

# 철근 및 프리스트레스트콘크리트 2경간 연속보의 연성거동에 관한 실험

## An experiment of two span reinforced and prestressed concrete beams for the ductile behavior

이 상 우\* 김 정 구\*\* 오 승 현\*\*\* 강 원 호\*\*\*\*  
Lee, Sang Woo Kim, Jung Koo Oh, Seung Hyun Kang, Won Ho

### ABSTRACT

One of the important aspects of ductility is redistribution. To see the difference of redistribution between reinforced concrete members and prestressed concrete beams, two span continuous concrete beams are tested. From the test results, we can get important information on the redistribution ratio. After occurrence of crack at support section, the redistribution ratio increased and after yielding they fluctuated very much. Compare with reinforced concrete, the redistribution ratio of prestressed concrete beam changed more abruptly after yielding. Both of the them show limited redistribution up to 70%.

#### 1. 연구배경 및 목적

콘크리트 구조의 휨 설계에서 극한상태에서 연성파괴가 일어나도록 하는 것은 중요한 설계개념의 하나이다. 부재의 파괴형태에 있어서 연성파괴가 발생하면 구조물과 부재의 파괴 진전 상황을 관찰 또는 예측할 수 있으며, 연성이 큰 부재는 에너지 흡수 또는 소산 능력이 크므로 붕괴 이전에 대피, 보강 등의 대책을 세울 수 있어서 유리하다. 또한 정확한 안전율을 계산하기 위하여 부정정 구조에서는 연성거동에 의한 내력의 재분배 효과를 고려하는 것이 필요하다.

기존의 연성에 대한 연구는 철근 콘크리트 부재에 집중되어 있다. 프리스트레스트 콘크리트 부재는 강선의 종곡 변형이 작으므로 프리스트레스트 콘크리트 부재의 연성이 철근 콘크리트 부재에 비하여 작은 값이다. 철근 콘크리트 부재와 프리스트레스트 콘크리트 부재의 파괴 시 연성 거동과 단면력의 재분배에서 연성 효과를 관찰하기 위해서는 부정정 부재의 실험이 필요하다.

본 연구는 철근 콘크리트 보와 프리스트레스트 콘크리트 보의 연성 거동을 규명하기 위해 2경간 철근 콘크리트 부재와 프리스트레스트 콘크리트 부재를 제작하여, 부재 양식의 차이에 따른 연성 거동의 차이를 알아보기 위해 실험한 것이다.

\* 정회원, 동아대학교 대학원 박사과정

\*\* 정회원, 공학석사 태조엔지니어링

\*\*\* 정회원, 동아대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 동아대학교 토목공학과 교수

## 2. 실험방법 및 결과

본 연구는 비슷한 공칭강도의 직사각형 단면의 철근 콘크리트와 프리스트레스트 2경간 연속보 부재에 수직 하중을 재하 하는 파괴실험을 통하여 휨 연성에 대한 특성을 파악하고자 하였다. 보의 휨과 전단 설계는 현 콘크리트 시방서를 기준으로 하였다. 부재는 양지간의 길이가 같은 대칭 2경간 연속보로, 각 경간의 중앙에 동시에 같은 크기의 수직 하중을 재하하였다. 철근 콘크리트부재(RC-2SP)와 프리스트레스트 부재(INPC-2SP)는 휨철근이 항복한 뒤의 부재변형까지도 관찰하였다.

### 2.1 부재의 제원

실험부재는 폭 250mm, 높이 550mm, 길이 8000mm인 직사각형 단면의 부재이다. 두 개의 부재에 사용된 콘크리트의 압축강도는  $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$ 이며, 철근의 항복강도는  $f_{sy} = 400 \text{ MPa}$ , INPC-2SP 부재에 사용된 강선은 SWPD 7B의 7연선  $\phi 12.7 \text{ mm}$ 을 사용하였으며, 항복강도는  $f_{py} = 1,553 \text{ MPa}$ 이다. 한편, 스테럽의 고정을 위해 각 부재는 단면 상부와 중앙, 하단에  $f_{sy} = 400 \text{ MPa}$ 이고  $\phi 10 \text{ mm}$ 인 철근을 매설하였다. RC-2SP 부재의 철근비  $\rho_s$ 는 0.81%, INPC-2SP 부재의 프리스트레싱 강제비  $\rho_p$ 는 0.17%이다. 그림 2.1은 수직하중 재하위치와 기본적인 단면과 배근도를 보인 것이다.



그림 1 실험 부재의 재하와 단면, 배근도

### 2.2 재료

실험 부재의 재료 성질을 표 1 - 표 3에 나타내었다.

표 1 실험부재의 콘크리트 강도

| 실험 부재명              | 실험시 콘크리트 강도 | 실험시 재령 |
|---------------------|-------------|--------|
| 철근콘크리트 부재(RC-2SP)   | 41.2 MPa    | 28일    |
| 프리스트레스트부재(INPC-2SP) | 44.2 MPa    | 40일    |

표 2.2 철근의 제원

| 철근종류 | 규격    | 항복강도[MPa] | 극한강도[MPa] |
|------|-------|-----------|-----------|
| D10  | SD40B | 434.3     | 638.8     |
| D19  | SD40B | 464.9     | 652.4     |
| D22  | SD40B | 483.4     | 664.2     |

표 2.3 강선의 제원

| 재료명      | 제원 | 단면적 (mm <sup>2</sup> ) | 인장강도 (MPa) | 항복강도 (MPa) | 연신율 (%) | 0.2%영구연신율에 대한 하중 (kN) |
|----------|----|------------------------|------------|------------|---------|-----------------------|
| SWPC 7BN |    | 98.71                  | 1854       | 1580       | 3.5 이상  | 156 이상                |

### 2.3 측정

실험부재에는 내부에 전기저항식 Steel strain gage를 철근에 부착하여 매설하였으며, 압축측 콘크리트 표면에 concrete gage를 부착하고, 평균변형을 측정하기 위해 오형 strain gage를 부착하였다. 그리고 부재의 단계별 처짐을 측정하기 위해서 부재 하부에 LVDT를 설치하였다.

### 2.4 실험결과

#### 2.4.1 처짐

각 하중 단계별로 중앙점과 중앙에서 50cm, 100cm 떨어진 지점에 좌우 대칭되게 LVDT를 설치하여 처짐을 측정하였다.<그림 2, 그림 3>

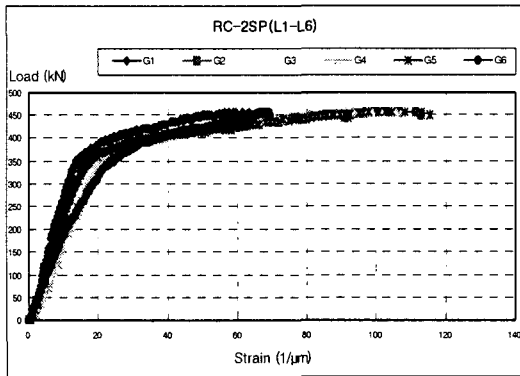


그림 2 RC-2SP의 하중-변위 곡선

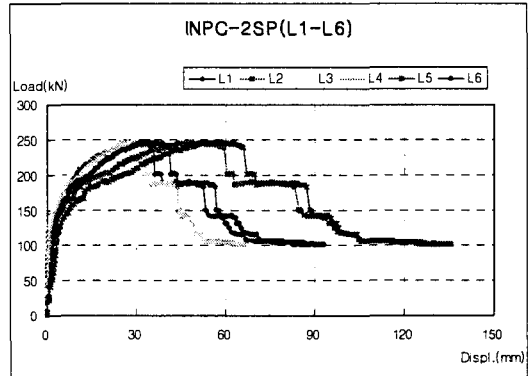


그림 3 INPC-2SP의 하중-변위 곡선

#### 2.4.2 하중-모멘트 곡선

그림 4와 그림 5는 하중-지간, 지점 모멘트도이다. 비교 직선을 선형해석에 의한 선으로 균열 이후 재분배가 진행되어 직선에서 얻어지는 것을 볼 수 있다. PC보에서 항복 이후에 급격하게 재분배가 이루어지는 것을 알 수 있다.

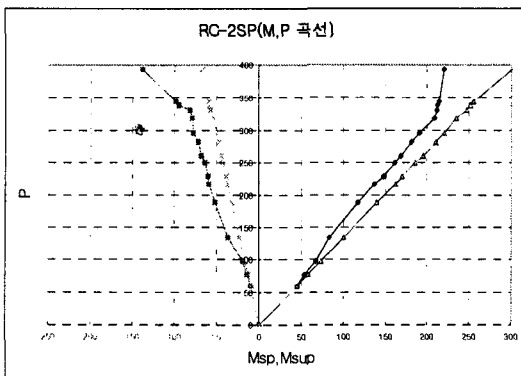


그림 4 RC-2SP의 모멘트 전개곡선

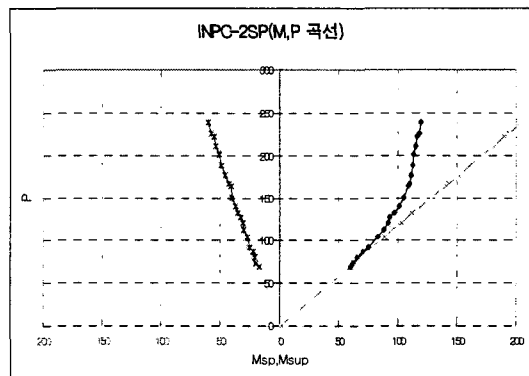


그림 5 INPC-2SP의 모멘트 전개곡선

### 3. 실험결과의 분석

분배율  $\delta$ 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\delta = M_{sup} / M_{els}$$

여기서,  $M_{sup}$  : 분배 후의 지점부모멘트

$M_{els}$  : 탄성이론에 의해 계산된 지점부모멘트

그림 6과 그림 7에 실험부재의 분배율을 구하기 위해 하중-지점/지간 모멘트도를 탄성관계 직선과 같이 보였다.

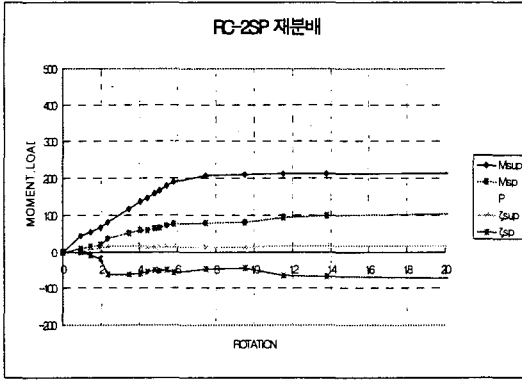


그림 6 RC-2SP의 분배율

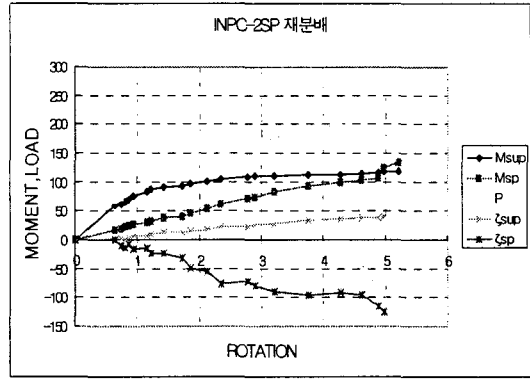


그림 7 INPC-2SP의 분배율

#### 4. 결론

철근 콘크리트와 프리스트레스트 콘크리트 부재의 연성거동에 따른 재분배 정도의 차이를 규명하기 위하여 2경간 연속 부재의 재하실험을 수행하였다. 실험결과 프리스트레스트 콘크리트 부재는 철근 콘크리트에 비하여 균열 발생 이후 내력의 변화가 빠른 속도로 진행된다. 재분배율을 비교한 결과 철근 콘크리트 부재는 철근 항복 근처에서도 비교적 일정한 재분배율을 유지하는데 반하여, 프리스트레스트 콘크리트에서는 최종 단계에 이르기까지 그 값이 계속하여 증가하였다.

#### 참고문헌

1. Convenor of CEB Task Group 2.2 "Ductility of Reinforced Concrete Structures.", 1998
2. Yuliang Xie, Shuaib H. Ahmad, Tiejun Yu, S. Hino, and W. Chung "Shear Ductility of Reinforced Concrete Beams of Normal and High-Strength Concrete.", ACI Structural Journal, V. 91, N. 2, March - April 1994. pp. 140-149
3. Shin. S. W., Kamara. M, and, Ghosh. S. K. "Flexural Ductility of Ultra High-Strength Concrete Members. " ACI Structural Journal, V. 86, N. 4, July-Aug. 1989, pp. 394-400
4. Michael P. Collins and Denis Mitchell "Prestressed Concrete Structures."
5. Marco Arduini, Salvatore Russo, and Enzo Siviero "The influence of HSC on ductility of RC deflected beams."
6. P.-C. Aitcin, "High-Performance Concrete", Université de Sherbrooke, Québec, Canada.
7. James G. Macgregor, "Reinforced Concrete Mechanics and Design", Prentice Hall, 1988
8. ACI Committee 318 " Building code requirements for reinforced concrete and commentary(ACI 318-95)", ACI Detroit, 1995
9. König, G., Tue, N., Pommerenig, D. "Safety Concept for the Application of Non-linear Analysis in the Design of Concrete Structures, General Considerations", CEB Bulletin d'Information 229, 1995
10. Macchi, G., "Non-linear Analysis - the CEB Approach", CEB Bulletin d'Information 229, 1995