

내화 피복된 비대칭 H형강을 적용한 슬림플로어 보의 재하가열조건 화재거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Structural Behaviour of Asymmetric H Beam Slimfloor under Load Condition in Fire

김형준* · 김흥열* · 민병렬* · 이재승**† · 박수영***

Hyung-Jun Kim* · Hyung-Jun Kim* · Byung-Youl Min* ·
Jae-Sung Lee**† · Soo-Yong Park***

*한국건설기술연구원, **한남대학교, ***방재시험연구원
(2011. 1. 6. 접수/2011. 2. 11. 채택)

요 약

비대칭 H형강을 활용한 슬림플로어의 경우, 상대적으로 열전달 속도가 낮은 콘크리트에 강재가 매립된 형상으로 설계되어 화재조건에서 강재의 강성저하를 최소화 할 수 있는 형상으로 설계되었다. 그러나 비대칭 H형강의 하부플랜지는 화재에 직접적으로 노출되므로, 이 부분에 대한 내화피복을 적용하여 슬림플로어 보의 내화성능을 최대한 확보할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 실험계획은 재하 하중비 0.4와 0.3을 조정하여 하중조건에 따른 내화성능을 비교하고자 하였고, 철근보강에 따른 내화성능 향상효율, 내화피복을 적용하였을 경우의 180분 내화성능 확보 유·무론 분석하고자 실험을 수행하였다. 하중비 변화에 따른 실험체를 비교한 결과, 0.1의 하중비를 낮출 경우 내화성능은 12분 차이가 나며, 처짐격차는 39mm였다. 철근보강에 따른 영향은 12분정도의 내화성능 향상이 가능하며, 최대 102.4mm의 처짐이 제어된다.

ABSTRACT

When it comes to slim floor using asymmetric H-beam, it was designed that the steel member is embedded in concrete with relatively low thermal conductivity so as to minimize the deterioration of rigidity of steel member in fire. But given the bottom flange of asymmetric H-beam is directly exposed to the fire, the measure of applying the fireproof coating to improve the fire rate performance of slim floor beam was sought. The test was aimed at comparing the fireproof performance by adjusting the load ratio of 0.4 and 0.3, and The test was carried out to identify the 3-hour fire performance by reinforcing the beam as well as applying the fireproof coat, In the wake of comparing the specimen depending on variation of load ratio, lowering load ratio by 0.1 resulted in difference of 12 minutes and deflection was 39 mm. It was able to improve 12 minutes by reinforcing the beam and up to 102.4 mm in deflection.

Key words : Asymmetric H-Beam, Slimfloor, Standard fire, Load ratio, Fireproof

1. 서 론

최근의 건설 사업은 생산성 향상과 자원 재활용을 위해 공장 생산에 의한 품질확보·시공 안정성확보 방안들에 대한 해결 방안이 당면 과제로 부각되고 있으며, 이에 따른 신 건설공법^{1,2)}의 개발 추진을 기반으로

하여 공간의 가변성·구조의 안전성·내구성·시공의 편리성·재활용이 가능한 환경 친화 특성과 설계 용통성이 큰 중·장기간 구조가 가능한 합성구조물 개발에 관한 연구가 중점적으로 필요한 실정이다. 합성 철골 구조물의 가장 큰 단점중의 하나인 층고 문제를 보완한 비대칭 H형강을 활용한 합성플로어 시스템은 Figure 1과 같다. 기존 합성보가 H형강 위에 데크플레이트와 콘크리트를 타설한 공법이었으나, 본 공법은

† E-mail: jaesung@hnu.kr

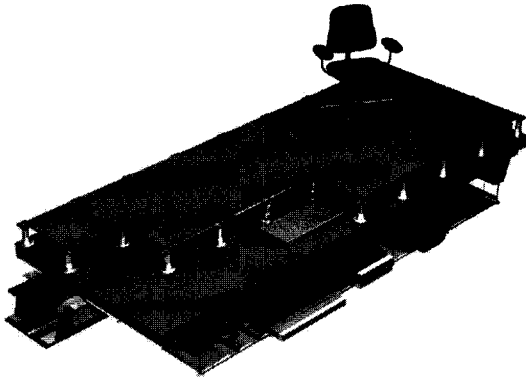


Figure 1. The shape of slimfloor system.

Figure 1과 같이 H형강 웹 부분에 깊은 홈 데크를 설치하여 콘크리트 슬래브 두께를 절감할 수 있는 공법이다. 본 공법개발을 통해 층고 감소를 기반으로 도심 건축물의 최대 10% 내외의 연면적 증가 효과와 각종 내·외장재의 절감 및 자원의 절약·폐기물 감소 효과 등의 장점을 포함하고 있는 층고 절감형 합성 바닥판(합성플로어 시스템)공법이 개발되었으며, 이를 현장에 적용하기 위해서는 화재 안전성에 관한 연구도 병행되어야 한다고 판단된다.

상기와 같은 장점이 있는 비대칭 H형강을 적용한 슬림 플로어를 현장에 적용하기 위해서는, 콘크리트에 데크 플레이트와 H형강을 인입하여 내화 피복을 생략하거나 최소화 할 수 있다는 선진 외국의 연구결과를 국내 실정을 고려하지 않고 그대로 적용할 수 없다. 그러므로 국내 실정에 적합한 고온영역 하에서의 합성플로어 시스템의 화재 영향성에 대한 기존 실증 실험³⁾ 및 해석결과^{4,5)}를 토대로 최적 내화설계방법을 도출할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 고층건물 및 장스팬구조에 적용이 가능한 본 공법구조를 대상으로 최대 3시간까지의 요구내화성능을 만족할 수 있는 최적 내화설계조건을 도출하고자 연구를 수행하고자 한다.

2. 슬림플로어 관련 국내·외 기술동향

국내의 합성플로어 시스템 공법은 2000년대 이후부터 층고 감소·외장재 절감·가설공사의 생략으로 인한 공기 감소·내화 피복재 저감·건축 연면적 증가 및 서비스 데크 공간 활용도 등의 많은 장점을 포함하고 있어서 선진 외국에서 많이 사용되고 있으며, 유럽의 경우 1990년대 초에 이미 합성플로어 시스템의 설

계 기준 및 시공 지침이 개발되었다.

2.1 국내 기술동향

합성 구조용 데크는 콘크리트가 양생된 후 서로 일체가 되어 철근의 양을 줄일 수 있는 장점이 있으나, 현행 법규상 별도의 내화성능인정을 받아야 한다. 또한 이러한 합성 구조용 데크는 통상 4.0M 이하의 경간에만 사용할 수 있으나, 장지간 구조물에 적용이 가능한 Deep Deck의 개발로 6.0M~9.0M까지 적용이 가능하게 되었다. 국내에서의 내화인정실험은 최대 4.0M 인 점을 고려하면 장지간에 적용이 가능한 비대칭 H형강 합성 보는 내화피복을 추가로 시공하여야 하므로 이로 인한 공사비의 증가와 내화피복 시공에 따른 공사 기간의 지연, 폐기물의 발생과 분진에 의한 환경오염 등의 문제가 발생한다.⁶⁾

국내의 초기 내화구조용 합성 데크플레이트는 KEM DECK PLATE로 1998년 방재시험연구소에서 처음으로 시험 및 인정이 시작되었다. 내화시험 기준인 KS F 2257은 1999년 개정된 규격은 ISO 834-1을 기초로 작성되었다. 2006년의 일부 개정안에서는 성능 설계식에 따른 검토가 가능하도록 하여 외국과의 격차가 좁아지고 있다. 또한 한국산업규격에 의한 내화인정도 가능하여 KS F 1611-4에서는 KEM DECK, HI DECK II가 내화규정을 취득하여 추가적인 내화구조의 인정 없이 사용이 가능하게 되었다.⁷⁾

2.2 국외 기술동향

세계 제일의 합성플로어 관련 기술을 가진 영국은 1990년대 초부터 Corus(British Steel)의 전폭적인 지원과 SCI의 우수한 연구 인력의 산-연 협력 관계를 지속시켜 관련 기술력을 향상시켰다. 세부 기술력 확보를 위해 네덜란드의 화재관련 전문기관인 TNO, 영국의 WFRG에서 합성플로어의 내화성능 분석 연구⁸⁾를 수행하였으며, 합성슬래브는 Salford University,⁹⁾ 합성보 실험은 City University에서 수행하여 최적 합성플로어 시스템 기술력 확보를 달성하였다.

캠브리지 대학에서는 ASB 상현재를 사용한 12m span Proto-Type Sturb Girder System¹⁰⁾의 성능실험이 수행되었으며, 4-Bay slim deck System 내화실험¹¹⁾이 BRE Cardington에서 수행되었다. 독일에서는 기존의 합성플로어의 단순 접합 방식보다 진보된 접합 디테일에 관한 연구를 수행하고 있으며, Kaiserslautern 대학에서 SlimDeck에 관한 8개의 슬래브 실험¹²⁾을 실시하였고, 3개의 ASB 관련 실험을 진행하여 SD 255를 적용한 합성슬래브 실험을 Eurocode 4 설계에 접목¹³⁾시

켰다. 핀란드와 스웨덴과 함께 1980년 초에 슬림플로어 개념을 최초로 도입하여 개발한 나라로서 합성보의 모멘트 접합부에 관한 연구를 수행하여 Top Hat 형상을 개발하였으며, 최근 델타 빔을 사용한 합성플로어 시스템을 개발하여 접합부를 포함한 부재들의 일괄된 시스템에 의한 부품화·규격화를 추진하여 광범위하게 사용될 기반을 마련하였다.

3. 연구범위 및 실험계획

본 연구에서는 비대칭 H형강을 적용한 슬림플로어 보의 최적 내화피복 설계조건과 하부에의 인장철근을 보강한 방법의 내화성능 향상정도를 분석하기 위해서 재하조건 화재 실증실험을 수행하였다.

3.1 연구범위

화재조건에서 구조물 단면의 온도상승은 화재에 대한 노출단면적 대비 전달된 열량을 흡수할 수 있는 체적의 비율을 기반으로 분석이 가능하며, 이러한 노출 형상비가 크면 단면의 온도상승이 유발되게 된다. 이러한 형상비를 고려한 비대칭 H형강을 활용한 슬림플로어 보의 경우, 상대적으로 열전달 속도가 낮은 콘크리트에 강재가 매립된 형상으로 설계되어 화재조건에서 강재의 강성저하를 최소화 할 수 있는 형상으로 설계되었다. 다만 비대칭 H형강의 하부플랜지는 화재에 직접적으로 노출되므로, 이 부분에 대한 내화피복을 적용하여 슬림플로어 보의 내화성능을 최대한 확보할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다. 또한 무피복 조건에서 내화성능을 최대한 확보할 수 있도록 하부플랜지의 강성저하를 보완하여 단면소성모멘트를 확보하기 위해 철근을 보강한 단면설계를 실험하여 그 효과를 분석하고자 하였다.

3.2 실험 변수 및 계획

본 실험은 비대칭 H형강의 하부 철근보강을 통한 형

Table 1. The Condition Of Specimen Shape and Load Ratio

| Specimen | Load Ratio (%) | Specienn Size (mm) | Fireproof |
|-----------|----------------|---|-------------------|
| Model-I | 40 | 320 × 236 × 346 × 14 × 22/ L = 45,000 | Non |
| Model-II | | | 90 minute coating |
| Model-III | | | 90 minute spray |
| Model-IV | 30 | 336 × 240 × 350 × 18 × 30/ L = 45,000 | Non |
| Model-V | | | Reinforcement |

상설계 조건의 내화성능 향상정도 여부와 90분 내화설계 수행을 통한 비대칭 H형강의 최대 내화성능을 도출하기 위한 목적으로 수행하였다. 재하하중비는 단면 소성모멘트의 30%와 40%로 부여하였으며, 표준화재조건인 ISO Fire 가열조건으로 Table 1과 같이 실험을 수행하였다.

3.3 실험체 열전대 설치조건

열전대는 실험체 L/2와 L/4 지점에 20개씩 총 40개의 열전대를 길이방향으로 설치하며, 단면 중앙부에 총 20개를 Figure 2와 같이 설치한다. 상부 플랜지의 열전대를 Group 1, 웨브의 열전대를 Group 2, 하부 플랜지에 설치된 열전대를 Group 3, 콘크리트에 설치된 열전대를 Group 4라 하였으며, KS F 2257-1의 규준에 명시된 열전대 설치조건을 준수하였다.

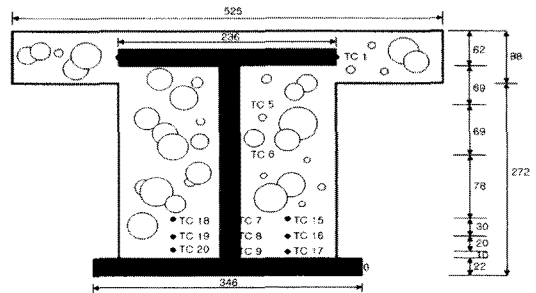


Figure 2. The installation of thermo-couple.

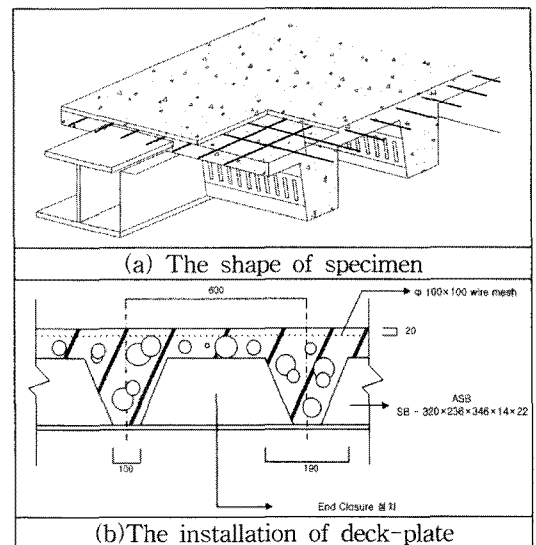


Figure 3. The design of specimen for fire test.

3.4 실험체 내화피복 적용조건

실험체 좌·우 측면에 설치되는 DECK는 600mm 너비로 연결부위를 피스나 용접으로 고정하며, 양단부는 End Closure를 설치하여 타설한 콘크리트가 새어 나가지 않도록 실험체를 Figure 3과 같이 제작하였다. 실험체 형상조건은 Table 1과 같으며, Figure 3(b)와 같이 비대칭 H형강(320×236×346×14×22) 하부 플랜지 위에 Deep-Deck을 설치하고 콘크리트를 타설한 후 상부 콘크리트 균열을 방지하기 위하여 Φ 100×100의 와이어 매쉬를 인입하여 제작하였다.

실험체에 사용된 내화뿔칠재는 K사의 90분 내화성능의 피복재를 사용하여 20mm를 도포하였으며, 내화도료는 H사의 90분 내화성능 제품을 18mm 두께로 피복하여 실험체를 제작하였다.

3.5 하중재하조건

본 실험은 3시간 내화성능 확보를 위한 비대칭 H형강의 최적형상조건 및 내화피복설계의 최소화를 목표로 설정하였다. 이에 대상 실험체를 ISO 표준화재조건으로 재하 가열하여 KS F 2257-1의 내화성능 평가기준에의 부합여부를 판단하였다.

실험체 하중을 계산하기 위해서 먼저 비대칭 H형강의 중립축 위치를 콘크리트의 소성내력과 H형강(웹·플랜지)의 소성내력을 비교하여 식(1)에 의해 도출하였으며, 계산결과 대상 실험체는 모두 중립축이 웹에 존재하는 것으로 계산되었다. 또한 단면소성모멘트는 콘

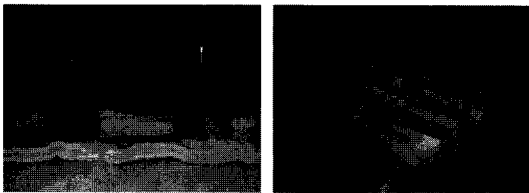


Figure 4. The actuator loading for fire test.

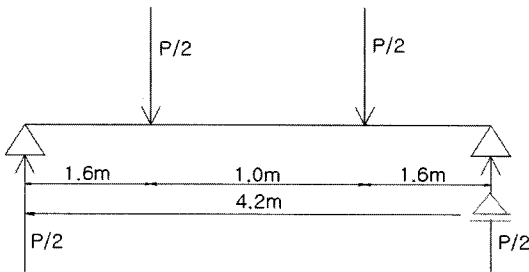


Figure 5. The loading condition of asymmetric H beam.

Table 2. The Calculation Result of Plastic Moment and Loading Condition

| Specimen | Load Ratio (%) | The Location of Neutral Axial | Mc (t·m) | P/2 (ton) |
|-----------|----------------|-------------------------------|----------|-----------|
| Model-I | 40 | Web | 73.32 | 18.33 |
| Model-II | | | | |
| Model-III | | | | |
| Model-IV | 30 | | 103.57 | 19.42 |
| Model-V | | | | |

크리트 강도와 두께조건과 비대칭 H형강의 형상조건 및 내력을 식(2)에 대입하여 계산하였으며, 이러한 모멘트에 실험변수별 Table 2의 하중비(L. R.)와 하중지점 거리를 고려하여 실험체 작용하중을 식(3)에 의해 계산하여 Table 2와 Figure 5와 같은 하중조건으로 재하 가열실험을 수행하였다.

■ 중립축이 상부 웹에 있음.

• 만족조건:

$$R_t + R_c < R_b + R_w(d - 2(D_s - D_c - T_t))/d \tag{1}$$

• 콘크리트의 소성내력: $R_c = 0.45f_{cu} \times B_c \times D_s$

• 상부 flange의 소성내력: $R_t = B_t \times T_t \times f_y$

• 하부 flange의 소성내력: $R_b = B_b \times T_b \times f_y$

• 강재의 소성내력: $R_s = A \times f_y$

• 웹의 소성내력: $R_w = R_s - R_t - R_b$

• 소성중립축 위치:

$$y_c = \frac{(R_b + R_w - R_t - R_c) \times d}{2R_w}$$

• 소성모멘트

$$M_c = R_b(D + D_c - 0.5T_b - y_c) + \frac{R_w}{2d}(y_c - D_c - T_t)^2 + \frac{R_w}{2d}(d - y_c + D_c + T_t)^2 + R_t(y_c - D_c - 0.5T_t) + \frac{R_c y_c^2}{2 D_s} \tag{2}$$

여기서,

R_c : 콘크리트의 압축내력

R_s : H형강 보의 소성내력

R_t : 상부 플랜지의 소성내력

R_w : 웹의 소성내력

R_b : 하부 플랜지의 소성내력

D_c : 플랜지 상부의 콘크리트 슬래브 두께

D_s : 데크플레이트 상부의 콘크리트 두께

- T_t: 상부 플랜지의 두께
- T_b: 하부 플랜지의 두께
- D: H형강의 춤
- d: H형강 웨브의 춤

• 재하하중(P/2) (3)
 $M_c \times L. R. (\%) = P/2 \times 2.1 - P/2 \times 1.0/2$

4. 실험결과

본 실험은 3시간 내화성능 확보를 위한 비대칭 H형강의 최적형상조건 및 내화피복설계의 최소화를 목표로 설정하였다. 이에 대상 실험체를 ISO 표준화재조건으로 재하 가열하여 KS F 2257-1의 내화성능 평가 기준에의 부합여부를 판단하였다.

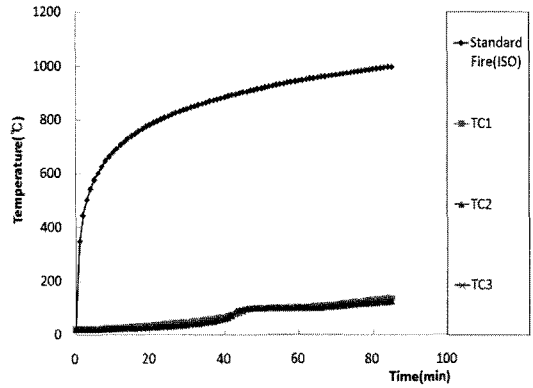
4.1 비대칭 H형강 합성 보 전열특성분석

4.1.1 무 피복 상태 기본실험체(Model-I)

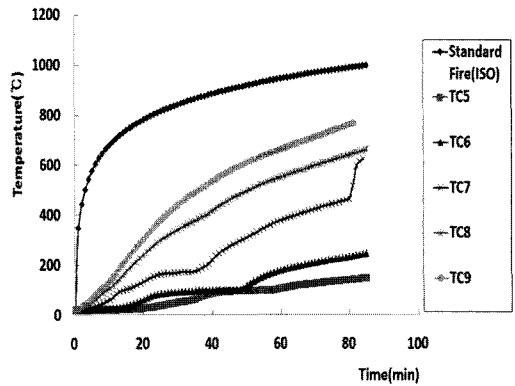
무 피복 기본 시험체인 Model-I의 경우, 시험체의 온도 분포 곡선은 Figure 6과 같다. 상부 플랜지의 경우 시험시간 85분 경과까지 모두 200°C 이내의 온도 분포로 강성 저하가 없는 것으로 분석된다. 웨브의 경우 하부플랜지와 가장 가까운 위치의 TC 9에서 26분 경과 후 400°C에 도달하였으며, 웨브의 중앙 위쪽에 위치한 TC 5, 6의 경우 200°C 이내로 안정적인 전열특성을 나타내었다. TC 9를 기준으로 내화도료 실험체와 비교한 결과, Model-II의 경우 98분 경과 후 400°C에 도달하였으나, 무 피복 시험체인 Model-I 시험체의 경우 26분 경과 후 400°C에 도달하여 내화도료를 도포하였을 경우 대비 약 72분 정도의 강도저하 시점 [400°C]이 빨라지는 것으로 나타났다. 하부 플랜지의 경우 15분 경과 후 400°C에 도달하였으며 정중앙에 위치한 TC 12의 경우도 64분 경과 후 400°C에 도달하여 강성 감소가 시작 되었다.

4.1.2 내화도료적용 실험체(Model-II)

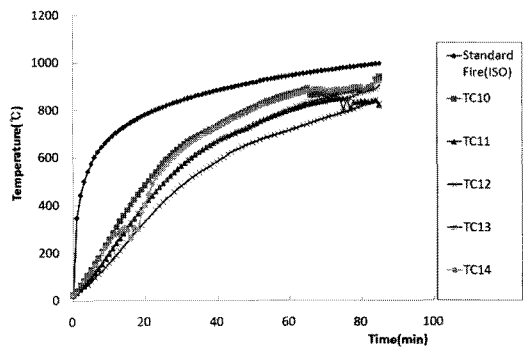
기본 시험체에 90분 내화성능의 내화도료를 도포한 Model-II의 경우, 시험체의 온도 분포 곡선은 Figure 7과 같다. 상부 플랜지의 경우 시험시간 170분 경과 후 강재의 내력이 감소 되는 온도인 400°C 이내로 온도 상승이 거의 없었다. 이는 콘크리트에 매립되어 있는 상부 플랜지가 3면 노출 가열 상태에서 온도의 영향을 거의 받지 않았음을 나타낸다. 웨브의 경우 상부에 위치한 TC 5, 6번의 경우 상부 플랜지와 비슷한 온도 분포를 보였으며 400°C 이내의 온도 분포를



(a) The temperature of top flange(Model- I)



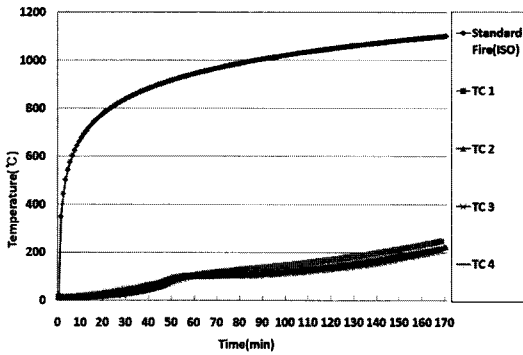
(b) The temperature of web(Model- I)



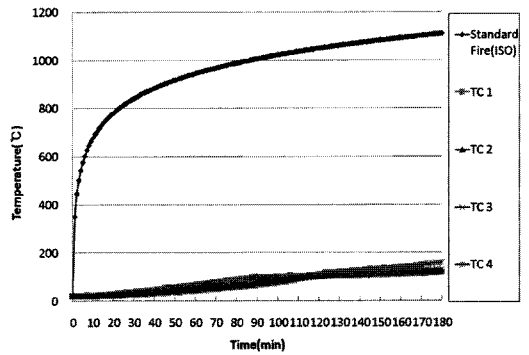
(c) The temperature of bottom flange (Model- I)

Figure 6. The test result of asymmetric H beam temperature (Model-I).

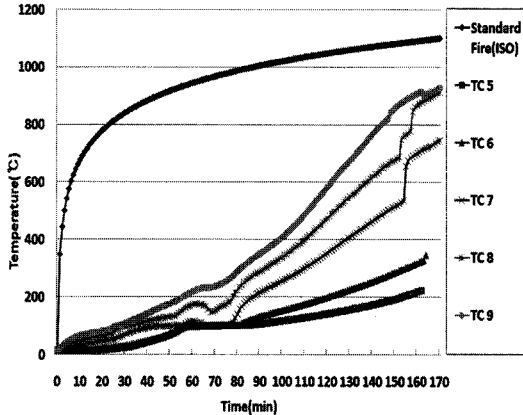
보였다. 하부 플랜지에서 10mm 위쪽에 위치한 TC 9의 경우 98분 경과 후 400°C를 넘어 강재의 내력이 감소되기 시작하였다. 웨브에 설치된 센서의 경우 상부 쪽에 위치할수록 온도의 상승이 적었으나, 웨브 중앙 아래쪽의 경우 128분 경과 후 모두 400°C를 넘어



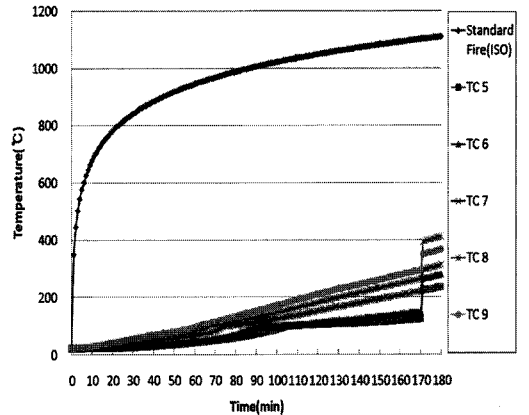
(a) The temperature of top flange(Model-II)



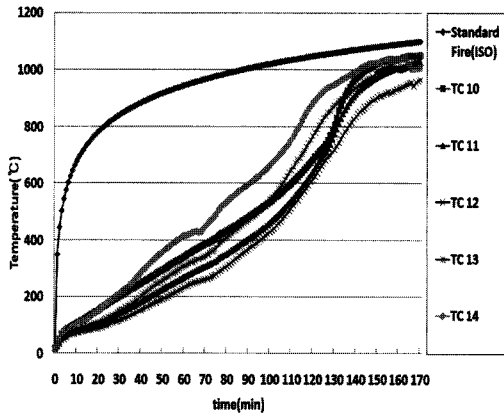
(a) The temperature of top flange(Model-III)



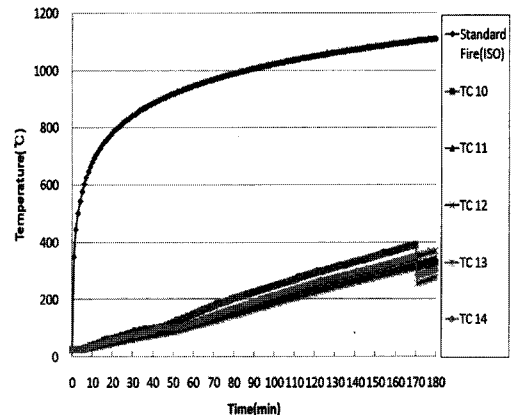
(b) The temperature of web(Model-II)



(b) The temperature of web(Model-III)



(c) The temperature of bottom flange (Model-II)



(c) The temperature of bottom flange (Model-III)

Figure 7. The test result of asymmetric H beam temperature (Model-II).

Figure 8. The test result of asymmetric H beam temperature (Model-III).

강재의 강성 저하가 발생하였다. 하부플랜지의 경우 TC 14는 56분 경과 후 400°C에 도달하였으며 정중앙에 위치한 TC 12의 경우 95분 경과 후 400°C에 도달하였다.

4.1.3 내화 뿔철적용 실험체(Model-II)
무 피복 기본 시험체에 90분 내화 뿔철재를 도포한 Model-III의 경우, 시험체의 온도분포는 Figure 8과 같다. 웨브의 끝부분에 설치된 TC 10의 경우 177분 경

과 후 400°C에 도달하였으며 TC 10 이외의 모든 열전대에서 400°C 이하의 온도 분포를 보였다. 실험 후 시험체 상태에서 내화뿔칠재의 탈락 현상이 없었으며 노출부위인 하부 플랜지에 도포한 뿔칠재로 인하여 열전달이 현저히 줄어 들었음을 볼 수 있었다. Model-I 시험체나 Model-II 시험체와 달리 시험체 모든 영역에서 400°C 이내의 온도 분포를 보임에 따라 시험체의 처짐도 한계 처짐인 140mm에 미치지 못하는 30mm 이내의 처짐을 보였다. 3시간 내화 성능을 만족시켰으며, 무 피복 상태에서 비대칭 H형강 합성보의 기본 내화 성능 90분과 내화뿔칠재 90분의 차열효과로 전체 180분의 내화성능을 확보할 수 있는 것으로 실험결과가 도출되었다.

4.2 실험변수별 화재거동 특성비교

비대칭 H형강을 적용한 합성 보의 실험변수별 화재 거동 및 변형특성 분석을 기반으로 최적의 내화설계 수행을 위한 조건 도출을 위해 하중비·내화피복조건·하부철근보강 방안에 대한 실험결과를 분석하였다.

4.2.1 재하하중비 변화에 따른 변형특성 분석

재하하중비의 변화에 따른 비대칭 H형강 합성보의 내화성능 변화를 분석하기 위하여 하중비를 변화하여 재하가열실험을 수행하였다. 하중비를 0.4 부여한 Model-I의 경우, 시험시작 후 82분 후 139.7mm에 도달하였으며, 하중비를 0.1 낮춘 Model-IV(하중비 0.3)의 경우 94분으로 약 12분 정도의 내화성능이 향상되는 것으로 Figure 9와 같이 나타났다.

4.2.2 내화피복 조건에 따른 변형특성 분석

기본형상조건으로 무피복 실험체인 Model-I의 경우,

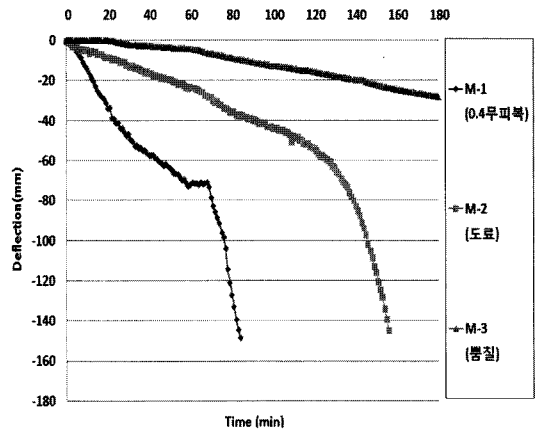


Figure 10. The displacement of fireproof condition.

실험시작 후 67분까지는 점차적으로 변형이 증대되었으며, 68분부터 비대칭 H형강 합성 보의 강성저하로 인해 급격하게 처짐변형이 증대되었다. 반면에 90분 내화도로 피복설계를 한 Model-II의 경우, 157분에 한계 처짐인 140mm에 도달하였다. 내화도료의 경우 화재로 인해 1/2지점을 중심으로 내화도료의 탈락이 발생하였으며, 이로 인해 비대칭 H형강 하부플랜지를 화재에 직접적으로 노출시켜서 강성저하에 인한 처짐이 유발된 것으로 판단된다. Model-III의 경우, 180분 기준 최대 28.1mm가 처져서 하부플랜지의 화재에 의한 강성저하를 효율적으로 보완하여, 3시간 내화성능을 확보한 것으로 Figure 10과 같이 나타났다.

4.2.3 하부철근보강에 따른 변형특성 분석

하부플랜지의 강성저하에 의한 단면소성모멘트의 저하를 보완하기 위하여 하부에 2-D25 철근을 보강하여

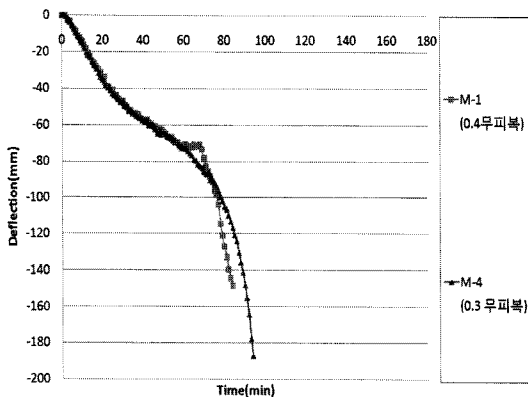


Figure 9. The displacement of load ratio.

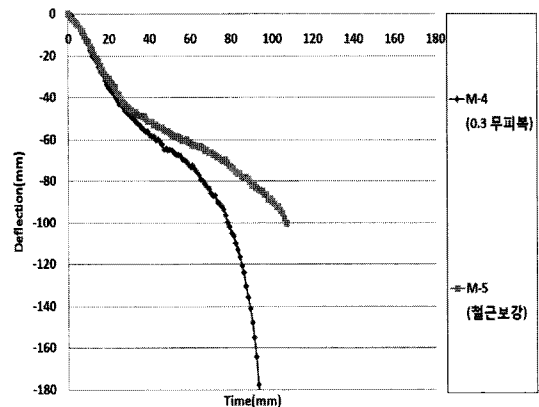


Figure 11. The displacement of apply to reinforcement bar.

적용효과를 비교하였다. 그 결과 Model-IV의 경우 94분에 187mm로 한계치짐에 도달하였으나, 동일 시간에 Model-V의 경우 84.6mm로 철근보강으로 인해 102.4mm의 처짐이 제어되는 것으로 Figure 11과 같이 나타났다. 그러나 이후 Model-V의 철근 보강효과가 떨어지면서, 가열후 107분 이후엔 급격한 취성파괴로 인한 변형률증가로 파괴되었다.

5. 소 결

비대칭 H형강 합성보의 하중비 · 내화설계 · 철근보강의 방법으로 화재실험을 수행한 결과는 Figure 12와 같으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 재하하중비 0.4와 0.3의 실험체를 비교한 결과, 0.1의 하중비를 낮출 경우 70분 이내에는 유사한 강성저하가 발생하나, 70분 이후에는 단면소성모멘트의 저하 비율의 차이로 인해 내화성능이 변화하는 것으로 나타났다.
- 2) 무 피복조건에서는 KS F 2257-6의 기준으로 82분의 내화성능으로 나타나고, 하부플렌지 부분의 부분적인 90분 내화설계 수행시 도료의 경우 157분, 뿔철의 경우 180분의 내화성능을 확보하는 것으로 나타났다.
- 3) 비대칭 H형강 단면하부에 철근을 보강한 경우 60분까지 철근보강의 유무와 상관없이 유사한 처짐을 나타내지만, 점차적인 하부 플렌지의 강성저하가 발생하는 시점 이후에는 철근의 하부 단면 소성모멘트의 보강

효과로 부재의 처짐현상을 제어하는 것으로 분석된다.

감사의 글

이 논문은 2010학년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김형준, 김홍열, 이재승, 조봉호, “방화석고보드를 적용한 모듈러 보의 최적내화성능 형상조건 도출을 위한 해석적 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계, Vol.25, No.7(통권 249호), pp.3-12.
2. 이재승, 김홍열, 조봉호, 김형준, 김갑득, “방화석고보드를 적용한 MCO 보의 내화공법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 구조계, Vol.24, No.11, pp.93-100.
3. 박원섭, 김홍열, 김형준, “비대칭 H형강 슬림플로어 보의 내화성능에 관한 실험적 연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.1, pp.40-45(2010).
4. 박수영, 박원섭, 김홍열, 홍갑표, “비대칭 슬림플로어 합성보의 내화성능산정에 관한 해석적 방법연구”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.24, No.2, pp.31-37(2010).
5. 박수영, 김홍열, 홍갑표, “웨브두께에 따른 비대칭 H형강 슬림플로어 보의 내화성능에 관한 해석적 연구”, 대한건축학회 구조계, Vol.26, No.7(통권 261호), pp.61-68.
6. 한국건설기술연구원(2009), “구조물 성능기반 화재안전 해석 및 설계기술개발 - 3차년도 보고서”, 한국건

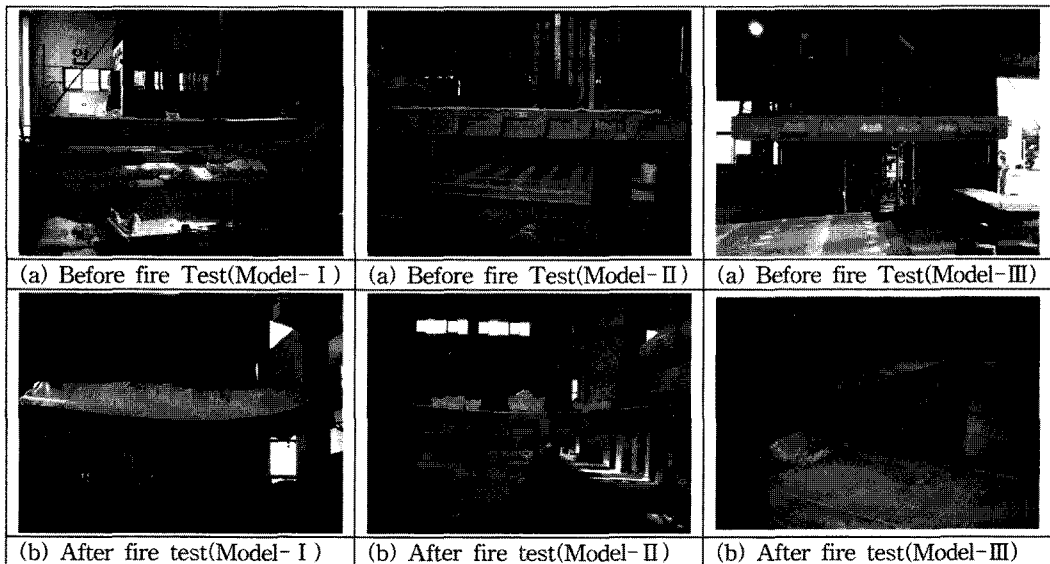


Figure 12. The deformation shape of fire test.

- 설기술연구원.
7. 한국건설기술연구원(2009), “비대칭 H형강 합성플로어 성능기반 내화거동 고도화 연구 - 3차년도 보고서”, 한국건설교통기술평가원.
 8. British Standards Institution, BS.5950: Part 8: Code of Practice for the Fire Protection of Structural Steelwork, UK(1990).
 9. G.M. Newman, “Fire Resistance of Slim Floor Beams”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.33, pp.87-100(1995).
 10. Pentti Makelainen, Zhongcheng Ma, “Fire resistance of Composite Slim Floor Beams”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.54, pp.345-363 (2000).
 11. Zhongcheng Ma, Pentti Makelainen, “Structural behavior of Composite Slim Floor Frames in Fire Conditions”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.62, pp.1282-1289(2006).
 12. C.G. Bailey, “The behavior of Asymmetric Slim Floor Steel Beams in Fire”, Journal of Constructional Steel Research, Vol.50, pp.235-257(1999).
 13. ECCS, “Design Manual on the European Recommendations for the Fire Safety of Steel Structures”, pp.64-99(1985).