

# MTS (Multi-tee slab) 시스템의 테두리보가 전단 강도에 미치는 영향

## Effect of the spandrel end beams on shear strength behavior in MTS systems

김민기\*    홍성걸\*\*    이종민\*\*\*    진언식\*\*\*\*  
Kim, Min Ki    Hong, Sung Gul    Lee, Jong Min    Cho, Yi Hoon

---

### ABSTRACT

Most existing double tee systems have need to improve flexure and shear design at their flanges in the section. In order to solve this problem we have devised MTS(Multi-tee slab) system, which is composed of several T-beams and applied spandrel end beams at each slab unit. The application of spandrel end beams has an beneficial effect on the shear strength and force distribution of slab unit because they support the ribs in the transverse direction.

Numerical analysis shows that the spandrel end beams increase the shear strength. This paper represents the analysis of shear strength in MTS system and the effect of the spandrel end beams on the system.

### 요 약

기존의 더블 티 슬래브 시스템은 단위 부재의 접합에 있어서 T형보 단면의 플랜지 부분이 접합되므로, 이 부분은 휨 및 전단에 취약하였다. 따라서 이러한 점을 보완하기 위하여, MTS(Multi-tee slab) 시스템을 개발하게 되었다.

여러 개의 T형 보를 합성한 MTS(Multi-tee slab) 시스템은, 단위 부재에 대하여 테두리 보를 적용하였다. 이러한 테두리 보의 적용은 단위 부재 접합 시, 기존의 더블 티 슬래브 시스템에서 발생할 수 있는 문제를 해결할 수 있다. 부재 단부에 테두리 보는 횡방향으로 T형보 단면의 리브를 지지하고, 이것은 부재에 대하여 전단강도 및 하중 분포에 영향을 미친다. 이것은 하중이 작용할 때 테두리 보가 있는 MTS 시스템이, 테두리 보가 없는 부재에 비하여 더 높은 전단 강도를 나타낸다는 사실로부터 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이론식과 프로그램을 통하여 MTS시스템의 전단강도에 대하여 해석 하였다. 또한 이것을 통하여 테두리보가 전단 강도의 증가에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

---

\*정회원, 서울대학교 건축학과 석사과정

\*\*정회원, 서울대학교 건축학과 교수

\*\*\*정회원, (주) 연우 PC 엔지니어링 대표

\*\*\*\*정회원, (주) 벽산건설 이사

## 1. 서론

더블 티 슬래브 시스템(Double-tee slab system)은 기존의 프리캐스트 콘크리트 슬래브 시스템 중 가장 일반적으로 사용되는 시스템이며, 기존의 프리캐스트 슬래브에 비하여 경제적으로 장 스패를 얻을 수 있다. 국내에서는 장 스패 고 하중을 위한 상업시설에 효과적으로 적용되고 있으며 최근에는 지하주차장 건설에 있어서의 프리캐스트 콘크리트 슬래브를 도입한 RC복합화 공법이 활발히 진행 중이다. 그러나 지하주차장의 규모가 커지고 스패가 대형화되어, 기존 더블 티 슬래브 시스템보다 향상된 성능의 새로운 슬래브 시스템 개발에 대한 필요성이 요구되고 있다.

이러한 상황에 부응하여 본 연구에서는 멀티 티 슬래브 시스템(Multi-tee slab system: MTS)을 제안한다. MTS시스템은 프리캐스트 콘크리트(이하 PC)를 이용한 슬래브 공사에서, 기존 더블 티 슬래브 부재가 갖고 있는 문제점을 해결하기 위하여 개발되었다. 기존 더블 티 단위부재의 접합 시 T형 단면의 플랜지 부분의 접합으로 균열로 인한 접합부 문제가 두드러지게 나타났다. 따라서 MTS 시스템의 단위부재 단면은 T형 단면의 웹 부분 접합으로, 접합부에 나타날 수 있는 문제를 최소화 하도록 제안 되었다. 또한 더블 티 부재에 비하여 여러 개의 T형 단면을 조합하여 폭을 증가시켜, 전단 및 비틀림에 대하여 효과적으로 대응할 수 있도록 설계되었다. (단면은 그림 1, 2 참고) 이러한 MTS시스템은 주로 PC공사에서 사용하며, 부재 간 접합 시 응력 뿐 만 아니라 구조부재의 노출로 인한 내부공간간의 외관관리를 고려하여, 단위부재에 테두리보를 적용한 시스템을 제안하였다. 테두리보의 적용은 부재 생산 시 비틀림에 대한 저항성을 향상 시킬 뿐 만 아니라, 부재의 전단강도 향상에 긍정적 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 이 연구에서는 이러한 부분에 대한 이론적 해석을 수행하고자 한다.

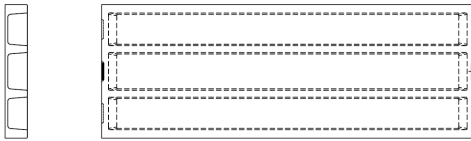


그림 1 테두리보가 있는 MTS 부재

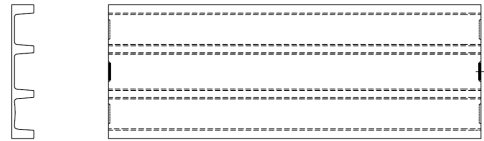


그림 2 테두리보가 없는 MTS 부재

## 2. 본론

### 2.1 해석 개요

수치해석은 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS/CAE를 이용하여 수행하였다. 일반적으로 PC공사에서 많이 사용하는 더블 티 슬래브 시스템의 단위부재와 MTS 시스템의 단위부재, 즉 MTS 시스템에서 테두리보가 있는 경우와 테두리보가 없는 경우 세 가지 부재에 대하여 전단강도해석을 실시하였다. 이 때, 부재 지점의 지지조건과 재료의 성질은 모두 같은 것으로, 휨 및 전단에 대한 보강 또한 모두 동일한 것으로 가정하였다.

### 2.2 해석모델 설계

단위부재에 작용하는 하중으로 인하여 발생하는 전단력은 다음의 (1), (2)식에 의하여 검토하여 계산한다.

$$V_{Rd11} = \tau_{Rd} b_w d \xi (1 + 50 \rho_1) + \frac{0.9 M_o}{M_x / V_x} \quad (1)$$

$$V_{Rd12} = I b_w / S \sqrt{(f_{ctd}^2 + 0.9 \alpha \sigma_{cp} f_{ctd})} \quad (2)$$

(1)과 (2)식에서  $b_w$ 는 전체 웨브의 두께,  $d$ 는 유효깊이,  $\rho_s$ 는 철근 보강비,  $M_o$ 는 감압모멘트 (decompression momet),  $M_x$ 와  $V_x^*$ 는 이론적인 지지점부터 단면까지  $x$ 만큼 떨어진 거리에서의 모멘트와 전단력,  $I$ 는 단면 2차 모멘트,  $S$ 는 정적 모멘트,  $\alpha$ 는 프리스트레싱 힘에 대한 감소계수,  $\sigma_{cp}$ 는 콘크리트의 평균 프리스트레싱 응력,  $f_{ctd}$ 는 콘크리트 설계 인장 강도,  $\tau_{Rd}$ 는 설계 전단 저항응력을 나타낸다. (1)식은 콘크리트의 균열이 생긴 후의 소성 상태, (2)식은 콘크리트에 균열이 발생하기 전 인장성 상태에 각각 적용하고 계산한다. (1)식은 전단 압축파괴 영역에 대한, (2)식은 전단 인장 파괴 영역에 대한 전단 저항 능력을 의미한다.

전단에 대한 철근 보강의 경우 프리캐스트/프리스트레스 구조설계 핸드북의 그림 4.12.8과 (3)을 이용한다.

$$A_s = 0.35 \frac{b_w s}{f_y} \quad (3)$$

해석모델에 관한 전반적 사항 및 (3)식에 근거한 전단 보강근 설계에 관한 사항은 표 1과 같다. (1), (2)식, 해석에 의한 부재의 응력을 이용한 전단파괴의 형태에 관한 예측은 표 2와 같고 이것은 추후 실험을 통해 확인이 가능하다. (L은 부재 전체의 길이를 의미)

표 1 해석모델 설계 기본사항

| 종 류             | 크 기mm         | 콘크리트 강도                  | 철근 강도  | 휨 보강              | 전단 보강                           |
|-----------------|---------------|--------------------------|--------|-------------------|---------------------------------|
| 더블티(Double-tee) | 1200×340×8600 | 토폭: 28MPa<br>PC부재: 40MPa | 400MPa | φ15.2×2<br>HD13×2 | 스트럽: HD10<br>와이어 매쉬: φ6-150×150 |
| MTS-테두리보가 있는 경우 | 2400×340×8600 | 토폭: 28MPa<br>PC부재: 40MPa | 400MPa | φ15.2×4<br>HD13×4 | 스트럽: HD10<br>와이어 매쉬: φ6-150×150 |
| MTS-테두리보가 없는 경우 | 2400×340×8600 | 토폭: 28MPa<br>PC부재: 40MPa | 400MPa | φ15.2×4<br>HD13×4 | 스트럽: HD10<br>와이어 매쉬: φ6-150×150 |

표 2 이론식에 의한 예측

| 종 류             | (1)식 계산 값                         | (2)식 계산 값  | 전단파괴의 형태                            |
|-----------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|
| 더블티(Double-tee) | 21.5KN                            | 단부부터 1/10L 지점 > 27.2KN<br>1/10L 지점부터 중앙 < 27.2KN | 단부~1/10L: 전단인장파괴<br>1/10L이후: 전단압축파괴 |
| MTS-테두리보가 있는 경우 | 테두리보 有: 172.3KN<br>테두리보 無: 43.1KN | 단부부터 1/7L 지점 > 43.1KN<br>1/7L 지점부터 중앙 < 43.1KN   | 단부~1/7L: 전단인장파괴<br>1/7L이후 : 전단압축파괴  |
| MTS-테두리보가 없는 경우 | 43.1KN                            | 단부부터 1/10L 지점 > 49KN<br>1/10L 지점부터 중앙 < 49KN     | 단부~1/10L: 전단인장파괴<br>1/10L이후: 전단압축파괴 |

### 2.3 해석 결과

각각의 세 가지 경우에 대한 해석 모델 및 해석 결과는 다음 그림 3, 4, 5와 같고, 각 노드에 대하여 대칭인 부분은 그래프에 의한 해석을 생략하였다. 또한 MTS부재의 형태에 따른 전단력의 크기를 비교하기 위하여, 각 노드에 대한 응력과 부재 중앙의 변위를 이용하여 하나의 그래프로 나타내었다.

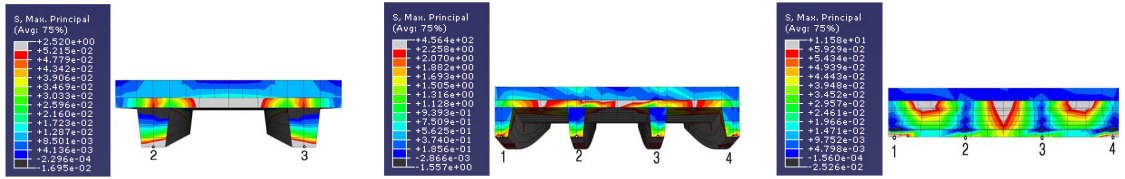


그림 3 더블 티, 테두리보가 없는 MTS, 테두리보가 있는 MTS 슬래브 단위부재의 응력분포 및 노드 정의

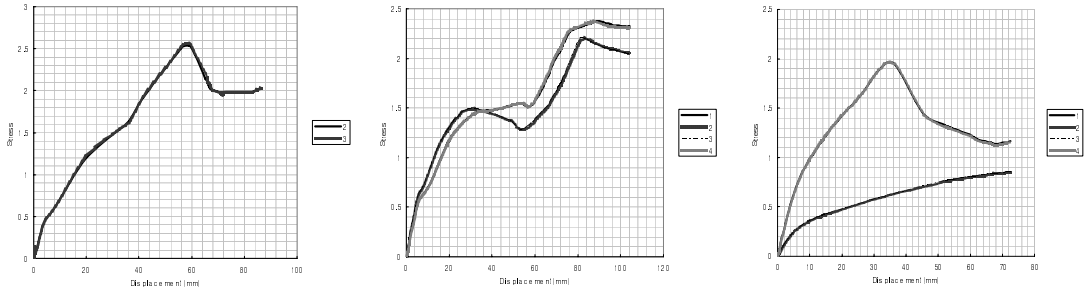


그림 4 더블 티, 테두리보가 없는 MTS, 테두리보가 있는 MTS 슬래브 단위부재의 각 노드의 응력 (Stress-Displacement)

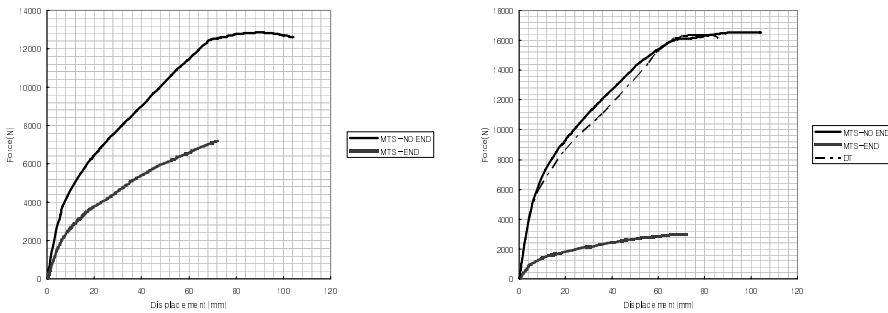


그림 5 각각의 슬래브 단위부재의 노드 1, 2, 에 대한 반력 (Force-Displacement)

### 3. 결론

더블 티 부재의 취약한 점을 보완한 MTS는 테두리보가 없는 경우 더블 티와 거의 유사한 응력분포를 나타낸다. 테두리보가 없는 MTS 시스템은 리브 각각이 하중을 약 1/4로 나누어 부담하지만, 테두리보가 있는 경우 단부 리브는 전체하중의 약 1/2.5을 부담하고, 부재 안쪽의 리브는 약 1/10을 부담하게 된다. 또한 그림 5에서 볼 수 있듯이 테두리 보가 없을 경우, 테두리보가 있을 때보다 약 3배 더 큰 전단 응력이 발생한다. 따라서 MTS 시스템에서의 테두리보 적용은 전단 저항능력을 증가 시킨다는 것을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “프리캐스트/프리스트레스 콘크리트 구조설계 핸드북”, 2007, pp.4-8.
2. FIP, “Design principles for hollow-core slabs regarding shear and transverse load bearing capacity, splitting and quality control”, 1982, pp.28-29.