

미국 유리섬유 복합관 설계 메뉴얼 소개 (I)

Introduction of American Fiberglass Pipe Design Manual (I)



윤순종(Soon-Jong Yoon) 부회장 | 홍익대학교 토목공학과 | 교수 | sjyoon@hongik.ac.kr
 지효선(Hyo-Seon Ji) 이사 | 대원대학 철도건설과 | 부교수 | hsji@mail.daewon.ac.kr

1. 서론

유리섬유 복합관(Fiberglass Pipe)은 경량성, 내구성, 고강도, 내부식성 및 내마모성의 장점을 가지고 있다. 최근에 이러한 재료의 장점을 살려서 국내에서도 유리섬유 복합관을 사용하여 노후 하수관 개량공사에 적용하는 사례가 급격히 증가되고 있다. 국내에서는 유리섬유 복합관에 대한 설계기준 및 공사 시방서가 아직까지 제정되지 않은 실정이다. 현장에서는 주로 유리섬유 복합관 제작사로부터 제공된 공사시방서를 기준으로 시공을 하고 있다. 이 공사시방서도 유리섬유 복합관의 재료적 특성을 기술하면서 주로 기존 콘크리트 하수관에 적용된 일반적인 내용을 주로 포함하고 있다.

본 기사에서는 국내 유리섬유 복합관 관련 설계 및 시공 기술자에게 유리섬유 복합관 설계, 제작, 시공의 각 단계에 대한 정보를 제공하기 위하여 미국 상하수도협회(American Water Works Association; AWWA M45) 에서 제정된 ‘유리섬유 복합관 설계 메뉴얼(Fiberglass Pipe Design Manual, 2nd Edition)’에 대해서 연속기사로 일정한 분량으로 나

누어서 소개하고자 한다. 본 메뉴얼은 총 10장으로 구성되어 있다(표 1 참조).

표 1. 유리섬유 복합관 설계 메뉴얼의 목차

제1장	유리섬유 복합관 역사와 적용
제2장	유리섬유 복합관의 재료 및 물성 특성
제3장	유리섬유 복합관의 제조공법
제4장	유리섬유 복합관 수리계산
제5장	유리섬유 복합관 지중매설설계
제6장	시공 지침
제7장	유리섬유 복합관 스톱스트 블록
제8장	유리섬유 복합관 설계 및 시공
제9장	접합방식 및 이음장치
제10장	운반, 취급, 보관 및 보수
부록	용어해설

2. 유리섬유 복합관 설계메뉴얼 소개

제1장 유리섬유 복합관 역사와 적용

1.1. 소개

유리섬유 복합관은 열경화성 수지에 유리섬유를 조합한 유리섬유강화플라스틱을 감아서 경화시켜

제조 된다. 이러한 복합소재 구조는 골재, 미립자상의 충전재, 안료를 포함할 수 있다. 수지, 유리섬유, 충전재의 적절한 재료 설계를 하여서 제작자는 폭 넓은 범위의 재료의 물성과 특성을 얻을 수 있다. 수년에 걸쳐서, 유리섬유 복합관을 제조하면서 사용한 재료의 차이점으로 여러 가지 이름으로 유리섬유 복합관이 붙여졌다. 이 중에서 강화 열경화성 수지 관(RTRP), 강화 플라스틱 모르타르 관(RPMP), 유리섬유 강화 에폭시(FRE), 유리 강화 플라스틱(GRP), 유리섬유 강화 플라스틱(FRP) 등이다.

유리섬유 복합관은 제조 공정에 따라 필라멘트 와인딩 또는 원심성형법으로 분류할 수 있다. 때로는 사용되는 에폭시, 폴리에스테르 또는 비닐 에스테르 수지 등에 의해 유리섬유 복합관을 분류하거나 등급화 하여 사용되기도 한다.

1.2 역사

유리섬유 복합관은 1948년에 처음으로 소개되었다. 유리섬유 복합관에 대한 초기 적용은 원유 산업이다. 가장 널리 사용된 분야중 하나로서 지금도 여전히 사용되고 있다. 유리섬유 복합관은 비용 효율이 높으며, 내부식성이 높아 보호된 강철, 스테인레스 스틸, 다른 금속의 대체 관으로 적용하였다. 유리섬유 복합관이 고압을 받는 복합관의 적용, 나사식 연결(threaded connection) 그리고 지중매설 복합관에 적용되면서 그 사용 범위가 넓어 졌다. 1950년 후반에, 대구경에 유리섬유 복합관이 적용되었고, 유리섬유 복합관은 내부식 특성 때문에 화학 공정 산업에 점점 그 수요가 증가 되었다. 1960년대에서부터 1990년대를 걸쳐서, 유리섬유 복합관은 도시의 상수 및 하수관 공사에도 사용되었다. 유리섬유 복합관의 특징은 내구성, 강도, 내부식성의 이점을 모두 가지고 있다. 그래서 관 내부에 라이닝, 외부 코팅 등 보편적으로 사용되는 보호 장

치를 하지 않아도 된다. 유리섬유 복합관 시스템은 특별한 요구를 만족시키기 위한 주문 제작이 용이할 뿐 아니라 아니라 표준 직경 및 이음관의 사용 범위가 넓어 유연한 설계를 할 수가 있다. 사용가능한 유리섬유 복합관의 직경은 25 mm ~ 3,600 mm 이다.

1.3 적용

유리섬유 복합관은 많은 산업에서 사용었고 아래와 같이 다양한 적용분야가 있다.

- 화학공정
- 담수화
- 지중매설 복합관과 케이싱(casing)
- 수송복합관 및 배수복합관
- 지열복합관 (geothermal)
- 산업용 복합관
- 관개시설
- 석유 분야
- 음용수
- 냉각 동력장치 및 원수
- 오수 복합관
- 해수의 유입구 및 유출구
- 슬러리 복합관
- 우수 관거
- 배수
- 수송용 관

1.4 표준규격 및 상세설명, 참고 문서

많은 기관들은 국제공인 표준시방서, 시험 방법, 상세설명, 유리섬유 복합관 시스템 및 제품에 대한 추천 설명서를 출판해 왔다. 이러한 단체는 미국 재료시험협회(ASTM), 미국 석유협회(API), 미국 기계공학 협회(ASME), 미보험자협회(UL), 미국 국가표준국(ANSI) 을 포함한다.

다음은 유리섬유 복합관의 표준규격 및 일반적

인 사양, 시험 및 유리섬유 복합관시스템 사용된 세부사항을 분류한 것이다.

1.4.1 제품 설명 및 분류

ASTM D2310 기계로 제작된 유리섬유복합관에 대한 표준 규격

ASTM D2517 강화 에폭시 수지 가스 압력관 및 이음관에 대한 표준규격

ASTM D2996 필라멘트 와인딩 유리섬유복합관에 대한 표준 규격-관경 25~ 400 mm인 관의 에폭시, 폴리에스테르, 퓨란 수지에 대한 적용

ASTM D2997 원심 성형법 유리섬유복합관에 대한 표준 규격-관경 25~350 mm인 관의 폴리에스테르 또는 에폭시 수지에 대한 적용

ASTM D3262 유리섬유복합관 하수관에 대한 표준 규격-관경 200~3,600 mm인 관의 규산 모래 유무 및 폴리에스테르 에폭시 수지에 대한 적용

ASTM D3517 유리섬유복합관 압력관에 대한 표준 규격-관경 200~3,600mm인 관의 규산 모래 유무 및 폴리에스테르 에폭시 수지에 대한 적용

ASTM D3754 유리섬유복합관 하수 및 산업용 압력관에 대한 표준 규격-관경 200~3,600 mm인 관의 규산 모래 유무 및 폴리에스테르 에폭시 수지에 대한 적용

ASTM D4024 기계로 제작된 유리섬유복합 플랜지에 대한 표준 규격-13~ 600 mm

ASTM D4161 유리섬유강화 수밀용 고무를 사용한 관 연결구에 대한 표준 규격

ASTM F1173 선박용 열경화성 수지 유리섬유관 및 이음관 표준규격

API 15LR 저압에서의 유리섬유 복합관에 대한 규격서-1,000 psi(6,895 kPa)을 넘는 사용압력 및 관경 25~200 mm 관 및 이음관

API 15HR 고압에서의 유리섬유 복합관에 대한 규격서-1,000 psi(6,895 kPa)을 넘는 사용압력 및

관경 25~200 mm 관 및 이음관

API 15AR 유리섬유 복합관 제작(tubing)에 관한 규격서-관경 115 mm 관 제작에 대한 적용

AWWA C950 유리섬유 압력관에 대한 AWWA 표준서

1.4.2 추천 시험

치수

ASTM D3567 유리섬유 복합관 및 이음관의 치수를 결정짓는 표준 시험

시공

ASTM D3839 유리섬유 복합관의 지하 시공에 대한 표준 시험

API RP1615 지하 석유 저장 시스템시공

1.4.3 표준 시험방법

인장특성

ASTM D638 플라스틱의 인장특성에 대한 표준 시험 방법

ASTM D1599 플라스틱 관, 복합관(tubing), 이음관의 단기간 정수압 파괴 압력에 대한 표준 시험방법

ASTM D2105 유리섬유복합관 및 튜브의 종축 인장 특성에 대한 표준시험방법

ASTM D2290 원판분리법에 의한 고리(ring) 또는 관모양의(tubular) 플라스틱 및 강화 플라스틱의 겹보기 인장 강도에 대한 표준시험방법

압축특성

ASTM D695 강체 플라스틱의 압축 특성에 대한 표준시험방법

휨특성

ASTM D790 비강화 및 강화 플라스틱, 전기

절연 재료의 굽힘 특성에 대한 표준시험방법

장기간 내압강도

ASTM D1598 일정 내압하에서 플라스틱 관의 시간 대 파괴에 대한 표준시험방법

ASTM D2143 강화 열경화성 플라스틱 관의 반복 압력 강도에 대한 표준시험방법

ASTM D2992 유리섬유 복합관 및 이음관에 대한 정수압 또는 압력 기초 설계를 얻기 위한 표준 시험

관 강성

ASTM D2412 평행판 하중에 의한 플라스틱 관의 외압 하중 특성을 결정하기위한 표준 시험방법

외압

ASTM D2924 유리섬유 복합관의 외압에 대한 표준 시험방법

내화학성

ASTM C581 액상에 사용될 유리섬유 강화 구조로 이용한 열경화성 수지의 내화학성을 결정하기 위한 표준시험

ASTM D3615 성형된 이음관의 제조에서 사용된 열경화성 성형물의 내화학성을 위한 표준시험방법

ASTM D3681 변형조건하에서 유리섬유복합소재의 내화학성을 위한 표준시험방법

1.4.4 제품 목록, 인증 및 관의 코드

국제 NSF-Nos. 14, 61 규격. 음용수 수송에 사용될 첨가제 및 유리섬유 관 및 이음관에 대한 시험 및 목록이다.

UL, Inc (underwriters laboratories, Inc.). 지하의 물 유지 및 석유제품의 수송 등에 사용될

유리섬유 복합관의 목록 및 시험에 대한 규격을 제공한다.

FMR(Factory Mutual Research). 지하의 화재 보호 조건에 대한 플라스틱 관 및 이음관에 대한 승인 규격

ANSI/ASME B31.1-동력 복합관 코드

ANSI/ASME B31.3 -화학 공장 및 석유정제 복합관 코드. 이 코드는 API, ASTM, AWWA 유리섬유 복합관을 시공 및 사용에 대한 특징을 만들어 목록화 하였다. 또한 다른 ASME 코드들은 유리섬유 관의 응용에 대하여 고려하고, 유리섬유 재료의 사용에 대한 공학적인 지침서를 제공한다.

ANSI/ASME B31.8 -가스 이동 및 복합관 시스템 분류. 이 코드는 이용할 수 있는 사용법으로 ASTM D2517을 준수하여 제조한 유리섬유 복합관에 대하여 목록화 하였다.

ASME 보일러와 압력 용기 code case N155. 이것은 Section III, Division I, Class 3의 핵무기 동력 공정에 적용되는 유리섬유 복합관 시스템의 구조에 대한 규정을 제공한다.

1.5 용어해설

유리섬유 복합관 사용자는 익숙하지 않은 용어를 직면하게 될 수도 있다. 본 메뉴얼에서 사용되는 용어해설은 매뉴얼의 부록에 제공된다.

제2장 유리섬유 복합관의 재료 및 물성 특성

2.1 일반적인 사항

유리섬유복합관은 유리섬유 강화, 열경화성 플라

스틱 수지 및 첨가제를 사용하여 제작된 제조한 복합 재료 시스템이다. 재료의 양, 제조 공정 등의 올바른 조합을 선택함으로써, 설계자는 대부분의 요구조건을 만족시킬 수 있는 제품을 만들 수 있다. 이러한 제품은 넓은 물성 범위 및 작업 성능의 이점을 가진 제품이 된다.

2.2 특성

다음은 유리섬유 복합관의 일반적인 특성이다.

내부식성 : 유리섬유 복합관 시스템은 유체를 이동 처리할 때 관내면 및 외면의 부식에 대하여 넓은 범위에서 내부식성을 가진다. 그 결과, 추가적인 라이닝과 외부 코팅은 필요가 없다.

무게 비율에 대한 강도 : 유리섬유 복합관 시스템은 우수한 비강도를 가진다. 무게 당 강도(비강도)의 비율을 고려할 때, 유리섬유 복합관은 철, 스테인레스스틸보다 뛰어나다.

경량 : 유리섬유 복합관은 경량이다. 유리섬유 복합관은 동일하거나 비슷한 크기의 철제품의 1/6의 무게를 가지며, 유사한 콘크리트 관의 10%의 무게를 갖는다.

전기적인 특성 : 표준 유리섬유 복합관은 비전도성이다. 몇몇의 제조자들은 제트 연료처럼 어떠한 유체를 이동처리할 때 강화 정전기를 방사할 필요가 있는 전도성의 유리섬유 복합관 시스템을 제공한다.

치수 안정성 : 유리섬유 복합관은 요구되는 구조 및 관의 적용에 허용오차를 유지할 수 있다. 재료는 엄격한 재료 강성, 치수 오차, 무게 및 비용 한계를 충족시킨다.

낮은 유지비용 : 유리섬유 복합관은 녹이 발생하지 않기 때문에 유지관리하기가 쉽다. 쉽게 청소가 가능하나, 주위 환경으로부터 최소한의 보호는 필요하다.

2.3 재료

유리섬유 복합관은 강화 유리섬유, 열경화성 수지 및 첨가제로 구성되어 있으며, 이러한 구성은 특정한 성능특징 작용을 충족시키기 위하여 고안되었다. 유리섬유 복합관의 특징에 대한 이해를 돕기 위하여, 시스템 구성성분의 상호관계를 본 단원에서 개략적으로 설명한다.

강화유리섬유. 복합관의 유리섬유의 방향과 위치, 형태, 양 등은 요구한 물리적 강도를 제공한다.

수지. 수지는 물리적이고 화학적인 성질을 제공한다.(예, 유리 전이온도), 열에 대한 저항 측정, 용매 및 가스에 대한 가소화 또는 유연성)

유리섬유 복합관은 최종으로 생산되는 관의 성능 특성 및 비용을 최적화 설계를 해야 한다. 설계는 재료의 특성 및 물성, 공정, 의도한 응용분야(예, 용도에 따른 디자인)의 완전한 이해를 기초로 실시해야 한다. 다음은 유리섬유복합관의 구성재료를 세부적으로 기술하였다. 이 구성재료가 최종 제작되는 복합관 제품에 영향을 준다.

2.4 강화용 유리섬유

유리섬유 복합관의 물리적인 강도는 강화용 유리섬유의 양, 형태, 강화 유리섬유의 적층배열에 따라 달라진다. 강도는 강화용 유리섬유의 양에 비례하면서 증가된다. 유리섬유의 양(각각의 스트랜드의 방향으로 놓여있다)은 강도로부터 결정한다.

2.4.1 유리섬유의 형태

유리섬유는 다양한 구성성분을 가지는 데 이러한 유리섬유재료를 적용할 수 있다. 이것은 성능의 특징을 충족시키기 위하여 설계의 유연성을 가지기 위함이다. 모든 강화용 유리섬유는 용광로에서 용융상태의 유리를 뽑은 개개의 필라멘트로부터 제작

된다. 개개의 수많은 필라멘트는 뽑힘과 동시에 “스트랜드”로 묶여지면서 유리섬유의 형태로 형성된다. 표면 처리가 유리의 본래 모습을 유지하기 위하여 추가한다. 표면 처리는 수지의 화학적인 성질과 적층특성에 영향을 줄 수 있다. 유리섬유 복합관에 사용되는 대부분 일반적인 유리섬유 구성 성분은 ‘E’ 형태이다. 그러나 다른 구성성분을 갖는 유리섬유도 사용될 수 있다. 유리섬유의 구성 성분은 복합관의 사용분야 및 위치에 따라 관 벽에 적층되어진다. 이러한 유리형태는 산과 화학적인 저항에 우수한 ‘ECR’과 ‘C’를 포함한다.

2.4.2 강화용 유리섬유 형태

다음은 강화용 유리섬유의 다양한 형태에 대하여 설명한다.

연속 로빙. 연속 로빙은 묶여있고, 꼬여있지 않은 강화용 유리섬유 스트랜드로 구성한다. 또한, 공정상 원통모양으로 포장된다. 일반적인 연속 로빙은 필라멘트 와인딩, 일축방향/이축방향의 강화재로 사용된다. 연속 로빙은 촘 스트랜드 매트로도 사용될 수 있다.

직물 로빙. 이것은 무겁고 주름잡힌 섬유 연속 로빙으로 만든 직물이다. 직물 로빙은 다양한 넓이, 두께, 무게를 나타내기 위해 사용가능하다. 직물 로빙은 큰 성형 부분에서 고강도를 가지며, 전통적인 직물 섬유보다 비용이 낮다.

강화 매트. 이것은 수지에 함침된 촘 스트랜드이다. 관 및 이음관(예, 촘 스트랜드 매트 및 직물 결합 매트)에 사용된 강화 매트 두 가지 종류가 있다. 촘 스트랜드 매트는 관의 이형관(pipe fittings)의 균일한 단면적을 요구한 곳을 강화하거나 중간 정도의 강도를 필요로 할때 사용된다. 핸드레이업 시 매트를 사용한 적층은 작업 시간을 단축 시켜준다.

표면 덮개(surface veil). 경량의 강화 유리섬유

매트는 최소한의 강화재와 높은 수지 함유량 층을 포함한다. 표면 덮개는 겉모양이 매끄러워야하며 관 및 이음관에 대한 외부 환경에 대한 저항을 가지고 있다(어떠한 표면 덮개는 폴리에스테르 섬유로부터 사용한다).

2.4.3 강화재 배열

다음은 섬유배열 방향에 따라 3가지 형태를 포함한다.

일축방향. 최대 강도는 섬유방향에 일치할 때 나타난다. 강화재의 함유량은 무게비로 최대 80%까지 가능하다.

이축방향. 섬유는 부분적으로 나선형 필라멘트 와인딩 및 직물 섬유로서 섬유의 여분에 대하여 각도에 따라 위치한다. 이것은 섬유의 재료설계에서 결정된 재료강도 수준을 제공한다. 연속적인 결합과 촘 섬유는 설계된 방향 강도를 제공하기 위하여 사용된다.

다축방향. 배열은 일반적으로 낮지만 모든 방향에서 강도와 탄성율이 거의 동등하게 제공한다. 무게로서 10~50% 강화재의 함량은 촘 로빙이나 촘 스트랜드 매트처럼 다축방향의 재료를 얻을 수 있다.

2.5 수지

유리섬유 복합관의 두 번째로 주요한 구성요소는 수지 시스템이다. 제조자는 화학적, 물리적이며 열적 특성 및 공정에 따른 수지 시스템을 선택한다. 수지 시스템의 두 가지 큰 분류는 열가소성 과 열경화성이다. 정의에 의해서, 유리섬유 관은 열경화성 수지 시스템에서만 사용한다. 열경화성은 열이나 화학적 첨가물에 의해서 경화된 고분자 수지 시스템이다. 일단 경화되면, 열경화성은 필수적으로 용해되지 않으며(다시 녹지 않으며), 불용해성이다.

열경화성 수지는 두개의 일반적인 분류(폴리에스테르 및 에폭시)로 구분된 유리섬유 복합관에서 사

용된다.

2.5.1 폴리에스테르 수지

폴리에스테르 수지는 대구경의 수도용 및 하수용 복합관에 일반적으로 사용한다. 폴리에스테르는 일반적으로 물과 화학물질에 대한 저항성에 우수하며, 산에 대한 저항성이 있음을 유의한다. 비록 수지, 비닐 에스테르 수지의 구별된 형태가 경화되지만, 폴리에스테르처럼 가공되며 일반적인 의견으로 폴리에스테르로 분류될 수 있다.

기본적인 폴리에스테르 수지는 고체이다. 그러나 일반적으로 폴리에스테르 수지는 최종 열경화성 구조를 갖는 가교 결합시키는 스티렌 모노머에 용해된다. 폴리에스테르 수지가 용해된 후 유기 과산화물 촉매에 의해 경화된다. 촉매의 형태와 양은 겔 시간, 경화시간, 경화 온도, 경화 정도에 영향을 미친다. 전형적인 촉매는 메틸 에틸 케톤 과산화물 (MEKP)과 벤조일 과산화물(BPO)를 포함한다. 다음을 포함한 넓은 범위의 성능 특징을 제공하는 폴리에스테르 수지의 여러 형태이다.

- othophthalic 폴리에스테르
- terephthalic 폴리에스테르
- 염소산 폴리에스테르
- 노블락 에폭시 비닐 에스테르
- isophthalic 폴리에스테르
- bisphenol-A fumarate 폴리에스테르
- bisphenol-A 비닐 에스테르

2.5.2 에폭시 수지

에폭시 수지는 물 공급용, 축합물, 탄화수소, 부식성 산에 희석하여 작은 관경(800 mm이하)의 복합관 제작에 사용된다. 유리섬유 에폭시 복합관은 수천 psi(kPa)의 압력이 필요한 오일 분야에 사용된다. 에폭시 수지는 폴리에스테르보다 높은 사용온도를 따른다. 에폭시 수지는 폴리에스테르처럼 쉽

게 수지 형태로서 분류될 수 없다. 경화제의 형태는 에폭시 수지로 복합재료의 특성 및 성능에 영향을 미치기 때문에 에폭시 수지로 결정짓는다. 두 가지 기초적인 형태는 아민과 bisphenol-A 에폭시로 경화한 무수물(anhydride)이 있다. Bisphenol-A 에폭시 수지는 첫째로 아민과 경화된다. 최적의 내화학성을 갖기 위하여, 이러한 혼합물은 항상 열경화와 후경화가 필요하다. 경화된 수지는 특히 알칼리 환경에서 우수한 내 화학성을 가지며, 우수한 내열성을 가질 수 있다. Bisphenol-A 에폭시 수지는 tertiary 아민 촉진제와 열을 사용함으로써 다양한 무수물로 가교 결합될 수 있다. 경화된 고분자는 우수한 내화학성을 가진다.

2.6 다른 구성성분

강화 유리섬유 및 열경화성 수지는 유리섬유 복합관의 주요한 구성요소이다. 그러나 이외 유리섬유 관의 공정 및 성능에 영향을 미치는 다른 구성요소는 충전재, 촉진제, 조촉매, 금지제, 안료이다.

충전재. 수화된 알루미늄, 유리 microspheres, 흙, 탈크, 칼슘 카보네이트, 모래와 칼슘 실리케이트처럼 무기 재료는 유리섬유 관의 경제성과 외관 및 작업성에 이점을 증진할 수 있다.

촉진제, 조촉매와 지연제. 조촉매와 촉진제는 공정시간을 줄이기 위한 촉매 작용을 향상시킨다. 지연제는 경화 사이클을 조절하며, 수지 혼합의 shelf time을 증가한다.

안료. 안료 선택은 반사되거나 투명한 색, 수지 혼합의 투명도, 촉매처럼 염료와 다른 첨가물 사이의 반응, 최종 제품의 색 정착, 열에 대한 저항 등의 차이점에 영향을 미친다.

2.7 물리적인 특성

2.7.1 화학물질의 저항

모든 유리섬유 복합관은 물과 자연 토양 조건에 대한 저항성이 우수하다. 금속성 관에 손상을 줄 수 있는 화학 반응으로 전식(galvanic), 산소에 의한 부식, 점식, dezincification, 흑연 및 intergranular 부식 등 일반적인 부식에 강하다. 유리섬유 복합관은 일부분의 유리섬유 설계 순서의 결정 및 환경적인 응력, 노화 영향 등을 받기 쉽다. 화학물질의 공격적인 환경에 대한 내부식성은 유리섬유 복합관 특성에 대한 첫 번째 이유 중에 하나이다. 유리섬유 복합관은 다양한 화학물질에 내부식성이 있다. 유리섬유 복합관의 내화학성은 사용된 특정한 수지 매트릭스 재료에 대하여 결정된다. 라이너 구조, 경화, 제조 성형 방법처럼 다른 요소가 유리섬유의 내화학성에 영향을 받을 수 있지만, 가장 주요한 요인은 수지이다. 수지는 재료의 넓은 범위에 대한 내화학성을 가질 수 있도록 선택할 수 있다. 유리섬유 제조자는 화학 응용에 대한 정보를 참고한다.

2.7.2 온도 저항

유리섬유 복합관의 온도 저항성은 수지 매트릭스에 의존한다. 최대 사용 온도는 화학 환경 및 복합관 시스템의 응력 조건에 의해서 영향을 받을 수 있다. 일반적으로, 화학물질의 영향은 농도가 높을수록 최대 사용온도도 높아진다. 그러나 일반적인 사용온도는 물 공급용 시스템에서(1°C~32°C)이다. 유리섬유 복합관은 사용온도에 의해서 영향을 받지 않는다. 유리섬유 복합관의 압력 실행을 다시 평가하거나 세울을 경감할 필요가 있지 않다. 유리섬유 복합관은 냉각 온도에 의해서 사실상 영향을 받지 않는다. 그래서 10장에서 기술된 정상 상태 수송, 취급 및 저장 진행에서 영하 0도의 날씨에 사용될 수도 있다. 그러나 유리섬유 복합관의

사용자와 시공은 유리섬유 복합관에 대한 열팽창 계수가 금속관보다 더 높다는 것을 알아야 한다. 이것은 인식될 필요가 있으며 수축과 팽창을 고려한 설계 및 시공이 이루어 져야 한다.

2.7.3 내마모성

유리섬유 복합관은 일반적으로 우수한 내마모성을 가지며 모래, 실리카, 세라믹 구슬 또는 타일로 관의 라이닝으로써 혹은 폴리우레탄처럼 복원성 라이너 재료에 의해서 극단적으로 마모를 일으키는 환경에 적용을 위하여 만들어 질 수 있다. 특별한 라이닝 재료는 대응하거나 경도와 관을 통하여 수송되는 내용물의 마찰을 초과하거나 강인함과 탄력의 높은 수준을 제공하여만 한다.

2.7.4 화재 지연제

성형 가공한 유리섬유 복합관으로 사용되는 열경화성 수지 시스템은 유기화합 물질이다. 그래서 열과 산소의 적절한 결합상태에서, 어떠한 유기 물질처럼 열경화성 수지는 탈 수 있다. 요구조건으로 유리섬유 복합관의 화재성능은 할로젠이나 phosphorous를 포함한 수지 시스템을 사용함으로써 화재저항성을 강화될 수 있다. 유리화한 충전재의 사용은 화재 저항성을 강화한다. 주로 antimony 산화물인 다른 첨가물은 할로젠화한 수지의 효과를 증가시킬 수 있다. 화재 성능 시험은 작은 시료가 필요하며, 시험방법은 특별하다. 어떻게 재료가 전면적으로 화재현장 또는 화재 상황에서 수행할 것 인지를 나타내어야 한다. 유리섬유 복합관의 제조자는 유리섬유 관의 연소성능에 대한 특정한 정보를 위해 의견을 들을 필요가 있다.

2.7.5 기후에 대한 저항성

유리섬유 복합관의 성형제조에 사용한 대부분의 열경화성 수지 시스템은 자외선(UV) 빛으로부터

약간의 감소를 받는다. 그러나 이러한 감소는 전체적으로 표면 현상이다. 기후에 대한 연구는 유리섬유 복합관의 구조적인 본래모습이 UV에 대한 노출에 의해서 영향을 받지 않음을 보여준다. 염료, 안료, 충전재, 수지 시스템에 대한 UV 안정제, 노출한 표면의 페인팅의 사용은 대단히 어떠한 UV 표면 감소를 격하시키는 것을 도울 수 있다. UV에 대한 노출된 표면은 일반적으로 수지층이 많은 것으로 가공될 것이다. 비나 바닷물처럼 다른 기후에 대한 영향은 유리섬유 복합관의 고유한 내부식성에 의하여 충분히 견딘다.

2.7.6 생물학적인 공격에 대한 저항성

유리섬유 복합관은 박테리아들 또는 다른 미생물들의 영양소로서 그들로부터 공격을 받고 있다. 유리섬유 복합관 제품이 생물학적 행동 때문에 감소 및 악화를 경험하였다. 특별한 공학이나 시공 순서가 생물학적 공격으로부터 유리섬유 관을 보호하는데 필요하지 않다. 몇몇의 탄성체는 생물학적 공격에 가능성이 있다. 탄성 가스킷을 위해 요구될 지도 모르는 생물학적 공격의 예방은 어떤 다른 복합관 재료로서 유리섬유 관에 따라야한다.

2.7.7 결핵형성(tuberculation)

칼슘 카보네이트처럼 몇몇 급수법들에 용해성의 encrustant는 유리섬유 관의 매끄러운 벽 위에 침전되는 경향이 있다. 유리섬유복합관이 본래 내부식성을 가지고 있기 때문에, 관이 부식에 의해 부산물을 일으키지 않았던 유리섬유의 어떤 결핵형성도 있다.

2.8 물리적인 특성

유리섬유 강화 플라스틱 재료의 고유한 유연성 설계와 제조공정의 범위는 유리 섬유 복합관의 물리적 특성을 단순한 목록을 사용하는 것을 배제한

다. 이러한 이유 때문에 유리섬유 복합관 제품은 표준자료에 기초하여 실행한다. 일반적인 두께에 따른 물리적 특성 표를 작성하는 것보다 필수 제품의 성능요구에 따라 상세히 기술하여야 한다. 표 2.1은 유리섬유 복합관의 이용 가능한 물리적인 특성 범위를 보여 주고 있다. 복합관 제조자는 특별한 제품의 물리적 특성을 얻기 위해 참고함은 틀림없다.

표 2.1 물리적 특성 범위

인장강도(psi)	7,000-80,000	(50-550 MPa)
인장탄성계수(psi)	$0.5 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	$(3.5 \times 10^3 - 34.5 \times 10^3 \text{ MPa})$
휨강도(psi)	10,000-70,000	(70 - 480 MPa)
휨탄성계수(psi)	$1 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	$(6.9 \times 10^3 - 34.5 \times 10^3 \text{ MPa})$
열팽창계수(in/in/°F)	$8 \times 10^{-6} - 30 \times 10^{-6}$	$(14 \times 10^{-6} - 54 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/°C})$
비중	1.2 - 2.3	
압축강도(psi)	10,000 - 40,000	(70 - 280 MPa)

참고문헌

1. AWWA M45(2004) Fiberglass Pipe Design Manual 2nd Edition.