

해외 기준 분석을 통한 국내 막구조물의 내화구조 적용 범위 및 내화성능 확보방안 연구

최광호
남서울대학교 건축공학과

A Study on the Range of Fire Resistance Structure and the Securing Method of Fire Resistance Performance of Membrane Structure in Korea through the Foreign Code Analysis

Kwang-Ho Choi
Department of Architectural Engineering, Namseoul University

요약 막구조는 외벽이나 지붕 공법이 일반 건축물과는 다르고, 화재 시 막 재료의 취약성으로 화재 확산속도가 빠른 연소특성이 있어 일반 건축물에 적용되는 내화구조 기준을 그대로 적용하기가 곤란하다. 이 연구에서는 현재 우리나라 건축법상 막구조가 일반 건축물의 지붕틀로 분류되어 적용되는 내화구조 기준을 미국, 일본 등의 막구조 내화구조 기준과 비교 분석하여, 내화구조 대상이 되는 막구조의 용도 및 규모를 설정하고, 내화성능 확보방안을 제안하였다. 먼저, 막구조의 용도는 주요구조부를 내화구조로 하여야 하는 일반 건축물 용도와 큰 차이가 없어 건축법의 용도 분류를 그대로 적용하였다. 건축법에서 주요구조부를 내화구조로 하여야 하는 규모는, 문화 및 집회 용도의 경우 200 m², 전시장은 500 m² 이상으로 되어있는데, 미국과 일본 기준을 비교 분석하여 막구조는 1,000 m² 이상으로 완화 적용하였다. 보통 막구조의 외벽과 지붕이 막으로 되어있고, 화재 시 화염이 막에 접촉된 후 파단 변형이 발생하는 연소특성 등을 반영하여, 막구조는 주요구조부 전체를 내화구조로 하기보다는 바닥으로부터 일정 높이까지만 내화성능을 확보하는 방안을 제안하였다. 우리나라 건축법에서 철골조의 주요구조부는 바닥으로부터 4 m 높이까지 내화성능을 확보하도록 규정되어 있고, 미국 기준에서 막구조는 용도 및 면적 조건이 충족되면 주요구조부가 내화구조가 아니어도 되는 규정, 일본 기준에서 막 이외 부분은 내화구조로 하되 바닥으로부터 4 m 까지는 막을 설치하지 않도록 하는 규정 등을 비교 반영하여, 이 연구에서는 막구조의 주요구조부는 바닥으로부터 4 m 이내만 내화구조가 되도록 제안하였다.

Abstract Membrane structures have different exterior walls and roof-construction methods from ordinary buildings. Due to the vulnerability of membrane materials in cases of fire, it is difficult to apply fire-resistance performance standards that are applied to ordinary buildings. In this study, criteria for fireproof structures that are classified as roof frames of ordinary buildings are compared to those of membrane structures from other countries, such as the U.S.A and Japan. First of all, the classification of the usage of fire-resistance structure was the same as the general building case to take the consistency of current building code. The floor area of a membrane structure that should be applied with fire-resistance performance was proposed as 1,000 m² by mitigating 200 m² to 500 m² corresponding to the current building code and reflecting the type and combustion characteristics of the membrane structure, as well as a comparative analysis of the U.S.A and Japanese standards. As a provision for securing fire-resistance performance of a membrane structure, a height of 4 m or less from the floor was applied by comparison with Korean current building code, U.S.A, and Japanese standards of a membrane structure.

Keywords : Membrane Structure, Requirement of Fire Resistance Structure, Method of Securing Fire Resistance Performance, Membrane Material, Fire Resistance Standard

본 논문은 2020년 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

*Corresponding Author : Kwang-Ho Choi(Namseoul Univ.)

email: choikh@nsu.ac.kr

Received June 1, 2021

Revised July 19, 2021

Accepted August 5, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 다양한 형태의 중·소규모 막구조 건설이 증가 추세이나, 일반 건축물과는 공법과 연소특성이 다름에도 현행 건축법에서 규정하고 있는 일반 건축물의 내화구조 기준이 적용되어 그 활용성이 위축되고 있는 실정이다. 막구조도 다양한 건축물 중 한 종류이기 때문에 건축법의 내화구조 요구조건을 만족해야 한다는 원칙에 근거하여 적용되는 조항으로 건축법 제20조 제1항 “막구조 등 대통령령으로 정하는 구조는 주요구조부에만 내화구조로 할 수 있다” 와 건축물의 피난 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 3조 별표 1의 “내화성능 확보요건”이 있다. 이들 조항을 벽과 지붕이 막 재료로 구성되는 막구조에 적용하면, 외벽 중 연소 우려가 있는 부분은 1시간, 지붕은 30분 내화성능이 확보되어야 한다[1].

막구조는 외벽이나 지붕 공법이 일반 건축물과는 다르고, 화재 시 막 재료의 취약성으로 화재 확산속도가 빠른 연소특성이 있어, 일반 건축물에 적용되는 내화구조 기준을 그대로 적용하기가 곤란하다[6]. 따라서, 막구조의 화재 안전성을 확보하면서 활용도를 높이기 위해서는 막재료 종류, 막구조 건축형식 및 용도와 규모 등에 따라 내화구조 적용대상을 분류하고 내화성능 확보방안을 마련할 필요가 있다.

이 연구에서는 우리나라 건축법상 일반 건축물의 내화구조 적용대상 용도와 규모, 내화성능 확보요건 등의 관련 기준을 미국, 일본 등 해외 막구조 내화구조 기준과 비교 분석하고, 화재 시 화염이 막에 접촉된 후 파단 변형이 발생하는 막구조의 연소특성 등을 반영하여, 막구조의 내화구조 적용 용도와 규모 및 내화성능 확보방안을 제안하였다.

1.2 연구방법

이 연구 방법은 국내·외 일반 건축물 및 막구조 관련 내화구조 기준의 상호 비교와 기존 막구조 연소실험 결과의 분석으로 진행되었다. 먼저, 우리나라 일반 건축물에 적용되는 내화구조와 내화성능, 방화·피난에 관련된 법령 및 기준을 살펴보고, 이를 막구조 내화구조 기준이 있는 미국, 일본 기준과 비교 분석하였다. 아울러, 막구조의 연소특성을 파악하기 위하여 기존 실험연구 결과를 분석하였다. 세 단계 연구방법을 통하여 우리나라 중·소 규모 막구조에 적용 가능한 내화구조 적용대상 용도와 규모와 내화성능 확보 방안을 제안하였다.

2. 국내 일반 건축물 및 해외 막구조의 내화구조 기준 분석

2.1 국내 일반 건축물의 내화구조 기준

건축물이 내화성능을 갖게 됨은 주요구조부를 내화구조로 하여 내화성능 요구조건을 만족시키고 소방·방화 기준에 부합되는 것을 의미한다. 내화구조 적용대상 건축물은 건축법시행령 56조에 규정되어 있는데[1], Table 1과 같이 용도별로 일정 바닥면적 이상이 되는 건축물에 해당된다. 내화구조 대상 건축물에 대한 내화성능 요구조건은 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 3조에 명시되어 있으며, 용도별로 층수와 높이에 따라 벽, 보·기둥, 바닥, 지붕 등 주요 구조부위별로 내화성능 확보시간이 정해져 있다[2]. 내화성능 관련 소방·방화 기준의 하나로 막재를 포함한 내부 마감재료에 대한 요구성능은 건축법시행령 61조에 명시되어 있으며, Table 2와 같이 용도별 일정 면적 이상은 불연재료 또는 준불연재료를 사용하여야 한다[1]. 막구조는 현행 건축법의 내화구조 및 내화성능 관련 기준에서 별도의 구조형식으로 분류되고 있지 않다. 따라서, 내화구조가 되기 위해서는 외벽 중 비내력벽으로 연소할 수 있는 부분은 1시간, 지붕은 30분 내화성능 유지시간이 확보되어야 하고, 방화요구성능도 만족되어야 한다.

Table 1. Facilities in which major structural parts shall be fire resistant*

Usage of the facility	Floor area
Cultural and rally facilities except for exhibition halls, Religious facilities, Pubs, Funeral halls, etc.	More than 200 m ² (1000 m ² or more for outdoor gallery)
Exhibition halls, Botanic garden · Zoo, Sales facilities, Transportation facilities, Gyms·Auditoriums, Training facilities, Recreational facilities except for Pubs, Warehouses, Dangerous goods facilities, Automobile facilities, Filming stations, Tourist rest facilities, etc.	More than 500 m ²
Factory(except for low fire risk)	More than 2000 m ²
Multi-family housing with two stories, Medical or Nursing facilities, Business facilities, etc.	More than 400 m ²
Buildings with at least three stories and Underground floors	All buildings

* Enforcement Decree of the Building Act, Section 56

Table 2. Internal Finishing Materials under Fire Protection Conditions*

Usage	Floor area	Finishing materials (Wall and Ceiling)
Recreational facilities except for Pubs, Sales and Business facilities, Cultural and Rally facilities except for Wedding halls	More than 200 m ² (More than 400 m ² with fire resistance structure or non combustible materials)	Noncombustible material Semi noncombustible material
Concert hall, Wedding facilities, Training facilities in living area, Outdoor training facilities, Automotive related facilities	Regardless of floor area	
Factory without high risk		

* Enforcement Decree of the Building Act, Section 61

2.2 해외 막구조의 내화구조 기준

미국의 건축법인 IBC(International Building Code)에는 막구조 형식이 건축물 분류에 포함되어 있고, 일본은 별도의 막구조 내화구조 관련 기준을 가지고 있다. 따라서, 우리나라 막구조의 내화구조 대상 용도 및 면적, 내화성능 확보방안을 제안하기 위해서 우리나라 건축법 분석과 아울러 미국과 일본의 막구조 내화구조 관련 기준에 대한 비교분석을 진행하였다.

2.2.1 미국 IBC

IBC에서는 내화구조 요구조건으로 Table 3과 같이 건축방식을 5가지로 분류하고 A, B로 세분하여 내화성능 확보시간을 정하고 있다[3]. 또한, 건축방식별 용도에 따라 면적과 높이가 제한되는데, 스프링클러가 설치되어 있거나 막구조 주변에 다른 건축물이 없는 경우 면적을 확장할 수 있도록 규정되어 있다. 막구조의 건축방식은 IBC 3102.3에 명시되어 있는데, 5가지 건축방식 중 골조 또는 케이블이 불연재료로 되어있으면서 NFPA(National Fire Protection Association) 701의 승인 막재료가 사용된 건축물은 건축방식 II-B로, 목조골조 막구조는 건축방식 IV로 구분되며, 그 외 막구조는 건축방식 V로 분류된다. 막구조가 가능한 II-B, V-B 건축방식은 내화성능 확보시간을 규정하고 있지 않는데, 이는 막이 화재 중 하중 지지 능력을 유지할 필요가 없어 내화구조로 하지 않아도 됨을 의미한다[3]. 단, 피난·소방 관련 규정은 다른 건축방식과 동일하게 설계되어야 한다.

Table 3. Fire-Resistance Rating Requirements for Building Elements on IBC*

Structural Types	TYPE I		TYPE II		TYPE III		TYPE IV	TYPE V		
	A	B	A	B	A	B	HT**	A	B	
Primary Structural Frame	3	2	1	0	1	0	HT	1	0	
Bearing Walls	Exterior	3	2	1	0	2	2	2	1	0
	Interior	3	2	1	0	1	0	1 or HT	1	0
Floor	2	2	1	0	1	0	HT	1	0	
Roof	1.5	1	1	0	1	0	HT	1	0	

* IBC Section 601, unit : fire resistance time (hours)

** Heavy Timber

IBC에서 건축물의 용도는 집회, 업무, 교육, 상업, 주거, 창고, 공장, 고위험용도, 기타 등 10개로 구분된다. 건축방식별로 허용 면적을 정하고, 504조의 완화규정에서 건물 경계선으로부터 폭 6 m 이상의 공터나 도로가 있는 경우 면적 확장이 가능하며, 폭이 18 m 이상인 경우 면적 제한이 없다. 또한, 스프링클러가 있는 경우 허용 면적의 3배까지 확대가 가능하도록 되어있다. 예로 집회

Table 4. Maximum Permitted Floor Area by Assembly Usage on IBC*

Structural Types		Floor Area by Usage(m ²)		
		A-1	A-2, 3, 4	A-5
TYPE II-A	Primary Structural Frame, Bearing Walls, Floors and Roofs have an hour of fire resistance	1,400	1,400	Un-limited Area
TYPE II-B	NFPA** approved Membrane and Non combustible Materials at all Structural Members	780	880	
TYPE V-A	Other Membrane Structures (Primary structural frame, bearing walls, floors and roofs have an hour of fire resistance)	1,000	1,000	
TYPE V-B	Other Membrane Structures (If all structural members have zero hour of fire resistance)	500	550	

* IBC Section 506

** NFPA(National Fire Protection Association)

용도인 건축물의 건축방식별 최대 허용 바닥면적은 506 조의 산정방법에 의해 Table 4와 같이 계산할 수 있다 [3]. Table에서, A-1은 고정좌석이 있는 집회시설, A-2는 식음료 관련시설, A-3는 종교 및 위락시설, A-4는 실내 경기장, A-5는 야외경기 관람시설로 구분된다. A-1 용도 막구조의 최대 허용면적을 비교해 보면, 골조를 1시간 내화로 하는 경우 1,000 m²이고 골조에 불연재료를 사용하고 막재가 NFPA 승인 막재를 사용하는 경우 780 m², 기타 막재는 500 m²이다. 허용 바닥면적의 확장은 IBC 506.2에 의거 Eq. (1)로 계산된다[3].

$$A_a = A_t + [A_t \times I_f] + [A_t \times I_s] \quad (1)$$

여기서, A_a는 면적 확장, A_t는 Table 4의 최대 허용 바닥면적, I_f = 막구조 주변의 공터 확보에 따른 계수로, I_f = [F/P - 0.25] W/30로 계산된다. 이 식에서, F는 최소 폭 6m의 도로나 공지에 접하는 면의 건축물 경계선 길이, P는 건축물 전체 길이, W는 도로나 공지의 폭으로 6m 이상이어야 하고, 9m가 넘는 경우 9m로 한다. I_s는 스프링클러 설치에 따른 확장 계수로 1층인 경우 3이다. 막재로는 기본적으로 NFPA 701의 승인을 받은 막을 사용하여야 하나, 폭 9m 이내 평면의 무인시설 용도 건축물을 막구조로 하거나 막의 두께가 0.5 mm보다 적은 건축물의 경우 승인을 받지 않는 재료의 막을 사용할 수 있다.

2.2.2 일본

일본 막구조 관련 기준에서 우리나라 중·소 규모 막구조의 용도나 규모 등과 비교가 가능한 기준으로 “중·소 규모 막구조 기술기준”과 “막구조 건축물 및 구조방법에 대한 기술적 기준”이 있다. 일본 건축기준법 27조에서 명시한 내화구조 또는 준내화구조 적용대상 건축물 조건을 정리하면 Table 5와 같다[4, 5]. 여기서, 내화구조는 주요구조부가 내화성을 갖는 구조이며, 준내화구조는 화재 시 연소억제 성능이 있는 구조이다. 또한, 내화구조 인정은 주요구조부를 내화구조로 하는 경우뿐 아니라 내화 성능검정법에 의한 성능확인과 국토교통성의 인정을 받아도 가능한 것으로 되어있다. “막구조 건축물 및 구조방법에 대한 기술적 기준”에 내화구조에 막구조를 병용하는 방법의 하나로, 막재로 지붕 설치 조건은 Table 6과 같이 규정되어 있다[6]. 한편, 이 기준에서는 일반 건축물과 달리 막구조와 같은 간단한 구조의 건축물에 대해 내화구조 조건 완화를 Table 7과 같이 명시하고 있다. 간

단한 구조의 건축물은 연면적 3,000 m² 이내의 간막이 벽이 없는 구조로서 다른 건축물과는 준내화구조의 벽이나 방화설비로 구획되어야 한다. Table 6의 일반건축물 내화조건과 비교해 보면, 내화구조가 준내화구조와 불연재료 사용이 가능한 것으로 완화되었다. 또한, 간단한 구조의 건축물에 외벽이나 지붕 구조로서 막재료가 사용되는 경우, 방화상 지장이 없는 조건에서 Table 8의 규모별 막재로 종류를 규정하고 있다. 사용되는 막재로 종류는 일본 건설성의 인정을 받는 ISO 5660의 발열성 시험 방법으로 성능을 확인하여 Table 9와 같이 3가지로 구분된다[7].

Table 5. Building Conditions subject to Fire Resistance Structures on the Building Standards of Japan*

Independent Buildings	Fire Resistance Structure	Theaters on the third floor or higher, Hospital, Hotel, Department store	
		Sales facilities	Total floor area not less than 3,000 m ²
	Semi Fire Resistance Structure	Ware - house	Total floor area not less than 1,500 m ²
		Gym.	Total floor area not less than 2,000 m ²
Buildings in the Area Regulation	Fire Prevention Area	The fire resistance structure shall be at least three stories or a total floor area of at least 100 m ²	
	Semi Fire Prevention Area	It shall be a semi fire resistance structure with at least three floors or a total floor area of at least 100 m ²	

* Japanese Building Standards Act, Section 27

Table 6. Structural Methods that can set Roof Membrane Materials in Fire-Resistance Structures*

Usage		Height from Floor to Roof	Membrane Material Type
Open Type	Sports practice facilities with low risk of fire	2.7 m or higher	Noncombustible Material less than 5 m
	Stadium, Workshops, Event Squares, etc.	5 m or higher	Noncombustible Material
Closed Type	Sports practice facilities with low risk of fire	2.7 m or higher	Noncombustible Material less than 5 m
	Gym, etc.	5 m or higher	Noncombustible Material

* Approval Number NFNN-9931 by Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Table 7. Simple Structures where Requirements of Fire Resistance Structures are relaxed*

		Simple Structures
Usage		·Sports facilities such as Skating rink, Swimming pool, Sports practice ground, etc. ·Storage of noncombustible items or use of low risk of fire ·Livestock, Compost, Fish Farm
Structural Member	Co-lumn, Girder	·Buildings in the fire prevention area and exceeding 500 m ² in the semi-fire prevention area : semi fire resistant structure of all parts and use of noncombustible materials Buildings within 500 m ² of semi fireproof areas and buildings exceeding 1,000 m ² of locations without designation of areas : Semi fire resistance structure and noncombustible material are used for combustion hazard areas.
	Outer wall, Roof	Only when there is a risk of combustion of columns and beams, the outer walls and roofs are semi fireproof and noncombustible materials are used

* Notice Number 1427 by Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Table 8. Types of Membrane Materials used for Exterior Walls or Roofs with Simple Structures*

Usage	Total Area		Membrane Material Type
Open type (Car garages)	not less than 150 m ²		Semi non combustible material
	less than 150 m ²	Areas at risk of combustion	
Open type (except for Car garages) and Closed type	Open type	not less than 1,500 m ²	Semi non combustible material
	Closed type	not less than 1,000 m ²	
	Open type	less than 1,500 m ²	Areas at risk of combustion
	Closed type	less than 1,000 m ²	Non combustion hazard areas

* Notice Number 1443 by Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Table 9. Testing Methods for Membrane Material Heat Dissipation Evaluation on ISO 5660-1

Material Type	Non combustible material	Semi non combustible material	Flame retardant material
Heating duration time (min.)	20	10	5
Total heating rate	Total heat generation till the end of heating shall not exceed 8 MJ/m ²		
Highest heating rate	Do not exceed 200 kW/m ² for more than 10 seconds until the end of heating.		
Requirement of judgment	To the end of heating ·do not burn ·do not damage deformation, fusion, cracks, etc. that make it difficult to fireproof. ·do not generate harmful smoke or gas that can be difficult to evacuate.		

3. 건축법의 내화관련 기준에 대한 막구조 적용방안

막구조는 외벽 또는 지붕 구성방법이 일반 건축물과 다르고, 화재 시 연소특성의 차이가 있기 때문에 현행 건축법의 내화구조 기준 및 내화성능 요건을 그대로 적용하기가 어렵다. 이 장에서는 막구조의 연소특성을 기존 실험연구를 통해 살펴보고 2장의 미국, 일본 막구조 기준의 분석 결과를 바탕으로, 현행 건축법에 명시된 내화성능 요건 및 내화구조 기준 적용 대상 용도와 면적을 막구조에 적용할 수 있는 방안을 제안하였다.

3.1 막구조의 연소특성

막구조는 외벽이나 지붕 공법이 일반 건축물과는 다르고, 화재 시 막재료의 취약성으로 화재 확산속도가 빠른 연소특성이 있어 일반 건축물에 적용되는 내화구조 기준을 그대로 적용하기가 곤란하다. 막구조의 화재 시 연소특성을 파악하기 위하여 실제 막구조에 사용되고 있는 막재 종류에 대한 기존 연소실험 결과를 분석하였다. 분석 논문인 조승호 외의 “막재료의 설치높이와 발열량에 따른 화재연소특성”연구에서 막재료 종류와 설치 높이, 발열체의 발열량을 변수로 한 연소실험이 수행되었다[8]. 막재료 종류는 열가소성 불소합유 고분자 재료인 ETFE(Ethylene Tetra Fluoride Etylene), 폴리에스테르 섬유에 PVC 코팅한 PVF(Poly Vinyl Fluoride), 유리섬유에 불소수지를 코팅한 PTFE(Poly Tetra Fluoro Ethylene) 3가지였으며, 막 설치 높이는 1.0 m와 1.5

m, 가연물은 등유 1L와 2 L를 적용하였다. 연소실험 셋업은 Fig. 1과 같고, 실험결과로 막재별 파단온도는 Table 10과 Fig. 2로 정리하였다. 이 연구결과에서 막은 화염이 닿기 전에는 온도만 상승하고, 화염이 막에 직접 접촉되는 순간부터 열분해로 파단 변형이 발생하는 특성을 보였으며, Fig. 2의 난연성능 비교 결과 PTFE가 ETFE, PVF보다 막의 파단 온도가 높게 나타나 상대적으로 우수한 난연성능이 있는 것으로 나타났다. 이 실험연구로부터 내화구조 대상 막구조에는 막의 연소특성 때문에 승인된 막재료를 사용하여야 하고, 화재 시 피난에 어려움이 없도록 주요 구조부의 일정 높이까지는 내화성능이 확보되어야 하는 것을 알 수 있었다.

Table 10. Damage Temperature and Time by Membrane Types on the Test[8]

	Type	ETFE		PVF		PTFE	
	Kerosene(L)	1	2	1	2	1	2
Time (sec.)	1.0m*	148	144	102	172	126	146
	2.0m	128	252	143	157	158	138
Temp. (C)	1.0m	370	599	429	558	503	737
	2.0m	254	413	280	539	453	614

* Installation height

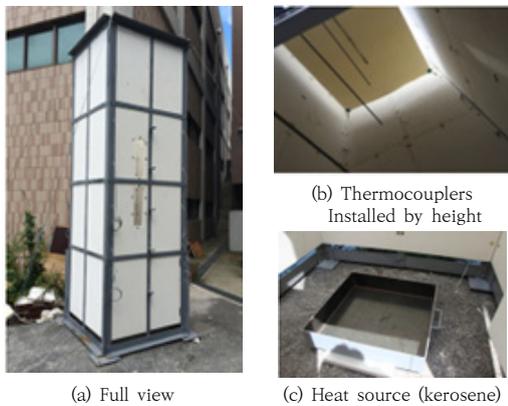


Fig. 1. Combustion Experiment Setup[8]

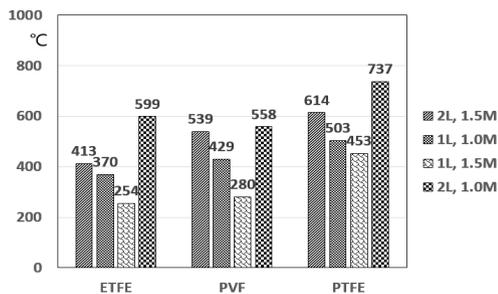


Fig. 2. Fracture Temperatures according to Height by Membrane Materials

3.2 건축법의 내화구조 및 내화성능 기준에 대한 막구조의 적용

이 연구에서는 건축법에서 일반 건축물의 내화구조 요건과 주요구조부를 내화구조로 하여야 하는 용도와 바닥면적을 막구조에 맞게 조정하여, 건축법 체계의 일관성은 유지하되 막구조에 별도로 적용할 수 있는 안을 제안하였다. 막구조에서 주요구조부를 내화구조로 하여야 하는 용도와 바닥면적에 대해서 살펴보면, 우리나라 건축법에서는 Table 1에 나타나듯이 용도에 따라 200 m² 내지 500 m² 이상, 옥외 관람석의 경우 1,000 m² 이상일 때 내화구조로 하여야 한다.

IBC기준에서는 Table 4에서 언급했듯이, 건축방식과 용도별로 최대 허용 바닥면적을 제한하는데, 일례로 집회용도인 A-1용도로 막구조를 사용하는 경우, 구조요소들을 내화처리 하지 않고 불연재료만 사용하는 경우 780 m²가 가능하고, 1시간 내화로 하는 경우 1,000 m²가 가능하다. 기타 막구조로는 최대 500 m²의 면적으로 제한한다. 일본은 막구조에 별도의 기준을 적용하고있는데, Table 7과 같이 일반 건축물의 내화구조 제한이 완화되는 용도와 면적을 정하고 있다. 이러한 상호 비교분석 결과로서, 먼저 막구조의 용도를 살펴보면, IBC는 모든 용도에 대해 막구조가 원칙적으로 가능한 법체계이며, 일본의 막구조 기준은 실제 막구조가 사용될 수 있는 용도만 구분되어 있다. 우리나라 건축법은 일반 건축물에 대한 용도로 구분되기 때문에 막구조의 용도를 포함하고 있다. 따라서, 현행 건축법의 내화구조 대상 일반 건축물의 용도에는 막구조에 적합하지 않는 부분은 있지만, 현행 건축법 체계의 일관성을 유지하기 위하여 막구조의 내화구조 적용 용도를 현행 건축법의 구분대로 Table 11과 같이 적용하도록 제안하였다. 막구조의 내화구조 대상 바닥면적은 Table 1의 일반 건축물 바닥면적을 확장할 수 있도록 규정하는데, 그 크기는 우리나라 건축법의 옥외관람석 용도시 내화구조 면적인 1,000 m², IBC의 TYPE-5A의 주요구조부 1시간 내화 시 1,000 m², 일본 막구조 기준에서 폐쇄형일 때의 1,000 m², 개방형은 1,500 m²의 면적 제한을 근거로 Table 1의 일반 건축물의 경우인 200 m²를 막구조에서는 Table 11과 같이 폐쇄형 1,000 m², 개방형 1,500 m²로 완화시켜 적용하도록 제안하였다. 단, 우리나라 건축법에는 스프링클러 설치에 따른 방화구획 완화규정은 있어도, 내화구조 완화규정은 없어서 IBC 규정의 스프링클러에 의한 추가면적 확대는 적용하지 않았다.

Table 11. Usage and Floor Area of a Membrane Structure that does not interfere with Fire Prevention

Usage	Floor Area	Requirement for Fire Resistance
Recreational facilities, Religious facilities, Cultural and Assembly facilities (excluding Exhibition halls, Zoo-Botanic garden), Religious gatherings, Pub and Funeral halls among Recreational facilities	Open type : less than 1,500m ² Closed type : less than 1,000m ²	Fire resistance structure shall be made up to 4m from the floor.
Exhibition halls or Zoo ·Botanic garden among Cultural and Assembly facilities, Sales facilities, Transportation facilities, Gym·auditoriums, Training facilities, Recreational facilities (excluding Pub bar), Warehouse, Automobile related facilities, Broadcasting station and Telephone station, Filming facilities, Crematorium or Tourist rest area among Cemetery related facilities	Open type : less than 1,500m ² Closed type : less than 1,000m ²	

Open type : in case the opening area exposed to outside is at least 1/6 of the horizontal projection area.

막구조의 내화구조 허용면적이 완화되어도 주요구조부는 내화구조가 되어야 하며, 내화성능 확보방안의 제안 근거로서, 우리나라 건축법에서 강구조의 주요 구조부에 대한 내화성능은 바닥으로부터 4 m까지 확보하도록 규정되어 있고, IBC 기준에서 막구조의 내화구조 대상 면적의 완화에도 4 m까지는 내화성능이 유지 되어야 하는 조항, 일본 막구조 기준에서 Table 6의 지붕을 막으로 하는 건축물에서 5 m 미만에 설치되는 막은 불연재료가 사용되어야 하는 언급 등을 반영하여, 막구조의 주요 구조부에 대한 내화 성능 확보는 4 m 높이까지 적용하도록 제안하였다.

4. 결론

이 연구에서는 현재 우리나라 건축법상 막구조가 일반 건축물의 지붕틀로 분류되어 적용되는 내화구조 기준을 우리나라 중·소 규모 막구조에 별도로 적용할 수 있도록, 미국, 일본 등 해외 막구조 기준과 비교 분석하여, 막구조의 내화구조 적용 용도와 규모 및 내화성능 확보방안을

제안하였으며 결론은 다음과 같다.

- 1) 우리나라 건축법의 내화구조 적용 일반 건축물 용도에는 막구조에 맞지 않는 용도가 포함되어 있지만, 현행 건축법 체계의 일관성을 유지하기 위하여 막구조의 내화구조 적용 건축물의 용도 구분은 현행 건축법의 분류를 따랐다.
- 2) 내화구조를 적용하는 막구조의 바닥면적은 막구조 구조방식과 연소특성을 반영하여 현행 건축법에서 규정하는 면적을 완화하여 적용하였다. 건축법의 내화구조 대상 바닥면적은 용도에 따라 200 m² 내지 500 m²인데, IBC 규정에서 기타 막구조 형식인 TYPE-5A의 1,000 m², 일본 막구조 기준의 폐쇄형 건축물 시 1,000 m² 면적 제한과 비교한 결과, 막구조의 내화구조 대상 적용면적을 1,000 m²로 제안하였다.
- 3) 막구조의 주요 구조부에 대한 내화성능 확보는 4 m 높이까지 적용하도록 제안하였다. 이의 제안 근거로서 우리나라 건축법에서 강구조의 주요 구조부에 대한 내화성능 확보높이가 4 m인 규정, IBC 기준에서 막구조의 내화구조 대상 면적의 완화에도 4 m까지는 내화구조가 되어야 하는 조항, 일본 막구조 기준에서 지붕을 막으로 하는 건축물에서 5 m 미만에 설치되는 막은 불연재료가 사용되어야 하는 언급 등을 반영하였다.

References

- [1] Korea Ministry of Government Legislation, Enforcement Decree of the Building Act, [cited 2021 April 20], Available From: <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EA%B1%B4%EC%B6%95%EB%B2%95%EC%8B%9C%ED%96%89%EB%A0%B9> (accessed May 20, 2021)
- [2] Korea Ministry of Government Legislation, Rules Concerning Standards for Evacuation, Fire Protection, etc. of Buildings, [cited 2021 April 20], Available From: <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=71560#000> (accessed May 20, 2021)
- [3] International Code Council, International Building Code [cited 2021 April 20], Available From: <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2021P1/chapter-6-types-of-construction> (accessed May 20, 2021)
- [4] Korea Institute of Construction Technology, A Study on the Performance Criteria and Fire Tests for Roofs, KICT 2018-066, pp 13-16.

- [5] World Laws Information Center, Japanese Building Standards Act, [cited 2021 July 17], Available From: <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=325AC0000000201> (accessed May 20, 2021)
- [6] Japan Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Standard on the Technology necessary for Safety of Structural Methods of Membrane-Structured Buildings or Structural Parts of Buildings Matters, etc., [cited 2021 April 20], Available From: <https://www.mlit.go.jp/notice/noticedata/pdf/201703/00006526.pdf> (accessed May 20, 2021)
- [7] ISO 5660-1, Reaction to Fire Tests - Heat Release, Smoke Production and Mass Loss Rate - Part I : Heat Release, Geneva, 2002.
- [8] Seung ho Cho, "Fire Combustion Characteristics of Membrane Materials According to the Height and Heat Generation Rate", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.20, No.6, pp.084-090, November 2016.
DOI: <https://doi.org/10.11112/ksmi.2016.20.6.084>

최 광 호(Kwang-Ho Choi)

[정회원]



- 1988년 2월 : 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학석사)
- 1992년 2월 : 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1992년 8월 ~ 1995년 12월 : 쌍용건설 기술연구소 과장
- 1996년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 건축공학과 교수

<관심분야>

건축물의 내화구조, 철근콘크리트 구조