

# 미국 유리섬유 복합관 설계 매뉴얼 소개 (II)

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



윤순종(Soon-Jeong 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 매뉴얼(Fiberglass Pipe Design Manual, 2nd Edition)’에 대해서 연속기사로 일정한 분량으로 나

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

표 1. 유리섬유 복합관 설계 매뉴얼의 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 스트레스 블록
제8장	유리섬유 복합관 설계 및 시공
제9장	접합방식 및 이음장치
제10장	운반, 취급, 보관 및 보수
부록	용어해설

### 2. 유리섬유 복합관 설계매뉴얼 소개

#### 제3장 유리섬유 복합관의 제조공법

##### 3.1 서론

기계로 제작되는 유리섬유 파이프는 다음 두 가지 기본적인 공정으로 제작된다: 필라멘트 와인딩

및 원심성형. 각 공정을 사용해 공정 따라 서로 다른 특징을 가지는 파이프를 제작할 수 있으며, 미국상하수도 협회 AWWA 표준 C950의 성능 요구 사항을 만족해야 한다.

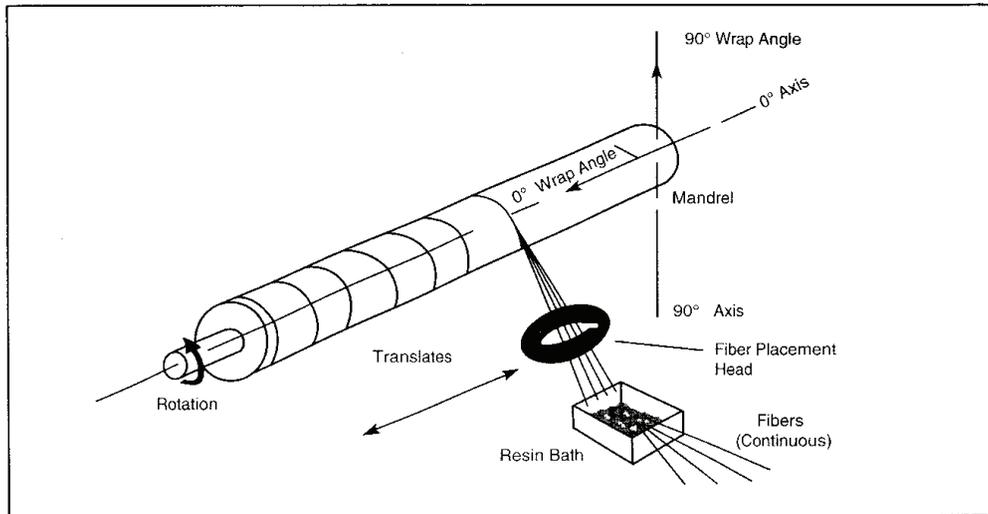
### 3.2 필라멘트 와인딩

필라멘트 와인딩은 유리 섬유를 수지로 함침시켜 강화한 다음 그 강화 유리섬유를 특정 패턴의 맨드릴(mandrel)에 감아서 파이프를 제작한다. 와인딩 공정중에 충전제를 첨가할 수도 있다. 좁(자른 유리 로빙)을 보조 강화물질로 사용할 수 있다. 충전제와 함께 또는 독립적으로 함침된 유리섬유 강화제를 반복적으로 감아서 원하는 두께를 가지는 다층 구조벽을 제작한다. 파이프 경화후 연결구 제작과 같은 하나 이상의 보조 작업이 이루어진다. 완성된 파이프의 내경(ID)은 맨드릴 외경(OD)으로 결정된다. 완성된 파이프의 외경(OD)은 파이프 벽 두께로 결정된다.

필라멘트 와인딩 공정은 그림 3-1에 나와 있다. 필라멘트 와인딩을 넓은 의미로 정의하면 가역(reciprocal), 연속(continuous), 복수 맨드릴(multiple mandrel) 및 링(ring) 그리고 요동 맨드릴 등(oscillating mandrel)을 사용한 방법이 포함되며 각각에 대해 간략히 설명하고자 한다. 그림 3-2는 필라멘트 와인딩으로 파이프를 만드는 작업 중 맨드릴에 유리 강화제를 포함하는 경우를 보여주고 있다.

#### 3.2.1 가역(Reciprocal) 방법

이 방법은 가장 널리 사용되고 있는 필라멘트 와인딩 제작 방법이다. 이 방법에서는 레진 배치(bath)가 설치된 섬유 배치 헤드(fiber placement head)가 회전하고 있는 맨드릴의 앞뒤로 움직인다(그림 3-1 참조). 맨드릴 축을 기준으로 한 섬유 배치각은 레진 배치(bath) 동기 이동 속도(synchronized translational speed) 및 맨드릴의 회전 속도에 의해 제어된다.



Reprinted with permission from Fiberglass Pipe Handbook, Fiberglass Pipe Institute, New York, N.Y.

Figure 3-1 Filament winding process

그림 3-1 필라멘트 와인딩 공정

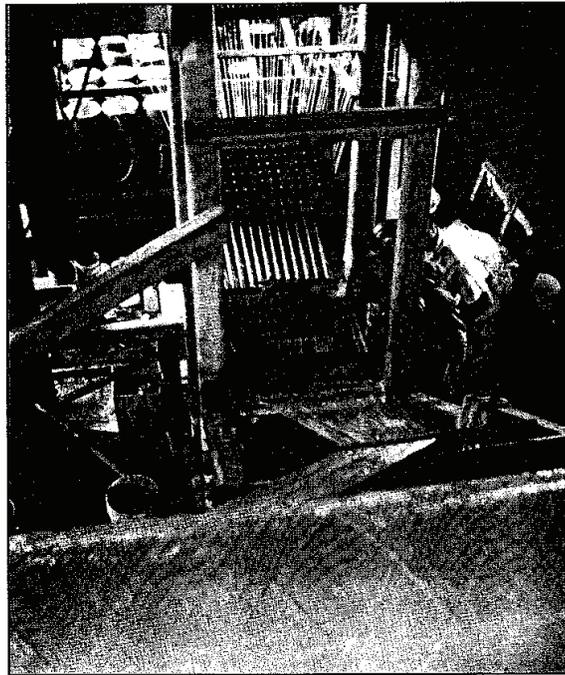
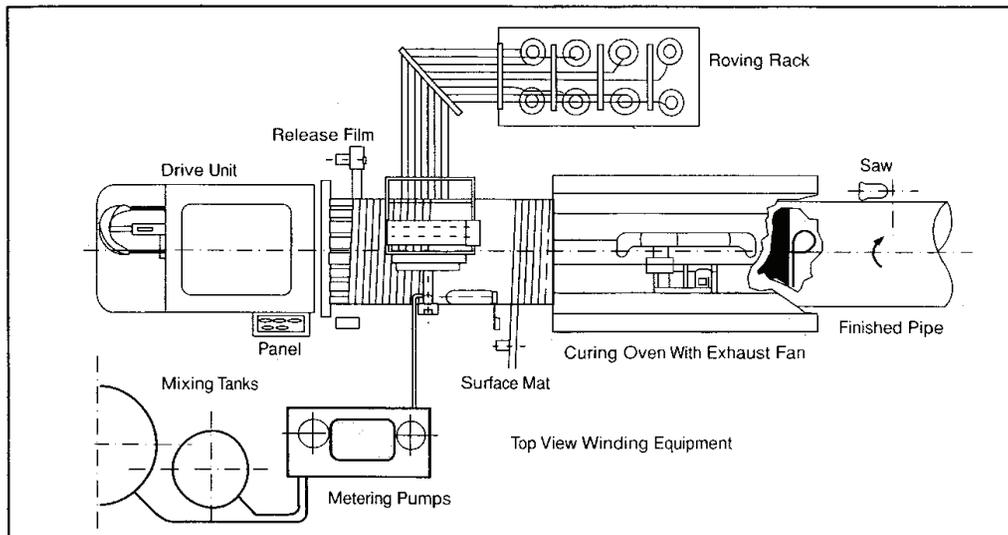


Figure 3-2 Application of impregnated glass reinforcement of a filament wound pipe

그림 3-2 필라멘트 와인딩의 유리섬유 강화제를 와인딩



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

Figure 3-3 Continuous advancing mandrel method

그림 3-3 연속 맨드릴 생산 과정

### 3.2.2 연속(Continuous) 방법

연속 방법의 첫 번째 형태는 레진 또는 유리섬유와 레진으로 포화된 유리섬유 테이프를 함침하는 장치를 지나는 하나 또는 그 이상의 맨드릴을 이용해 파이프를 제작한다. 감는 각도는 길이방향 맨드릴 속도와 회전(회전하는 경우) 또는 이동식 유리 주입 장치의 회전에 의해 제어된다. 이 방법은 일단 공정이 시작되면 파이프를 연속적으로 생산하게 되며 재료 구성을 변경하거나 보충하는 경우에만 공정을 멈춘다. 연속 방법의 두 번째 형태는 연속 전진 맨드릴 방식으로서 빔으로 지지되는 원통형 맨드릴 모양의 연속 강철 밴드로 구성된다. 빔이 회전하면서 마찰력은 밴드를 당기고 롤러 베어링은 밴드를 길이방향으로 움직이게 함으로써 전체 맨드릴이 연속적으로 기계의 끝부분을 향해서 나선형 경로를 따라 움직인다. 원재료(연속 섬유, 자른 섬유, 레진 및 골재 충전제)는 선반으로부터 굴대로 공급된다. 이형 필름(release films)과 표면 처리

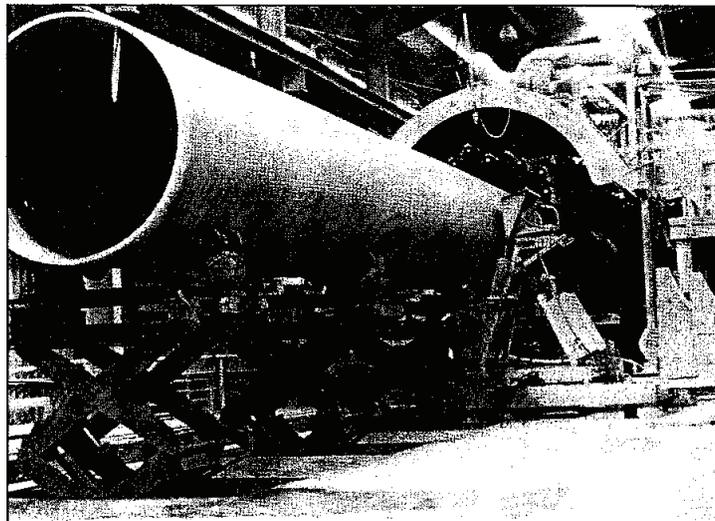
재료는 맨드릴 근처의 물을 통해서 주입된다. 경화 후에는 절단기가(synchronized saw unit cuts) 파이프를 적당한 길이로 절단한다. 그림 3-3에 이 방법이 나와 있다. 경화로(curing oven)에서 완제 파이프를 꺼내고 있는 모습이 그림 3-4에 나와 있다.

### 3.2.3 복수 맨드릴(multiple mandrel) 방법

이 방법에서는 단일 원료 주입 시스템이 두 개 이상의 맨드릴에 동시에 함침된 유리강화제를 주입한다. 감기 작업이 완료되면 경화를 위해 맨드릴을 이동시키고 다른 일단의 맨드릴에 감기 작업을 재개한다.

### 3.2.4 링 및 요동 맨드릴(ring and oscillating) 방법

경우에 따라 360도 유리 공급 시스템은 요동 맨드릴과 함께 사용되어 큰 각도 및 작은 각도의 감기 작업을 (층간 크로스오버생략) 단일 회로 패턴으로 제작할 수 있게 한다.



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

Figure 3-4 Finished pipe emerging from curing oven

그림 3-4 경화로부터 생산된 제품

### 3.3 원심성형

원심성형은 가열된 상태로 회전하는 몰드 내면에 레진 및 강화물질을 삽입한 다음 레진 시스템을 경화시킴으로써 관모양의 제품을 제조하는데 사용하는 공정이다. 완제품의 외경은 몰드 튜브의 내경으로 결정되며 완제품의 내경은 몰드로 삽입된 재료의 양으로 결정된다. 파이프 제조 시 모래와 충전제와 같은 다른 재료도 삽입할 수 있다. 원심 주조에는 다음의 두 가지 방법이 있다.

**선성형 유리 강화 슬리브 방법(Preformed glass reinforcement sleeve method).** 미리 성형된 유리

강화 슬리브를 강철 몰드에 위치시킨다. 강철 몰드가 회전할 때 몰드내로 들어갔다 나왔다하는 피드를 통해서 필요할 경우 레진 및 충전제를 몰드내에 주입해서 선성형 슬리브를 적신다. 이 방법은 그림 3-5에 나와있다.

**축을 이용한 방법(Chopped glass reinforcement method).** 몰드내로 들어갔다 나왔다하는 피드를 통해서 층별로 축, 레진 및 골재를 동시에 주입한다. 그림 3-6에서 이 방법을 볼 수 있다. 회전하는 몰드내에 유리, 레진 및 모래를 주입하는 모습이 그림 3-7에 나와 있다.

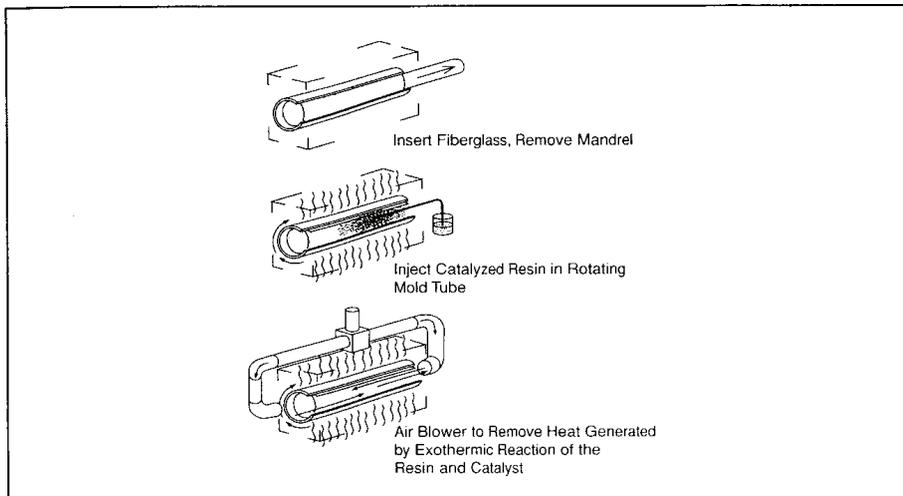
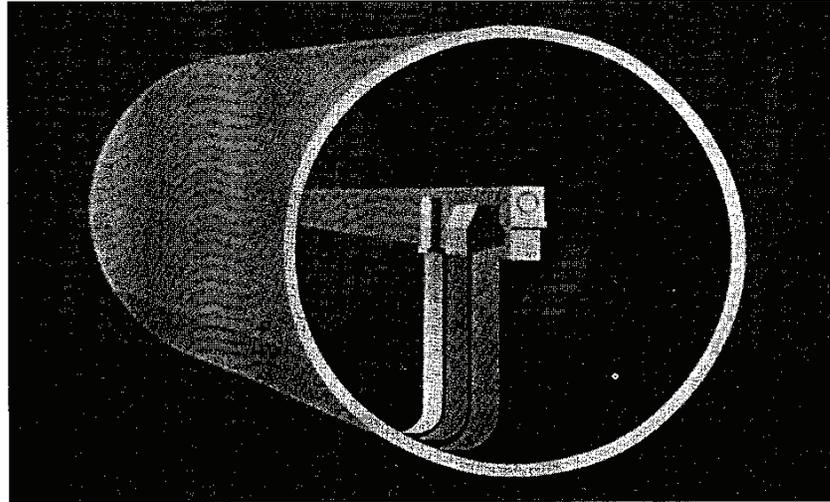


Figure 3-5 Preformed glass reinforcement sleeve method

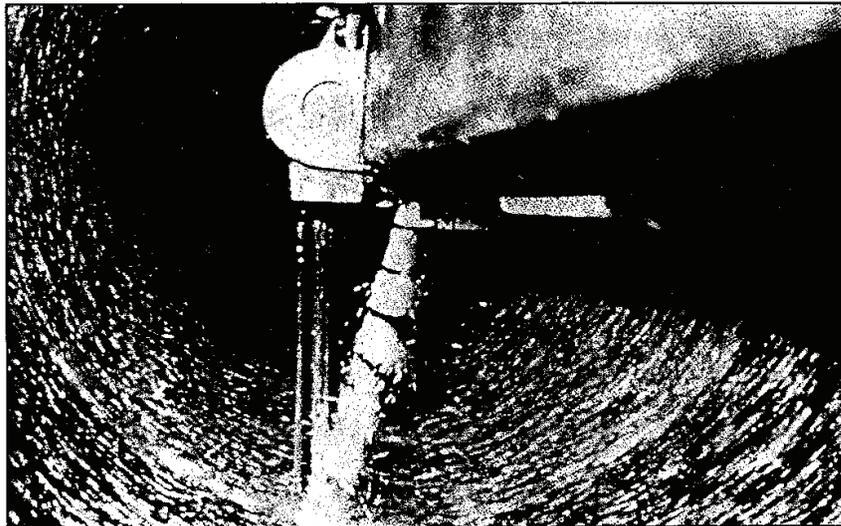
그림 3-5 선성형 유리강화 슬리브 방법



Source: Hobas Pipe USA Inc., Houston, Texas.

Figure 3-6 Chopped glass reinforcement method

그림 3-6 칩을 이용한 방법



Source: Hobas Pipe USA Inc., Houston, Texas.

Figure 3-7 Application of glass, resin, and sand

그림 3-7 칩을 이용한 방법