

하이브리드 보의 휨성능에 관한 연구

An Study on the flexural capacity of 'Hybrid Beam'

홍성걸^{*} 양동현^{**} 정종현^{***} 임병호^{****}

Hong, Sung Gul Yang, Dong Hyun Jung, Jong Hyun Lim, Byung Ho

ABSTRACT

This study was performed to suggest a theoretical method of flexural capacity of 'Hybrid Beam'. Since the center of 'Hybrid Beam' is composed of embedded composite beam section, a theoretical method of embedded composite beam could be applied to estimation of flexural capacity of 'Hybrid Beam'. In this study, a theoretical evaluation method for flexural capacity of embedded composite beam, which is suggested by KBC 2005, is chosen and its applicability is evaluated as comparing theoretical results with experimental results. In results, for estimation of theoretical ultimate strength, it is proper method that both effects due to concrete and rebar are considered and whole section is assumed to be plastic. and for estimation of theoretical strength at yielding state, it is proper to apply allowable stress design.

1. 서론

기존의 연구에서 매입형 합성보의 휨성능 평가의 이론적인 방법²⁾은 1)철골을 철근의 일부로 간주하여 SRC부재 단면을 RC단면으로 가정하여 단면설계를 실시하는 '철근콘크리트 방식'과 2)철근을 철골 일부로 대치하여 콘크리트 부분을 계산상 무시하는 '철골 방식' 3)RC의 허용응력단면과 철골의 허용응력 단면력을 합친 것을 SRC구조의 단면력으로 하는 누가 강도방식 그리고 4)콘크리트의 압축응력도 85% 및 강재 항복응력도를 이용하여 단면의 내력 균형에서 콘크리트의 압축응력도 분포 높이를 구하여 중극 휨모멘트를 산정하는 방식이 있다. 하이브리드 보의 중앙부는 매입형 합성보의 형태를 띄고 있다. 그러므로 하이브리드 보의 중앙부 휨성능에 대한 이론적 평가를 매입형 합성보의 휨성능 평가 방법으로 제안한다. 특히 현재 KBC 2005에서 제안하는 매입형 합성보의 설계 휨강도 산정 방법을 실험의 값과 비교하여 평가 방법을 제안한다.

2. 연구의 내용과 범위

2.1 하이브리드 보의 구성과 휨 지배

-
- * 정회원, 서울대학교 건축학과 부교수
 - ** 정회원, 서울대학교 건축학과 석사과정
 - *** 정회원, 경남대학교 건축학부 조교수
 - **** 정회원, GS건설 선임연구원, 공학박사

하이브리드 보의 전체적인 철근콘크리트 구조에 충을 줄인 가운데 부분의 충고절감의 효과를 극대화하기 위하여 철골을 매입하여 보강하였다. 그래서 철골이 매입된 합성보 형식의 중앙부와 철근콘크리트로 된 단부와 그 둘을 연결시켜 주는 접합부로 구성되어 있다. 하이브리드 보의 중앙부의 휨성능은 가운데의 매입형 합성보 단면에 의해서 지배된다.

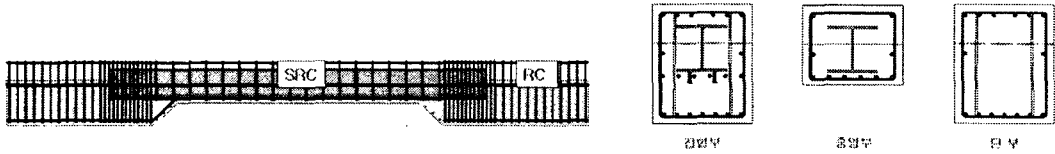


그림 1 . 하이브리드 보의 구성

2.2 KBC 2005에서 제안하는 매입형 합성보의 설계 휨강도

현재 매입형 합성보의 설계 휨강도($\phi_b M_n$)의 산정은 KBC 2005¹⁾의 강구조 부분에서 제시하였고 그 방법은 다음과 같다.

1. 철근 및 콘크리트 효과를 무시하고 강재단면 만으로 하는 경우: $\phi_b = 0.9$ 이며, M_n 은 강재보의 판폭두께비 값을 고려하지 않고, 소성모멘트 M_p 로 산정한다.

2. 철근 및 콘크리트 효과를 포함하여 합성단면으로 하는 경우

(1) $\phi_b = 0.9$ 이며, M_n 은 탄성응력분포로부터 산정한다. 다만, 동바리를 설치하지 않을 경우에는 콘크리트 경화 전의 탄성응력과 경화 후의 탄성응력을 누가하는 방법으로 하여 응력을 검토한 후 M_n 을 산정한다.

(2) $\phi_b = 0.85$ 이며, M_n 은 강재보의 판폭두께비 값을 고려하지 않고 소성모멘트 M_p 로 산정한다.

3. 실험

3.1 실험체 계획과 구성

실험체는 실제적인 거동을 알아보기 위해 Full-Scale을 기준으로 만들었다. 실험체는 매입되는 철골의 종류에 따라 H형강이 매입된 실험체(이하 H-Hybrid Beam)과 Honey-comb 형태의 가공된 철골을 매입한 실험체(이하 Honey-comb Hybrid Beam)로 구성되며 장방형과 T형의 단면을 고려하여 4개의 실험체를 구성하였다. 실험체의 제작은 두가지로 제안된 철골 형식을 기준으로 하여 철골이 노출된 형식의 Precast Hybrid Beam(이하 Precast Beam)을 1차적으로 만들고 2차적으로 Precast Beam에 콘크리트를 타설하여 만든다. 장방형 형태의 단면을 기준실험체로 하며 T형 형태의 단면을 가진 실험체는 시공조건을 고려하여 Precast Beam에 half-slab를 얻고 현장타설(in-situ Concrete)을 하여 만들었다.

3.2 실험체 세팅

등분포 상태에서의 모멘트 분포를 고려하여 가력철물을 이용하여 4point Load 방식의 하중재하 실험

표 1. 실험체 일람

| 실험체 | 매입 철골 | 단면형상 | 중앙부보단면(mm) | 단부보단면(mm) | 실험지간(mm) |
|-----|------------|------|------------|-----------|----------|
| S1 | Honey-comb | 장방형 | 700 × 600 | 700 × 900 | 6500 |
| S2 | Honey-comb | T형 | 700 × 600 | 700 × 900 | 6500 |
| S3 | H형강 | 장방형 | 700 × 600 | 700 × 900 | 6500 |
| S4 | H형강 | T형 | 700 × 600 | 700 × 900 | 6500 |

을 실시하였다.

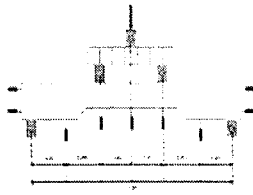


그림 2. 실험체 세팅도

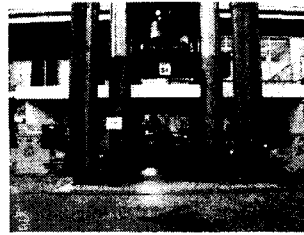


그림 3. 실험체 세팅 사진

4. 실험 결과

실험값의 비교를 위해 다음과 같은 모델을 이용하였다. 항복 하중은 원점과 최대내력의 1/3되는 점을 연결한 선분 (a)를 초기접선강성 값으로 하고, 이 선분과 축이 이루는 각의 1/3이 되는 선분(b)를 원점에서 그은 후, 실험값과 외접하도록 평행이동 시켜 선분 (c)를 만들고, 처음에 그은 초기접선강성 선분 (a)와 만나는 접점으로 구한 값이다.

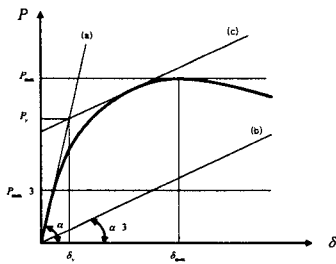


그림 4. 비교 모델

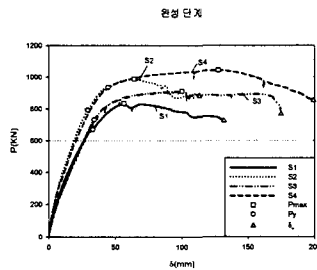


그림 5. 하중 변위 곡선

표 2. 실험 결과

| 실험체 | P_y (kN) | P_{max} (kN) |
|-----|------------|----------------|
| S1 | 681 | 835 |
| S2 | 815 | 986 |
| S3 | 748 | 911 |
| S4 | 860 | 1044 |

5. 실험 결과 분석

5.1 실험 결과 비교

철근 및 콘크리트 효과를 무시하고 강재단면만의 소성 모멘트만을 가지고 평가한 M_3 방법은 이론값과 실험값의 비율이 최대하중을 기준으로 2.92~48.34, 항복하중을 기준으로 2.4~39.81로 보수적인 값을 보여 주었다. 특히 상부 플랜지 부분을 잘라낸 역T형의 허니콤 형태의 하이브리드 보에 적용하기에 알맞지 않은 방법이다. 탄성 응력 분포로부터 산정된 모멘트를 이용한 M_2 의 방법은 이론값과 실험값의 비율이 최대하중을 기준으로 1.24~2.64, 항복하중을 기준으로 1.02~2.17로 M_1 의 값보다 훨씬 실험값에 가까운 결과를 나타내었다. 하부 철근과 철골의 영향을 모두 고려해야하므로 항복시점을 정의하

기 힘든 하이브리드 보의 항복하중의 산정 방법으로 한 가지 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다. 철근 및 콘크리트 효과를 반영한 소성모멘트로 산정한 M_1 의 방법은 이론값과 실험값의 비율이 최대하중을 기준으로 1.18~1.35, 항복하중을 기준으로 0.96~1.10으로 최대하중과 항복하중 모두에서 실험값에 가장 근접한 결과 값을 나타내었다.

표 3 . 실험체 일람

| 실험체 | 공칭 휨강도($\phi_b M_n$) | | | 실험내력($M = P \times 2.15m$) | | | | 결과 비교 | | | | | |
|-----|------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-----------|-----------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| | M_1 | M_2 | M_3 | P_y | M_y | P_{max} | M_{max} | $M_y /$ | $M_{max} /$ | $M_y /$ | $M_{max} /$ | $M_y /$ | $M_{max} /$ |
| | | | | | | | | M_1 | M_1 | M_2 | M_2 | M_3 | M_3 |
| S1 | 1513 | 865 | 44 | 681 | 1464 | 817 | 1797 | 0.96 | 1.18 | 1.69 | 2.07 | 33.27 | 40.84 |
| S2 | 1733 | 1706 | 44 | 815 | 1752 | 967 | 2127 | 1.01 | 1.22 | 1.02 | 1.24 | 39.81 | 48.34 |
| S3 | 1451 | 741 | 669 | 748 | 1608 | 891 | 1960 | 1.10 | 1.35 | 2.17 | 2.64 | 2.40 | 2.92 |
| S4 | 1780 | 1275 | 669 | 860 | 1849 | 1021 | 2247 | 1.03 | 1.26 | 1.45 | 1.76 | 2.76 | 3.35 |

M_1 : 철근 및 콘크리트 효과를 반영한 소성모멘트

M_2 : 철근 및 콘크리트 효과를 반영한 탄성응력분포로부터 산정된 모멘트

M_3 : 철근 및 콘크리트 효과를 무시하고 강재단면만의 소성모멘트

6. 결론

현재 2005 KBC 구조설계 기준에서 제안하는 설계 방법에서 첫 번째 방법인 철근 및 콘크리트 효과를 무시하고 강재단면 만으로 설계하는 방법은 매우 보수적인 설계 방식으로 하이브리드 보의 설계 방법으로 적절하지 않은 것으로 나타났다. 두 번째 방법인 탄성응력 분포를 이용한 산정 방식은 하이브리드의 항복 하중 산정 시에 한 방법으로 적절한 것으로 나타났다. 세 번째 방법인 콘크리트와 철근을 모두 고려하여 소성모멘트를 이용하여 산정하는 방식이 실험의 값과 가장 가까운 값을 보였으며 하이브리드 보의 휨강도 산정에 적합한 방법으로 판명되었다.

감사의 글

이번 연구는 G. S 건설의 연구비 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 대한건축학회, 건축구조 설계 기준, KBC 2005, 2005.
2. 건설이공학사, 철골철근콘크리트 구조물의 설계, 1982