

유한요소해석을 통해 프리캐스트 콘크리트 접합부를 고려한 플랫플레이트의 뚫림전단강도 평가

Evaluation of the Punching Shear Strength of Flat Plate with Precast Concrete Connection Using Finite Element Analysis

조성원
Cho, Seong-Won

* 한양대 건축공학과, 석사과정

이문석
Lee, Moon-Seok

** 한양대 건축공학과, 박사과정

손동희
Son, Dong-Hee

*** 한국교통대 건축공학과, 조교수

배백일
Bae, Baek-II

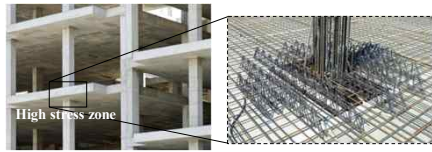
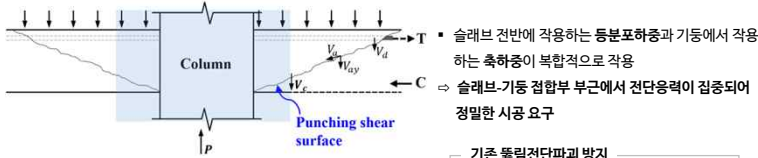
**** 한양사이버대, 건축도시공학과 부교수

최창식
Choi, Chang-Sik

***** 한양대 건축공학과, 교수

I. 연구 배경 및 목적

기존 뚫림전단보강



- 슬래브 전면에 작용하는 등분포하중과 기둥에서 작용하는 축하중이 복합적으로 작용
- 슬래브-기둥 접합부 부근에서 전단응력이 집중되어 정밀한 시공 요구

기존 뚫림전단파괴 방지

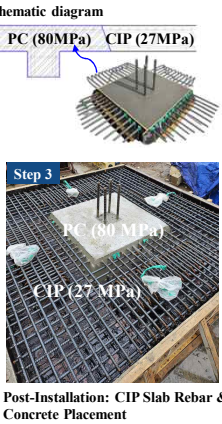
- Stud rail, closed stirrup, headed stud bent-up bar 등
- 기둥 주변에 전단보강재 배근

한계점

- 철근의 복잡한 배근, 시공오차 및 보강재 누락
- 타설 성능 미확보
- 품질 관리의 어려움

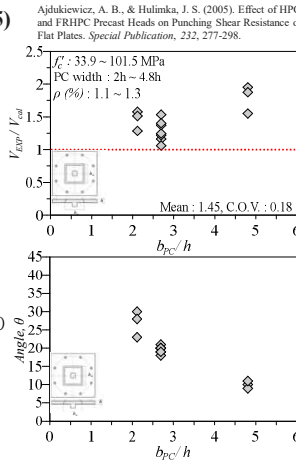
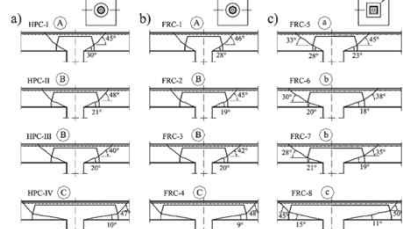
PC(Precast Concrete) 접합부

- 기존 뚫림전단 보강방식의 한계점 보완
- 전단응력이 집중되는 슬래브-기둥 접합부에 공장에서 제작된 고강도 프리캐스트 콘크리트 접합부 적용
- 현장 시공의 품질 편차 감소
- 복잡한 상세가 요구되는 슬래브-기둥 접합부 부근에서의 시공 품질 개선
- 기존 뚫림전단 보강 방식에서 발생하는 현장 시공 오차의 감소 기대



기존 연구 분석

Ajdukiewicz, A. B., & Hulimka, J. S. et al., (2005)

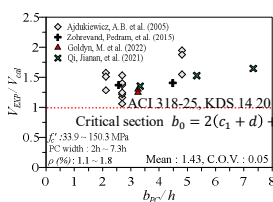


- PC 접합부를 삽입한 플랫플레이트 슬래브 총 16개 실험적 연구 수행
- 콘크리트 압축강도 33~120 MPa 범위 내에서 PC 접합부의 상대크기(b_{PC}/h)가 2.1에서 4.8로 증가함에 따라 전단강도가 증가
- PC 접합부의 상대 크기에 따라 전단균열각이 약 30°에서 9°까지 감소
- 측 현행 설계기준에서 일반적으로 가정하고 있는 45° 균열각 기반 뚫림전단강도 평가 시 과도하게 보수적으로 평가
- PC 접합부의 면적이 전단저항에 큰 영향이 미치는 것을 강조

De Sousa, Alex MD, et al.(2021)

- 비선형 유한요소해석을 통해 PC 접합부가 삽입된 슬래브의 뚫림전단강도 평가
- PC 접합부의 너비가 0.5h → 2h로 증가 시 뚫림전단강도 98~108% 증가
- 뚫림전단강도 산정 시 PC 접합부의 너비를 고려할 필요 있음

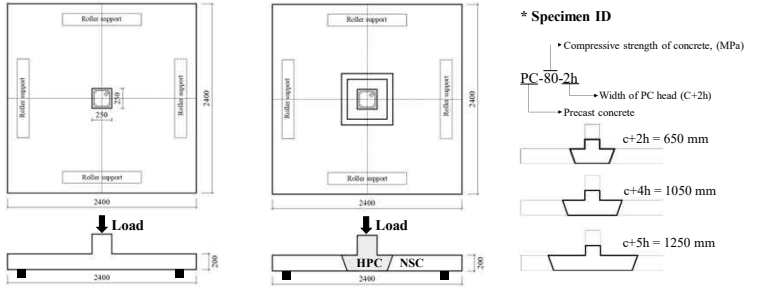
연구 목적



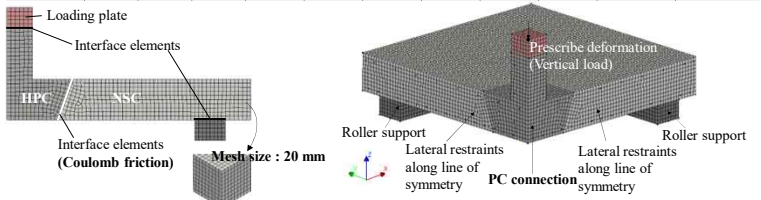
- 선형 연구들을 종합한 결과, PC 접합부의 너비가 증가할수록 플랫플레이트의 뚫림전단강도 증가
- 그러나 현행 설계기준(ACI 318-25, KDS 14 20 22)으로 가정된 위험단면으로 설계 시 접합부 너비가 반영되지 않아 보수적으로 평가

연구 목적 : 플랫플레이트 내부에 적용된 PC 접합부의 너비를 반영한 설계 필요

II. 해석 계획



Specimen	L_C (mm)	h (mm)	d (mm)	c (mm)	PC head Width (mm)	$f_{ck, NSC}$ (MPa)	$f_{ck, HPC}$ (MPa)	E_C (MPa)	f_y (MPa)	E_s (MPa)	Flexural reinforcement
RC					-	27.1	-	25222.9			
PC-80-2h	2400	200	180	250	650		76.4	32,050.2	560.1	208,000	D16@70
PC-80-4h					1050						
PC-80-5h					1250						



Material modeling

Concrete

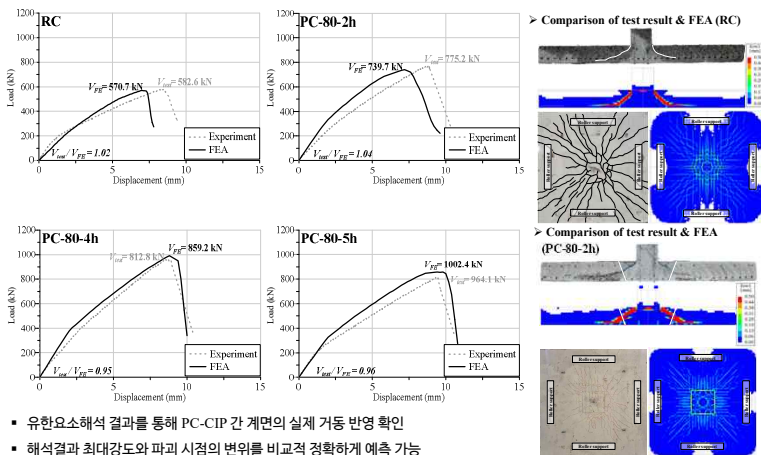
- compression behavior : Thorenfeldt(1987)
- tension behavior : JSCE Tension softening

Reinforcement

- Von Mises Criteria
- Cohesion : 1.21 N/mm²
- Friction angle : 63.66°
- Dilatancy angle : 0°

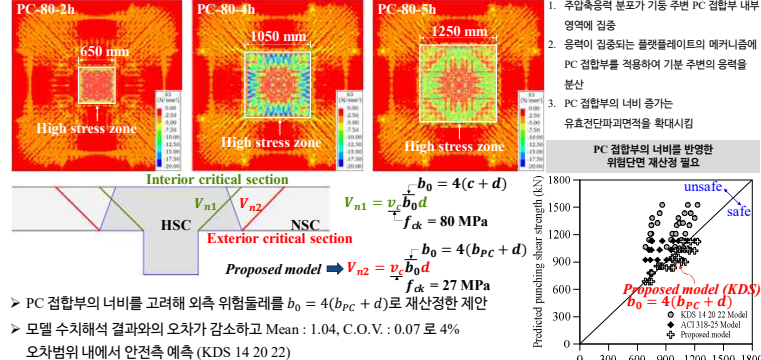
Coulomb friction

III. 해석 결과



- 유한요소해석 결과를 통해 PC-CIP 간 계면의 실제 거동 반영 확인
- 해석결과 최대강도와 파괴 시점의 변위를 비교적 정확하게 예측 가능
- 균열양상 또한 상, 하부 발생하는 양상 확인

Principal compressive stress results from FEA



IV. 결론

- 플랫플레이트 내부에 적용된 PC 접합부의 너비 증가에 따른 위험단면의 증가를 반영하지 못함
- 제한된 위험단면은 뚫림전단강도를 정량적으로 개선된 정확도로 예측할 수 있음에도 불구하고 추후에는 전단균열각 변화를 동시에 고려하는 메카니즘 기반 설계모델을 도입하여 뚫림전단설계를 보다 합리적으로 수행할 필요가 있음