

# 미국 유리섬유 복합관 설계 메뉴얼 소개 (IX)

## Introduction of American Fiberglass Pipe Design Manual (IX)



윤순종(Soon-Jong Yoon) 회장 | 홍익대학교 토목공학과 | 교수 | sjyoon@hongik.ac.kr  
 지효선(Hyo-Seon Ji) 부회장 | 대원대학교 철도건설공학과 | 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 개량 공사에 적용하는 사례가 급격히 증가되고 있다. 국내에서는 유리섬유 복합관에 대한 설계기준 및 공사시방서가 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 메뉴얼 목차

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

## 2. 유리섬유 복합관 설계매뉴얼 소개

### 제 10장 운반, 취급, 보관 및 보수

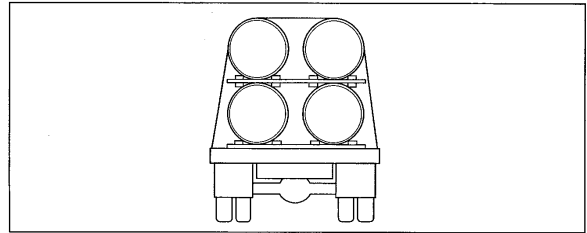
#### 10.1 서문

유리섬유 복합관의 직경(25mm~3,600mm) 및 복합관 벽두께(3mm~80mm)는 매우 다양하다. 뿐만 아니라, 복합관 벽 적층구조 제조 및 그 특성은 전혀 다른 특징들을 보여준다. 이처럼 광범위한 설계 및 재료 특성의 다양성으로 인해 운반, 취급 및 보관에 대한 요구사항도 그 종류가 매우 다양하다. 따라서 특정 제품에 대한 구체적 사항은 제조업체로부터 정보를 구해야 한다. 이와 같은 다양성에도 불구하고 한편으로는 모든 유리섬유 복합관에 공통적으로 적용되는 유사한 점 및 절차들도 많이 있다. 그러나 이러한 공통적인 부분들도 제조업체의 지침과 늘 함께 사용되어야 한다. 유리섬유 복합관의 취급 요구사항은 대부분의 복합관에 공통적으로 적용된다.

#### 10.2 운반

운반 준비는 복합관 벽 및 결합 종단을 손상으로부터 보호할 수 있어야 하며 운반자, 제조자 및 구매자 모두가 받아들일 수 있는 수준이어야 한다. 복합관은 복합관 벽을 보호할 수 있는 평평한 목재 및 받침대를 깔고 평상형(平床型) 트럭에 싣는다(그림 10-1 참조). 복합관의 각 90도 지점에 최소 두 개의 지지대를 설치하는 것이 일반적이다. 목재 지지대는 조인트 표면이 아닌 복합관 벽면에만 접촉해야 한다. 벨, 커플링 및 다른 조인트 표면은 트레일러, 지지대 또는 근처의 다른 복합관에 절대로 닿아서는 안 된다. 목재 지지대는 응력 집중 부하가 발생하지 않도록 충분히 넓어야 한다. 킴목을 사용해서 복합관의 안정성을 유지하고 복합관이 제대로 분리될 수 있도록 한다. 운송도중 발생하는 진동으로 인해 복합관 간 마찰 손상이 발생하지 않도록 각 복합관은 일정 거리가 유지된 상태로 운반되어야 한다. 유연한 끈

또는 밧줄을 이용해 복합관이 일그러지지 않는 한에서 차량에 단단히 고정시킨다. 복합관상에 불룩한 부분, 평평한 부분 또는 복합관 곡률의 갑작스런 변화가 발생하는 일은 허용되지 않는다. 일반적으로 법규상 제한치 까지 복합관을 쌓는 일은 허용된다.



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-1 Pipe shipment by truck

구매자는 운송 중 발생할 수 있는 복합관의 유실 및 손상에 대비해 현장에서 복합관을 즉시 확인해야 한다. 대부분 외관 검사로 충분하나 식별하기 어려운 복합관 외벽의 충격이 내벽에 균열을 발생시킬 수도 있으므로, 외벽에서 약간의 문제라도 발견된다면 복합관 크기가 허용하는 한 해당 지점의 내벽을 자세히 검사해야 한다. 만일 복합관이 트럭위에서 한쪽으로 쏠려있거나 패키지가 손상된 경우라면 각 복합관에 대해 외벽 및 내벽 검사를 수행한다. 구매자라면 설치 직전에 복합관을 최종적으로 다시 검사하는 것도 좋은 습관이다. 결함이나 손상이 발견된다면 공급업체에 연락해 보수 또는 교환 관련 의견을 구할 수 있다.

주 : 결함이 있거나 손상된 복합관은 절대 사용하지 않는다. 100% 결함이나 손상이 없다고 판단될 때에만 사용한다. 현장에서 복합관을 운반해야 한다면 원래 운반 시 사용되었던 재료들을 그대로 사용하는 것이 좋다.

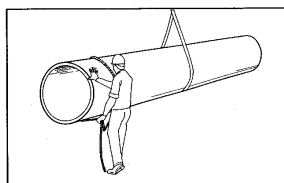
#### 10.3 취급

끈, 버티목 봉 및 다른 취급 장치 사용과 관련해서는 제조업체의 지침을 준수해야 한다. 복합관을

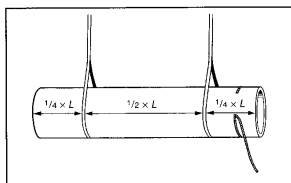
들어 올릴 때에는 폭이 넓은 직물 끈, 벨트 및 다른 유연한 재료를 사용한다. 복합관의 형상에 변형을 가져올 수 있는 끈을 사용해서는 안 된다. 강철 케이블, 체인 및 복합관 표면을 손상시킬 수 있는 다른 재료들의 사용을 삼가 한다. 케이블, 체인 및 포크리프트를 부득이 사용해야 하는 상황이라면 패딩 등을 사용해서 흠, 절단 및 다른 복합관 손상을 방지할 수 있는 충분한 주의를 기울여야 한다. 일반적으로 복합관 하나는 균형만 잘 유지할 수 있다면 하나의 끈을 사용해서 들어 올릴 수 있으나(그림 10-2 참조),

그림 10-3에서 보는 바와 같이 두 개의 끈을 사용하는 것(복합관 양쪽 끝에서 1/4지점)이 복합관을 보다 쉽게 제어할 수 있다. 복합관 양쪽 끝을 갈고리를 사용해서 들어 올리거나 복합관을 가로질러 끈을 삽입해서 들어 올리는 일은 삼가 한다.

유리섬유 복합관은 충격으로 인해 손상될 수 있기 때문에, 떨어뜨리거나 특히 복합관 양쪽 끝부분에 충격이 가해지지 않도록 주의한다. 절대로 복합관을 지상으로 던지거나 떨어뜨리거나 날카로운 물체에 기대어 놓아서는 안 된다. 설치 전 반드시 모든 손상된 부분은 보수하도록 한다.



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-2 Single sling handling

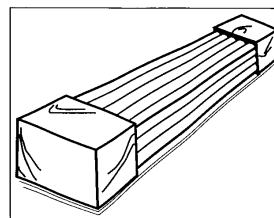


Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-3 Double sling handling

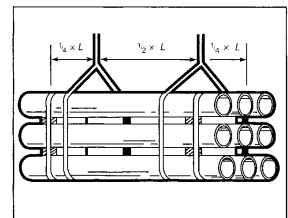
**묶음:** 그림 10-4 및 10-5에서 보는 바와 같이 작은 직경의 복합관(600mm 이하)는 제조업체에 의해서 종종 하나의 묶음으로 제공된다. 묶음 상태의 복합관은 하나의 끈이 아닌 한 쌍의 끈으로 다루어야 한다. 그리고 묶음으로 되어 있지 않은 일단의 복합관들을 하나의 묶음처럼 들어 올리는 일은 삼가 한

다. 묶음상태가 아닌 일단의 복합관은 개별적으로 취급해야 한다.

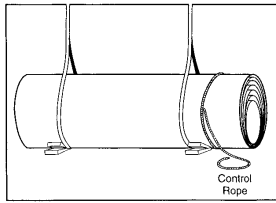
**한 벌식 복합관:** 작은 직경의 복합관을 큰 직경의 복합관에 끼워서 운송하는 일은 허용된다. 운송 중 상대적 움직임이나 손상되는 일이 없도록 각 복합관은 단단히 고정시켜서 보호해야 한다. 복합관 제조업체가 이러한 한 벌식 복합관에 대한 운반, 취급 및 분리 방법에 대한 자세한 지침을 서면으로 제공할 것이다. 한 벌식 복합관도 하나의 끈으로 들어 올리는 일은 삼가 한다. 그림 10-6에서 보는 바와 같이 항상 두 개 이상의 끈을 사용한다. 이 때, 들어 올리는데 사용하는 끈의 용량이 묶음의 무게를 견딜 수 있는 것인지 반드시 확인한다. 포개 복합관 분리는 일반적으로 직경이 가장 큰 복합관의 외경과 일치하는 3~4개의 고정 받침대를 통해서 이루어진다. 포개 복합관 분리는 안쪽 복합관(직경이 가장 작은 복합관)부터 시작한다. 표준 포개 복합관 분리 절차는 패딩으로 감싼 포크리프트의 팔을 복합관에 삽입한 다음, 복합관을 들어 올려서 다른 복합관에 닿지 않도록 조심스럽게 꺼낸다(그림 10-7 참조). 중량, 길이 및 장비의 한계로 이 방법을 사용할 수 없을 경우에는 해당 묶음에서 복합관을 분리하는 방법에 대해서 제조업체에 조언을 구한다.



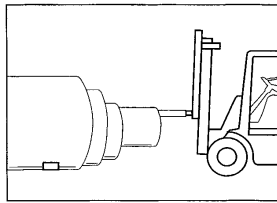
Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-4 Unitized small diameter bundle



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-5 Unitized load handling



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-6 Handling nested pipes



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-7 Nesting pipes

#### 10.4 보관

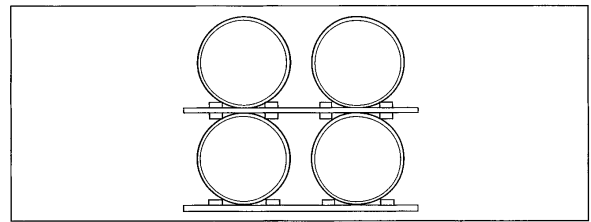
들어 올리는 끈을 삽입하고 제거하는 일을 용이하도록 하기 위해서 복합관은 일반적으로 평평한 목재 위에 보관한다(그림 10-8 참조). 지지 목재는 한 점에 응력이 집중되는 현상을 방지하기 위해서 충분히 넓은 것이라야 한다. 직경이 큰 복합관에 대해서는 102mm의 넓은 지지대를 사용할 것을 권장한다. 강한 바람으로 굴러 떨어지는 일을 방지하기 위해서 “R”목을 사용해 단단히 고정시킨다. 적재 시에도 복합관의 각 90도 각도에 지지 목재를 사용하는 것이 가장 좋다. 가능하다면 운반 시 사용된 패키지 부품들을 그대로 사용하는 것도 좋다. 최대 적재 높이는 일반적으로 (2.4m)이다. 최대 적재 편향 값은 제조업체에 문의한다. 복합관상에 불룩한 부분, 평평한 부분 또는 복합관 곡률의 갑작스런 변화가 발생하는 일은 허용되지 않는다. 나이론이나 대마(大麻) 끈으로 묶는 것이 가장 좋으며, 체인을 사용할 경우에는 복합관 벽을 보호하기 위한 적절한 패딩을 사용해야 한다.

고무링 개스킷은 원래 패키지대로 그늘진 곳에 보관한다. 햇빛, 용매 및 석유제품 그리스 및 기름으로부터 보호해야 한다. 지상에 복합관을 보관할 경우에는 벨, 커플링 및 다른 조인트 표면이 복합관 중량을 지탱하는 일이 발생하지 않도록 주의한다. 지표면은 평평해야 하며, 복합관 벽에 흠, 균열, 구멍 및 다른 손상을 발생시킬 수 있는 바위, 표석(漂石) 및 다른 딱딱한 파편위에 놓아서는 안 된다. 복합관 내부 및 모든 조인트 표면은 분진 및 이물질로부터 보호해야 한다.

**자외선(UV) 차단:** 복합관을 실외에 보관할 경우

자외선을 차단해야 하는지에 대해서는 제조업체에 문의한다.

**한 벌식 복합관:** 한 벌식 복합관은 원래의 운송 패키지에 그대로 보관한다. 제조업체가 허락하지 않는 한 한 벌식 복합관을 적재하면 안 된다. 이동시에도 원래의 운송 패키지 그대로 이동시킨다.



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.  
Figure 10-8 Pipe stacking

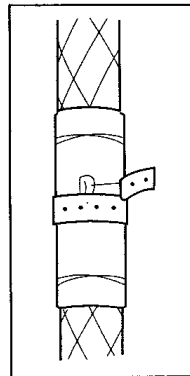


Figure 10-9 Patch

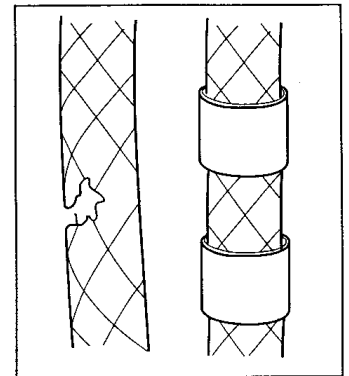
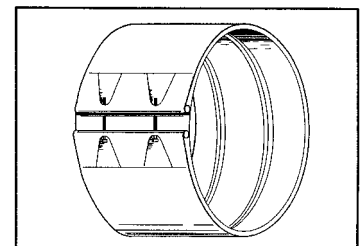


Figure 10-10 Cutout and replace



Source: Owens Corning Engineered Pipe Systems, Brussels, Belgium.

Figure 10-11 Steel coupling

#### 10.5 보수

일반적으로 손상된 복합관은 숙련된 기술자가 현장에서 신속하고 손쉽게 보수할 수 있는데, 보수 정

도는 복합관 벽의 두께, 복합관 벽의 성분, 복합관의 용도 및 손상 종류 및 정도에 달려있다. 결함이 있거나 손상된 복합관 보수 시에는 반드시 제조업체에 연락해 조언을 구한다. 복합관 외벽의 굽힌 자국이나 흠이 복합관 벽 두께의 10% 이내라면 일반적으로 보수를 요하지 않는다. 안쪽 라이너의 보수 여부는 손상 깊이 따라 결정된다. 전체 라이너를 파고든 정도의 굽힌 자국 및 마모가 아니라면 보수를 요하지 않는다. 전체 라이너를 통과해 내부 강화 구조 유리까지 파고든 흠은 매트/레진 레이-업 작업을 통해서 복합관 벽 두께를 원상태로 복구한다.

복합관의 구조적 분열은 상황에 따라 적절히 판단해서 원래의 복합관 강도를 회복시키기 위해 필요한 충분한 보수 작업을 진행한다. 손상된 복합관은 보수하거나 교체한다. 보수 시에는 복합관에 압력이 가해지지 않도록 하며 보수 부분은 전 과정에 걸쳐 항상 건조한 상태를 유지한다. 보수 기술로는 작은 부분을 패치하는 방법(그림 10-9 참조)과 자르고 교체(그림 10-10 참조), 보수 클램프, 수적층 및 유연한 강철 커플링(그림 10-11 참조) 등이 있다. 어떤 방법이 가장 적절한지에 대해서는 제조업체에 문의한다. 경미하게 손상된 이음부속의 보수에 대해서도 제조업체에 문의한다. 심하게 손상된 복합관나 이음부속은 반드시 교체한다.

**수적층 보수:** 보수와 관련된 구체적인 적층작업 지침은 복합관 제조업체에 문의한다. 어떤 제조업체는 복합관 직경 및 압력 정격에 따라 개별적으로 준비된 현장 적층 작업 키트를 제공하는 경우도 있다. 이 키트에는 미리 양을 조정한 레진, 촉매 및 미리 잘라 놓은 유리 매트가 포함되어 있다. 보수 시 주변 온도는 (15°C~38°C)이어야 하며, 양생 중에는 온도 변화를 방지하기 위해서 햇빛을 차단해야 한다. 적층작업 보수를 위해서는 청결하고 제어된 조건 및 숙련된 기술자가 필요하다. 유연한 강철 커플링은 보수뿐만 아니라 복합관을 서로 연결하는 경우에도

사용된다. 강철 보수 커플링은 내부에 고무 슬리브가 장착된 강철로 되어 있다.

### 용어집

유리섬유 복합관 재료, 공정, 제품 표준, 시험 방법 그리고 설치 방법 및 절차와 관련된 몇몇 용어들은 일부 사용자에게는 생소할 수 있다. 이 용어집은 본 설명서 및 유리섬유 복합관 업계에서 사용되고 있는 유리섬유 복합관 용어에 대한 기본 정의를 포함하고 있다.

#### 촉진제 경화제 참조

**어댑터** 서로 다른 결합 시스템의 두 복합관 또는 두 복합관 이음부속을 결합하는데 사용하는 이음부속

**골재** ASTM C33에 따르는 규사질의 모래, 단 평탄화작용 요구사항이 적용되지 않는 것은 제외

**지방족 아민 양생 약품** 지방족 아민은 에폭시 레진용 양생 약품이다. 지방족 아민 양생 에폭시 레진은 상온에서 양생이 가능한데 이는 접착제로 사용하는데 아주 적합한 성질이다. 몇몇 필라멘트 감기식 복합관은 지방족 아민 양생 에폭시 레진을 사용한다. 이러한 복합관의 성질은 제조시 사용된 아민의 종류에 의해 결정된다.

**무수물 (無水物) 양생 약품** 무수물 (無水物)은 유리섬유 강화 에폭시 복합관에 폭넓게 사용되고 있는 양생 약품이다. 이러한 복합관의 성질은 제조 시 사용된 무수물의 종류에 의해 결정된다.

**벨 및 스피곳** 접착제 접착 또는 엘라스토머 개스킷 압축을 통해서 봉인을 형성하는 두 개의 실린더형 표면으로 이루어진 결합 시스템. 벨은 압 종단이며 스피곳은 수 종단이다.

**비스페놀-A** 가장 일반적인 에폭시 레진인 비스페놀-A 에폭시 레진을 제작하는데 사용되는 주요 성분 중 하나. 몇몇 폴리에스터 레진을 제작하는데 중간체로도 사용된다.

**박스 스프레드 복합관** 이음부속 및 연결부속의 압 종단

**버클링 와해(瓦解) 참조**

**버스트 압력** 파손직전 복합관이 일시적으로 견딜 수 있는 압력, Weeping 참조

**버스트 강도 (후프 응력)** 버스트 압력시 원주 응력 (후프 응력)

**부싱** 조인트의 암 종단의 크기를 줄여서 서로 다른 크기의 복합관을 결합시키는데 사용되는 이음부속

**촉매** 경화제 참조

**원심주조** 가열된 상태의 회전하는 몰드 내측에 레진 및 강화물질을 삽입한 다음 레진 시스템을 중합시킴으로써 관모양의 제품을 제조하는데 사용하는 공정. 완제품의 외경은 몰드 튜브의 내경으로 결정되며 완제품의 내경은 몰드로 삽입된 재료의 양으로 결정된다. 복합관 제조시 다른 재료도 삽입할 수 있다.

**와해** 복합관 전체 원주에 걸쳐 균일한 힘을 가했을 때 나타나는 복합관 파손. 이때의 힘은 외부에서 작용한 압력일 수도 있고 복합관내의 진공일 수도 있다. 파손의 모드는 대개 안정성과 관련된 것으로서 복합관의 찌그러짐으로 나타나며, 복합관 복합관 벽의 압축(전단) 파손에 의해 발생할 수도 있다.

**칼라(Collar) 커플링** 참조

**압축력** 부하가 재료에 작용해서 재료를 압착함으로써 발생하는 힘. 원주 압축력은 외부 압력으로 인해 발생하며, 길이방향 압축력은 종단 억제된 유리섬유 복합관의 가열로 인해 발생한다.

**커플링(칼라)** 동일 크기의 두 직선 복합관을 결합하는데 사용하는 짧은 중량 복합관 벽 원통형 이음부속. 커플링은 항상 암 연결 종단으로 되어 있으며 이는 스톱드 처리해서 사용할 수도 있고 접착제 접착 또는 엘라스토퍼 봉인을 사용할 수 있다.

**크리프(Creep)** 외력이 일정하게 유지되어 있을 때, 시간이 흐름에 따라 재료의 변형이 증대하는 현상. 크리프의 단위는 mm/mm/시간이다. 유리섬유 복합관에 응력이 작용할 경우에는 모든 온도에서 크리프의 가능성이 있다.

**양생** 가열 및 화학 작용에 의한 열경화성 레진 시스템의 경화

**양생 단계** 양생 중에 있는 열경화성 레진이 상호 연결된 정도를 기술한다. 상호연결 상태의 정도에 따라서 초기상태부터 B-단계, 젤 및 완전 양생으로 나뉜다.

**양생 약품** 경화제 참조

**자르기 및 연귀이음 이음부속** 복합관을 자르고, 조립 및 접착해서 원하는 형태로 만들어서 제작한 이음부속. 조립된 제품은 레진 포화 로빙(粗紡絲), 매트 및 유리섬유로 포갠으로써 필요한 강도를 얻는다.

**사이클 압력 정격** ASTM D2992, 절차 A에 준해서 테스트를 실시함으로써 얻게 되는 압력 정격. 이 방법은 150,000,000번의 사이클 시험에 기초해서 복합관의 정격을 정한다. 이 보수적인 접근 방식은 정적 테스트보다 더 낮은 압력 값을 제공하지만 이 값은 경쟁 제품과 비교하는데 매우 유용하다.

**설계 인자(FS)** 설계와 관련된 안전 변수 및 정도를 고려한 1.0 및 그 이상의 숫자. 시험 데이터를 설계 인자로 나누면 설계 허용 값이 된다. 서비스 인자의 역수. 안전 인자라고도 한다.

**드리프트 직경** 주어진 복합관 길이에 대한 난형(卵形) 및 길이방향 힘을 고려한 복합관의 유효 최소 내경치.

**탄성 한계** 비례 한계 참조

**탄성 계수** 재료의 움직임에 대한 저항. 탄성 범위 내 응력-변형 곡선의 기울기

**에폭시 레진(열경화성)** 각각 하나의 산소와 두개의 탄소 원자로 구성된 링을 두개 이상 포함하는 폴리머. 이 폴리머는 아민 또는 무수물 경화제를 이용한 상호연결을 통해 양생된다. 이 때, 열 및 촉매제를 사용할 수도 있다.

**피로도** 요동하는 응력 및 변형으로 인한 재료의 영구 조직 손상

**유리섬유 복합관** 강화물질을 내부에 포함하거나

양생된 열경화성 레진으로 둘러싸인 관형 제품. 이 합성 구조는 골재, 과립, 판 충전재(充填材), 요변성(搖變性) 약품, 안료(顔料) 및 염료를 포함할 수 있다. 열가소성(熱可塑性) 또는 열경화성 라이너 또는 코팅을 포함할 수도 있다.

**필라멘트 감기** 미리 정한 패턴으로 제어된 장력(張力)하에서 연속적인 유리섬유 로빙 또는 로빙 테이프를 굴대 또는 중심 복합관 라이너에 감아서 관형 제품을 제작하는데 사용하는 공정. 이 때, 로빙은 액체 레진이나 부분적으로 양생된 레진을 포함할 수 있다. 레진 시스템의 중합(重合)을 위해서는 열이 필요할 수도 있다. 완제품의 내경은 굴대 직경 또는 중심 복합관 라이너의 내경으로 결정되며, 완제품의 외경은 굴대 또는 중심 복합관 라이너에 감은 재료의 양에 의해 결정된다. 복합관 제조 시 공정에 다른 재료들을 포함시킬 수도 있다.

**충전제** 레진의 양생에는 영향을 미치지 않지만 레진 시스템 및 완제품의 물리적 및 기계적 성질에 영향을 미치는 레진 추가 증량제(增量劑).

**이음부속 종류** 제조 방법에 따른 이음부속 분류(즉, 몰딩, 자르기 및 연귀이음, 필라멘트 감기)

**젤 시간** 레진 시스템의 점도가 증가해서 더 이상 흐르지 않을 때까지 걸리는 시간

**유리 직물** 유리섬유 안(紡絲)을 엮어서 만든 양방향 직물 강화 재료

**유리 섬유** 포화 레진과 호환되며, 바인더 및 일정한 크기 조건을 만족하는 상용 등급의 유리 필라멘트

**수직층** 레진 및 유리섬유를 사용해 수작업으로 복합관 완제품을 제작하는 방법. 오버랩 기술, 접촉 몰딩, 핸드 몰딩 등이 이에 속한다. 복잡한 모양도 제작이 가능하다.

**경화제(촉진제, 촉매, 양생 약품, 조촉매(助觸媒))** 신속한 양생 및 경화를 위해 독립적으로 또는 다른 약품과 혼합해서 레진에 첨가하는 화학 약품

**후프 응력** 원주 응력. 버스트 강도 참조

**HDB(Hydrostatic Design Basis) ASTM D2992**에 따르는 시험 및 구체적 평가 절차에 의해 결정되는 물수송용 유리섬유 복합관 재료의 장기 유체 정역학적 후프 강도.

**아이소플리에스터** 이소프탈산에 기초한 비포화 폴리에스터

**내장 조인트** 연결부가 이미 복합관의 일부분인 조인트. 내장 조인트는 각각 하나의 수 종단과 암 종단을 가진다.

**결합(연결) 시스템** 두 개의 복합관 시스템을 연결하는 수단. 벨 및 스피곳, 스투드, 커플링 및 기계식 장치가 이에 속한다.

**조인트** 실제 결합 메카니즘(접착제 접착 벨 및 스피곳, 스투드 또는 개스킷 벨 및 스피곳, 개스킷 커플링 등)은 물론 때로는 복합관의 길이를 나타내는 경우에도 사용된다.

**라이너** 충전제 포함 또는 비포함 열가소성 또는 열경화성 레진 레이어. 강화 또는 비강화. 복합관의 내복합관 벽을 만드는데 사용된다.

**매트릭스** 강화물질과 충전제를 결합하는데 사용되는 레진 재료. 에폭시나 폴리에스터를 의미하며, 보다 넓은 의미로는 온도 그리고 복합관 및 이음부속의 화학적 성능도 포함된다.

**최소 곡률 반경** 손상이 발생하기 직전의 복합관 중심선의 허용 편향. 복합관 길이를 호의 일부로 보았을 때 그려지는 가상원의 반경을 의미한다.

**연귀이음 이음부속** 자르기 및 연귀이음 이음부속 참조

**몰드 이음부속** 레진, 섬유 조각 및 다른 성분들을 몰드에 넣고 열 및 압력을 가한 상태에서 압축해서 제작하는 복합관 이음부속

**핀** 다른 복합관 및 이음부속의 암 종단과 사용되는 복합관 및 이음부속의 수 종단

**복합관 강성** 복합관 링의 직경을 단위량만큼 휘게 하는데 필요한 힘

**포아송 비** 평면에 수직으로 작용하는 힘에 의해

해당 평면의 치수 변화를 겪는 재료의 성질. 부하 방향 변형에 대한 측면 변형의 비로 표시된다.

**폴리에스터 레진(열경화성)** 두개 이상의 에스터 그룹을 가지며 비포화 비닐을 포함하는 반응 희석액에 용해되는 에틸렌 비포화 폴리머. 과산화물(過酸化物) 촉매 및 열과 같은 자유-기(基)-촉발 양성 메카니즘에 의한 상호연결을 통해 양성된다.

일반적으로 스티렌과의 상호연결에 의해 양성되는 광범위한 레진. 폴리에스터 레진의 물리적 화학적 성질은 매우 다양하다. 비닐 에스터도 폴리에스터 레진의 한 종류이다. 유리섬유 복합관 제작에 적합한 성질을 가지는 폴리에스터 레진에는 orthophthalic, isophthalic, 비스페놀-A 푸마르산염 및 chlorhentic 무수화합물산 폴리에스터가 있다. 각각의 레진은 주어진 복합관 어플리케이션에 대해 고유의 장점 및 약점을 가진다.

**복합관 등급** 복합관이 설계된 최대 내구 압력

**복합관 정격** 주어진 제품에 대해 제조업체가 권장하는 장기 최대 사용 압력. 설계 압력이라고도 한다.

**조촉매** 경화제 참조

**비레탄성 한계** 영구 변형 없이 짧은 시간동안 재료가 견딜 수 있는 최대 응력. 응력-변형 곡선이 직선성을 잃기 시작하는 지점에서 정의된다. 복합재료의 경우 이 지점을 “추정 탄성 한계”라고 하는데 비선형 응력-변형 곡선에서 유추하기 때문이다. 응력-변형 도식도 참조

**리듀서** 서로 다른 크기의 복합관을 결합하는데 사용되는 복합관 이음부속. 두 복합관의 중심선이 일치할 경우 해당 리듀서는 동심형이며, 그렇지 않을 경우 비동심형이다.

**RPMP(Reinforced plastic-mortar pipe)** 골재를 포함하는 유리섬유 복합관

**RTRP(Reinforced thermosetting-resin pipe)** 골재를 포함하지 않는 유리섬유 복합관

**강화** 복합재료의 강도 및 강성을 향상시키기 위해

서 추가하는 유리섬유. 강화의 종류는 복합재료의 성질을 결정하는데 매우 중요하다. 섬유 직경 및 크기도 중요한 요소이다. 강화의 물리적 형태로는 다음과 같은 것들이 있다:

**자른 섬유**- 짧게 자른 일단의 섬유(3.2mm~50mm).

**필라멘트**- 한 줄의 유리섬유(즉, 모노필라멘트)

**매트**- 자른 필라멘트가 임의방향으로 복잡하게 얽힌 섬유 재료로 바이더로 고정한다.

**제분 섬유**- 짧게 제분된 유리 섬유(0.81mm~3.2mm).

**로빙**- 레진 호환성 향상을 위해 마감 및 커플링 약품으로 코팅한 꼬임이 전혀 없이 평행한 유리 가닥 및 필라멘트의 집합. 로빙은 연속 또는 자른 형태로 가공된다.

**얇**- 유리 섬유 필라멘트를 엮어서 만든 직물 형태의 섬유

**수율**-1 파운드 원료를 사용해 만들 수 있는 재료의 야드(yard)단위 길이

**레진** 일반적으로 분자량이 높고 특별한 용점(融點)이 없는 고체 및 준고체 형태의 재료. 광의로는 플라스틱 재료로 사용되는 모든 폴리머를 의미하는 용어이다.

**서비스 인자** 설계와 관련된 안전 변수 및 정도를 고려한 1.0 및 그 이하의 숫자. 시험 값에 서비스 설계 인자를 곱하면 설계 허용 값이 된다. 설계 인자의 역수.

**정적 압력 정격** 복합관이 손상없이 장기간 동작할 수 있는 권장 일정 압력. ASTM D2992, 절차 B에 따른 시험을 통해서 결정된다.

**강성 등급** 복합관의 공칭 강성

**변형** 가해진 힘 또는 부하에 의한 단위 길이당 치수 변화. 단위는 (mm/mm)이다.

**응력** 단위 단면적당 힘. 단위는 MPa이다.

**응력-변형 률도** 단위 변형당 단위 응력을 그래프로 나타낸 것. 부하가 증가할수록 재료의 길이 및



변형도 증가한다.

**지지 간격** 과도한 복합관 변형(벤딩)을 예방하기 위한 복합관 지지대사이의 권장 최대 거리

**표면 레이어** 충전제 포함 또는 비포함 레진 레이어. 강화 또는 비강화. 복합관 구조 복합관 벽의 외부 표면에 적용된다.

**표면 매트** 주로 강화 플라스틱의 표면을 부드럽게 만들기 위해서 사용되는 미세한 섬유로 된 얇은 매트. 표면 베일이라고도 한다.

**서지 허용치** 복합관 압력의 등급을 변경하지 않고 대응할 수 있는 서지 압력. 서지 허용치는 일반 물 분배 시스템에서 흔히 발생하는 압력 서지에 대응할 수 있다.

**서지 압력** 밸브가 동작하거나 펌프 작동 시작 또는 중단시 물의 속도 변화에 기인한 사용 압력보다 높은 복합관내의 일시적 압력 증가, water hammer 라고도 한다.

**테이프** 로빙을 리본 형태로 엮은 일방성 유리섬유 강화 **인장력** 재료를 양쪽에서 당기는 힘

**열 전도도** 재료가 높은 온도 영역에서 낮은 온도 영역으로 열을 전송하는 속도. 유리섬유는 낮은 열 전도도를 가진다.

**열 팽창** 열로 인한 재료의 부피증가. 일반적으로 온도가 올라가면 팽창하고 온도가 내려가면 수축한다.

**열가소성 레진** 열을 가하면 용융이 되며, 냉각시키면 단단해지는 과정이 반복할 수 있는 플라스틱. 그리고 용융 상태에서는 원하는 모양으로 만들 수 있다.

**열경화** 열 또는 화학적 첨가제에 의해 양생되는 폴리머 레진. 일단 양생되고 나면 열경화성 레진은 다시 녹일 수 없다. 복합관에 사용되는 열경화성 레진은 일반적으로 강화물질을 포함한다. 다음은 전형적인 열경화 재료들이다.

**비닐 에스터**

Bisphenol-A methacrylates

Bisphenol-F methacrylates

**에폭시**

amine cured

Anhydride cured

Aliphatic polyanhydrides

Cycloaliphatic anhydrides

Aromatic anhydrides

**노볼락 또는 에폭시 노볼락**

**불포화 폴리에스터**

Orthophthalic polyester

Isophthalic polyester

Bisphenol-A fumarate polyester

HET acid polyester

**스리스트 포스** 유체의 이동 방향이 바뀔 때 발생하는 힘을 의미하는데 주로 사용되며, 유압 또는 열 팽창으로 인한 이음부속 및 밸브등의 축방향 또는 길이방향 중단 부하를 나타내는 경우에도 사용된다.

**토크** 복합관의 비틀림 힘 정도를 나타내는데 사용된다. 토크는 힘으로부터 회전축까지의 거리와 힘을 곱한 값이며, 단위는 N-m.

**최대 압력** 복합관이 손상되기 바로 직전까지 견딜 수 있는 압력. ASTM D1599 시험 방법에 따라 결정된다. 최종 버스트 압력이라고도 한다. 어떤 유리섬유 복합관의 경우에는 최종 압력에 노출되었을 때 복합관이 깨지기보다는 유출의 형태로 손상이 발생하는 경우가 있다.

**비닐 에스터** 뛰어난 부식 저항능력을 갖춘 고급 레진 시스템

**위핑(Weeping)** 복합관 복합관 벽으로부터의 약간의 유체 유출

**사용 압력** 복합관 시스템을 정상적으로 사용할 때 물 시스템의 최대 장기 사용 압력

**직조 로빙** 유리 섬유 로빙을 직조해 만든 유리 섬유 직물 강화 재료

## REFERENCES

- Standard for Fiberglass Pressure Pipe. 1995. ANSI/AWWA C950. Denver, Colo.: American Water Works Association.
- Standard Practice for Obtaining Hydrostatic or Pressure Design Basis for 'Fiberglass' (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe and Fittings. 1991. ASTM D2992. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Beam Deflection of 'Fiberglass' (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe Under Full Bore Flow. 1995. ASTM D2925. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Coefficient of Linear Thermal Expansion of Plastics Between -30 Degrees C and 30 Degrees C. 1991. ASTM D696. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics (Metric). 1991. ASTM D695. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Determination of External Loading Characteristics of Plastic Pipe by Parallel-Plate Loading. 1993. ASTM D2412. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for External Pressure Resistance of 'Fiberglass' (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe. 1993. ASTM D2924. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Longitudinal Tensile Properties of 'Fiberglass' (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe and Tube. 1990. ASTM D2105. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Short-Time Hydraulic Failure Pressure of Plastic Pipe, Tubing, and Fittings. 1988. ASTM D1599. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.
- Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic. 1994. ASTM D638. West Conshohocken, Pa.: American Society for Testing and Materials.