



침대 매트리스 실물규모 화재안전성 실험 연구

박계원 · 정재군 · 양우진 · 이길용 · 김인선 · 정정호 · 김정욱

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

Experimental study on the reaction-to-fire performance of bed mattress in real scale

Kye-Won Park · Jae-Gun Jeong · Woo-Jin Yang · Gil-Yong Lee
· In-Sun Kim · Jeong-Ho Jeong · Jeong-Wook Kim

Fire Insurers Laboratories of Korea (Subsidiary of Korea Fire Protection Association)

BSTRACT

This study aims to analyze fourteen cases' HRR & SPR results on bed mattress's reaction-to-fire test in real scale where open flame burner system is used with total heat supply of 27 kW. Most cases show all burning within 5 minutes from the beginning of the test and 3 cases of them reach flashover situation.

1. 개 요

침대는 크게 침상과 침대 매트리스로 구성이 되는데 특히 가연성 침대 매트리스(돌침대 등의 무기소재 제외)는 화재시 건물 전면화재로의 확대 요인 중에 하나로 분석되어지고 있음. 특히 2010년 주택화재는 9 414건으로 전체 화재의 24.9%를 차지하며 이중 5.55%가 수면시에 발생되었음을 감안할 때 침대 매트리스로의 화염 전파시에 야기될 화재위험 개연성은 매우 높으며 이에 대한 심도 깊은 연구가 필요함.

현재 국내에서 침대 매트리스에 대한 화재안전성을 평가하는 'KSP 자율안전확인 안전기준 : 부속서 43-침대 매트리스'는 실규모 침대의 약 1/10 크기의 축소 침대시편에 대한 것으로 담배 등으로부터의 불꽃이 착화(Ignitability)되는 지에 대한 검증이 주목적임. 이는 화재의 초기 반응만을 고찰하는 것으로 침대의 연소 현상(burning behavior)과 이를 통한 실내 화재 위험을 분석하기 위해서는 실물규모 화재시험이 요구되어짐.

따라서, 본 연구는 실물규모의 침대들을 시험체로 샘플링하여 화재 시험을 수행하였으

25hyun@daum.net

며 이에 대한 연소 반응(reaction-to-fire performance) 결과를 소개하고자 함.

2. 본 론

2.1 침대 매트리스 샘플

일반적으로 많이 사용되는 스프링 및 쿠션재로 이뤄진 매트리스(이하 스프링 내장 매트리스)와 스프링이 내장되지 않은 라텍스 등의 매트리스(이하 비스프링 매트리스)로 분류하여 샘플링을 하였음. 스프링 내장 매트리스에는 독립형 스프링 타입과 일체형 스프링 타입을 포함시켰으며 비스프링 매트리스는 라텍스 타입과 메모리폼 타입을 포함하였음. 샘플링 되어진 매트리스들의 전반적인 두께는 약 (20 ± 3) cm 분포를 나타냈음. 또한 싱글 사이즈를 기본으로 하였으며 매트리스 크기에 따른 화재 하중 강도의 상관성을 파악하기 위해 퀸 사이즈 매트리스를 일부 샘플링 하였으며 총 14개 매트리스를 샘플로 화재 시험을 수행하였음.

Table 1 Mattress sample physical spec.

Sample ID ¹⁾	property		Sample ID	property	
AQ1	Queen size	일체형 스프링	PQ2	Queen size	일체형 스프링
AQ2	Queen size	일체형 스프링	SS1	Single size	독립형 스프링
AS1	Single size	일체형 스프링	SS2	Single size	독립형 스프링
AS2	Single size	일체형 스프링	DS1	Single size	내장 전체 라텍스
PS1	Single size	일체형 스프링	DS2	Single size	내장 전체 라텍스
PS2	Single size	일체형 스프링	RS1	Single size	내장 전체 메모리폼
PQ1	Queen size	일체형 스프링	RS2	Single size	내장 전체 메모리폼

¹⁾아이디는 세자리 문자로 구성되며 마지막의 숫자 1 및 2는 재현성 고찰을 위해 2번 시험을 하기 위한 것. 한 종류당 2개의 동일 시편이 적용된 것으로 7종류의 시편을 두 번씩 실험함.

2.2 실물규모 화재시험 절차 요약

베개 및 이불 등에 착화될 때 발생가능 열량인 27kW의 에너지를 매트리스 시험의 착화원으로 가정하며 프로판으로 공급하는 파일럿 버너를 사용함. 시험 중 플래시오버(flashover : 화재시 급격한 화염발생으로 인해 일시에 가연물의 연소가 급격히 진행되도록 화염이 외부로 분출되는 현상)가 발생시 시험을 중지하였으며, 또한 매트리스가 전소되었을 경우에도 시험을 중단하였고 플래시오버의 정량적 판정은 열방출율 1000kW 측정 을 기준으로 하였음.

Table 2 Real scale mattress fire test procedure

Burner type & heat	<ul style="list-style-type: none"> ■ top burner : 18 kW (profane) for 70 sec ■ side burner : 9 kW (profane) for 50 sec 	
Test duration	<ul style="list-style-type: none"> ■ 5 minutes for test ■ test stop in case of flashover 	
calibration	<ul style="list-style-type: none"> ■ 27 kW에 대한 교정 수행 (5분간) ■ 70 kW 및 200 kW에 대한 교정 수행 	

2.3 열방출율(HRR) 및 연기발생율(SPR) 측정 결과

Table 3 Mattress test result

Sample ID	Flashover	HRR max	SPR max	Flame spread on surface	FIGRA [kW/s]
AQ1	-	881.77 kW (344sec)	22.93 m ² /s (309sec)	135/150	2.56
AQ2	-	(error)	(error)	100/150	-
AS1	●	1 000 kW (260sec)	41.56 m ² /s (235sec)	100/100	3.84
AS2	-	918.26 kW (276sec)	17.15 m ² /s (238sec)	100/100	3.32
PS1	-	146.16 kW (316sec)	3.42 m ² /s (265sec)	100/100	0.46
PS2	-	129.14 kW (339sec)	3.28 m ² /s (271sec)	100/100	0.38
PQ1	-	105.59 kW (338sec)	2.5 m ² /s (301sec)	110/150	0.31
PQ2	-	130.72 kW (344sec)	2.69 m ² /s (303sec)	127/150	0.38
SS1	●	1 000 kW (255sec)	6.66 m ² /s (224sec)	100/100	3.92
SS2	●	1 000 kW (245sec)	5.94 m ² /s (211sec)	100/100	4.08
DS1	-	425.49 kW (287sec)	42.03 m ² /s (253sec)	100/100	1.48
DS2	-	307.82 kW (245sec)	37.99 m ² /s (219sec)	100/100	1.25
RS1	-	447.93 kW (325sec)	9.81 m ² /s (304sec)	95/100	1.37
RS2	-	250.00 kW (324sec)	4.28 m ² /s (303sec)	80/100	0.77

총 14개 케이스 중에서 AQ1시험체는 시험중 측정 에러로 데이터 산출에서 제외시켜 13개 케이스에 대한 유효시험 결과를 산출하였음. 이중 3개 케이스 AS1, SS1, SS2에서 플래시오버가 발생하였으며 각각 4분 20초, 4분 15초, 4분 5초에서 발생되었음. AS2 또한

918.26 kW의 최대 열방출율을 나타내었는데 플래시오버 관정수치에 근접해 있다고 볼 수 있으므로, AS 시편 및 SS 시편은 플래시오버 발생 가능 시편으로 간주 할 수 있음.

열방출율(heat release rate, HRR)은 SS > AS > AQ > DS > RS > PS > PQ의 서열을 보이며, 연기발생율(Smoke Production Rate, SPR)은 DS > AS > AQ > RS > SS > PS > PQ의 서열을 나타냈으며 라텍스 등으로 이뤄진 내장재 밀도가 높은 DS는 연기발생율이 열방출율에 비해 상대적으로 매우 높았음. 장축 길이 방향의 표면 연소율(flame spread on surface)은 모든 케이스가 90% 이상의 표면 연소가 진행되었음이 파악되었음. 200kW 이하의 열방출율을 보인 케이스는 PS와 PQ의 두가지 시편밖에 없었으며 연기발생율 또한 낮게 나타냈음을 알 수 있음.

3. 결론

- 1) 다양한 종류의 13개 국내 매트리스에 대한 실물규모 화재 시험을 실시한 결과 11개 매트리스가 최대 열방출율 200kW를 초과하였으며 이중 3개 매트리스는 플래시오버 관정기준인 1000kW로 측정되어 높은 화재 위험을 나타내었음. 열방출율 200kW를 오버하는 물체가 실내에 있을 경우 화재시 집 전체로의 플래시오버를 야기시킬 수 있음을 유의하여야 함.
- 2) 5종류(single 및 queen 사이즈 통합시킬 경우 5종류)의 매트리스에 대한 열방출율 결과를 FIGRA(화재성장지수)로 환산할 경우, A series는 (2.56~3.84) kW/s, P series는 (0.31~0.46) kW/s, S series는 (3.92~4.08) kW/s, D series는 (1.25~1.48) kW/s, R series는 (0.77~1.37) kW/s의 화재성장속도를 나타냄. 따라서 S series의 매트리스가 가장 급격한 화재성장 및 화염전파를 보여 화재위험성이 매우 높음을 알 수 있으며 상대적으로 P series의 매트리스는 가장 낮은 화재위험성을 보였음.
- 3) A series와 P series의 예에서, 싱글사이즈와 퀸사이즈의 HRR, FIGRA를 분석해보면 가연물이 더 많은 퀸사이즈가 더 위험할 수 있을 거라는 일반적인 시각과는 달리 싱글사이즈와 퀸사이즈의 화재위험 상관성은 나타나지 않았음. 따라서 향후 연구에서는 퀸사이즈에 가중치를 줄 필요가 없으며 싱글사이즈 매트리스를 기준으로 화재 위험성을 분석하는 것이 효율적일 것으로 판단됨.
- 4) 향후 연구에서는 유효 총 열방출량에 대한 고찰이 필요하며, 매트리스 시험 전후의 질량 감소율을 측정하여 총 열방출량 및 FIGRA와의 상관관계를 검증할 예정임.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 표준기술력향상사업의 지원으로 수행되었음에 감사의 말씀을 드립니다.