상승 와류를 이용한 순환 굵은 골재의 유기이물질 분리장치 (환경부 신기술 제242호)

글 | 김진만* / 공주대학교 건축공학부

(Kim, Jin-Man / Dept. of Architectural Engineering, Kongju National University College of Engineering, 330-717/275 Budae-Dong, Cheonan-Si, Chungnam, Republic of Korea)

1. 신기술의 범위 및 내용

1.1 범위

원뿔 대형 수조내의 상승 와류를 이용하여 순환 굵은 골재에 포함된 비중 1.2 미만의 유기이물질 분리장치

1.2 내용

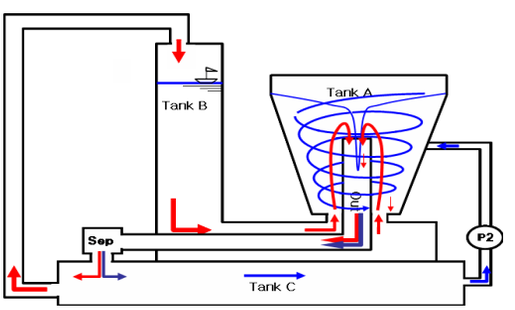
이 신기술은 건설 폐기물 중간처리 공정에 사용되는 이물질 분리장치로서([그림 1] 참조) 생산 공정 중 최종적으로 배출하기 전 순환 굵은 골재에 함유된 유기이물질을 물의 상승 와류를 이용하여 골재와 분리 배출하는 기술이다.

[그림 1] 이물질 분리 장치 설치 사진

2. 신기술의 원리 및 장점

2.1 원리

본 기술은 상부의 지름이 크고 하부의 지름이 작은 원뿔 대형의 수조의 하부에 수량을 유입하고 중앙부에 유출구를 만들어 원뿔대형의 수조의 하부로부터 상부로 이동하는 상승류를 형성한다. 원뿔 대형 수조의 중앙부 외곽에 접선 방향으로 용수를 공급함으로써 원뿔 대형 수조 내에 강제 와류 조성과 더불어 연속적으로 투입되는 골재의 분산을 유도하는 상승 와류를 형성한다. 이런 와류에 의해 저비중의 이물질은 용이하게 중앙부 유출구를 통하여 물과 함께 배출되고 고 비중의 골재는 하부로 가라 앉아 골재 회수 장치로 회수하는 원리이다.([그림 2] 참조)



[그림 2] 기술의 원리

2.1.1 상승류의 형성

물 속에 또는 물에 떠 있는 물질은 물의 흐름에 따라 이동하게 된다. 이러한 물의 고체물질의 수송능력은 매우 막강하여 자연환경의 큰 변화를 가져오는 원인이 된다. 본 기술은 물의 이러한 막강한 수송능력을 이용하여 부력을 극대화를 실현한 것이다. 상승류의 조성은 그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 수조 Tank A의 하부에 유체의 유입구를 두고 수평/수직의 중앙부에 오리피스(Orifice, 유출구)를 두고 펌프 P1을 가동하여 Tank A의 하면과 연결된 Tank B에 용수를 공급함으로써 Tank A의 하면에서 상면으로

* E-mail : jmkim@kongju.ac.kr

흐르는 물의 상승류를 조성하였다. 폐쇄된 공정 내에서 유체의 흐름은 P1 → Tank B → Tank A의 하면 유입구 → Tank A의 오리피스 → Separator → Tank C의 순서로 형성된다. 이때 상승류의 세기는 Tank B의 수두와 Tank A의 수두차(水頭差)에 비례하므로 P1의 용량을 크게 할수록 증가하게 된다. 또한 이때 Tank B에서의 수두와 오리피스의 상면의 높이 차가 클 경우에는 Tank A에서 자연스럽게 자유와류가 형성되며, 그 회전 방향은 반시계방향이다. 수조 상명의 유체의 이동은 자유와류에 의해 외곽부보다는 중앙부에서 빠른 속도를 가지게 되므로 유체에 부유된 물질은 자체의 무게에 의해 침하되는 것이 아니라 유체의 이동과 함께 오리피스로 유입되게 된다.

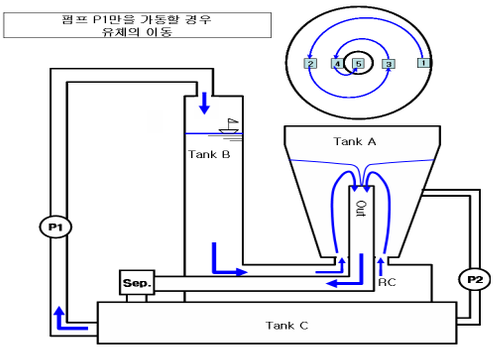
2.1.2 와류의 형성

수조 내에서 유체가 수평방향의 이동이 없고 수직방향의 이동만 있을 경우, 먼저 투입된 물질이 부유하려 해도 충분한 공간이 없기 때문에 후에 투입된 것에 의해 방해를 받아 부유할 수 없게 된다. 이 때 수평방향으로의 이동을 적절히 부여하면 물질의 부유 공간을 조성할 수 있게 된다. 수평방향의 수송능력이 가장 큰 유체의 흐름은 와류이다.

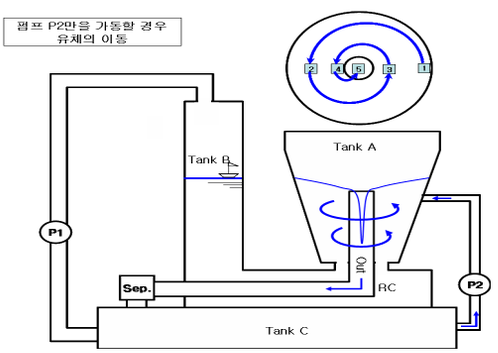
와류는 [그림 4]에서 알 수 있는 바와 같이 Tank A의 최외곽에 연결된 P2를 가동함으로써 조성하였다. 이때 Tank A에는 강제와류가 형성되며, 외곽의 수두가 높고 중앙부의 수두가 낮은 경사진 수두면을 형성하게 된다. 또한 P2에 유입된 수량에 의해 Tank A의 하부 연결부를 통하여 Tank A로부터 Tank B로 수량이 이동하지만, Tank A에 유입된 수량과 오리피스의 배출 수량은 평형상태에 도달하게 된다. 그러므로 평형상태에서의 수량의 흐름은 P2 → Tank A → Tank A의 오리피스 → Separator → Tank C의 순서로 형성된다. 평형상태에서 Tank A에서의 와류는 거의 수평방향으로만 회전하지만, P2로부터 유입된 수량이 오리피스를 통하여 외부로 배출되므로 Tank A의 상부에서는 약간의 상승류가 형성되게 되며, 또한 수조내의 와류는 강제와류이므로 표면부의 유체의 흐름은 동일한 각속도를 갖게 되므로 외곽부([그림 3]의 원에서 1의 위치)의 경우 속도가 빠르므로 침하하기 어렵지만, 중앙부로 갈수록 속도가 줄어들어 가장 중앙부([그림 4]의 원에서 5의 위치)에서는 속도가 0으로 되어 침하하기 용이하게 된다.

2.1.3 상승 와류의 형성

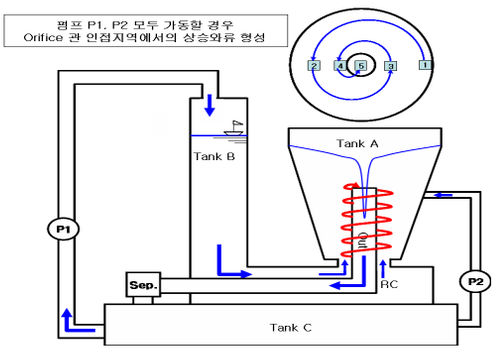
앞에서 살펴본 바와 같이 본 펌프1(P1)에 의해 상승류를 조성할 수 있으며, 펌프2(P2)에 의해 와류를 조성할 수 있음을 알았다. 그러므로 P1과 P2를 동시에 적용할 경우 상승류와 와류를 동시에 발생시킬 수 있다.



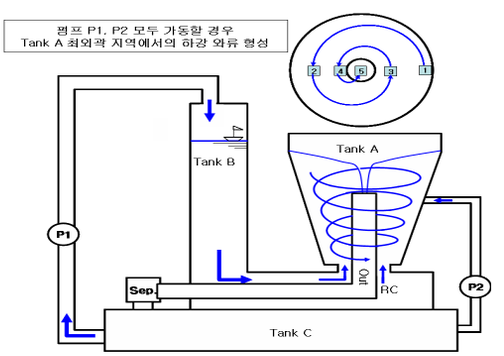
[그림 3] 상승류의 형성



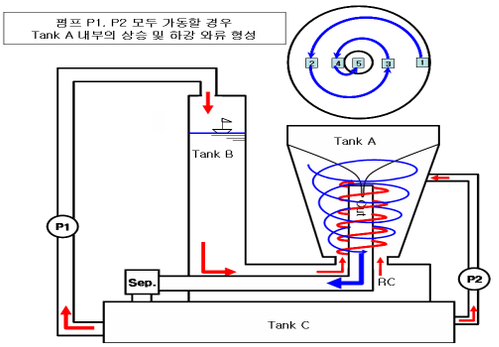
[그림 4] 와류의 형성



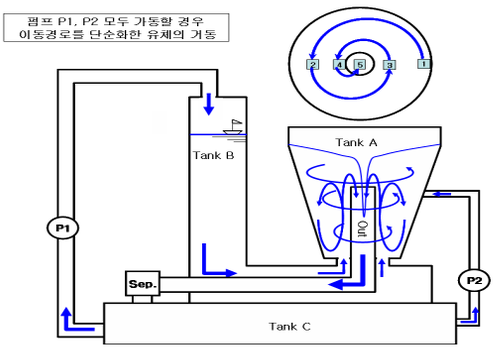
[그림 5] 상승 와류의 형성



[그림 6] 하강 와류의 형성



[그림 7] 상승 및 하강 와류의 형성



[그림 8] 유체의 이동 경로

P1과 P2를 동시에 적용하면, Tank A에서의 유체의 움직임은 자유와류와 강제와류가 혼합된 형태를 나타낸다. 수조의 수주는 중앙부가 낮고 외곽부가 높은 가파른 경사를 갖는 수두면을 형성하고, 상면의 유체의 이동은 강제와류일 때와 자유와류일 때의 중간형태로 거의 동일한 속도를 보이게 된다.

그러나 오리피스의 직경이 충분히 크지 않아 유입된 수량을 모두 배출시킬 수 없을 경우 상부에 유입된 물은 수조의 외곽부를 통하여 하강하면서 다음 [그림 6]과 같이 하강 와류를 형성하게 된다.

이때 수조의 상부보다 하부가 단면이 작으므로 하강와류는 하부일수록 회전속도가 커야 하지만, 전체적인 와류의 형성이 펌프 P2의 유량에 의해 조정된 강제와류이므로 거의 동일한 속도를 유지하고 있다.

이와 같이 형성된 상승 및 하강와류는 다음 [그림 7]과 같이 표현될 수 있다. 상승와류에 의한 상승력은 Tank A의 저면에서 유입된 수량에 의해 결정되는데, 유입된 수량의 대부분은 오리피스를 통하여 유출되고 일부의 수량에 의해 하강 와류가 형성되므로 상승류의 크기는 하강류의 크기보다 크게 된다.

Tank A에 형성된 상승 및 하강류와 와류의 흐름을 개괄적으로 표현하면 [그림 8]과 같다.

2.2 신기술 적용 전·후

본 기술의 적용 전후의 유기 이물질 함유량은 용적비(%)로 0.7에서 0.1로, 무기 이물질량은 중량비(%)로 2.2에서 1.6으로 저하하는 것으로 나타났다. 또한 본 기술은 공급 수량에 따라 와류의 세기를 조정함으로써 폐스티로폼(비중 0.2), 폐목재(비중 0.4), 인공경량골재(사토-비중 0.6, 규토-비중 0.8, ALC-비중 0.7), 폐플라스틱(비중 1.0), 고무질재료(에폭시 수지 등 비중 1.2) 등의 이물질을 매우 효율적으로 분리하는 것이 가능하다.

2.3 신기술 장점 및 공정 구성

본 신청 기술은 설계 처리 용량 150ton/hr에 비해 소요되는 공간이 100㎡로 타 신기술에 비해 작으며 그로 인하여 타 공정과의 연계성이 우수하고, 작은 규모에 의해 경제적 이득이 높다.

<표 1> 이물질 제거 효율

이물질	신청 기업				타 기업				비고
	신청 기술 전		신청 기술 후		A 기업		B 기업		
	무기 이물질 중량비 (%)	유기 이물질 용적비 (%)	무기 이물질 중량비 (%)	유기 이물질 용적비 (%)	무기 이물질 중량비 (%)	유기 이물질 용적비 (%)	무기 이물질 중량비 (%)	유기 이물질 용적비 (%)	
제거 효율	2.2	0.7	1.6	0.1	-	0.2	-	0.2	

<표 2> 이물질 최대 비중

이물질	신청 기업		타 기업			비고
	신청 기술 전	신청 기술 후	A 기업	B 기업	C 기업	
최대 비중	0.5	1.2	0.5	0.5	0.5	

<표 3> 신청기술과 기존기술의 경제성 비교

구 분	신청기술	기존기술	
방식	습식 (이물질 및 미분 제거)	건식 (이물질 및 미분 제거 기술)	습식 (이물질 및 미분 제거 기술)
총 시설설치비	23,650,000원	416,000,000원	721,000,000원
유지관리비 (년)	9,460,000원 (전체 설비비의 약 40%/년 예상)	166,400,000원 (전체 설비비의 약 40%/년 예상)	259,480,000원 (전체 설비비의 약 40%/년 예상)
	19,000,000원 (약품(침강제) 비용)	-	19,000,000원 (약품(침강제) 비용)

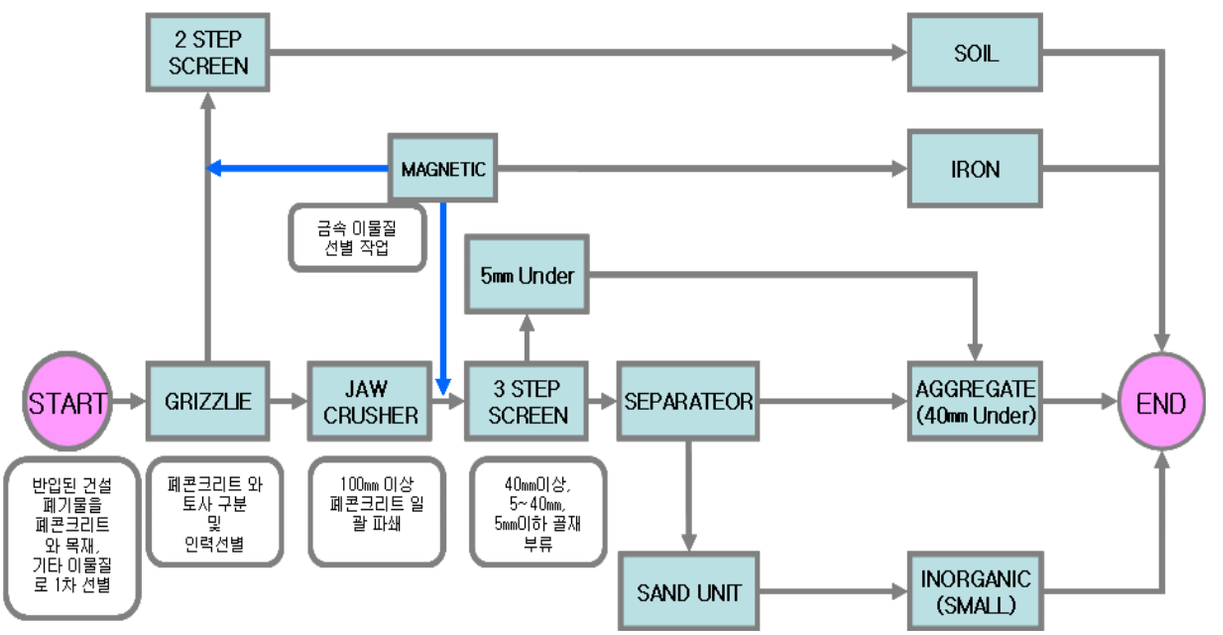
신청 기술의 경제성 분석 결과는 <표 3>에 나타낸 바와 같다. <표 1>과 같이 신청 기술은 설치비용이 타 기술에 비해 약 10배 정도 저감할 수 있으며 유지 관리비도 타 기술에 비해 우수한 것으로 나타났다.

본 신청 기술을 적용하는 공정은 순환 굵은 골재에 한하여 설명하면, 다음과 같다.

공정 구성 : 폐기물 투입 → 그리즐리피더 → 죠크라셔 → 3단 진동 스크린 → 이물질 선별기 → 순환 굵은 골재 생산

3. 개발 기술의 기대 효과

- 양질의 고품질 순환골재의 생산을 통하여 이물질의 재매립화 방지
- 건설 폐기물 중 80% 이상을 차지하는 폐콘크리트의 순환골재화 할 경우 국내 골재 채취량의 감소가 가능
- 건설폐기물 처리에 의한 폐기물 매립지 감소 및 폐기물 처리량 증대
- 순환 골재의 이물질 함유량에 관한 품질 기준을 매우 안정적으로 만족시킬 수 있는 공정의 개발
- 신속한 이물질 제거 공정을 현실화함으로써 공정의 신속화 달성
- 순환 골재 재활용율 증대
- 우수한 기술의 국산화와 보급으로 인한 기술 수출 효과 발생
- 인력 선별을 위한 노무 인력 절감으로 통한 기업의 경제성 향상
- 양질의 순환 굵은 골재 생산이 가능하여 골재의 재활용이 용이
- 건설폐기물 처리에 의한 천연 골재를 사용량 감소로 국가적으로 최대 약 40배의 비용 절감 및 효용이 발생



[그림 9] 공정 플로우