



EV 화재 대비 지하주차장 슬래브 최적 피복 두께 설계

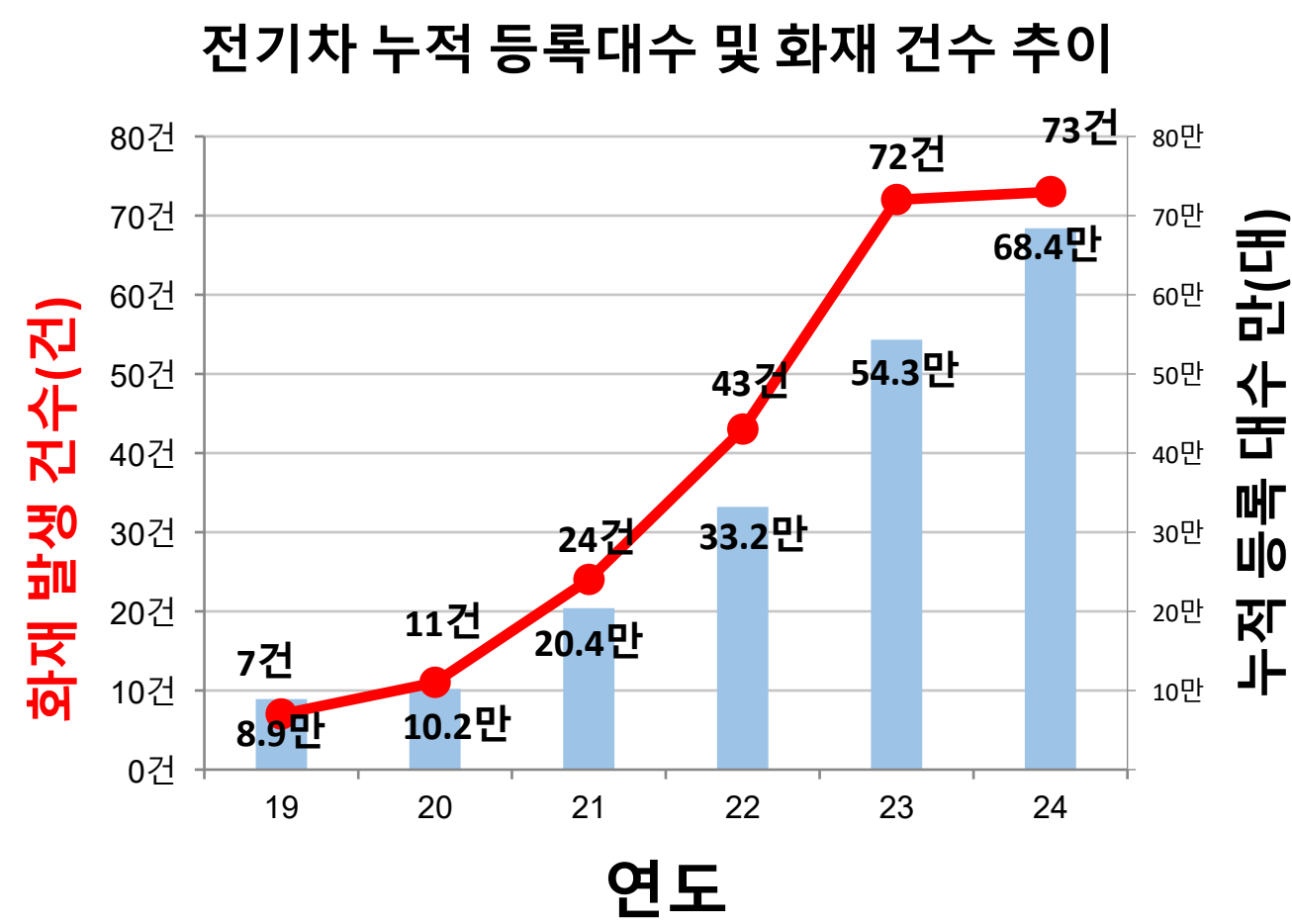
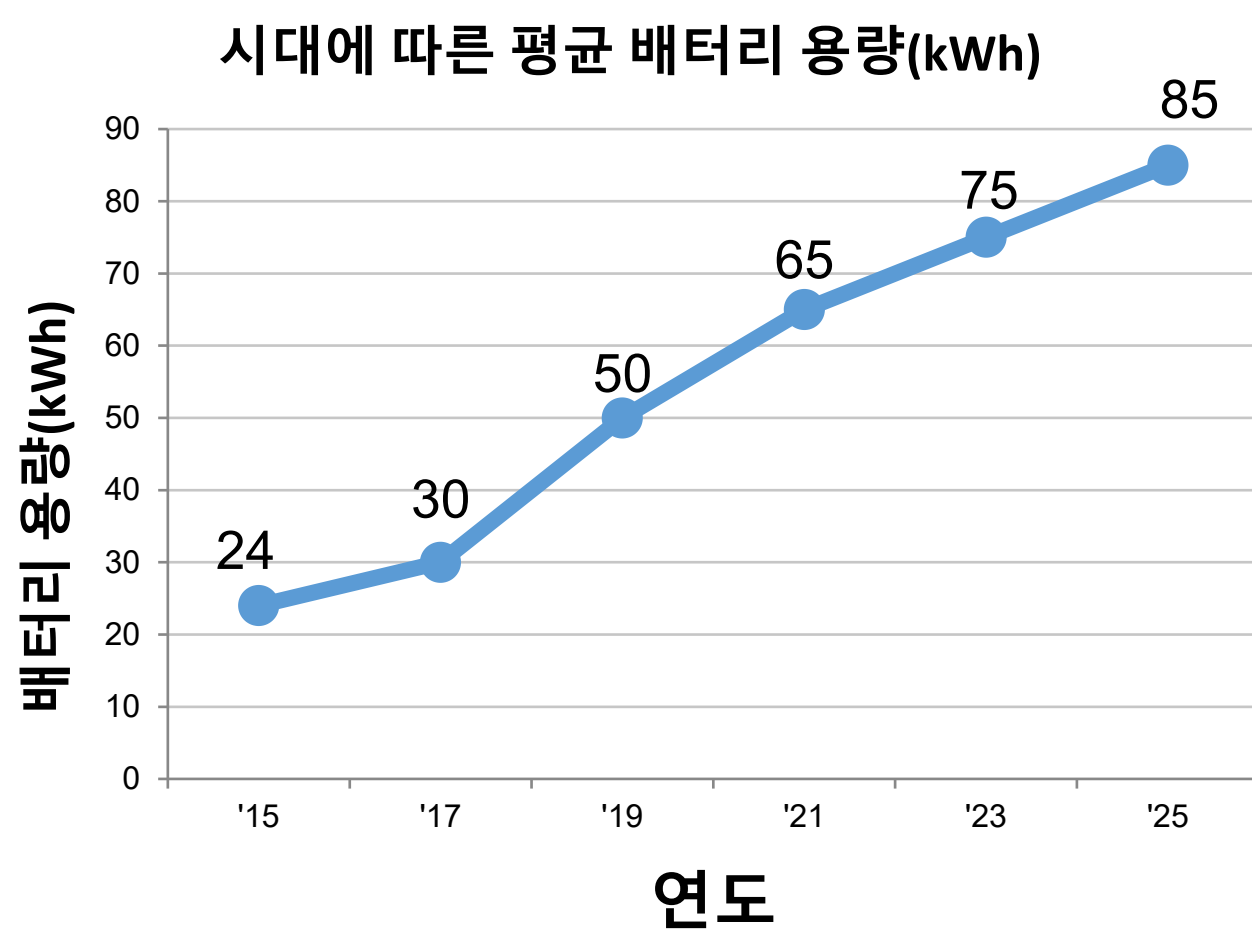
Optimal Cover Thickness Design of Underground Parking Structure Slabs against EV Fires

213311 권준혁, 213361 김정현, 214047 육세훈

전남대학교 건축학부 건축공학전공

1. 연구 개요

연구 배경



- 지하주차장 내 전기차 화재 발생 시, 인접 차량으로 전이가 빠르고 고에너지 밀도화로 인해 화재 가속도가 극대화됨.
- 현행 KDS 14 20 50 기준의 실내 콘크리트 슬래브 최소 피복 두께 (20 mm)는 구조적 안정성이 미흡함.

연구 목표

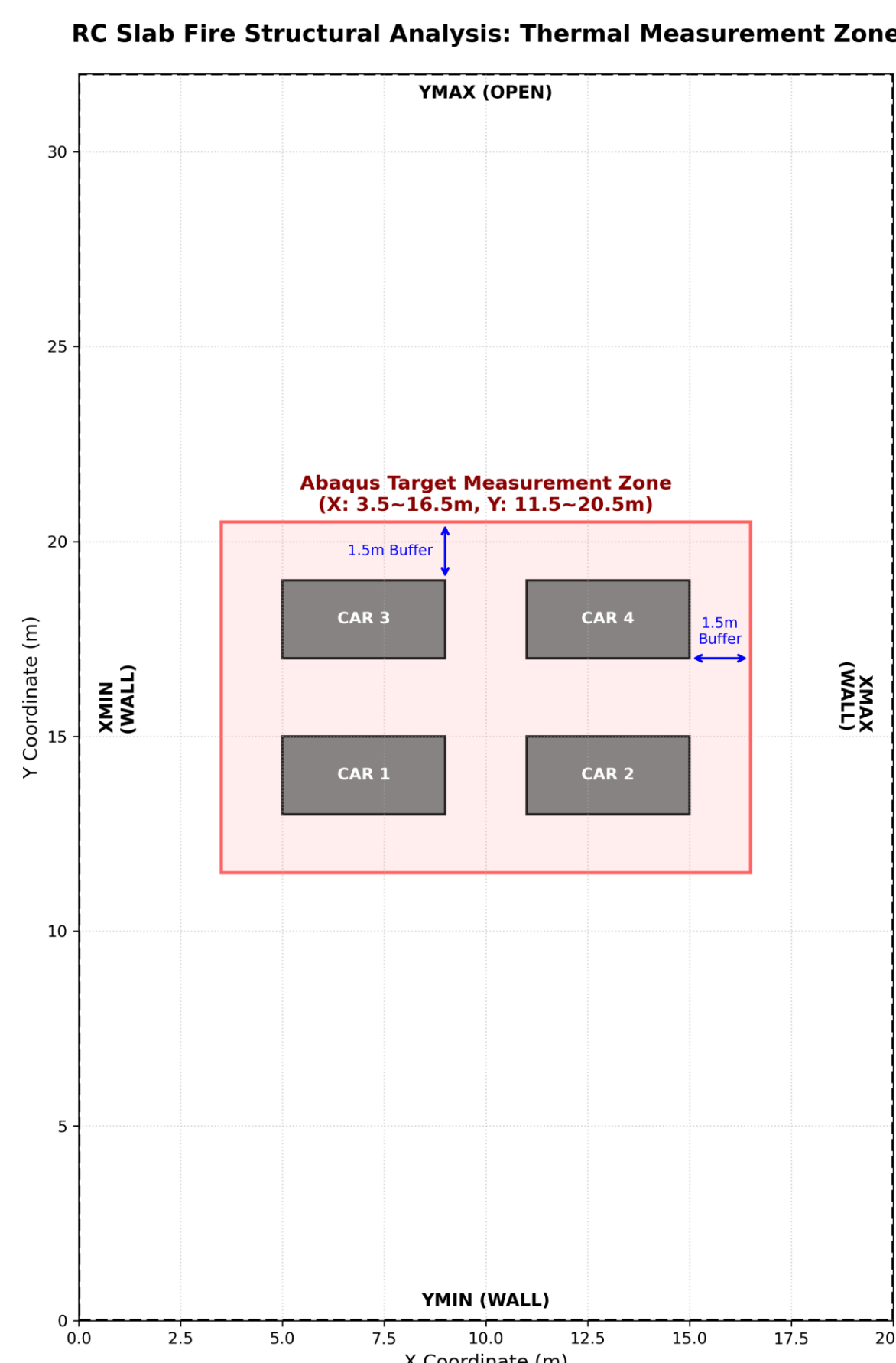
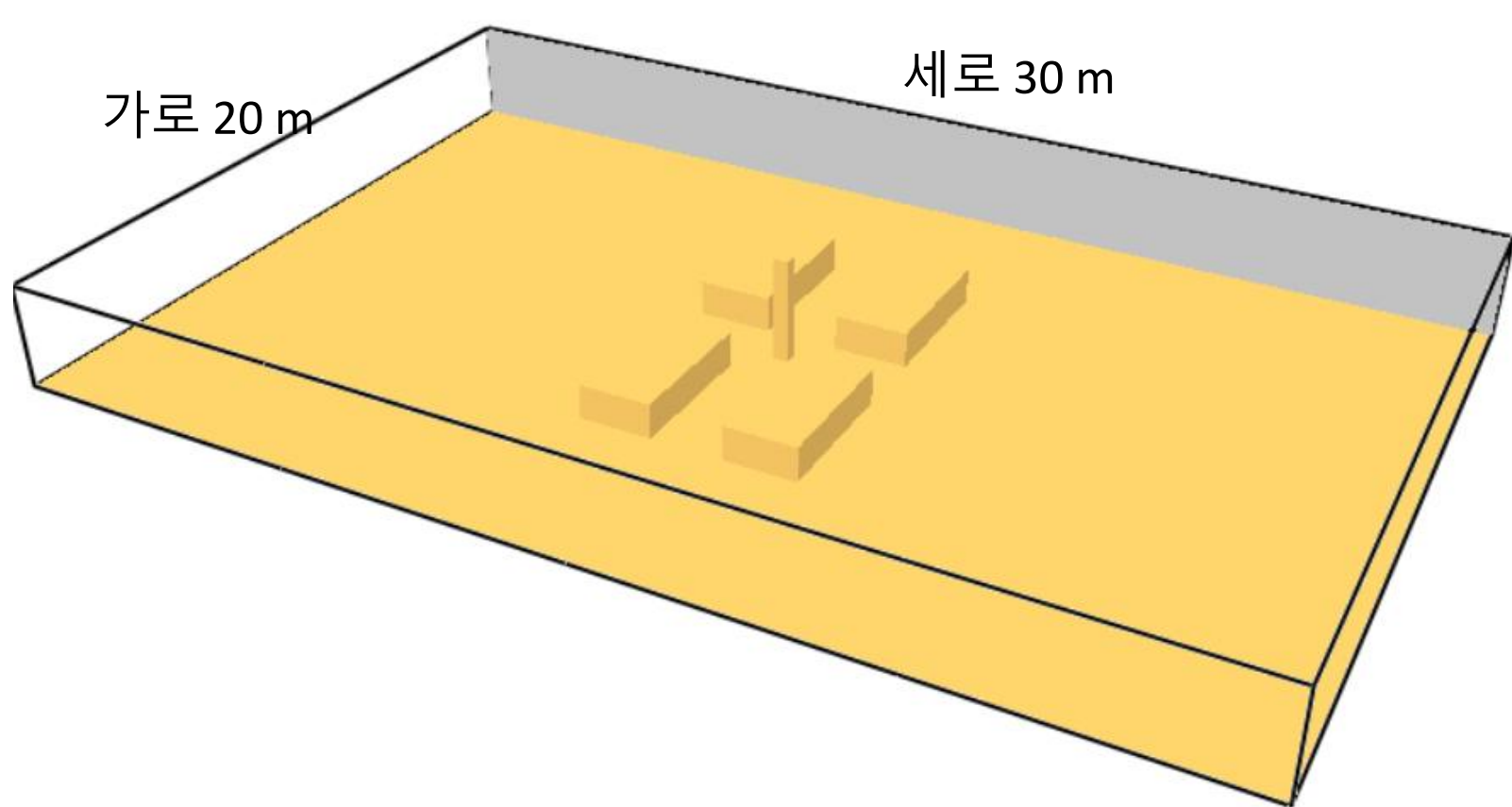
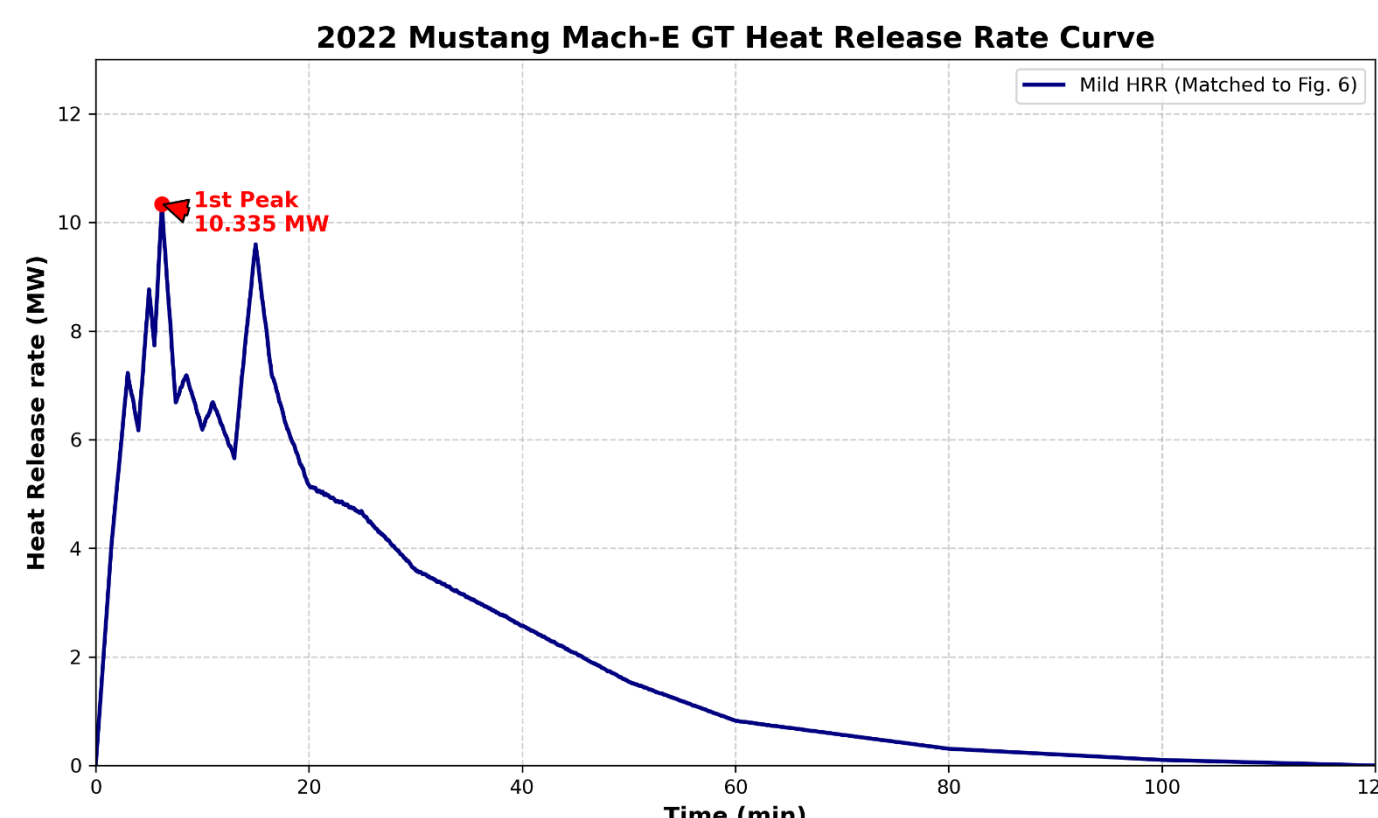
- 실규모 전기차 화재 시나리오를 도입하여 지하주차장 RC 슬래브 구조적 안전성을 충족하는 다중 전기차 화재(1~4대) 대비 최적 피복 두께 설계 가이드라인을 제시함.

2. 실험 방법 및 과정

실험방법

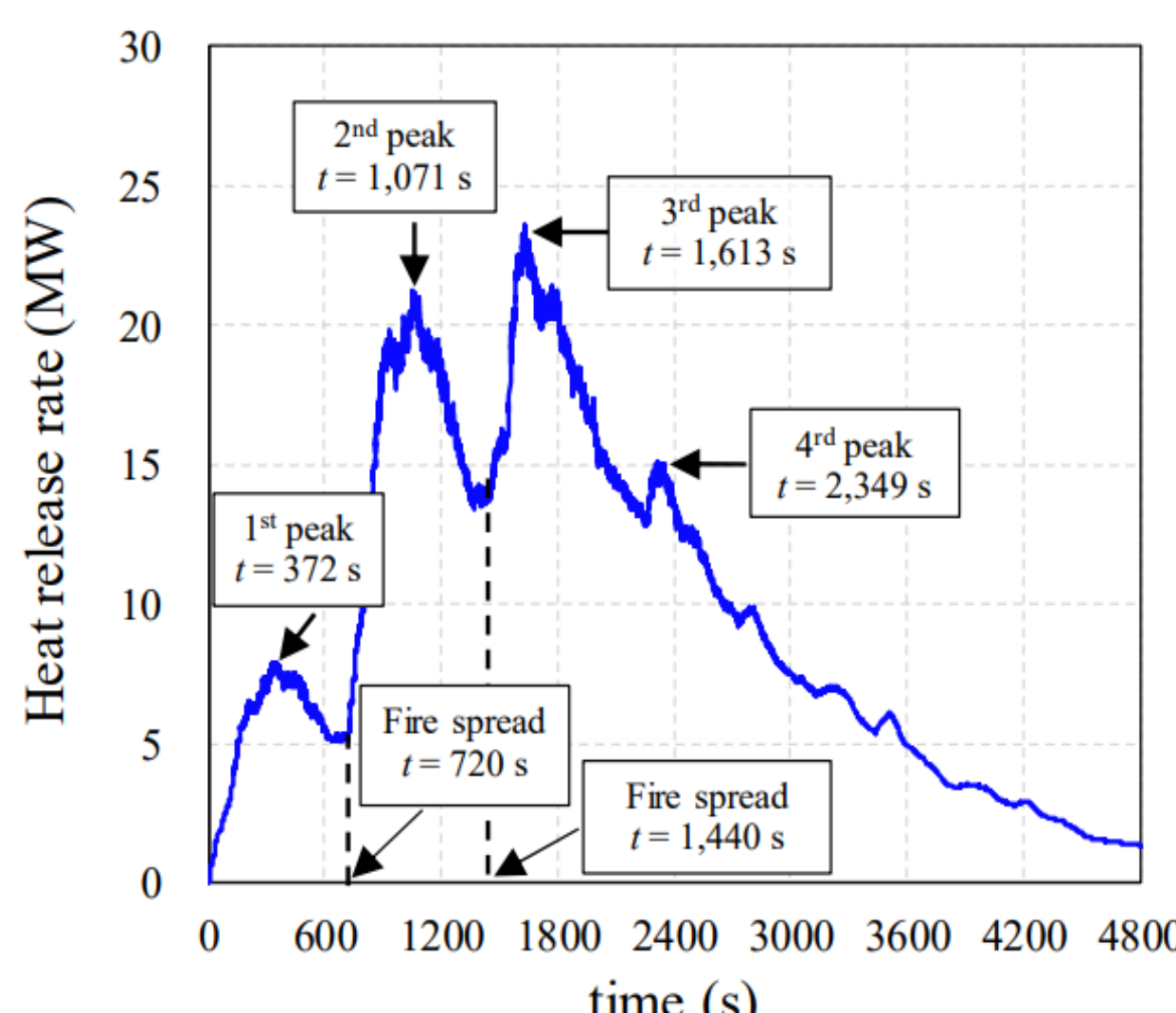
실규모 화재 시나리오 모델링

- 적용 데이터: 2022년형 Ford Mustang Mach-E GT (최대 화재 하중 10.335 MW)
- 연쇄 발화 모사: 20m * 30m 규모의 밀폐된 지하주차장 환경에서, 성능기반 내화설계 기준(ISO/TR 24679-3)을 준용하여 720초 간격으로 1대에서 4대까지 순차 전이되는 상황 구축.

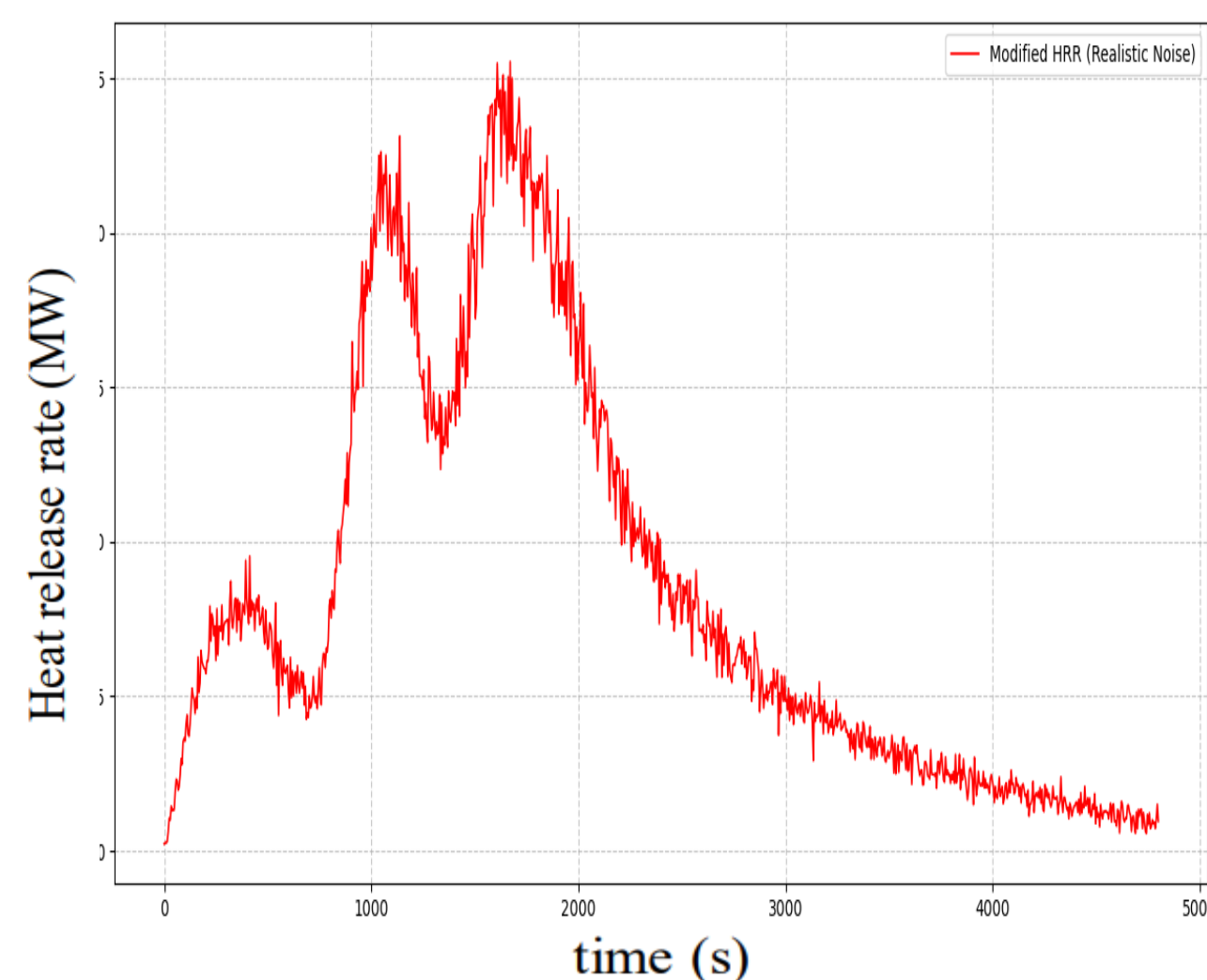


열구조 연성해석 틀체인

- FDS (화재 유동 해석): 열 데이터(단열표면온도, AST) 도출 및 NIST 기준 교차 검증 (오차율 5% 이내)으로 신뢰성 확보.



선행 연구 (여인환 외, 2025):
H형강 기둥 내화피복 설계 연구



모방 실험:
교차 검증을 위해 동일 조건 모사 FDS 모델

슬래브 해석 모델 및 제원

구분	항목	기호	적용값	산출 근거 및 비고
설계 하중	고정 하중	w_D	4.8 kN/m ²	순수 슬래브 자중 (0.2m × 24kN/m ³)
	활 하중	w_L	5.0 kN/m ²	설계 기준 : KDS 41 12 00 적용
	화재 조합 하중	w_f	7.3 kN/m ²	우발 하중 조합 (1.0 w_D + 0.5 w_L)
콘크리트	전체 두께	h	200 mm	슬래브 두께
	설계 압축강도	f_{ck}	24 MPa	보통중량 콘크리트
	피복 두께	c	20, 30, 40 mm	본 해석의 핵심 제어 변수
철근	배근 상세	-	D13 @ 150	철근 배근
	공칭 지름	d_b	13 mm	계산 편의상 수치 적용
	단면적	A_s	844.7 mm ²	철근 배근 단면적
	항복 강도	f_{sy}	400 MPa	SD400 철근 규격

역학적 평가 기준

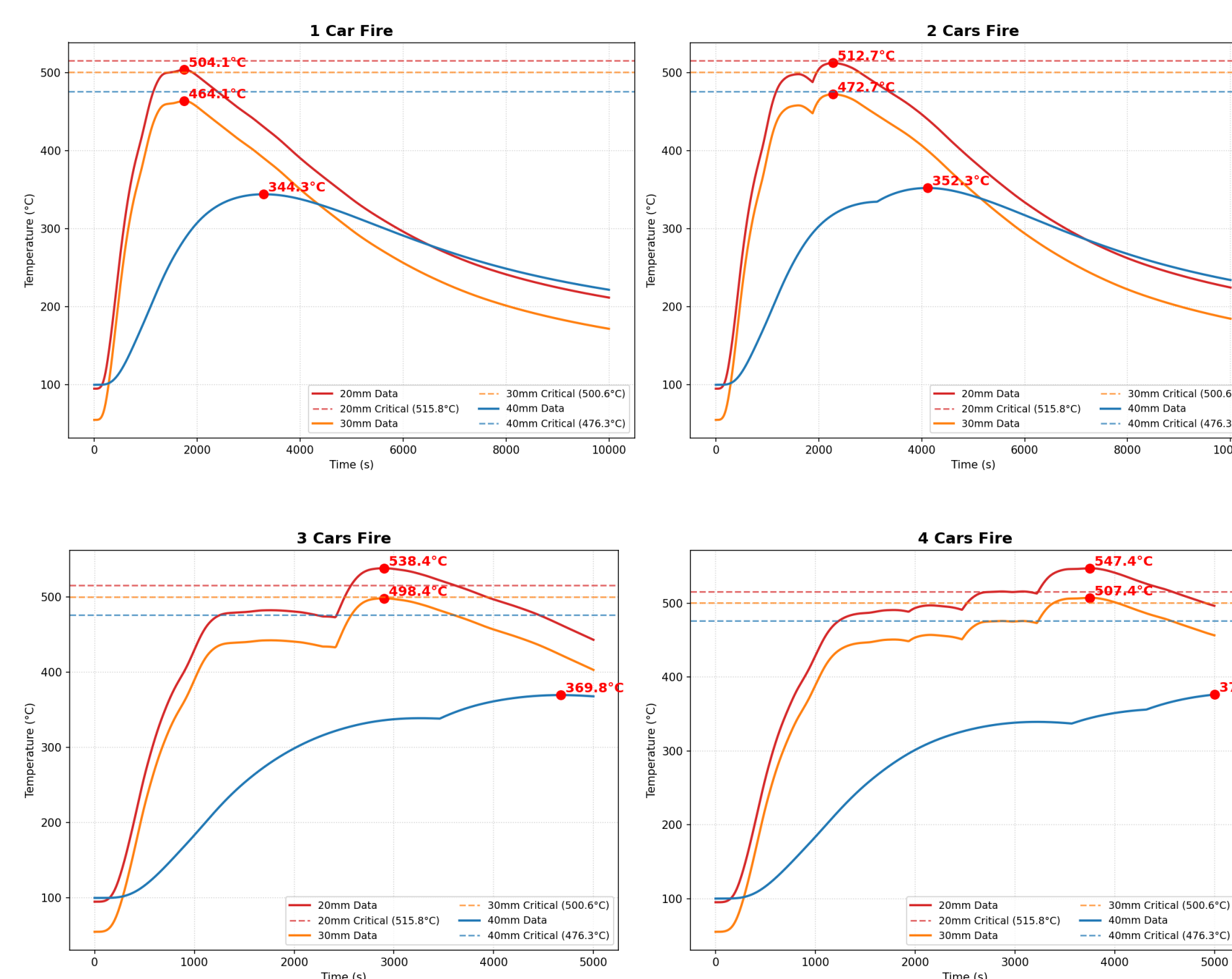
- 화재 하중 조합: $W_f = 1.0 W_D + 0.5 W_L$ (우발적 상황의 동반활하중 계수 적용)

$$W_u = \frac{W_f \cdot L^2}{8}$$

- 임계 파괴 온도 (T_{cr}): Eurocode 2(EN 1992 – 1 – 2) 철근 고온 강도 저감 테이블을 활용한 선형 역보간법 적용

$$T_{cr} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{K_1 - K_2} \times (K_1 - k_{s,\theta})$$

FDS 해석결과



3. 결론

결론

연쇄 화재 규모에 따른 안전성 평가 결과

- 유효 깊이(d) 감소 및 요구 잔존 강도 계수를 고려한 피복 두께별 임계 온도:

20 mm	30 mm	40 mm
515.8 °C	500.6 °C	476.3 °C

- 화재 발생 시 철근 도달 최고 온도:

차량 화재	철근 최대 온도	임계온도
1대	504.1 °C	임계온도 미도달
2대	512.7 °C	임계온도 미도달
3대	538.4 °C	20 mm 임계온도 돌파
4대	547.4 °C	30 mm 임계온도 돌파

설계 가이드라인 제언

- 피복이 얇을수록 열 침투율이 급증하여 구조적 골든타임이 단축됨. 현행 실내 기준 (20mm)은 극고온에 매우 취약함.
- 인접 차량 3대 구획 시: **최소 30 mm 이상의** 피복 두께 확보 필수.
- 인접 차량 4대 구획 시: **최소 40 mm 이상의** 피복 두께 확보 필수.