

법랑을 이용한 음식물 쓰레기 및 퇴비 발효조 개발

한 두 희*

Development of Slurry Store System with Enamel Ware

Doo Hee Han*

요 약 내화확성이 강하고 반영구적이며 외관이 미려한 조립식 법랑 판넬을 이용한 가축 분뇨 및 음식물 쓰레기의 처리에 사용할 수 있는 저장 탱크의 설계 및 제작에 관하여 연구하였다. 일반 콘크리트 저장탱크에 비하여 30%이상의 시공 비용 절감 효과를 얻었으며, 법랑을 이용하여 지상에 건설하여 침출수를 원천적으로 방지하고, 지하에 일시 저장한 분뇨를 펌프로 사용하여 지상으로 끌어 올려 숙성 발효시키는 액비 탱크에 적용하여 시공하였다.

Abstract The enamel coated panels could be used to construct huge size tank in order to improve the fermentation effects of liquid wastes(food and night soil of cow and pig) and to minimize the construction fee. In order to joint the panels, water proofed volts, nuts and silicon adhesive were used. We applied these enamel coated panels to construct the slurry store tank.

Key Words : enamel ware, far infra red radiation, slurry store tank, food waste

1. 서 론

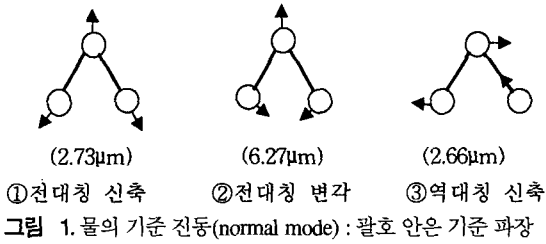
법랑은 철의 견고성과 점토 및 세라믹 재료의 유용성을 결합시킨 종합 재료이다. 법랑 재질의 이로운 점은 벗겨지지 않고 내열성이 좋아 반영구적으로 사용할 수 있고, 인체 생화학적인 원료인 바이오세라믹스에 금속을 치환 반응시켜 소성 성형시킨 무기화합물을 유기질인 프리트(frit)와 혼합하여 코팅 처리하여 항균 및 항곰팡이 기능을 가질 수 있고, 철판과의 밀착성이 우수하고 첨가된 세라믹 재료에 의하여 원적외선이 발생되어 인체에 좋은 효과를 줄 수 있다[1]. 법랑은 주방용품, 육조, 가스렌지 등에 사용되고 있으며, 화려한 외관을 만들 수 있기 때문에 건축물의 외장재로 사용되기도 한다. 한편 이런 법랑 판넬을 이용하여 음식물 쓰레기나 분뇨 처리를 위한 저장 탱크나 발효 탱크를 가설한다면 부식에 강하고 외관이 미려하여 지상에 가설하더라도 자연과 잘 어울리는 장점이 있다. 또한 법랑은 온도가 올라가면 원적외선 방출 효과가 있기 때문에 저장 탱크에 담긴 유기물질을 발효 숙성시키는 효과가 있다. 음식물 쓰레기 처리 시설이나 분뇨 처리 시설 등이 혐오시설로 여겨지고 있는데, 법랑 판넬을 이용하면 이런 시설의

편견을 없애는 좋은 대안이 될 수 있다.

2. 원적외선과 물

음식물 쓰레기나 가축 분뇨는 대부분 물로 이루어져 있으므로 물을 잘 이해하면 원적외선을 적절히 이용할 수 있다. 원적외선은 전자기파 중 파장이 4~1000 μm 범위의 것을 말한다. 태양 빛의 7%정도가 가시광선인데 비하여 열을 전달하는 적외선은 80%나 된다[2]. 원적외선 복사에 의하여 물체의 온도가 상승하는 것은 원적외선의 복사에너지가 물체에 흡수되기 때문이다. 원적외선 복사에너지가 흡수되는 정도는 물질에 따라 다르지만 일반적으로 식품 등의 고분자 물질은 원적외선 복사를 잘 흡수하는 물질이다[3]. 원적외선이 물질에 가해지면 원자는 변각 운동, 병진 운동, 회전 운동, 진동 운동 등을 하게 된다. 원적외선이 고분자 물질에 복사될 때 원적외선의 진동수와 분자의 진동수가 일치하면 공명현상에 의하여 원적외선 복사에너지의 흡수가 극대화된다. 원적외선에 의하여 부수적으로 얻어지는 효과는 살균 효과 및 숙성 발효 효과가 있다. 원적외선 가열에 사용되는 2.5~30 μm 영역은 0.5~0.04 eV 정도의 작은 광자에너지를 갖기 때문에 화학작용은 거의 없고 물질의 분자진동이나 결정의 격자 진동을 여기시키는 수준이다. 원적외선 영역에서 물분자의 운동은 세가지의 기

*청운대학교 건축공학과
Tel: 041-630-3273



본 형태가 알려졌으며 그림 1과 같다.

이외에 진동보다 훨씬 약한 에너지로 일어나는 회전 운동이 있는데 실용적인 파장 대역 보다 훨씬 장파장 쪽에 있으므로 고려하지 않았다.

3. 범람 패널의 제작

유약은 크게 프리트, 첨가물, 안료 등 3가지로 구성되어 있다. 유약은 용도별로 하유약과 상유약으로 분류할 수 있으며, 하유약은 철판과 유약의 화학반응을 촉진시켜 소지금속과의 밀착을 증대시키기 위한 것이며, 상유약은 광택, 색상 및 내약품성 등 최종 제품에 요구되는 물리적 특성을 부여하기 위함이다[4].

프리트는 유약의 주성분인 용융점이 낮은 일종의 유리질로서 규산화합물과 붕산화합물 등의 원료를 조합하여 1,100~1,300°C에서 가열 용융 후 급냉하여 분쇄한 것이다. 하유용 프리트와 상유용 프리트가 있다. 프리트는 투명유, 반투명유, 불투명유 등으로 구분된다.

밀첨가물인 점토(clay)는 혼탁제 역할을 하며, 규사(SiO₂)는 강도를 증가시키는 역할을 한다.

범람에 색상을 부여하기 위해서는 착색 금속산화물을 프리트 중에 용해시켜 착색하는 접착유약과 밀바탕 유약에 무기질의 안료를 밀링시에 첨가하는 밀첨가물 유약이 있다.

이상의 프리트, 밀첨가물, 안료, 물 등을 혼합하여 분쇄기에서 갈아 입도가 2~6이 되도록 한다. 입도는 갈린 유약을 mesh #40의 굵은 체로 쳐서 이중 12.5 cc를 취하여 mesh #200의 고운 체로 쳐서 물로 헹궈 보낸 후 남은 찌꺼기를 메스실린더로 측정한다.

범람 제조 공정을 요약하면 다음과 같다.

- ① 소지성형 : 철판을 절단, 판금, 절곡, 용접, 연마, 검사 과정을 통하여 준비한다.
- ② 전처리 : 철판 표면의 불순물을 제거하고 산처리로 표면에 요철을 만들어 유약의 밀착력을 향상시킨다.
- ③ 하도 코팅 : 철판에 밀착이 좋은 하유약으로 코팅-100-200°C 열로 건조 후 840°C에서 10분 정도 소성한다.
- ④ 상도 코팅 : 철판에 밀착이 좋은 상유약으로 코팅-100-200°C 열로 건조 후 820°C에서 8분 정도 소성한다.

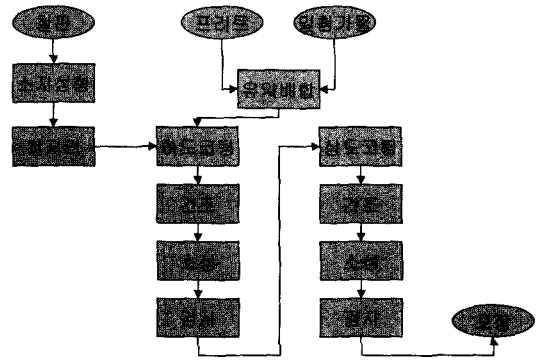


그림 2. 범람 제조공정개요

표 1. 조립식 범람 패널의 성능

구분	시험방법	결과
내급냉성	물을 250°C까지 가열 후 급냉	잔금, 박리 없음
내열성	300°C 20분간 가열 후 급냉	이상 없음
내산성	10% 구연산 spot test 15분간	A급 이상
내알카리성	10% 소다 spot test 15분간	A급 이상
염수시험	5% NaCl 용액에 48시간 침전	반청 없음
밀착성	200g 강철공을 1m 높이에서 자유낙하	소지까지 박리 없음

범람 제조공정의 개요를 그림 2에 표시하였다.

표 1은 조립식 범람 패널의 성능 시험 결과를 요약하였다.

4. 범람 패널의 조립 및 시공

4.1 패널의 조립

극저 탄소강판에 범람 코팅 처리를 한 조립용 패널은 일정 크기의 직사각형 모양으로 만들고, 여기에 볼트와 너트 및 실리콘 접착을 기본 시공 재료로 사용한다. 그림 3은 범람 패널의 단면 구성을 보여주며, 그림 4는 범람 패널 조립의 개략도를 보여준다.

이런 방법을 사용할 경우 용적 및 높이를 자유롭게 조절할 수 있고, 보수 및 시공이 간편하며, 시공기간이 짧고, 용접시 생기는 취성 및 부식 등의 문제에서 완전히 자유로울 수 있다는 장점이 있다. 또한 조립식이라 이동설치가 가능하고 용량의 증감도 용이하다. 범람 조립식 탱크를 사용하기 알맞은 분야는 내부식성이 요구되는 경우, 환경 호르몬의 배출이 없어야 되는 경우, 가격이 저렴하고 이동설치가 용이한 경우 등에 알맞으며 불소를 사용하는 공정에는 범람 재질의 탱크를 사용하면 안된다. 표 2는 조립식 범람 패널 탱크의 적용분야를 요약한 것이다.

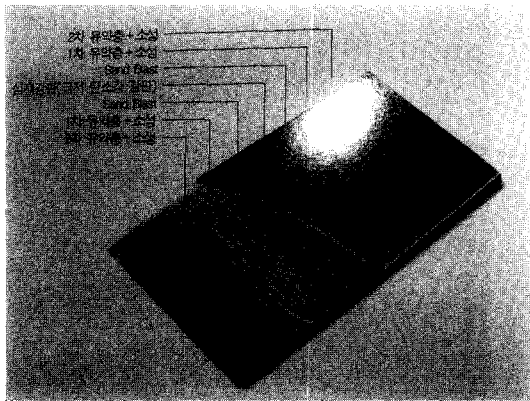


그림 3. 법랑 판넬의 단면 구조

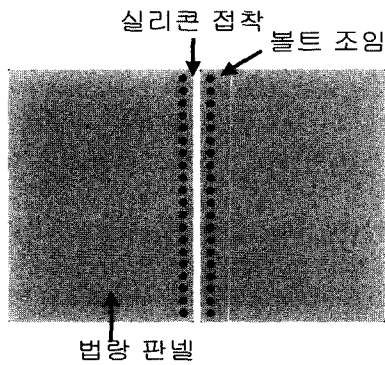


그림 4. 법랑 판넬의 연결

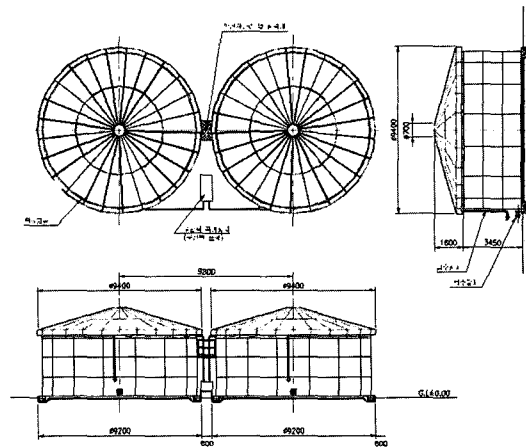


그림 5. 법랑 판넬 저장 탱크설계의 예

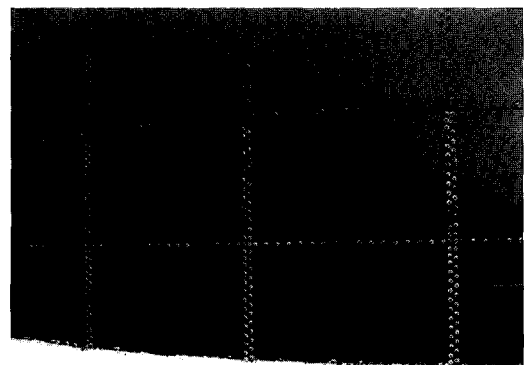


그림 6. 법랑 판넬 저장 탱크 시공의 예

표 2. 조립식 법랑 판넬 탱크의 적용분야

구분	적용
내부식성이 요구되는 경우	축산분뇨 탱크 정화처리 설비용 탱크 펄프(제지)공장의 저장 탱크 소금공장의 탱크 기름 탱크
환경호르몬 배출이 없어야 하는 경우	먹는 물 탱크 온수기 탱크 포도주 제조 탱크(프랑스)
가격이 저렴하여 이동 설치가 용이한 경우	샌드 플랜트 소방용 탱크 철거가 용이한 임시 저장소

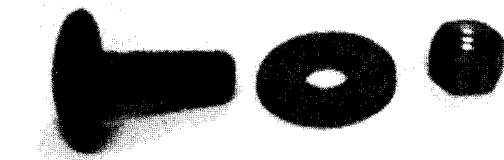


그림 7. 법랑 강판 연결용 볼트 세트

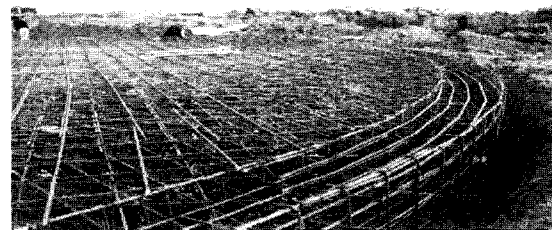


그림 8. 방진 방풍 구조

그림 5와 6은 법랑 판넬을 이용한 저장 탱크의 설계 및 시공의 예를 보여 준다.

법랑 판넬은 방수처리를 한 볼트세트(그림 7)로 연결 고정되며, 기초철근과 판넬이 일체형을 이루고 콘크리트가 타설되므로써 외부충격 및 진동에 강하다(그림 8).

또한 콘크리트바닥과 접촉되는 기초프레임은 누수를 방지하는 누수방지제를 사용하며 2차 콘크리트 시공 전에 바닥 및 탱크의 측면에 부착한다(그림 9).



그림 9. 방수 구조

4.2 조립식 법랑 탱크 사용의 장점

축산농가의 축산 분뇨나 음식점 등의 음식물 쓰레기를 저렴하게 효과적으로 처리하여 재활용하는 방안 중에 시공비를 절감하는 방안이 있는데, 콘크리트 설비에 비하여 조립식 법랑탱크를 설치하면 30%이상의 비용 절감할 수 있다. 조립식 법랑 탱크의 장점을 정리하면 다음과 같다.

- 세라믹의 특징인 내후성 및 내화학성과 강판의 특성인 강성을 유지하여 반영구적으로 사용할 수 있다.
- 가격이 저렴하고 조립식으로 되어 설치 공정이 짧다.
- 구조물의 외형 변화 없이 열린 설치가 가능하다.
- 완전한 방수로 토양의 오염을 방지한다.
- 외관이 미려하여 자연 녹지와 잘 어울린다.
- 법랑의 세라믹 재료가 원적외선을 방출하므로 저장 물질의 숙성을 돕는다.

4.3 조립식 법랑 탱크를 갖는 액비 처리 시스템

기존의 액비 탱크에 비하여 가격이 저렴하고, 방수 내후성이 좋으며, 내구성을 해결한 법랑 판넬을 이용한 액비 저장 탱크는 축산 분뇨 처리의 새로운 해결책을 찾아 준다. 국내에서 설계 및 제작할 수 있기 때문에 가격이 저렴하고 조립식으로 되어 있어 납기 및 설치 공정이 기간이 짧고 국내 여건에 맞는 규격의 개발로 적용이 용이하며 누수 문제를 완전히 해결하여 저장에서 살포까지의 저장 발효가 가능하다. 극저탄소강에 법랑 코팅 처리를 하여 내화학성이 우수하고 수명이 반영구적이다. 따라서 완전한 방수로 토양의 오염을 방지하며 완전 발효 후 토양에 살포함으로써 농작물의 재배를 가능하게 해주며 외관이 미려하여 자연녹지와 잘 어울린다.

그림 10은 액비 처리 시설의 한 예를 보여준다. 축사에서 나온 분뇨는 일차 저류조로 이동하여 일시 저장되며 여기에 초지를 살포한 후 전기 모터를 사용하여 액비 저장조로 이송시켜 장시간 숙성시킨다[5].

5. 결론 및 토의

축산 분뇨나 음식물 쓰레기 저장 탱크로 조립식 법랑



그림 10. 액비 처리 시스템의 예

판넬 공법을 사용할 수 있음을 살펴보았다.

환경을 보존하는 것은 이제 전 세계의 문제로 대두되었다. 우리의 후손에게 깨끗한 환경 깨끗한 물을 물려주기 위하여 근본적인 대책의 수립과 실천이 요구된다. 음식물 쓰레기나 가축 분뇨 처리 시설은 혐오시설이 아닌 우리 사회에 꼭 필요한 시설이다. 침출수를 근본적으로 막아 토양 오염을 줄이고 세균 등의 번식을 막는 등 환경 친화적인 재료인 법랑을 저장 및 숙성용 탱크에 적용하여 미려한 외관을 만들어 주위 환경과 잘 어울리도록 시설함으로써 지역 주민들의 원성을 줄일 수 있는 방안을 제시하였다. 콘크리트 시설에 비하여 시설 및 철거가 용이하고, 용적을 필요에 따라 변경할 수 있어 필요에 따라 적절한 변화를 줄 수 있는 장점 등이 있으므로 인구밀집지역이나 축산 농가에 추천할 만 하다. 조립식 판넬의 제작에 대한 기본 연구는 충남 아산의 K사와 공동으로 이루어 졌으며, 조립식 판넬의 제작은 경기도 평택 공단의 M사가 담당하였고 시공은 경기도 화성의 D사가 담당하였다. 환경부 조사에 의하면 우리나라 전체의 폐기물 발생량 중 유기성 폐기물이 56%를 차지하고, 유기성 폐기물 중에서 음식물 쓰레기와 채소류가 31.1%를 차지하고 있다. 음식물 쓰레기는 수분이 많고 악취를 발생시키는 등 위생상의 문제뿐 아니라 매립시 발생하는 침출수에 의해 지하수는 물론 지표수와 토양 오염의 원인이 되고 있고, 악취 및 H₂S, NH₃ 등의 유해가스를 발생시켜 2차 오염 문제를 유발하고 있다. 정부는 이러한 문제를 해결하고 자원을 처리하기 위한 처리방안으로 2005년 까지 모든 지방자치단체가 음식물 쓰레기 재활용 시설을 완료하도록 법제화하였다. 또한 충남 서부지역은 축산단지가 밀집되어 있어 축산 분뇨의 처리는 지하수 오염과 직결되어 시급하게 해결하여야 할 문제이다. 조립식 법랑 판넬을 이

용한 저장 탱크의 보급으로 환경문제의 해결의 한 고리를 해결할 수 있기를 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2003년 충남환경기술개발센터의 일부 지원에 의해 연구되어졌습니다.

참고문헌

[1] 石高治夫, “법랑기술가이드북”, (사)일본법랑공업회, p. 1, 1985.

- [2] 곤노가즈요시, “원적외선-21세기는 2천억불 시장 그 산업실태와 배경원리”, 한국원적외선응용연구소, 서울, p. 40, 1998.
- [3] 한충수, 박완서, “원적외선 가열의 이론과 실제”, 한국원적외선응용연구소, 서울, p. 1-28, 1995.
- [4] 권오연, “제조공정 최적화에 관한 실험적 연구”, 석사학위 논문, 연세대학교, p. 7-10, 1990.
- [5] 정광순, “조립식 탱크 제조 및 적용 기술”, 제3회 환경신기술 발표회, 환경관리공단, p. 658-662, 2002.