

파라핀 고화제를 이용한 하수 슬러지 고화처리를 위한 기본 연구

Fundamental Study on the Solidification of Sewage Sludge by Paraffin Binder

정하익¹⁾, Ha-Ik Chung, 조진우²⁾, Jin-Woo Cho, 임재상³⁾, Jae-Sang Lim, 김상길⁴⁾, Sang-Gil Kim

¹⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원, Research Fellow, Dept. of Civil Eng., KICT

²⁾ 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원, Researcher, Dept. of Civil Eng., KICT

³⁾ (주) 한미 상무이사, Managing Director, Han Mee Co., Ltd

⁴⁾ (주) 상길테크 대표, President, Sang Gil Tech.

SYNOPSIS : The feasibility study on paraffin binder as a solidifying agent of digested sewage sludge cake was performed. The availability of paraffin binder as a solidifying agent was investigated by several tests. Based on the tests, it is ascertained that paraffin binder with a small amount of quicklime and fly ash enhances the solidification of digested sewage sludge cake. Paraffin binder shortened the drying time of digested sewage sludge cake and solidified sludge with paraffin was not dissolved in water again. Also, the unconfined compressive strength of solidified sludge with paraffin increases.

Key word : Sewage sludge, Solidification, Paraffin, Lime, Fly ash

1. 서론

산업발달 및 인구증가에 의하여 상수, 하수 및 폐수슬러지가 대량으로 발생하고 있다. 현재 하수처리장의 최종부산물로 발생하는 하수슬러지는 대부분 매립에 의해 처리되고 있으나 높은 유기물함량과 고습수율로 인하여 매립작업의 수행에 어려움을 겪고 있어 이들 슬러지의 처리는 국가적인 당면과제가 되었으며 각 지자체에서는 획기적인 처리처분기술을 요구하고 있다. 또한 국내 관련법의 개정으로 2001년부터는 하수슬러지를 안정고화처리 또는 소각처리 한 후에 매립장 등에 처분하도록 규정하고 있다. 따라서 인간에 의하여 만들어진 슬러지 등의 부산물을 효과적으로 안정화 및 고형화 처리하여 매립장에 처분하는 기술 및 슬러지 등의 부산물을 유효한 물질로 만들어 산업재료 등으로 자원화 하는 처리처분 기술의 개발이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 파라핀을 이용한 하수슬러지 고화 처리기술의 적용성을 평가하기 위하여 건조 특성, 용해특성, 압축강도특성 등을 고찰하였다. 본 연구에 사용된 고화제로는 유기성 원료인 고품 파라핀을 수용성으로 포화시켜 에멀전화시킨 수용성 파라핀을 사용하였으며 보조 고화제로는 생석회와 플라이애쉬를 사용하였다.

2. 파라핀 고화제를 이용한 하수슬러지 고화 이론

슬러지의 고화 반응원리는 이용하는 고화제에 따라 약간씩의 차이를 보이는데 일반적으로 시멘트계와 석회계의 고화제가 사용된다. 석회계 고화제 사용시에는 흡수발열반응, 이온교환반응, 포졸란반응 및 탄산화반응 등이 주로 관여하고 수화반응도 일부 작용한다.

파라핀을 이용한 본 고화 기법은 무기성 고화제를 응용하면서 유기성 고화제를 무기성 고화제로 변화시켜 사용하고 있다. 즉, 유기성 원료인 고히 파라핀은 사슬모양(지방족)의 탄화수소로 물에 잘 녹지 않는 성질을 가지고 있는데, 이러한 고히파라핀에 첨가제를 혼합하여 가열→유화제→에스테르화 함으로써 수용성으로 포화시켜 에멀전화하여 플라이애시, 석회 등의 보조고화제와 혼합하여 기존의 무기성 고화제(시멘트 / 석회류)의 효과와 더불어 파라핀 피막을 형성하여 조직이 치밀해지고 고결되면서 중금속 용출 억제 및 역학적 성질이 개량되게 된다.

파라핀 및 보조첨가제를 이용한 하수슬러지의 고화 과정은 그림 1과 같은 화학반응과정을 거치는 것으로 추정된다.

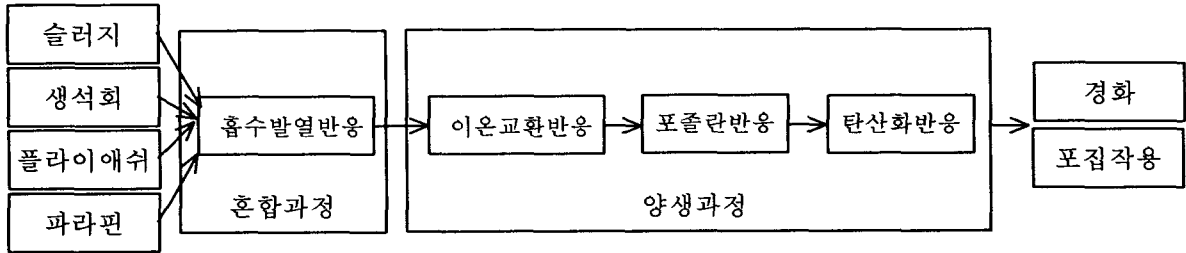


그림 1. 파라핀 및 보조첨가제를 이용한 하수슬러지 고화반응의 기본원리 개념도

3. 시험개요 및 결과

3.1 사용시료

본 연구에 사용된 하수슬러지는 경기도의 K하수처리장에서 발생하는 슬러지를 사용하였으며 고화제로는 수용성 파라핀과 공업용 생석회(순도 80%이상) 및 보령 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 사용하였다. 실험에 사용한 슬러지케익은 표준활성오니법에 의해 슬러지를 호기성 미생물에 의해 처리한 후 탈수한 슬러지로서 표 1과 같은 성질을 가지며 국내 하수슬러지를 대표한다고 볼 수 있다.

표 1. 하수슬러지의 기본 특성

Sample	% Water (by weight)	Gs	% No. 200	USCS	pH
Sludge	461	1.89	38.79	Pt	8.1

3.2 시험 종류 및 방법

파라핀 고화제를 이용한 하수슬러지 처리 기술의 적용성을 알아보기 위하여 본 연구에서는 그 사전단계로 슬러지 건조, 용해 및 압축강도시험을 실시하여 파라핀의 고화효과를 고찰하였다.

3.3 건조특성

슬러지 건조효과를 보기 위하여 고화제(paraffin, quick lime, fly ash)의 배합비를 5%로 고정된 후 실내(온도:28℃, 습도:65%)에서 건조 실험을 실시한 후 그 결과를 그림 2에 제시하였다.

고화처리하지 않은 슬러지와 비교하여 고화처리한 슬러지의 함수율의 감소가 빠름을 알 수 있으며 특히 파라핀을 첨가하였을 경우의 함수율이 빠르게 감소하여 파라핀이 슬러지의 수분 감소에 큰 효과가 있음을 알 수 있었다.

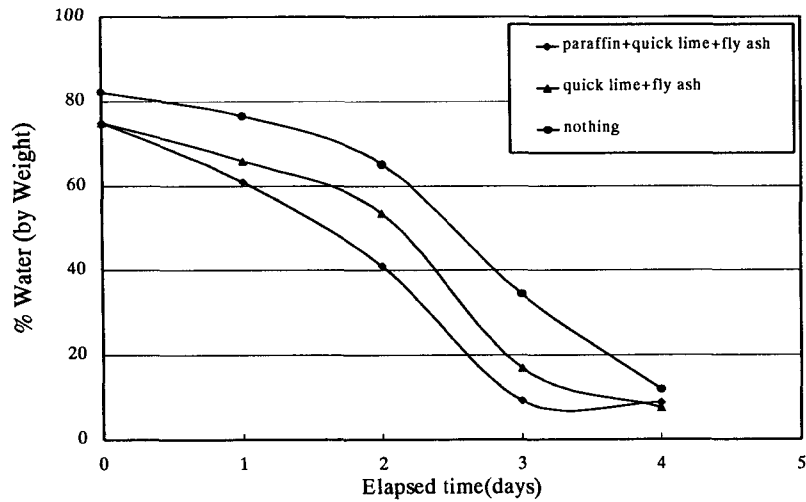


그림 2. 고화제의 종류에 따른 하수슬러지의 함수율 변화

3.4 용해특성

고화처리된 슬러지가 물과 접하였을 때 물에 재용해되는 정도를 관찰하기 위하여 건조시험 후 고화된 슬러지를 물에 침수시켜 용해특성을 알아보았다.

그림 3의 왼편에 제시한 바와 같이 고화제를 혼합하지 않은 슬러지는 시간이 지남에 따라 다시 흩어지는 현상을 보였지만, 그림의 오른편에 나타난 파라핀을 혼합한 경우에는 장시간동안 고형화된 형태를 유지함을 알 수 있었다. 이는 파라핀 피막의 형성으로 입자들이 포집되었기 때문이라 판단되며 따라서 파라핀으로 고화된 슬러지는 물의 침투에도 장시간 안전하리라고 예상할 수 있다.



그림 3. 고화제 첨가 유무에 따른 하수슬러지의 용해도

3.5 일축압축강도특성

고화제의 종류에 따른 슬러지의 압축강도를 그림 4에 나타내었다. 시료는 습윤조건으로 28일 간 양생시켰으며 2mm/min의 변형속도로 실험을 실시하였다.

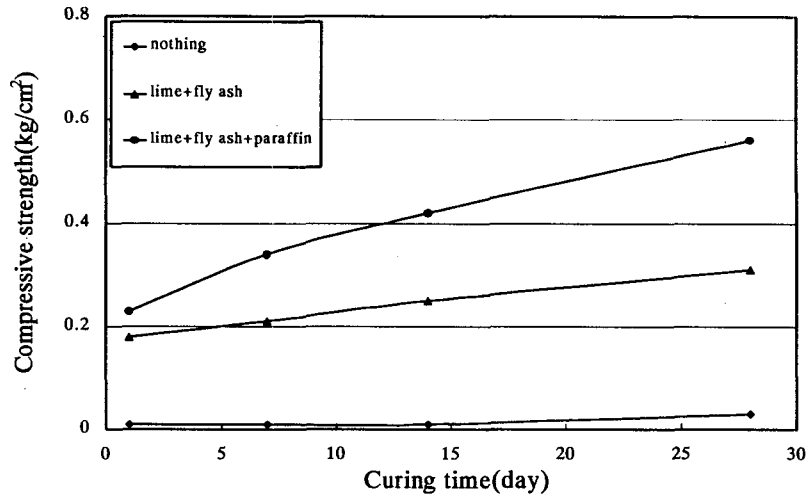


그림 4. 고화제 종류에 따른 슬러지의 일축압축강도

고화제의 종류에 따른 슬러지의 압축강도를 살펴보면 원슬러지와 비교해 고화된 슬러지가 높은 압축강도를 나타냈으며, 석회로 고형화된 슬러지와 비교해보면 파라핀으로 고화된 슬러지가 높은 강도를 나타냄을 알 수 있다. 이는 파라핀의 경화작용 등의 화학반응에 의하여 강도가 증가되었으리라 판단되며 따라서 파라핀이 슬러지 고화에 큰 효과가 있음을 알 수 있다.

4. 결론

파라핀 고화제를 이용한 하수슬러지의 고화에 관한 실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 건조실험결과 파라핀을 혼합한 슬러지의 수분 감소가 빠르게 나타나 파라핀의 건조효과를 확인할 수 있었다. 이는 슬러지 고화 처리 시 요구되는 적재장소를 줄일 수 있다는 큰 장점으로 판단된다.
- 2) 파라핀을 혼합한 슬러지는 물에 침수되어서도 물에 재용해되지 않았으며 고화된 형태를 유지함을 알 수 있었다. 따라서 각종 오염물질의 용출 및 장기적인 안정성면에서 큰 효과가 있으리라 예상된다.
- 3) 압축강도실험결과 원슬러지 및 석회로 고형화된 슬러지와 비교해 큰 강도증진효과를 나타내어 파라핀 고화제가 슬러지의 강도증진에 큰 효과가 있음을 알 수 있었다.
- 4) 이상의 실험결과로부터 파라핀의 하수슬러지 고화 효과를 확인할 수 있었다.
- 5) 현재 추가적으로 파라핀으로 고화된 슬러지의 환경적특성 및 파라핀 배합비에 따른 지반공학적 특성에 관한 실험이 진행 중이다.

참고문헌

1. 김응호(1999), "고화처리 하수슬러지의 매립복토재 활용", 첨단환경기술, Vol. 7, No. 1, pp.2~9.
2. 서울특별시(1992), "하수슬러지 최종 처리, 처분방안 개선 연구", 한국건설기술연구원.
3. 이용수, 정하익(1997), "폐기물 매립장의 차수재 및 복토재로서 하수슬러지 재활용", 한국지반공학회지, Vol.13, No.4, pp.5~11.
4. U. S. EPA, "Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal", EPA625/1-79-011, Cincinnati, Ohio, 1979.