

# 프리스트레스트 콘크리트 사장교 정착부의 응력특성

## Stress Properties for Anchorage Zone of Cable Stayed Bridge Prestress Concrete

조 병 완\*      변 윤 주\*\*      최 준 혁\*\*\*      태 기 호\*\*\*\*  
Jo, Byung Wan    Byun Yun Ju    Choi Jun Hyeok    Tae, Ghi Ho

---

### ABSTRACT

The design of anchorage zone in prestressed concrete cable stayed bridges is very important area due to the more accurate analysis is needed to estimate the behavior. In the study, since the cable anchorage zone in the prestressed concrete cable-stayed bridge is subject to a large amount of concentrated tendon forces, it shows very complicated stress distributions and causes a serious local cracks. Accordingly, It is necessary to investigate the parameters of affecting the stress distribution, such as the cable inclination, the position of anchor plate, the modeling method and the three dimensional effect. The tensile stress distribution of anchorage zone is compared to the actual design condition by varing the stiffness of spring element in the local modeling and an appropriate position of anchor plate is determined. These results would be elementary data to the stress state of anchorage zone and more efficient design.

---

### 1. 서론

최근 철근콘크리트 구조물이 장대화 되면서 포스트 텐션 방식의 사용이 급증하게 됨에 따라 매우 큰 집중하중을 받을 수 있는 정착장치의 개발이 요구되고 있다. 포스트 텐션 콘크리트부재 에서의 정착부에 대한 일반적인 설계방법은 그 효율성과 경제성에 있어 매우 빈약한 실정이며, 정착부에 대한 설계와 시공 방법 등에 관한 지식의 부족으로 많은 구조물에 있어 국부적인 파손이나 손상이 발생되고 있다. 최근 교량의 설계 및 시공기술의 발전으로 사장교 등과 같은 장대교량의 가설이

---

\* 정회원, 한양대학교 도시환경건설공공학군, 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 신성엔지니어링, 전무이사, 공학박사

\*\*\* 정회원, 대한건설탄트 철도부 공학박사

\*\*\*\* 정회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

증대되고 있지만 사장교의 케이블 정착부는 하중 전달과 교량의 안전성 확보의 관점에 있어 다른 부재보다 그 역할이 가장 큰 부분이라 할 수 있다. 이러한 교량에서의 케이블 정착부는 일반 프리스트레싱 정착부에 비하여 하중이 훨씬 크고 교량 전체 뿐 아니라 정착부에서의 하중의 흐름이 매우 복잡하므로 이에 대한 정확한 해석과 설계방법의 개발이 절실하게 요구되고 있다.

따라서, 본 연구는 사장교 케이블 정착부를 대상으로 하여 정착부의 응력상태와 하중경로 그리고 압축영역에서 발생하는 횡방향 인장응력등을 분석하였다. 또한, 정착부의 설계에서 정착부의 응력 상태에 영향을 미치는 변수, 즉 케이블 경사각, 정착판의 위치, 해석모델링 방법, 그리고 3차원 효과 등에 대하여 분석, 평가하였다.

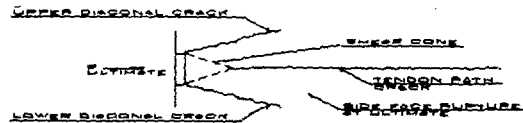
## 2. 정착부 파괴메카니즘

정착부는 설계상의 편의를 위해 발생하는 응력의 형태에 따라 정착판의 폭  $a$  와 정착부의 폭  $d$  의 크기를 고려하여 국소구역(local zone)과 일반구역(general zone)으로 나눌 수 있다.

국소구역은 긴장력으로 인한 압축력이 콘크리트에 바로 전달되어 높은 지압응력(bearing stress)이 발생하는 정착부 주변과 하단의 영역에 해당된다. 일반구역은 할렬응력(spalling stress)과 파열응력(bursting stress)이 발생하는 영역에 해당되며 이 영역을 벗어나면 선형적인 응력분포를 가지게 된다. 정착부에 있어서 많은 변수에 대한 해석적, 실험적 분석결과 Fig. 1과 같이 플레이트 형태의 정착부에 대한 개략적인 파괴 메카니즘이 알려져 있다. 이러한 파괴 메카니즘은 정착부에 대한 cone형태와 bell형태의 앵커에 대한 파괴기구에도 적용될 수 있다.



(a) Increasing shear stress due to reduction of lateral stress



(b) The ultimate explosive failure of side faces due to diagonal cracks

Fig. 1 Anchorage failure mechanism



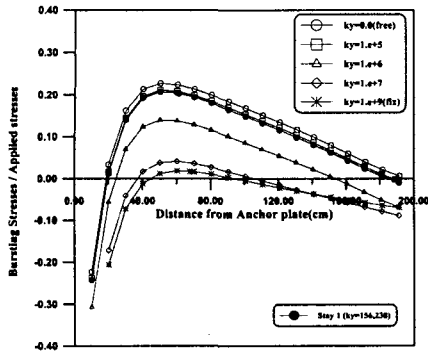


Fig.4(a) Bursting stresses for various vertical stiffnesses at Stay 1

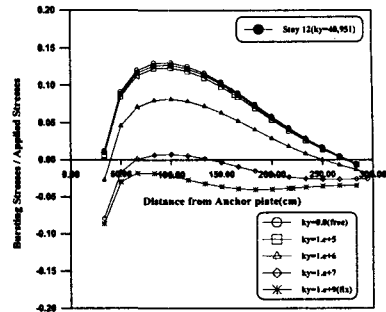


Fig.4(b) Bursting stresses for various vertical stiffnesses at Stay 12

#### 4.2 케이블 경사각의 영향

실제시 고려되는 일반적인 텐던의 경사각보다 큰 경사각에 대한 영향을 살펴보기 위하여 대상구조물의 정착부 중 5개소를 선정하여 해석을 수행하였으며, 그 결과, Fig.5와 같이 케이블의 경사각이 커질수록 최대 할렬인장응력의 크기는 증가하며 인장응력이 증가하고 감소하는 기울기도 같이 커지는 것을 알 수 있다. Fig.6을 살펴보면, 케이블의 경사각이 약 20°~50°정도에서 인장응력의 변화가 크고, 그 이상이 되면 인장응력의 증가율은 다소 완만해지는 것으로 나타났다.

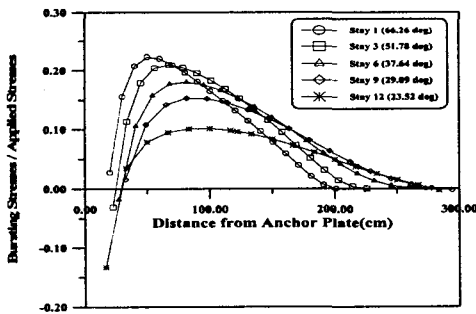


Fig.5 Bursting stresses due to the cable inclinations

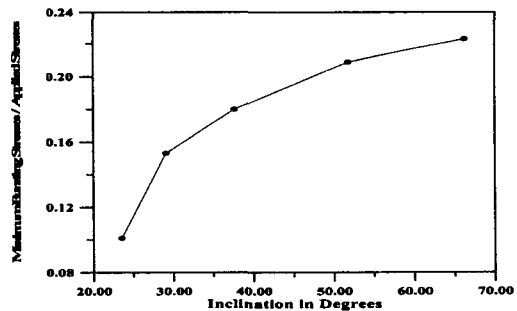


Fig.6 Maximum bursting stresses due to the cable inclinations

#### 4.3 정착판의 위치에 따른 영향

본 연구에서는 대상구조물의 앵커블럭의 수평방향으로 2개의 정착부를 가지는 단면에 대해서 단면의 중심선에 대한 정착판의 위치를 달리하여 단면 내부에 발생하는 응력상태의 변화를 살펴보았다. 해석결과, 정착단면내의 할렬인장응력상태의 변화를 나타낸 Fig. 7을 살펴보면 정착판 사이의

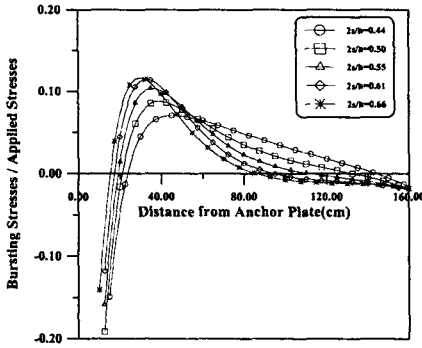


Fig. 7 Bursting stresses due to the different positions of anchor plate

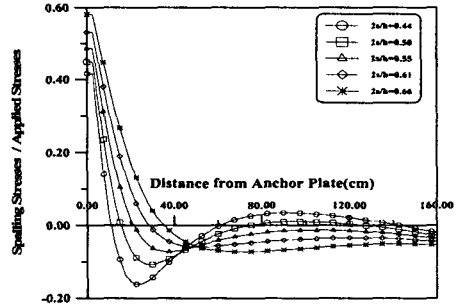


Fig. 8 Spalling stresses due to the different positions of anchor plate

거리  $s$ 가 근접할수록 최대 할렬인장응력의 크기는 점차 작아지는 경향을 나타내고 있으며 응력의 변화 구배도 다소 완만해지고 인장응력의 차이는 최대 약 40%정도까지 차이를 나타내고 있다. 한편, 정착판 사이에서 발생하는 파열 인장응력을 나타낸 Fig. 8을 살펴보면 정착판 사이의 거리가 멀어질수록 인장응력은 상당히 커지게 되며 그 크기는 약 30%에 이르는 것으로 나타났다.

#### 4.4 3차원 해석결과

정착부에 대한 3차원 모델링은 정착부의 2차원 모델링에 의한 단점을 보완하고 부재 내부의 응력 상태를 정확히 파악하기 위하여 수행하였으며, 텐던에 의한 개구부(hole)을 고려하였고, 부재 뒷면의 경계조건은 힌지로 처리하였다. 3차원 modeling의 일례로 Stay 1에 대하여 나타내면 다음 Fig.9와 같다. 해석결과, Fig.10과 같이 3차원 해석결과는 2차원 해석결과와 비슷한 양상으로 할렬인장응력이 발생함을 알 수 있으며 2차원 해석결과보다는 다소 낮은 값을 주고 있음을 알 수 있다.

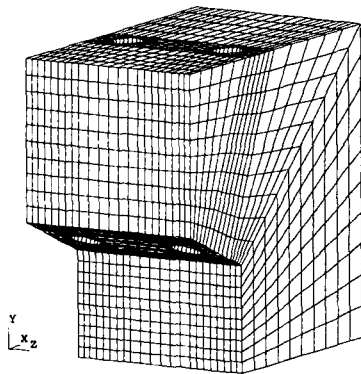


Fig.9 3D modeling for Stay 1

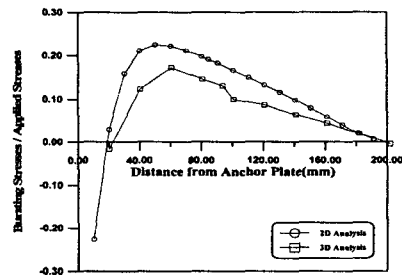


Fig.10 Variation of Bursting stresses for Stay 1

## 5. 결 론

사장교의 케이블 정착부의 응력특성에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다..

(1) 사장교의 구조 특성을 고려하여 정착부의 연직방향의 강성의 변화에 따른 정착부의 응력을 살펴본 결과 연직방향의 강성이 커짐에 따라 할렬인장응력이 감소하는 경향을 나타내며, 강성의 크기가 상당히 커지면 단면 내부에는 인장력이 거의 발생하지 않거나 오히려 압축응력으로 작용하는 것으로 나타났다.

(2) 정착부의 설계시에 정착부의 상단의 강성을 고려하지 않을 경우 내부 인장응력은 케이블의 경사각, 지압판의 면적, 지압판의 위치 등에 의해서 다소 달라지지만 최대 약 10% 정도의 안전성을 확보하고 있음을 알 수 있었다.

(3) 또한, 정착부의 최대 할렬인장응력의 크기는 연직방향의 강성이 약  $1.0E+5(t/m)$ 에서 급격히 감소하여 약  $1.0E+7(t/m)$ 부터는 다시 완만해지는 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 따라서, 정착부 단면내에 발생하는 인장응력의 크기를 효율적으로 제어하기 위해서는 정착부에 대한 연직방향의 강성이  $1.0E+5(t/m)$ 이상으로 되도록 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

(4) 정착부 케이블의 경사각에 따른 부재 내부의 응력상태는 케이블의 경사각이 커질수록 최대 할렬인장응력의 크기는 증가하며 최대응력이 다시 감소하는 기울기도 급해지는 것을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Morsch, E., "Über die Berechnung der Gelenkquader," Beton-und Eisen, No. 12, 1924, pp. 156-161.
2. Guyon, Y., *Prestressed Concrete*, John Wiley and Sons, Inc, New York, 1953.
3. Douglas, D.J. and Trahair, N.S., "An Examination of the stresses in the Anchorage Zone of a Post-Tensioned Prestressed Concrete Beam," Magazine of Concrete Research, Vol.12, No.34, March 1960, pp. 9-18.
4. Gergely, P., and Sozen, M.A. "Design of Anchorage-Zone Reinforcement in Prestressed Concrete Beams," PCI Journal, Vol. 12, No. 2, April 1967, pp.63-75.
5. Gestner, R.W. and Zienkiewicz, O.C., "A Note on Anchorage Zone Stresses," ACI Journal, July 1963, pp. 970-974.
6. Iyengar, K.T.S.R, "Two-Dimensional Theories of Anchorage Zone Post -Tensioned Prestressed Beams," ACI Journal, Vol.59, No.10 October 1962, pp.1443-1446.