

# 강제로 구속된 프리스트레스트 콘크리트 합성거더의 강재 정착부 적용을 위한 실험적 고찰

## An Experimental Study for the Application of Steel Anchorage Zone in Steel-Confined Prestressed Concrete Girder

김정호\*      이상윤\*\*      황윤국\*\*\*      박경훈\*\*\*\*      오창열\*\*\*\*\*  
Kim, Jung Ho   Lee, Sang Yoon   Hwang, Yoon Gook   Park, Kyung Hoon   O, Chang Yeol

### ABSTRACT

The Steel-Confined Prestressed Concrete Girder(SCP Girder) has been developed, which maximizes structural advantages of components(concrete, steel plate and tendon) and can be used to construct the middle or long span bridge with low-height girder. And recently, a continuous beam type of SCP Girder has been being developed to decrease size and self weight of girder in comparison with a simply-supported type.

In this study, as part of developing the continuous beam type of SCP Girder, a new type of anchorage zone is proposed in order to address tendons effectively and decrease section size of SCP Girder efficiently. And also, the experimental test was carried out using a real scale specimen to examine the behavior of proposed anchorage zone.

### 1. 서론

김정호 등(2002)은 강합성거더, PSC I형거더, 프리플렉스거더 등의 약점을 개선하고 경간을 장대화할 수 있는 새로운 개념의 합성거더인 '강제로 구속된 프리스트레스트 콘크리트 합성거더(Steel-Confined Prestressed Concrete Girder; SCP 합성거더)'를 개발하였으며, 최근에는 단순지지 형식에 비해 효율적으로 고정하중을 감소시키고 단면을 줄일 수 있는 SCP 합성거더 연속교의 개발을 위한 연구가 진행 중에 있다.

SCP 합성거더 연속교는 단순지지 형식에 비해 단면이 축소되고 고정하중이 감소되어 보다 장경간의 교량을 가설할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 긴장력 도입을 위한 정착부를 기성제품을 이용하여

\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원

\*\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

\*\*\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원

\*\*\*\*정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

\*\*\*\*\*정회원, (주)씨빌텍 대표이사

설계 또는 제작하게 될 경우 나선(spiral)철근 및 파열철근의 배치를 위한 공간 및 정착장치의 간격 등의 제약으로 인해 단면 축소의 한계가 발생하게 된다. 이러한 설계 또는 제작상의 한계는 연속교를 적용함으로써 얻을 수 있는 효율을 저감시키는 가장 큰 원인이 된다. 따라서 SCP 합성거더 연속교의 효율적인 적용을 위해서는 기존의 정착부에 비해 정착단의 배치가 보다 유연하면서 정착부 응력을 효과적으로 제어할 수 있는 새로운 형태의 정착부 형식을 개발할 필요가 있다.

본 연구에서는 SCP 합성거더의 강선을 보다 효과적으로 배치하고 단면을 효율적으로 축소시키기 위한 새로운 형태의 정착부를 제안하였으며, 실물 크기의 정착부 시험체를 제작하여 성능 검증을 위한 실험을 수행하였다.

## 2. 정착부의 제안

포스트-텐션 부재의 정착부에서, 내부 응력의 분포 및 균열 발생에 주요한 역할을 하는 응력은 정착판 아래의 국부영역에서 발생하는 지압응력과 일반영역에서 긴장력의 재하방향을 따라서 재하방향에 직각으로 작용하는 파열응력이라 할 수 있다. 각각의 응력은 나선철근 및 파열철근을 보강함으로써 제어된다. 본 연구에서는 이러한 정착부의 응력을 적절히 제어하면서 강선을 보다 유연하게 배치하여 단면을 보다 효율적으로 감소시킬 수 있도록 그림 1과 같이 격자 형태의 강제 정착부를 제안하였다.

그림 1은 SCP 합성거더 연속교의 단계별 긴장을 위한 연결 정착부와 단부 인장정착부의 보강효과를 동시에 고려하기 위해 I형의 SCP 단면에 배치된 인장정착부의 형상을 나타낸 것이다. 본 정착부의 강제격자는 국부영역과 일반영역에 걸쳐서 배치되어 지압응력 및 파열응력에 저항하도록 하였으며, 지압판은 강제 후판(厚版, thick plate)을 이용하여 전단면에 걸쳐 일체화된 형식으로 충분한 지압면적을 확보하도록 하였다.

본 정착부는 긴장재의 정착 위치 및 긴장력에 따라 강제격자의 배치 간격, 길이 및 두께를 조정하여 정착부의 응력을 제어하는 형식으로, 기존의 정착부 형식에 비해 보다 효율적인 강선배치 및 단면설계가 가능할 것으로 기대된다.

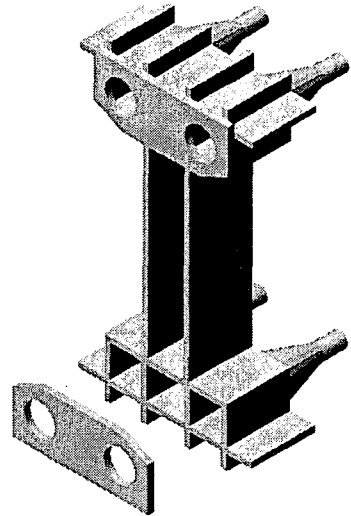


그림 1 격자형 강제 정착부 형상

## 3. 실험

본 연구에서 제안한 정착부의 성능을 검증하기 위해 실물 크기의 정착부 시험체를 이용한 실험을 수행하였다. 정착부 시험체는 제안된 정착부와 기존의 정착부의 응력을 비교 검토하기 위해 양단에 두 형식의 정착부를 각각 적용하여 제작하였으며, 긴장력의 손실을 최소화하기 위해 강선은 직선으로 배치되도록 하였다. 시험체의 일반적인 형상은 그림 2와 그림 3과 같으며, 제원은 표 1과 같다.

표 1. 시험체 제원

폭(m) / 높이(m)	1.1 / 1.95		
강재두께(mm)	상부	하부	웹
	12	16	9
강종	SM490		
강연선	SWPC7B 0.6inch 22가닥		
콘크리트 압축강도	400 kgf/cm <sup>2</sup>		

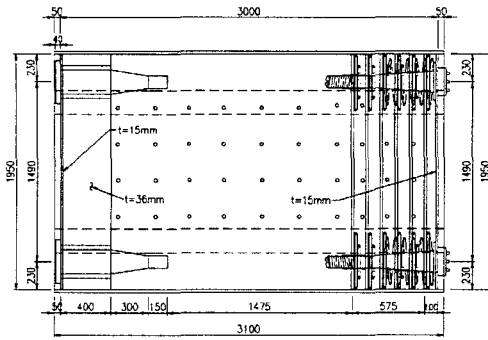


그림 2. 시험체 측면도

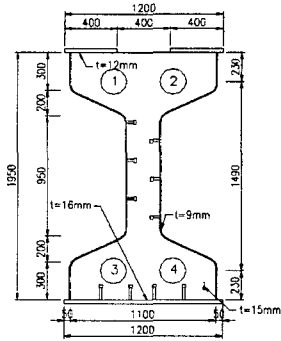


그림 3. 시험체 단면도

시험체의 길이는 3m, 강재격자의 두께는 36mm, 길이는 400mm를 적용하였고 지압판의 두께는 40mm를 적용하였다. 또한 기존 정착부에는 그림 2와 같이 나선철근 및 보강철근을 배치하였으며, 제안한 정착부 및 기존 정착부의 단면 형상은 그림 4에 자세히 나타내었다.

본 실험에서는 정착부 파괴의 주요 인자인 파열응력에 대한 기존 정착부와 비교·검토를 위해 그림 5와 같이 상부 플랜지 헌치에 교축직각방향으로 강재게이지(ABU, CBU)를 부착하여 파열응력의 영향으로 인한 외부 강재에 발생하는 인장응력을 측정하였으며, 상·하부 플랜지에 작용하는 긴장력에 의해 정착단 웨브에 연직방향으로 발생하는 휨 응력을 비교하기 위해 정착단 웨브 중앙에 연직방향으로 강재게이지(AS, CS)를 부착하였다.

정착부 실험시 긴장력은 아래 표 2와 같이 강연선 극한인장하중의 약 75%까지 점차적으로 증가시켰으며, 긴장력을 도입하면서 일정한 시간간격(약 15초)으로 계측을 실시하였다.

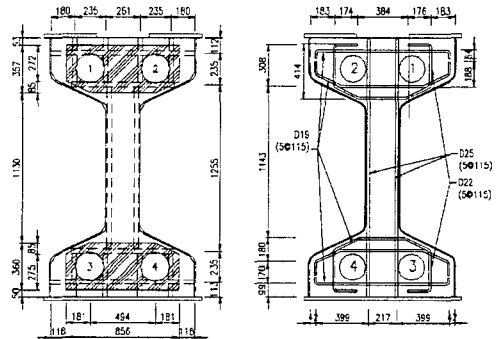
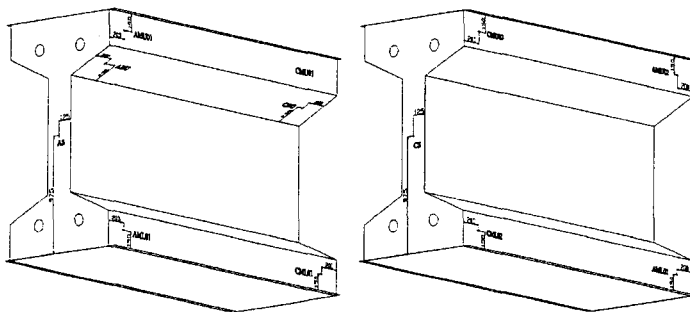


그림 4. 정착부 단면형상(제안, 기존)



(a) 제안된 정착부 방향

(b) 기존 정착부 방향

그림 5. 게이지 위치

표 2. 긴장력 도입 순서 (단위:tonf)

긴장 단계	강연선 번호			
	1	2	3	4
1단계	63.1	0.0	0.0	0.0
2단계	63.1	63.1	0.0	0.0
3단계	63.1	63.1	63.1	0.0
4단계	63.1	63.1	63.1	126.1
5단계	63.1	63.1	126.1	126.1
6단계	63.1	227.1	126.1	126.1
7단계	227.1	227.1	126.1	126.1
8단계	227.1	227.1	227.1	126.1
9단계	227.1	227.1	227.1	441.5
10단계	227.1	227.1	441.5	441.5
11단계	227.1	441.5	441.5	441.5
12단계	441.5	441.5	441.5	441.5

#### 4. 실험 결과

표 2에 나타낸 바와 같이 긴장력을 도입하면서 측정한 결과를 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 그림 6은 긴장단계에 따른 현치부 강재의 인장응력의 변화를 나타낸 것으로, 낮은 긴장력에서는 응력의 차이가 크게 나타나지 않으나 긴장력이 커질수록 격차가 커지는 경향을 보였다. 그림 6으로부터, 실험상 최대의 긴장력(극한인장하중의 약 75%)을 도입한 결과, 제안된 정착부에서의 인장응력(ABU)은 약  $179.0\text{kgf/cm}^2$ 으로 기존의 정착부에서의 인장응력(SBU, 약  $336.8\text{kgf/cm}^2$ )에 비해 약 47% 정도 더 작게 발생하는 것으로 나타나 제안된 정착부에서 파열응력이 기존의 정착부에 비해 작게 발생하는 것을 알 수 있다. 그림 7은 정착단 웹에 연직방향으로 부착한 게이지에서의 응력을 나타낸 것으로, 긴장 단계에 따라서 큰 차이 없이 증가하는 경향을 보였으나, 최대 긴장력을 도입한 결과 제안된 정착부에서의 인장응력(AS)은 약  $317.6\text{kgf/cm}^2$ 으로 기존 정착부에서의 인장응력(CS, 약  $273.28\text{kgf/cm}^2$ ) 보다 약 16% 정도 더 크게 발생하는 것으로 나타났다.

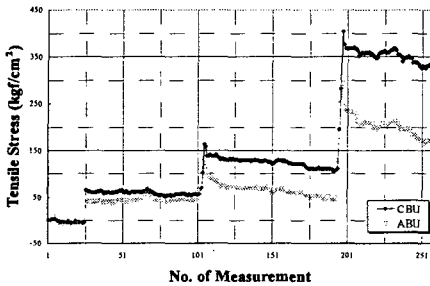


그림 6. 현치부 강재의 인장응력 변화

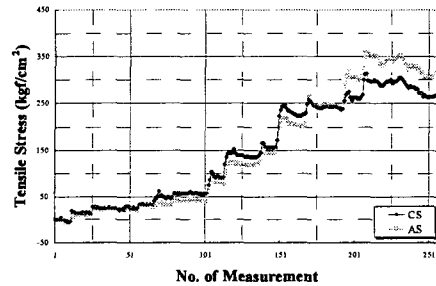


그림 7. 단부 강재 인장응력의 변화

#### 5. 결론

본 연구에서는 SCP 합성거더 단면의 효율적인 설계를 위해 격자 형태의 강재 정착부를 제안하였으며, 제안한 정착부의 성능을 검토하기 위해 실물 모형을 이용한 실험을 수행하였다. 실험결과로부터 제안한 정착부는 파열응력의 감소효과가 있는 것으로 나타났으며, 정착단 웹의 인장응력은 비슷하거나 약간 증가하는 것으로 나타나 전체적으로 향상된 정착부의 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 정착부를 SCP 합성거더에 적용함으로써 보다 효율적인 단면 설계가 가능할 것으로 기대된다. 하지만 합리적인 정착부의 해석 및 설계를 위해서는 정착부 콘크리트 거동에 대한 보다 심도 있는 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 김정호, 박경훈, 황윤국, 최영민, 조효남(2002) 강재로 구성된 프리스트레스트 콘크리트 합성거더의 개발을 위한 실험연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제14권, 제5호, pp. 593-602.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials (2002) Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition, Washington D.C.