

횡하중을 받는 CFT기둥-RC무량판 접합부의 해석연구

Analysis of CFT Column-RC Flat Plate Interior Connections under Lateral Load

송진규* 송호범** 오상원*** 김병조***
Song, Jin Kyu Song, Ho Bum Oh, Sang Won Kim, Byung Jo

ABSTRACT

Flat plate system has many advantages, story height reduction, a term of works shortening and changeableness of space, etc. However structures become a tendency of higher stories and when we use RC column, the size of column grow larger. For this reason the use of CFT column is increasing more and more. Accordingly, this study carried out the nonlinear finite element analysis. As a result of analysis moment strength of the connection increased but ductility decreased as the top reinforcement ratio in th effective width increased. And moment strength and ductility of the connection decreased as gravity load ratio decreased. In the case that shearhead length is not more than 0.27m, the effectiveness of shearhead length on the moment strength and ductility of the connection were small relatively to other variables. Initial stiffness and moment strength of connection increased as slab thickness increased

요약

플랫 플레이트 구조시스템은 층고절감, 공기단축, 공간의 가변성 등 많은 장점들을 가지고 있다. 하지만 건물이 고층화 되어감에 따라 일반 RC 기둥을 사용할 경우 기둥의 크기가 과도하게 커지는 단점이 있다. 이러한 이유로 CFT 기둥의 사용이 증가하고 있지만 CFT 기둥-RC 무량판 접합부의 이력거동을 명확하게 규명하기 위한 기존 실험 연구는 국내외적으로 매우 부족한 실정이고 실험연구를 통해서 한계가 있다. 본 연구에서는 비선형 유한요소해석을 실시하여 접합부의 이력거동을 분석하였다. 해석결과 유효폭 내에 배근되는 철근비가 증가하면 접합부의 모멘트 강도는 증가하지만 연성능력을 떨어졌고 중력하중비가 증가할 경우 접합부의 모멘트강도와 연성능력이 모두 감소하였다. 전단머리의 길이가 0.27m 이상인 경우에는 길이가 증가할 때 다른 변수에 비해 접합부의 모멘트 강도와 연성능력에 주는 영향이 상대적으로 작았다. 슬래브두께가 증가할수록 초기강성 및 모멘트 강도가 증가하였다.

*정회원, 전남대학교 건축학부 교수

**정회원, 전남대학교 건축공학과 박사과정

***정회원, 전남대학교 건축공학과 석사과정

****정회원, 서울대학교 건축학과 교수

1. 서론

플랫 플레이트는 기둥이 슬래브를 직접 지지하는 시스템으로서 충고를 절감할 수 있고 시공의 단순화를 통해 공기단축을 할 수 있으며 공간의 가변성 확보에 유리한 장점을 가지고 있다. 최근 건물이 고층화 되어감에 따라 일반 RC 기둥을 사용할 경우 기둥의 크기가 과도하게 커지게 되어 CFT (Concrete Filled Steel Tube) 구조를 채택하는 경우가 급격히 증가하고 있다. 본 연구에서는 CFT 기둥-RC 무량판 내부접합부에 대한 비선형 해석을 실시하여 접합부의 이력거동을 분석하였다.

2. 대상 시험체

본 연구에서 적용한 비선형 유한요소해석 프로그램(ATENA)¹⁾를 통한 접합부의 이력거동 특성의 타당성을 검증하기 위하여, 아래의 그림 1~3과 같이 송진규²⁾ 등이 실험한 CFT 기둥-RC 무량판 내부접합부를 대상 시험체로 선정하였다.

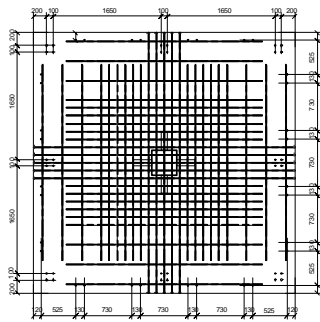


그림 1 실험체 상세 및 상부철근 배근도

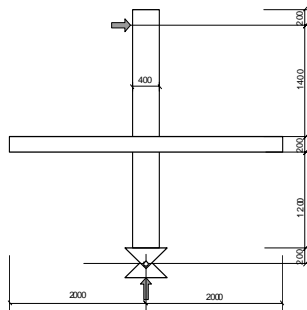


그림 2 시험체 입면

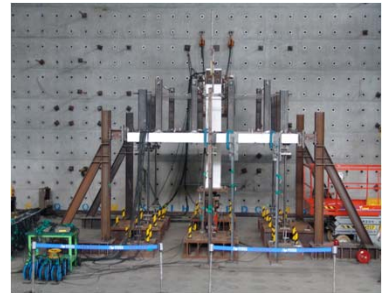


그림 3 실험체 셋업

3. 접합부의 유한요소해석

3.1 접합부 모델링

접합부 해석은 범용 유한요소프로그램인 ATENA를 이용하였다. ATENA는 체코 Cervenka사에서 개발한 것으로 콘크리트 및 철근콘크리트 구조물의 실제 비선형 거동 및 균열발생 상황을 예측 및 분석할 수 있는 프로그램이다.

기둥은 강체로, 전단머리(Shear Head)는 그림 4와 같이 등가의 1축 트러스요소로, RC 슬래브는 솔리드 요소(그림 5)로 모델링하였다.

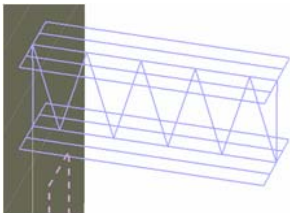


그림 4 전단머리 모델링

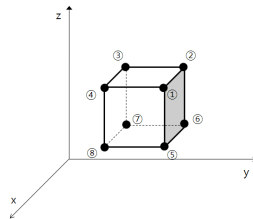


그림 5 솔리드 요소

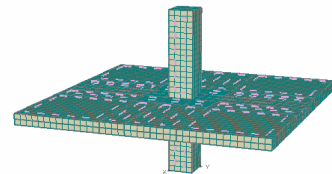


그림 6 ATENA 유한요소해석 모델링

3.2 해석모델의 검증

그림 7은 RC 기둥-무량판 내부접합부의 실험값과 해석값을, 그림 8은 CFT 기둥-RC 무량판 내부접합부의 실험값과 해석값을 비교한 것이다. 실험결과를 보면 두 실험체 모두 최대강도에 취성적인 거

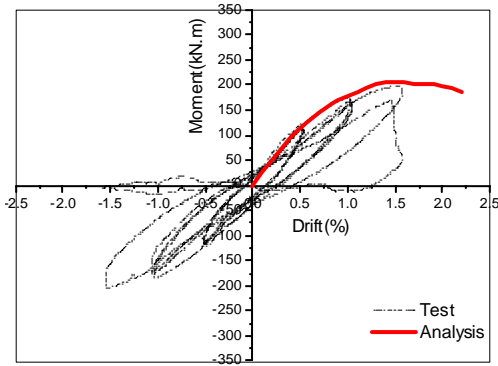


그림 7 실험값과 해석값의 비교(RC 접합부)

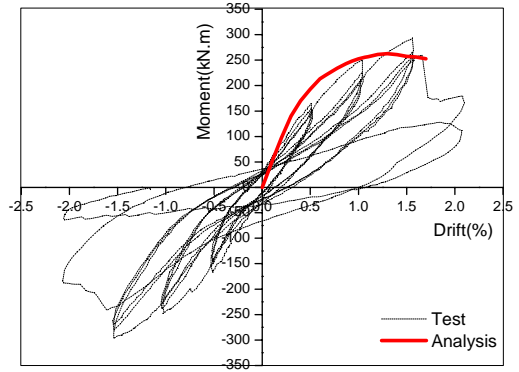


그림 8 실험값과 해석값의 비교(CFT 접합부)

동을 보이고 있음을 알 수 있다. 해석결과는 RC 기둥 접합부의 경우 실험결과와 매우 일치하였고 CFT 기둥 접합부의 경우 실험결과와 다소 차이가 있으나 접합부의 거동과 매우 유사하게 나타났다. 최대강도 이후 취성파괴를 잘 나타내지 못하는 데 이는 해석방법이 파괴로 인한 현상을 잘 반영하지 못하기 때문으로 판단된다. 그러나 실험결과에 나타난 바와 같이 최대강도 이후에는 취성파괴가 일어나므로 플랫 플레이트 거동에 큰 영향을 미치지 못한다. 따라서 해석결과에서는 강도저하가 시작되는 점에서 취성파괴가 일어난다고 가정하였다.

4. 해석결과 및 분석

CFT 기둥-RC 무량판 내부접합부의 파괴 메커니즘을 분석해 보면 슬래브 유효폭 내에 배근된 철근이 항복하기 전까지 초기 강성은 거의 변함이 없다. 유효폭 내에 배근된 철근이 항복하게 되면 모멘트의 재분배가 일어나면서 강성이 점점 감소하게 된다. 모멘트가 증가할수록 압축측 콘크리트가 파괴됨으로써 접합부의 성능 저하가 나타난다.

그림 9~12는 각 변수에 따른 접합부의 이력거동을 나타내고 있다. 먼저, 유효폭($c_2 + 3h$)내의 철근비가 증가할수록 접합부의 모멘트 성능이 증가하였다. 그러나 유효폭 내의 철근비가 증가할 때 접합부의 연성능력은 감소하였다. 또한 유효폭 내의 철근비가 $0.1\rho_b$ 이하다 되면 유효폭 내의 철근이 빨리 항복하기 때문에 모멘트 성능과 연성능력이 감소하였다. 한편 중력하중비가 증가할 때 접합부의 모멘트 성능과 초기강성, 최대충간변위비 및 연성능력이 모두 감소하였다.

RC 기둥-무량판 내부접합부와 비교했을 때, CFT 기둥-RC 무량판 내부접합부의 모멘트강도가 증가하였는데 이는 전단머리가 접합부의 모멘트성능과 전단성능을 증가시키는 역할을 하였기 때문이다. 해석결과 전단머리의 압축력을 받는 부분의 변형률은 -0.0008 이었지만 인장력을 받는 플랜지 부분이 0.002 이상으로 모멘트 성능 향상에 기여하였음을 알 수 있다. 하지만 전단머리의 길이가 $0.135m$ 인 경우에는 전단머리의 인장력을 받는 플랜지 부분의 변형률이 크지 않아 모멘트 성능에 차이를 나타내었다. 전단머리의 길이가 $0.27m$ 이상인 경우에는 접합부의 이력거동이 유사하게 나타났다.

슬래브 두께가 증가함에 따라 초기강성이 급격히 증가하였고 모멘트 강도도 증가하였다. 이것은 슬래브의 두께가 증가함에 따라 접합부의 잠재성능이 증가할 뿐만 아니라 압축력을 받는 콘크리트의 단면이 커지는데 이는 콘크리트의 압축파괴를 지연시켜 성능이 증가한다.

5. 결론

본 연구에서는 CFT 기둥-RC 무량판 슬래브 내부접합부의 성능에 대한 비선형 해석을 실시하여 해석변수에 따른 접합부 성능 발현의 차이를 다음과 같이 분석하였다.

- (1) CFT 기둥-RC 무량판 내부접합부는 슬래브 유효폭 내에 배근된 철근이 항복하기 전까지는 강성의 변화가 거의 없다가 유효폭 내의 철근의 항복함에 따라 모멘트 재분배로 인하여 강성이 감소하였고 종국에는 콘크리트 파괴로 인하여 접합부가 파괴되었다.

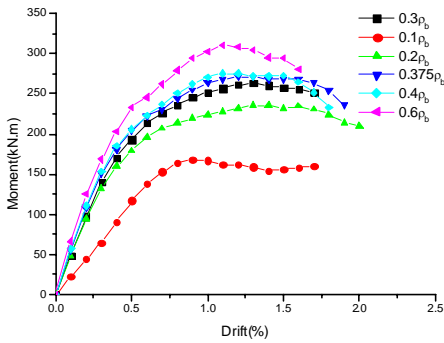


그림 9 철근비에 따른
모멘트-횡변위비 곡선

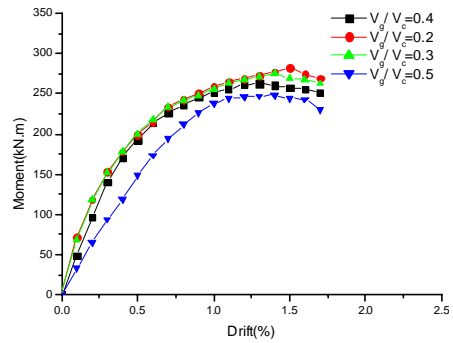


그림 10 중력하중비에 따른
모멘트-횡변위비 곡선

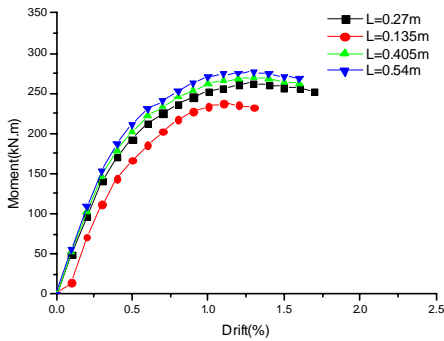


그림 11 전단머리의 길이에 따른
모멘트-횡변위비 곡선

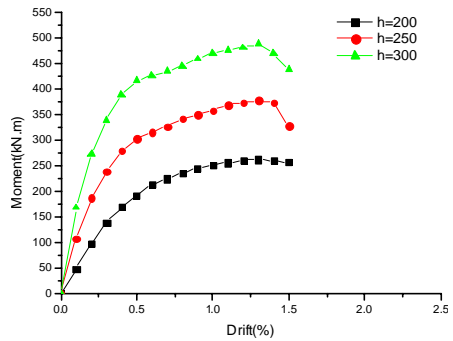


그림 12 슬래브두께에 따른
모멘트-횡변위비 곡선

- (2) 유효폭 내에 배치되는 철근은 철근비가 증가함에 따라 접합부의 모멘트 강도는 증가하지만 연성능력은 떨어진다.
- (3) 중력하중이 증가할 때 모멘트 강도와 연성능력이 감소하였다.
- (4) 전단머리는 접합부의 모멘트 성능을 향상시키며 전단머리의 길이가 0.27m 이상인 경우에는 접합부의 이력거동이 유사하게 나타났다.
- (5) 슬래브의 두께가 증가할수록 초기강성 및 모멘트 강도가 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 건설핵심기술연구개발 사업(05 R&D 건설핵심 D02-01)과 2008년 교육과학기술부의 지원을 받아 수행된 연구임(지역거점연구육성사업/바이오하우징연구사업단)

참고문헌

1. ATENA MANUAL, Cervenka Consulting
2. 송진규, 송호범, 오상원, 이철호, “CFT 기둥-RC 무량판 슬래브 접합부의 횡저항 성능”, 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집 제 20권 1호, 2008.
3. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Reinforced Concrete(318-05) and Commentary (318R-05)”, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2005 pp181-183