

기둥이음 오차흡수를 위한 대형구멍 단부강판 접합방법

Oversized Hole End-Plate Connection for Column Splice with Misalignment

임종진¹⁾ · 엄태성²⁾ · 이승환³⁾ · 김대경⁴⁾
Lim, Jong Jin · Eom, Tae Sung · Lee, Seung Hwan · Kim, Dae Kyung

ABSTRACT: To evaluate the structural performance of an oversized hole end-plate splice for columns with vertical misalignment, three column specimens with or without vertical misalignment of 10 mm at the splice zone were tested under cyclic loading. The details of column splice, such as the thickness of end plate and diameter and arrangement of bolts, were designed based on the 'thick plate design' philosophy specified in AISC 358-10 and AISC Design Guide 4. The test results showed that the steel column exhibited a good performance without any slip and prying action at the oversized end plate splice. In FE analysis, the stress distribution and bearing stress on the end plate surface were presented to verify the load transfer mechanism of proposed splice method. The analytical results agreed well with the design process of the end plate splice.

KEYWORDS: End-plate connection, Bolted connection, Oversized hole, Prying action, Column splice, Erection tolerance

1. 서론

고장력볼트와 겹침강판을 이용한 마찰접합(slip-critical connection)은 강재기둥을 이음하는 방법으로 많이 사용되고 있다. 마찰접합이음은 확실한 힘전달기구 및 우수한 이음성능을 확보할 수 있지만, 이음되는 상·하 기둥 중심선이 정확히 일치해야 시공 가능하다. 경간 및 층고가 커지는 대형공장건물에서는 건설공사표준시방서에 따라 정밀하게 시공하더라도 기둥의 수직 정렬이 맞지 않을 수 있다. 특히 공기단축을 위하여 선조립된 상부구조물의 기둥을 이음하는 경우, 이러한 이음부의 시공오차는 공기 및 시공성에 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 기둥 이음부의 최대 오차 20 mm를 흡수하기 위하여 대형구멍을 사용한 단부강판 접합부를 개발하고 이를 실험 및 해석을 통해 검증하였다.

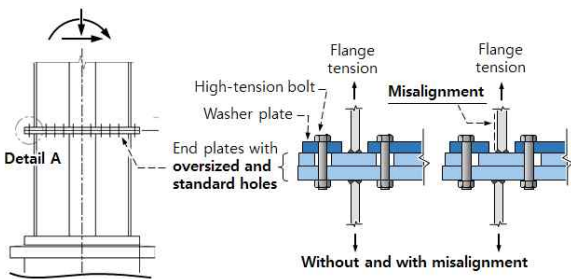


그림1. 대형구멍 단부강판을 사용한 기둥 이음

2. 제안 상세 설계

단부강판-볼트 인장접합은 피접합재의 압축 및 인장을 단부판의 지압, 단부판 및 볼트의 인장으로 전달한다. 단부판의 두께와 볼트 개수/직경이 부족할 경우 지레작용에 따른 응력집중이 크게 발생할 수 있다. 또한 확대구멍을 사용할 경우 이음되는 기둥 중심선 불일치에 따른 추가 편심효과, 전단에 대한 미끄러짐 변형이 발생할 수 있다. 따라서 제안 상세의 경우 충분한 두께의 단부강판, 확대구멍을 뚫을 수 있는 충분한 두께의 일체화된 와셔 플레이트(washer plate), 볼트 조임을 통한 추가 마찰저항을 확보하도록 한다.

- (1) 단부강판 두께 결정: AISC DG4의 두꺼운 단부강판 설계, Meng이 제시한 항복선 이론을 사용하여 단부강판의 두께를 결정한다 (그림 2 참조).
- (2) 볼트 직경/개수 결정: 인장측 플랜지에 가까운 바깥쪽 및 안쪽 각 1열 볼트만 인장에 저항하는 것으로 가정한다.
- (3) 접합면 미끄러짐 강도: 기둥축력에 의한 단부강판 접합면 마찰저항과 함께 볼트조임에 의한 마찰저항도 확보한다.
- (4) 이음부 최소인장내력 검토: KBC2016에 따라 기둥 이음부에서는 피접합재 압축강도의 1/2이상의 인장내력을 확보한다.

3. 실험 및 해석결과

550 mm 깊이의 십자형 강재기둥에 대하여 수직도 오차 10 mm, 확대구멍 단부강판을 적용하여 반복가력 실험을 수행하였다. 이음부에는 52개의 F10T M16볼트가 사용되었다. 이음부 모

* 교신저자(Corresponding Author, jjim@senkuzo.com)

1) ㈜센쿠즈 연구개발부, 과장
 2) 단국대학교 건축공학과, 부교수
 3) 서울대학교 건축공학과, 박사과정
 4) 서울대학교 건축공학과, 박사과정

멘트 강도는 기둥 전단면 항복강도의 50% 수준으로 설계되었다.

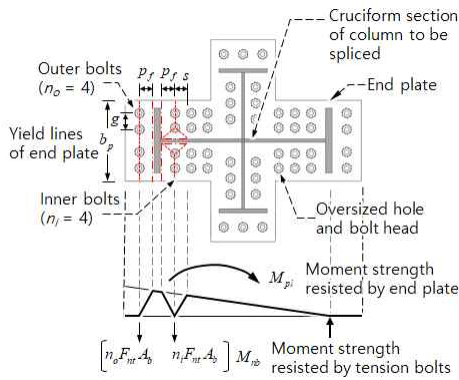


그림3. 단부강판과 볼트의 모멘트저항

이 압축측 플랜지에 위치한다고 가정한 것과 일치하는 결과이다. 인장측 부근 단부강판 최외단에 지레작용에 따른 국부적인 지압응력이 발생하였다.

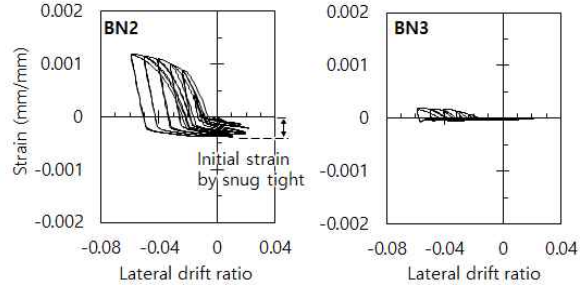


그림4. 볼트 변형률 계측 결과

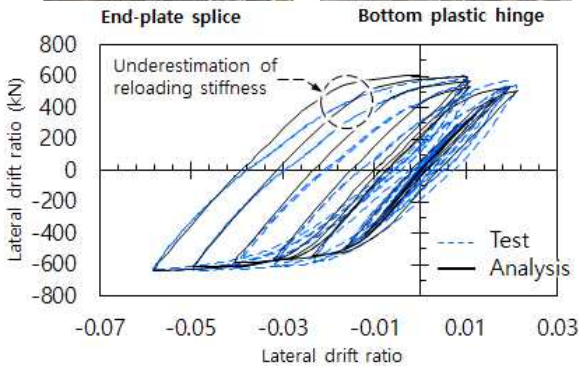


그림3. 파괴모드 및 하중-변위비 관계

그림 3은 실험 및 해석으로 구한 하중-변위비 관계를 보여준다. 정방향 2.0%에서 십자형 강제기둥의 비틀림이 크게 발생하여 이후에는 부방향으로 횡변위비를 늘려가며 실험하였다. 이음부가 설치된 강제기둥은 초기 강성저하 없이 항복 이후 -5.8% 횡변위비 까지 연성적인 거동을 보였다. 대부분의 변형은 기둥 하부 소성힌지구간에 집중되었고, 하부로부터 1.25 m 위치에 설치된 이음부는 탄성으로 거동하며 안정적으로 하중을 전달하였다.

25 mm 두께로 설계된 표준구멍 및 확대구멍 단부강판의 면외 방향 변형은 크지 않았고 볼트의 응력집중 또한 작았다. 이는 두꺼운 단부강판 설계에 따라 지레작용이 최소화되었음을 나타낸다. 볼트 변형률 계측결과 플랜지에 가까운 1열 볼트의 변형률 (BN2)이 크게 증가한 반면 멀리 떨어진 볼트의 변형률(BN3)은 반복가력 동안 미미하였는데, 이는 볼트 모멘트 저항 설계가정과 잘 일치하는 결과이다 (그림 4 참조).

그림 5는 최대 변형시점에서 단부강판 접합면의 지압응력 분포를 보여준다. 압축 플랜지 부근에서 지압응력이 최대 186 MPa까지 증가한 반면 인장 플랜지 및 웹 주변에는 지압응력이 거의 작용하지 않았다. 이는 그림 2에 나타낸 이음부 모멘트 회전중심

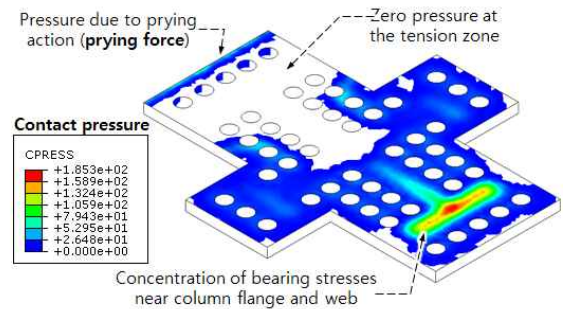


그림5. 단부강판 지압응력 분포

5. 결론

대형구멍 단부강판이음공법을 적용한 기둥에 대하여 구조 실험을 수행한 결과 시공오차와 관계없이 우수한 이음부 구조성능이 확인되었다. 특히, FE해석을 통해 확인된 지레작용, 볼트 응력분포, 접합면 지압응력 분포 등 단부강판 힘전달기구는 설계 가정과 잘 일치하였다.

참고문헌

AISC(2003), Design Guide 4, AISC, Chicago
 Meng, R.L.(1996), Design of Moment End-Plate Connections for Seismic Loading, Ph.D. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute, Virginia

감사의 글

이 연구는 한국연구재단의 2019년 대학중점연구소지원사업 (NRF-2018R1A6A1A07025819) 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.