

KOSHA GUIDE

M - 154 - 2012

유리섬유강화 플라스틱(GRP)탱크  
제조 및 사용 등에 관한 기술지침

2012. 11.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침 개요

o 작성자 : 한국안전학회 박재학 교수

o 제 · 개정 경과

- 2012.11 기계분야의 제정지침으로 선정
- 2012.11 분야별 기준제정위원회 심의
- 2012.11 총괄 기준제정위원회 심의

o 관련규격 및 자료

- BS 4994 ; Design and manufacture of nonmetallic storage tanks
- BS EN 13121-4: Inspection and Test
- HSE Guidance Note PM75: Glass reinforced plastic vessel and tanks  
에 대한 advice to users (3rd Edition,플랜트 및 기계분야)
- 산업안전보건법
- KS F4811: 유리섬유강화 폴리에스테르 물탱크

o 관련법규 · 규칙 · 고시 등

산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제1장(기계·기구 기타 설비에 의한  
위험예방)

o 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지  
안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 11 월 29 일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

# 유리섬유강화 플라스틱(GRP) 탱크의 제조 및 사용 등에 관한 기술지침

## 1. 목 적

이 지침은 화학공업, 식음료공업에 있어서 원료 및 제품의 저장 및 화학반응 공정상 내식성, 내열성이 요구되는 반응용기에 필요한 유리섬유강화플라스틱 (GRP 또는 GFRP) 탱크의 제조와 산업안전보건기준에 관한 규칙에 의하여 안전 확보에 필요한 기술적 사항을 지침으로 제공함을 목적으로 한다.

## 2. 적용범위

이 지침은 유리섬유강화플라스틱 탱크의 제조에 있어 설계, 재료의 선정, 제조 및 검사와 수리 등 유지관리 기술기준에 대하여 적용한다.

## 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “유리섬유강화플라스틱(Glassfiber reinforced plastic: 이하 “GRP”이라 한다.)”라 함은 내식성 또는 내열성이 좋은 합성수지에 유리섬유를 혼합하여 인장강도가 우수한 성능을 가진 복합재료를 말한다.

(나) “GRP 탱크”라 함은 화학공업 또는 식음료산업에 있어 가벼우면서도 내식성, 내약품성 및 내열성을 향상시키기 위해 GRP로 제조된 반응용기, 탈취탑(Scrubber), 폐수처리조, 저장탱크 등 용기(Vessel)를 통칭한다.

(다) “최대운전압력(Maximum operating pressure)”이라 함은 압력을 받는 압력용기가 정상적인 기능을 발휘하면서 최고로 올라 갈 수 있는 압력을 말한다.

(라) “최대운전온도(Maximum operating temperature)”라 함은 운전 중에 올

라갈 수 있는 최고온도를 말한다.

- (2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 동법시행령, 동법시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 의한다.

## 4. 설계 시 및 제조 시 고려사항

### 4.1 제조자가 사용자로부터 얻는 필요한 정보

#### (1) 공정 및 운전조건

- (가) 저장 등 취급물질정보(물질명, 농도, 밀도 등) 및 함유불순물
- (나) 설계압력(또는 진공시 진공압) 및 설계온도
- (다) 운전압력(또는 진공시 진공압) 및 운전온도
- (라) 운전방식(공정 순환주기 조건)
- (마) 공정상 마멸 또는 마식문제 발생물질 함유 등에 관한 정보

#### (2) 설치장소 조건

- (가) 설치장소의 주위온도(최대, 최소)
- (나) 부가적 부하(바람, 눈 및 GRP탱크에 연결된 배관 등에 의한 추가부하)
- (다) 설치 및 정비 시 작업자 및 사용 장비에 의한 추가부하
- (라) 지하매설시 토양조건 및 탱크 위로 교통하중부가 등 추가부하
- (마) 지진부하

#### (3) 특수조건

- (가) 인접공장설비의 진동여부
- (나) 교반운전 여부
- (다) 기계적 충격위험 여부
- (라) 운반도중 부가적 부하 여부
- (마) 화재 저항성 향상 여부

## 4.2 설계도에 표시될 상세사항

- (가) 주요 외관치수와 오차범위의 표시
- (나) 설치강도 계산서
- (다) 동체(Shell)의 공칭두께(오차포함)
- (라) 강화형태 (타입, 적층(Laminate)배열과 층수)
- (마) 부분적 강화형태
- (바) 열경화성 라이닝이 있는 경우 용접부 상세도
- (사) 볼트 및 플랜지재료와 상세사항
- (아) 개스킷 재료와 상세사항
- (자) 외부 표면처리의 상세사항
- (차) 맨홀(Manhole) 및 검사구(Inspection opening)의 요구사항

## 4.3 설계 및 제조시 고려사항

- (가) 사용될 합성수지 계통(Synthetic resin system)
- (나) 사용될 강화섬유물질 사양
- (다) 재료의 기계적 성질
- (라) 사용 또는 저장될 화학물질
- (마) 열경화성 라이닝(Lining)을 할 경우 백킹층(Backing layer)의 허용여부
- (바) 방향성을 고려한 강화를 한 경우 강화물질(유기섬유)의 방향
- (사) 사용될 라이닝과 적층(Laminate)시스템
- (아) 지지대 설계
- (자) 원주방향의 제작 오차
  - 직경600 mm미만: 5 mm이하
  - 직경600 mm이상: 직경의 0.25%이하
- (차) 사다리 등 탱크에 접근방법에 대한 상세사항
- (카) 수압시험 압력 또는 필요시 피로강도시험을 위한 부하반복회수(Load cyclic variation)
- (타) 검사기관
- (파) 기타 특수고려사항

- 승인된 설계에 추가 변경사항 시 변경관리
- 현지제작을 할 경우 특수제작절차서
- 적층결합 수정과 수정방법
- 핫플레이트(Hot plate)용접이 사용될지 여부
- 필요시 적층시험편과 기계적 시험범위에 대한 규정

## 5. 재료 선택 시 고려사항

### 5.1 합성수지(Synthetic resin)

합성수지 재료 선택 시에 고려할 사항은 다음과 같다.

- (1) GRP탱크가 사용될 환경 즉 내식성, 내약품성 및 내열성등 특정 환경부하 (물질종류 및 농도) 및 최대허용온도에 따라 합성수지를 선택하여야 한다.
- (2) GRP제조자는 사용될 환경부하에 대한 정보를 합성수지 공급자에 제공하여 적합한 재료를 선택하도록 한다.
- (3) 특정 산화성 산류 및 알칼리류와 유기용매에 취약한 경우가 있으므로 필요시 특정 환경부하에 대한 수지의 내식성 시험 및 내열성시험을 행하여 선택한다.
- (4) 설계온도는 GRP탱크가 받을 최대운전온도와 합성수지가 연화가 일어나는 온도의 차이는 최소 20°C이상(40°C 정도가 바람직)이 되도록 한다. 최대 운전온도 고려 시 공정상 발생하는 이상반응 등에 의한 온도까지를 반영해야 한다.
- (5) GRP탱크의 외부표면에 사용되는 합성수지는 탱크 내 용액의 넘침 (Overflow) 경우 또는 스팀을 이용한 청소 시 고온에 노출 경우 등 용기가 받을 모든 조건을 고려하여 선택하여야 한다.
- (6) 화재 시 화재저항성능을 향상시키기 위하여 화재지연제 첨가 등 특정 환경에서의 저항성을 높이기 위하여 특정 첨가제를 첨가하여 사용한다. 범위를 넓히도록 한다.

- (7) 합성수지 본연의 색깔을 가진 GRP탱크는 노출될 경우 햇빛을 투과하여 쉽게 열화하거나 탱크의 미생물성장조건을 방지하기 위하여 적절한 염료의 추가를 고려하도록 한다.
- (8) GRP는 전기적으로 절연체이지만 정전기가 축적되어 잠재적 점화원으로 작용할 수 있으므로 탱크 내에 인화성 액체저장 등 점화원을 관리해야 하는 경우에 정전기 제거장치를 고려해야 한다.
- (9) GRP탱크 제조에 사용되는 열경화성 합성수지의 종류와 특성은 <표 1>과 같다. 표에서 내식용 합성수지는 성형 후 열을 가해도 열변형이 일어나지 않는 열경화성수지계로서 불포화 에스테르계 또는 비닐 에스테르계를 사용하며 내식성과 사용환경(저장물질, 농도 및 운전온도)에 따라 합성수지 제조자와 협의하여 적합한 수지를 선택하도록 한다.

&lt;표 1&gt; 내식용 합성수지의 종류와 특성

분류	종류	특성	내식 성능				
			산	염	알칼리	용제	산화제
불포화 폴리 에스테르계 수지	이소프탈산계	80℃ 및 PH10이하에서 뛰어난 내식성	◎	◎	×	×	×
	비스페놀계	산, 염기, 염소 등 각종 화학약품에 뛰어난 내식성	◎	◎	○	×	×
	헥산계	크롬산 등 강한 산화제에서 뛰어난 내식성	◎	○	×	×	◎
비닐 에스테르계 수지	비스페놀계	산, 염기, 염소 등에서 뛰어난 내식성 내열 충격성 우수 높은 충격강도	◎	◎	◎	×	×
	노블락계	산, 염기, 용매 등에서 뛰어난 내식성 고온에서 높은 강도 유지	◎	◎	○	◎	○
	취소형(Br)비스페놀계	내식성 및 기계적 강도 뛰어남 Br함유로 뛰어난 내연성	◎	◎	◎	×	×

(범례 : ◎우수, ○양호, ×사용불가)

## 5.2 유리섬유

- (1) 유리섬유는 성분이 주로  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{AlO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{R}_2\text{O}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  등으로 구성되어 탱크의 기계적 강도를 유지시켜 주는 보강제 역할을 하고 있다.

- (2) 탱크 성형물의 요구강도와 형상 및 합성수지와와의 함침성에 따라 적절한 유리섬유제품을 선택하여 사용하도록 한다.
- (3) 직조형태에 따라 로빙사(Roving cloth), 찢트스트랜드매트(Chopped strand mat), 찢트매트 (Chopped mat)등이 있으며 유리섬유 종류별 해당 KS규격을 <표 2>에 나타낸다.
- (4) 유리섬유 제품은 통풍이 잘되는 건조장소(10~35°C, 상대습도 70% 이하)에 보관하여야 한다.

&lt;표 2&gt; 유리섬유의 종류

유리섬유의 종류	KS규격 번호
유리섬유 로빙	(KS L 2313)
유리섬유 로빙포	(KS L 2315)
절단유리섬유 매트	(KS L 2317)
유리섬유 실	(KS L 2507)
유리섬유직물	(KS L 2508)

## 6. 제조공정(성형공정)

### 6.1 일반사항

- (1) GRP탱크의 제조는 관련 설계표준 및 설계사양과 제조자의 성형표준에 따라 품질관리를 통해 제작되어야 한다.
- (2) 탱크에 연결되는 배관 등은 적절하게 지지되어 과도한 스트레스를 받지 않도록 해야 한다. 설계 시 계산된 변형한도가 커질 경우 산기류 환경에서 환경응력파괴(Environmental stress cracking)를 일으킬 수 있다.
- (3) GRP탱크는 합성수지의 혼합층과 유리섬유강화로 제작되므로 각 층이 모든 방향에서 동일한 기계적 성질을 갖지 않는다. 이런 성질은 제조방식으로서 복합층이 필라멘트 와인딩법(Filament winding method)으로 성형될 때 심하게 일어나므로 설계 시 부하가 정확한 방향으로 걸리도록 고려하여야 한다.



## 6.2 성형공정

GRP탱크의 성형방법으로는 수적법(Hand layup method)과 필라멘트 와인딩법 등이 있으며 보통 표면층, 중간층, 보강층을 한층으로 하고 사용환경 및 강도에 따라 중간층과 보강층을 반복하여 2내지 3층 성형을 한다.

### (1) 표면 내식층

내부표면에는 강화물질인 유리섬유 매트(Mat)(유리섬유 중량 10%전후)가 노출되지 않도록 0.2~0.5 mm 두께로 합성수지를 충분히 공급하여야 하며 기포, 균열, 핀홀 등이 없도록 한다.

### (2) 중간 내식층

표면 내식층 다음 부분으로 잘게 자른 유리섬유 가닥 매트(Glass chopped strand mat, 중량으로 20~30%정도)로 2~2.5 mm의 두께를 유지하며 되도록 보강한다.

### (3) 외부 보강층(강화층)

외부 보강층은 화학적으로 내식성 및 기계적 강도면(인장강도 및 굴곡강도)에서 안정된 구조를 이루게 하므로 천매트(Mat cloth), 로빙사(Roving cloth)를 사용하는 부분은 서로 겹치지 않게 하고 적층 시 겹치는 부분은 최소 25 mm 이상 되도록 한다.

외부표면은 강화유리섬유의 노출을 없게 하고 예리하게 튀어나온 부분이 없어야 한다. 외부표면에 내부식성이 요구되면 표면 내식층과 같이 수지함량을 많게 한 유리섬유로 구성되도록 한다.

### (4) 상도(Top coating)

성형물의 표면에 도포하여 방수, 색상, 광택 등을 부여하므로 피도물의 재질 및 용도에 따라 겔코트, 왁스를 혼합한 수지 등 상도용 재료를 선택하도록 한다.

### (5) 절단부분

모든 절단부위는 코팅하여 유리섬유가 노출되지 않도록 하며 빈 부분은 폴리퍼티(Poly putty)로 채우고 화학적 환경에 노출된 부분은 유리섬유로 보강 되도록 한다.

## 6.3 제조 시 취급상 안전에 관한 사항

- (1) 합성수지와 이와 혼합되는 촉매는 밀봉하여 냉암소에 저장하여야 한다. 특히 촉매의 경우 직사광선을 피하여야 한다.
- (2) 촉매와 촉진제는 직접 혼합하면 폭발적으로 반응하므로 절대 직접 혼합해서는 안 된다. 혼합 시 수지에 촉진제를 충분히 혼합한 후 촉매를 섞도록 한다.
- (3) 운반 시에는 촉매와 촉진제의 혼재 적재를 하지 않도록 한다.
- (4) 촉매와 수지가 직접 인체에 접촉하지 않도록 하여야 하고 피부에 접촉하였을 경우 비눗물로 충분히 씻도록 한다.
- (5) 수지와 촉매 등을 혼합할 때는 충분한 환기를 하여야 한다.
- (6) 유리섬유 취급 시에는 반드시 방진마스크 등 필요한 개인보호구를 착용하여야 한다.

## 7. 설치 상 안전 고려사항

GRP탱크의 많은 손상은 설치중의 문제에 기인하므로 설치 시에는 제조자가 권장하는 방법에 따라 설치한다. GRP탱크는 충격 저항성이 약하므로 설치 중 또는 검사 중 탱크 출입 시 기계적 손상이 없도록 한다.

- (1) 설치장소는 사전에 검사하여 요철이나 부스러기가 없도록 한다.
- (2) GRP탱크를 들어 올리거나 차량에 탑재할 때에는 용기에 손상이 없도록 다

음의 조치를 취하도록 한다.

- (가) GRP용기 취급용 줄걸이로 와이어로프는 기계적 손상을 주므로 대신 섬유로프 줄걸이를 사용한다.
- (나) 탱크이동시 탱크에 부착된 노즐, 배관등 부속품을 사용해서는 안 되며 가능한 한 부착된 리프팅러그(Lifting lug)를 사용한다.
- (3) 탱크에 연결된 배관에 걸리는 총 부하는 용기의 설계한도를 넘지 않도록 적절히 지지되도록 설치한다.
- (4) 탱크와 볼트로 체결할 부위는 탱크에 응력이 가해지지 않도록 자연스러운 상태로 하도록 한다.
- (5) GRP탱크가 도로 옆 등 차량출입이 빈번한 장소에 설치될 경우 적절한 내충격 방벽을 설치하고 위험표지를 하도록 한다.
- (6) GRP탱크는 설치장소의 정위치에 완전히 고정되도록 탱크고정용 적절한 자재의 브래킷(Bracket)과 볼트 등으로 고정하고 접지를 실시한다.
- (7) GRP탱크가 압력용기로 사용될 때에는 안전인증을 획득한 압력방출장치 등 안전장치를 갖추어야 한다.
- (8) 지하배설용 GRP탱크는 충분히 넓게 파서 공간제한으로 인한 손상이 없도록 하고 확고한 기초위에 고정하여 호우 침수 시 물에 뜨지 않도록 한다. 또한 지하탱크 위로 차량이 운행 될 때는 탱크에 부하가 걸리지 않도록 콘크리트 슬래브 등으로 보호하여야 한다.

## 8. 운전과 유지관리시 고려사항

- (1) 사용 중에는 설계 시 의도된 용도의 사용, 주기적 정비 및 점검을 통해 기계적 건전성(Mechanical integrity)이 유지되도록 한다.
- (2) GRP탱크의 운전은 설계부하 범위 내에서 훈련된 운전자에 의해 행하여지도록 한다.

(3) GRP탱크의 운전이 최대허용온도 및 압력을 상회하는 등 허용운전범위를 벗어나는 운전조건일 때 운전조건 이탈(Deviation)로 인한 영향을 검토하여 안전성 및 기계적 건전성을 검증받은 후 사용하도록 한다.

(3) GRP탱크위 입출입은 밀폐공간출입에 해당하므로 반드시 위험작업허가서를 발행하고 안전조치를 취한 뒤 출입하여야 한다.

## 9. 검사와 시험

### 9.1 설치전후의 검사와 시험의 일반사항

(1) 용기에 대한 검사와 시험은 제작완료 후 및 설치한 후 사용하기 전 설계 요구사항에 따라 자격자에 의하여 수행한다.

(2) 육안검사는 용기의 일반적 상태, 용기본체 재질, 노즐 및 배관 등 연결류의 상태와 표면결함 여부를 검사에 포함한다.

(3) 주된 검사는 충격에 의한 손상과 마멸상태, 용기의 외부표면 및 내부표면상태에 집중하고 수압시험 전후에 실시한다.

(4) 필요한 경우 수압에 대한 압력시험, 덧붙임선(Lining seam)에 대한 스파크 테스트(Spark test)를 행한다.

(5) 시험 및 검사조건과 결과는 기록되어 유지되어야 한다.

### 9.2 사용 중 검사와 시험

#### (1) 일반

(가) 사용 중 검사는 저장물질과 사용 환경에 따라 적절한 검사주기로 검사자 자격자에 의해 수행한다. 특히 첫 번째 사용 중 검사가 GRP탱크가 설계, 제조, 설치가 제대로 되었는지 와 라이닝부 누출여부(변색징후, 균열, 기공, 환경상 부식징후 점검) 판단하는 것이 중요하다.

(나) 허용된 운전범위를 벗어난 사고가 발생한 경우 탱크의 기계적 건전성을 확인하기 위해 정밀검사를 실시한다.

(다) 검사기술은 저장물의 종류, 운전조건, 탱크에 사용된 자재, 운전중 파손(Failure) 유무 등에 따라 달라지나 육안검사와 비파괴검사기술을 사용한다.

(라) 탱크의 설계수명이 다한 경우 탱크의 연장사용여부는 수명연장검사를 행한 후 재사용하여야 하며 검사 자격자에 의해 실시하되 사용연수에 따른 잠재적 열화를 포함하여 검사항목과 검사범위를 정한다.

(마) 검사결과는 탱크가 다음 검사까지 사용하는 것이 적절한지를 판단하여야 하며 필요한 수정작업을 기록하여야 한다.

(바) 검사기록은 전에 수행했던 검사결과와 비교하여 활동적인 열화기구(Active degradation mechanism)를 모니터링 할 수 있도록 한다.

## (2) 외부검사

(가) 외부검사항목은 사전에 작성한 검사계획에 포함되어야 한다. 외부검사만으로 충분한지 또는 내부검사를 포함한 추가검사를 해야 하는지를 결정해야 한다.

(나) 검사결과 열화현상이 발견되면 탱크의 계속된 사용이 가능한지 전문가의 평가를 받도록 한다.

(다) 검사 시 주의 깊게 검사해야 할 장소는 다음과 같다.

- 동체 저부 이음매
- 분기(Branch) 및 부속 승하강 장치 부착점
- 배관 및 밸브지지대
- 동체 지지점
- 탱크기초와의 고정점

(라) 지하 매물 탱크에 위험물질을 저장한 경우 일상적인 모니터링 대안으로서 탱크주위에 검사구(Inspection door)를 만들어 위험물질 누출로 인한 토양오염 등을 모니터링할 수 있도록 한다.

### (3) 내부검사

(가) 탱크에 산기류를 저장한 경우 어떤 환경에서는 적층(Laminate layer)를 따라 진행성 변형균열(Progressive strain cracking)을 일으키므로 저장물질 및 운전특성에 따라 주기적 검사가 필요하다.

(나) 내부검사는 밀폐공간 출입허가 및 현장감독 등에 대한 엄격한 절차와 안전조치가 필요하다.

(다) 내부검사 중 과도한 부하에 의해 탱크에 손상이 가지 않도록 출입수단 및 작업수단(비계 또는 공구류)을 통제하도록 한다.

### (4) 내·외부 검사 시 열화징후

검사결과 아래와 같은 열화현상이 발견되면 탱크의 계속된 사용이 가능한지 여부를 전문가의 평가를 받도록 한다.

- 표면상태의 변형
- 표면재료의 연화
- 별마크의 균열
- 적층 균열 또는 층분리
- 유리섬유의 돌출
- 국부적 부풀음(Local swelling)
- 변색(흰색 또는 유색 반점)
- 표면으로 스며나온 액체방울
- 균열 또는 열구(Fissures)

## 10. 탱크의 수리(Repair)

- (1) GRP탱크의 강도는 기지(Matrix)에 걸쳐 섬유의 연속성에 크게 영향을 받으므로 수리하기가 어렵다.
- (2) 수리 시에는 수리표면을 그라인딩으로 넓고 깊게 파낸 후 채워넣기 수리(Filling repair)를 하도록 한다.
- (3) 탱크전체의 기계적 건전성(Mechanical integrity)에 영향을 주는 수리는 그 절차에 있어 사용자와 수리전문가의 합의 하에 이루어지도록 한다.
- (4) 수리작업이 완료되면 기계적 건전성을 확인하기 위하여 수압시험을 수행하고 수리부분은 다음 검사계획에 포함하도록 고려한다.
- (5) 모든 수리에 대한 기록은 서류화하여 보존하여야 한다.
  - 작업절차
  - 수리재(Repair material)
  - 적용된 수리기술
  - 도면
  - 시험 증명서