D-5

소형승용차의 화재전파 특성에 관한 실험적 연구

유용호 · 권오상 · 김흥열
한국건설기술연구원

An Experimental Study for Fire Spread of Compact Cars

Yoo, Yong Ho · Kweon, Oh Sang · Kim, Heung Youl
Korea Institute of Construction Technology

요 약

본 연구에서는 화재시 대규모 피해가 우려되는 승용차 밀집 공간을 가정하여 인접한 승용차로의 화재 전파 특성을 파악하기 위한 실물화재 실험을 실시 하였다. 실험은 인접한 두 대의 승용차중 한 대의 차량에 화재를 발생시켜 화재가 성장되고 전파되는 과정을 분석하였으며, 산소소모율법을 적용한 발열량 측정이 동시에 이루어 졌다. 측정 결과 최대 열방출율은 약 9MW로 측정되어 선행된 승용차 한 대의 측정 발열량보다 약 2.5배이상 높은 범위의 값으로 평가되었다. 특히, 인접된 승용차로의 전파는 화재 발생후 약 3분 30초 경과후 창문으로 출화된 화염에 의하여 옆 차량에 화재가 전파되기 시작하였으며, 15분 경과후 완전히 화재가 전이되어 발달되었다. 따라서, 밀폐된 주차장에서의 화재시 발생 초기에 가연 공간에서 화재가 진화가 이루어지지 않으면 약 3분 내에 다른 차량으로의 화재 전파가 우려 되며, 이후 급격한 피해를 줄 수 있는 상태로 화재가 성장하기 때문에 신속한 초기 대응이 필요함을 확인하였다. 이러한 실물화재실험에서 얻어낸 결과는 향후 여러 수치해석의 입력 조건으로 활용이 가능할 것이며, 화재 안전 설비 계획에 기본 자료로서 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

1.서 론

급격한 도시화와 산업화로 인하여 증가된 자동차는 산업 현장에서 뿐 아니라 국민 모두에게 없어서는 안 될 생활 필수품이 되었으나 자동차와 관련된 화재사고는 매년 끊이지 않고 발생하고 있다. 소방 통계에 따르면 최근 3년간 자동차와 관련된 화재사고는 매년 약6,000여 건에 달하고 있으며[1], <표 1>에 보이는 바와 같이 2008년의 경우 차량 화재로 인한 인명피해가 246명(사망 66명, 부상 180)에 이르는 것으로 분석 되고 있다[2].

특히 2008년 대전에서 발생한 아파트 지하주차장 화재의 경우 최초 발화지점은 승용차가 아니었으나 주차되어 있는 승용차로 화재가 전이되어 4시간 동안 화재가 지속되었으며, 차량 38대 손실 및 2천여 세대의 단수, 단전등 큰 피해를 감수해야 했다. 이렇듯 아파

트의 지하주차장뿐 아니라 도심지의 고층빌딩등 다중 이용시설의 지하 주차장에서 발생될 수 있는 화재는 자칫 대규모 피해로 이어질 수 있으며, 밀폐된 공간 특성상 급격한 화재 전파와 연기 배출의 어려움이 예상 되고 있다. 이에 본 연구에서는 주차장등 차량이 밀집되어 있는 장소에서의 화재 위험성 평가를 위한 실물화재실험을 실시하였다. 실험은 소형 자동차를 대상으로 화재로 인한 연소시 차량의 발열량을 측정하고 인접한 옆 차량으로의 화재 전이 특성을 파악하기 위한 실험을 병행하여 실시하였다.

Table 1. 차량화재에 의한 인명피해 현황(단위:명)

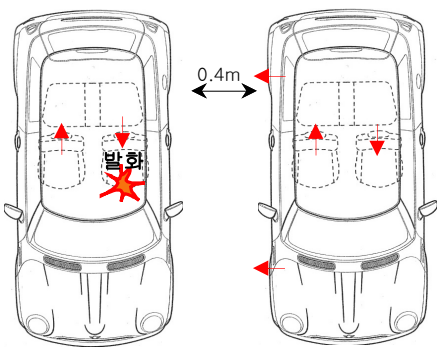
구 분	계	주 거	비주거	차 량	위험물·가스제조소등	철도·선박 항공기등	임 야	기 타
2008	2,716	1,136	1,093	**246**	18	13	107	103
사망/부상	468/2,248	220/916	143/950	**66/180**	1/17	3/10	24/83	11/92
2007	2,459	1,066	984	**154**	19	13	93	130
사망/부상	424/2,035	233/833	104/880	**50/104**	1/18	3/10	19/74	14/116

2.본 론

2.1 실험내용 및 방법

차량의 화재평가 실험은 10MW급 규모의 라지스케일칼로리미터[2]에서 실시하였으며, 측정 대상은 산소소모율법(consumption of O_2)[3]을 적용한 열방출율(HRR, heat release rate), CO/CO_2 발생량을 기본적인 측정대상으로 하였다. 실험은 중형 승용차를 40 cm 간격으로 나란히 배치한 상태에서 화재 발생시 차량의 발열량 측정과 동시에 인접된 곳에 주차되어 있는 차량으로 화재가 전이되는 과정을 파악하였다. <그림 1>은 승용차 배치 및 승용차 내외부에 설치된 열전대위치를 나타내고 있다. 화재는 좌측의 승용차 내부 앞 시트에서 발생된 것으로 가정하였으며 발생된 차량의 앞 창문을 50% 개방하였고, 인접차량은 밀폐된 조건으로 실험을 진행하였다.

a. 실대형화재평가장치



b. 열전대 설치(↓:열전대)

Figure 1. 실대형화재평가장치 및 실험 차량 배치

2.2 실험결과

화재 발생시 시간 경과에 따른 화재의 성장 및 전이를 <그림 2>에 정리하였다. 승용차 1의 내부 앞좌석에서 발화가 일어난 후 약 1분이 경과하면서 창문을 통한 출화가 시작되었으며, 3분 30초 경과후 양측 창문 출화를 시작으로 승용차 2의 백미러에 화재가 전이되기 시작하였다. 이후 9분 30초가 경과하면서 승용차 2의 차량 내부 좌석으로 화재가 확산되었으며, 경과시간 30분경이 되었을 때 화재는 최성기에 다다르게 되었다. 즉, 차량의 화재시 차량의 창문 출화를 시작으로 바로 인근 차량에 전이가 일어나며 이후 급격하게 화재가 성장할 것으로 평가 되었다.

경과 시간	내용	사진	경과 시간	내용	사진
0:00	점화		5분 30초	승용차2 뒷창문 화재전파	
1분	승용차1 창문 출화		9분 30초	승용차2 차량 내부 화재전파(앞시트/차량 천정)	
3분 30초	승용차2 화재전이 (백미러)		13분 10초	승용차2 모든 유리 창문으로 출화	

Figure 2. 시간 경과에 따른 차량의 화재 전이

발열량, 일산화탄소, 이산화탄소 농도 및 차량 내외부 온도 측정 결과는 <그림 3>~<그림 5>에 도시하였다. 발열량의 경우 승용차 2로 화재가 전이되는 시점부터 2MW이상을 나타내었으며 15분이 경과하면서부터 급격히 성장하여 최고 9MW의 열방출율을 나타내었다. 이는 기존의 연구에서 실시한 동종 승용차 화재시에 보였던 3.4MW[4]보다 약 2.5배 이상으로 화재 위험성이 매우 높은 것으로 평가 되었다. 온도측정 결과 처음 화재가 발생된 승용차 1의 내부 온도는 화재 발생 직후부터 800℃이상을 나타내었으며 이후 화재

가 성장기를 거쳐 쇠퇴기에 이를 때까지 1000℃이상을 나타낸다. 승용차 2의 경우 백미러로 화재가 전이되어 차량 내부로 화재가 확산되는 9분 30초경에 이르렀을 때 급격히 온도가 상승하기 시작하였으며 이후 화재 성장에 맞추어 고온의 내부 온도 분포를 보였다.

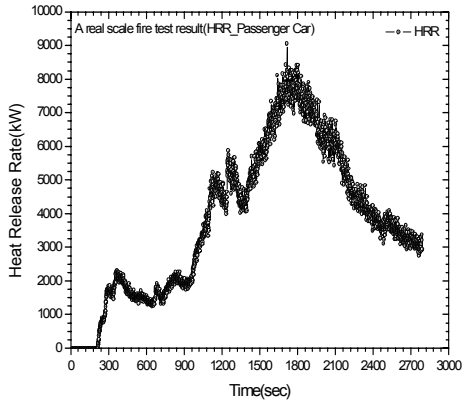


Figure 3. 실험결과(발열량)

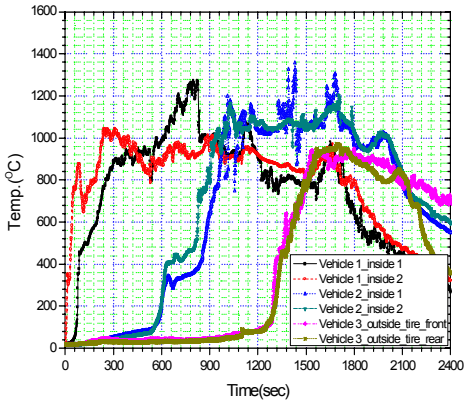
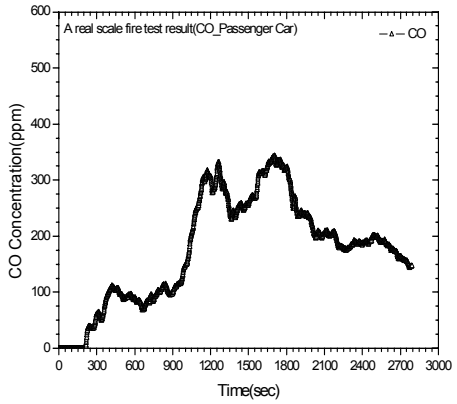
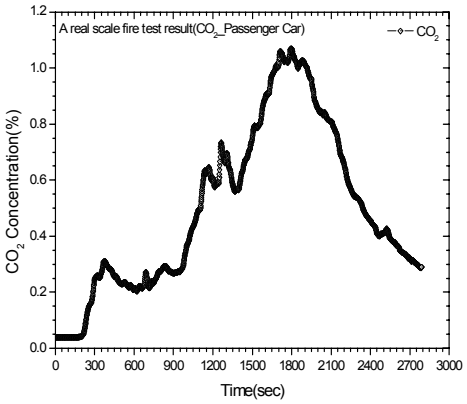


Figure 4. 실험결과(내외부 온도)

유해가스의 경우 발열량과 유사한 성장과정을 나타내었으며, 특히 유독성이 강한 일산화탄소의 경우 평균 189 ppm, 최대 343 ppm으로 측정되어 허용농도 100ppm을 초과하는 것으로 평가 되었다. 이산화탄소의 최대 농도 역시 대기중 이산탄소 농도 0.03%보다 37배 높은 최대 1.1 %를 측정되어 화재시 재실자들의 질식에 대한 대비가 필요한 것으로 예상되었다.



a. 일산화탄소 농도



b. 이산화탄소 농도

Figure 5. 실험결과(일산화탄소 및 이산화탄소)

3.결론 및 논의

본 연구는 건축물의 주차장과 같이 차량이 인접하여 있는 공간에서 화재발생시 위험성을 평가하기 위하여 승용차를 대상으로 실물 화재실험을 실시하였으며 이를 통하여 얻은 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 승용차 내부 앞좌석에서 발화가 일어난 후 약 1분이 경과하면서 창문을 통한 출화가 시작되었으며, 3분 30초 경과후 양측 창문 출화를 시작으로 인접 차량의 백미러에 화재가 전이되기 시작하여 이후 급격하게 화재가 성장하였다.
- 발열량의 경우 인접 차량으로 화재가 전이되는 시점부터 2MW이상을 나타내었으며 15분이 경과하면서부터 급격히 성장하여 최고 9MW의 열방출율을 나타내었다. 이는 기존의 연구에서 실시한 동종 승용차 화재시에 보였던 발열량보다 약 2.5배 이상 높은 값으로 화재 위험성이 매우 크다는 것을 판단되었다.
- 밀폐된 주차장에서의 화재시 발생 초기에 가연 공간에서 화재가 진화가 이루어지지 않으면 약 3분 내에 다른 차량으로의 화재 전파가 우려 되며, 공간의 특성상 화재가 성장한 이후에는 소방대원들의 진입조차 어려울 것으로 예상되므로 신속한 초기 대응이 필요함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 2010 한국건설기술연구원 기본사업 "표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난 안전설계기술개발"의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 소방방재청 국가화재정보시스템 통계자료, http://nfds.go.kr
2. 유용호, 김홍열, 신현준(2008), " 실대형화재평가장치의 개발 및 안전화에 관한 연구", 한국화재소방학회논문지, 제22권 제1호
3. V. Babrauskas, S.J. Grayson(1992), Heat Release in Fires, Elsevier
4. 유용호, 김홍열, 신현준(2007), "대형칼로리미터를 이용한 차량 화재특성에 관한 연구", 터널기술, 제9권 제4호