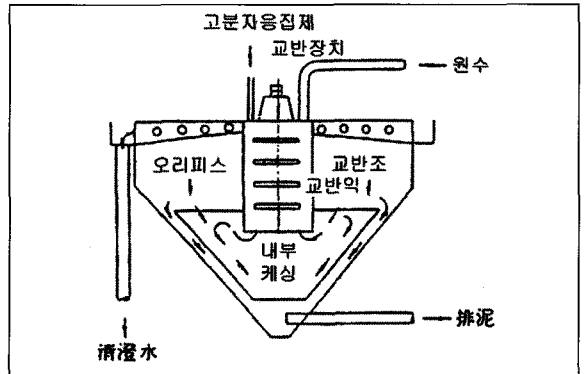


그림 20. 슬러지 브랭킷트

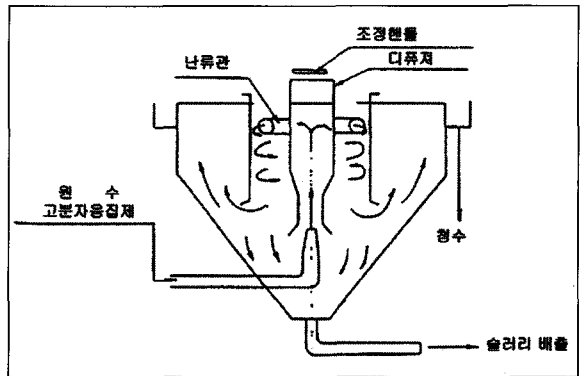


그림 21. 젯트 분리형

이라 한다. 이 존내에서 슬러지의 접촉으로 플록이 성장을 반복한다. 침강분리된 플록은 하단의 농축부에 모여져서 배출된다. 배출수의 탁도가 높을 경우에는 농축부에서 막히는 경우가 있어, 배출작업이 빈번하게 이루어지는 경우에는 이를 유의하지 않으면 안된다. 슬러지 펌프로 강제배출방식과 처리수의 수압의 자동개폐만으로 자연배수하는 방식이 있다.

(나) 젯트분리형

슬러지 브랭킷트 형의 일종이나 고분자 응집제와의 탁수 교반장치가 없으며, 탁수의 유입에너지(속도수두)를 이용하여 탁수와 응집제를 교반, 혼합, 반응하여 플록을 형성한다.

원추형의 침강분리조 중심부에 내통이 설치되어 있고 그 내부에 수직으로 디퓨저가 설치되어 있다. 응집제가 첨가된 폐수는 펌프에 의해 디퓨저 하부의 개구로 부터

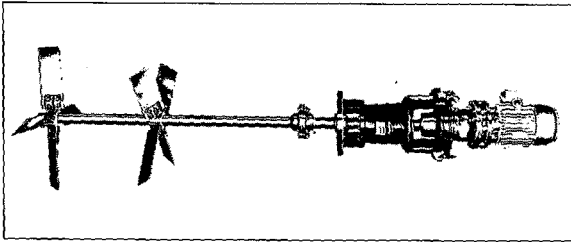


사진 2 전동교반기

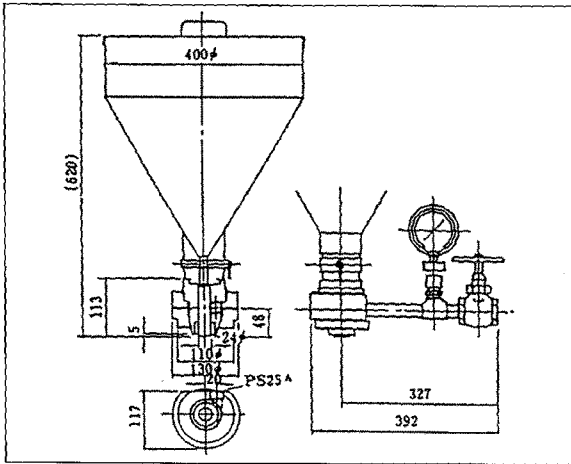


그림 22. 디스퍼스

분출되어 상승한다. 상승한 폐수는 디퓨저 상부에 설치되어 있는 여러개의 분류관으로 부터 동일방향으로 분출된다. 이 분류는 내통의 벽면에 부딪쳐서 선회류가 되어 통내부를 낙하하게 된다. 원통을 나온 폐수는 침강 분리조 내에서 고형물질과 물로 분리가 이루어진다. 원통내의 선회류의 유속은 교반혼합 조정 핸들의 조정에 의하여 바꿀 수가 있다. 이 유형의 특징은 수조내에 가동부분이 전혀 없는 것이다.

2.6.3 응집설비

응집제를 위한 설비로는 응집제의 저장설비, 용해설비, 원수와의 교반설비가 있다.

(1) 응집제 저장설비

(가) 무기응집제

무기응집제는 일반적으로 액체로 상태이기 때문에 원액저장 탱크를 설치한다. 용량은 현장의 지리적 상황에

대응하여 수주간 사용분량으로 하고, 탱크로리의 운반량도 고려하여 정하게 되나 원액을 희석하여 사용할 경우에는 별도로 일일 분의 용해저장탱크를 설치한다.

용기는 폴리에틸렌, 플라스틱제, 철제 등이 있고, 용해는 전동교반기를 사용하며 응집제를 첨가하기 위해서 유량가변펌프(정량펌프)가 필요하게 된다.

(나) 고분자 응집제

고분자 응집제는 일반적으로 분체로 포장되어 현장에 반입되므로 저장창고를 설치하여 습기가 적은 장소에 수개월 사용분을 저장한다. 이것은 500~2,000배로 물에 용해시키기 위하여 용해조가 필요하게 된다. 용해에는 2시간 정도가 필요하며, 일반적으로 용해조를 2개 설치하여 용해와 저장을 서로 번갈아 바꾸어 사용하고 있다. 용해조의 용량은 12시간~24시간으로 한다. 또한 제1용해소에서 용해시켜 제2용해소에서 희석하여 저장하는 경우도 있다.

분말을 용해조에 덩어리 형태로 투입하면 용해가 불가능하게 되므로 분말을 연속적으로 소량 공급하기 위해서 디스퍼즈(분배기)를 사용하는 것이 좋다. 단, 습기에 의해서 투입구가 막히지 않도록 노즐로 청소를 하지 않으면 안된다.

용기는 폴리에틸렌, 플라스틱, 철제 등이 있으며 용해할때는 전동교반기를 사용한다. 응집제를 첨가할 경우에는 유량가변펌프(정량펌프)가 필요하다.

(2) 응집제 교반설비

응집제를 원수에 첨가해서 플록을 형성시키기 위하여 충분히 혼합교반 시키지 않으면 안된다. 무기응집제를 첨가한 후에는 급속으로 교반시키고 고분자 응집제 첨가 후에는 저속으로 교반한다.

교반방법은 다음과 같다.

- ① 원형 또는 각형 탱크나 수로 중에 회전날개를 설치하여 교반한다.
- ② 관내에 라인믹서를 설치하고 교반한다.
- ③ 펌프의 토출 에너지를 이용해서 수조내에 난류를 받

생하여 교반한다.

- ④ 수조 내에 폭기관을 배치하여 공기로서 교반한다. (버블링 방식)
- ⑤ 수로중에 칸막이를 설치하거나 낙차를 이용하여 교반한다.
- ⑥ 관내의 펌프로 압송하거나 경사를 두어 난류를 이용하여 교반한다.

2.6.4 기계탈수설비

(1) 벨트필터

오리바 필터의 변형으로서 케익의 바리구간에 여포가 급격한 각도로 변하게 하여 탈수 케익이 칼날 없이 여포로부터 제거되도록 한다. 즉, 드럼의 외주면에서 분리되어 보드 및 바리롤러를 통과할 때 여포에서 박리되어 낙하한다. 여포는 분사노즐에 의해서 세정된 후에 리턴롤러를 거쳐 다시 드럼에 부착한다.

(2) 롤러 프레스

슬러리를 90~120 메쉬의 여포사이에 샌드위치 형태로 이송·가압하여 수분을 제거하는 방식이다. 롤러의 압력은 스크류 핸들에 의하여 조정된다. 일반적으로 이 기종은 고형물질이 미세한 경우, 탈수효과를 향상시키기 위하여 사용하며, 여포양단으로부터 슬러리가 누출되어 나오는 것을 방지하기 위해서 응집제에 의한 재조립이 필요하다. 탈수된 케익의 함수율은 60~80% 정도로서 필터 프레스에 비하여 함수율이 높다. 탈수성이 좋은 모래가 많

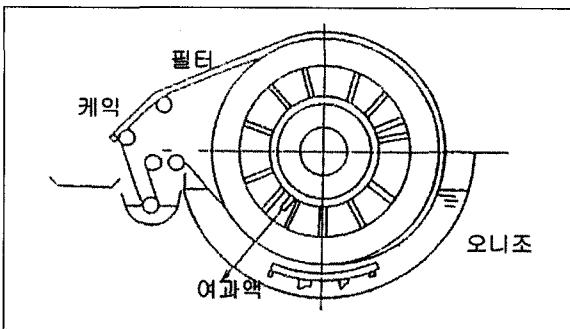


그림 23. 벨트 필터의 예

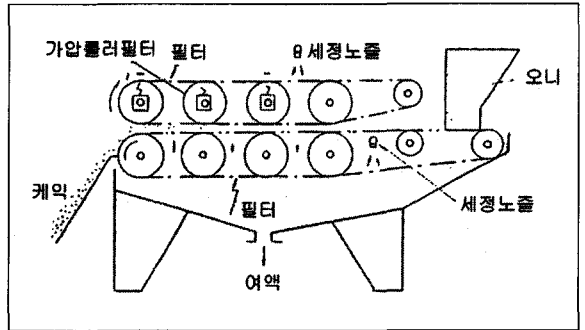


그림 24. 롤러 프레스의 예

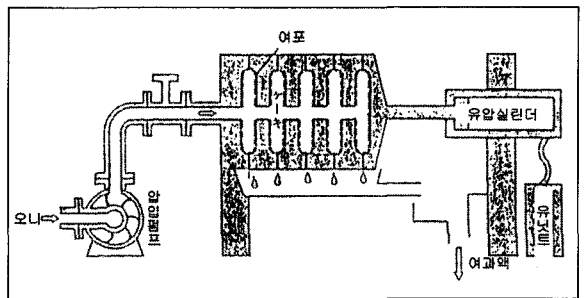


그림 25. 필터 프레스의 예

은 슬러지에 유효하며, 이압 또는 약액주입공사를 병용하는 현장에는 접합하지 않다. 여포는 탈수 종료 후 리턴하여 세정분사 노즐에 의해 물로 세정한다.

(3) 필터 프레스

금속제의 판에 여포(필터)를 친 장치를 병렬로 설치하여 실린더로 압착 가압하는 방식이다. 여포의 크기는 0.5~1.5 m의 정방형으로서 두께는 15~20 cm 매수는 20~100매 정도이다. 슬러리량과 탈수 사이클에 의하여 여포의 크기와 매수를 결정한다.

여과방식은 펌프로 여과판 중앙부에서 슬러리를 여과실내에 가압공급(센터투입)하여 여과한다. 여과압력은 통상 5.0~6.0kg/cm² 정도로서 함수율이 30~60%로 낮은 탈수 케익을 얻게 된다. 중앙의 투입구의 여과압력을 균등하게 유지하는 것이 여과판의 파손을 적게할 수 있다.

(4) 원심 탈수기(스크류 탈수형)

오니를 수평하게 설치한 회전 드럼내에 유도하고 드럼을

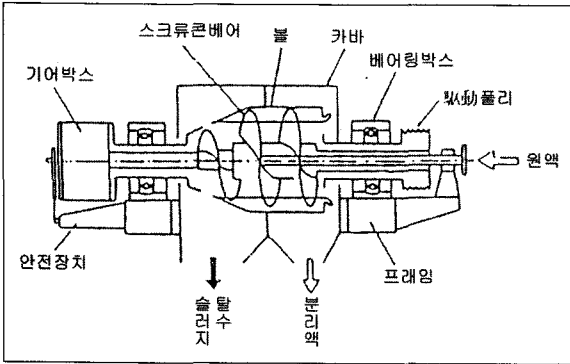


그림 26. 스크류형 탈수기

고속회전하여 원심력에 의하여 물과 고형물을 분리시켜 오니를 스크류 콘베어로 연속적으로 배출시키는 것이다.

탈수 케익의 함수율은 40~60%정도이나 체류시간이 짧아 분리수의 SS농도가 높고 고속이기 때문에 모래가 포함되어있는 경우에는 마모가 빠르다.

2.6.5 중화설비

(1) 장치의 종류와 구조

중화장치(pH 조정장치)는 알칼리성 또는 산성의 배수를 방류수계의 정해진 허용수치 보다 낮게 중화처리를 하기 위한 장치로서 대상으로 하는 배수가 알칼리성인 경우에는 산성액법과 탄산가스법, 산성인 경우에는 알칼리액법이 있다. 배수가 알칼리성과 산성인 경우에는 이를 조합하는 중화처리를 하게 된다. 터널공사의 경우는 일반적으로 콘크리트 타설에 의해서 발생하는 폐수가 알칼리성이기 때문에 종래에는 산성 중화법이 주로 이용되었으나, 최근에는 여러 가지로 장점이 있는 가스법이 주로 이용되고 있다.

배수처리에 있어 pH 제어는 아래의 조건을 검토하여 최적의 방법을 채택할 필요가 있다. 목표로 하는 pH수치에 따라서 시스템이 크게 달라지게 된다.

pH 제어 방법

- ON-OFF제어

pH검출기의 측정결과가 상한 및 하한 설정치를 초과하

면, 신호가 출력되고 점점출력을 이용해서 조절밸브의 개폐 또는 정량펌프의 운전정지가 된다.

- 비례제어

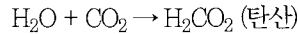
pH검출기의 측정출력신호를 비례설정기에 입력하고 그 출력으로 조절밸브의 개폐 또는 자동비례펌프를 동작시켜 제어를 한다.

- 케스케이드 제어

ON-OFF, 비례제어의 경우, 입력되는 입력치(유량, pH)가 변화한 때 pH계의 신호만으로는 제어가 곤란한 경우에, 유량계의 신호와 결합(케스케이드)하여 제어를 수행할 필요가 있으며, 밸브의 개도 또는 정유량 펌프의 회전수를 변경하는 제어를 행하게 된다.

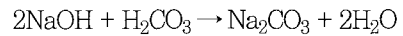
(2) 탄산가스법

CO₂는 물에 녹으면 탄산수가 되어 강산성을 띠게 된다.

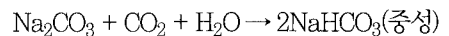


이 H₂CO₃가 알칼리성 물질과 반응해서 중화생성물이 되어 중성이 된다.

(예) NaOH (수산화 나트륨)



(알칼리) (강산)



중화설비는 밀폐된 수조의 바닥에서 탄산가스를 공기관을 통하여 방출하고 기포가 상승하여 중화반응을 일으키는 폭기방식과 수조의 상부로 부터 탄산가스를 공급함과 동시에 교반기로 교반하여 탄산가스를 접촉시켜 중화반응을 일으키는 면접촉방식이 있으며, 또한 원수 관로내에 라인믹서를 설치하여 탄산가스와 혼합하는 라인믹서방식이 있다.

(3) 산성액법

황산 또는 염산을 이용해서 알칼리성 배수를 중화하는 방식이다.

중화방식에는 수로 또는 수조에 익형 교반기를 설치하

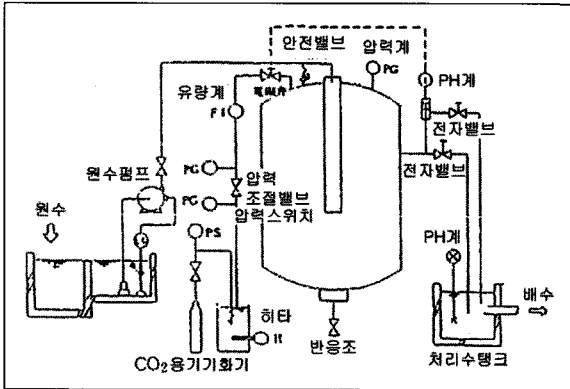


그림 27. 탱크방식

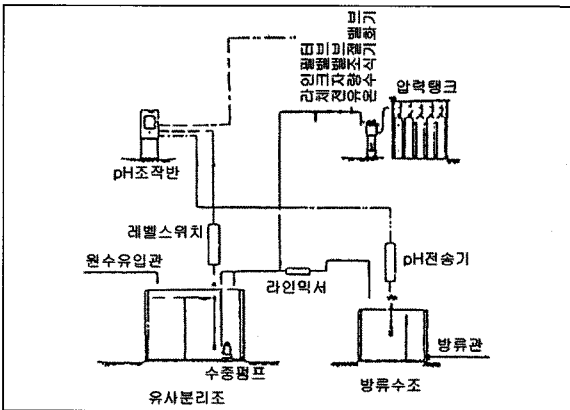


그림 28. 라인믹사방식

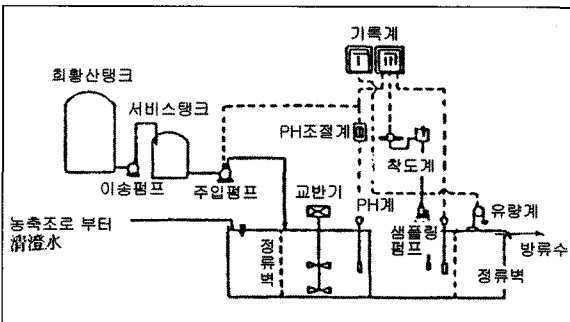


그림 29. 산성중화방식

고 중화반응을 시켜, pH검출한 후 방류하는 날개형교반방식과 관로내에 라인믹서를 설치하여 혼합·교반하는 방식, 라인믹서 교반방식과 이젝터를 통하여 공기를 흡입·분사하여 중화 탱크에 방류하는 분류교반 방식이 있다.

중화제어는 황산(희황산)을 이용한 날개형 교반방식을

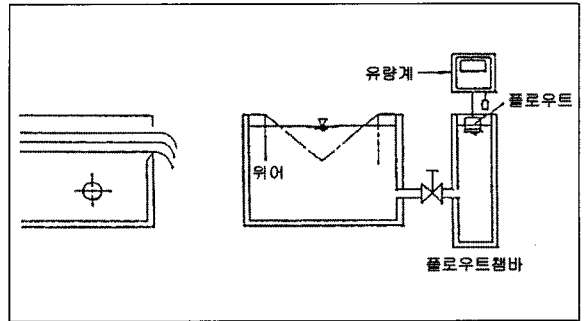


그림 30. 위어 유량계

채택하고 있다.

(4) 알칼리액법

탄산나트륨, 수산화 나트륨(가성소다), 수산화칼슘(소석회)을 이용하여 산성배수를 중화하는 방식이다.

일반적으로 터널배수는 콘크리트 타설에 의한 것으로 알칼리성이고 산성배수는 극히 드물다.

2.6.6 수질감시설비

(1) 유량측정장치

(가) 위어(weir)유량계

보수 관리상 제일 취급이 용이한 형식으로 비교적 설비비도 저렴하다. 그림 30은 위어형 유량계의 측정방법을 표시한 것이다.

유량을 자동기록하는 경우에는 전기적인 유량신호를 받아서 펜 레코더나 적산유량계 등에 기록하면 좋다. 그림 30은 도수관을 사이에 두고 플로트 챔버를 설치하고 있으나, 플로트를 직접 수면에 띄워서 측정하는 기종도 있다. 이 경우는 수면의 파장이 측정오차의 원인이 되므로 플로트 직전에 정류벽을 설치하여 수면을 안정시키는 방법을 채택하지 않으면 안된다.

(나) 전자기 유량계

배관라인중에서 측정이 가능하고 콤팩트하여 설치면적이 작으며, 설치도 용이하다.

<동작원리>

전자기 유량계의 동작원리는 「도체가 자기장내에서 운

동할 때, 도체의 운동방향과 자기장의 방향이 직각을 이룰 때 기전력이 발생하며, 기전력의 크기는 유체의 속도와 자속밀도에 비례한다. 라고 하는 전자기 유도법칙에 의한다. 즉, 그림 31에서 내경 D(cm)의 관내에 자속밀도 B(gauss)의 자기장이 주어질때 평균유속 V(cm/s)의 전도성 액체가 흐르면 자기장과 유체의 흐름이 직각인 방향인 경우,

$$E = DV B \times 10^{-8} \text{ (Volt)} \dots\dots\dots ①$$

의 기전력이 발생한다. 체적유량 Q는

$$Q = \pi D^2 / 4 \cdot V \text{ (cm}^3/\text{s)} \dots\dots\dots ②$$

로 표시되므로 ①②에서

$$Q = \pi / 4 \cdot D / B \cdot E \times 10^{-8} \text{ (cm}^3/\text{s)} \dots\dots\dots ③$$

로 되어 기전력은 다음식으로 표시된다.

$$Q = \pi / 4 \cdot B / D \cdot Q \times 10^{-8} \text{ (Volt)} \dots\dots\dots ④$$

식 ③에서 자속밀도 B가 일정하면 유량 Q는 기전력 E에 비례한다. 직류 자기장을 줄 경우, 전극에 분극작용이 발생하므로 이를 피하기 위하여 실제로는 교류로 자기장을 형성한다. 상용주파수의 교류전원을 이용하고 있기 때문에 전압변동이나 주파수 변동에 의하여 여자전류가 변화되고 기전력도 변화된다. 이것을 보상하기 위하여 변환증폭기로서 E/B의 연산을 하여 유량을 정확하게 측정하도록 회로가 구성되어 있다.

(2) 탁도계

SS를 현장에서 측정하는 것은 곤란하기 때문에 일반적으로 탁도를 측정해서 SS를 추정한다. 이 추정은 SS를 실내시험에서 구하거나 시험소에 의뢰하여 측정하고, 현장 측정의 탁도와 상관관계를 분석하여 탁도로 부터 SS를 환산한다.

탁도를 측정하는 방식은 수중의 탁도입자에서 발생하는 광산란, 입사광의 세기의 감소를 이용한다.

(가) 산란광 방식

산란광의 세기를 측정하는 방식으로서 시료수를 통과하는 투과광과 측정하고자 하는 탁수의 입자에서 산란된 광을 각각 광전지로 수광하여 비교· 측정함으로써 탁도를 구한다.

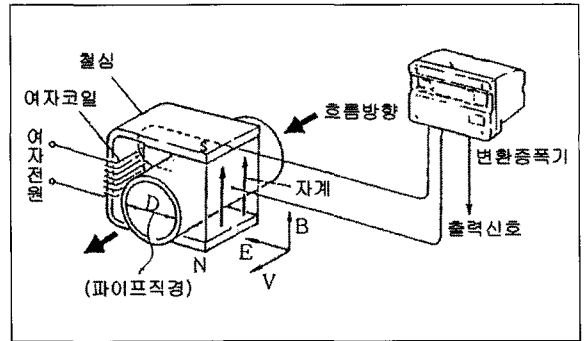


그림 31. 전자기유량계

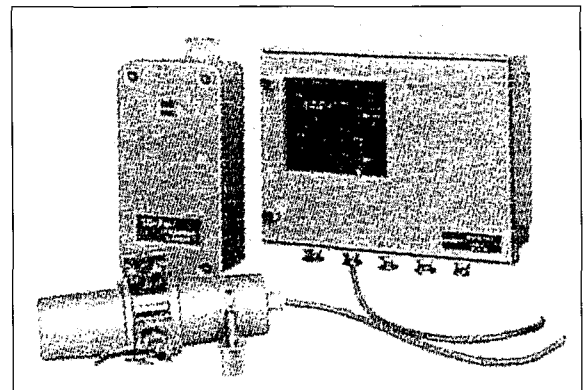


사진 3 산란광 방식 탁도계(글장제작소)

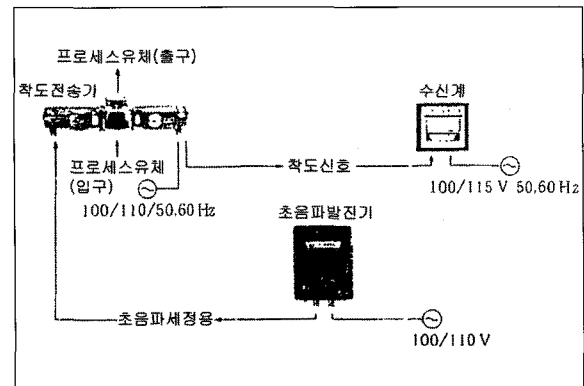


그림 32. 탁도계(산란광방식)의 일예

(나) 투과광 방식

투과광을 광전지로서 측정한다. 이 방식은 원액의 색에 영향을 받기 때문에 주의할 필요가 있다. 산란광 방식의 개량형으로서 적분구식 탁도계 표면 반사식 탁도계가 있다.

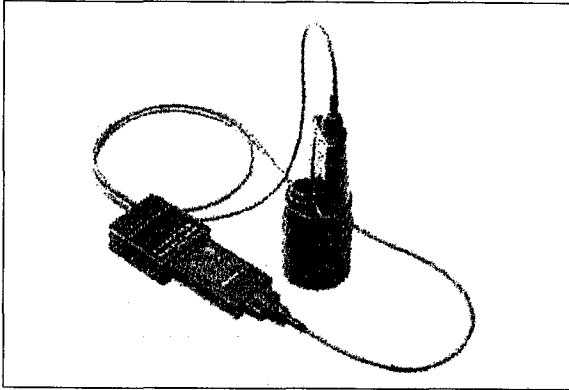


사진 4. 휴대용 수질 검출기(탁도, pH, DO, 온도)

(3) pH계

〈pH 측정〉

pH측정은 pH 시험지 비색계 등에 의한 비색법과 전위차에 의한 유리 전극법이 일반적이다. 비색법은 정도는 높지 않으나 간편한 방법으로 개략 측정에 이용하면 좋다.

유리 전극법은 유리박막을 사이에 두고 2종의 다른 용액을 접촉시켰을 때, 두액의 pH차에 비례하는 전위가 이 유리 박막면에서 발생하는 원리를 이용한 것이다.

pH계는 유리전극, 비교전극, 온도보상용 측온저항체를 일체로 조립하여 제작된다.

[장점] (a) 착색물질, 산화환원물의 존재 여부에 관계 없이 측정할 수 있다.

- (b) 염오수등 계통오차가 없음.
- (c) 고온용의 것은, 60~100℃ 용액으로 측정된다.
- (d) 정밀측정이 됨.
- (e) 하나의 계기로서 pH측정 범위가 큼

[단점] (a) 전극이 손상되기 쉬우나 현장측정용으로서 취급이 간단함.

- (b) 배출수중의 부유물질의 부착으로 전위가 불안정하게 하는 경우가 있으므로 유리 전극을 세정할 필요가 있음.

단점 (a)의 대책으로 유리전극에 방호용 유리를 장착,

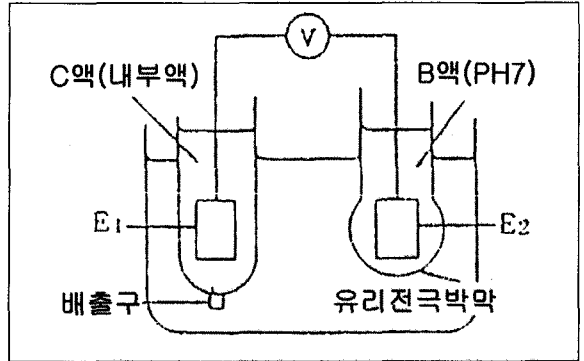


그림 33. 유리 전극법의 원리

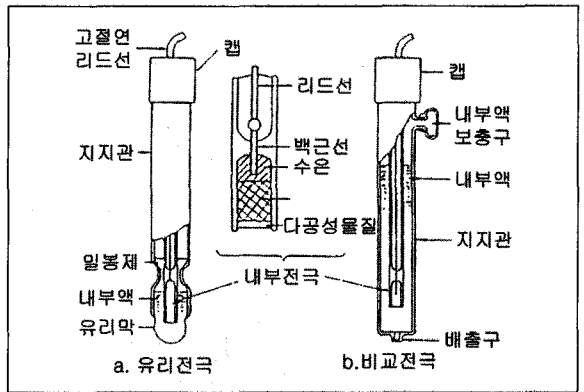


그림 34. pH 측정용 전극

(b)의 대책으로 초음파발생기를 병설하여 유리 전극에 부착물을 제거함.

3. 처리설비의 계획에

3.1 계획조건

3.1.1 계획조건 설정

(1) 원수

공사의 규모, 공법, 간섭, 공정, 토질, 주변조건과 또한 계절적, 시간적인 원수의 질과 양이 변하기 때문에 종합적인 판단에 의해서 계획 처리량, 탁도, pH를 설정한다.

- ① 처리량 60m³/H
- ② 탁도 3,000 ppm

③ pH	최대 12, 평균 11
(2) 처리수	
수질기준, 상위 배수기준, 환경기준 등, 주변조건에 의해서 설정한다.	
① 탁도	50 ppm 이하
② pH	5.8 ~ 8.6
(3) 가동시간	
(4) 감시설비	
① 원수	—
② 처리수	pH 기록, 유량지시 탁도기록, 유량기록

각각의 폐수(원수)의 상태에 따라 응집성이 다르므로 응집제의 종류, 주약량, 응집 플록의 침강속도는 실험적으로 결정한다. 사전에 샘플링 조사에 의해서 응집시험결과와 비슷한 원수에 대한 측정 데이터등을 기초로 하여 침강속도를 추정하고 계획 상승유속을 고형물의 침강속도의 2/3로 한다.

처리수폐수(150ppm 이하)의 고형물 침강속도	11.25(m/H)
계획 상승유속	$11.25(m/H) \times 2/3 = 7.5(m/H)$
처리능력	$8.0(m^2) \times 7.5(m/H) = 60(m/H)$

3.1.2 설비계획

(1) 전처리

폐수처리의 준비단계에서 장치의 효과를 높이고 조작을 원활히 하기 위하여 침전지(배수맨홀 등) 스크린(쓰레기 처리시설 등)을 계획한다.

침사지의 목적은 비교적 비중이 큰 무기질(사질)을 제거하는 것이고 스크린의 목적은 부유물이나 거칠고 큰 부유물을 제거하는 것으로 펌프 배관 등의 막힘이나 마모에 의한 손상을 방지하여 장치의 장애를 없애기 위한 것이다.

(2) 원수저수 탱크

정화장치에 정량을 송수하는 원수펌프(수중펌프)를 설치한다. 펌프용량은 원수의 발생조건에도 다르나 계획 처리량에 대해서 3~5분의 체류(플로트 스위치제어)를 계획한다.

3.2 주요기구의 선정

3.2.1 정화장치(농축장치의 분리면적 : 0.8m²)

농축장치의 능력은 처리수의 탁도를 허용치이하로 유지하기 위하여 필요한 분리면의 상승유속과 분리면적에 의하여 결정된다.

$$\text{처리량}(m^3/H) = \text{분리면적}(m^2) \times \text{상승유속}(m/H)$$

3.2.2 약제 투입장치

응집성 테스트 결과에 따라 결정하나 본 계획예에서 추정한 바는 다음과 같이 된다

응집제 (PAC)	150ppm(0.15kg/m ³)
고분자 응집제(아니온계)	2ppm(0.002kg/m ³)
시간당 사용량	
응집제	$60m^3/H \times 0.15kg/m^3 = 9.0kg/H$
고분자 응집제	$60m^3/H \times 0.002kg/m^3 = 0.12kg/H$
시간당 약제량	
응집제의 5%의 농도 (0.05kg/l)에 용해	
	$9.0kg/H \div 0.05kg/l = 180 l /H$
고분자 응집제의 0.1%의 농도(0.001 kg/l)에 용해	
	$0.12kg/H \div 0.001kg/l = 120 l /H$
약제 주입펌프	최대 600 l /H × 2 연식 1대
용해조	응집제, 고분자제 1,000l 각 1기

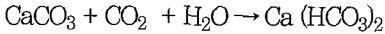
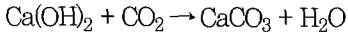
3.2.3 중화처리 장치

탄산가스 필요량은 원수의 P-알칼리도에 의해 결정된다.
알칼리도 : 수중에 함유되어 있는 탄산염 또는 수산화물 등의 알칼리 성분을 이에 대응하는 탄산칼슘의 량(mg/l)으로 표시한 것

P-알칼리도 : 페놀프탈레인 지시약(변색점 pH 약 8.3)을 이용해서 측정한다. 수중의 수산이온(OH⁻)에 따른 알칼리 측정은 0.02N 황산(본약 1ml는 탄산칼슘 1mg에 대

응)을 적정치로 하여 구한다.

탄산가스의 필요량 : 수산화 칼슘을 중탄산 칼슘으로 바꾸기 위하여 2분자의 CO₂가 필요.



실제로는 원수에 따라 결정하여야 하나, 아래와 같이 추정된다

평균 P-알칼리도 150ppm(0.15kg/m³)

최대 P-알칼리도 750ppm(0.75kg/m³)

CO₂ 소비량

평균

$$60\text{m}^3/\text{H} \times 0.15\text{kg}/\text{m}^3 \times 44/100 \times 2\text{분자} = 7.92\text{kg}/\text{H}$$

최대

$$60\text{m}^3/\text{H} \times 0.75\text{kg}/\text{m}^3 \times 44/100 \times 2\text{분자} = 39.6\text{kg}/\text{H}$$

(주 : 44, 100은 CO₂, CaCO₃ 분자량)

CO₂ 저장설비 30 kg용 압력용기 5본 × 2식(300kg)

기화장치 60kg/H 유량계 3~30 Nm³/H

3.2.4 탈수장치(필타 프레스 여과용적 0.6m³)

필타 프레스의 처리능력은 고형물질의 량, 비중, 탈수 사이클의 시간, 함수율에 의하여 결정된다.

각각의 고형물질의 량, 탈수성이 다르나, 추정에 의한 아래와 같이 된다.

고형물질의 비중량 2.6

탈수 케익의 함수율 40%(농도 60%)

탈수 케익의 비중량 1.585 T/m³

1 사이클당 소요시간 1.1 H/사이클

고형분의 처리량은

$$0.6 \text{ m}^3/\text{사이클} \times 1.585 \text{ T}/\text{m}^3 \times 0.6 = 0.570 \text{ T}/\text{사이클}$$

$$0.570 \text{ T}/\text{사이클} \div 1.1 \text{ H}/\text{사이클} = 0.518 \text{ T}/\text{H}$$

폐수량 60 m³/H의 경우는

$$0.518 \text{ T}/\text{H} \div 60 \text{ m}^3/\text{H} \times 106 = 8.633 \text{ g}/\text{m}^3$$

의 폐수가 최대가 됨

参考文献

1. 日本トンネル技術協會：トンネル 工事の 仮設備等の 關する 調査研究
2. 土木學會：水理公式集