

이방향 슬래브의 구조성능 향상을 위한 배근상세의 제안

Proposed Detailing of Reinforcement to Enhance the Structural Performance in Two-way Slab System

윤 영 수*
Yoon, Young Soo

데니스 미첼**
Denis Mitchell

최 응 규***
Choi, Eung Kyoo

최 한 태****
Choi, Han Tae

ABSTRACT

To overcome the common deficiencies found in such two-way slabs, such as excessive cracking around columns, excessive deflections and low punching shear strength, it was proposed to investigate the strategic reinforcing steel distribution detailings. Concentration of the top mat of flexural reinforcement results in a higher punching shear resistance, higher post cracking stiffness, a more uniform distribution of strains in the top bars and smaller cracks at all levels of loading.

1. 서론

통상적으로 철근콘크리트 기둥은 지지하는 바닥슬래브보다 고강도인 콘크리트로 만들어진다. 시공시에 슬래브는 보통 슬래브-기둥 접합부분을 포함해 연속적으로 콘크리트가 타설되고, 그 결과 슬래브 윗부분 기둥의 하중이 강도가 낮은 슬래브 콘크리트 층을 통과해서 아랫부분 기둥에 도달하게 된다. 그러한 샌드위치 구조의 슬래브 설계시 휨 모멘트에 저항하는 철근배근을 통상적으로 균일하게 하고 있다. 그러나 기둥주위에 편칭전단력과 그로 인한 균열의 집중 등이 문제점으로 야기되고 있고, 비보수적 설계가 되기 쉬운 단점이 있다. 그러한 슬래브의 구조성능을 향상시키기 위하여 기둥주위에 철근을 집중적으로 배근시키는 방법을 제안하고자 하며, 실제로 경제적 및 구조거동 측면에서 많은 잇점이 발견되고 있다.

본 연구에서는 슬래브의 철근을 ACI95⁽¹⁾ 및 CSA94⁽²⁾의 규준을 따라 배근하여 실물 크기의 실험을 수행하고 그 구조적 거동을 하중에 따른 처짐, 균열, 파괴양상, 그리고 변형률 측면으로 분석하였다.

*정회원, 고려대학교 토목환경공학과 조교수

**캐나다 맥길대학교 토목공학과 교수

***정회원, 삼성물산 건설부분 기술연구소 수석연구원

****정회원, 고려대학교 토목환경공학과 대학원

2. 실험

2.1 시험체 계획

본 연구에서는 이방향 슬래브의 실물크기실험을 위해 다음 그림 1과 같이 25mm의 콘크리트 덮개를 갖는 150mm두께의 슬래브와 30mm의 콘크리트 덮개를 갖고 한 변이 225mm인 정방형의 내부기둥으로 이루어진 시험체를 제작하였다.

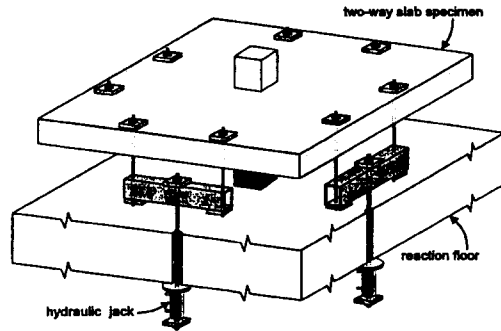
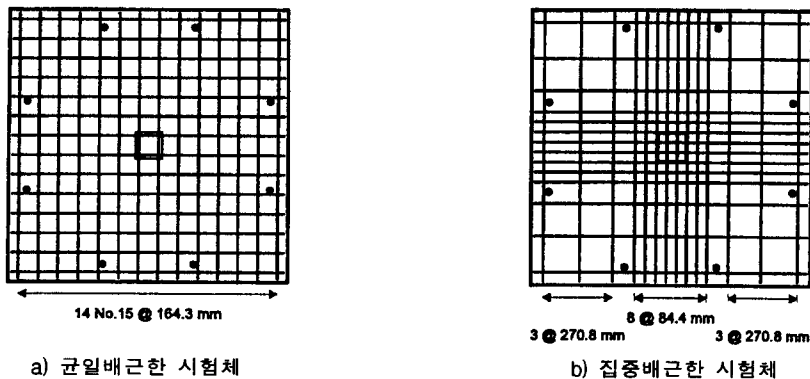


그림 1 이방향 슬래브 시험체

실물모형 시험체는 National Building Code(NBCC 1995)⁽³⁾ 규준을 따라 사하중 1.2kPa, 활하중 4.8kPa을 적용하고, 컴퓨터 프로그램 ADOSS⁽⁴⁾를 이용하여 설계되었다. 슬래브에 사용된 콘크리트의 강도는 30MPa인 반면 슬래브가 경화된 후 타설된 기둥 콘크리트의 강도는 80MPa로써 샌드위치 기둥으로 타설하였다.

본 시험체는 슬래브에 일정한 간격으로 철근을 배근한 경우와 같은 양의 철근을 기둥 주위에 집중적으로 배근한 경우로 나누어서 실험하였다. 그리고, 사용하중 하에서 균열에 대한 저항성능과 편칭전단강도를 관찰하기 위하여 휨강도는 충분히 만족시킬 수 있도록 철근을 배근하고, 상대적으로 기둥의 크기는 작게 하여 편칭전단파괴를 유도할 수 있도록 제작되었다. 슬래브의 철근배근은 그림 2와 같이 ACI95의 규정을 따라 일정한 간격으로 슬래브 상부에 철근을 배근한 경우(NSC-U시험체)와 CSA94의 규정을 따라 같은 양의 철근을 기둥 주위에 집중적으로 배근한 경우(NSC-B시험체)로 실험하였다. 사용된 철근은 양 방향으로 No.15(D16) 철근을 14개씩 각각 배근하였고, 슬래브 하부에는 No.10(D11) 철근을 배근하였다.



a) 균일배근한 시험체

b) 집중배근한 시험체

그림 2 상부슬래브 배근상세

2.2 재료 특성

본 실험에 사용된 콘크리트의 배합과 응력-변형률 관계, 그리고 사용된 철근의 특성과 응력-변형률 관계는 참고 문헌 5에 상세히 설명되어 있다.

2.3 시험체 설치 및 측정장치

그림 1에서와 같이 시험체는 8개의 등집중하중으로 재하되며 각 유압잭에 로드셀을 설치하여 하중을 측정하였고, 처짐량을 측정하기 위해 각 하중점에 LVDT를 설치하였다. 또한 철근의 변형률을 측정하기 위해 그림 3에서와 같이 각 방향으로 변형률 게이지를 매설하였다.

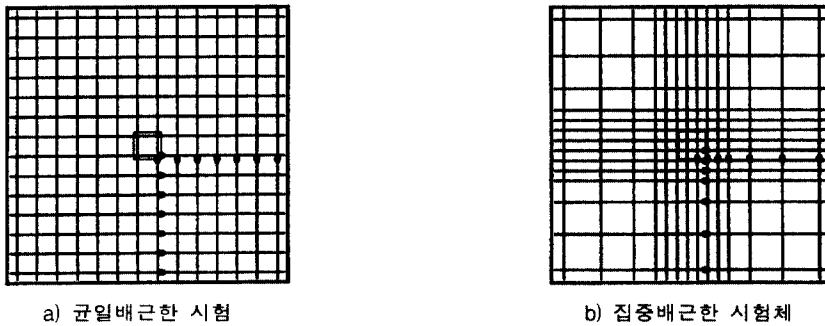


그림 3 변형률 측정 위치

시험 중에는 주요 하중단계마다 하중에 따른 처짐, 균열의 형태와 균열폭, 그리고 변형률 상태 등을 검토하였다.

3. 실험결과 및 고찰

2개의 이방향 슬래브-기둥 시험체로부터 각각 3개의 그래프를 얻을 수 있었다. 우선 각 가력점의 LVDT로부터 측정한 값으로부터 하중-처짐 곡선을 구하였고, 철근에 부착한 변형률 게이지로부터 하중에 따른 변형률 값을 얻을 수 있었다. 또한 하중을 가하면서 균열발생 시기로부터 일정 하중마다의 균열폭을 측정하였다.

3.1 하중-처짐 관계

표 1 슬래브-기둥 시험체의 하중-처짐 관계

시험체		초기균열	총사용하중	극한강도	초기항복점
NSC-U	하중(kN)	80	214	306	218
	처짐(mm)	1.3	9.9	17.2	9.9
NSC-B	하중(kN)	78	214	349	273
	처짐(mm)	1.0	7.8	15.3	10.7

앞 페이지의 표 1과 다음 그림 4는 2개의 시험체로부터 얻은 하중-처짐 관계를 비교한 것이며, 초기균열하중은 두 시험체 모두 비슷하게 나왔으나, 철근 항복시의 강도 및 콘크리트의 극한 강도는 기둥주위에 철근을 집중 배근한 경우가 우수함을 알 수 있다.

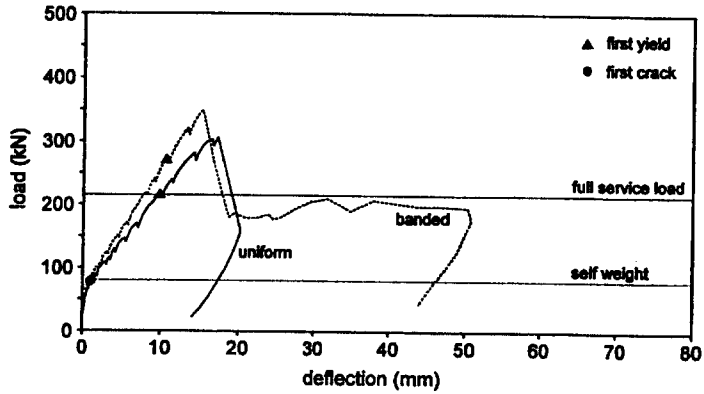


그림 4 슬래브-기둥 시험체의 하중-처짐 곡선

철근을 기둥주위에 집중 배근함으로써 얻어지는 두드러진 효과는 콘크리트의 연성증가와 편칭전단강도의 증가를 들 수 있다. 그림 4에서와 같이 콘크리트의 초기파괴는 두 시험체 모두 급작스러운 양상을 보였으나, 기둥주위에 집중 배근한 경우 콘크리트의 편칭전단파괴까지 많은 연성을 보유하고, 파괴면이 기둥으로부터 훨씬 먼 곳에서 발생함을 알 수 있다.

3.2 철근의 변형률 분포

다음 그림 5는 총 사용하중 및 극한하중 상태에서 각 철근에 매설된 변형률 게이지로부터 구한 철근의 변형률 분포를 나타내고 있다.

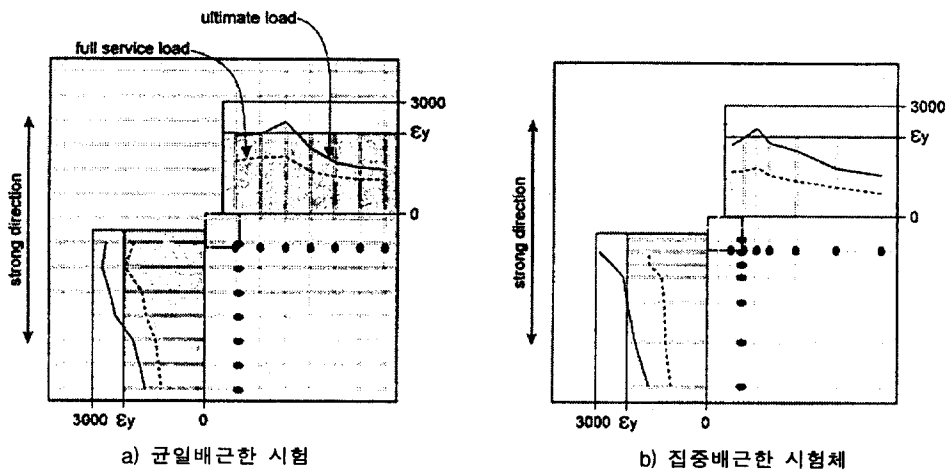
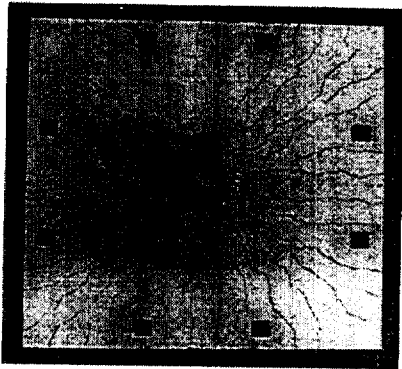


그림 5 철근의 변형률 분포

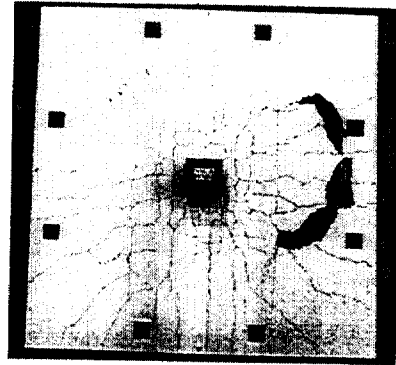
이방향 슬래브의 경우 작용하는 휨모멘트는 기둥주위로 갈수록 커지므로, 그림 5에서 기둥주위에 철근을 집중 배근한 경우 변형률 분포가 균일하게 배근한 경우보다 전반적으로 낮은 분포를 나타내고, 또한 전체적으로 비교적 균등하게 나타남을 알 수 있다.

3.3 균열양상과 최대균열폭

다음 사진 1은 파괴시에 각 시험체의 균열양상을 나타내고 있으며, 표 2와 그림 6은 철근을 집중 배근한 지역과 외부 지역의 최대균열폭을 나타내었다.



a) 균일배근한 시험

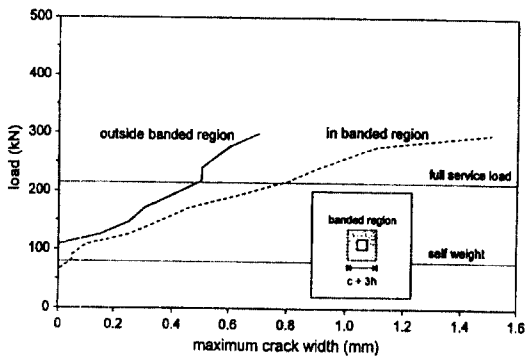


b) 집중배근한 시험체

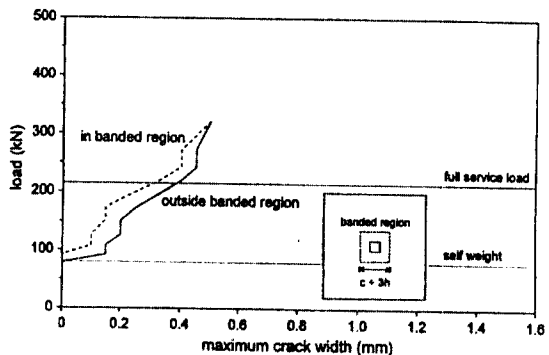
사진 1 파괴시 시험체의 균열양상

표 2 총 사용하중 하에서 최대균열폭

시험체	총 사용하중 하에서 최대균열폭(mm)	
	철근을 집중배근한 지역	그 외 지역
NSC-U	0.80	0.50
NSC-B	0.35	0.40



a) 균일배근한 시험



b) 집중배근한 시험체

그림 6 하중에 따른 균열폭 관계

사진 1에서와 같이 기둥주위에 철근을 집중 배근한 경우는 균일하게 배근한 경우와 비교하여 오히려 잔균열이 많으나 그 균열폭은 작음을 알 수 있고, 편칭전단파괴도 기둥으로부터 먼 곳에서 발생함을 알 수 있다. 또한, 최대균열폭은 기둥주위에 철근을 집중 배근한 경우가 지역에 상관없이 전단면에 걸쳐 균일하게 나타나 연성측면에서 좋은 결과를 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구는 슬래브 철근배근의 구조성능을 향상시키기 위하여 통상적으로 균일하게 배근하여 설계해왔던 ACI95 방법과 기둥주위에 철근을 집중적으로 설계하는 CSA94 방법으로 실험대기실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 슬래브-기둥 구조에서 슬래브의 철근배근을 기둥주위에 집중배근한 경우가 균일하게 배근한 경우보다 높은 편칭전단 저항강도를 갖고, 연성이 증가하였다.
- 2) 슬래브에 철근을 집중배근한 경우가 균일배근한 경우보다 상부철근의 변형률이 슬래브 전체에 걸쳐 균일하며 낮은 분포를 나타내고, 또한 전단면에 걸쳐 균열은 많이 발생되었으나 균열폭이 작음을 알 수 있다.

이상의 결론을 토대로 슬래브-기둥 구조에서 통상적으로 슬래브의 철근배근을 균일하게 배근하는 설계보다는 기둥주위에 집중배근하는 것이 구조성능 측면에서 많은 잇점이 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. American Concrete Institute (ACI) 1995. Building Code Requirement for Reinforced Concrete and Commentary (ACI 318-95 and ACI 318R-95). Detroit, Michigan, 369 p.
2. Canadian Standards Association (CSA) 1994. CSA A23.3-94, Design of Concrete Structures. CSA, Rexdale, Ont., 220 p.
3. Associate Committee on the National Building Code (NBC) 1995. National Building Code of Canada 1995 (NBCC), National Research Council of Canada, Ottawa, 571 p.
4. Canadian Portland Cement Association (CPCA) 1991. "Analysis and Design of Slab System" (ADOSS), Ottawa.
5. 윤영수, 데니스미첼, 최용규, 박성균. "슬래브의 효율적인 구조거동을 위한 강섬유보강 콘크리트의 부분적 활용에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회 1998년도 봄 학술발표회, 1998. 5.