

유리섬유 복합소재 난간

Glass Fiber Reinforced Composite Handrail



우주항공 신소재의 첨단기술

www.kookminci.com

건설 신소재의 내일을 열어가는 - 벤처기업 국민씨아이



KCI Kookmin
Composite
Infrastructure
(주)국민씨아이

유리섬유 복합소재 난간

Glass Fiber Reinforced Composite Handrail

유리섬유 복합소재 난간은 유리섬유 복합소재(Glass Fiber Composite)를 재질로 하는 지주 PIPE, 수평 PIPE, 수직 PIPE를 이용하여 제작하며 부식 및 염해환경에 노출되는 기존 스테인레스 난간 대체제로써 유지관리 비용을 감소시키고, 시간이 경과함에 따른 구조단면 손실이 없어 내구수명을 증대시키는 목적으로 사용됩니다.

유리섬유 복합소재 난간은 정수장, 화학플랜트 및 오폐수 처리장 등 환경조건이 열악한 곳에서 종래의 스테인레스 난간을 사용할 경우에 발생하는 염해, 내부식, 전기절연 등의 문제점을 완전히 해결한 난간의 특징은 다음과 같다. 본 유리섬유 난간은 고내구성·경량 특성으로 구조물의 내구수명을 현저히 증가시키고, 신속시공이 가능하여 공기를 단축시킬 수 있으며 고강도로 인한 내하력 증진, 내부식성으로 인한 구조부재 불변형 및 유지관리 비용 절감 등의 장점을 가지는 신소재 첨단기술입니다.

- Corrosion Resistance(내부식성)
- Fire Retardant(자기소화성)
- UV Resistance(자외선처리)
- High Strength-to-Weight Ratio(고비강도)
- Electrically and Thermally Nonconductive (전기·절연)
- Low Maintenance(저유지관리)



CONTENTS

- 1 기술의 개요
- 2 기존 스테인레스 난간의 문제점
- 3 복합소재 난간의 특징
- 5 기계적 특성 비교
- 6 기술적 특성 비교
- 7 단면설계 및 제작
- 8 개발난간
- 9 구조해석
- 10 해외적용사례
- 11 시방서

기술의 개요

■ 개발배경

| 기존 건설재료 | |
|---|---|
|  |  |
| 콘크리트 구조물 강재 구조물 | ▶ 콘크리트 열화 및 철근 부식 ▶ 부식 |

| 복합소재 | |
|--|---|
|  |  |
| 경량 ▶ 사하중 경감 내부식 ▶ 유지관리 용이 | 고강도 ▶ 내하력 증진 고내구성 ▶ 내구연수 향상 |

■ 개발목적

- 고부식·내구성 저하 등의 환경영향을 많이 받는 수처리정수장, 하수처리장 및 플랜트 시설 등의 스테인레스 난간대체
- 고강도·내부식·고내구성 특성을 지닌 유리섬유 복합소재 난간 개발
- 복합소재 난간 사용으로 고부식성 환경 하에 있는 난간의 내구연한 증진 및 유지관리 비용 절감
- 경량부재 특성으로 인한 시공성 증대

기존 스테인레스 난간의 문제점

■ 기술적 측면

- 염해 및 화학물질에 의한 대기오염 등 고부식 환경에 노출되는 스테인레스는 시간이 경과함에 따라 초기 단면 부재가 감소함으로써 **구조적 안정성 확보 어려움**
- **부식으로 인한 단면감소, 반복하중에 의한 피로** 등으로 구조적 안전성 결여

■ 경제적 측면

- 정수장 및 하수처리 구조물의 부식방지를 위해 사용하는 스테인레스 부재의 경우 일반 강재에 비해 **고가의 초** **기공사 비용 필요**
- 난간의 초기 설치비용과 설치후의 부식 및 탈색에 대하여 스테인레스는 수명기간 동안 **주기적인 유지관리가 필요(LCC비용증대)**

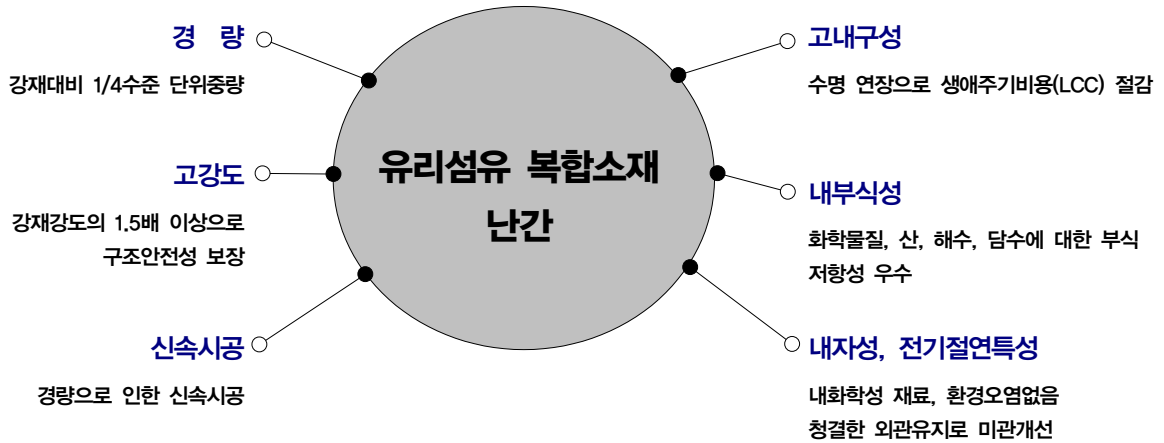
■ 시공성 측면

- 기존 스테인레스 난간은 중량으로 **조립, 설치시 취급이 다소 용이하지 않음**
- 연결부 시공시 용접불량 등 **품질관리 측면에 문제 유발**

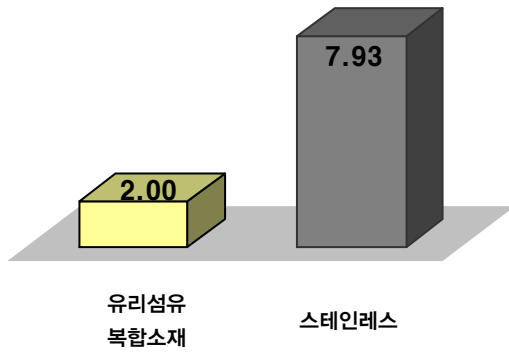
■ 유지관리 측면

- 부식 및 피로하중에 의한 손상이 발생할 수 밖에 없어 **수명기간 내 정기적인 유지관리대책 필요**
- 기존의 **강재 방식기술의 효과 불확실**

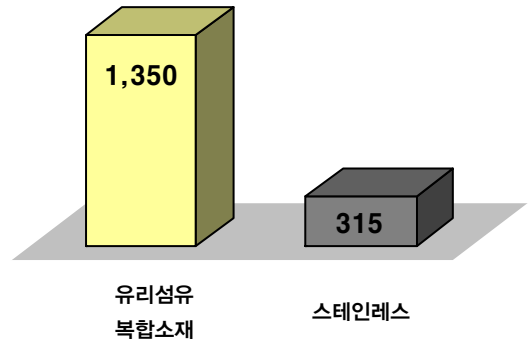
복합소재 난간의 특징



• 유리섬유 복합소재와 스테인레스의 중량 비교 (단위 : tonf/m³)



• 유리섬유 복합소재와 스테인레스의 비강도 비교 (단위 : 10³cm)



■ 활용분야

- 정수장 · 하수처리 시설 및 화학물질처리 등 환경에 민감한 구조물용 난간
- 통신시설, 제어시설등 전파 투과성 및 전기 절연성이 필요한 곳의 난간
- 오일 및 가스시설용 난간
- 보도용 육교 및 교량 점검시설용 난간

기계적 특성 비교

- 복합소재 난간의 재료 특성치는 한국화학시험연구원의 시편시험을 통해 얻어진 휨강도 및 휨탄성율을 적용하여 설계한다.

| 항 목 | 유리섬유 복합소재 난간 | 스테인레스강(304) 난간 |
|-------------------------------|--------------|----------------|
| 휨 강 도(kgf/cm ²) | 4,200 | 2,850 |
| 휨 탄 성 율(kgf/cm ²) | 200,000 | 2,000,000 |
| 단 위 중 량(kgf/m ³) | 2,000 | 7,930 |

기술적 특성 비교

| 항 목 | 유리섬유 복합소재 난간 | 스테인레스강(304) 난간 |
|-------|--|---|
| 개 요 | 인발성형으로 제조된 유리섬유 복합소재 원형 튜브 단면과 연결부재로 구성되며, 연결부 에폭 시접착 및 지주 BASE SET 앵커에 의해 공장 또는 현장조립시공 | 스테인리스강으로 제작된 앵글, 채널, 튜브단면의 용접 및 볼트접합으로 현장조립시공 |
| 재 료 | 고강도 유리섬유 + 비닐에스터 수지 | 스테인레스강 |
| 특 성 | <ul style="list-style-type: none"> 복합소재는 내부식 특성이 매우 우수하여 수명이 반영구적임 경량, 고강도 특성을 보유하고 있어, 구조물 자중이 가벼워지며, 외부하중에 대한 구조안전성 보장 대형 일체구조로 공장제작될 수 있으며, 현장에서 운반되어 소형장비만으로 현장에서 시공 가능 내부 연결 시스템을 이용하고 모든 연결부는 치수 정확성이 우수하여 외관이 미려함 작업자의 안전성 확보를 위한 전기절연특성 보유 착색 수지를 사용하여 구조물 자체가 다양한 색상을 가질 수 있어 기존 강재에 비해 외관 유지관리가 필요없음 조립설치가 용이하여 인건비 및 유지관리비가 절감됨. | <ul style="list-style-type: none"> 내부식 특성을 보유하고 있으나 영구적인 부식 및 내구성 저하를 원천적으로 방지할 수 없음 중량의 개별 강재를 현장에서 제작 조립하여 설치되므로 숙련된 노동력이 필요하고 시공성이 불량함 연결부 시공의 정확성이 부족 전기 전도특성으로 작업자가 전기적 위험에 노출 현장 조립설치와 관련된 시공비가 소요 |
| 경 제 성 | 217,000원/m | 260,000원/m |
| 기대효과 | <ul style="list-style-type: none"> 기존 수처리 구조물의 내구연한을 획기적으로 증대 유지관리 및 교체시공이 거의 필요없어 수명대비 공사비 절감으로 건설 투자비에 대한 효율성을 극대화 경량으로 취급이 용이하므로 소형장비로 조립제작이 가능하여 시공성 양호 외관이 미려하여 환경친화적 구조물 건설 가능 | |

단면설계 및 제작

■ 사용재료

- 고강도 유리섬유 + 불포화 비닐에스터

| 고강도 유리섬유 | |
|----------|---|
| 섬유직경 | 0.001 mm |
| 단위중량 | 2,570 kgf/m ³ |
| 인장강도 | 35,000 kgf/cm ² |
| 탄성계수 | 7.4 × 10 ⁵ kgf/cm ² |
| 전단탄성계수 | 3.1 × 10 ⁵ kgf/cm ² |

| 비닐에스터 수지 | |
|----------|---|
| 단위중량 | 1,240 kgf/m ³ |
| 탄성계수 | 3.1 × 10 ⁴ kgf/cm ² |
| 전단탄성계수 | 1.2 × 10 ⁴ kgf/cm ² |



■ 복합소재 난간 기계적 특성 및 내약품성시험

| 시험 항목 | 단 위 | 결과치 | 시험 방법 |
|---------|---------------------|---------|-----------|
| 인 장 강 도 | kgf/cm ² | 4,500 | KS F 2241 |
| 인장 탄성율 | kgf/cm ² | 300,000 | KS F 2241 |
| 휨 강 도 | kgf/cm ² | 4,200 | KS F 2242 |
| 휨 탄 성 율 | kgf/cm ² | 200,000 | KS F 2242 |
| 압 축 강 도 | kgf/cm ² | 5,000 | KS F 2243 |
| 면내전단강도 | kgf/cm ² | 2,000 | KS F 2248 |

| 시험항목 | 시험기준 | 약품명(%) | 무게변화율 (시험결과) |
|------|----------|------------|--------------|
| 내약품성 | KS F3083 | 황산(3) | -0.04 |
| | | 질산(10) | -0.12 |
| | | 메탄올(96) | 0.53 |
| | | 에탄올(95.5) | 0.18 |
| | | 벤젠(99.5) | 0.29 |
| | | 염화나트륨(3) | 0.11 |
| | | 수산화나트륨(10) | 0.29 |

■ 인발성형(pultrusion)을 이용한 복합소재 난간용부재 제작공정



1. 섬유 공급



2. 수지 함침



3. 금형통과 및 성형



4. 인발(당김)



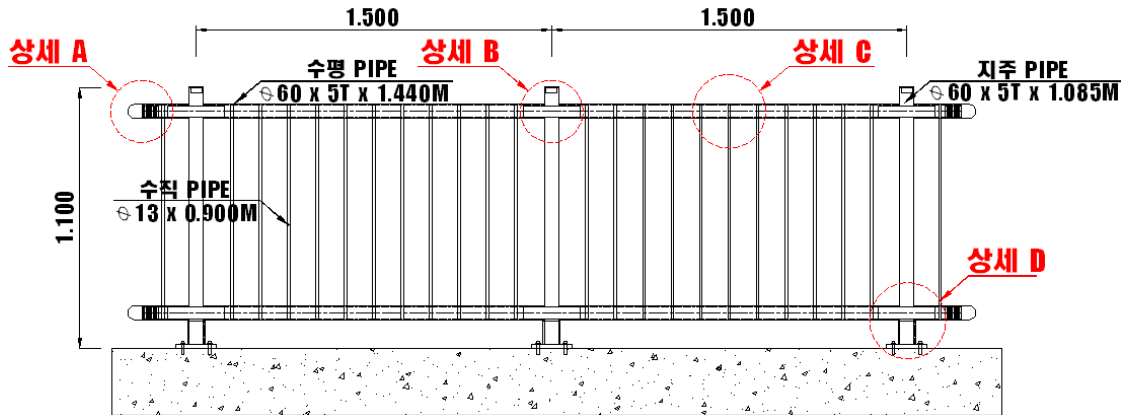
5. 제작단면절단



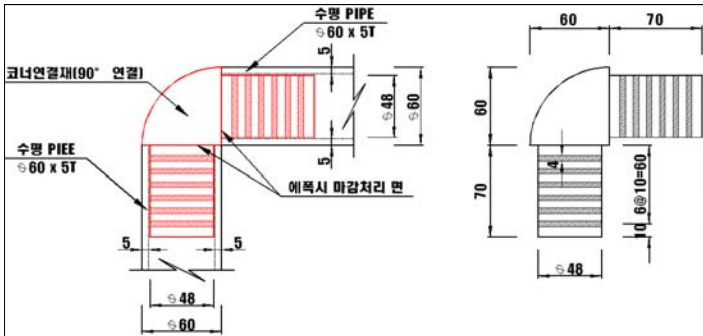
6. 제조공정 전경

복합소재 난간 상세

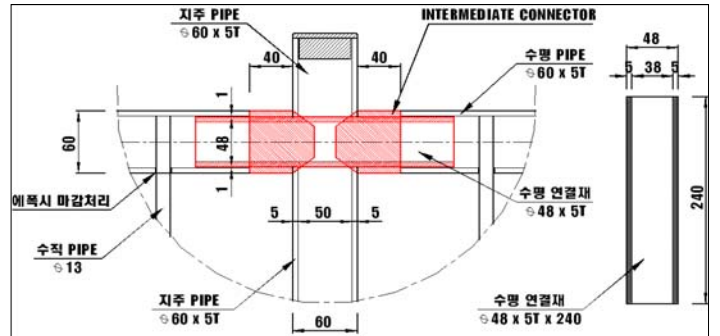
■ 난간 단면(원형)



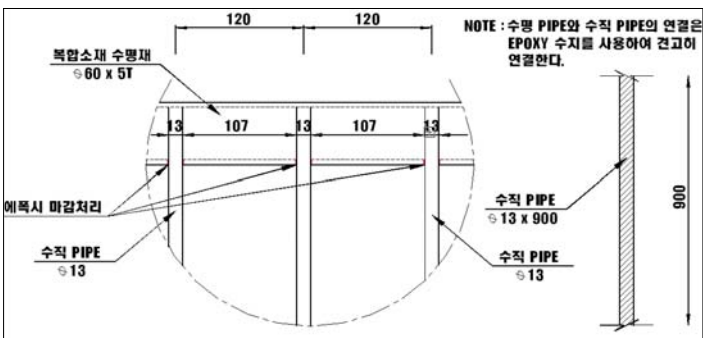
■ 연결상세



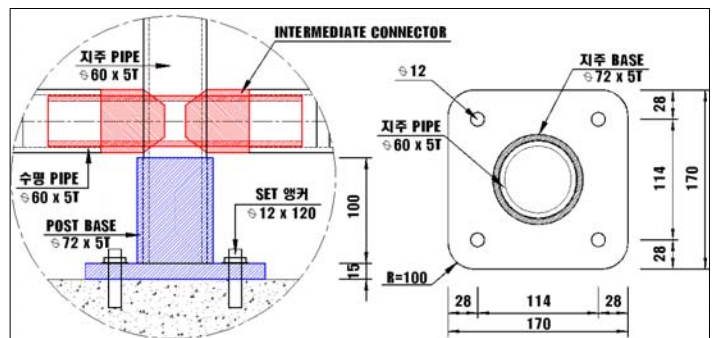
상세 A



상세 B



상세 C



상세 D

■ 사용 주부재 및 연결재 크기

| | | | | | |
|-------------|---------|----------------------|-------------|---|--|
| 주 부 재 | 지주 PIPE | $\Phi 60 \times 5^T$ | 연 결 재 | 90° 연결재 | $\Phi 48 \times 5^T \times 260\text{mm}$ |
| | 수평 PIPE | $\Phi 60 \times 5^T$ | | 경사 연결재(경사난간) | $\Phi 48 \times 5^T \times 150\text{mm}$ |
| | 세로 PIPE | $\Phi 13$ | | 수평 연결재 | $\Phi 48 \times 5^T \times 240\text{mm}$ |
| | | | | INTERMEDIATE 연결재 | $\Phi 60 \times 5^T \times 40\text{mm}$ |
| | | | 지주 BASE | 170×170×100mm | |
| | | | 상부 캡 | $\Phi 48 \times 5^T \times 20\text{mm}$ | |

개발 난간

■ 연결부재



코너 연결재 (90° 연결)



경사연결재(경사난간)



수평연결재



INTERMEDIATE 연결재



POST BASE



END CAP

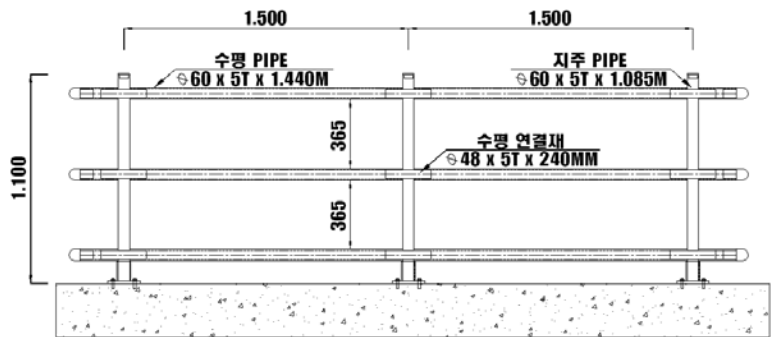
■ 원형난간 개념도

- 난간의 주부재 · 연결부재를 조립하여 시공한다.



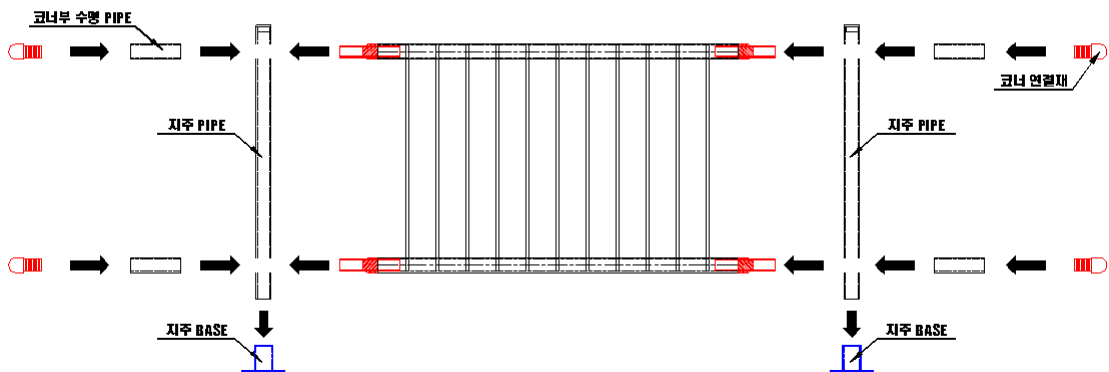
■ 절약형 난간

- 원형단면을 단순화하여 유아 및 통행이 빈번하지 않은 곳에서 사용할 수 있다.
- 부재의 연결에 따른 조립비용을 다소 감소시킬 수 있으며, 신속시공이 가능하다.



■ 난간 시공 순서도

지주 · 1 SEG.(수평+수직) PIPE 및 코너 연결재 연결



구조해석

■ 해석방법

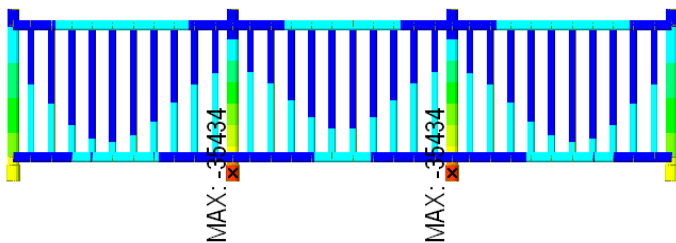
- 구조해석을 통해 유리섬유 복합소재 난간의 구조안전성 검토(3@1.5=4.5m)
- 난간의 구조안전성 검토를 위해 MIDAS/CIVIL ver5.40 프로그램을 사용하여 구조해석 수행

■ 하중

- 도로안전시설 설치 및 관리지침(건설교통부 1999.9)의 난간설계 기준에 따라 난간의 정상부 윗면에 수직으로 100kgf/m의 수직력이 측면에는 직각 방향으로 250kgf/m의 수평력이 작용하는 것으로 가정하여 설계한다.



■ 해석결과



최대 휨모멘트

유리섬유 복합소재의 응력검토

- 최대휨응력(σ_{MAX}) : 1,874kg/cm²
 - 복합소재 파괴강도(σ_f) : 4,200kg/cm²
 - 복합소재 허용강도(σ_a) : 2,100kg/cm²
- $\therefore \sigma_a > \sigma_{MAX}$ O.K

SET 앵커의 응력검토

- 최대모멘트(M_{MAX}) : 35,434kg · cm
 - 최대앵커인발력(F_{MAX}) : 앵커 1EA 당
 $35,434 / (11.4 \times 2) = 1,554\text{kg}$
 - SET 앵커 파괴강도(F_f) : 4,500kg
 - SET 앵커 허용강도(F_a) : 2,250kg
- $\therefore F_a > F_{MAX}$ O.K

최대 휨응력

■ 검토결과

- 복합소재 난간 구조해석 결과, 최대휨응력은 1,874kgf/cm²가 발생하여 허용응력 2,100kgf/cm²에 대비하여 안전율 1.12을 확보하고 있으며 최대앵커인발력 1,554kg이 발생하고 SET 앵커의 허용강도는 2,250kg에 대하여 안전율 1.45를 확보하고 있다.

해외적용사례



정수장 난간



지하 계단용 난간



지하 통로용 난간



화학플랜트 난간-1



화학플랜트 난간-2



화학플랜트 난간-3



보호용 난간-1



보호용 난간-2



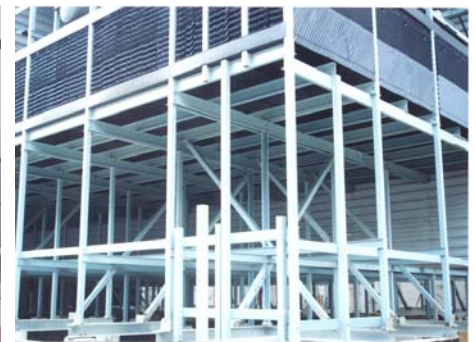
보호용 난간-3



육상 보호용 난간



나이아 가라 폭포 보호용 난간



건물 보호용 난간

복합소재 난간 시방서

1. 적용범위

- 1) 본 시방서는 난간에 설치되는 복합소재 난간에 관한 제반사항을 규정한다.
- 2) 복합소재 난간은 설계도면에 따라 제작, 조립, 시공한다.

2. 복합소재 난간 제작

가. 재료특성

복합소재 난간은 유리섬유와 비닐에스테르 수지를 사용하여 제작하며 복합소재 난간의 기계적 특성은 다음 표의 조건을 만족하여야 한다.

<복합소재 난간의 기계적 특성>

| 특 성 | 단 위 | 결 과 치 | 시험 방법 |
|---------|---------------------|---------|-----------|
| 인 장 강 도 | kgf/cm ² | 4,500 | KS F 2241 |
| 인장 탄성율 | kgf/cm ² | 300,000 | KS F 2241 |
| 휨 강 도 | kgf/cm ² | 4,200 | KS F 2242 |
| 휨 탄 성 율 | kgf/cm ² | 200,000 | KS F 2242 |
| 압 축 강 도 | kgf/cm ² | 5,000 | KS F 2243 |
| 면내전단강도 | kgf/cm ² | 2,000 | KS F 2248 |

나. 사용부재

유리섬유 복합소재로 인발성형된 지주 PIPE 및 수평 PIPE는 $\Phi 60 \times 5^T$ 의 원형튜브, 수직 PIPE는 $\Phi 13$ 의 충실원형 단면을 주부재로하며, 연결부재를 에폭시 및 SET앵커를 사용해 조립한다.

<허용오차>

| 구 분 | 허 용 오 차 | |
|---------------------|-------------------|--------------------|
| 외 경 | 30mm 미만 | $\pm 0.5\text{mm}$ |
| | 30mm 이상 | $\pm 1\%$ |
| 두께 (WT:두께 단위:mm) | WT < 2 | ± 0.15 |
| | 1.25 < WT < 2.0 | ± 0.15 |
| | 2.0 < WT | $\pm 8\%$ |
| 길 이 | $\pm 10\text{mm}$ | |
| 직진도 | 2/1,000 | |

다. 설치조건

- 1) 난간의 설치 및 제작 크기는 도로시설 설치 및 관리 지침에 따른다.
- 2) 난간의 높이는 보행자와 자전거 등의 무게중심을 감안하여 110cm를 표준으로 한다. 단 난간의 디자인 등의 이유로 110cm 이외의 수치로 사용할 수도 있으나, 난간의 설치 목적에 비추어 너무 낮은 난간은 바람직하지 않다. 또 너무 높은 난간은 보행자에게 압박감을 주고, 미관상으로도 좋지 않으며 비경제적이기 때문에 특별한 경우를 제외하고 120cm 이하로 하는 것이 바람직하다. 보행자의 통행이 많은 난간의 수직 PIPE 간격은 어린이 등이 부재들 사이로 빠지는 것을 방지하기 위해 15cm 이하로 한다. 단 유아 및 통행이 빈번하지 않은 경우는 변형하여 사용할 수 있다.
- 3) 수평난간의 경우는 수직 PIPE 간격은 최대 150cm로 하고, 경사난간의 경우는 최대 100cm로 한다.

3. 복합소재 난간 조립 및 설치

가. 조립

- 1) 형재의 모양 및 치수는 설계도면에 따른다.
- 2) 형재는 모양이 바르고 매끄럽고 균일하며 결함이 없어야 한다.
- 3) 복합소재 난간 조립은 감독원의 지시에 따라야 한다.
- 4) 복합소재 난간 조립은 전문기술자에 의해 행해져야 하며, 사전에 감독관의 승인을 얻어야 한다.
- 5) 복합소재 난간 조립시 접착제등이 외부에 노출되지 않도록 해야 한다.

나. 설치

- 1) 반입제품은 발주처의 감독관 또는 검수원의 승인을 득한 후 납품 설치한다.
- 2) 현장설치 시 사전현장의 위치와 형태 등을 정확히 실측하여 오차 없이 제작 설치한다.
- 3) 설치 시 제품의 접합부위는 견고해야 하며, 수직·수평이 맞고 견고하고 미려하게 설치하여야 한다.
(단, 감독관의 지시에 따라 설치할 수 있다.)
- 4) 설치 시 제품의 접합부위는 견고해야 하며, 수직·수평이 맞고 견고하고 미려하게 설치하여야 한다.