

함유슬러지의 고화처리에 관한 연구 연재 II

이승무외2명

그리고 각 시편들의 진비중을 측정한 결과는 1. 7-2. Fig. 11, 12>에 도시한 바와 같이 재령 28일을 기준으로 첨가된 슬러지의 중량분율이 증가할수록 즉 19. 3%, 24. 1%, 35%에서 각각 88. 3kgf/cm², 77. 7kgf/cm², 57 kgf/cm²로 감소되었으며 fly-ash의 경우는 중량분율이 23%에서 80kgf/cm², 29%는 88. 3kgf/cm²으로 약간 증가되나 그 이상이 되면 (48. 3%일때 67kgf/cm²) 급격히 감소됨을 알 수 있었다.

이상의 실험결과로부터 urichem의 중량분율을 3. 5%로 할때 시멘트, 슬러지, fly-ash의 3성분에 대하여 삼각도표로 나타내면<Fig. 13>과 같으며 그림에서 점선으로 나타낸 선은 등압축강도를 나타낸 것이다. 따라서 기대압축강도 기준을 90kgf/cm²이상으로 하면 시멘트는 48%이상, 슬러지는 20%이하 그리고 fly-ash는 29%이하가 되는데 decanter의 경우와 비교하면 압축강도에서 약 10%이상 적은데 이는 원시료의 기름 함량이 많아(Table 1참조)이것이 시멘트의 수화반응을 억제하는 것으로 사료되므로, bottom 슬러지의 기대압축강도를 80kgf/cm²로 낮추면 시멘트는 40%이상, 슬러지는 25%이하 그리고 fly-ash도 32%이하되게 배합하여야한다. 즉, 시멘트 : 슬러지 : fly-ash의 배합비는 1. 6 : 1 : 1. 3일 경우가 가장 적절하다고 사료된다.

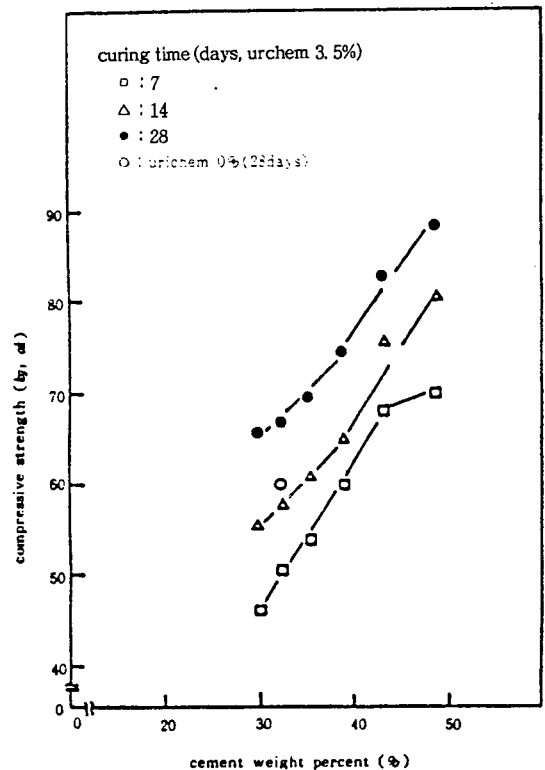


Fig. 10 The effect of cement weight percent on compressive strength for the solidified bottom oil sludge.

ㄴ) 용출실험 및 흡수율과 진비중

재령 7, 14, 28일에서 용출된 공시체의 노말 핵산 추출물질의 시험결과는 시멘트의 함유량이 증가할수록 용출량은 감소하였다. 즉, urichem이 3.5% 함유된 공시체에 대하여 재령 28일을 기준으로 시멘트의 중량분율이 35.1%, 4.29%에서는 각각 20mg/ℓ, 10mg/ℓ로 감소 되었지만 그 이상에서는 큰 변화가 없었다. 이를 urichem이 0% (50mg/ℓ) 인 경우가 비교하면 약1/5정도로 용출량이 저하됨을 알 수 있었으며, 이상의 실험 결과에 의하면 재령 28일의 bottom슬러지의 기름용출량이 decanter슬러지의 경우와 큰 차이가 나지 않았는데 이는 bottom슬러지의 고형화에 보다 많은 양의 시멘트가 첨가되었고 그리고 재령 28일에서 공시체의 고형화가 거의 이루어져서 기름용출이 억제된 것으로 사료된다. 그리고 urichem을 각각 0, 1, 3, 5, 4% 첨가한

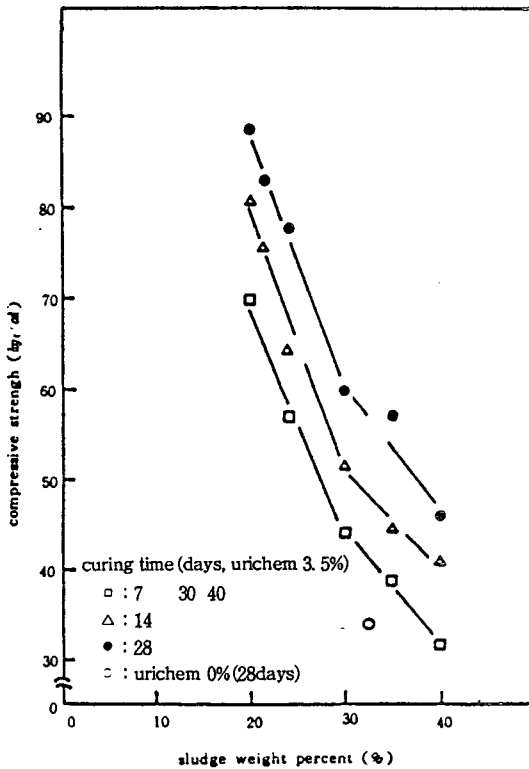


Fig. 11 The effect of sludge weight percent on compressive strength for the solidified bottom oil sludge.

시편들의 흡수 및 진비중에 대한 실험결과에 의하면 urichem이 첨가되지 않은 경우가 가장 높은 흡수율을 보였으며 3.5%에서 가장 낮았다. 또한 시멘트의 중량분율에 대한 결과는 시멘트의 첨가량이 증가할수록 흡수율이 감소되어서 urichem이 3.5%함유된 공시체의 흡수율은 시멘트가 29.7%, 35.1% 및 42.9%에서 각각 18.8%, 15.4%, 8.4%로서 시멘트의 첨가량이 증가할수록 흡수율이 감소되었다. 이러한 결과는 decanter 슬러지(시멘트 중량분율 45%에서 흡수율은 13.7%)와 비교하면 약2.3정도인데 이와같이 흡수율이 작아지는 이유는 bottom공시체에 더 많은 양의기름(Table 1참조)이 함유되어 있으므로 이로 인하여 공시체 내의 모세관 안으로 물의 침투가 상당히 억제되기 때문으로 사료된다.

그리고 각 시편들의 진비중을 측정된 결과는 1.6-1.9로, Urichem첨가에 따른 영향은 첨가량, 재령 시일의 변화에 따라 큰 영향은 없었으나, 시멘트의 경우는 첨

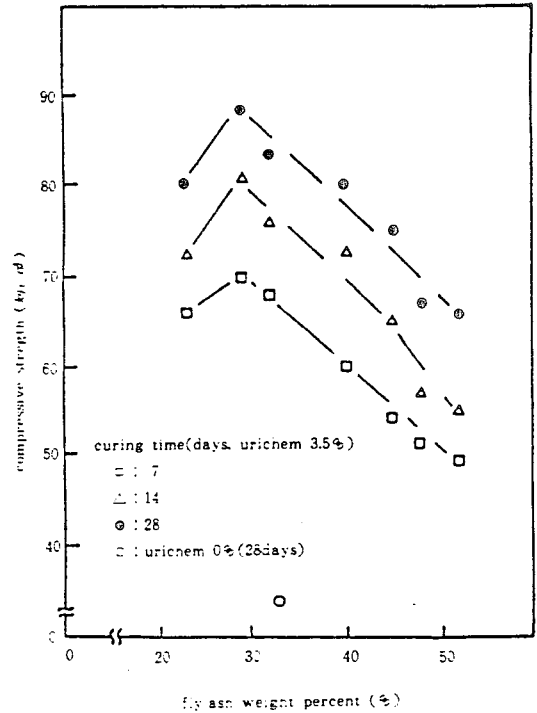


Fig. 12 The effect of fly-ash weight percent on compressive strength for the solidified bottom oil sludge.

가량이 증가할수록 진비중은 감소되어 시멘트가 29.7%, 35.1% 및 42.9%일때 각각 1.88, 1.82, 1.74이었다. 즉 시멘트 중량분율이 38.6까지는 감소율이 컸으나 그 이상에서는 큰 차이가 없었다.

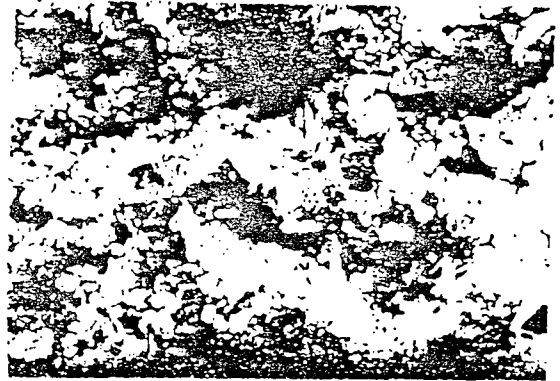
4-3 전자현미경 사진

기름함유 슬러지로 제조된 공시체의 전자현미경(SEM, Scanning Electro Microscopy) 사진을<Fig. 14>에 나타낸 바 urichem이 Cement입자 주위를 피복하여 입자를 고르게 분산시키고 크기가 균일한 수화생성물이 조직을 치밀하게 충전하고 있음을 확인할 수 있었다. 이것으로 보아 urichem이 첨가되면 피복된 균일한 수화생성물이 많이 생성되어 고르게 분포되고 매우 작은 공기들이 널리 분포되어 고형화된 물질의 기계적 강도와 결합력을 증진시킴을 알 수 있었는데 이는 urichem이 3.5%첨가되었을 경우 극대의 강도값을 갖는 것과 일치하였으며 3.5%이상 첨가시에는 중금속 함유 슬러지의 경우와 같이 입자간의 편서와 불규칙성을 관찰할 수 있었다. 그리고 이 시편을 아세톤 처리하여 유기물질을 용출시킨 경우의 전자현미경사진에서는 슬러지 중의 유기물질이 빠져나간 흔적을 찾아볼 수 있었다.

또한 공시체에 대한 X선 회절 분석결과를<Fig. 15>에 나타낸 바와 같이 urichem이 첨가되었을 경우 보



cement - fly-ash - sludge



cement - fly-ash - sludge - urichem



cement - fly-ash - sludge - urichem
(treated with acetone)

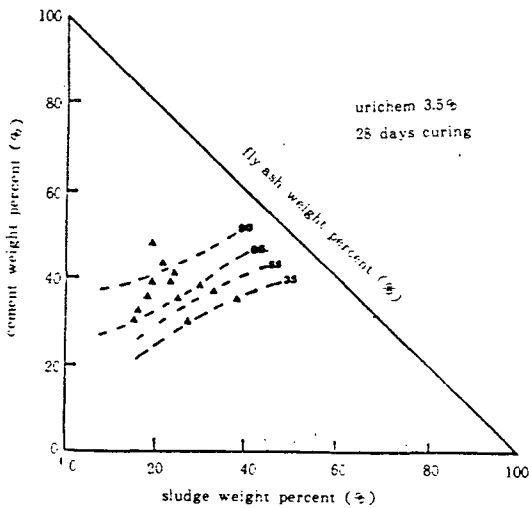


Fig. 13 Three phase diagram of cement, bottom oil sludge and fly-ash

Fig. 14 SEM photograph of solidified specimen of oil sludges.

통 포트랜드 시멘트의 회절강도 보다는 아주 낮을 뿐 아니라 특성 peak들이 거의 나타나지 않고 있다. 이것은 비정질의 urichem이 시멘트입자 주위에 피복되어 입자 표면과 물과의 접촉을 방해하여 수화반응을 지연시킬 뿐 아니라 첨가된 비정질 형태의 기름함유 슬러지도 역시 시멘트 입자가 물과 접촉할 수 있는 자리의 수를 감소시키기 때문으로 사료된다.

4-4 공시체의 압축 성형

기름함유 슬러지(decanter, bottom)를 압축성형 고화하여 제조한 공시체(C : S : F=2 : 1 : 1.5)에 대한 압축강도, 감량율, 시편내 기름 함유량 및 흡수율, 진비중 등을 실험한 결과는 다음과 같다. 즉 공시체 제작시 3, 5, 8kgf/cm²로 가압했을때 공시체의 감량율은 <Fig. 16>과 같이 decanter슬러지의 경우 각각 3, 8, 16%이고 bottom슬러지는 각각 5, 11, 13%이었으며, decanter슬러지를 8kgf/cm²로 압축한 공시체의 흡수율은 6.3%(압축하지 않은 경우 : 13.9%)이고 진비중은 1.72(압축하지 않은 경우 : 1.80)이었다. 한편 재령기일에 따른 압축강도 실험결과는 <Fig. 17, 18>에 도시한바 decanter슬러지의 경우 3, 5, 8kgf/cm²로 압축한 공시체의 재령 28일 압축강도는 각각 107, 114.2, 116.5kgf/cm²(압축하지 않은 경우 : 104.5kgf/cm²)이고, b

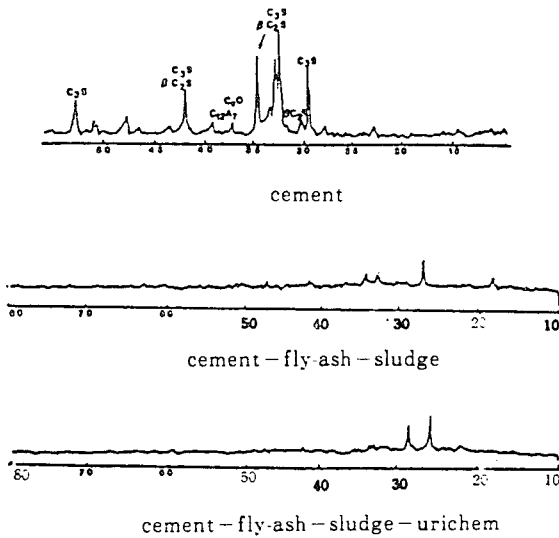


Fig. 15 X-ray diffraction pattern of solidified specimen of oil sludge.

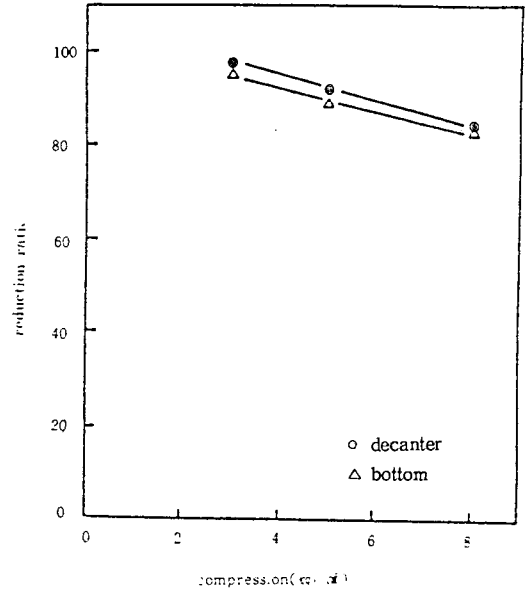


Fig. 16 The effect of compression on weight reduction for solidified oil sludges (C : S : F=2 : 1 : 1.5)

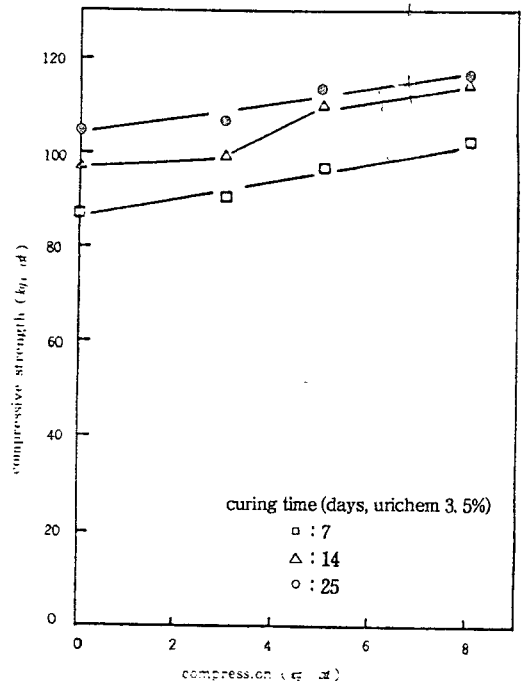


Fig. 17 The effect of compression on compressive strength for the solidified decanter oil sludges. (C : S : F=2 : 1 : 1.5)

ottom슬러지는 각각 84. 6, 90. 2, 92. 2kgf/cm²(압축하지 않은 경우 : 82. 7kgf/cm²)로 약 10%의 강도증가를 보였다.

또한 압축 성형에 따른 공시체내 기름의 잔존 함유량은<Fig. 19>에 도시한 바와 같이 3, 5, 8kgf/cm²로 압축하였을 시 decanter슬러지는 각각 3. 71, 3. 52, 3. 08%(원시료 3. 8%) 이고, bottom슬러지는 각각 18. 25, 17. 18, 15. 48%(원시료 21. 3%)으로 약 20-30% 감소됨을 알 수 있었으며 반면 용출 실험에서는 거의 검출되지 않았다.

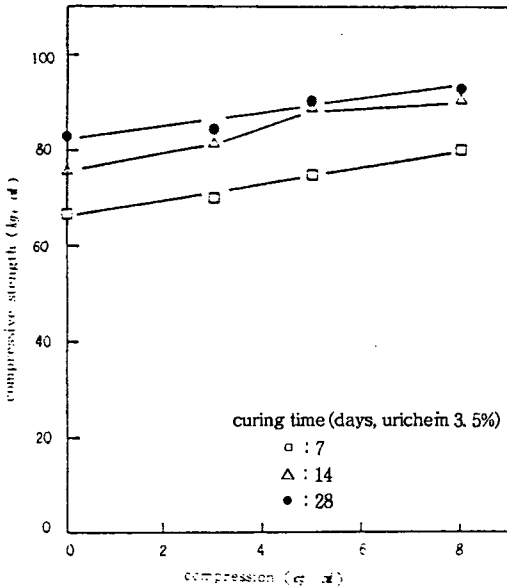


Fig. 18 The effect of compression on compressive strength for the solidified bottom oil

5. 결론

본 연구에서는 기름함유 폐슬러지(decanter, bottom)의 고화 처리 실험을 함에 있어서 포틀랜드 시멘트를 고화제로, fly-ash를 고화조제로 그리고 urichem을 첨가제로 사용하여 고형화 및 용출실험등을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고형화 실험에서 urichem의 첨가효과는 중금속 함유 슬러지와 유사하여 3. 5%일때가 가장 좋았으며, 재령 28일 압축강도에서 0% 경우 보다 약60%의 증가 효과가 있었다.

2. Urichem 3. 5%첨가시, decanter 슬러지의 압축강도 실험에서 재령 28일의 기대 압축강도를 90kgf/cm²이상으로 하면 시멘트 37%이상, 슬러지는 28%이하 그리고 fly-ash는 32%이하의 범위(즉 시멘트 : 슬러지 : fly-ash=1. 3 : 1 : 1. 1) 이고 bottom슬러지의 경우

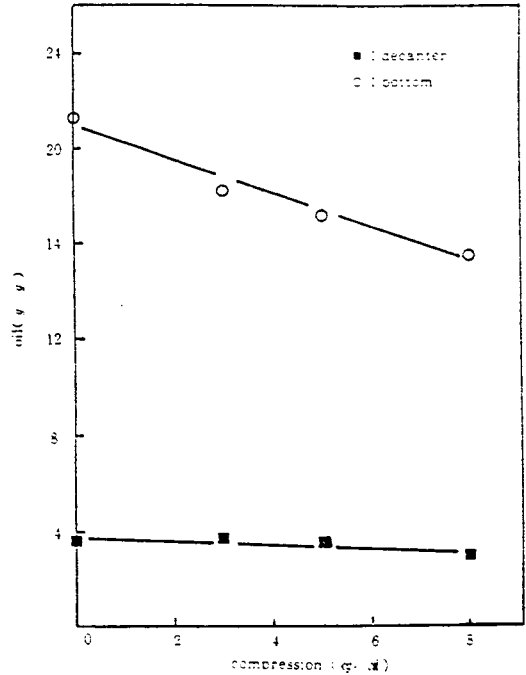


Fig. 19 The effect of compression on containing oil for the solidified oil sludges. (C : S : F=2 : 1 : 1.5)

재령 28일 기대압축강도를 80kgf/cm²이상으로 하면 시멘트 40%이상, 슬러지는 25%이하 그리고 fly-ash는 32% 이하(즉 시멘트 : 슬러지 : fly-ash=1. 6 : 1 : 1. 3)가 가장 적절하였다.

3. 고화체의 노말 핵산추출물질법에 의한 용출실험에서 decanter슬러지는 시멘트의 중량분율이 35%일(urichem 3. 5%첨가)때 재령 28일에서의 용출량은 10 mg/l, bottom슬러지의 경우도 10mg/l으로(시멘트의 줄양분율 42. 9%)urichem이 첨가되지 않았을때의 약13-115정도로 아주 좋은 결과를 얻었다.

이때의 흡수율과 진비중은 두 종류 슬러지에 대하여 각각 15%, 8% 및 1. 8정도이었다.

4. 전자현미경사진(SEM)으로 urichem첨가에 따른 수화반응을 정성적으로 관찰한 결과 재령 28일의 압축강도 실험 결과와 유사하게 3. 5%를 첨가했을때 가장 명확한 구조를 볼 수 있었다.

5. 가압성형(3, 5, 8kgf/cm²)으로 제조한 공시체에 대하여 압축강도, 감량율, 잔존 기름양, 진비중 및 흡수 실험을 한 결과 압축강도는 가압하지 않은 경우보다 약10% 증가하였으며 공시체의 무게는 약 15% 감소하였다. 그리고 잔존 기름양은 약25% 감소되었고 흡수율은 약 50%저하되었다. * (이자료는 한국폐기물학회에서 발간한「한국폐기물학회지」 제7권1호에서 발췌재한 것입니다.)