



매크로 합성섬유를 혼입한 데크슬래브의 열적특성

안효준¹⁾ · 손동희¹⁾ · 정주홍²⁾ · 최창식^{3)*}

¹⁾한양대학교 건축공학과 대학원생 ²⁾대진대학교 스마트건축토목공학부 교수 ³⁾한양대학교 건축공학부 교수

Thermal Properties of Deck Slabs with Macro Synthetic Fiber

Hyo-jun Ahn,¹⁾ Dong-hee Son,¹⁾ Joo-hong Chung,²⁾ and Chang-sik Choi^{3)*}

¹⁾Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Rep. of Korea

²⁾Professor, Division of Smart Architecture and Civil Engineering, Daejin University, Pocheon 11159, Rep. of Korea

³⁾Professor, Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul 04763, Rep. of Korea

ABSTRACT With the increasing height of domestic buildings comes the increase in the number of steel structures used. In the past, steel structure floor members had reinforcing bars put on them using a steel deck and concrete pour. Steel decks were therefore used only for concrete formwork. Recently, deck plates have been used as a structural tensile material in addition to the formwork of concrete, and have been used as a composite floor structure in which concrete and deck plates are integrated. However, since a deck slab is exposed to the outside, it is vulnerable to high temperatures during a fire. In this study, fire resistance performance tests were conducted by mixing polypropylene-based macro-synthetic fibers to prevent explosion of the deck slab. The longer a fiber is, the more likely it is to explode, so the length of the fiber was set at 54 mm. To prevent the flexing of slabs, fire resistance performance tests were conducted with the height of the deck plate ribs set at 78 mm. A fire resistance test was carried out in accordance with KS standards. The load was 90 kN (34.7 %) of the deck slab flexural strength based on a warehouse building. Experiments revealed that Deck-0 experiments showed 16.7 mm less flex compared with Deck-2.4 experiments, and that the temperature inside the slab was 88.6 °C lower compared with Deck-2.4 experiments. If macro-synthetic fibers are mixed, the flexural of the slab increases, but it is believed to have the effect of lowering the internal temperature.

Keywords : deck slab, macro-synthetic fiber, fire resistance performance

1. 서 론

최근 국내 건축물이 고층화되면서 철골 건축물들이 증가하고 있다. 과거의 철골 건축물의 바닥 부재는 철제 데크를 사용하여 그 위에 철근 등을 설치하고 콘크리트를 타설하여 바닥부재로 사용하였기 때문에 철제 데크는 단순 거푸집 용도로만 사용하였으나 최근에는 콘크리트의 거푸집용도 이외에 구조용 인장재로 사용하여 콘크리트와 데크플레이트의 일체가 된 합성 바닥 구조로 사용하고 있다(Won et al. 2008). 데크슬래브는 동바리 등의 가설공사가 불필요하며 거푸집 역할까지 수행하여 공기단축이 가능하고 공사의 편리성 및 공사비 절감 등의 경제적인 효과가 있다(Ji et al. 1996). 그러나 데크슬래브는 데크플레이트가 외부에 노출되어 있기 때문에 화재 시 고온에 취약한 단점이 있다. 이에 따라 기존의

데크슬래브의 경우 화재에 취약하다는 단점을 보완하기 위해 외부로 노출된 표면에 내화뿔칠이나 내화페인트 칠 등과 같은 내화피복을 하여 내화 구조가 될 수 있도록 하여 사용하고 있다. 최근 개발된 구조용 데크플레이트는 데크플레이트와 콘크리트의 합성효과를 증가시켜 데크플레이트에 내화피복을 하지 않고도 내화성능과 구조성능을 확보하여 사용하고 있다. 데크플레이트와 콘크리트의 합성효과가 높아지게 되면 화재 시 고온에 노출되어도 데크플레이트가 콘크리트로 열전달이 원활하게 되어 고온으로 인한 데크플레이트의 파손을 방지할 수 있다(Chung et al. 2012; Choi et al. 2015). 그러나 데크플레이트가 콘크리트로 열전도율이 높아지게 되면 슬래브 내부온도 또한 상승하게 되며 그로 인해 콘크리트의 내부응력보다 수증기압이 커져 콘크리트의 폭발현상이 발생할 수 있다(Bentz 2000). 폭발현상은 콘크리트의 탈락을 발생시켜 부재의 내력을 급격히 감소시키고 사용성 감소 및 구조물의 붕괴까지 야기한다(Khoury 2000; Kang et al. 2004). 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 연구에서는 내화피복을 하지 않은 데크플레이트의 내화성능 확보에 관한 연

*Corresponding author E-mail : ccs5530@hanyang.ac.kr
Received December 14, 2020, Revised February 08, 2021,
Accepted March 05, 2021

©2021 by Korea Concrete Institute

구가 진행 중이며 특히 콘크리트에 섬유보강재 혼입을 통해 콘크리트 내부 온도를 감소시키는 연구가 진행 중이다(Han et al. 2002; Jang et al. 2009). 그 중에서도 매크로 합성섬유는 시공이 간편하고 균열제어에 효과적이라는 장점이 있다. 또한 기존 연구들에 따르면 매크로 합성섬유의 재질인 폴리프로필렌(polypropylene) 재질로 콘크리트의 내부 온도증가 방지에 효과적이라고 나타났다(CEN 2004; Won et al. 2008).

따라서 본 연구에서는 내화 피복을 하지 않은 데크슬래브에 매크로 합성섬유를 혼입하여 데크슬래브의 열적특성을 파악하고자 한다.

2. 시험체 계획 및 시험방법

2.1 사용재료

2.1.1 데크플레이트

본 연구에 사용된 데크플레이트의 단면적은 동일한 크기의 철근콘크리트슬래브 시험체에 배근된 철근량을 데크플레이트로 치환하여 단면적 및 크기를 산정하였다. 데크플레이트는 제품중량 13.24 kg/m², 단면적 13.04 cm², 판두께 0.8 mm의 용융아연도금 강판이며 데크플레이트의 형상 및 제원은 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 Y형 플렌지와 바닥판 볼륨을 통해 데크플레이트와 콘크리트의 부착면적을 증가시켜 데크플레이트가 고온에 노출되어도 콘크리트로의 열전달이 원활하게 이루어질 수 있도록 하였다.

2.1.2 섬유보강재

매크로 합성섬유는 폴리프로필렌 재질의 합성 섬유로 길이 54 mm, 직경 0.34 μm, 섬유 형상비는 159로 섬유길이를 길게 하여 폭렬현상 제어를 확인하고자 한다. 밀도는 0.91 g/cm³이며 인장강도는 570~660 MPa, 탄성계수는 4.67 GP이다. 섬유의 형상 및 상세 제원은 Table 2와 Fig. 2와 같다. 매크로 합성섬유는 Twisted와 Fibrillated 형태를 약 9:1의 비율로 혼합하여 사용하였으며 Fig. 2의 (a)와 (b)는 Twisted 형태, (c)와 (d)가 Fivrillated 형태이다. 매크로 합성섬유는 화학구조식에 따라 극소수성을 나타내므로 콘크리트 배합 시 섬유의 뭉침 현상이 타 섬유들에 비해 적다.

2.2 시험체 세부 사항

본 연구에서는 데크플레이트의 유무와 매크로 합성섬유의 혼입 여부를 시험 변수로 하여 Table 3과 같이 데크슬래브 시험체를 계획하였다. 데크슬래브에 사용된 콘크리트 배합표는 Table 4와 같으며 28일 공시체의 압축강도는 섬유가 미혼입된 공시체가 평균 34.2 MPa, 매크로 합성섬유가 혼입된 공시체는 33.1 MPa로 측정되었다. 또한 내화 시험일인 재령 90일 공시체의 평균 압축강도는 섬유가 미혼입된 공시체가 37.6 MPa, 매크로 합성섬유가 혼입된 공시체가 29.9 MPa로



Fig. 1 Deck plate shape

Table 1 Deck plate sectional performance

Thickness (mm)	Weight (kg/m ²)	Sectional area (cm ²)	Neutral axis (cm)
0.8	13.24	13.04	2.458

Table 2 Fiber specifications

Material	Tensile strength (MPa)	Modulus of elasticity (GPa)	Length (mm)	Diameter (μm)	Aspect ratio
Polypropylene	54.9	4.67	54	0.34	159

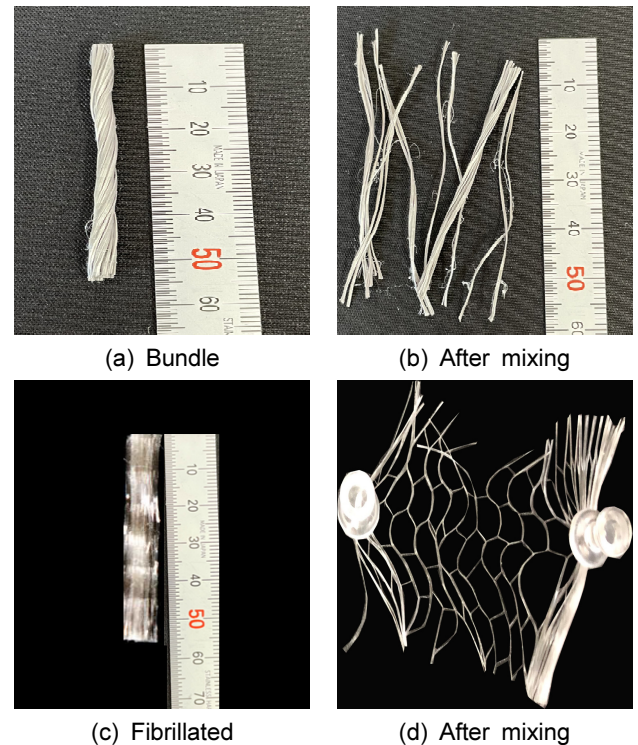


Fig. 2 Shape of macro-synthetic fibers

섬유가 혼입되었을 때 압축강도가 더 낮게 나타났다. 내화시험이 수행된 데크슬래브 시험체의 형상은 내화구조의 인장 및 관리기준에 따라 양 끝에 각각 250 mm의 지지대 부분을 포함해 4,700 mm×3,000 mm크기의 직사각형 형태로 제작하였으며 Fig. 3에 나타내었다. 또한 시간에 따른 시험체의 단

Table 3 Object planning and details

Specimen	Thickness (mm)	Length (m)	Width (m)	Macro-synthetic fibers (kg/m ³)	Concrete cover thickness (mm)		Top re-bar	Bottom re-bar	Uniform load (kN/m ³)
					Top	Bottom			
RC-0	150	4.7	3.0	0	20	-	D10@200	-	7.2
Deck-0				0					
Deck-2.4				2.4					

Table 4 Concrete mixture

W/C (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	FA (kg/m ³)	CA (kg/m ³)	AD (kg/m ³)
55.0	200.7	365	854.7	1,022.7	3.29

Note: W/C: water/cement; C: cement; W: water; FA: fine aggregate; CA: coarse aggregate; AD: admixture

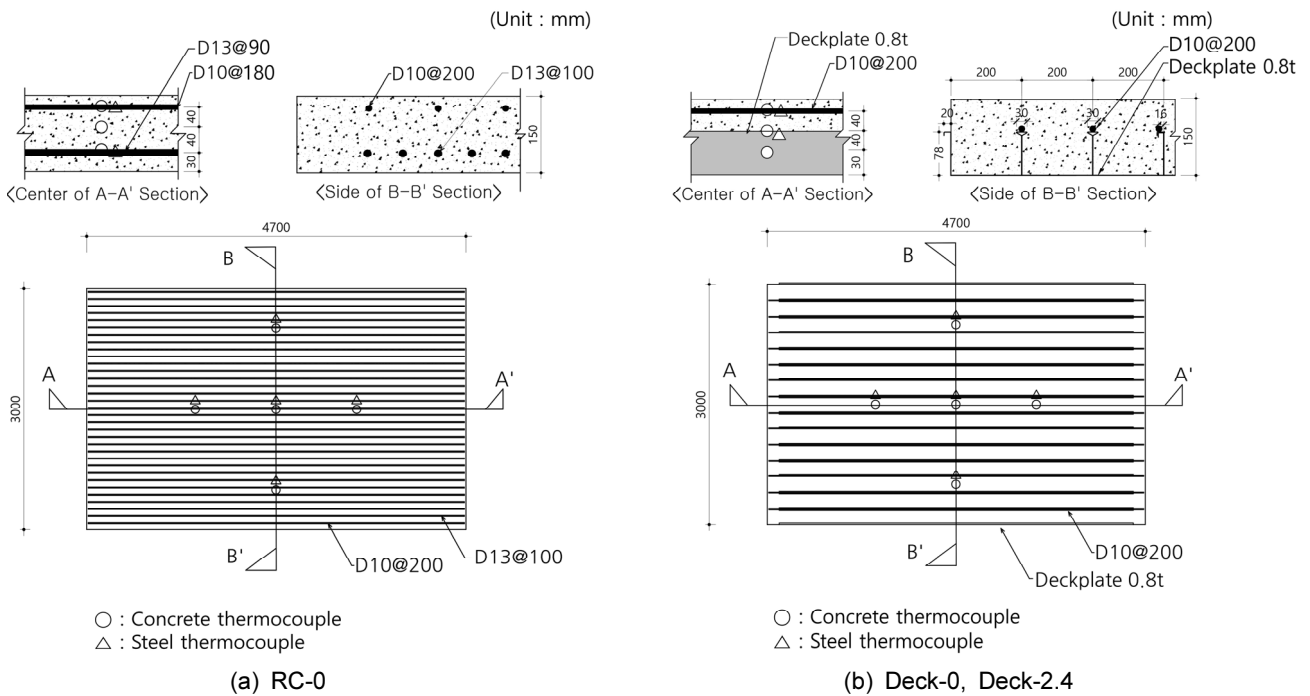


Fig. 3 Specimen details and location of the thermocouple

면 온도분포를 파악하기 위하여 Fig. 3과 같이 콘크리트와 상, 하부 철근 및 데크플레이트에 30 mm, 80 mm, 120 mm 높이에 열전대를 설치하였다(Choi et al. 2014). 데크슬래브 시험체는 타설 후 3개월간 양생하여 콘크리트의 수분함유량을 일반적인 데크슬래브 사용조건에 부합하도록 하였고 내화시험은 기건상태에서 수행하였다.

2.3 시험방법 및 계획

내화시험은 국내 KS F 2257-1(KATS 2005) 건축부재의 내화시험방법에 따라 수행하였다. 시험체 모두 내화구조 성능 기준인 국토해양부 고시 제 2005-122호에서 규정한 120분 동안 가열하였으며 가열 온도의 경우 Fig. 4와 식 (1)의 ISO834 (ISO/TC 92/SC 2 1999) 표준시간-가열온도 곡선에 따라 슬래브 하부면을 가열하였다(KATS 2015).

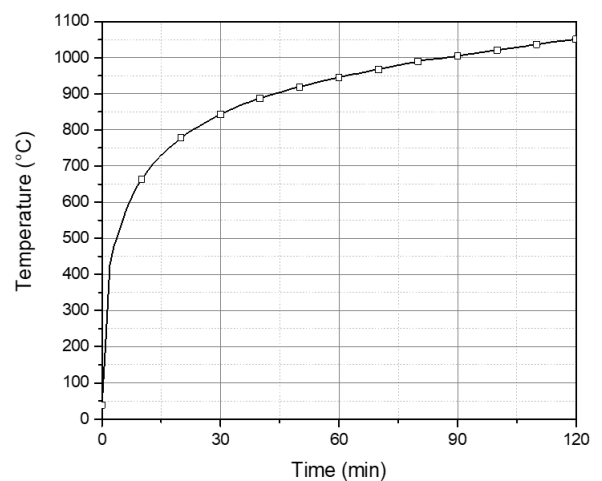


Fig. 4 Standard time - temperature curve

$$T(t) = 345 \cdot \log(8t+1) + T_0 \quad (1)$$

여기서, t 는 화재발생시간(min), $T(t)$ 는 가열로 내 평균온도(°C), T_0 는 대기온도(20°C)이다.

재하가열시험에서 시험체의 내화성능 평가는 KS F 2257-1 (KATS 2005) 건축부재의 내화시험방법에 규정되어 있는 하

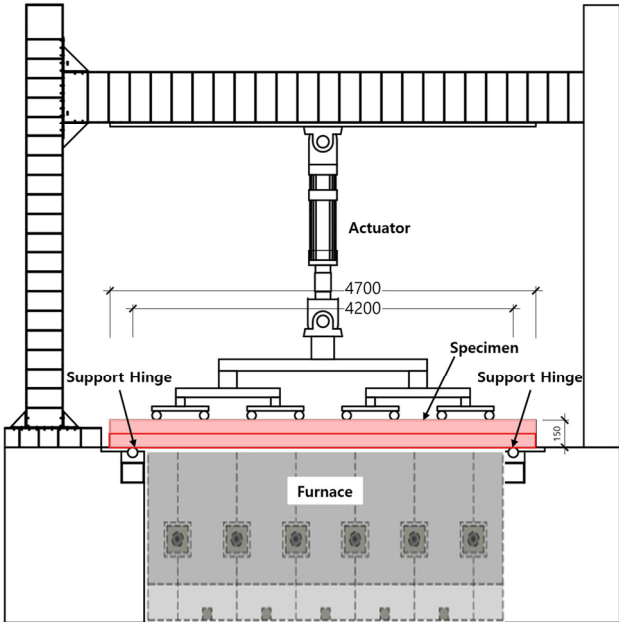


Fig. 5 Fire resistance test specimen loading and installation



Fig. 6 Inside the heating furnace



Fig. 7 Test set-up

중지지력, 차열성, 차염성의 3가지 조건에 의해 평가하였다. 하중지지력의 평가는 슬래브 두께에 따른 한계 변형량과 허용 변형률을 초과하게 될 때 부재는 구조적으로 붕괴됐다고 판정하며 최대 처짐 기준을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 시험체가 안정된 상태에 도달할 때까지 상대적으로 급속한 변형이 생길 수 있으므로 변형률의 성능 기준은 변형량이 $L/30$ 을 초과할 때까지 적용하지 않는다. KS F 2257-1(KATS 2005)에는 식 (2), 식 (3)을 통하여 두 가지 기준을 모두 초과하였을 때 부적합한 것으로 판단하였다.

$$\text{한계 변형량 } D = \frac{L^2}{400d} \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

$$\text{허용 변형률 } \frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9,000d} \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

여기서, L 은 시험체 스패น(mm), d 는 구조 단면의 최대 압축력을 받도록 설계된 위치에서 최대 인장력을 받도록 설계된 위치까지의 거리(mm)이다.

또한 차열성의 경우 내화시험 중 시험체의 비가열면 온도가 초기 온도보다 140 K를 초과하여 상승하게 되면 차열성능에 부적합한 것으로 판단하였다.

내화시험체의 재하하중에 따른 내화성능을 평가하기 위해 KS F 2257-5(KATS 2005)건축 수평부재의 내화시험 규정에 따라 내화시험체 상부를 등분포하중으로 재하하여 시험을 수행하였으며 Fig. 5와 같이 나타내었다. 총 재하하중의 경우 공칭내력 205 kN·m의 약 34.7%인 90 kN을 재하하였으며 등분포하중은 재하치구의 무게를 포함해 9 kN/m²를 재하하였다. 내화시험은 Fig. 6의 가열로를 이용하여 시험체 하부면을 가열하였으며 시험체는 Fig. 7과 같이 설치 후 진행하였다.

3. 시험결과 및 분석

3.1 내화시험 결과

테크슬래브의 내화시험에 관한 결과는 Table 5에 나타내었다. Fig. 8은 각 시험체의 시간에 따른 변형량을 나타낸 것이며 식 (2)에 따른 한계변형량 기준을 붉은색 점선으로 나타내었다. Deck-0 시험체는 한계변형량 $L/30=140$ mm를 초과하지 않았지만 RC-0, Deck-2.4 시험체는 한계변형량 $L/30=140$ mm를 초과하는 결과가 나타났기 때문에 구조안전성에 대해서 허용변형률 기준인 $L^2/9,000d$ 를 고려하여 내화성능을 평가하였다. 하중지지력 평가 시 내화시간 목표인 120분 동안 RC-0 시험체는 변형량 149.8 mm, 변형률 5.7 mm/min로 한계 변형량 기준 294 mm를 초과하지 않았으며 허용변형률 기준 13 mm/min도 초과하지 않았다. 또한 Deck-0 시험체의 경우 변형량 134.8 mm, 변형률 8.0 mm/min로 한계변형량과 허용변형률 기준을 초과하지 않았으며 Deck-2.4 시험체의 경우 변형량 151.5 mm, 변형률 6.6 mm/min로 한계변형량과

Table 5 Fire resistance performance of deck slab

Specimen	Displacement (mm)		Rate of displacement (mm/min)		The increase of temperature at unheated surface (°C)		Fire resistance performance (○/×)
	Limitation	Measured	Limitation	Measured	Average	Maximum	
RC-0	294	149.8	13	5.7	79.4	102.1	○
Deck-0	294	134.8	13	8.0	99.3	158.4	○
Deck-2.4	294	151.5	13	6.6	65.0	69.8	○

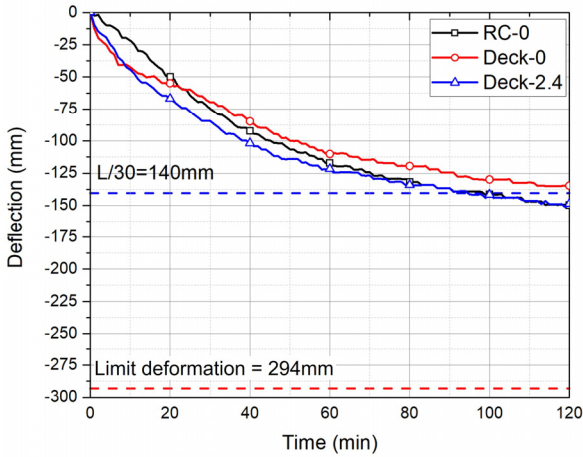


Fig. 8 Deck slab deflection - time curve

허용변형률을 모두 만족하였다. 차열성 측면에서 이면상승 온도 또한 RC-0 시험체의 경우 평균 79.4 °C, 최고 102.1 °C로 나타났고 Deck-0의 경우 평균 99.3 °C, 최고 158.4 °C이며 Deck-2.4 시험체는 평균 65.0 °C, 최고 69.8 °C로 3개 시험체 모두 이면상승온도 기준을 초과하지 않았다.

내화시험 수행결과 3개의 시험체 모두 변형량, 변형률, 이면상승온도 모두 기준치를 초과하지 않았으며 건축법시행령 제56조의 건축 부재별 내화구조기준에서 규정하는 바닥 부재 내화인정 시간 120분을 만족하였다.

3.2 데크슬래브의 내화성능

각 시험체별 내부 온도분포를 Fig. 9와 Fig. 10, Table 6에 나타내었다. Fig. 9와 Fig. 10에 나타난 바와 같이 Deck-0 시험체와 Deck-2.4 시험체의 온도분포를 살펴보면 두 시험체 모두

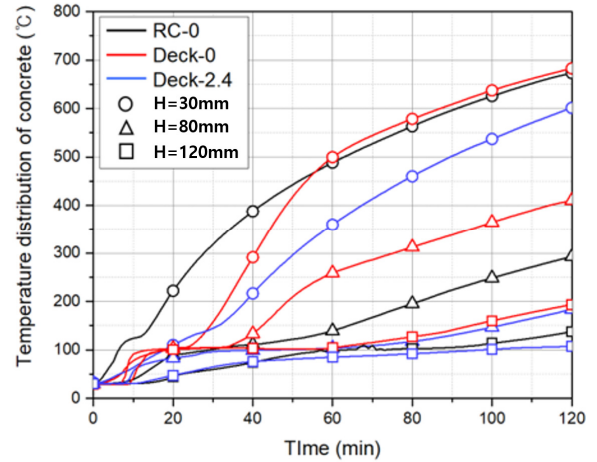


Fig. 9 Temperature distribution of concrete

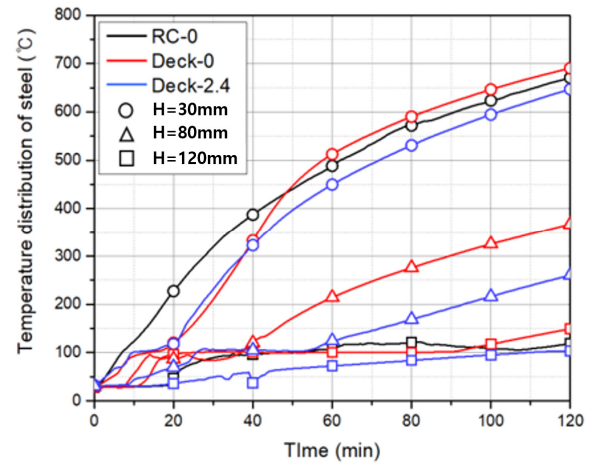


Fig. 10 Temperature distribution inside re-bars and deck plates

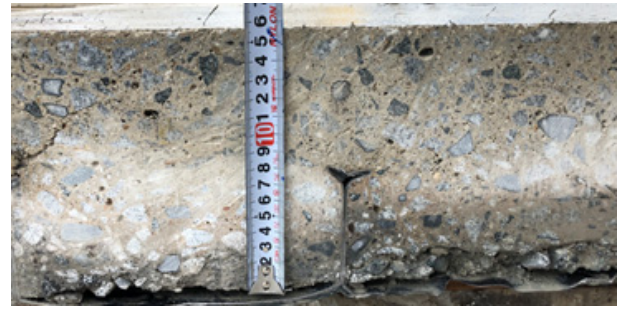
Table 6 Internal temperature of slab by specimen

Specimen	Temperature (°C) (120 minutes)	Measurement location					
		Rebar and deck plate			Concrete		
		30 (mm)	80 (mm)	120 (mm)	30 (mm)	80 (mm)	120 (mm)
RC-0	Average	582.6	-	115.3	487.8	225.3	114.6
	Maximum	670.4	-	149.0	673.2	292.5	137.6
Deck-0	Average	642.0	292.6	116.8	480.5	255.4	134.3
	Maximum	728.3	367.3	149.3	682.8	410.2	193.4
Deck-2.4	Average	609.8	379.2	101.1	458.8	189.5	102.6
	Maximum	646.8	292.0	103.6	601.7	237.7	107.4

약 10분에서 20분 사이에 온도상승 지연구간을 보이고 있다. 이러한 특정구간 온도상승 지연현상은 일반 철근콘크리트 슬래브에서는 보기 힘든 현상이다(Khoury 2000; Kim et al. 2005a, 2005b; 2011). 데크슬래브 시험체의 경우 슬래브 하부면의 데크플레이트 때문에 양생기간 중 수분 증발이 일반 RC 슬래브보다 적었기 때문에 시험체 가열 시 초기 온도상승 지연구간이 발생한 것으로 판단된다. 또한 시험체별 30 mm 높이의 온도곡선 그래프의 기울기를 살펴보면 내화시험 시작 후 20분에서 60분 사이에 데크슬래브 시험체의 온도가 급격하게 상승하다가 60분 이후 완만하게 변화하면서 RC-0 시험체와 유사한 기울기를 나타냈다. 이는 일반 콘크리트의 경우 온도가 증가됨에 따라 콘크리트의 질량이 감소하며 내부의 수분이 빠져나가면서 생기는 공극으로 인해 콘크리트의 열전도율은 감소하게 되는데 데크플레이트의 경우 초기에 높은 열전도율로 인하여 급격한 온도상승을 보이다가 콘크리트의 열적 특성으로 인해 시간이 지남에 따라 열전도율이 감소하여 나타난 현상으로 판단된다. 또한 Deck-0 시험체의 경우 콘크리트 내부 120 mm 높이의 온도가 평균 134.3 °C로 가장 높게 나타났는데 이는 동일한 위치에서 RC-0 시험체가 114.6 °C, Deck-2.4 시험체가 102.6 °C로 나타난 것과 비교해 가장 높은 온도로 측정되었다. 이러한 온도 차이는 데크플레이트의 열적 특성으로 때문에 데크플레이트가 콘크리트로의 열전달이 원활하게 이루어져 발생한 것으로 판단된다. 그러나 변형량 측면에서 RC-0 시험체와 Deck-0 시험체를 비교한 결과 Deck-0 시험체의 변형량이 RC-0 시험체 대비 15 mm 감소한 결과가 나타났다. 콘크리트는 내부의 온도가 상승하게 되면 내부의 골재자체의 압력이 높아져 콘크리트는 팽창하게 되고 결과적으로 콘크리트의 성능저하가 발생하게 된다. 그러나 시험결과 RC 시험체와 Deck 시험체의 휨강도는 같으나 데크플레이트의 리브가 길기 때문에 RC 실험체보다 Deck 실험체의 휨강성이 높게 나온 것으로 판단된다.

3.3 매크로 합성섬유 혼입에 따른 내화성능

매크로 합성섬유 혼입에 따른 데크슬래브의 내화성능을 평가하기 위하여 Deck-0 시험체와 Deck-2.4 시험체를 대상으로 동일 위치에 설치한 열전대를 시간에 따른 온도분포를 비교하였다. Fig. 9와 Fig. 10에 나타난 바와 같이 Deck-2.4 시험체는 데크플레이트의 열전달이 높았음에도 불구하고 콘크리트 내부 120 mm 위치에서 평균 102.6 °C로 평균 114.6 °C의 RC-0 시험체와 비교해도 상부의 평균 온도차이가 12 °C 낮은 것으로 나타났다. 또한 Deck-2.4 시험체의 경우 Deck-0 시험체와는 다르게 내화시험 시작 20분부터 시험 종료 시까지 온도곡선의 기울기가 완만한 것을 확인할 수 있었다. 원종필 등의 연구에 따르면 콘크리트 부재의 내화시험 시 콘크리트 내부에 위치한 폴리프로필렌섬유가 고온에 노출되면서 용융되어 수증기 통로를 형성하고 이 통로를 통해 공기 순환이 원활하게 이루어져 시험체 내부의 온도증가를 방지했기 때문이라고 주장하였다(Won et al. 2008). 매크로 합성



(a) Sectional deformation



(b) Macro fiber condition

Fig. 11 Section of Deck-2.4

섬유의 주요 재질도 폴리프로필렌이기 때문에 원종필 등의 연구결과와 동일한 결과가 나타난 것으로 판단된다(Won et al. 2008). 내화시험 종료 후에 Deck-2.4 시험체의 단면을 확인한 결과 Fig. 11에 나타난 바와 같이 데크플레이트의 높이인 80 mm 이상의 섬유는 모두 온전한 것으로 나타났으며 80 mm 높이 미만의 섬유는 모두 용해되어 슬래브 내부에 공극이 생긴 것을 확인하였다. 이러한 결과는 Fig. 9와 Fig. 10에 나타난 바와 같이 Deck-2.4 시험체의 120 mm 위치의 온도는 평균 102.6 °C로 폴리프로필렌섬유의 녹는점인 160 °C에 미치지 못하기 때문으로 판단된다. Deck-2.4 시험체의 경우 RC-0 시험체와 Deck-0 시험체 대비 가장 많은 변형량을 보였는데 이는 콘크리트의 온도에 따른 성능저하와 선행 연구들의 결과인 콘크리트의 섬유혼입과 온도에 따른 콘크리트의 변형량 증가의 결과로 판단된다(Shin et al. 2006; Teja et al. 2012; Li et al. 2017).

4. 결 론

본 연구에서는 내화피복을 하지 않은 데크슬래브와 매크로 합성섬유의 열적특성을 검토하기 위하여 일반 철근콘크리트슬래브와 데크슬래브, 매크로 합성섬유가 2.4 kg/m³ 혼입된 데크슬래브, 총 3개의 시험체를 제작하여 KS F 2257에 따라 하중재하 내화시험을 진행하였다.

- 1) 데크슬래브에 대한 내화시험을 수행한 결과 RC-0, Deck-0, Deck-2.4 시험체 모두 건축법시행령 제56조의 건축 부재별 내화구조기준에서 규정하는 바닥부재 내화인정 시간 120분을 만족하였다.
- 2) 데크슬래브의 온도분포를 분석한 결과 일정시간 이후 온도상승이 지연되는 구간이 나타났는데 이는 일반철

근콘크리트슬래브에 비해 데크슬래브 하부면의 데크 플레이트와 콘크리트 사이 수분이 완전히 기화되지 못하여 데크슬래브 내부의 온도상승에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한 콘크리트로의 열전달이 원활하게 이루어져 Deck-0 시험체의 내부온도가 타 시험체 대비 가장 높게 나타났지만 변형량은 가장 낮게 나타나 데크플레이트가 콘크리트슬래브의 변형량 증가 방지에 효과적인 것으로 판단된다.

- 3) 매크로 합성섬유의 열적특성을 분석한 결과 매크로 합성섬유가 혼입된 Deck-2.4 시험체가 타 시험체 대비 이면온도가 가장 낮게 나타났다. 변형량은 Deck-0 시험체 대비 16.7 mm의 차이를 보였다. 따라서 매크로 합성섬유가 혼입됨으로써 슬래브 내부의 온도증가 방지에 효과적이지만 변형량 감소에는 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다.
- 4) 데크슬래브와 매크로 합성섬유의 정량적인 휨 성능 관계와 열적특성을 평가하기 위해 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

이 성과는 (주)매크로테크 연구비지원(KCI-R-20-006) 및 2020년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2020R1A4A1019074).

References

Bentz, D. P. (2000) Fibers, Percolation, and Spalling of High-Performance Concrete. *ACI Materials Journal* 97(3), 351-359.

CEN (2004) *Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1-2: General Rules - Structural Fire Design (BS EN 1992-1-2:2004)*. London, UK; European Committee for Standardization (CEN), British Standards Institute (BSI).

Choi, H. K., and Choi, C. S. (2015) Temperature Estimation Method of Hollow Slab at Elevated Temperature. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 15(1), 17-22. (In Korean)

Choi, H. K., Chung, J. H., and Choi, C. S. (2014) Estimation Method of Residual Performance for Hollow Slab at Elevated Temperature. *Journal of the Korea Concrete Institute* 26(5), 643-650. (In Korean)

Chung, J. H., Cho, H. J., Lee, S. C., Choi, H. K., and Choi, C. S. (2012) An Experimental Study on the Fire Resistance Performance for the Donut Type Biaxial Hollow Slab. *Journal of Korea Architectural Institute* 28(12), 3-10. (In Korean)

Han, C. G., Yang, S. H., Lee, B. Y., Hwang, Y. S., and Jun, S. C. (2002) Properties of Fire Resistance of High Performance Concrete with Varying Contents of Polypropylene Fiber and Specimen Size. *Journal of the Korea Concrete Institute* 14(4), 449-456. (In Korean)

ISO/TC 92/SC 2 (1999) *Fire-Resistance Tests - Elements of Building Construction - Part 1: General Requirements (ISO 834-1:1999)*. Geneva, Switzerland; International Organization for Standardization (ISO).

Jang, C. I., Kim, J. M., Kang, H. B., Yoon, Y. N., Kim, W. Y., and Won, J. P. (2009) Evaluation of Thermal Effect for PP Fiber Reinforced Lightweight Aggregate Polymer Mortar. *Journal of the Korea Concrete Institute* 215-216. (In Korean)

Ji, N. Y., Hui, C., Kim, J. H., Eum, C. W., Lee, K. K., Suh, C. H., Moon, T. S., Kim, G. S., Kim, D. J., and Kim, D. K. (1996) The Evaluation of Fire Resistant Performance of the Metal Deck Slab System. *Journal of Korea Architectural Institute* 16(1), 571-574. (In Korean)

Kang, S. W., and Hong, S. G. (2004) Analysis of the Reinforced Concrete Flexural Members Subjected to High Temperatures. *Journal of Korea Architectural Institute* 20(1), 51-58. (In Korean)

KATS (2005) *Methods of Fire Resistance Test for Elements of Building Construction-General Requirements (KS F 2257-1)*. Seoul, Korea: Korea Agency for Technology and Standards (KATS), Korea Standard Association (KSA). (In Korean)

KATS (2015) *Fire Resistance Performance for Elements of Building Construction - Part 4: Composite Metal Deck Slab System (KS F 1611-4)*. Seoul, Korea: Korea Agency for Technology and Standards (KATS), Korea Standard Association (KSA). (In Korean)

Khoury, G. A. (2000) Effect of Fire on Concrete and Concrete Structures. *Progress in Structural Engineering and Materials* 2(4), 429-447.

Kim, H. G., Park, K. W., Yoon, M. O., and Lee, C. W. (2005a) A Study on the Deterministic Temperature-Time Curves and Required Resistance Times by Fire Model for Assessment of Fire Resistance Times by Fire Model for Assessment of Fire Resistance of Tunnel Structures. *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association* 7(2), 165-176. (In Korean)

Kim, H. Y., Kim, H. J., Cho, B. Y., Yeo, I. H., and Kwon, I. K. (2011) An Experimental Study on the Fire Behavior of Concrete Void Slab under Standard Fire with Loading Condition. *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering* 25(6), 64-72. (In Korean)

Kim, H. Y., Seo, C. H., and Shin, H. J. (2005b) An Experimental Study on the Mechanical Properties by Compressive Strength Areas at High Temperature. *Journal of Korea Architectural Institute* 20(7), 55-66. (In Korean)

Li, Q., Liu, L., Huang, Z., and Yuan, G. (2017) Residual Compressive Strength of Cement-Based Grouting Material with Early Ages after Fire. *Construction and Building Materials* 138, 316-325.

Shin, S. W., and Yoo, S. H. (2006) An Experimental Study of Spalling Characteristics of High Strength Reinforced Con-

crete Columns with PP Fibers. *Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection* 10(2), 83-90. (In Korean)
Teja, P. P., Kumar, P. V., Anusha, S., Mounika, C. H., and Saha, P. (2012) Structural Behavior of Bubble Deck Slab. *IEEE-International Conference on Advances in Engineering, Science and Management (ICAESM-2012)*. 30-31 March 2012.

Nagapattinam, India. 383-388.
Won, J. P., Jang, C. I., Lee, S. W., Kim, H. Y., and Kim, W. Y. (2008) Fire Resistance Performance for Hybrid Fiber Reinforced High Strength Concrete Column Member. *Journal of the Korea Concrete Institute* 20(6), 827-832. (In Korean)

요 약 데크슬래브는 동바리 등의 가설공사가 필요없고 타설 시 거푸집 역할을 하여 공기단축 및 경제성이 유리하다는 장점이 있다. 그러나 데크슬래브는 외부에 노출되어 있기 때문에 화재 시 고온에 취약하다는 단점이 있어 반드시 내화성능을 검증하여야 한다. 이에 본 연구에서는 내화피복을 하지 않은 데크슬래브의 내화시험을 통하여 데크슬래브의 내화성능을 검증하고 매크로 합성섬유를 콘크리트에 혼입함으로써 매크로 합성섬유의 열적특성에 대한 평가를 하고자 하였다. 시험 결과 모든 시험체가 내화성능 인정 시간 120분을 만족하였으며 하중지지력과 차열성능 평가를 통해 내화성능기준을 모두 만족하였다. 또한 매크로 합성섬유를 혼입하지 않은 데크슬래브 시험체의 변형량이 가장 적게 나타났다. 반면 매크로 합성섬유를 혼입한 시험체는 변형량이 가장 높게 나타났지만 일반 RC 슬래브 시험체와 변형량의 차이는 적었으며 슬래브 내부의 온도는 가장 낮게 나타났다. 따라서 내화피복을 하지 않은 데크슬래브의 내화성능을 확인하였고 매크로 합성섬유가 콘크리트 내부온도 증가 방지에 효과적인 것으로 판단된다.

핵심용어 : 데크슬래브, 매크로 합성섬유, 내화성능