

# 커플러를 갖는 프리스트레스트 콘크리트 구조물의 응력분포에 관한 실험연구

## An Experimental Study on Stress Distribution of Prestressed Concrete Structure with Coupler System

오 병 환\*                      이 영 우\*\*                      채 성 태\*\*\*  
Oh, Byung Hwan      Lee, Young Woo      Chae, Sung Tae

### ABSTRACT

The uniform state of prestress in a fully prestressed concrete members shows reductions of more than half of the initial prestress in the construction and coupling joint vicinity. Especially, at a zone  $x/d=0.2$  above the construction joint where at the edge of the member, a quite localized reduced stress state of  $1/3$  of uniform stress is encountered. Five full-scale test specimens were segmentally constructed and post-tensioned and analytic models is used to verify and validate measured test results. The encountered highly nonuniform stress/strain state in the coupling joint vicinity requires special design consideration for the successful application of tendon couplers.

#### 1. 서론

프리스트레스트 콘크리트 연속 교량에서 사용되고 있는 텐던 커플러는 그 주위에 균일한 압축응력 상태가 나타나지 않고 상당히 복잡한 응력상태를 가지게 된다. 이와 같은 커플링 이음부 거동에 대한 불확실성이 그 경제성과 시공의 간편함에도 불구하고 텐던 커플러의 사용을 꺼리게 하여 그 사용 빈도가 낮아지게 되었다. 그럼에도 국내외적으로 커플링 부위에 대한 이론적인 접근이나 실험도 상당히 미흡한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 텐던 커플러를 사용한 프리스트레스트 교량의 커플링 부를 모델링하여 그 주위의 응력상태에 대한 해석적인 결과를 얻고 실제 텐던 커플러를 사용한 실험부재를 제작, 실제상태와 비교하여 텐던 커플러부의 실제 응력상태에 대한 검토와 그 보강방안을 찾고자한다.

#### 2. 텐던 커플러부의 모델링

텐던 커플러는 프리스트레스트 콘크리트 구조에서 강선을 연결시켜 연속적인 긴장이 가능하도록 하는 강선연결부를 말하는데 그 거동이 아직 불명확한 성질이 많이 존재하기 때문에 시공이음부중 통상 모멘트 변곡부에 설치하게 된다. 따라서 텐던 커플러의 모델링에서는 모멘트 변곡부의 특성상 텐던이 중앙에 설치된다고 볼 수 있으며 텐던 배치형태도 직선으로 가정할 수 있다.

\* 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

\*\* 서울대학교 토목공학과 대학원 석사과정

\*\*\* 정회원, 서울대학교 토목공학과 대학원 박사과정

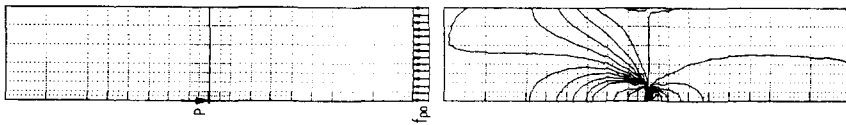
세그먼트 시공에서 발생하는 실제적인 응력상태를 확인하기 위한 해석적인 커플러부의 모델링은 시공이음부에서 커플링된 단일 텐던의 부재로 수행하였다. 이러한 해석 모델링의 단계는 실제 시공단계와 동일하게 다음 세가지 과정을 따른다(그림 1).

- ① 첫 번째 세그먼트의 포스트텐서닝(case 1)
- ② 두 번째 세그먼트의 포스트텐서닝(case 2)
- ③ 두가지 단계의 중첩(case 1+2)

case 1



case 2



case 1+2

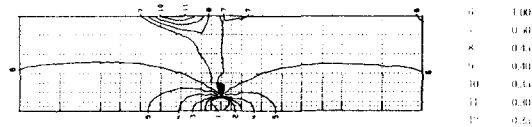


그림 1 텐던 커플러부 모델링

포스트텐션된 콘크리트 부재의 세그먼트 시공 후에 전 단면에 걸쳐 균일한 프리스트레스 상태가 도입되는 것과는 대조적으로 커플링과 시공이음부에서 상당한 정도의 불균일한 프리스트레스 상태가 나타난다. 이러한 변화는 각각의 세그먼트에 포스트텐서닝을 모델링한 case 1 과 case 2를 중첩시키므로써 구할 수 있는데 이는 콘크리트 단면이 균열이 나타나지 않고 가해진 하중상태에서는 선형탄성영역 내에 있다고 가정할 수 있기 때문이다.

이러한 모델링에 의한 종방향응력상태를 살펴보면 대부분의 시공이음부를 따라 가정된 균일한 프리스트레스 응력  $f_{p0}$ 의 1/2로 감소된 응력이 작용한다는 것을 확인할 수 있다. 무엇보다도 흥미로운 것은 부재의 끝단에서 높이의 0.2배 되는 위치에서 균일한 프리스트레스 응력  $f_{p0}$ 의 1/3정도의 응력이 존재한다는 것이다. 이러한 감소된 응력상태의 존재는 콘크리트 균열을 유발할 가능성이 크기 때문에 상당한 주의를 요하는 부분이다.

### 3. 실험

#### 3.1 실험개요

텐던 커플러를 사용한 프리스트레스트 콘크리트 부재의 응력상태를 직접 측정하기 위하여 표와 같은 5가지 부재를 만들어 다음과 같은 세그먼트 시공절차와 유사하게 실험을 실시하였다.

표 1 각 부재별 긴장력 산출

실험시편	커플링 비율	1st PT	긴장력 (ton)	슬립손실 (%)	탄성손실 (%)	실제 긴장력 (ton)	2nd PT	긴장력 (ton)	슬립손실 (%)	탄성손실 (%)	실제 긴장력 (ton)
SP1	0	upper					upper	198	9	0.6	190
		lower					lower	198	9		191
SP2	0.5	upper	217	12		200	upper	217	7	1.4	209
		lower					lower	198	9		189
SP3	1	upper	217	11	1.3	200	upper	217	12	0.6	199
		lower	217	16		194	lower	217	10		205
SP4	0.5	upper	217	14		197	upper	177	16	1.1	154
		lower					lower	157	8		151
SP5	1	upper	217	13	1.2	196	upper	177	14	2.3	155
		lower	217	12		200	lower	177	16		156

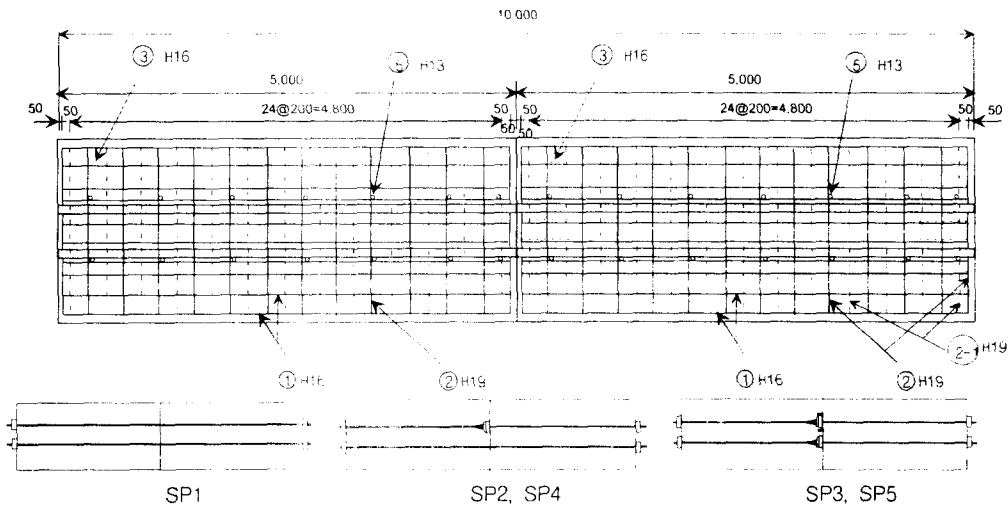


그림 2 실험부재의 표준 단면

- 1단계 - segment 1을 위한 철근배근, 거푸집조립, 케이지 설치
- 2단계 - segment 1 타설후 양생
- 3단계 - 타설 1주일 후 segment 1을 포스트 텐서닝한후 그라우팅
- 4단계 - 텐던 커플링
- 5단계 - segment 2을 위한 철근배근, 거푸집조립, 케이지 설치
- 6단계 - segment 2 타설후 양생
- 7단계 - 타설 1주일후 segment 2을 포스트 텐서닝한 후 그라우팅

### 3.2 실험결과와 분석

그림3은 시편에서 측정된 철근케이지와 콘크리트케이지의 변형도를 해석해와 비교한 것이다.

실험시편의 상부끝단을 따른 종방향 변형도는 철근과 콘크리트에 각각 설치된 전기저항식 게이지로 측정하였다. 모든 시편에 있어서 시강이유와 커플링부에서 종방향 응력의 명확한 감소현상을 보여주고 있으며 정착단에서 h 정도 떨어진 안쪽 단면에서는 생보낭 원리(St. Venant)에 따른 거의 균일한 압축변형이 발생하고 있다.

특히 세그먼트 1의 시공이음부에서의 종방향 응력의 감소현상은 해석해로 예상되는  $1/3 f_{po}$ 의 수준보다 더욱 더 큰 감소현상을 보이는 것은 주목할만하다.

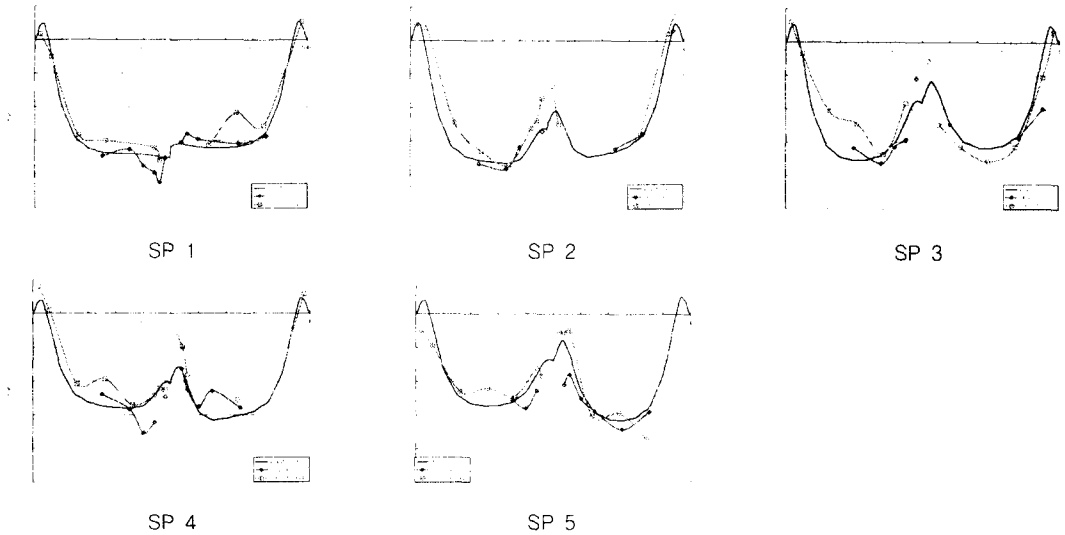


그림 3 해석해와 실측해 비교(종방향응력)

#### 4. 결론

텐던 커플러를 사용한 프리스트레스트 콘크리트 부재를 제작하여 측정된 변형도를 해석적 모델의 수치와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 커플러를 사용하지 않는 부재는 전체적으로 균일한 압축응력상태를 보이나 커플러를 사용한 부재에서는 커플러와 시공이음부에서  $1/2 f_{po}$  정도의 감소된 압축응력상태를 보여주고 있다.
- 해석해에서는 세그먼트1의 시공이음부에서 0.2h 떨어진 곳에서의 응력상태를 커플링 100%에서  $1/3 f_{po}$ , 50%에서  $1/2 f_{po}$ 로 보았으나 실제측정결과로는 전체적으로는 그보다 더 작은 압축응력상태를 보여주고 있다.
- 이러한 감소된 압축응력상태로 인한 커플러와 시공이음부에서의 균열을 피하기 위해서는 텐던커플러를 여러 시공이음단면에 걸쳐 나누어 설치하는 것이 바람직하며 시공이음부를 가로지르는 철근을 설치하여 균열유발을 방지하는 것이 필요하다.

#### 참고문헌

- 1) F. Seible, Y.Kropp, and C.T.Lathan, "Stress State in Coupling Joints of Post-tensioned Concrete Bridge", Transportation Research Record No. 1072, TRB, National Research Council, Washington, D.C. 1986, pp. 50-58
- 2) J.E.Breen, et al. "Anchorage Zone Reinforcement for Post-Tensioned Concrete Girders", Research Report No. 356, Center for Highway Research, The University of Texas at Austin, 1994
- 3) W.C. Stone, J.E.Breen "Behavior of Post-Tensioned Girder Anchorage Zones", PCI Journal, Vol.29, No.1(Jan.-Feb. 1984)
- 4) 임동환, "프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 箱子形 橋梁의 定着部 舉動 및 解析", 박사학위논문, 서울대학교, 1994.2