

강판으로 외부 보강된 철근콘크리트 기둥의 중심축력 거동에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Axial load Behavior of Reinforced Concrete Column Reinforced by External Steel Plate

윤 승 조*
Yoon, Seung-joe

Abstract

As reinforcing materials for reinforcement of reinforced-concrete structures recently used under domestic situation, by using textile and steel sheets, reinforcing method of attaching and anchoring to previous structures has been used. This kind of previous reinforcing-engineering has been a problem affected by diverse factors such as function of an epoxy which lies in sphere and state of construction, etc. Especially, this method has problems that it makes evaluating the suitability of reinforcement hard after completing reinforcement and the effect of reinforcement starts as additional weight and deformation occur on reinforcing materials. Therefore, in this study, inadequate parts in previous engineering construction-feasibility and the acquisition of reinforcing function should be improved. This study is for finding precise functions and evaluation. In addition, the structural functionality can be more effective than that of new building when the binding effect is added to previous deteriorated buildings or earthquake-preventive structures by using proposed reinforcing engineering. In this study, the dynamic movement of concrete bounded by steel plate on reinforced-concrete column the external sides of which were reinforced by steel plate has been evaluated as a case of confining engineering. Total four different experimental objectives were made and the strain of each constrained concrete was determined by the thickness of the steel plate between reinforcing materials have been checked.

키워드 : 중심축력, 외부 보강, 철근콘크리트 기둥, 강판
Keywords : Axial Load, Reinforced by External, Reinforced Concrete Column, Steel Plate

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 주차 공간 확보 및 미관적 이유로 국내 전체 건축물 710만동 중 필로티 구조는 3.3 %인 24만 여동으로 집계되고 있다. 이중 85 %인 20만 여동이 아파트, 빌라 등 주거용 건물로 사용되고 있다.¹⁾ 그러나 필로티 구조는 외부 충격 및 지진 같은 자연재해에 무방비 하며, 최근 국내 경주 및 포항지진 등 강진에 의한 필로티 구조의 붕괴로 국민들의 불안감이 고조되며 한반도는 더 이상 지진 안전지대로 볼 수 없다. 국내 내진설계 의무규정은 1988년도 도입이후 꾸준히 강화되고 있고, 2017년 개정을 통한 2층 이상 또는 200 m² 이상인 모든 건축물은 내진 설계를 의무화하는 등 더욱더 내진설계 및 내진 보강에 관한 규준이 강화될 전망이다.²⁾

현재 국내 내진보강 전문가들은 재래식 보강공법으로 간주한 강판을 이용한 보강공법을 일반적으로 적용하고 있고, 학회에서는 강판 보강공법을 제안하는 추세에 있다. 강판 보강공법은 RC 기둥의 연성과 강도증가가 매우 증가될 수 있는 장점을 보였다.

하지만 기존 보강공법은 보강재의 성능보다는 이를 구체와 접합시키는 에폭시의 성능과 시공상태 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 공법의 시공성 및 보강성능 확보에 대한 미비한 부분을 개선하여 중심축하중 실험을 통한 명확한 보강효과를 규명하고, 제안된 보강공법에 의해 구속된 콘크리트의 응력변화에 관계평가를 목적으로 한다. 또한 제안된 보강공법을 사용하여 기존 노후화된 건축물이나 비내진 상세를 갖는 구조물에 구속효과를 추가하는 경우 신축건물과 동등 이상의 구조성능이 확보될 것으로 사료된다.

1.2 연구의 방법 및 절차

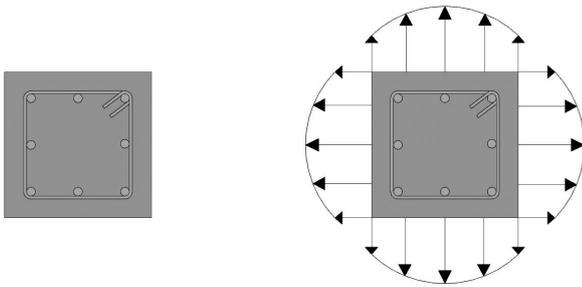
본 연구에서는 강판 보강공법의 일환으로 에폭시와 용접 작업을 생략한 강판으로 외부 보강된 철근콘크리트 기둥에 의해 구속된 콘크리트의 역학적 거동을 평가하였다. 실험체는 총 4개를 제작하여 강판두께에 따른 실험체에 가해지는 구속력에 따른 보강효과, 하중증가에 따른 콘크리트 압축 성능평가와 보강재 간격에 따른 구속 콘크리트의 변형률을 검토하였다.

* 한국교통대 건축공학과 교수, 공학박사

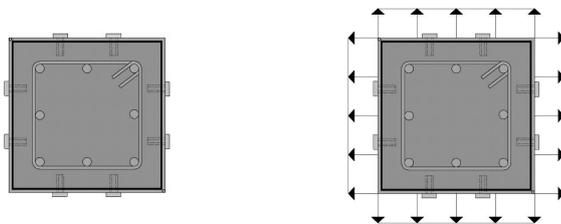
2. 이론적 고찰

2.1 구속 콘크리트

외부 강판으로 보강된 기둥의 축력에 의한 메카니즘을 Fig 1에 나타냈다. Fig 1 (a)에서와 같이 띠철근에 의해 구속되어진 콘크리트의 단면적은 Fig 1 (b)에서 강판을 도입한 외부응력에 의해 콘크리트의 구속효과는 증가 될 것으로 사료된다.



(a) None reinforced concrete columns section shape



(b) Reinforced concrete column reinforced by external steel plate

Figure 1. Prediction of Reinforced Concrete Column Stress Relationship

3. 실험

3.1 실험체 계획 및 제작

Table 1에 실험체 일람을 나타냈다. 철근콘크리트 기둥에 보강 강판 두께에 따른 기둥의 내력변화를 연구하기 위하여 중심 축력을 가하는 실험체를 제작하였다.

Fig 2는 실험체의 형상·치수 및 배근 상황을 나타냈다. 실험체 단면은 200 mm × 200 mm(B × D), 높이 800 mm에 중앙부의 400 mm 구간을 실험구간으로 설계하였다. 양단부의 비 실험구간에는 편심축력에 의한 국부 파괴를 방지하기 위하여 띠철근 간격을 조밀히 배근하였으며, 강판을 사용하여 양단부에 2점으로 보강하였다. 콘크리트의 피복은 주근의 중심으로 25 mm, 주근은 8-D10, 횡 보강근은 D6@100 간격으로 일정하게 배근하였다. 여기에서 횡 보강 근의 간격은 대한건축학회 내진기준(D/2)을 만족하도록 배근하였다. 콘크리트 설계강도는 24 MPa로 설계하였으며, 압축강도 실험결과는 25.8 MPa로 나타났다. 철근의 경우, 주근으로 사용된 D10의 항복강도 및 인장강도는 각각 422 MPa, 555 MPa 나타났다. 띠철근으로 사용된 D6의 경우는 항복강도 및 인장강도는 각각 388 MPa, 423 MPa로 나타났다.

Table 1. Specimen list

Specimen name	Compressive strength (MPa)	d_b	Steel plate thickness (mm)
C-24-10-0.0	24	8-D10	-
C-24-10-4.5			4.5
C-24-10-5.0			5.0
C-24-10-6.0			6.0

Note) In the test specimen 12C-0-0-100, C is Column, 24 is Compressive strength, 10 is Diameter of main bar(mm), 0 is the Thickness of steel plate(mm) d_b is Types of rebar

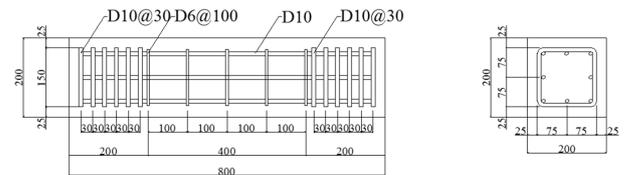


Figure 2. Shape and dimensions of the specimen

3.2 가력 및 측정방법

본 실험은 2,000 kN용량의 만능시험기(U.T.M)를 사용하여 1분당 0.4 mm 변위의 속도로 중심축 하중을 가하였다. Fig 3에서는 실험체 설치상황을 나타냈다.

하중 가력 시 실험체 전체의 변위를 측정하기 위하여 200 mm 변위계를 실험체 4면에 설치하였으며, 횡방향 변위를 측정하기 위하여 실험구간의 중앙부에 200 mm 변위계를 각각 설치하였다. 그리고 강판으로 구속된 콘크리트의 변형율을 측정하기 위하여 실험구간 4면 중앙에 콘크리트 게이지(C.S.G)를 부착하였다. 주근 및 띠철근의 변형도는 매립된 스트레인게이지(W.S.G)를 사용하여 측정하였으며 측정 데이터 값 기록은 Date Logger에 의해 자동 기록하였다. 주근 및 띠철근의 변형도는 스트레인게이지(W.S.G.)로 측정하였다. 스트레인게이지와 변위계의 변형은 Data Logger에 의하여 기록하고 스트레인게이지의 부착위치는 같다.



Figure 3. Test setup

3.3 하중증가에 따른 콘크리트의 압축 성능평가

현행규준에서는 Richart, Brown, Hognestad 등의 연구 결과에 근거하여 Equation 1에 나타난 바와 같이 콘크리트에 작용하는 하중과 철근에 하중을 산정하여 다음의 Equation 1에 의해 철근 콘크리트기둥의 최대강도를 산정하고 있다.

$$P_o = \phi f_{ck} (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \quad (1)$$

여기서, ϕ 는 강도 감소계수 0.8, f_{ck} 는 최대 콘크리트 응력, A_g 는 콘크리트와 철근의 단면적, f_y 는 철근의 항복 강도, A_{st} 는 단면내의 철근의 총 단면적이다.

4. 실험 결과

4.1 최종파괴 양상

Fig 4는 각 실험체의 파괴양상을 나타냈다. 무보강 실험체는 균열이 발생한 후 주근이 항복하면서 최대하중에 도달 후 급격하게 파괴되는 현상을 나타냈다. 보강된 모든 실험체는 전반적으로 주근이 항복한 후 하중의 증가에 따라 강판의 저항에 의해 최대하중에 도달하였으며, 이후 강판의 파괴 후 콘크리트의 취성 파괴로 이어지는 파괴양상을 보였다.

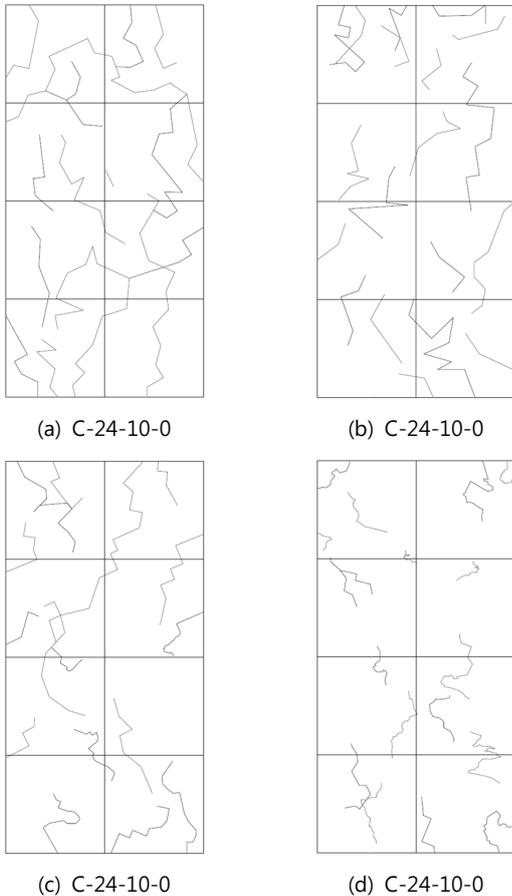


Figure 4. Final failure pattern

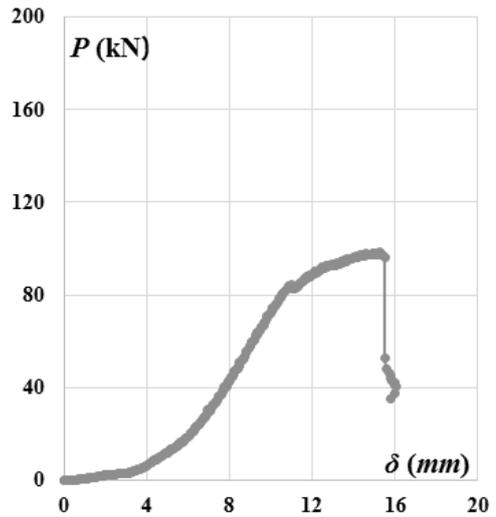
4.2 하중-변위 곡선

Table. 2는 실험 결과를 나타냈다. Fig 5는 강판 두께에 따른 하중-변위 관계를 나타냈다. 보강된 실험체 C-24-10-4.5, C-24-10-5.0, C-24-10-6.0 은 무보강 실험체보다 각각 최대하중 1.22 배, 1.51 배, 1.68 배 증가하였다. 보강된 모든 실험체는 항복 하중 이후에도 하중이 급격히 변화하지 않고 연성적 거동을 하는 양상을 보였다.

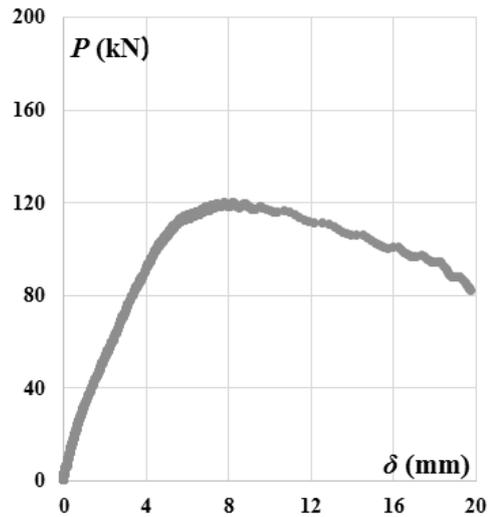
Table 2. Results of compressive strength test

Specimen name	P_{max}	P_y	δ_{max}	δ_y	P_{max} increase
	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	
C-24-10-0.0	98.48	84.33	15.24	11.34	-
C-24-10-4.5	120.40	102.32	8.20	4.64	1.22
C-24-10-5.0	149.06	126.89	5.67	2.86	1.51
C-24-10-6.0	166.26	141.40	9.48	4.4	1.68

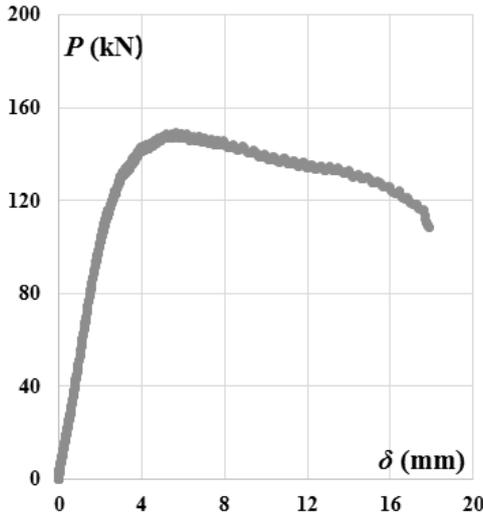
Note) P_{max} : maximum load, P_y : yield load, δ_{max} : displacement at maximum load, δ_y : displacement at yield load



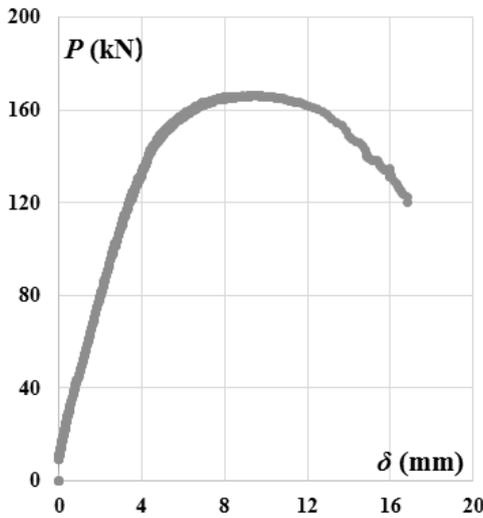
(a) C-24-10-0



(b) C-24-10-0



(c) C-24-10-0



(d) C-24-10-0

Figure 5. Load-displacement relationship

4.3 강성 및 연성능력 평가

Fig 6은 각 실험체별 강성을 비교하여 나타냈다. 강성 평가는 각 실험체의 최대하중 시의 변위와 최대하중의 비로 산정하였고, 보강된 모든 실험체군은 강성이 증가하였으며, 그 중 강판 두께 5.0 mm로 보강된 실험체 C-24-10-5.0 실험체의 강성이 가장 높게 평가 되었다.

Fig 7은 각 실험체별 연성능력을 비교하여 나타냈다. 연성능력 평가는 Equation (2)에 의해 평가하였고, 각 실험체의 연성능력의 큰 차이점은 보이지 않았지만, 보강된 실험체군의 연성능력이 다소 높게 나타났다.

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (2)$$

여기에서, μ 는 연성능력, Δ_u 는 최대하중 시 변위와 Δ_y 는 항복하중 시 변위를 의미한다.

Stiffness (kN/mm)

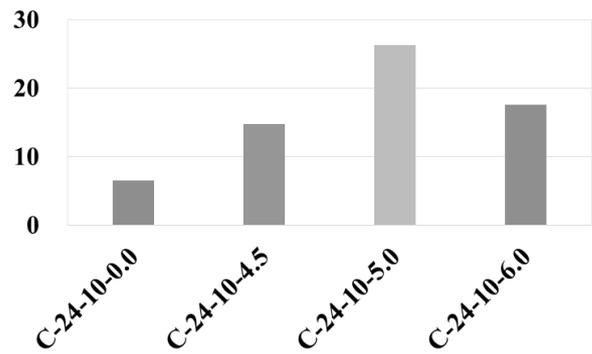


Figure 6. Stiffness evaluation of specimens

Ductility

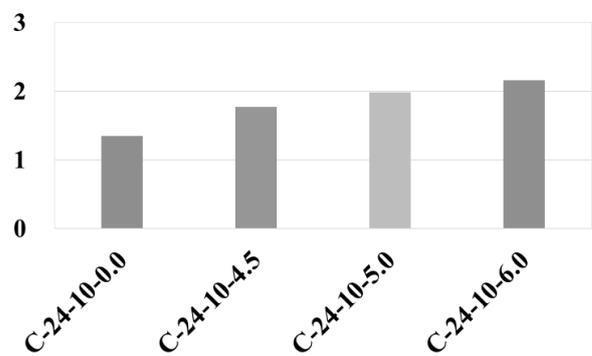


Figure 7. Ductility evaluation of specimens

4. 결론

1. 무보강 실험체는 균열이 발생한 후 주근이 항복하면서 최대하중에 도달 후 급격하게 파괴되는 현상을 나타냈다. 보강된 모든 실험체는 전반적으로 주근이 항복한 후 하중의 증가에 따라 강판의 저항에 의해 최대하중에 도달하였다.

2. 무보강 실험체 보다 보강된 실험체 C-24-10-0.0은 1.22 배, C-24-10-5.0은 1.51배, C-24-10-6.0은 1.68 배 높은 최대강도를 나타냈다.

3. 보강된 모든 실험체군은 강성이 증가하였으며, 그 중 강판 두께 5.0 mm로 보강된 실험체 C-24-10-5.0 실험체의 강성이 가장 높게 평가 되었다. 연성능력평가에서는 보강된 실험체군의 연성능력이 다소 높게 나타났다.

REFERENCES

- 1 Ministry of Construction and Transportation. (2018), *The 2018 Population and Housing Census*.
2. National Security Agency. (2017), *Seismic Design Criteria for Buildings*.