

접합부 철근의 비부착에 따른 성능평가

Capacity Evaluation of Joint Reinforcement with Debonding Area at the Interface Steel to Concrete Surface

정 우 영* · 하 금 희**

Jung, Woo-Young · Ha, Keum-Hee

요 약

해안에 위치한 철근콘크리트 구조물 및 사회 간접 시설물들은 염해피해에 대한 우려가 있다. 염해피해로 인한 철근의 부식현상이 발생하면 철근과 콘크리트 부착성능의 저하로 인한 부재의 내력감소를 가져 올 수 있다. 따라서 본 연구에서는 염해부식이 진행되어 콘크리트와 철근간의 부착 및 비부착 여부에 따른 성능을 확인하기 위하여 완전 비부착된 보-기둥 접합부를 철근부착용 고무튜브를 이용하여 제작하였다. 제작된 실험체로 준정적 반복횡하중을 이용한 실험을 통해 성능평가를 수행하였다. 비부착된 보-기둥 접합부의 비선형 해석을 하기 위해 4절점 래티스 모델로 개선하여 적용하였다.

keywords : 보-기둥 접합부, 비부착 철근, 준정적 반복하중, 래티스 모델

1. 서 론

우리나라는 삼면이 바다로 이루어져 있으며, 철근콘크리트 구조물 및 사회 간접 시설물이 해안에 상당수 위치하고 있다. 이러한 구조물들은 염해피해에 대한 우려가 있으며, 염해피해로 인한 철근의 부식현상이 발생하면 철근과 콘크리트 부착성능의 저하로 인한 부재의 내력감소를 가져 올 수 있다.

또한 한반도의 지진빈도가 증가하고 있는 추세이며, 염해에 의해 내력이 감소된 부재에 지진과 같이 예상하지 못한 외력이 발생한다면 부재의 내구성은 더욱 약화된다. 따라서 노후화와 염해피해를 입어 부식이 진행된 철근콘크리트 구조물에 지진이 발생하였을 때의 연구가 필요하다.

본 연구에서는 염해부식이 진행되어 철근과 콘크리트 간의 부착성능이 현저히 저하된 RC 보-기둥 접합부의 내진성능에 대한 기초자료를 확보하기 위해 고무호스를 이용하여 콘크리트와 철근의 비부착 보-기둥 접합부를 제작하여 콘크리트와 철근간의 부착 및 비부착 여부에 따라 준정적 반복횡하중을 받는 RC 보-기둥 접합부의 실험 및 성능평가를 수행하였다. 또한 비부착된 보-기둥 접합부 해석을 하기 위하여 4절점 래티스 모델의 철근과 콘크리트의 비부착 거동을 나타내는 요소를 적용하여 비선형 해석을 수행하였다.

2. RC 보-기둥 접합부 실험

2.1. 시험체 계획

* 정희원 · 강릉원주대학교 토목공학과, 부교수 woojung@gwnu.ac.kr

** 경상대학교 토목공학과 석사과정 keumhee8@gmail.com

본 연구에서는 철근콘크리트 보-기둥 접합부에 염해의 피해를 입어 철근에 부식이 일어나 철근과 콘크리트 간의 부착능력이 완전히 감소한 접합부의 거동특성 및 성능평가를 하고자 한다. 이를 위하여 비교적 염해 부식 환경에 대하여 노출빈도가 높은 외각 보-기둥 접합부(T 형태)를 선택하여 실험을 수행하였다.

제작된 실험체는 철근콘크리트 구조물의 보-기둥 접합부의 축소모델이며 ACI Building Code(318-95) 및 ACI-ASCE 352 위원회 권장안에 따라 외부 접합부 형태로 설계하였으며, 기둥 및 보의 단면적은 200×200mm이며, 시험체의 형상 및 치수는 그림 1과 같다. 철근과 콘크리트간의 완전 비부착을 구현하기 위하여 그림 2와 같이 보와 기둥의 연결하는 보의 주철근의 얇은 고무호스를 피복하여 인장 정착길이 850mm 만큼 씩여 철근과 콘크리트가 완전 비부착이 되도록 하였다.

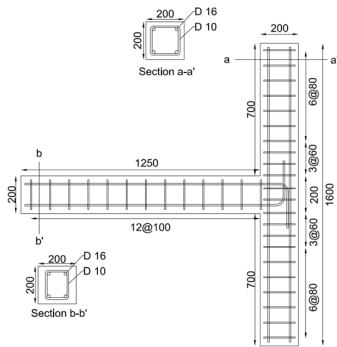
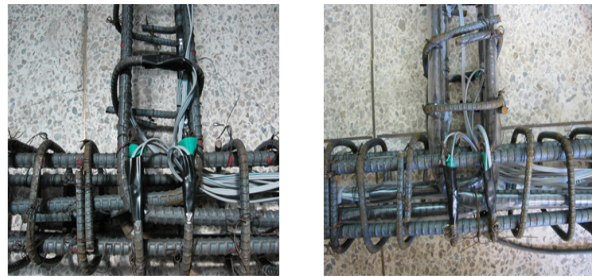


그림 1 실험체 형상 및 치수



부착형

비부착형

그림 2 보 주철근 부착 비부착 형상

2.2. 실험방법

부착 및 비부착 보-기둥 접합부 실험을 수행하기 위하여 보-기둥 접합부용 프레임을 설치하였으며, 실험체의 설치상황과 각종 실험기기 및 장치현황은 그림 3과 같다. 그림과 같이 기초 프레임에 보-기둥 접합부 실험체의 기둥부가 수평이 되도록 설치하고 기둥 단부에 일정한 축하중을 가력하였다. 축하중은 기둥 허용축하중의 30%를 가력하였으며 일정한 하중이 작용하도록 로드셀과 150t용량의 유압장치를 이용하였다.

실험체에 준정적 반복횡하중을 적용하기 위하여 50t 용량의 액추에이터를 이용하였으며 보 단부에 강재 캡과 액추에이터를 연결하였다. 실험체에 가해진 준정적 반복횡하중은 그림 4와 같이 총 10회의 반복 사이클을 가지며, 최대변위는 120mm가 작용하도록 하였다.



그림 3 실험체 및 실험장치 설치 현황

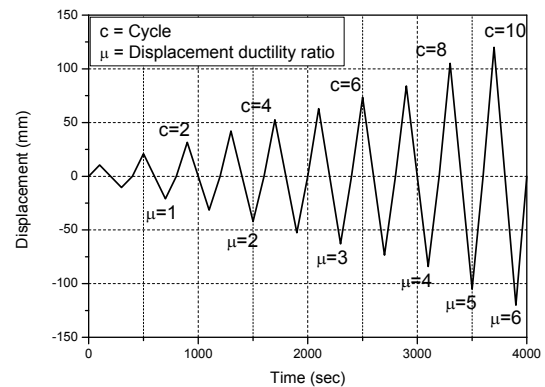


그림 4 변위하중 이력

3. 실험결과

그림 5와 6은 반복횡하중에 의한 보-기둥 접합부의 하중-변위이력곡선이다. 부착 실험체 BNH-1, BNH-2는 변위 63mm에서 최대강도 22, 21kN을 나타냈다. 그 후 반복하중이 증가하여도 강도는 증가하지 않고 연성거동을 나타내고 접합부의 전단파괴로 인해 강도가 감소하였다. 비부착 실험체 UNH-1, UNH-2는 변위 105mm에서 최대강도 12kN, 13kN을 나타냈다. 각 실험체의 비교를 위하여 기준 실험체를 BNH로 정하여 강도 및 변위를 비교한 결과, 비부착 실험체인 UNH-1와 UNH-2는 철근과 콘크리트간의 부착력 감소 및 철근의 활동으로 인하여 최대하중이 0.55~0.56배로 감소하였지만 변위는 1.67배가 증가하였음을 알 수 있다.

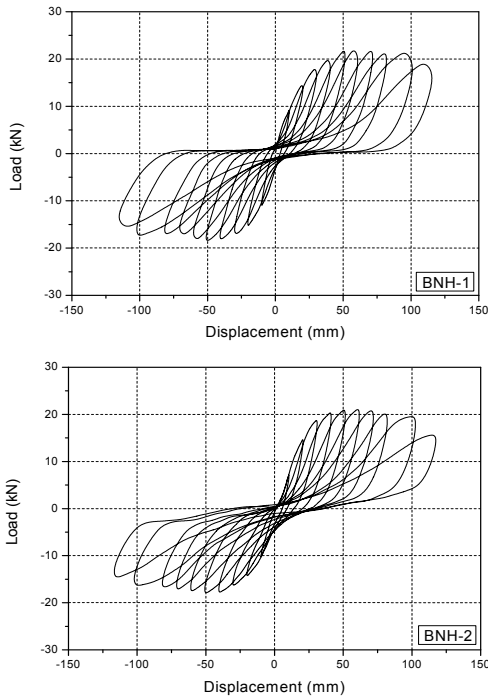


그림 5 부착형 실험체의 하중-변위 이력곡선

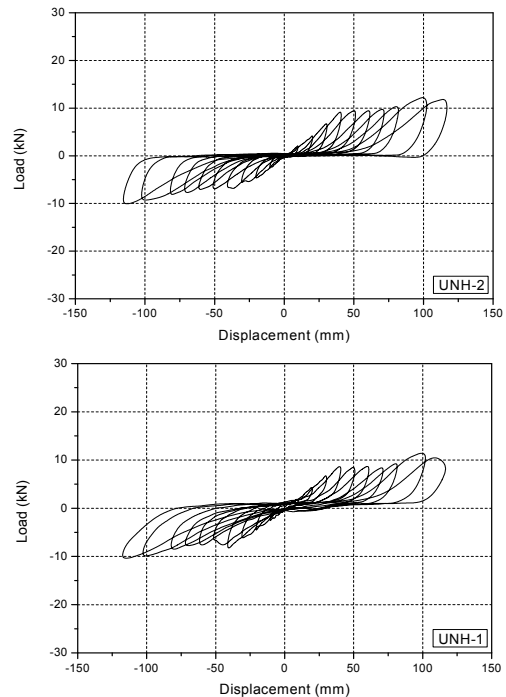


그림 6 비부착형 실험체의 하중-변위 이력곡선

4. 4절점 래티스 유한요소 해석

4절점 래티스 요소는 총 10개의 2절점 래티스 요소가 4개의 절점에 대하여 공유하고 있다. 요소 외곽에 각 4개의 철근과 콘크리트 래티스 요소가 존재하고, 내부에 대각으로 2개의 콘크리트 래티스 요소가 존재하도록 하여 부재의 방향에 따라 재료의 특성을 고려하도록 하였다. 보-기둥 접합부의 부착 및 비부착을 고려한 해석을 수행하기 위하여 유한요소 해석 프로그램인 FEAP을 이용하였으며, 4절점 래티스 모델을 적용하여 비선형 해석을 수행하였다.

비선형 해석을 수행한 결과, 그림 7과 8은 실험체의 실험결과와 해석결과를 나타낸다. 하중-변위 이력거동이 유사하게 나타났으며 최대강도 이후 전단파괴로 인한 강도감소 또한 유사하게 나타남을 알 수 있다. 비부착 실험체의 경우 초기 강성에 대하여 실험결과와 다소 차이점을 나타내는데 이는 고무호스로 인한 철근과 콘크리트의 비부착 효과로 초기거동에는 차이가 나지만 변위가 증가할수록 최대강도 및 항복변위는 유사하게 나타남을 확인할 수 있다.

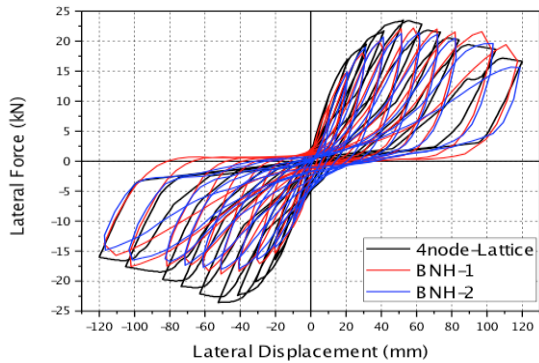


그림 7 부착형 실험체의 실험결과와 해석결과의 비교

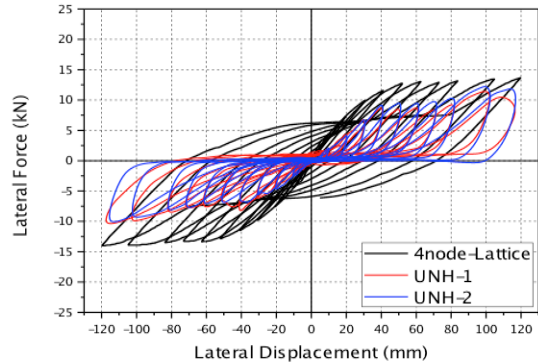


그림 8 비부착형 실험체의 실험결과와 해석결과의 비교

5. 결 론

염해부식이 진행되어 철근과 콘크리트 간 비부착된 보-기둥 접합부의 성능을 확인하기 위해 반복횡하중 실험을 수행하였고, 4절점 래티스 요소를 개선하여 비부착 조건을 고려한 비선형 해석을 수행하였다.

RC 보-기둥 접합부의 반복횡하중 실험결과, 비부착 실험체는 항복강도는 56% 감소하였으며 항복변위는 67% 증가하였다. 이는 콘크리트와 철근의 비부착으로 인해 철근의 활동이 생김으로써 접합부의 강도는 저하되지만 항복변위는 증가하는 것으로 판단된다.

4절점 래티스 요소를 이용한 비선형 해석결과, 부착된 보-기둥 접합부의 경우 최대강도 이후 전단파괴가 나타나는 실험결과와 유사한 반복하중이력을 나타냄을 알 수 있다. 따라서 4절점 래티스 모델은 보-기둥 접합부 이력거동 예측에 대해 빠르고 간단한 해석도구로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 단면해석을 통한 비부착 철근 재료치를 적용한 비부착된 보-기둥 접합부의 경우 실험결과에 비해 초기의 강성에 대한 차이가 나타났지만 변위가 증가할수록 유사한 하중이력과 최대강도 및 항복변위를 확인할 수 있다. 추후 철근과 콘크리트 간의 비부착 거동을 나타내는 모델을 개선하여 적용한다면 보다 정확하게 철근의 비부착을 고려할 수 있는 해석도구로 이용될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 구조물-지반 상호작용을 고려한 구조물 비선형 내진 성능평가 도구 개발과제 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

대한주택공사 주택연구소, “염해구조물 진단 및 보수 기술서”, 과학기술처, 1993.11.

권민호, 하기주, 박태규, 조창근(2010) 2차원 래티스 모델에 의한 반복하중을 받는 철근콘크리트 기둥의 해석, 한국콘크리트 학회 논문집, Vol.22, No.1:pp.103~111

ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary(ACI 318R-95), American Concrete Institute, Farmington Hills, pp.71-73