

## 잔류응력이 강박스거더 보강판의 극한압축강도에 미치는 영향

### Influence of residual stress on ultimate compressive strength of stiffened plate with U-ribs in steel box-girder

김 종 서<sup>1)</sup> · 이 해 성<sup>2)</sup> · 김 경 식<sup>3)\*</sup>  
Kim, Jong Seo · Lee, Hae Sung · Kim, Kyungsik

ABSTRACT : Influence of residual stress on ultimate compressive strength of stiffened plates with U-ribs in steel box-girder were evaluated quantitatively. Compression test was conducted numerically with commercial program, ABAQUS. Material nonlinear and moment amplification by compressive force were considered. For hypothetical model with initial geometric imperfection, ultimate compressive strengths were evaluated with respect to presence of residual stress.

#### 1. 서 론

현재 장대교량의 발달과 더불어 강박스 거더에서는 횡방향 하중분배 및 국부 비틀림 강성이 우수한 폐합형 보강재인 U-rib가 주로 사용되고 있으나 잔류응력의 영향에 평가는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 잔류응력이 U-rib로 보강된 판의 극한강도에 미치는 영향을 정량적으로 평가해 보고자 한다.

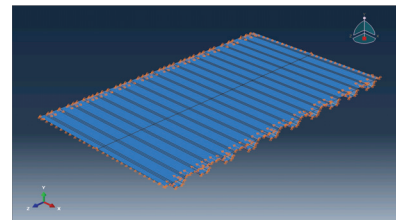


그림 1. U-rib로 보강된 판

#### 2. 유한요소 해석

강박스거더 데크 플레이트를 ABAQUS를 이용하여 그림1과 같이 U-rib로 보강된 판으로 모델링하였다. 경계조건은 4변 단순지지로 가정하였으며, 하중은 변위타입으로 면내변위를 점진적으로 가하는 방식을 채택하였다. 초기 기하학적 결함은 SSRC 기둥강도곡선을 참고하여 반사인파 형태로 최대처짐 1000/L을 가정하였으며, 잔류응력은 Fukumoto 모델을 사용하였다. 이는 각각 그림2와 그림3에 표시되어 있다. 재료는 국내용 강재 SM490Y를 사용하였으며, 응력-변형을 관계는 그림4과 같이 가정하였다. 해석시 재료비선형효과 및 압축력에 의한 모멘트 증폭효과를 고려하였으며, 비선형 방정식은 수정된 Riks method를 사용하여 해를 구하였다.

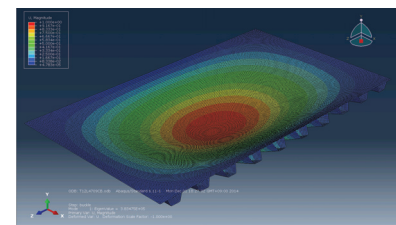


그림 2. 초기기하학적 결함 형태

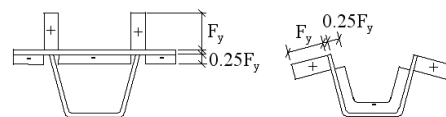


그림 3. 잔류응력 모델 (Fukumoto Model)

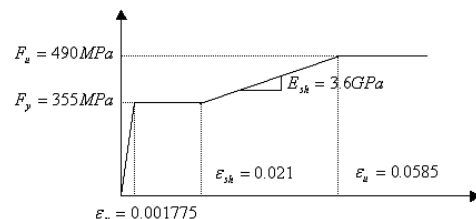


그림 4. 재료모델 (SM490Y)

\* 교신저자(Corresponding Author, kskim@cju.ac.kr)

1) 서울대학교 건설환경공학부 박사과정  
2) 서울대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사  
3) 청주대학교 토목공학과 교수, 공학박사

### 3. 잔류응력에 의한 극한 강도감소 효과

잔류응력 효과를 정량적으로 평가하기 위하여, 잔류응력이 없을때를 기준으로 잔류응력 고려시 강도 감소 비율을 확인하였다. 다음 그림 5 ~ 그림 7은 짧은 판, 중간 길이판, 긴 판에 대해, 두께의 변화에 따른 극한강도를 나타낸 것이다. 길이 및 두께의 변화는 FHWA를 참고하여 식 (1) ~ (2)와 같이 무차원 파라미터로 나타내었다.

$$\lambda_{pl} = \frac{w/t}{1.9} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (1)$$

$$\lambda_{col} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \frac{L}{r} \quad (2)$$

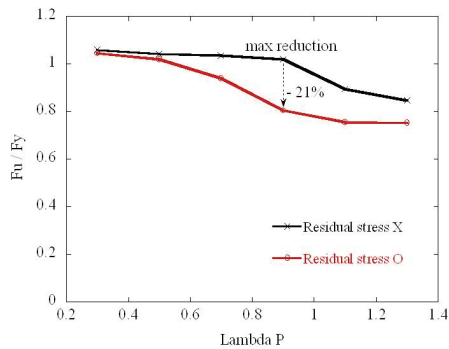


그림 5. 짧은 판에 대한 강도감소 효과

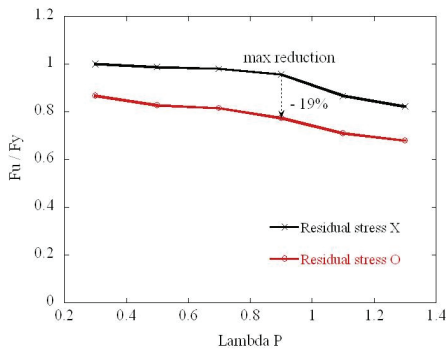


그림 6. 중간길이 판에 대한 강도감소 효과

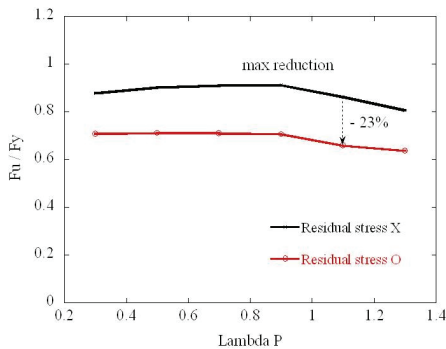


그림 7. 긴 판에 대한 강도감소 효과

각 경우에 대하여 강도감소효과를 평가한 결과, 최대 감소효과는 최대 23% 정도로 확인 되었다. 개방형 보강재를 사용한 경우에 대하여, 잔류응력에 의한 강도감소 효과는 압축잔류응력의 크기에 비례한다는 Glondin의 연구 결과로 볼 때, 본 연구에서 사용한 항복강도의 25% 압축잔류응력은 최대 강도 감소효과 23%와 유사한 수준으로 판단된다. 따라서 잔류응력이 U-rib로 보강된 판의 극한강도에 미치는 영향은 개방형 보강재에 미치는 영향과 비슷할 것으로 판단된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 잔류응력이 강박스거더의 U-rib로 보강된 판에 미치는 영향을 정량적으로 평가하였다. 확인 결과 압축축 잔류응력의 크기와 유사한 수준의 강도감소효과가 있었으며 이는 개방형 보강재에 미치는 영향과도 유사한 수준임을 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술혁신사업의 초장대 교량사업단의 지원에 의해 이루어졌습니다. 연구비지원에 깊은 감사드립니다.

### 참고문헌

- Ronald D. Ziemian (2010), Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, Sixth edition. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Glondin GY, Elwi AE, Cheng JJR (1999), Buckling of stiffened steel plates - a parametric study, Journal of Constructional Steel Research.
- Wolchuck, R., Mayrbourl, R.M.(1980), "Proposed Design Specification for Steel Box Girder Bridges", Report No. FHWA-TS-80-205, Federal Highway Administration, Washington, D.C.,