

## 연구로 차폐체 콘크리트 절단시 냉각수 재사용을 위한 슬러지 배출장치에 관한 연구

이기원, 박승국, 홍상범, 박진호, 정운수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 (덕진동 150)

[ngwlee@kaeri.re.kr](mailto:ngwlee@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

수명이 다하거나 노후한 원자력시설을 해체하기위해서 우선 고려해야 할 사항은 작업자와 주변 주민의 안전과 더불어 방사성폐기물 발생량을 줄이는 것이다. 또한 각종 환경 관련법에 근거하여 일반 산업폐기물로 처리가 가능한 자체처분 대상 폐기물의 양도 가급적 줄이는 것이 중요하다. 본 연구에서는 실제 연구로 2호기 해체 작업 과정에 적용하지는 않았지만 원자력관련 시설의 구조물 중 다수를 차지하는 콘크리트를 해체할 시 수력사이클론의 적용 가능성을 각종 실험을 통하여 분석하였다. 당초 연구로 2호기 차폐체 콘크리트 해체에는 건식 절단기구인 휠쏘를 사용하여 절단할 계획이었으나 절단 깊이에 맞는 장비 개발이 국내외를 막론하고 이뤄지지 않아 습식 절단공구인 다이아몬드 와이어 쏘를 사용하였으며, 이로 인해 다량의 물을 포함한 콘크리트 슬러지가 발생하였다. 따라서 이후 원자력관련시설의 콘크리트 구조물 해체에는 수력사이클론이 포함된 장치를 사용하여 냉각수를 재사용함으로써 슬러지 양을 줄이는 것이 필요할 것으로 보인다. 수력사이클론은 대표적인 습식 분리 장치로서 고형물 분리, 분급, 분류, 농축, 탈수 및 수처리, 정제용으로 이용되고 있으며, 연속상의 유체로부터 분상상의 고체를 원심력을 이용하여 분리하는 장치이다.

### 2. 실험 및 결과

원자력 관련 시설의 콘크리트 구조물 등 해체 시 발생하는 다량의 물(부피기준 50% 이상)을 포함한 슬러지는 수분의 함도가 부피기준 0.5% 이하가 되어야만 일반 쓰레기 매립장에 처분 또는 매립 할 수 있기 때문에 이러한 조건을 만족하기 위해 이를 건조하여야 하나 이를 위해서는 많은 시간과 경비가 소요된다. 실제 연구로 2호기 해체 시에 200L드럼으로 290개의 슬러지가 발생하였다. 또한 콘크리트 슬러지의 특성으로 인해 자연건조가 거의 되지 않는 특성을 가지고 있다. 해체 중 발생한 슬러지에 포함된 냉각수를 재사용하는 것은 폐기물량을 줄이는 것과 더불어 해체 비용을 절감시키는 요인이 된다. 따라서 슬러지에 포함된 냉각수의 재사용 가능성을 확인하기 위하여 아래의 실험 장치를 제작하여 실험하였다. 이번 논문에서는 전체 계통을 제작 완료하여 실험하지 않고, 수력 사이클론의 적용 가능성을 보기 위해 침강농축 장치인 시크너는 결합하지 않고, 수력사이클론의 포집효율만을 측정하기 위한 실험을 수행하였다(Fig 1.참조). 수력사이클론의 설계는 사이클론 설계에 일반적으로 적용하는 Krebs의 수력사이클론 식을 따라 설계하였으며, 이에 대한 값을 Table 1.에 나타냈다.

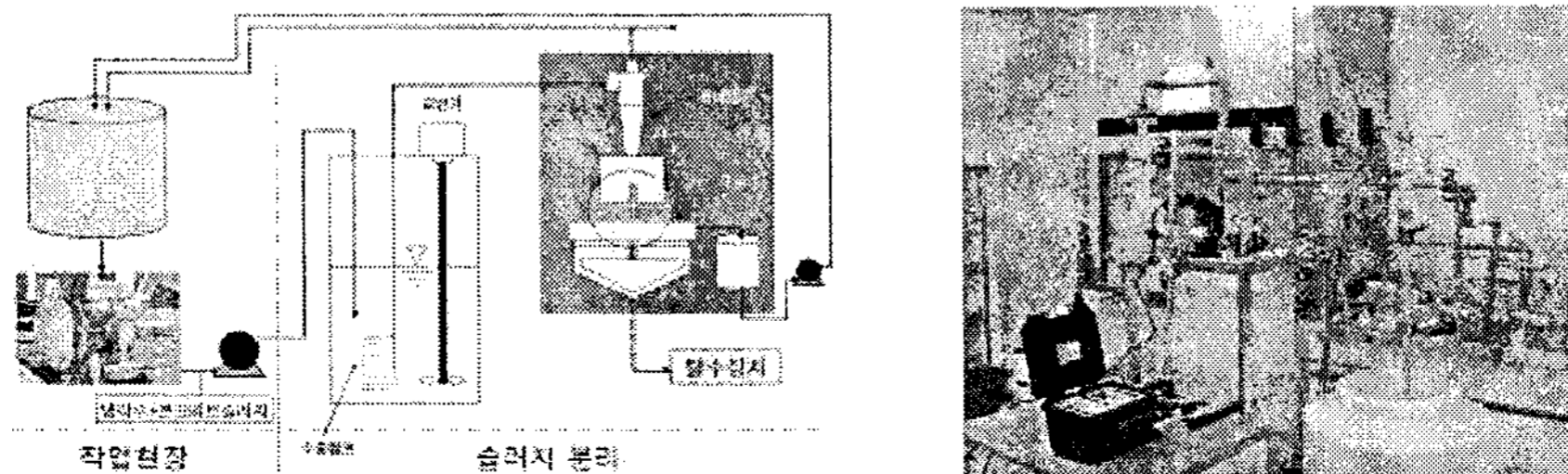


Fig 1. Schematic diagram of the hydro-cyclone test rig

실험은 비중이 3.15인 포틀랜드시멘트와 모래의 함량이 무게기준으로 0.15mm 체잔분 72 % 인 몰타르를 사용하였다.

Table 1. 수력사이클론의 사양

단위 : mm

Cyclone Dia.(D)	Inlet dia.(Di)	Appex dia.(Du)	Vortex dia.(Do)	Body length(H)
80	20	12	24	240

슬러지 분리장치인 수력사이클론의 분리효율을 측정하기 위해 냉각수와 콘크리트 슬러지가 포함된 200L 용기 속에 이를 순환시킬 수 있는 오수펌프를 설치하여 수력사이클론에 유입토록 하였으며, 속도의 변화는 밸브를 통해서 조절하였다. 수력사이클론에 유입되는 유체의 속도는 배관 외부에 장착함으로써 유속에 대한 저항이 없는 Controlotron사의 System 1010 초음파 유량계를 설치하여 측정하였으며, 수력사이클론을 통해서 분리·포집된 슬러지와 배출구를 통해서 배출된 슬러지를 포함한 물은 20L 용기에 회수하여 충분히 침전·강하시킨 후 상부의 물은 버리고, 침전된 슬러지를 스테인레스 트레이에 담아 건조기를 사용하여 24시간 이상 충분히 건조하여 슬러지만의 무게를 측정하였다. 이의 방법으로 실시한 포틀랜드 시멘트와 몰타르의 속도변화에 대한 포집효율을 Fig 2.에 나타냈다.

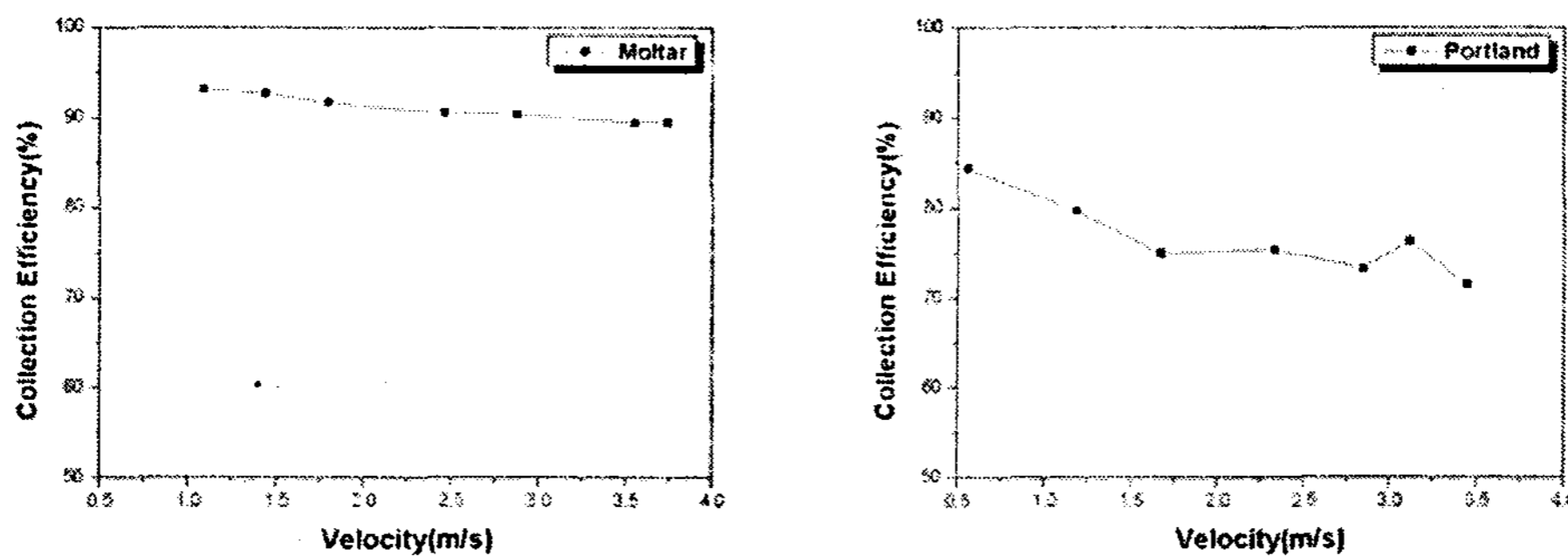


Fig 2. 몰타르와 포틀랜드시멘트의 속도 변화에 따른 포집효율

이 그림에서 보는바와 같이 수력사이클론에 유입되는 속도가 0.5 m/s 이상이 되면 몰타르 및 포틀랜드 시멘트 모두 속도가 증가함에 따라 포집효율은 떨어지는 경향을 보이며, 이는 수력사이클론 유입속도의 증가에 따른 유선 상에서의 입자 상호간의 충돌로 인한 효율 감소와 분진 퇴적함에서의 재 분출 현상에 기인하는 것으로 보인다. 입자의 크기와 무게가 큰 몰타르의 경우 90% 정도의 포집효율을 보이고 있으며, 비중이 3.15인 미세분말인 포틀랜드 시멘트의 경우에도 70% 이상의 포집효율을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 건식 사이클론의 일반적인 현상인 분진의 크기가 클 경우와 무게가 상대적으로 무거운 경우 포집효율이 높게 나타나는 현상이 수력사이클론에서도 동일하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이후 실험에서는 수력사이클론과 시크너를 결합하여 포집효율뿐만 아니라 수분 함유에 관한 실험을 할 예정이다.

### 3. 결론

Fig 2.에서 보는 바와 같이 입자의 크기가 비교적 미세하고, 부유물이 존재하는 포틀랜드 시멘트의 속도 변화에 따른 포집효율은 수력사이클론 유입속도 0.5 m/s 이상에서 70% 이상의 포집효율을 나타내고 있기 때문에 원자력시설의 콘크리트 구조물을 습식방식으로 해체할 경우 절단시 발생하는 열을 냉각하고, 윤활의 역할을 하는 냉각수를 수력사이클론이 포함된 장치를 이용하여 순환시키면 슬러지의 양을 대폭 줄임을 있음을 알 수 있을 뿐만 아니라 건조로 인한 시간과 경비를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.