B-5

표준화재 재하조건에서 법정슬래브의 내화성능에 관한 실험적 연구

조범연 · 여인환 · 김흥열 · 민병렬 · 김형준
한국건설기술연구원

Experimental Study on Fire Resistance Performance of Legal Slab under Standard Fire with Loading condition

Cho, Bum-Yean · Yeo, In-Hwan · Kim, Heung-Youl · Min Byung-Yeol · Kim, Hyung-Jun
Korea Institute of construction Technology

요 약

본 연구에서는 현재 법정내화구조로 규정되어 있는 철근콘크리트(RC: Reinforced concrete)조 및 철골철망모르타르(SWM: Steel & Wire Mortar)조 슬래브에 대하여 재하조건에서 구조별 내화성능을 검토하고, 철골철망모르타르조 슬래브에 대해서는 피복두께별 내화성능을 검토하고자 표준화재조건에서 내화실험을 실시하였다. 실험결과 동일피복두께일 경우 철근콘크리트조 슬래브가 내화성능이 우수한 것으로 나타났으며, 철골철망모르타르조 슬래브의 경우 피복두께가 10㎜ 증가 시 7%의 내화성능이 향상되는 것으로 나타났다. 가열 이면온도는 슬래브의 두께가 늘어날수록 낮은 것으로 나타났다.

1. 서 론

국내의 법정내화구조는 '건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙'에서 규정하고 있다. 본 규정에서는 부재의 단면크기 및 피복두께, 구성 등에 따라 내화성능을 구분하지 않고 구조부재의 종류별로 최소단면크기 및 최소피복두께에 대해서만 규정하고 있다. 따라서 다양한 건축물들에 내화성능을 효율적으로 차등하여 적용하기 힘들고, 최근의 건축재료 및 공법의 기술발전을 적절히 수용하지 못하고 있는 실정이다. 이에 내화구조의 실험 자료를 근거로 한 보다 경제적이고 효율적 제도개선이 요구된다. 국내·외적으로도 건축구조물의 대형화추세에 따라 화재로 인한 피해는 대형참사로 이어질 수 있으므로 건축물 세부구조, 부위별로 내화성능을 세분하여 규정짓는 추세이다.

이에 본 연구에서는 현재 법정내화구조로 규정되어 있는 철근콘크리트 및 철골철망모르타르조 슬래브에 대하여 재하조건에서 구조별 내화성능을 검토하고, 철골철망모르타르조 슬래브에 대해서는 재하조건에서의 피복별 내화성능을 검토하고자 한다.

2. 법정내화구조 분류체계 해외사례

일본에서는 “耐火構造の構造方法を定める件-建告第1399號”에서 법정내화구조에 대해 규정하고 있다. 이 규정에서는 국내의 규정과 유사하게 ‘벽, 기둥, 바닥, 보 등의 구조부재가 내화성능을 확보하기 위해서는 구조별로 종류 및 그 두께에 따른 내화성능을 시간대별로 구분하고 있으며, 철골조의 경우는 콘크리트, 콘크리트블록, 벽돌 등으로 피복되어야 한다.’고 규정하고 있다. 그러나 국내와는 달리 제시한 구조에 대해 두께 및 피복재료의 두께에 따라 30분, 1시간, 2시간, 3시간으로 구분하여 내화성능을 규정하고 있다.

미국에서는 IBC에서 내화구조에 대해 코드로써 규정하고 있는데 벽체, 바닥 및 지붕구조의 경우 그 각각의 구성재료의 종류와 부재의 구성방식에 따라 내화성능이 구분되어 있으며, 바닥 및 지붕구조의 경우는 지붕과 함께 천장의 구조에 따른 내화성능도 제시하고 있다. 철골조 기둥・보에 콘크리트, 타일, 석고보드, 플라스터 등이 피복될 경우, 피복두께 및 접합공법에 따라 1시간, 2시간, 3시간, 4시간으로 구분하여 내화성능을 규정하고 있다.

3. 실험개요

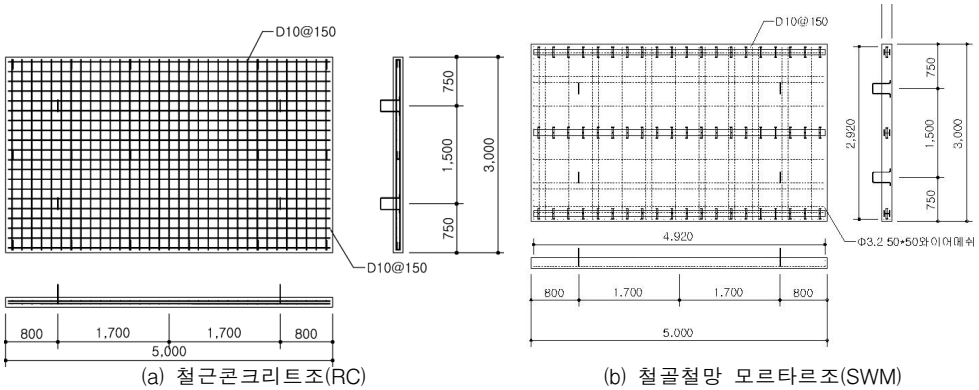
슬래브 실험체의 크기는 모두 3000×5000으로 제작하였으며, 실험인자는 철근콘크리트조 및 철골철망모르타르조에 대해서 구조별 내화성능을 비교하고, 철근철망모르타르조에 대해서 피복두께별 내화성능 비교하였다.

철근콘크리트의 경우 국내에서 가장 일반적으로 적용되고 있는 24MPa의 콘크리트로 설계하였으며, 현 법정내화구조에서 정하고 있는 슬래브의 최소비복두께인 40㎜를 적용하여 제작하였다. 또한 철골철망모르타르조의 경우 철골은 국내에 적용되는 최소 규격인 100×100×6×8㎜를 사용하여 제작하였으며, 피복두께를 40, 50㎜의 두가지 타입으로 제작하였다. 내화실험은 ISO 834의 표준화재조건으로 단면설계모멘트를 기준으로 재하량을 산정하여 실험하였다. 표 1은 실험체 구성 및 재하조건이고, 그림 1은 구조별 실험체 상세도이다.

표 1. 실험체 구성 및 재하조건

실험체명	실험체 크기(㎜) (W×L×t)	구조	피복두께 (㎜)	단면설계모멘트 (MPa)	재하량 (ton)	허용 변형량 (㎜)	허용 변형률 (㎜/min)
S-RC-40	3000×5000×150	철근 콘크리트조	40	7.5	7.4	420.0	18.7
S-SWM-40	3000×5000×180	철골철망 모르타르조	40	14.0	13.8	315.0	14.0
S-SWM-50	3000×5000×200	철골철망 모르타르조	50	15.8	15.7	294.0	13.1

S - RC - 40
- 40: 상·하부 피복두께(40: 40㎜, 50: 50㎜)
- RC: 구조(RC: Reinforced Concrete, SWM: Steel Wiremesh Mortar)
- S: 부재(S: Slab)



(a) 철근콘크리트조(RC) (b) 철골철망 모르타르조(SWM)

그림 1. 실험체 상세도

3. 실험결과 및 고찰

3.1 내화성능

구조 및 피복두께별 내화성능을 검토한 결과 S-RC-40, S-SWM-40, S-SWM-50 모두 180분의 내화성능을 확보하는 것으로 나타났다. 180분 가열 후, S-RC-40의 경우 허용변형량 대비 40%의 변형이 발생하였으며 S-SWM-40의 경우 허용변형량 대비 44%의 변형이 발생하는 것으로 나타나 철근콘크리트조 슬래브가 철골철망모르타르조 슬래브에 비해 내화성능이 우수한 것으로 나타났다. S-SWM-40와 S-SWM-50의 내화실험결과를 비교한 결과 S-SWM-50의 경우 허용변형량의 37%의 변형이 발생하여 피복두께 10㎜를 증가함에 따라 7%의 내화성능이 향상되는 것으로 나타났다.

이면온도의 경우 슬래브의 두께가 늘어날수록 평균온도 및 최고온도가 낮은 것으로 나타났으며, 그림 3의 실험체별 이면 평균온도 곡선과 같이 철근콘크리트조 슬래브가 철골철망모르타르조 슬래브에 비해 초기 온도변화가 큰 것으로 나타났다. 표 2는 실험체별 내화성능 이고, 그림 2와 그림 3은 실험체별 변위 및 이면 평균온도 곡선이다.

표 2. 실험체별 내화성능

시험체명	시험 결과					최종 내화성능 (분)
	시간 (분)	변형량 (㎜)	변형률 (㎜/min)	이면 평균온도 (℃)	이면 최고온도 (℃)	
S-RC-40	60	87.5	0.6	79.8	97.9	180
	120	137.8	0.6	97.7	100.3	
	180	168.4(40%)*	0.8	101.9	102.5	
S-SWM-40	60	59.2	0.5	23.6	24.0	180
	120	98.2	0.9	63.9	68.3	
	180	139.4(44%)*	1.2	87.1	90.2	
S-SWM-50	60	45.6	0.4	23.1	23.8	180
	120	70.1	0.4	39.7	46.3	
	180	107.6(37%)*	0.7	54.9	63.9	

( )*: 허용변형량 대비 변형량

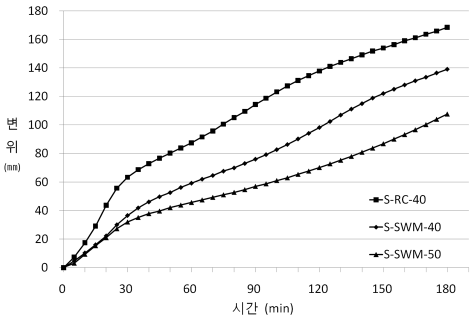


그림 2. 실험체별 변위

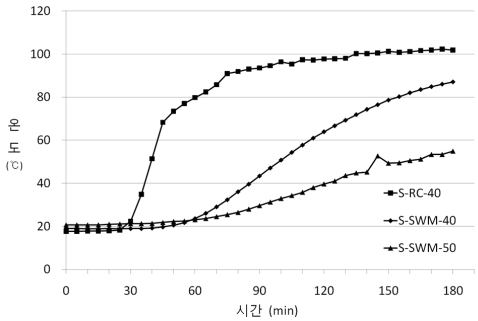


그림 3. 실험체별 이면 평균온도

4. 결 론

본 연구에서는 현재 법정내화구조로 규정되어 있는 철근콘크리트 및 철골철망모르타르조 슬래브에 대하여 재하조건에서 구조별 내화성능을 검토하고, 철골철망모르타르조 슬래브에 대하여 재하조건에서의 피복두께별 내화성능을 검토하고자 표준화재조건에서 내화실험을 실시하였다. 실험결과 철근콘크리트조 슬래브와 철골철망모르타르조 슬래브가 허용변형량 대비 각각 40%, 44%의 내화성능을 확보하는 것으로 나타나 동일피복두께일 경우 철근콘크리트조 슬래브의 내화성능이 철골철망모르타르조 슬래브에 비해 우수한 것으로 나타났다. 철골철망모르타르조 슬래브의 경우 피복두께가 40㎜에서 50㎜로 10㎜ 증가함에 따라 7%의 내화성능이 향상되는 것으로 나타났다.

가열 이면온도는 슬래브의 두께가 늘어날수록 낮은 것으로 나타났으며, 철근콘크리트조 슬래브가 철골철망모르타르조 슬래브에 비해 초기 온도변화가 큰 것으로 나타났다.

향후 현재 법정내화구조로 규정되어 있는 철근철골 콘크리트조 슬래브에 대한 내화성능 검토와 다양한 하중비에 대한 내화성능 검토가 추가로 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업으로 진행하는 “내화구조 표준보급 및 화재안전기준 선진화” 과제의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건축물 내화설계 기술개발, 한국건설기술연구원, 2004.
2. 대한건축학회: 강구조 내화설계기준 및 기법에 관한 연구, (주)RIST, 1995. 3.
3. T.Z.Harmathy : Fire Safety Design and Concrete, Longman Scientific & Technical,1993
4. John A. Purkiss, "Fire Safety Engineering Design of Structures", Butterworth - Heinemann, 1996.
5. 遊佐秀逸, “構造耐火性能とその評價”, 建設省建築研究所, 1998. 10.