

# 복합소재 바닥판 설계 및 시공지침

제1장 일반사항

제2장 사용재료

제3장 설계일반

제4장 복합소재 바닥판 설계

제5장 복합소재 바닥판 비합성형교의 시공

# 목 차

<b>제1장 일반사항</b>	
1.1 적용범위	1
1.2 용어의 정의	3
<b>제2장 사용재료</b>	
2.1 유리섬유 강화 복합소재	4
2.2 강재	5
2.3 콘크리트	5
2.4 접착제	6
<b>제3장 설계일반</b>	
3.1 설계의 원칙	7
3.2 설계하중	7
<b>제4장 복합소재 바닥판 설계</b>	
4.1 복합소재 바닥판의 허용응력 설계	8
4.2 사용성 설계기준	9
4.3 연결부 설계	9
<b>제5장 복합소재 바닥판 비합성형교의 시공</b>	
5.1 적용범위	11
5.2 바닥판의 제작	11
5.3 바닥판의 시공	12
5.4 교면 포장 및 배수처리	14

## 제1장 일반사항

### 1.1 적용범위

- (1) 이 지침서는 강주형 거더 위에 보도용 복합소재 바닥판을 설치하고 일체화시킨 교량의 설계 및 시공에 적용한다.
- (2) 이 지침에 규정되지 않은 사항에 대해서는 도로교설계기준(2000, 건설교통부) 혹은 AASHTO에 따른다.
- (3) 특별한 조사연구 또는 실험에 의하여 구조설계를 하는 경우는 (1)항을 적용하지 않을 수 있다. 다만, 그러한 경우에는 그 근거를 명시하여야 하며 공인된 기관의 심의를 거쳐야 한다.

#### [해설]

이 지침은 복합소재 바닥판을 강주형 거더와 결합시킨 교량 구조물을 대상으로 한다. 기존의 건설재료에 비하여 유리섬유 복합소재로 만들어진 바닥판은 다음과 같은 장점이 있다.

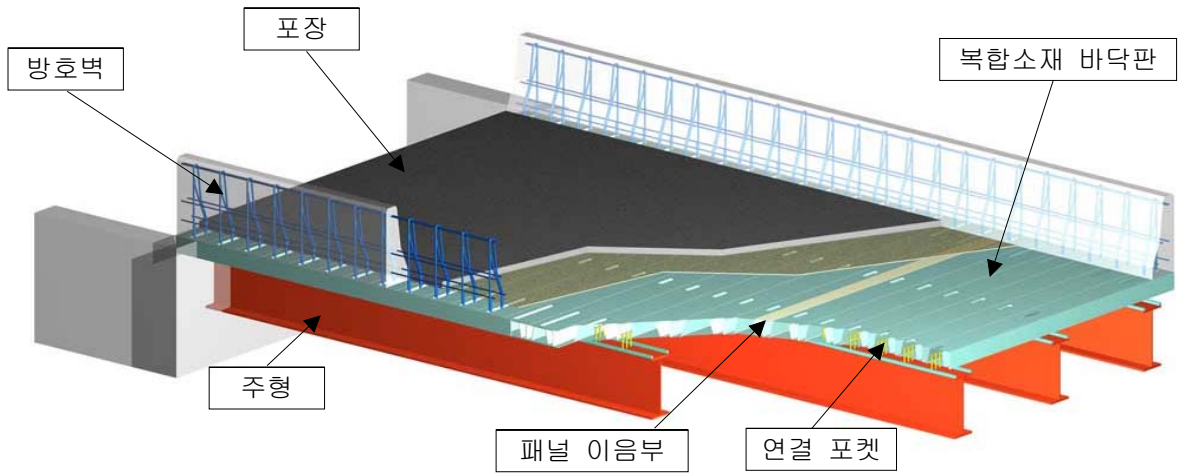
- ① 높은 비강도와 비강성
- ② 고내구성 및 환경친화성
- ③ 경량
- ④ 낮은 수명공사비
- ④ 낮은 유지관리비
- ⑤ 적은 장비 및 인력에 의한 신속시공

복합소재 바닥판의 단면형상은 다양한 모델 단면에 대한 각종 해석 및 실제 제작을 통한 실험과정을 거쳐 횡방향 강성이 양호하고 하중의 전달에 유리한 사각형 형상으로 정하였으며 기본적인 구조 성능 이외에 피로저항능력 및 현장에서의 시공성 등을 종합적으로 고려하여 최적화된 단면을 선정하였다.

본 지침에서 적용하는 구조형식은 해설 표 1.1.1과 같다.

해설 표 1.1.1 이 지침에서 적용대상으로 하는 구조형식

구 분	설계 형식
교량등급	보도교
전단연결재 합성작용	비합성, 합성
주형 단면형상	병렬 I형
주형 구조형식	단순교, 연속교
주형간 순간격	3.0m 이내



해설 그림 1.1.1 복합소재 바닥판 교량의 세부명칭

## 1.2 용어의 정의

- (1) 복합소재(Composites) : 어떤 특성 또는 성질을 얻기 위하여 강화섬유와 수지를 결합하여 만들어진 재료
- (2) 연결포켓 : 바닥판과 강주형을 일체화시키기 위하여 전단 연결재 및 탄성고무로 이루어지는 바닥판 내의 셀(cell) 부위
- (3) 합성, 비합성 : 주형과 바닥판이 구조적으로 일체화된 보로서 하중에 대해서 저항하는 경우를 합성, 그렇지 않은 경우를 비합성이라 한다.
- (4) 인발성형(Pultrusion) : 복합재료의 성형방법 중 하나로서 섬유에 수지를 함침시켜 일정한 단면형상의 가열된 금형을 통과하면서 연속적으로 제품이 성형되는 자동화된 제작방법
- (5) 이-글래스(E-glass) : 강화플라스틱용 유리섬유로 가장 많이 쓰이는 종류로 특히 전기저항이 높으므로 절연용 구조물에 적합하다.
- (6) 수지(Resin) : 복합소재에 있어 섬유 사이의 응력전달, 외부환경 및 기계적 마모로부터 섬유의 보호역할 등을 하며 성형시 액상으로 섬유를 함침시켜, 가열 또는 냉각시킴으로써 고체상태가 되어 최종 구조물을 형성하게 된다.
- (7) 로빙(Roving) : 유리섬유에 유기물이 부착되어 기계적인 꼬임이 없이 제조되는 강화섬유의 형태
- (8) 다축직조섬유(Multiaxial stitched fabric) : 직조된 천의 형태로 제조된 유리 섬유로  $[0^\circ/90^\circ/45^\circ]$ 와 같은 다양한 방향성을 가지는 일방향 섬유층으로 구성된다.
- (9) 첨가제 : 복합소재의 성질을 개선하기 위하여 수지내 첨가되는 물질로 난연제, 저수축제, 조색제, 자외선 안정제 등이 여기에 속한다.
- (10) 섬유중량비 : 복합소재내 강화섬유의 함유율을 나타내는 것으로 전체 복합소재 무게에 대한 강화섬유 무게의 비(%)로 나타낸다.
- (11) 텍스(Tex) : 유리섬유 로빙의 굵기를 나타내는 것으로 로빙 1km당 질량(gram)으로 나타낸다.

## 제2장 사용재료

### 2.1 유리섬유 강화 복합소재

제작자는 유리섬유 강화 복합소재를 구성하는 모든 재료에 대해 다음에서 지정하는 요구조건을 만족해야 한다.

#### (1) 수지

인발성형튜브의 제작에 사용되는 수지는 다음 조건의 이소 폴리에스터 수지 (isophthalic polyester resin) 또는 동등 이상의 기계적 특성을 가진 제품을 사용하며, 경화된 수지의 기계적인 특성은 표 2.1.1의 요구조건을 만족해야한다.

표 2.1.1 수지의 요구조건

특성	조건	시험방법
인장강도	550kgf/cm <sup>2</sup> 이상	KS M 3305
탄성계수	25,000kgf/cm <sup>2</sup> 이상	KS M 3305
신장율	2.3%	KS M 3305

#### (2) 유리섬유

인발성형튜브의 제작에 사용되는 유리섬유는 로빙 및 다축직조섬유를 사용하며, 사용되는 유리섬유의 기계적인 특성은 표 2.1.2의 조건을 만족해야 한다.

표 2.1.2 유리섬유의 물성치 요구조건

특성	조건	시험방법
인장강도	$3.5 \times 10^4$ kgf/cm <sup>2</sup>	KS L 2513
탄성계수	$7.4 \times 10^5$ kgf/cm <sup>2</sup>	KS L 2513
신장율	3.0%	KS L 2513

(3) 적층판

튜브의 상하부판과 복부판의 기계적인 특성은 표 2.1.3의 조건을 만족해야 한다

표 2.1.3 적층판의 물성치 요구조건

특 성	상하부판	복부판	시험방법
인장강도	2,000kgf/cm <sup>2</sup> 이상	2,000kgf/cm <sup>2</sup> 이상	KS F 2241
압축강도	2,000kgf/cm <sup>2</sup> 이상	2,000kgf/cm <sup>2</sup> 이상	KS F 2243
탄성계수	1.7 × 10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup> 이상	1.7 × 10 <sup>5</sup> kgf/cm <sup>2</sup> 이상	KS F 2241
섬유중량비	50% 이상	50% 이상	KS M ISO 1172
선팅창계수	5.0 × 10 <sup>-6</sup>		KS M 3015

(4) 보강쉬트

보강쉬트의 제작에 사용되는 유리섬유는 2000gf/m<sup>2</sup>의 다축직조섬유를 사용하며, 요구되는 기계적 특성은 (2)에서와 동일하다. 보강쉬트의 섬유중량비는 50% 이상으로 해야 한다.

2.2 강재

강재는 도로교설계기준 2.3 사용재료 중 2.3.1 강재에 규정된 강재를 사용하는 것을 표준으로 한다.

2.3 콘크리트

복합소재 바닥판 교량에 사용되는 콘크리트는 도로교설계기준, 콘크리트표준시방서의 콘크리트 재료에 대한 규정에 따른다.

## 2.4 접착제

공장에서 복합소재 바닥판 튜브를 연결하여 바닥판 패널을 생산하는데 사용하는 접착제는 인장 접착강도가 70kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 기계적 특성을 가진 제품을 사용하여야 한다. 현장에서 패널간 조립에 사용하는 접착제는 상기 기준을 만족하면서 현장작업시간을 고려하여 제작된 제품을 사용하여야 한다.

### [해설]

접착제에 요구되는 성능은 다음과 같다.

- ① 강도 : 모재 파괴를 유도하기 위한 접착강도의 확보를 위해 KS M 3734의 인장 전단 접착강도 시험에 따라 최소 70kgf/cm<sup>2</sup>의 강도가 요구된다.
- ② 작업성 : 최소 30분 이상의 작업시간을 가질 수 있어야 하고, 제작 및 시공 오차를 보정할 수 있는 양호한 채움 성능이 확보되는 것이 바람직하다.
- ③ 기타 충분한 연성과 내환경성 및 경제성을 가져야 한다.

## 제3장 설계일반

### 3.1 설계의 원칙

복합소재 바닥판을 사용한 교량의 설계는 다음과 같이 실시하는 것을 원칙으로 한다.

- (1) 복합소재 바닥판은 제1장 일반사항 1.1 적용범위의 해설 표 1.1.1의 교량에 적용하는 경우 바닥판의 설계 및 검증은 생략할 수 있다.
- (2) 바닥판 및 연결부를 제외한 기타 교량부재의 경우는 일반적인 설계규정을 따른다.

### 3.2 설계하중

보도하중은 도로교설계기준 제2장에 의한  $500\text{kgf/m}^2$ 를 등분포 균중하중으로 재한다. 단, 설계기준의 주하중에서 유리섬유 복합소재의 특성상 바닥판의 크리프 및 건조수축은 고려하지 않는다.

#### [해설]

복합소재의 구성재료인 유리섬유(E-glass) 및 불포화 폴리에스터 수지(Unsaturated polyester resin)에 대한 크리프 연구결과에 의하면 극한강도의 50% 변형을 하에서도 재료의 장기거동에는 아무런 문제가 없다. 유리섬유 복합소재 구조물은 주로 강성이 지배적인 설계를 하기 때문에 설계하중 하에서는 상기의 변형률에 다다를 수 없으므로 복합소재 바닥판의 해석과 관련하여 크리프를 설계하중에 고려할 필요가 없다.

## 제4장 복합소재 바닥판 설계

### 4.1 복합소재 바닥판의 허용응력 설계

#### 4.1.1 설계상수

- (1) 복합소재 바닥판의 고정하중은  $35\text{kgf}/\text{m}^2$ 을 사용한다.
- (2) 복합소재 바닥판의 선폽창계수는  $5 \times 10^{-6}$ 으로 한다.

#### 4.1.2 허용응력

복합소재 바닥판의 설계는 허용응력 설계법을 사용하며, 부재강도에 대한 안전율은 인장에 대해 2.5, 압축에 대해 3.0을 적용한다.

#### [해설]

복합소재 바닥판의 허용응력 설계에서는 인발성형 복합소재 구조용 부재에 일반적으로 적용되는 허용응력 설계의 부재강도 대비 안전율을 사용한다. 복합소재의 허용응력에 대한 안전율(F.S)는 EUROCOMP Design Code(1996), Strongwell사의 Design Manual(1989)에 따라 인장에 대하여 2.5, 압축에 대하여 3.0을 적용한다. 해설 표 4.1.1에서는 복합소재 바닥판 허용응력을 정리하여 보여 주고 있다.

해설 표 4.1.1 복합소재 바닥판 허용응력

구 분	인장강도	압축강도
재료강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	2,000	2,000
허용응력 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	800	650
안전율(F.S.)	2.5	3.0

### 4.1.3 복합소재 바닥판의 단면검토

- (1) 교량 횡방향에 대한 복합소재 바닥판의 단면검토는 3.2절의 설계하중에 의한 횡력에 대하여 바닥판 상부판 및 하부판의 응력을 부재의 허용응력과 비교하여 검토한다.
- (2) 복합소재 바닥판의 단면검토시 내부 채움재의 단면보강 효과는 고려하지 아니하고, 순수한 바닥판의 단면특성을 이용하여 검토한다.

## 4.2 사용성 설계기준

- (1) 바닥판용 유리섬유 복합소재 패널은 부재의 강도는 큰 반면에 상대적으로 탄성계수가 작으므로 처짐에 대한 사용성 검토가 선행되어야 한다.
- (2) 사용성 기준은 활하중에 의한 바닥판의 처짐으로 평가하며, 거더 내측의 바닥판 및 캔틸레버부 바닥판에 대해서는 바닥판 지간에 대해  $L/425$ 을 처짐에 대한 허용기준으로 규정한다. 여기서,  $L$ 은 주형간 간격이다.

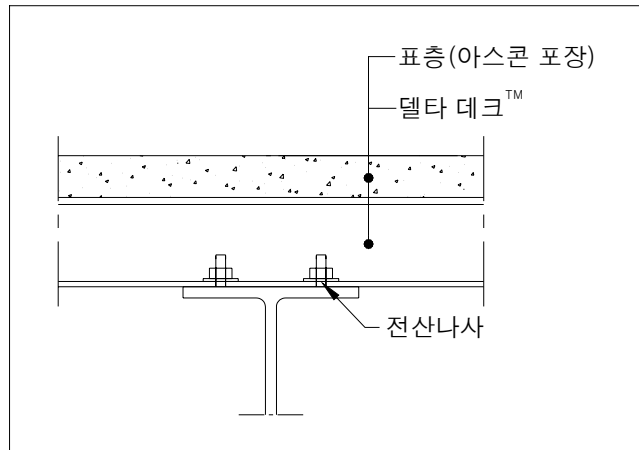
## 4.3 연결부 설계

### 4.3.1 비합성형교 연결부의 설계

주형만으로 설계하중을 모두 지지하거나 주형과 바닥판이 중첩부로 거동하는 비합성형으로 교량을 설계하는 경우 본 절의 상세를 적용할 수 있다.

### 4.3.2 연결부의 상세

비합성형교의 바닥판과 주형의 연결부는 기본적으로 접촉체에 의한 부착력과 볼트의 전단력으로 지지하는 것으로 한다. 또한 실제 거동시 합성작용에 가깝도록 추가적으로 전단포켓에 채움재를 타설할 수도 있으며 적절한 재료를 사용하여 현치부를 둘 수도 있다.



해설 그림 4.3.1 비합성 연결부의 상세

## 제5장 복합소재 바닥판 비합성형교의 시공

### 5.1 적용범위

이 장은 본 지침 4장까지의 규정에 근거하여 설계된 복합소재 바닥판 비합성형교를 시공하는 경우에 적용한다. 합성형교의 경우도 본 장의 규정을 준용할 수 있다.

### 5.2 바닥판의 제작

복합소재 바닥판은 다음과 같이 제작한다.

- (1) 튜브의 제작 : 제2장 2.1에서 규정된 유리섬유 복합소재의 요구조건을 만족하는 튜브를 공장에서 인발성형 공정에 의해 교량폭 길이 단위로 제작한다.
- (2) 패널의 제작 : 제2장 2.4에서 규정된 접착제를 사용하여 공장에서 튜브를 횡방향으로 접착하여 패널을 만들며, 패널 최대 폭은 현장까지의 운반상의 제약을 고려하여 현장과의 협의에 의하여 결정한다.
- (3) 제작오차 : 복합소재 바닥판 치수의 제작오차는 표 5.2.1에서 제시하는 범위 안에 있어야 한다. 치수 검사는 모든 복합소재 바닥판에 대해서 임의 선택방법에 대해서 실시한다.

표 5.2.1 복합소재 바닥판 치수의 허용제작오차

구분	허용오차
상하판 및 복부의 두께	±1.0mm
튜브의 높이	±1.5mm
튜브의 직선도	±6.0mm(10m 당)
패널의 길이와 폭	±5.0mm
전단포켓의 위치	±5.0mm
접착선 두께(복부)	1.5mm ± 0.5mm
접착선 두께(플랜지)	1.5mm ± 0.5mm

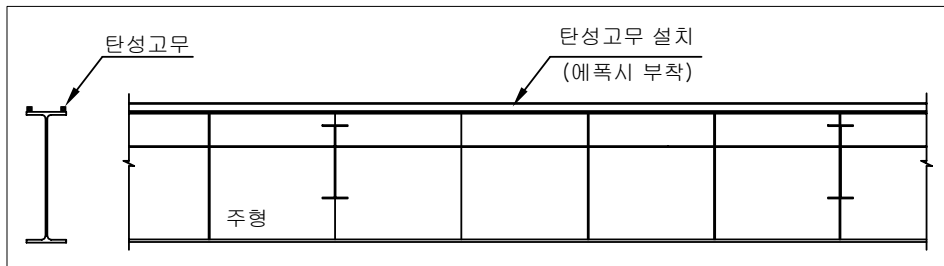
### 5.3 바닥판의 시공

#### 5.3.1 탄성고무

바닥판 거치 전 주형 상면 위의 정해진 위치에 탄성고무를 설치한다. 탄성고무는 제2장의 에폭시를 이용하여 주형에 단단히 접착한다. 단, 주형의 종방향 구배가 없거나 폭이 좁은 보도교의 경우에는 탄성고무 설치를 생략할 수 있다.

[해설]

탄성고무설치상세는 해설 그림 5.3.1과 같다.



해설 그림 5.3.1 에폭시부착에 의한 탄성고무 설치

#### 5.3.2 운반 및 거치

- (1) 패널의 운반 및 거치시 시공도면에 표시된 지지점만을 사용해야 하고 승인된 장비와 방법으로 수행해야 한다.
- (2) 패널의 취급시 뒤틀리거나 구부러지지 않고 완전히 편평해야만 하며 뒤집거나 측면으로 거치되어선 안된다.
- (3) 모든 패널은 작은 각목 등으로 땅에서 이격시켜 침하가 없는 지반에 지지되어야 하고 자외선에 대해 보호되는 불투명한 덮개로 덮어 보관해야 한다.

### 5.3.3 가설

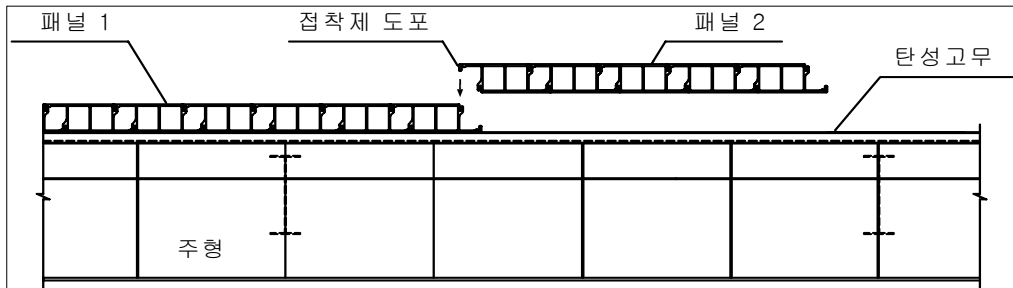
- (1) 패널의 가설은 제작자가 지정하는 적절한 인양장치를 사용하여야 한다. 패널은 도면에 따라 높이와 선형을 적절하게 맞추어야 한다.
- (2) 가설시 교량 상에 재하가 허용되는 것은 자재, 장비 및 작업인원의 중량만이다.
- (3) 인접한 패널들 사이의 편차는 제작자가 권고하고 엔지니어가 수용하는 방법으로 합리적으로 조정한다.

### 5.3.4 패널간 연결

접착면은 사전에 사포나 그라인더로 표면처리를 한다. 그리고 패널간 연결부의 양면에 모두 접착제를 도포하고 연결할 패널을 기 거치된 패널에 암수부가 끼이도록 맞춘다.

[해설]

- (1) 패널간 연결 1시간 전에 사전준비작업이 끝나야 한다. 접착면은 수분과 먼지가 깨끗이 제거되어야 한다. 표준작업시간은 표준온도 25℃ 에서 30분이며 30분이 초과되거나 접착제가 응고되기 시작하면 패널은 더 이상 움직여서는 안된다. 표준작업시간은 작업온도가 높으면 감소시키고 낮으면 증가시킬 수 있으며 5℃ 이하 또는 우천시에는 작업을 하면 안된다.

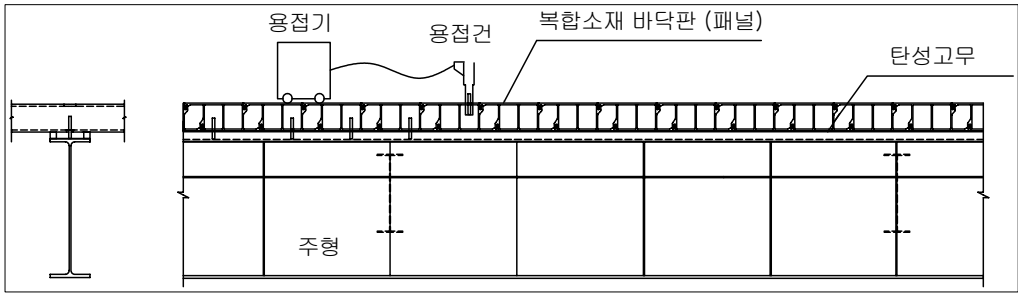


### 5.3.5 연결부 볼트 설치

복합소재 바닥판과 주형거더의 연결을 위해 연결부 볼트를 도면 상 정해진 위치에 현장용접한다.

[해설]

강교에 전단연결재로 사용되는 연결부 볼트의 현장용접 시공상세는 해설 그림 5.3.2와 같다.



해설 그림 5.3.2 연결부 볼트의 현장용접(강교)

### 5.4. 교면 포장 및 배수처리

- (1) 바닥판과 포장층의 접착을 양호하게 하기 위해 적절한 조치를 강구하여야 한다.
- (2) 교면의 배수상태가 불량하면 교통의 장애가 될 뿐만 아니라 교량의 내구성에도 악영향을 미친다. 따라서 교면에 모인 물이 배수구 및 배수관을 거쳐 신속하게 배수되도록 면밀히 시공하여야 한다.

[해설]

복합소재 바닥판 상면과 포장층과의 양호한 부착을 위해 델타데크 상부면을 샌딩한 후, 에폭시 계열로 하도를 처리하고 규사를 도포한 후, 중도(에폭시 계열)를 도포하여 포장시 부착능력을 배가시킨다.