

초등학교 및 중학교의 일체형 셔터 안전성 확보 방안

윤해권

경기대학교 일반대학원 도시방재공학과

Methods of Ensuring Safety for Integrated Fire Protection Shutters at Elementary and Middle Schools

Hae-Kwon Youn

Department of Urban Disaster Management Engineering Graduate Schools, Kyonggi University

(Received June 27, 2016; Revised July 22, 2016; Accepted August 18, 2016)

요 약

일체형 방화셔터는 피난과는 무관하게 무분별하게 설치되고 있다. 학교 건축물의 복도, 통로, 계단 등에 주로 적용하고 있어 학생들이 사고의 위험에 언제나 노출된 상태이다. 따라서 부친옥길과 화성동탄에 있는 초등학교와 중학교에 설치된 방화셔터의 설치현황과 방화셔터 관련 사고사례를 조사하여 일체형 셔터의 출입구 및 피난, 시공관리, 유지관리의 문제점을 파악하였다. 피난자가 출입구 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 바닥에 통로유도등 또는 표지를 설치하고, 방화셔터에 장애물 감지장치를 설치하여 셔터에 깔리는 인명피해를 줄이도록 하였고, 방화셔터의 성능시험 확대, 방화셔터의 성능을 유지하기 위해 주 또는 월 1회 정도 성능시운전을 시행, 스프링클러설비는 1000 m²를 넘는 4층 이상에만 설치할 것이 아니라 학교용도는 규모에 관계없이 전 층에 반영하여 방화셔터 설치개소를 최소화하는 방안을 제안하고자 한다.

ABSTRACT

Integral fire shutters are installed indiscriminately, regardless of evacuation. There is always the risk of an accident because integral shutters are applied mainly to corridors, passages, and stairs of schools. This study evaluated the problem of integral shutter's entrance, evacuation, construction management, and maintenance control through a fire shutter accident case, including present condition of fire shutter installed at school of Okgil, Bucheon and Dongtan, Hwaseong. The results suggest that emergency lighting or signs for passage be set up to check location of entrance easily and install obstruction sensors at fire shutter to reduce life damage. In addition, the number of efficiency tests of fire shutters should be increased by running a trial test monthly or weekly to maintain the performance of fire shutter. Schools need to install a fire shutter-applied sprinkler at the entire floor.

Keywords : Fire shutter, Fireproof compartments, Integral type shutter

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 광주의 한 초등학교에서 발생한 방화셔터 연동제 어반 조작에 의한 인명사고는 이미 예견된 것이다. 2007년 5월에도 서천에서 방화셔터에 초등학생이 깔려서 중상을 입은 사고가 발생한 바도 있다. 초등학교와 중학교에는 이러한 사고로부터 보호되어야 할 어린이와 청소년들이 생활하는 공간이지만 화재 확산을 방지한다는 목적으로 설치하고 있는 방화셔터가 오히려 안전을 위협하고 있다. 특히 일체형 셔터는 화재 시 화재 확산 방지와 거주자 피난을 동시에 고려한 설비로 관련법과 규정에서 인정하고 있

지만 실제로는 복도 및 통로, 계단 등 피난에 영향을 주는 장소에 설치되면서 대구지하철 화재에서와 같이 인명피해의 원인이 되거나, 충남서천의 초등학교와 광주 영천 초등학교에서와 같이 오히려 사고의 원인이 되고 있다. 학생들은 안전에 대한 전문적인 교육을 받은 바도 없으며, 방화셔터가 어떤 위험을 초래하는지에 대해서도 전무한 상태다. 이러한 상황에서 학교의 복도 및 통로, 계단 등에 일체형 셔터를 설치하는 것은 사고로부터 보호받아야 할 학생들을 오히려 안전의 사각지대로 내모는 꼴이다.

방화셔터는 1977년 11월 10일 『건축법시행령』 제정으로 최초로 사용하게 되었으며, 2003년 대구지하철 중앙로역 방화로 인한 화재 발생으로 일체형셔터 앞에서 다수의

사망자가 발생하면서 안전성에 대한 본격적인 연구가 이루어졌다. 2005년 7월 27일 『자동 방화셔터 및 방화문의 기준』이 고시에 따라 “일체형 셔터는 시장·군수·구청장이 정하는 기준에 따라 별도의 방화문을 설치할 수 없는 부득이한 경우에 한하여 설치”하도록 하였으나, 실제로는 성능만 인정을 받으면 용도와 장소에 관계없이 무분별하게 설치하고 있다. 현재 일체형 방화셔터(이하 일체형 셔터라 한다.)는 복도, 통로, 계단 등 피난에 직접적인 영향을 주는 장소와 학교와 같은 재해약자들이 이용하는 용도에도 예외 없이 적용하면서 안전성에 큰 영향을 주고 있다⁽¹²⁾. 본 연구에서는 방화셔터의 사고 사례와 최근 건설되고 있는 부천의 초등학교 2개교와 중학교 1개교, 화성동탄의 초등학교 2개교와 중학교 1개교, 총 6개교의 설계도면을 조사하여 초·중학교에 설치되고 있는 방화셔터의 적용실태를 조사 분석하고 감리 경험을 바탕으로 방화셔터의 문제점을 제시하고 안전성 확보 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구방법 및 범위

연구 방법은 윤해권의 석사논문 일부를 정리하였으며, 방화셔터의 사고 사례와 부천옥길에 있는 초등학교 2개교 및 중학교 1개교, 화성동탄에 있는 초등학교 2개교 및 중학교 1개교의 건축도면을 조사하여 방화셔터의 설치형식, 설치위치를 층별로 파악하고, 설치되고 있는 방화셔터의 크기를 조사하여 제도적, 성능적, 시공적, 유지관리적인 측면에서 문제점과 합리적인 개선방안을 제시하고자 한다.

2. 관련법규 및 사고사례

2.1 방화구획

방화구획은 주요구조부가 내화구조 또는 불연재료로 된 건축물로서 연면적 1천 제곱미터를 넘는 경우에는 내화구조로 된 바닥·벽·갑종방화문(자동 방화셔터 포함)으로 구획하여야 한다. 방화구획의 구분은 Table 1과 같이 면적별 방화구획과 층별 구획, 용도별 방화구획으로 구분하고 있다. 또한 소방법에서는 Table 2에서와 같이 비상전원을 설치한 장소와 소화설비의 제어반 또는 소화가스설비 제어반을 설치한 장소에 대해서 방화구획 설치를 규정하고 있다.

방화구획은 화재를 하나의 공간으로 제한하여 화재가 더 이상 다른 공간으로 확대되는 것을 방지하기 위한 것으로 면적별 방화구획은 인접구역으로 확산을 방지하고, 층별 방화구획은 상층으로 화재가 확대되는 것을 방지하는데 목적이 있다. 건축법의 용도별 방화구획은 화재하중이 큰 장소에서 발생된 화재가 다른 용도 구역으로 확산되는 것을 방지하는 것이 목적인 반면, 소방법에서 정하고 있는 용도별 방화구획은 해당 장비를 보호하고, 필요시 소방 활동을 위한 거점공간으로 활용하여 화재를 원활하게 진화할 수 있도록 하는 것이 주된 목적이다.

Table 1. Fire Separation⁽⁷⁾

Division	Classification	Structure
Block size	• 10 Floor or less: less than 1000 m ²	· Floor and wall fireproof construction · First grade fire door · Automatic fire shutter · Fire stopping
	• 11 Floor or more: less than 200 m ² (noncombustible interior: 500 m ²)	
	• Sprinkler installation: Enlarge 3 times the area	
Floor	• 3 Floor or more: every floor	
	• Basement: every floor	
Occupied usage	• Culture or rally facilities, medical facilities, and apartment house: compartment other parts	

Table 2. Installation Object of Fire Compartment by the Fire Services Act⁽⁷⁾

Installation object of fire compartment	Exceptional conditions	Note
Installation place of Monitoring control panel	• Engine pumps • Elevated water tank • Pressurized water tank 7 floor or less and under 2000 m ²	Except floor area of garage, park, boiler room, machine room, electrical room
	Total floor area of basement is less than 3000 m ²	
Installation place of Emergency power system	Not applicable	Emergency generator/battery equipment
Installation place of Extinguishing gas reservoir	Not applicable	Case of installation of control panel

2.2 방화셔터

방화셔터는 화재 확산을 방지하기 위해 화재 시 자동 폐쇄되도록 설치하는 셔터이다. 따라서 방화셔터는 3 m 이 내에 피난 가능한 방화문이 있어야 하며, 방화문이 없을

경우 방화셔터 내에 비상구가 내장된 일체형 셔터를 설치할 수 있도록 하고 있다. 일체형 셔터는 시장, 군수, 구청장이 정하는 기준에 따라 별도의 방화문을 설치할 수 없는 부득이한 경우에 한하여 설치할 수 있으며, 셔터의 출입구

Table 3. Test Details and Performance Criteria for Fire Door and Shutter⁽⁷⁾

Test details		Performance criteria	Test criteria
Non-thermal barrier performance		• Over an hour of non-thermal barrier	• KS F 2268-1 (methods of fire resistance test for fire door) • KS F 2846 (methods of smoke resistance test for fire door)
		• Non-thermal barrier window installed ceiling and side wall within 50 cm from the fire door	• KS F 2845 (methods of fire resistance test for glass fire door)
		• Fire door of elevator	• KS F 2268-1 (methods of fire resistance test for fire door)
Smoke resistance performance		• Ensure smoke resistance performance	• KS F 4510 (heavy weight shutter)
Opening performance		• Opening force test	
Door set test	Pull & push door	• Torsional strength, vertical load strength, open & close force, repetition of open & close, impact resistance	• KS F 3109 (door set)
	Sliding door	• Torsional strength, vertical load strength performance are not compulsory	

Table 4. Required Force in Order to Open the Fire Doors⁽⁷⁾

Required force to open doors			
Measurement standard		• Between 86 cm~122 cm from the floor • Less than 10 cm from the end of door	• Installed the door closures
Performance	Moment the door open	• 133 N or less	
	When fully open	• 67 N or less	

Table 5. Performance Test Methods of Fire Doors and Fire Shutter⁽⁷⁾

Performance test methods			
Specimen	Composition	• Real composition, material and size	
	Maximum size	• 3 m × 3 m	Maximum size that can be installed on a heating furnace
	Exception	• Accessories such as door locks and hinges of the same material as the real are ok regardless of the shape and size	
Fire and smoke resistance test		• Test once at each side of specimen	
Make specimen		• Specimens for smoke and fire resistance test have the same composition, material and size	
Case of skip Performance test		• If confirmed the performance by the one test of door closer	Skip the test within the validity period
Digital door lock		• Should be suitable for preparation when fire and for fire resistance condition	KS C 9806 (should be suitable for digital door lock)
Expiration date of certificate		• 2 Year • The existing certificate is available when the same material as the test and the size is small	

는 국민안전처장관이 정하는 기준에 적합한 비상구유도등 또는 비상구유도표지를 하여야 하고, 출입구 부분은 셔터의 다른 부분과 색상을 달리하여 쉽게 구분되도록 하여야 한다. 출입구의 유효너비는 0.9미터 이상, 유효높이는 2미터 이상이어야 한다. 방화셔터의 성능은 차열성능, 차연성능, 개폐성능을 갖추어야 한다.

2.3 방화셔터 성능

방화셔터의 성능은 KS F 2268-1(방화문 내화시험 방법)에 따라 차열성능, KS F 4510(중량셔터)에 따른 차연성능 및 개폐성능을 갖추어야 한다. 일체형 셔터의 경우 출입문을 개방하는데 필요한 힘을 문을 열 때 133 N 이하, 출입문을 완전히 개방한 때에는 67 N 이하의 성능을 확보하여야 한다. Table 3에서는 방화문 및 방화셔터 시험항목과 성능기준에 대하여 구분하고 있으며, Table 4에서는 방화문 개방에 필요한 힘에 대해서 설명하고 있다. 또한 Table 5에서는 방화문 및 방화셔터의 성능시험 방법에 대한 규정을 보여준다.

2.4 방화셔터 사고사례

2.4.1 대구지하철 화재사례

대구지하철 화재는 방화셔터 앞에서 피난구를 찾지 못하고 다수의 사망자가 발생한 대표적인 사례이다. 2003년 2월 18일 대구 중앙로 역 승강장에서 지체장애자가 삶을 비관하여 빚어진 방화로 수많은 인명피해가 발생하였다. 지하 3층 승강장에서 발생한 화재로 승객들은 지하 2층 대합실과 지하 1층 지하상가를 지나 지상 출구로 피난하였다. 하지만 화재 시 발생한 연기에 의해 지하 1층 지하상가 통로에 설치된 방화셔터가 조기에 차단되었으며, 차단된 방화셔터 앞에서 다수의 사망자가 발견되었다. 이들은 방화셔터에 피난구가 있었지만 피난구를 찾지 못하고 그곳에서 안타까운 죽음을 맞이한 것으로 보인다⁽¹⁾.

대구지하철 중앙로 역 화재는 피난을 고려하지 않은 방재시설과 무분별한 방화셔터의 설치, 화재 안전교육 미비 등의 문제점을 시사하고 있다. 방화셔터는 평상시 천장 내부의 셔터박스에 매립되어 있다가 화재신호에 의해 동작하여 구역을 폐쇄하는 시스템으로 관리자를 제외하고는 방화셔터의 위치, 방화셔터에 설치된 비상구 등에 대하여 일반인들은 알 수 있거나 동작시의 대응방법에 대해서 숙지가 불가능한 상황이다^(9,12).

2.4.2 고양터미널 화재사례

고양터미널 화재는 공사 중 유지관리 부실의 대표적인 사례라 할 수 있다. 2014년 5월 26일 지하1층 CJ푸드빌 푸드코트 개점 공사 현장에서 도시가스(LNG) 주배관 연결을 위한 용접작업을 하던 중 배관에서 새어나온 가스에 용접불티가 착화되면서 발생한 화재이다. 고양터미널 화재 사고는 지하 1층에서 지상 층으로 연결된 에스컬레이터

주변에 설치된 방화셔터의 전원을 차단함으로써 방화셔터가 정상적으로 작동하지 않음에 따라 연기가 상층으로 확산되면서 8명의 사망자와 5명의 중상자, 111명의 경상자, 총 124명의 인명피해가 발생한 사고 사례이다⁽¹²⁾.

고양터미널 사고의 문제점은 공사 중 안전조치를 규정에 따라 진행하지 않았으며, 방화셔터의 전원을 차단하는 등 유지관리의 허점을 드러낸 대표적인 사례라 할 수 있다.

2.4.3 방화셔터 오동작에 의한 사고사례

1) 영등포역 노숙인이 방화셔터에 깔려 사망한 사례⁽¹²⁾

2006년 9월 30일 새벽 3시 30분경 방화셔터 오동작으로 그 아래에서 잠을 자던 노숙인 두 명이 사망하였다. 방화셔터는 한번 작동하면 정지 없이 자중에 의해서 계속 하강하게 된다. 감지기가 작동하거나 또는 연동제어장치에서 조작한 경우에는 경보가 울리지만 셔터 자체 오동작인 경우에는 경보가 울리지 않고 그대로 하강하게 된다. 취침중에 발생한 사고로 방화셔터가 동작하고 있는 상황을 인식하지 못하였으며, 어떤 조치도 취하지 못하고 내려오는 셔터에 깔려 사망하였다.

이번 사고는 역사 내에 있는 많은 노숙인들이 방화셔터에 대한 교육을 받지 못한 상황에서는 또 다시 발생할 수 있는 사고라 할 수 있다. 사고 당시 방화셔터 하부에는 아무런 표기도 없었으며, 표기를 했다고 하더라도 방화셔터가 어떤 특성에 의해 동작하는지를 모르는 노숙인들이 이런 상황을 인지하기는 어려웠을 것이다. 따라서 방화셔터 주변에는 주의사항과 더불어 방화셔터의 하강표지와 바닥 통로유도등을 설치하여 평상시에도 일반인들이 방화셔터가 있는 것을 인식할 수 있도록 하는 조치가 선행되어야 할 필요가 있으며, 장애물이 있을 경우 셔터가 일시 정지할 수 있도록 장애물 감지장치를 설치하는 조치가 필요하다.

2) 충남 서천 초등학교에서 발생한 방화셔터에 의한 부상사례⁽¹²⁾

2007년 5월 11일 충남 서천의 한 초등학교에서는 오동작으로 예상되는 사고로 갑자기 작동한 방화셔터에 의해 초등학생이 깔려 의식불명 상태에 빠진 사고가 발생하였다. 사고는 학생들이 놀던 중 3층 계단 통로에 설치된 방화셔터가 갑자기 작동하면서 그 아래를 통과하려던 순간 셔터에 깔리는 사고가 발생하였다. 해당 방화셔터는 1년에 1회 정기점검을 실시한 결과 성능에는 이상이 없음을 확인한 상태였다.

국내에서는 방화셔터의 관리에 관한 규정을 정하고 있지 않기 때문에 일반적으로 외관검사를 위주로 하며, 성능 시운전은 1년에 1회 정도 실시하는 것이 전부이다. 이 또한 강제규정이 없어서 성능시험을 하지 않더라도 문제가 되지는 않는다. 따라서 방화셔터의 오동작 사례를 줄이기 위해 최소한 1주일에 1회 이상 성능시험을 하는 등 교육과 시운전에 대한 기준이 마련되어야 할 것이다.

3) 광주 영천초등학교 방화셔터 사고

가장 최근에 발생한 사고로 2016년 4월 20일 광주의 한 초등학교에서 학생들이 2층 계단에 설치된 방화셔터의 수동조작 스위치를 동작하여 학생 한명이 셔터에 깔리는 사고가 발생하였다. 방화셔터는 자동으로 동작하지 않을 경우를 대비하여 수동 조작을 위한 연동제어반을 설치하고 있는데 그 연동제어반 스위치를 동작시킨 것이다. 연동제어반은 Figure 1과 같이 셔터 주변에 설치하며, 연동제어반에는 Figure 2와 같이 전원장치와 수동스위치가 설치되어 있다. 수동스위치는 약간의 힘을 가하여 누르면 외부의 플라스틱 커버가 파손되면서 스위치가 작동하여 셔터를 동작하게 한다.

Figure 1 및 Figure 2와 같이 연동제어반은 상시 노출된 상태로 언제든지 학생들이 지나다니면서 장난삼아 작동시킬 수 있는 위치와 구조로 되어있다. 연동제어반이 복도에 노출된 상태로 설치된다면 제2의 영천초등학교 사고는 언제든지 다시 발생할 수 있을 것이다. 이번 사고는 초등학교 학생들의 활동성과 호기심을 고려하지 않은 방화셔터 설치계획과 학생들에 대한 안전교육 부재에 따른 사고라고 할 수 있다. 학생들은 방화셔터가 어떤 조작에 의해 동작하는지, 어떤 역할을 하는지, 어떤 주의사항을 지켜야 하는지, 화재 시 어떻게 사용해야 하는지 등에 대하여 전



Figure 1. Installed Fire shutter and interlocking system.



Figure 2. Fire shutter's interlocking system.

혀 알지 못하고 있다. 이는 소방안전에 대한 교육이 전반적으로 이루어지지 않기 때문에 전문가가 아니고서는 알 수 없는 것이 현실이다.

3. 초·중학교 방화셔터 설치 실태

3.1 방화셔터의 설치 실태

3.1.1 부천 옥길 2개 초등학교 및 1개 중학교 방화셔터 설치현황

부천 옥길에 위치한 2개 초등학교와 1개 중학교에 대한 설계 도서를 검토하였으며, 3개교 모두 지하 1층 지상 5층 규모의 건축물이었다. 방화셔터가 설치된 층은 스프링클러 설비를 적용하지 않는 2층과 3층을 위주로 설치하였으며, A초등학교의 경우에는 1층 복도의 방화구획 및 계단에 방화문을 대신하여 각각 1개소의 방화셔터를 설치하였다. 3개교 모든 학교에서 2층과 3층을 중심으로 일체형 셔터를 설치하였으며, 모두 복도 또는 통로에 위치하였다. 방화셔터 크기는 3 m 이상이 9개소, 3 m를 초과하는 것이 9개소로 조사되었다. 방화셔터는 복도 또는 통로의 폭과 같은 규격으로 적용하였으며, 출입구의 폭은 0.9 m이었다. 4층과 5층은 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」(이하 소방시설법이라 한다.) 제15조 및 별표5에서 정하는 스프링클러설비 설치 대상에 해당함에 따라 방화구획 면적을 3배까지 완화 적용 가능한 조건을 들어 방화셔터 설치를 면제하였다.

일체형 셔터는 중학교보다 초등학교에 더 많이 설치되었으며, 초등학교에 셔터가 더 많이 반영된 이유는 단순히 건축물 규모와 구조가 다른 이유 때문이었다. 3 m 이하의 크기와 3 m를 초과하는 방화셔터가 동일하게 설치되어 있었으며, 복도 또는 통로에 설치된 방화셔터는 모두 일체형 방화셔터로서 별도의 방화문을 설치한 경우는 없었다. 특히 피난계단 1층에 설치된 방화셔터는 학생들의 피난을 어렵게 만드는 것과 동시에 『건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙』 제9조제2항 제1호 바목의 「건축물의 내부에서 계단실로 통하는 출입구의 유효너비는 0.9미터 이상으로 하고, 그 출입구에는 피난의 방향으로 열 수 있는 것으로서 언제나 닫힌 상태를 유지하거나 화재로 인한 연기, 온도, 불꽃 등을 가장 신속하게 감지하여 자동적으로 닫히는 구조로 된 제26조에 따른 감종방화문을 설치할 것」에 대한 규정을 위반하고 있었다. 조사대상 학교 방화셔터의 자세한 설치 현황은 Table 6과 같다.

3.1.2 화성 동탄 2개 초등학교 및 1개 중학교 방화셔터 설치현황

화성 동탄에 위치한 2개 초등학교와 1개 중학교에 대한 설계도서 검토에서도, 3개교 모두 지하 1층 지상 5층 규모의 건축물이었다. 방화셔터가 설치된 층 또한 부천 옥길과 마찬가지로 스프링클러설비가 설치되지 않은 2층과 3층에

Table 6. The Status of Fire Shutter Installation at Elementary and Middle School in Bucheon Okgil

Division			Elementary school A					Elementary school B					Junior high school A				
			Floor					Floor					Floor				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Building size			5F/B1					5F/B1					5F/B1				
Shutter type	Integral	3 m or less	1	2	2									2	2		
		Over 3 m	1	1	1				3	3							
	General	3 m or less															
		Over 3 m															
Installation place	Corridor (passage)		1	3	3				3	3				2	2		
	Stairs		1														
	Front of access																
	Open section																
Sprinkler installation							○	○				○	○			○	○

집중되었으며, 일체형 방화셔터를 복도와 통로를 위주로 설치하였으며, 화성 동탄 C초등학교의 경우에는 3층에서 5층까지의 open 구간을 방화셔터를 이용하여 층간방화구획을 설정하였다. 방화셔터는 복도 또는 통로의 폭과 같은 규격으로 적용되었으며, 출입구의 폭은 0.9 m이었다. 1층의 경우에는 방화구획을 1천 제곱미터 이하로 구획하여 방화셔터를 반영하지 않았으며, 4층과 5층은 「소방시설법 시행령」 제15조 및 별표5에서 정하는 스프링클러설비 설치 대상에 해당하여 방화구획 면적을 3배까지 완화 적용함에 따라 방화셔터를 면제하였다. 층간 방화구획은 면제 조건이 없어서 open 구간에 대해서 방화셔터를 이용하여 구획하였다. 방화셔터의 크기는 일체형 셔터의 경우 3 m 이하가 12개소, 3 m를 초과하는 것이 14개소로 조사되었다. 일반형 방화셔터의 경우에는 3 m 이하가 1개소, 3 m를 초과하는 것이 6개소로 조사 되었다. 3 m를 초과하는 일체형 방화셔터를 적용한 장소는 체육관 출입구 앞 및 폭이

넓은 통로, 식당 출입구 앞으로 피난에 직접적인 영향을 주는 위치에 설치된 것이 특징이었다. 3 m를 초과하는 일반형 방화셔터를 설치한 경우는 open 구간의 기둥과 기둥 사이에 맞춰서 설치하였다.

화성 동탄에 위치한 학교 또한 부천 옥길과 마찬가지로 중학교 보다는 초등학교에 더 많은 셔터가 설치되었으며, 초등학교에 더 많은 셔터가 적용된 이유는 부천옥길과 마찬가지로 단순히 건축물 구조가 중학교와 달라서 방화구획 개소가 적었기 때문이다. 피난통로에 설치된 방화셔터는 모두 일체형 셔터를 적용하였으며, 복도의 폭이 넓은 장소에 방화셔터를 설치함에 따라 3 m 이하의 방화셔터 수량보다 3 m를 초과하는 수량이 더 많았다. 복도 및 통로에 설치된 방화셔터는 모두 일체형 셔터로서 피난에 영향을 줄 수 있었다. 방화셔터 출입구 크기 또한 0.9 m로 방화셔터가 작동한 상태에서 복도의 폭을 축소하는 구조였다. 연동제어반은 같은 선상에 연속하여 설치된 셔터의 경

Table 7. The Status of Fire Shutter Installation at Elementary and Middle School in Hwaseong Dongtan

Division			Elementary school C					Elementary school D					Junior high school B				
			Floor					Floor					Floor				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Building size			5F/B1					5F/B1					5F/B1				
Shutter type	Integral	3 m or less		3	4				1	2				1	1		
		Over 3 m		3	3				2	1				2	3		
	General	3 m or less				1											
		Over 3 m				2	2							2			
Installation place	Corridor (passage)			3	4				3	2				4	3		
	Stairs																
	Front of access			3	3					1					1		
	Open section					3	2							1			
Sprinkler installation							○	○				○	○			○	○

우에는 1개소에서 연속된 셔터를 조작이 가능하도록 설치 하였으며, 개별로 설치된 방화셔터는 각각의 셔터마다 그 인근에 연동제어반을 설치하였다. 체육관 및 식당 앞에 설치된 방화셔터가 오동작 또는 화재로 인하여 동작할 경우에는 각 실에서 용무를 마치고 나오거나 피난을 하는 과정에서 2차 사고로 이어질 수 있는 구조이었다. 조사대상 학교 방화셔터의 자세한 설치현황은 Table 7과 같다.

3.2 방화셔터의 문제점

부천옥길과 화성동탄의 6개교에서는 복도 및 통로에 모두 일체형 셔터를 설치하고 있었다. 이는 피난 안전을 고려하지 않고 단순히 법적 기준을 충족하기 위해서 설치한 것으로 볼 수 있다. 방화구획 완화 조건에 해당하는 스프링클러설비는 「소방시설법 시행령」 제15조 및 별표5의 규정에서 정하는 4층 이상인 층으로서 바닥면적 1000 제곱미터 이상인 대상에만 적용함에 따라 스프링클러설비 설치대상에 해당하지 않는 2층과 3층 복도 및 통로를 방화셔터를 이용하여 방화구획 하였다. 복도와 통로를 방화셔터로 구획한 것은 Table 8에서 제시하고 있는 복도유효 폭 기준을 위반하는 결과를 초래한다. 즉 피난로를 평상시에는 전체 열린 공간으로 이용하지만 일체형 셔터가 동작하게 되면 0.9 m로 축소하게 됨에 따라 복도의 폭은 0.9 m 가되기 때문이다. 체육관과 식당같이 많은 학생들이 몰리는 장소 앞 통로를 3 m를 훨씬 초과하는 대형셔터로 구획하는 것은 2차 사고의 위험이 있으며, 대구 중앙로역 화재에서와 같이 출입구 위치 확인이 어렵고, 검증(방화셔터의 성능 인증의 최대 규격은 3 m × 3 m임)되지 않은 셔터 설치로 인하여 안전성을 확보하지 못하는 문제가 있다.

방화셔터는 KS F 4510 중량셔터에서 Table 9에서와 같이 방화셔터의 개폐 속도를 높이 2 m 미만인 경우 3~6 m/min (8.6~20 s/m), 2 m 이상 4 m 미만인 경우에는 2.5~6.5 m/min (9.2~24 s/m)의 평균속도로 하강하도록 규정하고 있으며, NFPA 5000 (Building construction and safety

Table 8. Standard of Corridor's Effective Width (「Rules on the Standard of Evacuation Fire Protection Construction」 2 of Article 15)

Division	Corridor which has the living room on each side
Kindergarten, elementary, junior, high school	2.4 m or more

Table 9. Fire Shutter's Opening Speed

Method of close & open	The height of the inside	
	Less than 2 m	2 m or more ~4 m or less
Electrical	3~6 m/min (8.6~20 s/m)	2.5~6.5 m/min (9.2~24 s/m)
Self-weight	3~6 m/min (8.6~20 s/m)	3~7 m/min (8.6~20 s/m)

code 5000.) 건축물 구조 및 안전코드 8.12.5.3에서는 “셔터는 0.15 m/sec (30 ft/min) 이하 속도로 작동하여야 하며, 감지 선단이 장착되어 있고, 선단은 선단 표면에 90 N (250 lbf) 이하의 힘이 가해지게 되면 움직이는 셔터는 진행을 정지시키고, 대략 150 mm (6 in) 정도 후진이 된 다음, 셔터는 계속해서 닫히도록 한다.”라고 규정하고 있다. 또한 KS F 4510 중량셔터 6.10에서는 장애물 감지장치에 관한 규정을 다음과 같이 정하고 있다. “a) 셔터의 전동 강하 시에 장애물을 감지하고 셔터를 자동으로 정지할 수 있는 것으로 한다. b) 방화셔터의 수동 폐쇄 장치 또는 연동 폐쇄 기구에 의한 자동 강하 중에 장애물 감지 장치가 장애물을 감지하여도 셔터는 자중에 의해 강하 상태를 유지해야 한다.”라고 규정 하고 있다. 즉, KS F 4510에서는 방화셔터의 개폐 속도를 셔터의 크기에 따라 규정하고 있으며, 자동으로 셔터가 작동하는 경우에는 자동 정지, 수동으로 기동한 경우에는 강하상태를 계속 유지하도록 하고 있다. NFPA 5000에서는 셔터의 속도와 힘에 의해 셔터가 일시적인 동작을 제어하도록 하고 있다. 그러나 「자동방화셔터 및 방화문의 기준」 제5조에서는 KS F 4510 중량셔터 기준 중 차연성능과 개폐성능 만을 취하고 있기 때문에 셔터의 높이를 4 m 이하로 제한하고 있음에도 4 m를 훨씬 초과하는 셔터들이 설치되고, 하강속도에 대한 성능 확인 기준이 없으며, 장애물 감지시스템은 적용에서 제외되고 있다. 따라서 오동작 또는 화재 시 방화셔터가 내려오는 속도에 대한 적정여부도 확인이 불가능하며, 장애물이 있어도 이를 감지하지 못하기 때문에 충남서천이나 광주 영천 초등학교에서와 같은 사고는 계속해서 발생할 수 있다.

감리 경험에 의한 시공 과정에서의 문제점을 살펴보면 첫째, 건축 담당자의 전문성이 결여되어 있다. 방화셔터와 관련된 규정은 물론 설치기준, 구조, 자재관리 및 품질관리에 관한 지식이 부족하여 Figure 3과 같이 방화셔터 케이스 상부에 설치된 단열재를 제거하지 않아서 방화구획에 준하는 구조로 구성되지 않았거나, Figure 4와 같이 셔터케이스 상부에 덕트, 케이블트레이, 배관 등이 관통되면서 기밀하게 마감이 이루어지지 않는 경우, Figure 5과 같이 일체형 셔터 출입문이 정상적으로 열리지 않는 등의 경우와 같이 적정한 품질관리가 되지 않고 있다. 둘째, 자재관리 및 검측관리에 관한 사항이다. 방화셔터는 설계도서와 동일한 제품으로 성능을 인정받은 것을 사용하여야 한다. 하지만 성능인증에 대한 적정여부를 확인하는 절차는

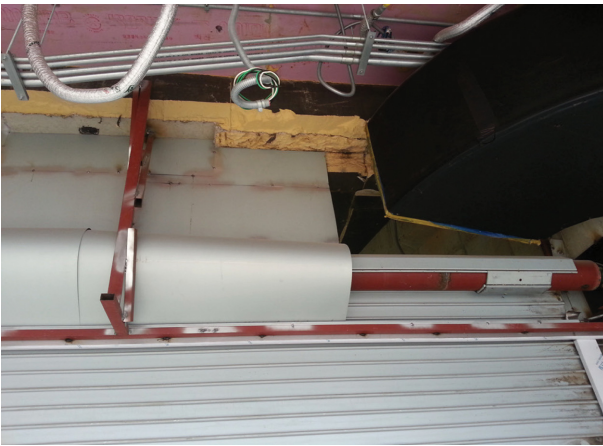


Figure 3. Top of shutter case 1.



Figure 4. Top of shutter case 2.



Figure 5. Problem between the integral shutter and stair railings.

오로지 성능인증서를 확인하는 것을 제외하고는 확인이 곤란하다. 셔터의 모든 구성 재료에 제조자 표시 기준이 없어 성능인증 제품여부의 확인이 어렵고, 공장검수 또한 시행하지 않고 있으며, 시공 후에 개별 검측 또한 전문성이 없어서 형식적으로 시행하고 있다. 셋째, 셔터의 출입문 틈새 및 리밋 조정이 부적절한 경우가 많다. 셔터 출입구는 기밀하게 마감되어야 하지만 슬랫(slot)과 밀착하지 않아 틈새가 발생하거나 리밋(limit) 조정불량 및 적정하게 조정을 하였다 해도 기계적 접점이므로 반복적인 동작에 의해 정지점이 변하는 등의 원인으로 셔터 하부가 들뜨거나 슬랫이 찌그러드는 문제가 발생하고 있다. 넷째, Figure 4와 같이 반자 내부에 위치한 방화셔터의 셔터케이스를 설치하지 않거나 라운드형 케이스를 여러장 연결하여 설치하고 있다. 셔터케이스를 설치하지 않는 경우에는 셔터의 슬랫이 화염 또는 화열을 직접 받게 되어 슬랫이 손상되거나 연기 및 화염이 차단되지 못하고 이면으로 확산될 수 있으며, 라운드형 셔터케이스를 사용하는 경우 또한 같은 문제를 가지고 있다. 다섯째, 일체형 셔터의 출입구에 설치된 유도등의 기능이다. 유도등은 피난방향을 알려주는 동시에 출입구의 위치를 알려준다. 하지만 천장고가 높은 경우에는 유도등이 높은 위치에 설치되며, 셔터가 셔터박스에 감겨져 있어서 유도등이 출입구 상단에 설치되었는지도 확인할 수 없다. 따라서 안전한 피난을 유도하는 것도 기대하기 어렵다.

또한 방화셔터는 성능시운전에 관한 규정이 없어 화재시 정상적인 동작을 기대하기가 어렵다. 위의 사고사례에서와 같이 방화셔터의 오동작은 성능확인의 부재에서 발생한 경우가 많다. 방화셔터의 오작동 원인으로는 전기적인 고장, 리밋스위치 조정불량, 베어링 고착, 가이드레일 파손에 따른 작동불량, 스크린셔터의 찢어짐, 셔터 하부 장애물 존치 등의 문제를 들 수 있으며, 화재가 발생한 경우에는 셔터가 정상적으로 작동해야 하지만 평상시 성능확인을 하지 않을 경우에는 정상적인 동작을 기대하기는 어렵다.

3.3 개선방안

일체형 셔터는 시장, 군수, 구청장이 정하는 기준에 따라 별도의 방화문을 설치할 수 없는 부득이한 경우에 한하여 설치할 수 있도록 규정하고 있다. 하지만 시도 조례로 방화셔터의 설치위치를 정하고 있는 경우는 없으며, 피난을 고려하여 설계에 반영하는 경우도 없다. 단지 소방시설 성능위주설계심의 대상 건축물에 대해서만 심의과정에서 설치를 제한하거나 별도의 방화문을 설치하는 경우에 대해서만 설치를 허용하는 경우는 있다.

일체형 셔터는 피난안전성 측면에서 설치위치와 설치 대상에 대한 판단이 필요하지만 설치 위치를 명확하게 규정하고 있지 않기 때문에 학교의 복도, 통로, 계단 등 피난에 직접적인 영향이 있는 장소에 대해서도 무분별하게 설

치하고 있다. 따라서 셔터의 무분별한 설치를 제한하여 안전성을 확보하고, 부득이 복도 및 통로에 방화셔터를 설치해야 한다면 방화셔터로부터 3 m 이내에 방화문 설치를 의무화 하고, 「피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제 15조의2에서 규정하고 있는 복도 유효 폭 기준에 적합한 출입구를 확보하도록 하여야 한다.

방화셔터 성능확보를 위해서는 NFAP 5000 건축물 구조 및 안전코드 8.12.5.3에서 정하고 있는 즉, “셔터를 매주 1회 이상 작동시켜 정상 작동상태를 유지하는지 확인” 규정을 반영하여 우리나라도 주 1회 또는 월 1회의 정기적인 성능시험을 시행하도록 기준을 마련하여야 한다. 장애물 감지 시스템과 관련해서는 NFPA 5000 건축물 구조 및 안전코드 8.12.5.3에서와 같이 방화셔터 하강 시 장애물을 감지하여 셔터가 일시적인 정지를 할 수 있도록 장애물 감지장치 설치기준을 마련하고, 학생들에게는 주기적인 소방안전교육을 실시하도록 개선이 필요하다.

방화셔터 성능시험을 위한 셔터 최대 크기를 3 m × 3 m 로 제한하고 있으나 현장에서 실제로 설치되는 셔터는 3 m 를 훨씬 초과하는 경우가 많다. 따라서 시험기준을 초과하는 크기의 셔터는 시험받은 셔터와 같은 성능을 확보하고 있다고 보기는 어렵기 때문에 동등 이상의 성능을 확보할 수 있도록 셔터의 크기와 구조에 따라 가중치를 부여하는 방안이 관해서 지속적인 연구가 필요하다. 또한 일체형 셔터는 평상 시 셔터박스에 보관되어 있어 그 존재뿐만 아니라 출입구의 위치를 인식하기 어려워 피난에 문제가 될 수 있으므로 일체형 셔터 출입구 위치에 바닥 통로유도등 설치 및 출입구 표지를 설치하고, 셔터가 내려오는 위치의 바닥에는 셔터라인 표지설치를 의무화 하고, 셔터 및 연동제어반 인근에는 안전표지를 설치하도록 관련 기준과 표준이 마련되어야 한다.

방화셔터는 계획단계에서 방화셔터의 안전성을 확보하기 위해 피난방향, 셔터 설치위치의 적정성 등에 대한 전반적인 검토가 필요하며, 시공과정에서는 방화셔터가 화재 확산을 방지하기 위한 목적을 충분히 발휘할 수 있도록 자재승인 및 검수, 방화셔터 상부에 발생하는 관통부 틈새관리를 위한 검측관리, 타 공종과의 관계성 등을 종합적으로 고려하여 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있도록 하여야 한다. 즉, 건축계획에서부터 시공완료시까지 전문가를 배치하여 전문적인 관리를 하여야 한다. 초등학교와 중학교는 아직 성장하고 있는 학생들이 생활하는 공간이다. 학생들이 학교 안에서 안전하게 생활할 수 있도록 전 층에 스프링클러설비를 반영하여 방화셔터 설치를 최소화하여야 할 것이다.

4. 결 론

방화셔터는 안전성이 최우선시 되어야 한다. 따라서 학교에 설치되어 있는 방화셔터 적용 실태와, 방화셔터 사고

사례, 시공 문제점을 제도적, 성능적, 구조적, 시공 및 유지관리적인 측면에서 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 학교용도는 규모에 관계없이 전 층에 스프링클러설비를 반영하여 방화셔터 설치를 최소화하도록 제한하여야 하고, 부득이 통로나 복도 등에 방화셔터를 계획하여야 한다면 별도의 방화문을 설치하여 피난에 장애가 없도록 안전성을 고려하여야 한다. 또한 일체형 셔터로 인하여 복도 폭을 축소하지 않아야 한다.

2) 대형셔터를 통로에 설치할 때에는 피난방향과 피난구의 위치를 명확하게 표시하여 피난에 장애를 주지 않아야 한다.

3) 방화셔터의 오동작으로 인한 안전사고 예방을 위해서는 주 1회 또는 월 1회의 정기적인 성능시험을 시행하도록 기준 개정이 필요하며, 셔터 오동작 등의 사고로 셔터 아래에 깔리는 등의 인명피해를 예방하기 위해서는 장애물 감지 장치 적용이 필요하다.

4) 일체형 셔터의 출입구 위치를 명확하게 확인할 수 있도록 바닥통로 유도등을 고려하고, 방화셔터와 연동제어반 주위에는 위험을 알리는 표지부착을 의무화 하고, 일체형 셔터 출입구는 어느 방향에서도 열수 있도록 새로운 방화셔터 개발 지원과, 건축방재와 관련된 전문 인력이 관리할 수 있도록 제도개선이 요구되고 있다. 또한 방화셔터의 설치 방법과 표시 기준을 표준화 하고, 향후에는 대형 방화셔터를 비롯하여 방화셔터 전반에 대한 안전성과 성능검증방법에 관해서도 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

References

1. E. P. Lee, “A Study on the Actual Conditions and Improving Methods of Fire Shutters”, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 21, No. 10, pp. 247-254 (2005).
2. Y. K. Kim, “A Study on Characteristics of Casualty Evacuation in the Elementary School with Single Unit Fireproof Shutter”, Graduate School of Disaster Prevention Technology, Kangwon National University (2009).
3. J. P. Jeon, “The Fire Resistant-based Experimental Study on Prediction of Risk of Radiant Heat”, Engineering Graduate School, University of Incheon (2011).
4. Y. S. Lee, “Fire Doors, Automatic Fire Shutter of the Applicable Standards and Field”, Journal of the Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 6-12 (2008).
5. D. Y. Yoo and J. M. Yang, “A Fire Computer Simulation of Inner Space with Fire Shutters and Refuge Stairs”, Journal of Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 8, No. 11, pp. 1617-1623 (2013).
6. S. C. Lee, S. Y. Kim, Y. P. Hong, Y. R. Park and Y. G. Kim, “A Study on Casualty Evacuation Characteristics of Primary School with Single Unit Fireproof Shutter”,

- Journal of the Korean Institute of Fire Science and Engineering, pp. 389-395 (2008).
7. B. H. Kang, H. K. Youn, K. H. Park, C. W. Lee, D. I. Kim, S. M. Park, S. W. Nam, W. K. Lee, S. B. Yoo, et al., 「Fire Protection Engineering Handbook」 New Enlarged Edition, Korean Society of Fire Protection Engineers, pp. 490-517 (2015).
 8. I. H. Yeo, J. H. An, K. H. In and B. Y. Min, “A Comparative Study on the Domestic and Foreign Performance Criteria of Fire Doors, Fire Shutters and Fire Windows Applied to Building Fire Compartment”, Journal of the Korean Institute of Fire Science and Engineering, pp. 49-57 (2007).
 9. Daegu subway fire jungangno station White paper, Daegu Metropolitan City (2005).
 10. Daegu subway fire investigation report, Korean Fire Protection Association (2003).
 11. S. J. Kim, J. Y. Lee and Y. J. Kwon, “A Comparative Study on the Fire Resistance Design Standard of Buildings”, Journal of the Korean Institute of Fire Science and Engineering, pp. 353-356 (2008).
 12. H. K. Youn, “A Study on Integral Type Fire Shutter for Securing Evacuation Safety Method”, Graduate School of Construction Industry, Kyonggi University (2015).