

보 상부철근의 슬래브 내 분산배근에 따른 휨강도의 수치해석적 연구

박정현^{1*}

A Numerical Study on Flexural Strength with the Spreading of Upper Reinforcement of Girder into the Adjoining Slab

Jung-Hyun Park^{1*}

요약 본 논문은 슬래브내의 보 상부철근의 영향을 파악하기 위한 해석적 연구로 슬래브가 있는 보-기둥 접합부에서 기존의 설계방법인 직사각형 단면 내에 상부철근을 2단으로 배근한 보와 동일량의 상부철근을 직사각형 단면에 1단만 배근하고 나머지는 보의 적정 플랜지폭 내에 분산 배치하여 상부철근의 배치에 따라 보의 휨 강도가 어떻게 변화하는지를 정량적으로 평가할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 연구 목적을 수행하기 위하여 상용화된 범용 구조해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 모델링하고, 비선형 구조해석을 실시하였다.

플랜지폭, 플랜지(슬래브)두께 및 상부 플랜지내에서의 철근의 위치 등을 변수로 한 수치해석을 통하여 보의 최대내력을 비교·검토했던 결과, 플랜지폭의 영향은 상부 인장철근을 1단으로 직사각형 단면에서 멀리 배치할수록 내력차이가 증가하는 것을 확인하였으며, 플랜지폭이 동일한 계열에서 내력이 증가되는 비율은 플랜지두께의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났고, 상부 인장철근의 위치에 따른 내력은 슬래브두께가 증가할수록 내력의 차이가 줄어드는 것으로 나타났다.

Abstract The study of girder-to-column joints under experiment and numerical analysis was carried out to evaluate change of the flexural capacity of the joints with the 2-layer upper reinforcement of girder within rectangular section and the single-layered upper reinforcement at the girder flange. According to the analysis results using the flange width, the flange thickness and the location of reinforcements in the upper flange as variables, in the models with a same effective width, the increasing rate of capacity has nothing to do with the flange width with a same effective width. However, the capacity of the models with the upper reinforcements arranged close to the rectangular beam section is larger than that of the models with the upper reinforcements arranged remotely from the rectangular section. If the range of arrangement for reinforcement exceeds the effective width, despite of increasing the flange thickness, the capacity is not increased.

Key Words : effective flange width, slab thickness, 2-layered/single-layered tension reinforcement

1. 서론

철근콘크리트의 보-기둥 접합부에서 보의 상부측이 인장을 받을 때, 보의 휨 강도에 영향을 미치는 슬래브 내에 설치되는 보의 상부철근을 적절하게 제시할 수 있는 기준이 없으며, 기존의 규정은 슬래브가 없는 보와 기둥으로만 구성된 접합부에 대하여 휨 강도를 정의하고 있다. 이렇게 설계적인 측면에서 보의 휨 강도에 대한 슬래

브내의 보 상부철근의 영향을 적절하게 고려하지 않았으며, 시공적인 측면에서는 철근의 밀집으로 인하여 시공의 효율성이 떨어지며 부실한 시공으로 인하여 구조성능이 저하될 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 "ANSYS"[1]에 의한 수치해석을 통하여 설계 및 시공적인 측면에서의 문제점을 해결하고, 응력집중 현상에 의해 많은 균열이 발생하는 보-기둥 접합부에서, 응력을 분포시켜 균열발생이 최소화될 수 있도록 기존의 설계방법인 직사각형 단면 내에 상부철근을 2단으로 배근한 보와 동일량의 상부철근을 직사각형 단면에 1단만 배근하고 나머지는 보의 적정 플랜지폭 내에 분산 배치한 상태에서,

¹배재대학교 건축학부

*교신저자: 박정현(pjh3149@pcu.ac.kr)

표 1. 해석모델의 제원

변수 모델명	플랜지폭 (mm)	플랜지두께 (mm)	상부철근의 배근형태	변수 모델명	플랜지폭 (mm)	플랜지두께 (mm)	상부철근의 배근형태	변수 모델명	플랜지폭 (mm)	플랜지두께 (mm)	상부철근의 배근형태
1. J2b-T-M	3b(810)	95.0	2단배근	13. J3b-T-M	4b(1080)	95.0	2단배근	25. J4b-T-M	5b(1350)	95.0	2단배근
2. J2b-OI-M	3b(810)	95.0	1단배근(내측)	14. J3b-OI-M	4b(1080)	95.0	1단배근(내측)	26. J4b-OI-M	5b(1350)	95.0	1단배근(내측)
3. J2b-OM-M	3b(810)	95.0	1단배근(중간)	15. J3b-OM-M	4b(1080)	95.0	1단배근(중간)	27. J4b-OM-M	5b(1350)	95.0	1단배근(중간)
4. J2b-OE-M	3b(810)	95.0	1단배근(외측)	16. J3b-OE-M	4b(1080)	95.0	1단배근(외측)	28. J4b-OE-M	5b(1350)	95.0	1단배근(외측)
5. J2b-T-L	3b(810)	107.5	2단배근	17. J3b-T-L	4b(1080)	107.5	2단배근	29. J4b-T-L	5b(1350)	107.5	2단배근
6. J2b-OI-L	3b(810)	107.5	1단배근(내측)	18. J3b-OI-L	4b(1080)	107.5	1단배근(내측)	30. J4b-OI-L	5b(1350)	107.5	1단배근(내측)
7. J2b-OM-L	3b(810)	107.5	1단배근(중간)	19. J3b-OM-L	4b(1080)	107.5	1단배근(중간)	31. J4b-OM-L	5b(1350)	107.5	1단배근(중간)
8. J2b-OE-L	3b(810)	107.5	1단배근(외측)	20. J3b-OE-L	4b(1080)	107.5	1단배근(외측)	32. J4b-OE-L	5b(1350)	107.5	1단배근(외측)
9. J2b-T-K	3b(810)	120.0	2단배근	21. J3b-T-K	4b(1080)	120.0	2단배근	33. J4b-T-K	5b(1350)	120.0	2단배근
10. J2b-OI-K	3b(810)	120.0	1단배근(내측)	22. J3b-OI-K	4b(1080)	120.0	1단배근(내측)	34. J4b-OI-K	5b(1350)	120.0	1단배근(내측)
11. J2b-OM-K	3b(810)	120.0	1단배근(중간)	23. J3b-OM-K	4b(1080)	120.0	1단배근(중간)	35. J4b-OM-K	5b(1350)	120.0	1단배근(중간)
12. J2b-OE-K	3b(810)	120.0	1단배근(외측)	24. J3b-OE-K	4b(1080)	120.0	1단배근(외측)	36. J4b-OE-K	5b(1350)	120.0	1단배근(외측)

플랜지 내에 배치한 상부철근이 보의 휨 강도에 미치는 영향을 내력적인 측면에서 적절하게 평가하고자 한다.

2. 해석모델 계획

2.1 일반사항

슬래브가 있는 보-기둥 접합부에서 보 상부철근을 보의 적정 플랜지에 있는 슬래브내에 설치한 해석모델에 대한 설계 및 배근은 ACI 318-99[2] 및 ACI-ASCE Committee 352[3]의 권장 안에 준하여 모두 36개의 모델을 계획하였다.

각 변수들은 해석데이터로서 타당성을 확보하기 위하여 3가지 이상으로 계획하였으며, 모델들의 특성을 살펴보면 보의 플랜지폭을 보폭(b)의 3배(3b), 4배(4b) 및 5배

(5b)로 한 모델[4]을 각각 12개씩 하였고, 플랜지(슬래브)두께가 9.5cm, 10.75cm 및 12cm 인 모델이 각각 12개씩으로 하였다. 그리고 본 연구에서 가장 중요한 변수인 보의 상부철근을 직사각형 단면 내에 2단으로 배근한 모델 9개와 보의 상부플랜지 부분에 위치를 달리하여 1단으로 배근한 모델 27개를 계획하였다. 즉, 본 연구에서는 보의 플랜지폭, 플랜지의 두께 및 철근의 배근방법 등을 변수로 하였으며, 해석모델의 재원인 단면치수와 배근상태는 [표 1] 및 [그림 1]에 정리하였다.[5]

2.2 모델링 요소

수치해석을 위해서는 범용유한요소 해석프로그램을 이용하였으며, 항복이후의 거동을 알아보기 위하여 기하학적 비선형뿐만 아니라 재료적인 비선형을 고려하였다. 콘크리트는 솔리드요소(solid element)로서 모델링하고,

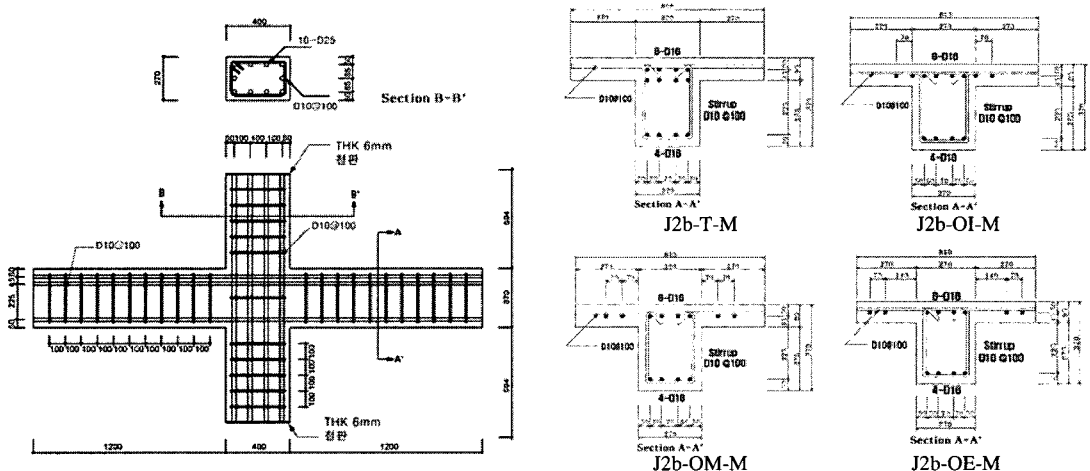


그림 1. 모델의 단면 및 철근배근

철근은 트러스요소(truss element)를 이용하여 모델링하였다.

수치해석적 방법으로 슬래브 내에 상부철근이 배근된 보-기둥 접합부에서 보의 휨내력을 파악하기 위하여, 기하 및 재료 비선형을 고려한 3차원 탄-소성 해석이 가능한 범용 유한요소해석 프로그램인 "ANSYS Ver.5.5"을 사용하였다. 탄-소성 해석을 위하여 해석용 모델에 사용된 콘크리트는 입방체인 3차원 솔리드 구조체의 Concrete65 요소로 입력하였고, 철근은 structural link의 Bilinear8 요소로 입력하였으며[6], 이러한 요소는 실제 콘크리트 및 철근의 재료적 성질을 잘 나타내고 있다. 해석에 사용된 재료의 물성치로는 탄성계수, 프와송비 등 기하학적 형상과는 무관한 구성성질을 나타낸다.

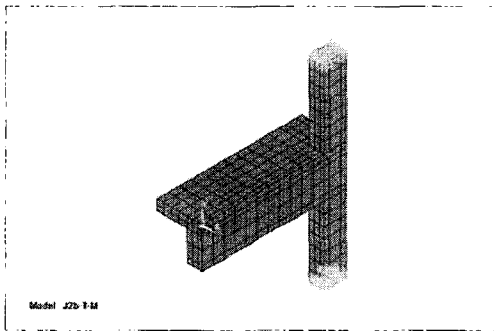


그림 2. ANSYS에 의한 해석 모델링

3. 해석방법

해석모델은 보의 양 끝단에서 집중하중을 가력할 수 있도록 자유단의 형태로 하였으며, 중간지점에는 보와 기둥의 일체성을 확보하고, 보에 설치되는 철근을 연속시키기 위하여 기둥(270mm × 400mm)을 설치하였으며, 기둥의 상·하부는 완전히 고정된 것으로 모델링하였다. 가력은 기둥면에서 1m 떨어진 보의 좌·우측 끝단에서 보 부분에만 집중하중이 작용하는 것으로 하였다. 하중가력은 하중중부에 따른 오차를 해결하기 위하여 뉴턴-랩슨법(Newton-Raphson method)을 사용하였으며, 해석은 하중을 보가 휨 파괴에 도달하도록 점진적(ramped)으로 가하면서 보의 항복 및 최대내력, 최대처짐, 그리고 균열양상을 고찰하고 보-기둥 접합부에서의 상부철근 위치가 내력(capacity) 및 변위(displacement)에 어떠한 영향을 미치는지를 검토하였다. ANSYS 프로그램 상에서 고려될 수 있는 콘크리트와 철근은 완전히 부착된 것으로 하였으며, 모델링은 [그림 2]에 나타난 것처럼 기하학적 대칭조건을 고려하여 전체모델 중 1/4만을 모델링하였으며,

솔리드를 구성하는 8개의 절점 및 트러스의 2개 절점은 회전에 대하여 완전히 구속된 것으로 하였다.

4. 해석결과 및 비교

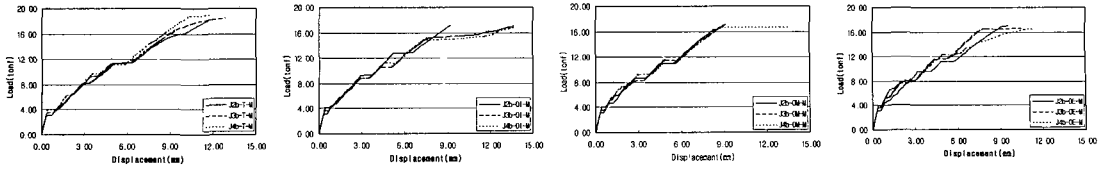
보의 플랜지폭, 플랜지(슬래브)두께 및 상부 플랜지내에서의 철근의 위치 등을 변수로 한 해석을 통하여, 하중 단계별로 보의 최대변위를 구하여 각각을 비교하며, 모델링 한 보의 최대내력을 구하여 각 계열별로 변수의 영향을 파악하기 위하여 분석하였다.

해석결과에 의한 하중-변위 그래프에서 수평으로 표시되는 부분이 나타나 있는데, 첫 번째 수평으로 나타난 부분은 각 모델에서의 최초로 균열이 발생하여 거의 하중의 증가 없이 변위만이 증가되는 모습이 나타났다. 그리고 다음단계에서 나타난 수평부분은 해석 시 프로그램 상에서 고려하도록 되어있는 것으로, 균열면의 골재맞물림작용(aggregate interlock) 및 장부작용(dowel action)으로 인하여 균열의 증가를 방지하고, 인장강성효과에 의해 균열발생 후에도 콘크리트는 인장력을 부담하여 변위만 증가된 것으로 판단된다. 즉, 중간부분에 나타난 수평으로 표시되는 부분은 구조물의 항복을 의미하는 것은 아니며, 콘크리트에 대한 "ANSYS" 해석에서는 구조물의 항복점이 최대하중을 의미하고 있다.

4.1 플랜지폭의 영향

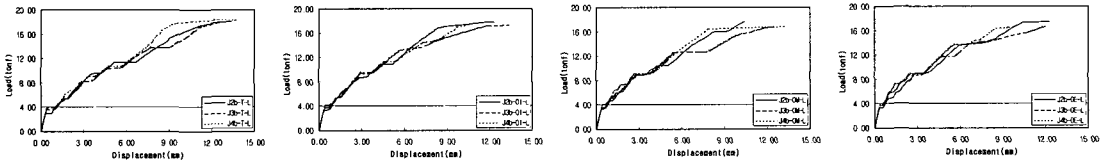
플랜지폭에 대한 영향을 파악하기 위하여 보폭에 3배(81cm)를 플랜지폭으로 한 모델(J2b-계열), 보폭에 4배(108cm)를 플랜지폭으로 한 모델(J3b-계열)과 보폭에 5배(135cm)를 플랜지폭으로 한 모델(J4b-계열)을 비교·분석하였다. 플랜지폭이 다른 경우에 대한 하중-변위 관계는 플랜지두께가 95mm 인 경우는 [그림 3], 플랜지두께가 107.5mm 인 경우는 [그림 4]에 나타내었고, 플랜지두께가 120mm 인 경우에 대한 비교는 [그림 5]에 표시하였다.

플랜지두께가 95mm 인 경우, 내력의 차이는 T-M-계열에서 플랜지폭이 증가하면서 3.7% 증가하였고, OI-M-계열, OM-M-계열 및 OE-M-계열의 경우는 각각 1.8%, 2.0% 및 3.2% 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 슬래브두께 95mm 에서는 상부 인장철근을 직사각형 단면에서 멀리 배치할수록 J2b-계열 ~ J4b-계열 사이의 내력차이가 증가하는 것을 확인하였다. 또한, 플랜지두께가 107.5mm 인 경우, 내력의 차이는 T-M-계열에서 플랜지폭이 증가하면서 1.7% 증가하였고, OI-M-계



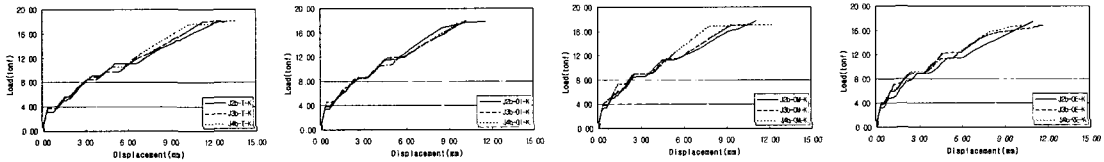
(a) 단면 내에 2단으로 배근한 경우 (b) 상부플랜지의 내측에 1단으로 배근한 경우 (c) 상부플랜지의 중간에 1단으로 배근한 경우 (d) 상부플랜지의 외측에 1단으로 배근한 경우

그림 3. 유효플랜지 폭이 다른 경우에 대한 비교(플랜지두께 : 95 mm)



(a) 단면 내에 2단으로 배근한 경우 (b) 상부플랜지의 내측에 1단으로 배근한 경우 (c) 상부플랜지의 중간에 1단으로 배근한 경우 (d) 상부플랜지의 외측에 1단으로 배근한 경우

그림 4. 유효플랜지 폭이 다른 경우에 대한 비교(플랜지두께 : 107.5 mm)



(a) 단면 내에 2단으로 배근한 경우 (b) 상부플랜지의 내측에 1단으로 배근한 경우 (c) 상부플랜지의 중간에 1단으로 배근한 경우 (d) 상부플랜지의 외측에 1단으로 배근한 경우

그림 5. 유효플랜지 폭이 다른 경우에 대한 비교(플랜지두께 : 120 mm)

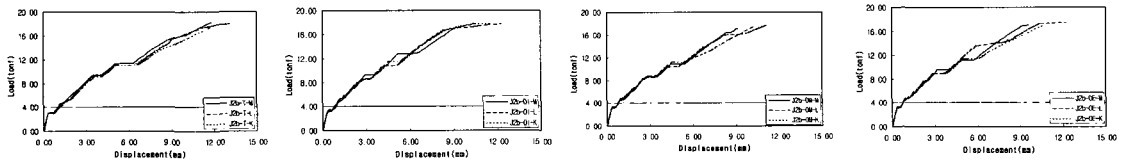
열, OM-M-계열 및 OE-M-계열의 경우는 각각 3.9%, 4.7% 및 4.7% 감소하는 것으로 나타났다. 최대내력에 대한 비교는 변위를 고려하지 않고 그래프 상에서 최대값을 비교한 것이다.

그리고 플랜지두께가 120mm 인 경우, 내력의 차이는 T-M-계열에서 플랜지폭이 증가하면서 1.0% 증가하였고, OI-M-계열, OM-M-계열 및 OE-M-계열의 경우는 각각 1.4%, 3.3% 및 3.6% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 슬래브두께가 보의 내력 산정시 어느 정도 영향을 미치며, 특히 슬래브두께가 두꺼워질수록 내력

의 차이가 다소 커지는 것으로 나타났다.

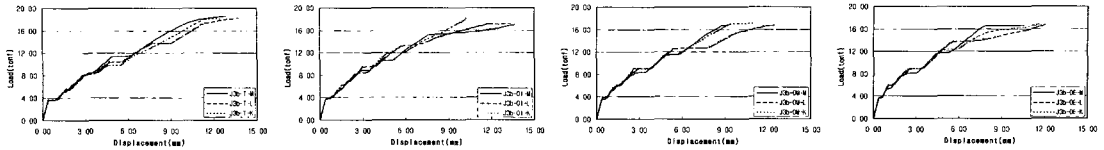
4.2 슬래브(플랜지)두께의 영향

플랜지두께가 보의 휨 내력에 미치는 영향을 파악하기 위하여 J2b-계열에서 철근의 배근위치를 동일하게 한 상태에서 플랜지두께가 95mm, 107.5mm 및 120mm 인 경우에 대한 비교를 실시하고, [그림 6]에 하중-변위 관계를 표시하였다. 그림에서 보의 직사각형 단면에 2단으로 상부 인장철근을 배근한 T-M과 T-K를 비교해 보면, 슬래브두께가 증가된 T-K의 내력이 5.6% 감소하



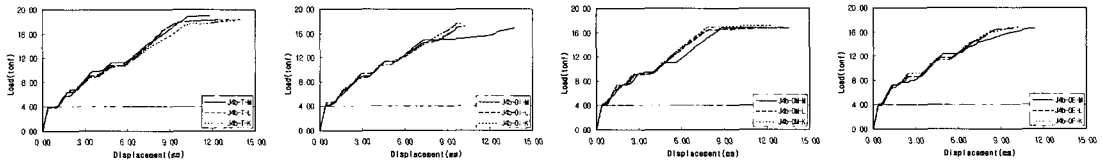
(a) 단면 내에 2단으로 배근한 경우 (b) 상부플랜지의 내측에 1단으로 배근한 경우 (c) 상부플랜지의 중간에 1단으로 배근한 경우 (d) 상부플랜지의 외측에 1단으로 배근한 경우

그림 6. 플랜지두께가 다른 경우에 대한 비교(J2b-계열)



(a) 단면 내에 2단으로 배근한 경우 (b) 상부플랜지의 내측에 1단으로 배근한 경우 (c) 상부플랜지의 중간에 1단으로 배근한 경우 (d) 상부플랜지의 외측에 1단으로 배근한 경우

그림 7. 플랜지두께가 다른 경우에 대한 비교(J3b-계열)



(a) 단면 내에 2단으로 배근한 경우 (b) 상부플랜지의 내측에 1단으로 배근한 경우 (c) 상부플랜지의 중간에 1단으로 배근한 경우 (d) 상부플랜지의 외측에 1단으로 배근한 경우

그림 8. 플랜지두께가 다른 경우에 대한 비교(J4b-계열)

였는데 이는 슬래브두께는 증가되었지만 보의 유효 춤이 감소(4.4%)되었기 때문이다. 하지만, 보 단면에 1단만 배근하고 플랜지 부분에 위치를 다르게 한 상태에서 나머지 철근을 배근한 모델들은 슬래브두께가 증가됨에 따라 내력이 2.4%~3.7% 증가된 것으로 나타났다.

또한, 플랜지두께를 다르게 한 상태인 J3b-계열에서 플랜지두께가 95mm, 107.5mm 및 120mm 인 경우에 대한 하중-변위 관계의 비교는 [그림 7]에 나타내었다. 이 그림을 분석해 보면, J2b-계열과 동일하게 T-K 모델은 T-M에 비하여 내력이 2.1% 감소하였으며, 나머지 모델들은 반대로 슬래브두께가 증가하므로써 내력이 1.9%~5.8% 증가되었으며, J4b-계열에서 T-K 모델은 T-M에 비하여 내력이 4.0% 감소하였으며, 나머지 모델들은 반대로 슬래브두께가 증가하므로써 내력이 1.9%~4.1% 증가되었다.

플랜지폭이 동일한 계열에서 내력이 증가되는 비율은 플랜지두께의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 보의 상부철근이 직사각형 단면에 가깝게 배근한 모델과 멀게 배치한 모델을 비교해 보면, 가깝게 배근된 모델에서의 내력차이가 멀게 배치된 모델의 내력차이보다 큰 것을 확인하였는데, 이는 일정한 유효 폭의 범위를 초과하여 철근을 배근하면 플랜지두께를 증가시켜도 내력은 크게 증가하지 않을 것으로 판단된다.

4.3 상부철근의 배치에 따른 영향

보의 유효플랜지 부분에 상부 인장철근의 배치에 따른 내력을 관찰하기 위하여 보 단면 내에 2단으로 배근된 모

델과 플랜지폭을 보폭의 3배(J2b-계열), 4배(J3b-계열) 및 5배(J4b-계열)로 하고, 상부철근을 플랜지에 배근한 모델을 비교하였다.

[그림 9]~[그림 11]은 플랜지두께를 95mm, [그림 12]~[그림 14]는 플랜지두께를 107.5mm 로 한 상태에서 플랜지폭을 달리하여 내력을 비교하기 위한 것이고, [그림 15]~[그림 17]은 플랜지두께를 120mm 로 한 상태에서 플랜지폭을 달리하여 내력을 비교하기 위한 하중-변위 관계를 나타낸 곡선이다.

먼저, J2b-M-계열([그림 9])을 살펴보면 일반적인 배근 방법인 보의 상부철근을 직사각형 단면 내에 2단으로 배근한 것을 1.00 으로 보고 1단으로 배근한 모델의 내력을 비교해 보면, 내력의 차이가 최대 7.2%, J3b-M-계열([그림 10])은 11.7% 로 나타나고, J4b-M-계열([그림 11])은 내력이 약 14.6% 정도 차이가 나는 것으로 관찰되었다. 그리고, J2b-L-계열([그림 12])은 내력의 차이가 최대 3.6%, J3b-L-계열([그림 13])은 9.6% 로 나타났으며, J4b-L-계열([그림 14])은 내력이 약 10.3% 정도 차이가 나는 것으로 확인되었다.

반면에 J2b-K-계열([그림 15])은 내력의 차이가 최대 3.4%, J3b-K-계열([그림 16])은 내력이 약 7.4% 로 나타났으며, J4b-K-계열([그림 17])은 내력이 약 8.2% 정도 차이가 나는 것으로 분석되었다. 즉, 슬래브두께가 증가할수록 내력의 차이가 줄어드는 것으로 나타났다. [표 2]는 각 계열별로 모델에 대한 변위 특성을 정리한 것이며, 여기서 내력비는 2단 배근된 것을 100% 로 본 상대적인 값들이다. 각 계열에 최대변위는 프로그램의 특

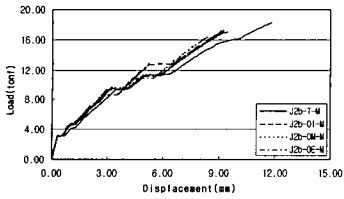


그림 9. J2b-M-계열 모델의 하중-변위 곡선

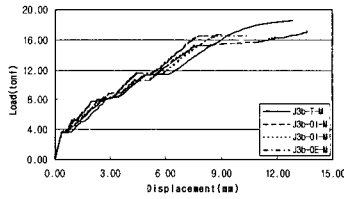


그림 10. J3b-M-계열 모델의 하중-변위 곡선

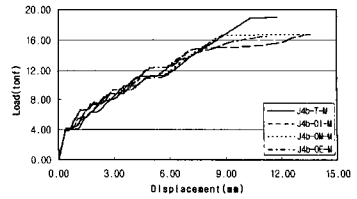


그림 11. J4b-M-계열 모델의 하중-변위 곡선

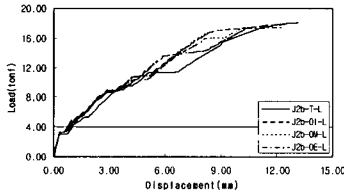


그림 12. J2b-L-계열 모델의 하중-변위 곡선

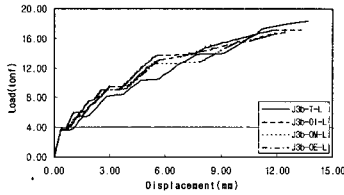


그림 13. J3b-L-계열 모델의 하중-변위 곡선

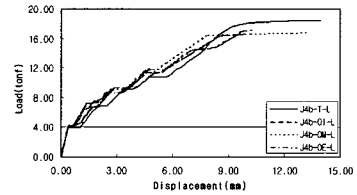


그림 14. J4b-L-계열 모델의 하중-변위 곡선

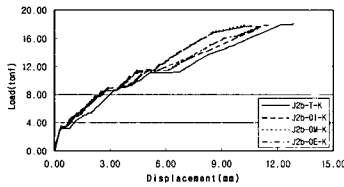


그림 15. J2b-K-계열 모델의 하중-변위 곡선

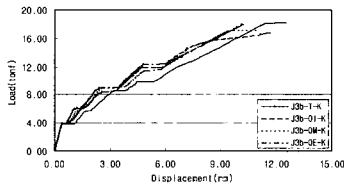


그림 16. J3b-K-계열 모델의 하중-변위 곡선

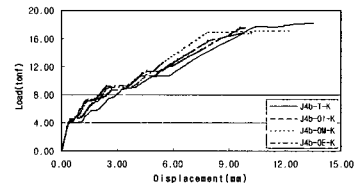


그림 17. J4b-K-계열 모델의 하중-변위 곡선

성상 더 이상 수렴(convergence)이 되지 않는 부분의 의미하는 것으로 본 논문의 검토에서는 최대내력에 초점을 맞추는 것으로 하였다.

이러한 해석결과를 박정현등(2001)[7],[8]의 실험 결과

에서 플랜지폭과 내력을 비교하면 플랜지(슬래브)두께가 증가할수록 해석상의 내력값과 실험값이 차이가 나며 플랜지두께와 내력을 비교하여도 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 즉 실험값과 비교한 해석값은 최대내력이

표 2. 각 모델의 내력 및 변위 특성

모델명	변수	최대내력 (tf)	최대변위 (mm)	내력비 (%)	모델명	변수	최대내력 (tf)	최대변위 (mm)	내력비 (%)	모델명	변수	최대내력 (tf)	최대변위 (mm)	내력비 (%)
1.	J2b-T-M	18.28	11.86	100	13.	J3b-T-M	18.57	12.84	100	25.	J4b-T-M	18.95	11.82	100
2.	J2b-OI-M	17.21	9.24	93.8	14.	J3b-OI-M	17.05	13.61	91.1	26.	J4b-OI-M	16.91	13.75	87.9
3.	J2b-OM-M	17.14	9.11	93.5	15.	J3b-OM-M	16.82	9.15	89.6	27.	J4b-OM-M	16.81	13.58	87.3
4.	J2b-OE-M	17.05	9.61	92.8	16.	J3b-OE-M	16.62	10.54	88.3	28.	J4b-OE-M	16.53	11.35	85.4
5.	J2b-T-L	18.07	13.15	100	17.	J3b-T-L	18.32	13.72	100	29.	J4b-T-L	18.37	13.92	100
6.	J2b-OI-L	17.82	12.26	98.6	18.	J3b-OI-L	17.23	13.35	93.7	30.	J4b-OI-L	17.15	10.25	92.9
7.	J2b-OM-L	17.63	10.37	97.5	19.	J3b-OM-L	16.84	12.46	91.2	31.	J4b-OM-L	16.84	13.20	90.9
8.	J2b-OE-L	17.44	12.28	96.4	20.	J3b-OE-L	16.72	12.03	90.4	32.	J4b-OE-L	16.66	9.87	89.7
9.	J2b-T-K	18.05	12.87	100	21.	J3b-T-K	18.19	12.55	100	33.	J4b-T-K	18.23	13.53	100
10.	J2b-OI-K	17.85	11.59	98.9	22.	J3b-OI-K	18.04	10.27	99.2	34.	J4b-OI-K	17.61	9.93	96.5
11.	J2b-OM-K	17.74	11.13	98.3	23.	J3b-OM-K	17.20	11.00	94.2	35.	J4b-OM-K	17.18	12.37	93.9
12.	J2b-OE-K	17.46	11.00	96.6	24.	J3b-OE-K	16.93	11.73	92.6	36.	J4b-OE-K	16.85	10.20	91.8

다소 적게(최대 10% 정도) 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 실험값을 기준으로 실제 시공에 적용한다면 수치해석 결과는 안전측으로 볼 수 있다.

5. 결론

플랜지폭, 플랜지(슬래브)두께 및 상부 플랜지내에서의 철근의 위치 등을 변수로 한 수치해석을 통하여, 보의 최대내력을 비교·검토한 것으로서, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 플랜지폭의 영향을 살펴보면, 플랜지두께 95 mm 에서는 상부 인장철근을 1단으로 직사각형 단면에서 멀리 배치할수록 J2b-계열~J4b-계열 사이의 내력차이가 증가하는 것을 확인하였는데, 플랜지두께가 107.5mm 와 120mm 인 경우도 유사한 양상을 보여주고 있다.
- 2) 플랜지폭이 동일한 계열에서 내력이 증가되는 비율은 플랜지두께의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났지만, 보의 상부철근이 직사각형 단면에 가깝게 배근한 모델과 멀게 배치한 모델을 비교해 보면, 가깝게 배근된 모델에서의 내력차이가 멀게 배치된 모델의 내력차이보다 큰 것을 확인하였는데, 이는 일정한 플랜지폭의 범위를 초과하여 철근을 배근하면 플랜지두께를 증가시켜도 내력은 크게 증가하지 않을 것으로 판단된다.
- 3) 상부 인장철근의 위치에 따른 내력을 비교해 보면, J2b~J4b-M-계열에서 내력차이는 7.2% ~ 14.6% 로 나타나고, J2b~J4b-L-계열과 J2b~J4b-K-계열은 내력차이가 각각 3.6% ~ 10.3% 와 3.4% ~ 8.2% 로 나타났다. 즉, 슬래브두께가 증가할수록 내력의 차이가 줄어드는 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] "ANSYS User's Manual for Release 5.6 ; Fourth Edition," ANSYS, Inc., 1999
- [2] American Concrete Institute(ACI), "Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI 318-99) and Commentary(ACI 318R-99)," ACI, Detroit, Section 10.6.6, Section 8.10.5
- [3] ACI-ASCE Committe 352, "Recommendations for Design of Beam-Column Joints in Monolithic

Reinforced Concrete Structures," Struct. J., ACI, May-June, 1985, pp. 266~283

- [4] S. J. Pantazopoulou and J. P. Moehle, "Truss Model for 3-D Behavior of R.C. Exterior Connections," J. Struct. Div., ASCE, February, 1990, pp. 298~315
- [5] 박정현, 홍기섭, "기둥과 보 접합부의 보 주근 배근 방법에 관한 연구," 대한건축학회논문집 구조계 15권 2호 통권124, 1999. 2., pp. 3~10
- [6] 柏崎隆志, 野口博, "超高强度鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部の非線形有限要素解析," 콘크리트工学年次論文報告集, Vol. 15, No. 2, 1993, pp. 17~20
- [7] 박정현, 홍기섭, 홍영균, 윤정배, "상부플랜지 철근의 배치에 따른 부모멘트의 능력 변화에 관한 연구," 대한건축학회논문집 구조계 17권6호 통권152, 2001. 6., pp. 3~10
- [8] 박정현, 홍기섭, 홍영균, 윤정배, "반복하중을 받는 R/C 보-기둥 접합부에서 보 상부철근의 플랜지내 배근에 따른 휨 내력 변화에 관한 연구," 대한건축학회 논문집 구조계 17권8호 통권154, 2001. 8., pp. 35~42

박정현(Jung-Hyun Park)

[정회원]



- 1988년 2월 : 홍익대학교 건축학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 홍익대학교 건축학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 홍익대학교 건축학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 배재대학교 건축학부 전임강사

<관심분야>

건축구조물해석, 철근콘크리트재료, 강구조