

NFPA **Architectural** **Guideline**

First Edition, Jan., 2012

Kim, Seop



Contents

F01. NFPA Code 구성	01
F02. Occupancy Classification and Separated Occupancies	02
F03. Fire Resistance Ratings for Elements	07
F04. Means of Egress	11
F05. Separation of Means of Egress	13
F06. Number and Arrangement of Means of Egress	19
F07. Fire Escape Route Length	23
F08. Door Swing Direction Considerations	30
F09. Panic Hardware and Fire Exit Hardware	33
F10. Dimension	36
F11. Protection of Vertical Openings	48
F12. Fire Resistance of Concrete and Masonry	52
F13. Fire Pump Room	54
F14. 건축물 내화설계기술 개발(한국건설기술연구원, 2004)	57
F15. Explosion Protection Concept	61

F01. NFPA Code 구성

1. NFPA Code 구성

Code	Particulars
1) 주로 봐야 하는 Code	
NFPA 5000	Building Construction and Safety Code NFPA 5000은 2002년 최초 발행되었고, NFPA 101(Life Safety Code)부터 National Electrical Code까지 건축 환경과 관련된 거의 모든 기준을 포함하고 있으므로 건축 관련 소방사항을 검토하는 데 있어서 가장 많이 참고해야 하는 Code이다.
NFPA 101	Life Safety Code - NFPA 101은 1913년부터 조금씩 보완되어 오늘에 이르렀으며 3년 주기로 개정됨(2006, 2009,...) - NFPA 5000에 내용이 다 포함되었음
NFPA 850	Fire Protection for Electric Generating Plants - Title : Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations - 1986년 최초 발행, Nuclear를 제외한 발전시설의 방화에 대한 Practice, NFPA 5000에 포함되지 않았으므로 별도로 봐야 함
2) BM description에 명기해야 하는 Code	
NFPA 80	Standard for Fire Doors and Fire Windows
NFPA 251	Standard Methods of Tests of Fire Resistance of Building Construction and Materials(Equivalent to ASTM E 119)
NFPA 252	Standard Methods of Tests of Fire Tests of Door Assemblies(Equivalent to ASTM E 152)
NFPA 257	Standard on Fire Test for Window and Glass Block Assemblies
3) 기타 참고할 Code	
NFPA 20	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection : Fire Pump Room 관련
NFPA 45	Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals
NFPA 55	Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases... : Hydrogen 관련
NFPA 70	National Electrical Code : Hazardous (Classified) Locations, Panic Bar 관련
NFPA 75	Standard for the Protection of Information Technology Equipment : Control Room 관련
NFPA 80A	Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures
NFPA 220	Standard on Type of Building Constructions
NFPA 221	Standard for Fire Walls and Fire Barrier Walls
NFPA 497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

F02. Occupancy Classification and Separated Occupancies

Code는 항상 설명없이 간결히 기술되어 있고 모든 상황을 포함시킬 수 없으므로 Code를 적용할 때는 판단이 필요하다. 해설집으로 나온 NFPA Handbook에서도 Industrial 관련 해설은 아주 부족한 면이 많아서 결국 Case by Case로 문제에 맞닥뜨릴 수 밖에 없는 실정이다. 이러한 소방 규정에 대하여 고민한 부분을 조금씩 나열하고 나름대로의 자의적인 판단을 가미하여 Guidebook처럼 정리하였다.

1. Occupancy Classification(용도 분류)

건물의 용도는 아래와 같이 분류하고 적절한지 의문이 있으면 관할 기관에 따라야 한다.

- 1) 건물의 용도는 회의실, 교육시설, 보호시설, 의료시설, 외래환자 의료시설, 감호 및 교정시설, 주거시설, 간호보호시설, 상업시설, 공업시설, 창고시설 등으로 분류된다.
- 2) Power Plant에서 주로 사용되는 용도는 아래 표와 같다.

NFPA 5000, 6.1.1.1.2

6.1.1.1.2 Occupancy classification **shall be subject to the ruling of the authority having jurisdiction** where there is a **question of proper classification** in any individual case.

1) Power Plant에서 주로 사용되는 용도

Use	Particulars
Assembly	<ul style="list-style-type: none"> - Concentrated, without fixed seating - An occupancy (1) used for a gathering of 50 or more persons for deliberation, worship, entertainment, eating, drinking, amusement, awaiting transportation, or similar uses; or (2) used as a special amusement building, regardless of occupant load. - Mosque, 50명 이상 수용하는 식당/회의실/Prayer Room이 포함됨
	<ul style="list-style-type: none"> - Less concentrated, without fixed seating - An occupancy used for the transaction of business other than mercantile - Administration Building, Guard House 등 Office가 많은 건물에 적용되는 용도 - 50명 미만을 수용하는 식당/회의실/Prayer Room, First Aid Room - Admin. Building에 Control Room이 포함되었다면, Business 및 General Industrial 용도를 가진 혼합용도로 분류하거나 관할기관에 문의하여 Business or General Industrial 용도의 단일용도로 분류할 수도 있다.
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - General Industrial Occupancy : An industrial occupancy in which ordinary and low hazard industrial operations are conducted in buildings of conventional design suitable for various types of industrial processes - General Industrial with Low to Ordinary Hazard : 대부분의 건물은 Special-Purpose Industrial로 분류되는 것이 맞지만, Control Building, Workshop Building 등의 사람이 상주하는 Building에 대하여 General Industrial로 분류, Workshop Building의 경우 Workshop에 포함된 Warehouse와 Office 등은 방화구획되어야 하고 혼합용도로 보는 것이 맞지만(Business, General Industrial 및 Storage 용도) Owner Engineer와 협의하여 General Industrial Occupancy의 단일 용도로 할 수도 있음 - High Hazard : Emergency Diesel Generator/Black Start Diesel Generator Building
	<ul style="list-style-type: none"> - An industrial occupancy in which ordinary and low hazard industrial operations are conducted in buildings designed for, and suitable only for, particular types of operations, characterized by a relatively low density of employee population, with much of the area occupied by machinery or equipment - General Areas로 분류되면 NFPA850(F05 sheet 참조)에 따라 Special Purpose(대부분의 빌딩을 General Area로 볼 수 있다.) - GT/ST Building, Main Electrical Building, Switchgear Building, Fuel Oil Forwarding Building, Water Treatment Building, Feedwater Pump Building, Hypo-chlorination Building, Firefighting Pump Building 등
Storage	<ul style="list-style-type: none"> - An occupancy used primarily for the storage or sheltering of goods, merchandise, products, vehicles, or animals - Warehouse가 해당됨
Hazardous Contents Area	H2 Storage, H2 Generation Plant 등(다른 시트로 추후 정리 예정)

2) Multiple Occupancies(복합용도, Mixed와 Separated로 분류됨)

복합용도는 2가지 이상의 용도가 존재하는 건물이다. Administration and Control Building, Workshop and Warehouse 등의 건물은 각 Occupancy의 실들이 부속된 것으로 보기에는 너무 커서, 우선 복합용도로써 완전분리용도로 분류하는 것이 맞다고 판단된다(NFPA 850의 Fire Areas에 포함되는 실들의 Requirements를 만족시켜려면 완전분리되어야 함). Admin. Building내의 Prayer Room은 50명 미만을 수용한다면 Assembly Occupancy가 아닌 Business Occupancy에 따른다(아래 6.2.1.3 및 A.6.2.1.3(2)에 따름, Office와 Prayer Room 간 방화구획이 필요없음)

- 1) 피난통로로 접근하기 위해서 다른 용도를 지나갈 경우, 복합용도는 혼합용도로 취급되어 관련 용도의 가장 엄격한 요구사항에 따라야 한다.
- 2) 부속용도 중 상업용, 업무용, 공업용, 창고용은 주용도의 일부로 간주되어 주용도에 적용하는 규정을 따라야 한다.(Water Treatment Building내의 Chemical Storage, Control Room, Electrical Room은 전체 면적에서 차지하는 비율이 작으므로 주용도의 일부로 간주하여 General Industrial Occupancy를 적용한다. 다만, Chemical Storage는 Hazardous Contents Area에 대해서, Control Room 및 Electrical Room은 NFPA 850에 따라 방화구획을 설정해야 한다.)
- 3) 부속용도의 면적이 건물 바닥면적의 25%를 초과하지 않으면 허용면적을 결정할 때 주용도에 따라 용도를 분류한다.

NFPA 5000, 6.2.1.3 *, A.6.2.1.3, A.6.3.1.3(2) and 6.2.1.5

6.2.1.3* Where incidental to another occupancy, **areas used as follows shall be permitted to be considered part of the predominant occupancy** and shall be subject to the provisions of the Code that apply to the predominant occupancy:

(1) Mercantile, business, industrial, or storage use

(2)*Nonresidential use with an **occupant load fewer than** that established by Section 6.1 for the occupancy threshold

A.6.2.1.3 Examples of **uses that might be incidental to another occupancy** include the following:

(3) **Minor office** space (business) in any occupancy

(4) **Maintenance** area (industrial) in any occupancy

(5) **Small storage** area (storage) in any occupancy

A.6.2.1.3(2) Examples of **uses that have occupant loads below the occupancy classification threshold levels** include the following:

(1) **Assembly** use with fewer than 50 persons within a business occupancy

6.2.1.5 Where **minor accessory uses do not occupy more than 25 percent of the area of any floor of a building**, nor more than the basic area permitted for the occupancy by 7.4.2 for such minor use, for the purpose of determining permitted area, **the principal use of the building shall determine the occupancy classification**.

3) Mixed Occupancies(혼합용도)

혼합용도는 용도가 서로 뒤섞여 있는 복합용도

1) 피난로, 구조 유형, 방화시설 및 기타 안전장치는 관련 용도의 가장 엄격한 소방 및 인명안전 요구사항에 적합해야 한다.

NFPA 5000, 6.2.3.2

6.2.3.2 The means of egress facilities, type of construction, protection, and other safeguards in the building shall comply with the most restrictive

4) Separated Occupancies(완전분리용도)

해당 용도들이 내화구조부재에 의해 방화구획되어 있는 복합용도

1) Table 6.2.4.1에 따라 용도간 방화구획되어야 한다.

2) 상급위험물질이 있는 용도의 방화구획은 34.3.2.3절과 34.2.4.2절에 적합해야 한다.

NFPA 5000, 6.2.1.3 *, A.6.2.1.3, A.6.3.1.3(2) and 6.2.1.5

6.2.4.1 Where separated occupancies are provided, each part of the building comprising a distinct occupancy, as described in this chapter, shall be completely separated from other occupancies by fire-resistive assemblies, as specified in 6.2.4.2 through 6.2.4.5 and Table 6.2.4.1(a) and Table 6.2.4.1(b). Separation of occupancies having high hazard contents shall also be in accordance with 34.3.2.3 and 34.2.4.2.

NFPA 5000, Table 6.2.4.1 Required Fire Resistance-Rated Separations for Separated Occupancies

	Assembly	Business	Industrial, Low Hazard	Industrial	Storage, Low Hazard	Storage	Remark
Assembly≤300	0 hr	1 hr	2 hr	3 hr	2 hr	3 hr	
Business			2 hr	2 hr	2 hr	2 hr	
Industrial, Low Hazard				0 hr	1 hr	2 hr	
Industrial					1 hr	2 hr	
Storage, Low Hazard						1 hr	
Storage							

*NFPA 13에 따른 자동 스프링클러를 설치한 건물은 1시간을 줄일 수 있으나, 1시간 보다 작아서는 안 된다.

위 표에서 **Low Hazard**로 분류될 수 있는 용도는 극히 적다는 사실을 명심해야 한다. **Low Hazard**는 화재가 자체 전파될 수 없는 낮은 가연성 수용품을 가진 경우인데, 굳이 예를 들면 "수중 저장 선철 주교", "금속 부품을 금속 용기에 담아 금속 팔릿 위에 얹어 금속 선반에 올려놓는 경우" 등의 아주 극단적인 화재가능성 0%의 예 밖에는 없다.

2. Examples of Fire Resistance-Rated Separation for Separated Occupancies

1) NFPA 5000, Table 6.2.4.1에 따른 실간 방화구획의 예(단일용도가 아닌 완전분리용도 적용시), 아래 그림 참조

방화구획이 3시간이 되더라도 200mm Block 벽체이면 대개의 경우 문제 없지만 Block의 Equivalent Thickness(F12 Sheet 참조)를 검토해야 한다. 아래 실간 방화구획 중 2시간 이상 내화벽체에는 방화 댐퍼가 설치되어야 하므로 HVAC 팀에 방화구획에 대한 정보를 주어야 하고, 물론 벽체는 천장속에서도 연속되어야 한다.. 또한, 각실의 복도에 면한 벽체는 Corridor에 대한 내화벽체와 NFPA 850에 따른 내화벽체를 구성해서 거기에 맞는 방화문을 설치하여야 한다.(F05 Sheet 참조)

Building Name	Fire Compartment	Fire Rated	Remarks
Administration and Central Control Building	Electrical Room and Canteen	2 hr	Industrial과 Business 적용(Canteen의 수용인원이 50명 이상일 경우에는 Industrial과 Assembly로 보아 3hr)
	Canteen and Toilet	0 hr	둘다 Business(주용도가 Business이므로 Toilet은 Business로 분류)
	HVAC Room and Locker Room	2 hr	Industrial과 Business 적용
	First Aid Room and Archive	0 hr	둘다 Business 적용(Archive를 Small Storage로 주용도에 부속된 것으로 봄, 아래 도면은 1시간으로 작성되어 있음)
	Archive and CO2 Room	2 hr	Business와 Industrial 적용
	CO2 Room and Communication Room	2 hr	둘다 Industrial을 적용하면 0hr이지만 NFPA 850에 따라 2hr 적용
	Central Control Room and Engineer Room	2 hr	NFPA 850에 따라 Control Room과 Computer Room(Engineer Room을 Computer Room으로 간주)은 방화구획이 필요없으나 소방분야에서 FM200 양을 줄이기 위해 방화구획 요구함
	Engineer Room and Server Room	0 hr	둘다 Computer Room으로 간주해 방화구획 필요없음
	Server Room and FM200 Room	2 hr	NFPA 850에 따라 Computer Room의 2시간을 적용함
	FM200 Room and Prayer Room	2 hr	Industrial과 Business 적용
	Prayer Room and Toilet	0 hr	둘다 Business(주용도가 Business이므로 Toilet은 Business로, Prayer Room은 50명 미만 수용)
	Toilet and DS	2 hr	Shaft의 내화시간 적용(F11 시트 참조)
	Office and Meeting Room	0 hr	둘다 Business
	Data Room and Control Room	2 hr	NFPA 850에 따라 Comtrol Room의 2시간을 적용함

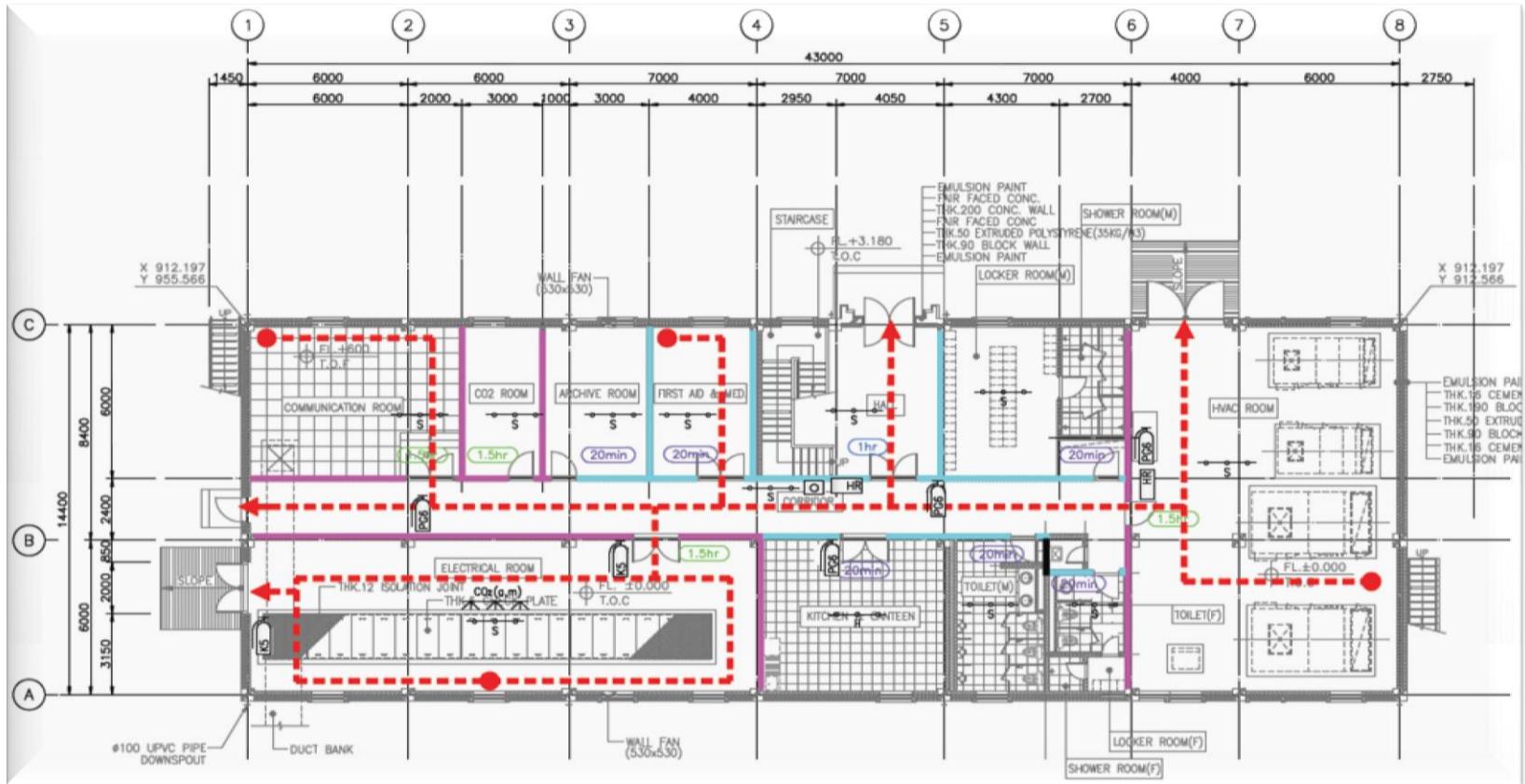
Picture-1. Legend

LEGEND

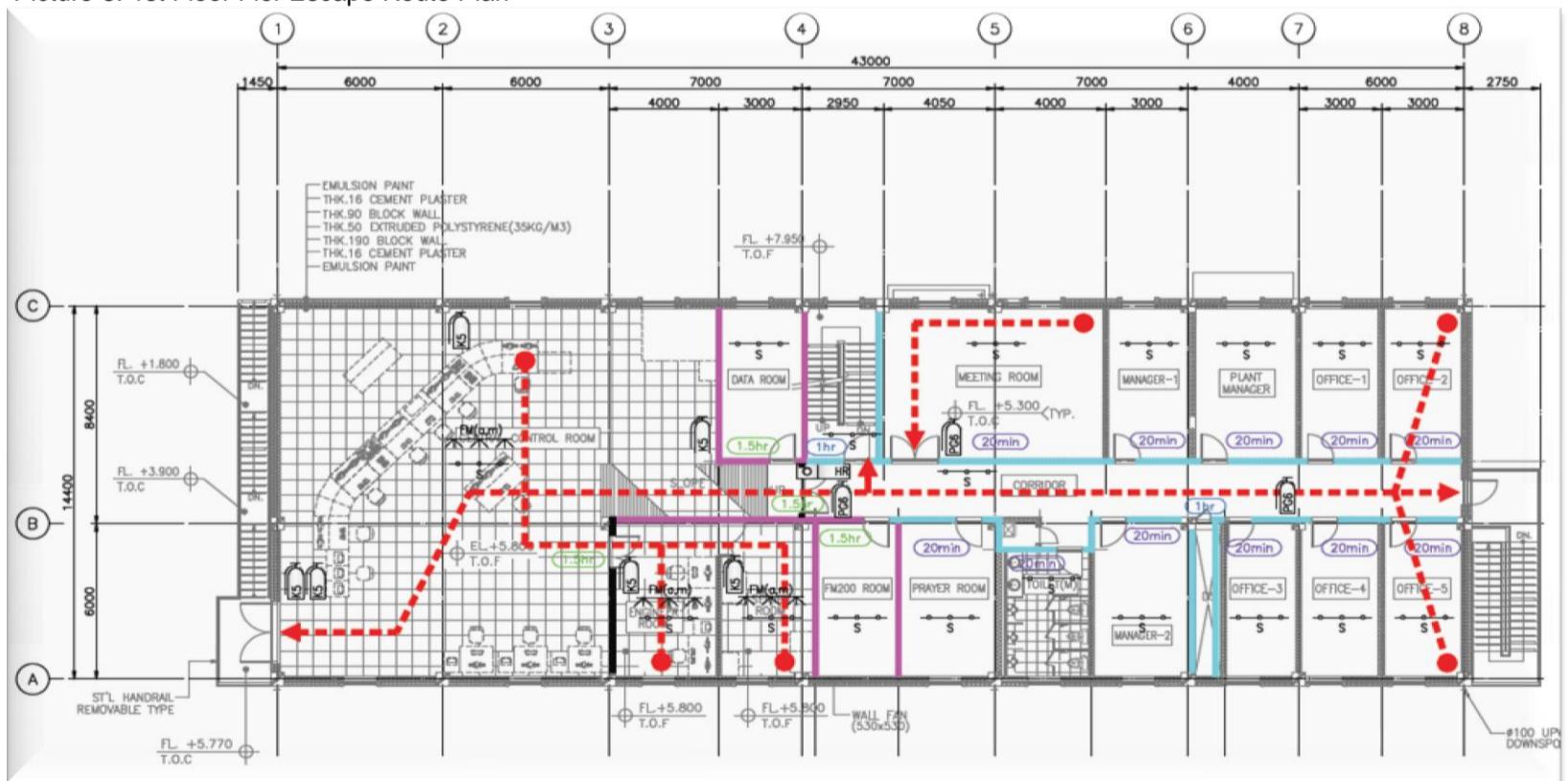
- 2-HR FIRE RESISTANT RATING WALL
- 1-HR FIRE RESISTANT RATING WALL
- 1.5-HR FIRE RESISTANT RATING DOOR
- 1-HR FIRE RESISTANT RATING DOOR
- 45 MINUTES FIRE RESISTANT RATING DOOR
- 20 MINUTES FIRE RESISTANT RATING DOOR

— FIRE ESCAPE ROUTE

Picture-2. Ground Floor Fier Escape Route Plan



Picture-3. 1st Floor Fier Escape Route Plan



2) 허용면적을 결정 시 Check 사항

부속용도의 면적이 건물 바닥면적의 25% 이상이면 허용면적 결정 시 Separated Occupancies로 각각 분리하여 Table 7.4.1의 허용 건물 높이 및 면적을 검토하여야 한다.(F03 시트 참조)

Predominant Occupancy와 Incidental Occupancy를 아래의 표와 같이 검토하였다.

- Admin. Building : 주용도는 Business, 부속용도는 General Industrial(Control Room)로 구분하고 부속용도인 Control Room의 면적이 바닥면적의 25% 이상인지 Check → Business and General Industrial Occupancy(Separated Occupancy)
- Workshop and Warehouse : 주용도는 General Industrial, 부속용도는 Storage로 구분하고 부속용도인 Storage의 면적이 바닥면적의 25% 이상인지 Check → General Industrial and Storage Occupancy(Separated Occupancy)
- Water Treatment Building : 주용도는 Special-Purpose Industrial, 부속용도는 Laboratory로 구분하고 부속용도인 Laboratory의 면적이 바닥면적의 25% 이상인지 Check → Special-Purpose Industrial Occupancy(Predominant Occupancy)

Building Name	Predominant Occupancy	Separated Occupancy					Occupancy
		Length	Width	Area of Minor Uses	25% of Total Area	Incidental Occupancy	
Administration and Central Control Building	Business	43 m	14.4 m	273.6 m ²	154.8 m ²	General Industrial	Separated
Workshop and Warehouse	General Industrial	50 m	20 m	350.0 m ²	250.0 m ²	Storage	Separated
Water Treatment Building	Special-Purpose Industrial	40 m	23 m	42.0 m ²	230.0 m ²	Special-Purpose Industrial	Predominant

F03. Fire Resistance Ratings for Elements

1. Construction Types

2시간 이상의 내화성능은 주로 재산 방호 목적으로 사용된다. 때로는 Owner가 보험료를 줄이기 위해서 철골에 2시간 내화피복을 요구하기도 한다. 인명안전만 고려하면 대개의 경우 재산 보호의 경우보다 덜 엄격한 기준이 적용된다.

구조 유형(Construction Type)은 Type I, Type II, Type III, Type IV, Type V로 지칭하는 다섯 가지 기본 구조 유형을 기준으로 하는데 Power Plant에서 기준으로 삼는 구조 유형은 Type II이고 대부분의 건물은 Type II-000으로 분류된다.

Type II-111, Type II-222로 분류되는 경우는 다음과 같다.

- 1) 수평이격거리(2.2 참조)를 고려하여 필요하면
- 2) 허용 건물 높이와 면적 초과시(3. Height and Area Requirements 참조)
- 3) NFPA 850(F05 Separation of Means of Egress 참조)에 따라 Fire Areas를 고려할 시 필요하면

Type II-111에서 111은 아래와 같이 구성되어 있다.

- (1) First arabic number — exterior bearing walls
- (2) Second arabic number — columns, beams, girders, trusses and arches, supporting bearing walls, columns, or loads from more than one floor
- (3) Third arabic number — floor construction

Type I 및 Type II 구조는 불연재료나 준불연재료로 건축된 구조이다.

Type II-000 구조의 Mezzanine Floor는 내화성능이 필요없다.

NFPA 5000, 7.2.3.1 Type I and Type II Construction

Type I (442 or 332) and Type II (222, 111, or 000) construction shall be those types in which the fire walls, structural elements, walls, arches, floors, and roofs are of approved **noncombustible or limited-combustible materials**.

Note : Noncombustible materials include masonry, concrete and steel.

7.2.3.2.4 Mezzanine Floors in Type II (000) Construction. Mezzanine floors in Type II(000) construction shall not be required to have a fire resistance rating.

The broadest distinction between the various types of construction can be summarized in the table below.

Construction Type(NFPA 5000, Table D.2.1.1(b) & IBC 2009)

Materials	Protected Elements	Less Protected Elements	Unprotected Elements	Remark
Noncombustible	Type I-332 (I-A) Type II-111 (II-A)	Type II-222 (I-B)	Type II-000 (II-B)	RC or Steel Structure
Combustible				
Mixed Systems	Type III-211 (III-A)	Type III-200 (III-B)	-	
Heavy Timber	-	Type IV-2HH (IV)	-	
Any Materials	Type V-111 (V-A)	-	Type V-000 (V-B)	

Note : The levels of fire resistance decrease from left to right and top to bottom of this table

위 표에서 괄호 안의 I-A는 IBC에 따른 분류이다.

In principle, noncombustible materials are used. Therefore, the lowest level of the construction type to be applied to buildings is Type II-000.

2. Fire Resistance Ratings for Elements

아래 표에서는 Plant에서 사용되지 않는 Type III, IV, V 구조 유형을 제외하였다.
 건물을 구성하는 각 부재의 내화성능은 아래 표 7.2.1.1과 같고, 외벽은 표 7.2.1.1의 내화성능과 표 7.3.2.1에 나온 수평이격거리를 고려한 내화성능 중 큰 값으로 정한다.
 Type II-000의 경우 건물을 구성하는 모든 부재에 내화성능이 필요하지 않다.
 내외부의 모든 비내력 벽체는 구조유형에 따른 내화성능이 필요하지 않다.

2.1 Fire Resistance Ratings for Elements classified according to Construction Type

NFPA 5000, Table 7.2.1.1 Fire Resistance Ratings for Type I Through Type II Construction(hr)

		Type I		Type II		
		442	332	222	111	000
Exterior Bearing Walls	Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4 hr	3 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting one floor only	4 hr	3 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting a roof only	4 hr	3 hr	1 hr	1 hr	0 hr
Interior Bearing Walls	Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4 hr	3 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting one floor only	3 hr	2 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting a roof only	3 hr	2 hr	1 hr	1 hr	0 hr
Columns	Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4 hr	3 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting one floor only	3 hr	2 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting a roof only	3 hr	2 hr	1 hr	1 hr	0 hr
Beams, Girders, Trusses, and Arches	Supporting more than one floor, columns, or other bearing walls	4 hr	3 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting one floor only	2 hr	2 hr	2 hr	1 hr	0 hr
	Supporting a roof only	2 hr	2 hr	1 hr	1 hr	0 hr
Floor-Ceiling Assemblies		2 hr	2 hr	2 hr	1 hr	0 hr
Roof-Ceiling Assemblies		2 hr	1.5 hr	1 hr	1 hr	0 hr
Interior Nonbearing Walls		0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Exterior Nonbearing Walls		0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr

* 공업용도에서 6.1m 이상 위에 있는 지붕은 위 표에서 Roof-Ceiling Assemblies의 내화성능이 필요하지 않다.

NFPA 5000, 7.2.3.2.8

7.2.3.2.8 Roofs 20 ft (6100 mm) or More Above Any Floor. In occupancies other than mercantile, industrial, or storage occupancies with ordinary or high hazard contents, or other occupancies with high hazard contents exceeding the maximum allowable quantities per control area as set forth in 34.1.3, the fire-resistive protection of the roof-ceiling assembly required by Table 7.2.1.1 shall not be required where every part of the roof-ceiling assembly is 20 ft (6100 mm) or more above any floor immediately below.

2.2 Exterior Wall Based on Fire Separation Distance

최대허용수량을 초과하는 상급위험물질이 있는 Industrial and storage 용도에서는 NFPA 5000 34장 수평 이격거리에 따른다.

NFPA 5000, Table 7.3.2.1 Fire Resistance Ratings for Exterior Walls (hr)

Separation Distance from Other Buildings	Occupancy Classification	Horizontal Separation				Remark
		0 to 1.5m	1.5m to 3m	3m to 9m	9m<	
1.0 m	Assembly	1 hr	1 hr	0 hr	0 hr	
	Industrial and Storage with ord. hazard	2 hr	1 hr	0 hr	0 hr	

2.3 Fire Resistance Rating of Exterior Walls

NFPA 5000, 7.3.2.1

Exterior walls shall have a fire resistance rating based on Table 7.2.1.1 and Table 7.3.2.1, whichever is greater.

2.4 Fire Resistance Ratings for Elements classified according to 2.1 and 2.2 in Oman Project

아래 표에서 Type II-222로 정해진 건물은 NFPA 850에 Fire Area로 명기되어 있는 실들이 있는 건물이다.

Building Name	Structure	Construction Type	Bearing Walls, Columns, Girders, Floor	Bearing Walls, Columns, Girders (supporting roof only), Roof	Interior Nonbearing Wall	Exterior Nonbearing Wall (2.1항)	Exterior Nonbearing Wall (2.2항)
Air Compressor Building	Steel	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Main Electrical Building	RC	Type II-222	2 hr	1 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Fuel Oil Forwarding/Unloading Pump Building	Steel	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Fire Fighting Pump Station	RC	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Water Treatment Building	Steel	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Hypo-Chlorination and Switchgear Building	RC	Type II-222	2 hr	1 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Administration & Central Control Building	RC	Type II-222	2 hr	1 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Guard House	RC	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Steam Turbine Building	Steel	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Feed Water Pump House	Steel	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Workshop Building	Steel	Type II-000	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr	0 hr
Shelters	Not Applicable (No Occupancy)						

3. Height and Area Requirements

3.1 Building Height and Area

건물 높이는 다음과 같이 정해진다.

1) Flat Roof : 지면에서 Flat Roof 바닥 마감면의 High Point까지 측정

2) Sloped Roof : 지면에서 경사지붕의 평균 높이까지 측정

층수에 지하층은 포함하지 않으며 중2층은 층으로 간주하지 않는다.

NFPA 5000, 7.4.3 Height and Number of Stories

7.4.3.2 The height of a building shall be measured from grade to the highest finish roof surface in the case of flat roofs or to the average height of the highest sloped roof.

7.4.3.3 Number of Stories. The number of stories shall be counted starting with the first story above grade and ending with the highest occupiable story containing the occupancy considered.

7.4.3.3.2 A mezzanine shall not be counted as a story for the purpose of determining the allowable number of stories.

3.2 Allowable Building Height and Area

Type II-000을 기준으로 아래의 사항을 검토하여 기준을 초과하면 Type II-111, Type II-222로 올라간다.

1) 건물 높이 검토

2) 건물의 용도별 층수와 총당 바닥면적 검토

NFPA 5000, Table 7.4.1 Allowable Building Height and Area (Unit : m, m²)

Construction Type	Type II						Remark	
	222		111		000			
	with Sprinkler	without Sprinkler	with Sprinkler	without Sprinkler	with Sprinkler	without Sprinkler		
Max. building height (m)	54.9 m	48.8 m	25.9 m	19.8 m	22.9 m	16.8 m		
Occupancy	Assembly >300	12 story	4 story	4 story	3 story	2 story	1 story	above grade
		Unlimited		1,440.0 m ²		789.7 m ²		per story
	Assembly <300	12 story	7 story	4 story	3 story	2 story	1 story	above grade
		Unlimited		1,440.0 m ²		789.7 m ²		per story
Industrial, ord. hazard	Business	12 story	11 story	6 story	5 story	5 story	4 story	above grade
		Unlimited		3,483.8 m ²		2,136.7 m ²		per story
	Storage, ord. hazard	12 story	11 story	5 story	4 story	3 story	2 story	above grade
		Unlimited		2,325.0 m ²		1,441.5 m ²		per story
Storage, low. hazard	12 story	11 story	5 story	4 story	4 story	3 story	2 story	above grade
		4,459.2 m ²		2,415.4 m ²		1,625.8 m ²		per story
	12 story	11 story	6 story	5 story	5 story	4 story	3 story	above grade
		7,339.1 m ²		3,623.1 m ²		2,415.4 m ²		per story

Note : Within each occupancy category, the top row refers to the allowable number of stories above grade, and the bottom row refers to the allowable area per story

3.3 Unlimited Building Height and Area

Turbine Building은 빌딩이 아닌 Enclosure로 적용하고 높이와 면적에 제한을 받지 않는 것으로 하여 철골 부재에 내화피복을 적용하지 않는다. 외국의 사례는 F14 시트를 참조한다.

NFPA 5000, 7.4.1.3.7* Power-Generation Structures

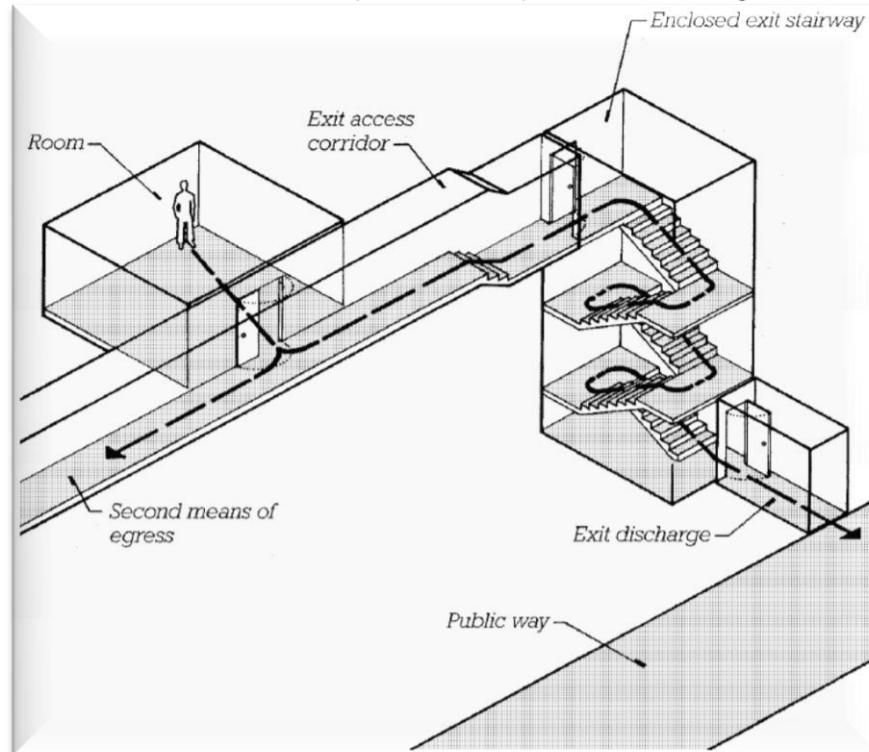
Structures of Type I or Type II construction used exclusively for the enclosure of steam generators, **steam turbines, gas turbines**, heat recovery generators, and flue gas treatment equipment **shall be permitted to be of unlimited height and area** when special hazards are protected by an approved automatic suppression system in accordance with NFPA 11.

F04. Means of Egress

1. Components of the Egress

피난로는 그림과 같이 Exit Access, Exit, Exit Discharge라는 3개의 구획된 부분으로 구성되어 있다. 여기서 구획되었다는 것은 아래 피난로의 구획에서와 같이 방화구획되어 있다는 의미이다.

The Architect's Studio Companion, Components of the Egress

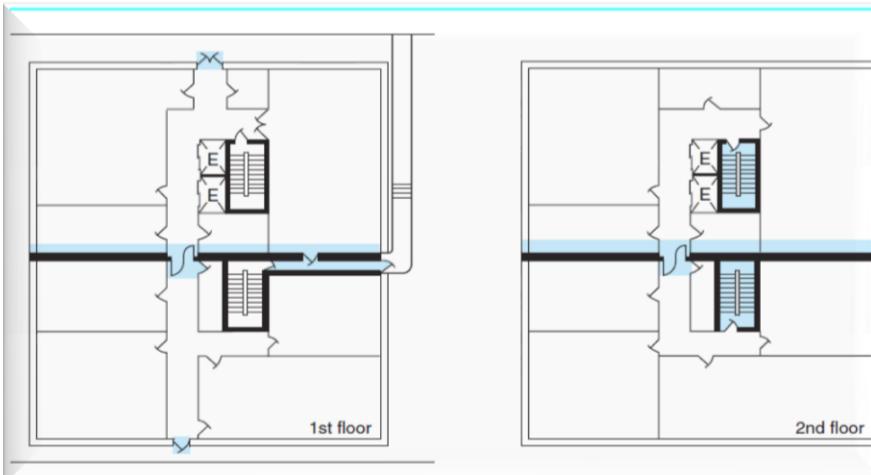


NFPA 5000, 3.3.391* Means of Egress

A continuous and unobstructed way of travel from any point in a building or structure to a public way consisting of **three separate and distinct parts**: (1) the **exit access**, (2) the **exit**, and (3) the **exit discharge**. [101, 2006]

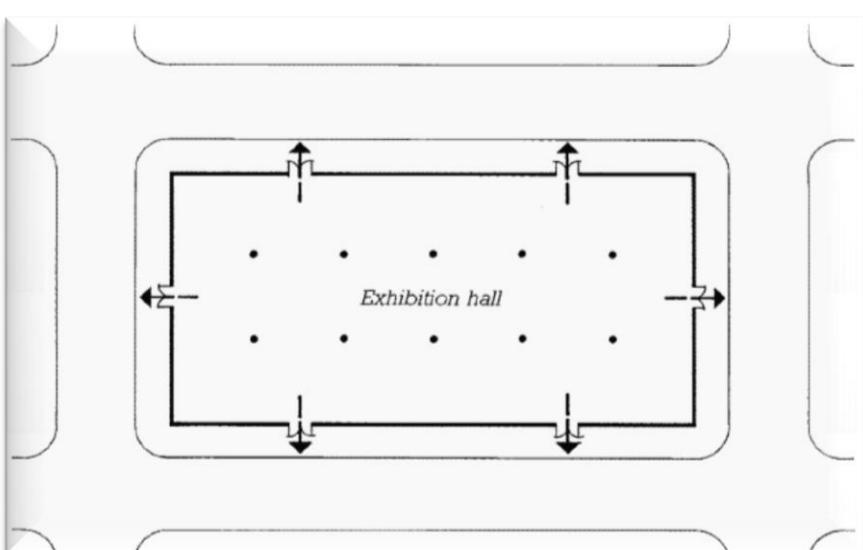
1) Exit(피난통로, 비상구)

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Various forms of exits



피난통로는 건물의 다른 공간으로부터 방화구획된 피난로의 한 부분(하늘색 부분)이다. 문, 계단, 경사로, 방연계단실, 비상구통로 및 옥외 발코니, 수평면의 비상구 등이 피난통로에 포함된다. 예를 들면 계단의 경우 피난계단실, 피난계단실로 통하는 문, 계단실 내의 계단 및 계단참, 계단실로부터 옥외로 연결되는 문이 피난통로에 포함된다고 할 수 있다.
피난통로의 가장 단순한 형태는 옥외 지표면에 직접 연결되는 옥외문이다. 이 옥외문 이외의 피난통로는 방호된 보행로를 제공해야 한다.
피난통로는 피난로의 전체 계획과 배치에 큰 영향을 미치므로 초기에 계획을 잘 잡아야 한다.

The Architect's Studio Companion, Direct Exit

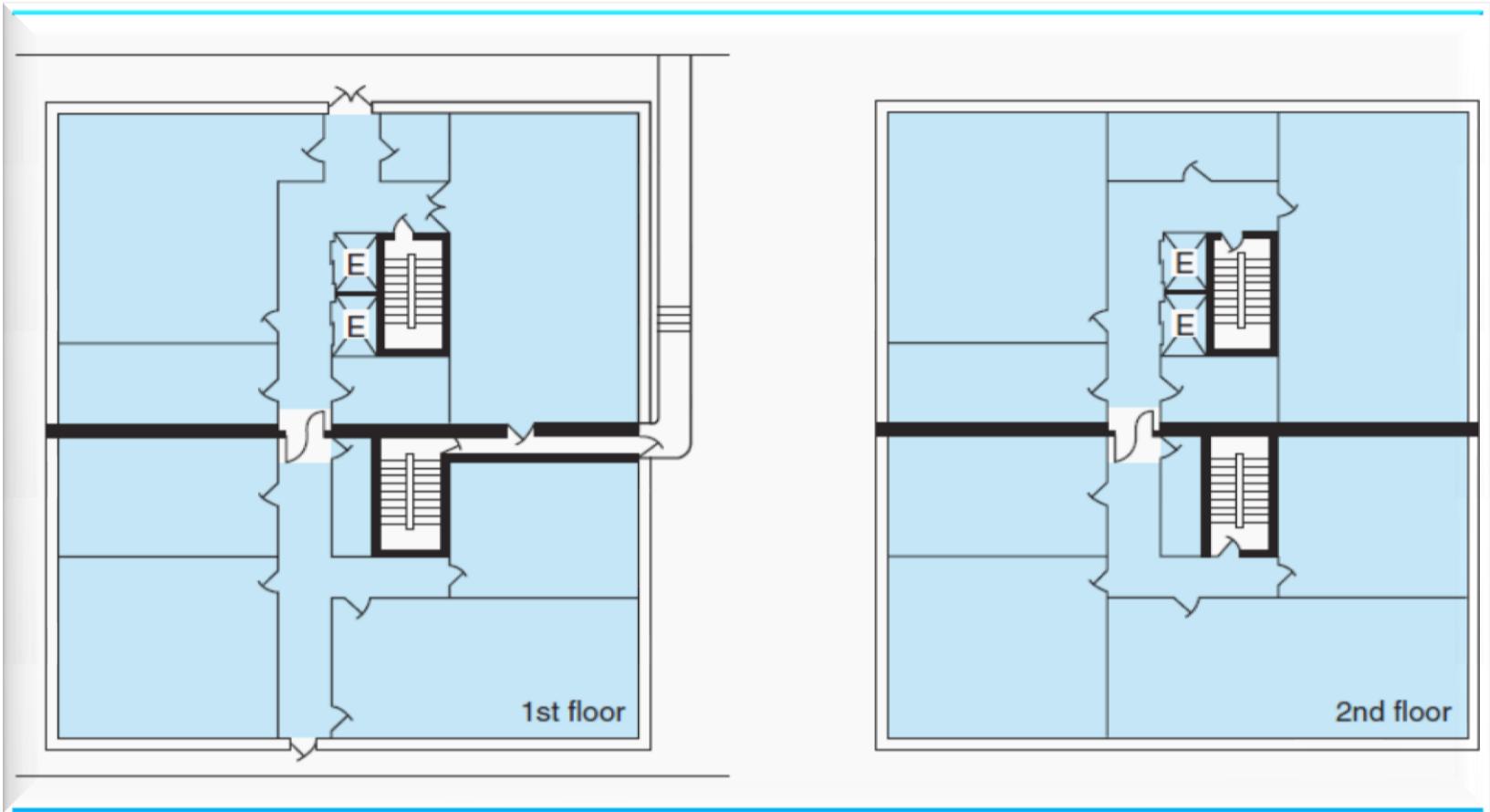


NFPA 5000, 3.3.195* Exit

That portion of a means of egress that is separated from all other spaces of a building or structure by construction or equipment as required to provide a protected way of travel to the exit discharge. [101, 2006]

2) Exit Access(비상구 접근로)

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Spaces constituting exit access



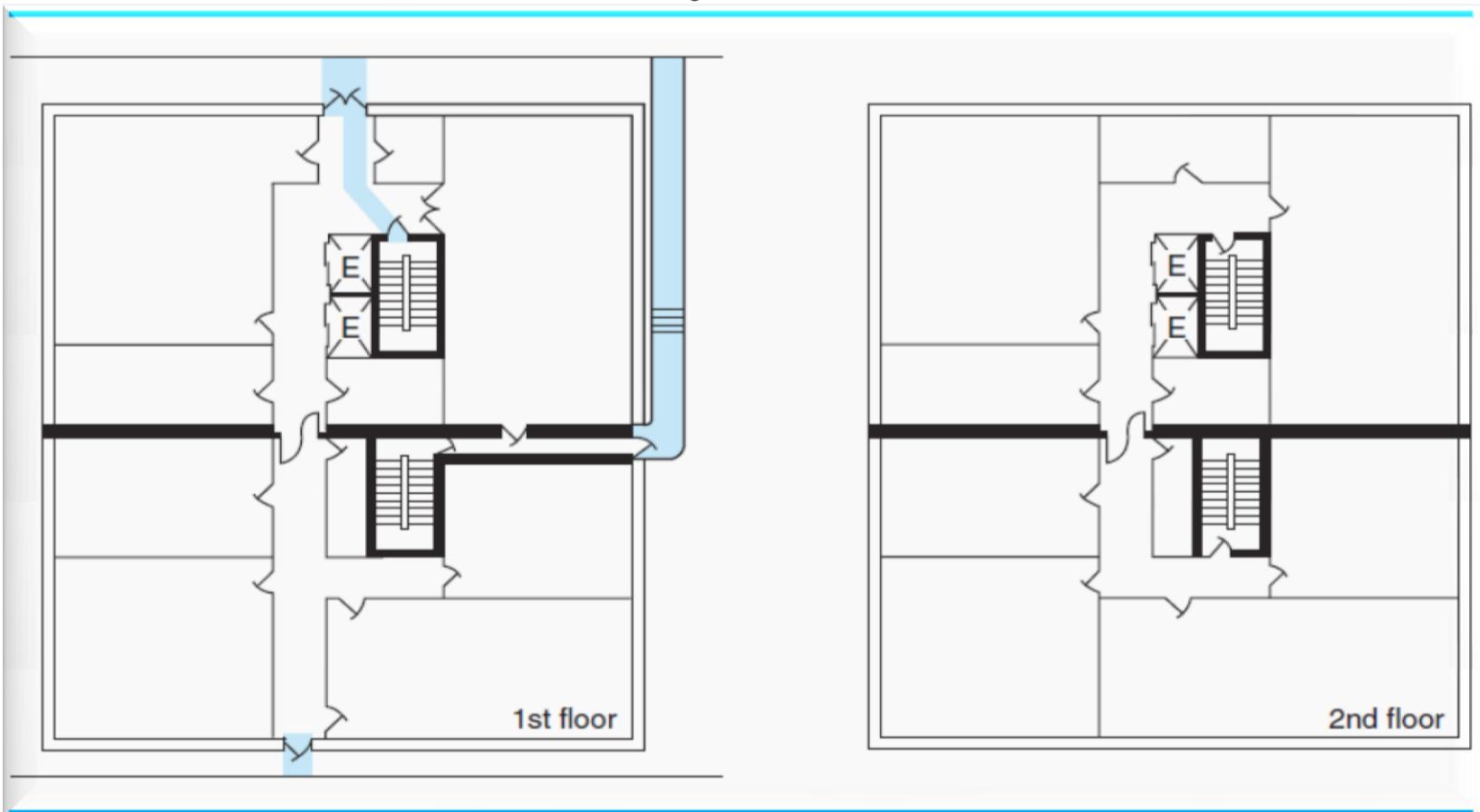
Exit(비상구)에 접근하기 위하여 통과하는 모든 공간이 Exit Access이므로 거의 대부분의 면적(하늘색 부분)을 차지하고 있으며, 이 Exit Access에는 방, Exit로 가기위해 통과하는 문, 통로, 복도, 방호되지 않는 계단이 있다.
Industrial Equipment Access에 사용되는 Fire Escape Ladder도 포함된다.

NFPA 5000, 3.3.196 Exit Access

That portion of a means of egress that leads to an exit. [101, 2006]

3) Exit Discharge(건축물 외부로의 출구)

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Exit discharge



Exit Discharge는 Exit의 끝에서 공공도로까지 연결되는 보행로(하늘색 부분)이다. 계단실 끝에서 옥외문을 거쳐 공공도로에 도달하는 길 전체와 옥외문에서 공공도로에 도달하는 길이 Exit Discharge라 할 수 있다.

NFPA 5000, 3.3.197 Exit Discharge

That portion of a means of egress between the termination of an exit and a public way. [101, 2006]

F05. Separation of Means of Egress

1. Definitions

Term	Description	Remarks
Fire Wall	3.3.644.5* Fire Wall. A wall separating buildings or subdividing a building to prevent the spread of fire and having a fire resistance rating and structural stability A.3.3.644.5 Fire Wall. Portions of structures that are subdivided by fire walls are permitted to be considered separate buildings for the purpose of applying this Code. The intent of the definition is that fire walls have sufficient structural stability to maintain the integrity of the wall in the event of the collapse of the building construction on either side of the wall.	내화벽 1) Duct or Air Grille 2시간 미만-방화댐퍼 미설치 2시간 이상 - 방화댐퍼 설치 2) Air Transfer Openings 방화댐퍼 설치 (F11 시트 참조)
Fire Barrier	3.3.47.1* Fire Barrier. A continuous membrane or a membrane with discontinuities created by protected openings with a specified fire protection rating, where such membrane is designed and constructed with a specified fire resistance rating to limit the spread of fire, that also restricts the movement of smoke A.3.3.47.1 Fire Barrier. A fire barrier, such as a wall or floor assembly, might be aligned vertically or horizontally.	내화 + 방연의 벽 or 바닥 (방화방연댐퍼(2가지 성능을 다 가지고 있는) 설치)
Fire Barrier Wall	3.3.644.4 Fire Barrier Wall. A wall, other than a fire wall, having a fire resistance rating.	내화벽 + 방연벽 (방화방연댐퍼(2가지 성능을 다 가지고 있는) 설치)
Smoke Barrier	3.3.47.2* Smoke Barrier. A continuous membrane, or a membrane with discontinuities created by protected openings, where such membrane is designed and constructed to restrict the movement of smoke. A.3.3.47.2 Smoke Barrier. A smoke barrier, such as a wall, floor, or ceiling assembly, might be aligned vertically or horizontally. A smoke barrier might or might not have a fire resistance rating. Application of smoke barrier criteria where required elsewhere in the Code should be in accordance with Section 8.11.	방연의 벽, 바닥 or 천장 (내화성능을 가질 수도, 안 가질 수도 있음, 방연댐퍼 설치)
Smoke Partition	3.3.453.2* Smoke Partition. A continuous membrane that is designed to form a barrier to limit the transfer of smoke. A.3.3.453.2 Smoke Partition. Depending on specific occupancy chapter requirements, a smoke partition might or might not be required to have fire resistance rating.	방연 칸막이 (내화성능을 가질 수도, 안 가질 수도 있음, 방연댐퍼 설치)

2. Separation of Means of Egress(피난로의 구획)

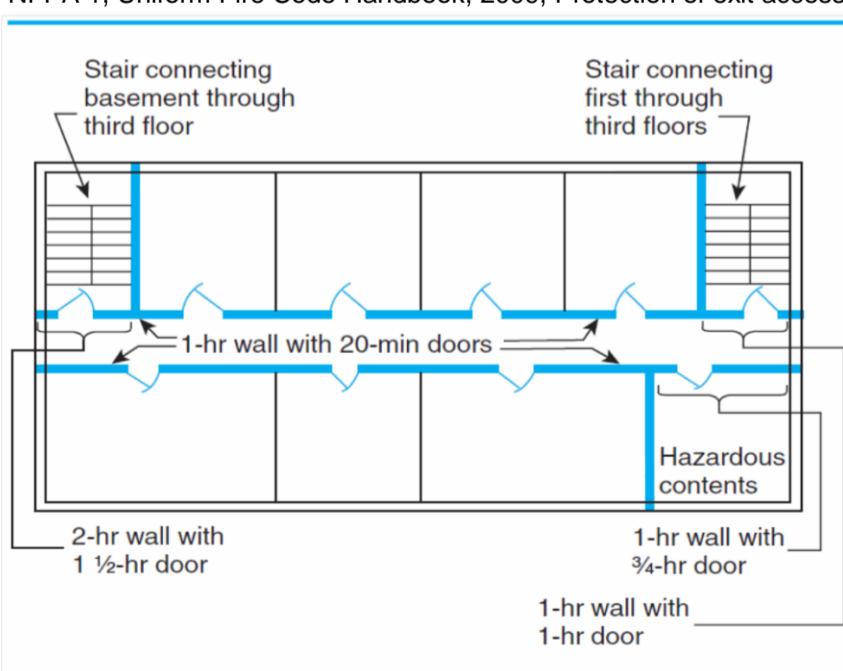
모든 건물은 화재의 확산을 제한하고 연기의 이동을 막기 위해 구획된다. 여기서 피난로의 구획은 비상구 접근 복도와 피난통로를 1시간 이상의 내화벽으로 구획하는 것으로 이루어진다. NFPA에서는 복도, 계단 및 수직개구부를 다음과 같이 방화구획한다.

2.1 Separation of Exit Access Corridors(비상구 접근 복도의 구획)

30명이 넘는 점유자를 보호할 수 있는 비상구 접근로에 사용되는 복도는 1시간 이상의 내화벽으로 방화구획해야 한다(Industrial Occupancy 및 Storage Occupancy에서는 적용 안 함).

플랜트 건축물에서 복도가 있는 건물의 용도는 주로 General and high hazard industrial use 또는 Business use인데 Occupant Load Factor가 $9.3\text{ m}^2/\text{person}$ 으로 동일하다. 그러므로 30명 이상의 점유면적은 279 m^2 로 산정(산정시 전체 바닥 면적으로 계산, 복도 및 계단 포함됨)할 수 있고 1개층 바닥면적이 279 m^2 이상인 경우는 복도 벽체를 1시간 내화벽으로 방화구획한다. 1개층 면적이 279 m^2 미만이라면 복도에 내화성능이 필요하지 않다. 아래 표(NFPA 5000 Table 8.7.2)에서 복도에 있는 1/2시간 내화벽체는 스프링클러가 설치되지 않는 의료용도의 복도벽 등에 한하여 제한적으로 사용된다.

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2009, Protection of exit access corridors



NFPA 5000, 11.1.3.1 Exit Access Corridors

Except as otherwise provided in Chapters 16 through 31, corridors used as exit access and serving an area having an **occupant load exceeding 30** shall be separated from other parts of the building by walls having not less than a **1-hour fire resistance rating** in accordance with Section 8.4.

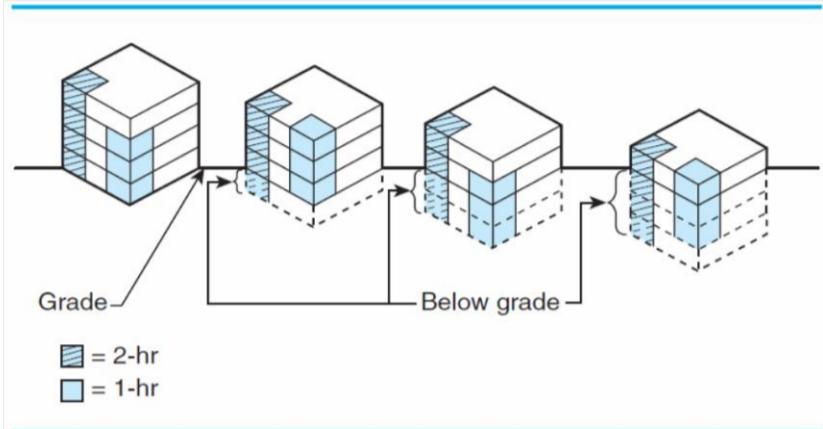
29.3.6 Corridors. The provisions of 11.1.3.1 shall not apply.(Industrial Occupancy)

30.3.6 Corridors. Corridors shall not be required to comply with the provisions of 11.1.3.1.(Storage Occupancy)

2.2 Separation of Exits(계단실의 구획)

3개층 이하의 피난통로는 1시간 내화벽으로, 4개층 이상의 피난통로는 2시간 내화벽으로 구획해야 한다. 또한 피난통로는 건축물 외부로의 출구까지 연속적으로 방호되는 보행로를 제공해야 한다.

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2009, Required separating construction for exit stairs



NFPA 5000, 11.1.3.2.1.1 and 11.1.3.2.1.1 Fire Barriers

11.1.3.2.1.1 The fire barriers shall have not less than a **1-hour fire resistance rating** where the exit connects **3 stories or less**.

11.1.3.2.1.2 The fire barriers shall have not less than a **2-hour fire resistance rating** where the exit connects **4 or more stories**. The fire barriers shall be **supported by construction having not less than a 2-hour fire resistance rating**.

NFPA 5000, 11.1.3.2.2 and 11.1.3.2.3 Exit Enclosure

11.1.3.2.2 An exit enclosure shall provide a **continuous protected path of travel to an exit discharge**.

2.3 Separation of Vertical Openings(수직 개구부의 구획)

옥내 계단은 대부분 피난통로로 사용되며 수직 개구부에 위치해 있으므로 수직 개구부의 방호 조치도 취해야 한다. 옥내 계단은 아래 표 8.7.2의 Vertical shafts로 적용한다. 플랫폼 또는 무대의 계단이나 또는 같은 층에 있는 높이가 다른 바닥 사이의 계단과 같이 피난통로도 아니고 수직 개구부도 아닌 계단은 구획하지 않아도 된다.

건물 내의 Shaft 벽체, 내화벽체(Fire barriers), Corridor 등에 설치되는 개구부(문)에는 각각의 내화벽체에 따른 방화문을 설치하여야 한다.

NFPA 5000, 8.12 Vertical Openings

8.12.1.1 Every floor that separates stories in a building shall be constructed as a smoke barrier and shall meet one of the following:

(1) Openings shall restrict the passage of smoke as specified by 8.11.4.

(2) The requirement of 8.12.1.1(1) shall not apply where otherwise specified by 8.12.2, 8.12.3, 8.12.4, or Chapters 16 through 30.

8.12.1.2* Openings through floors shall be enclosed with fire barrier walls, shall be continuous from floor to floor or floor to roof, and shall be protected as appropriate for the fire resistance rating of the barrier.

3. 방화구획

우리나라에서는 연면적당, 층별, 용도별 방화구획을 하지만 NFPA에서는 다음과 같이 방화구획을 설정한다.

1) 동일 용도의 실들을 묶고 용도가 다른 실과 방화구획(완전분리용도 적용 검토(F02 시트 참조)

2) 복도, 계단 및 수직개구부를 방화구획

3) 2시간 내화벽을 설치해야 하는 실들의 방화구획(3.3항 NFPA 850 참조)

4) 상급위험물이 있는 용도의 방화구획(3.4항 참조)

5) 구획된 내화벽체별 방화문 시간 정함

3.1 용도가 다른 실들 간의 방화구획

Fire Areas(5.2.1.3에 명시된 area)는 2시간 이상의 Fire Barriers 또는 NFPA 80A에 따른 Spatial Separation(별도 정리된 Sheet 참조)으로 분리하여야 한다. Power Plant에서 주로 사용되는 용도는 F02 시트를 참조한다.

3.2 복도, 계단 및 수직개구부를 방화구획

1장 Separation of Means of Egress에 따라 Fire Rated Wall로 방화구획 한다.

3.3 NFPA 850에 따른 Fire Area의 Fire Barrier

NFPA 850, Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Stations

Fire Areas(5.2.1.3에 명시된 area)는 2시간 이상의 Fire Barriers 또는 NFPA 80A에 따른 Spatial Separation으로 분리하여야 한다.

NFPA 850, 5.2.1 Fire Area Determination

5.2.1.1 The electric generating plant and high voltage direct current converter station should be subdivided into separate fire areas as determined by the fire risk evaluation for the purpose of limiting the spread of fire, protecting personnel, and limiting the resultant consequential damage to the plant. **Fire areas should be separated from each other by fire barriers, spatial separation, or other approved means.**

5.2.1.3* Unless consideration of the factors of 5.2.1.2 indicates otherwise or if adequate spatial separation is provided as permitted in 5.2.1.5, it is recommended that fire area boundaries be provided to separate the following:

- (1) **Cable spreading room(s)** and **cable tunnel(s)** from adjacent areas
- (2) **Control room, computer room, or combined control/computer room** from adjacent areas
- (3) Rooms with major concentrations of electrical equipment, such as **switchgear room** and **relay room**, from adjacent areas
- (4) **Battery rooms** from adjacent areas
- (5) **Maintenance shop(s)** from adjacent areas
- (6) **Main fire pump(s) from reserve fire pump(s)** where these pumps provide the only source of fire protection water
- (7) **Fire pumps** from adjacent areas
- (8) **Warehouses** from adjacent areas
- (9) **Emergency internal combustion generators from each other** and from adjacent areas
- (10) **Fossil fuel-fired auxiliary boiler(s)** from adjacent areas
- (11) **Fuel oil pumping, fuel oil heating facilities**, or both, used for continuous firing of the boiler from adjacent areas
- (12) **Storage areas for flammable** and combustible liquid tanks and containers from adjacent areas
- (13) **Office buildings** from adjacent areas
- (14) **Telecommunication rooms** from adjacent areas
- (15) **Adjacent turbine generators** beneath the underside of the operating floor

A.5.2.1.3 Where **the control room and computer room** are separated by a common wall, **the wall need not have a fire resistance rating**.

5.2.1.5 If a fire area is defined as a detached structure, it should be separated from other structures by **an appropriate distance as determined by NFPA 80A**, Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures, evaluation.

5.2.2.1* ---. **Windows in fire barriers (e.g., control rooms or computer rooms) should be provided with a fire shutter or automatic water curtain.** ---.

5.2.3 **Hydrogen Storage.** Hydrogen storage facilities should be separated from adjacent areas. (See NFPA 55, Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and

5.2.5 Indoor Transformers.

5.2.5.1 Dry-type transformers are preferred for indoor installations.

5.2.5.2* **Oil-insulated transformers of greater than 100 gal (379 L) oil capacity installed indoors** should be separated from adjacent areas by fire barriers of **3-hour fire resistance rating**.

5.2.5.3 **Transformers having a rating greater than 35 kV**, insulated with a less flammable liquid or nonflammable fluid, and installed indoors should be separated from adjacent areas by fire barriers of **3-hour fire resistance rating**.

5.2.5.4 Where transformers are protected by an **automatic fire suppression system**, the fire barrier fire resistance rating is permitted to be **reduced to 1 hour**.

3.4 Separation of Occupancies Having High Hazards

상급 위험 물질은 아래와 같이 분류되고, 최대허용수량을 초과하지 않는 상급위험물질 수용시는 통제지역 간 방화구획(지하 2층~지상 3층, 1시간)하며 최대허용수량 초과시는 아래의 표와 같이 다른 용도 지역과 방화구획해야 한다. 더 자세한 내용은 34장에 따른다.

NFPA 5000, Table 34.3.2.3 Required Separation of Occupancies Containing High Hazard Contents

Occupancy	Protection Level 1	Protection Level 2	Protection Level 3	Protection Level 4	Protection Level 5	Remark
Assembly≤300	Not Permitted	4 hr	3 hr	2 hr	4 hr	
Business	Not Permitted					
Industrial, general purpose	Not Permitted					
Industrial, special purpose	Not Permitted					
Storage, low and ordinary hazard	Not Permitted					

NFPA 5000, 34.3.2.3 Separation of Occupancies Having High Hazards

The separation of areas containing high hazard contents from each other and from other use areas shall be as required by Table 34.3.2.3 and shall not be permitted to be reduced with the installation of fire protection systems as required by 34.3.2.1.

4. Fire Doors and Fire Windows

4.1 Opening Protectives

방화문은 크게 아래의 3가지로 나누어 순서대로 정리하면 된다.

- 1) Vertical Shafts : 계단실문, DS/EPS Shafts 문에 대하여 층수에 따라 방화시간을 정한다.
- 2) Fire Barriers : NFPA 850에서 Separation을 요구하는 각 실들에 맞게 1.5시간으로, Hazardous contents area에 맞게 3/4시간으로 정한다.
- 3) Corridors : 각실들의 총면적이 279m^2 이상(30명 이상의 Occupant)이면 1시간 내화벽체를 적용하고 이에 따른다.
- 4) Control room과 다른 실간에 유리창 설치시 NFPA 850에 따르면 Fire Shutter or Automatic Water Curtain을 설치해야 하므로 주의하여야 한다.

NFPA 5000, 8.7 Opening Protectives

8.7.1 Fire Doors and Fire Windows. Where required doors and windows serve as opening protectives, they shall comply with the requirements of NFPA 80, Standard for Fire Doors and Fire Windows.

NFPA 5000, Table 8.7.2 Minimum Fire Protection Ratings for Opening Protectives in Fire Resistance-Rated Assemblies

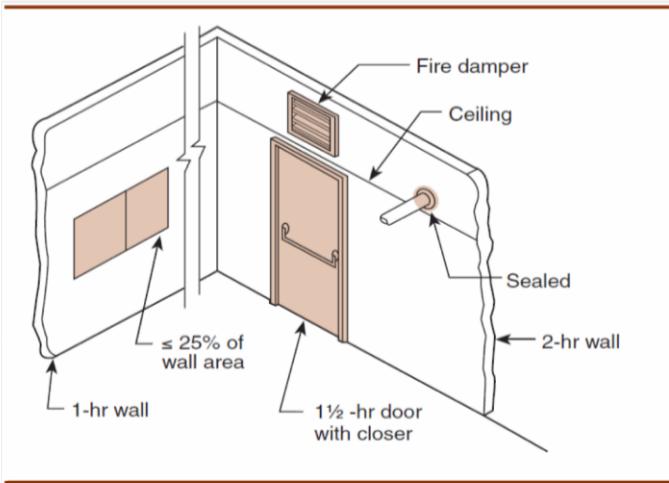
Component	Fire Resistance Rating		Fire Protection Rating	
	Walls and Partitions(hr)	Fire Door Assemblies(hr)	Fire Window Assemblies(hr)	
Elevator Hoistways	2	1 1/2	Not permitted	
	1	1	Not permitted	
Vertical shafts (including stairways, exit)	> 3 story	2	1 1/2	Not permitted
	≤ 3 story	1	1	Not permitted
HC(high challenge) Fire walls and fire walls	4		Not permitted	
	3	3	Not permitted	
	2	1 1/2	Not permitted	
Fire barriers	4	3	Not permitted	
	3	3	Not permitted	
	NFPA 850	2	1 1/2	Not permitted
	Hazardous contents	1	3/4	3/4
Horizontal exit	2	1 1/2	Not permitted	
Corridors, exit access	Occupant load>30	1	1/3	3/4
		1/2	1/3	1/3
Smoke barrier	1	1/3	3/4	
Smoke partition	1/2	1/3	1/3	

4.2 내화벽과 방화문의 시간이 다른 이유

위 표에서 Fire Resistance Rating은 비내력내화벽의 내화성능을, Fire Protection Rating은 방화문의 방화성능을 의미한다. 또한 방화문이 방화벽보다 내화 시간이 작은 이유는 아래와 같다.

- 1) 시험절차가 다름(Fire Wall 시험은 NFPA 251, Fire Door 시험은 NFPA 252)
- 2) 벽에는 가연물을 쌓아 두어 벽의 화재 발생가능성이 높으나 문에는 가연물이 없음.

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Typical penetrations of a fire barrier



Code related to Fire Walls

NFPA 221, Standard for Fire Walls and Fire Barrier Walls

NFPA 251, Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials

(Equivalent to ASTM E 119, Standard Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials)

Code related to Fire Door

NFPA 80, Standard for Fire Doors and Fire Windows

NFPA 252, Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies

(Equivalent to ASTM E 152, Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies)

5. Outside Stairs(옥외 계단)

화재시 건물 외벽의 개구부는 화염을 내뿜어 옥외 계단을 피난로(비상구 접근로, Exit Access, 보행거리에 포함시켜야 함)로 사용할 수 없게 만들 수 있다. 따라서 옥외 계단에 대한 특별 규정이 있으며 그 내용은 아래와 같다.

1) 4층 이상에 설치되는 옥외계단은 고소공포증이 있는 사람이 계단을 이용하는 데 장애가 없도록 높이 1.22m 이상의 불투명 시각 장애물(metal or masonry screens and grilles)을 설치한다.

2) 옥외 계단은 내부 피난계단과 동일한 내화 벽체로 내부로부터 구획되어야 한다. 그리고 최상단 계단참 위 3.05m 이내, 계단참 끝단에서 수평으로 3.05m 이내에도 1시간 내화벽체 및 3/4시간 방화 개구부를 적용해야 한다.

아래 그림은 옥외 계단의 개구부 방호에 대한 동일한 예이고 내용은 아래와 같다.

1) 옥외 계단 부분 벽체(그림 2의 짧은 점선) : 3층 이하 1시간, 4층 이상 2시간(옥내 피난계단과 같은 내화시간을 적용) 내화

2) 옥외 계단 부분 개구부(그림 2의 짧은 점선) : 3층 이하 1시간, 4층 이상 1.5시간(옥내 피난계단과 같은 내화시간을 적용) 방화

2) 옥외계단 끝단에서 좌우 및 상부 3.05m 이내에 위치한 벽체는 1시간 내화성능

3) 옥외계단 끝단에서 좌우 및 상부 3.05m 이내에 위치한 개구부는 3/4시간 방화성능

그림 1. 옥외 계단의 개구부 방호-1

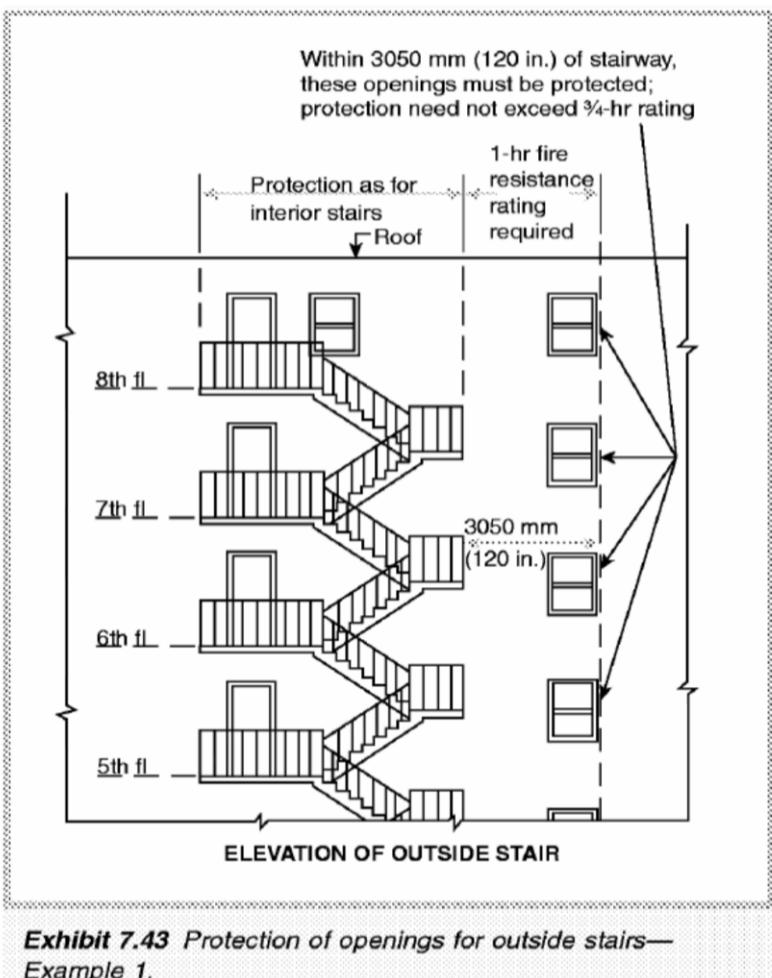


Exhibit 7.43 Protection of openings for outside stairs—Example 1.

그림 2. 옥외 계단의 개구부 방호-2

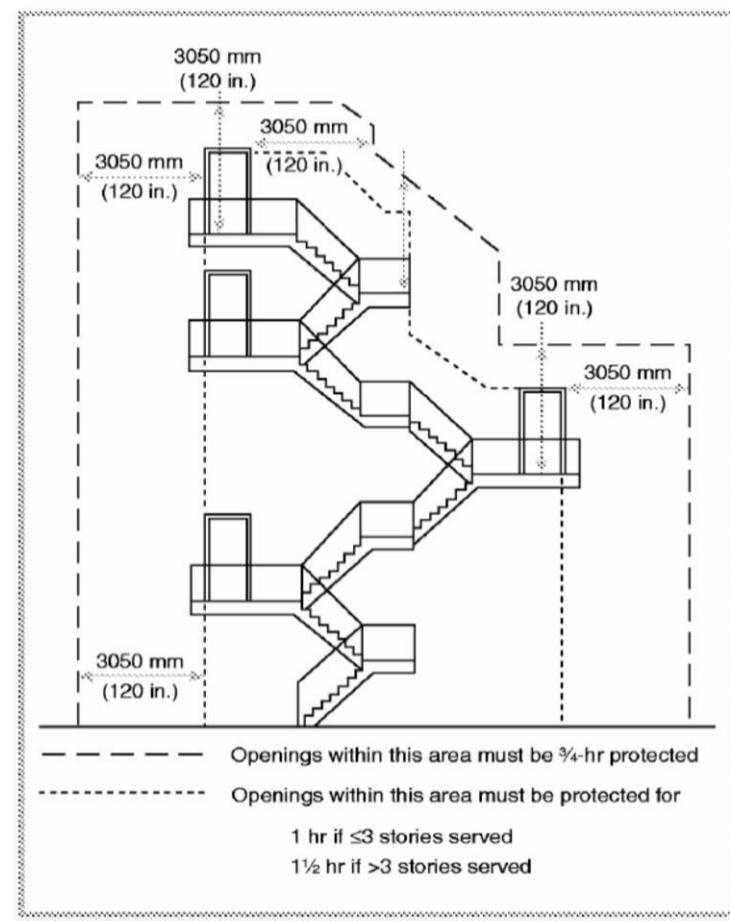


Exhibit 7.44 Protection of openings for outside stairs—Example 2.

그림 3. 옥외 계단의 개구부 방호-3

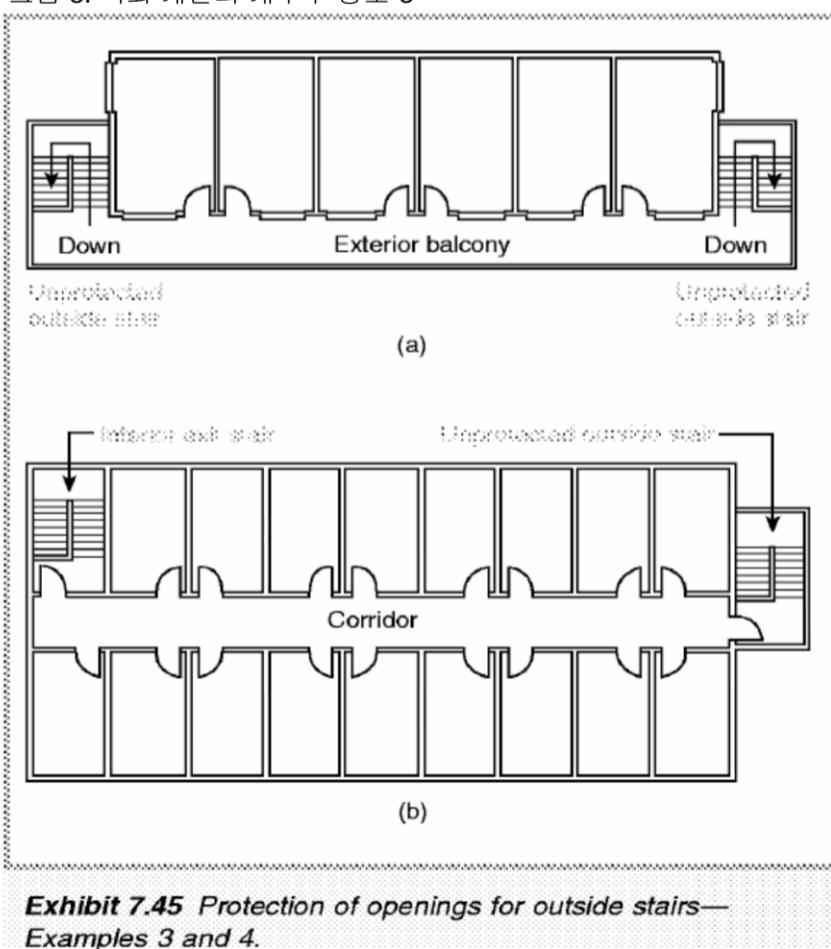


Exhibit 7.45 Protection of openings for outside stairs—Examples 3 and 4.

아래 11.2.2.7.3.1의 예외 조건은 아래와 같다.

1) 외부 복도가 있고 2개의 계단이 서로 떨어져 있으면 옥외 계단의 방호는 면제된다.(그림 (a))

2) 2층 이하 옥외 계단은 멀리 떨어진 위치에 제2 피난통로가 있을 경우 방호가 면제된다.(그림 (b))

3) 옥외 계단 끝단에서 3.05m 거리내의 개구부는 3/4시간 방화, 벽체는 1시간 내화를 적용한다. (그림 1, 2)

NFPA 5000, 11.2.2.7 Special Provisions for Outside Stairs

11.2.2.7.2* Visual Protection. For outside stairs more than three stories in height, an opaque visual obstruction not less than 48 in. (1220 mm) in height shall be provided.

A.11.2.2.7.2 The guards that are required by 11.2.2.4 will usually meet this requirement where the stair is not more than three stories high. Special architectural treatment, including application of such devices as metal or masonry screens and grilles, will usually be necessary to comply with the intent of this requirement for stairs over three stories in height.

NFPA 5000, 11.2.2.7.3 Separation and Protection of Outside Stairs

11.2.2.7.3.1 Outside stairs shall be separated from the interior of the building by construction with the fire resistance rating required for enclosed stairs with fixed or self-closing opening protectives, except as follows:

(1) Outside stairs serving an exterior exit access balcony that has two remote outside stairways or ramps shall be permitted to be unprotected.

(2) Outside stairs serving not in excess of two adjacent stories, including the story of exit discharge, shall be permitted to be unprotected where there is a remotely located second exit.

(3) The fire resistance rating of the separation extending 10 ft (3050 mm) from the stairs shall not be required to exceed 1 hour where openings have not less than a 3-hour fire protection rating.

11.2.2.7.3.2 Wall construction required by 11.2.2.7.3.1 shall extend as follows:

(1) Vertically from the ground to a point 10 ft (3050 m) above the topmost landing of the stairs or to the roofline, whichever is lower

(2) Horizontally for not less than 10 ft (3050 m)

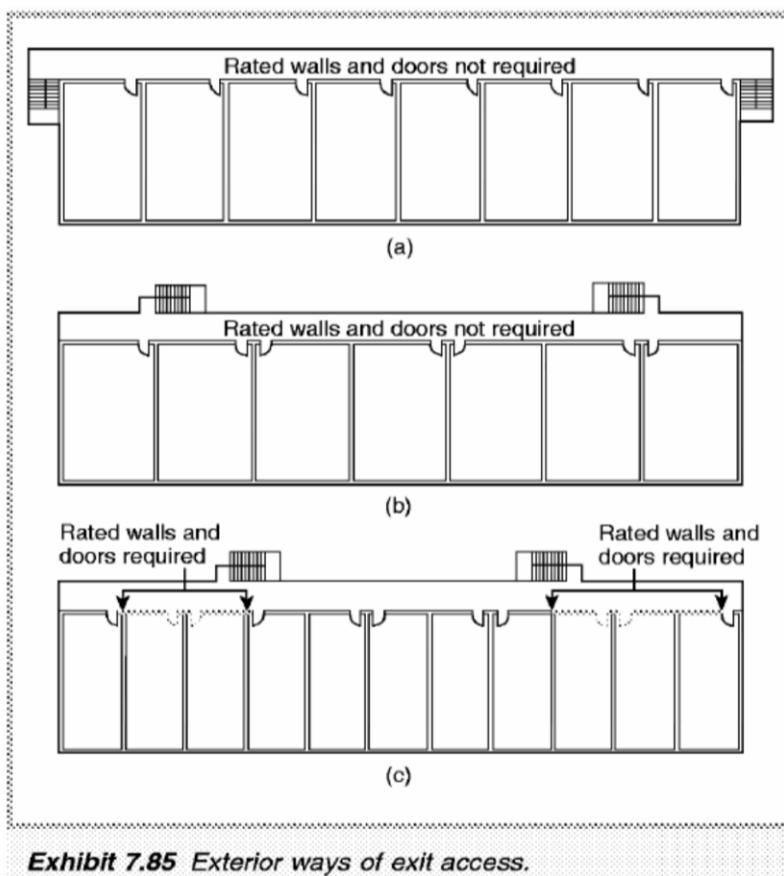
6. Exterior Ways of Exit Access(옥외 비상구 접근로)

옥외 비상구 접근로(옥외 복도를 가진 계단)는 온난 지역의 아파트와 사무실 건물에서 흔히 볼 수 있다. Plant에서는 Electrical Building의 옥외 계단에서 주로 볼 수 있으며 제한사항은 아래와 같다.

1) 길이가 긴 쪽의 50% 이상이 개방 : 만족하므로 문제 없음

2) 피난시 화재가 일어난 방을 지나치게 되는 경우에는 내화구조 벽체와 방화문이 필요함

3) Dead End Corridor의 기준 준수



- 그림 (a)
2개의 계단으로 모든 방에서 접근 가능하고, 중간 어느 실에서 화재 발생시 다른 쪽으로 대피할 수 있으므로 내화구조 벽체와 방화문이 필요한 방이 없음

- 그림 (b)
그림 (a)와 같음, 문이 복도 맨 끝에 위치하는 경우 : 맨 끝 방에 화재 발생시 문이 계단과 떨어져 있어 그 방의 벽체를 지나치게 될 경우 그 벽체는 내화벽체가 되어야 함

- 그림 (c)
맨 끝 방에 화재 발생시 지나치는 방의 벽체와 문은 내화벽체와 방화문이 되어야 함.

Exhibit 7.85 Exterior ways of exit access.

NFPA 5000, 11.5.3 Exterior Ways of Exit Access

11.5.3.1 Exit access shall be permitted to be by means of any exterior balcony, porch, gallery, or roof that conforms to the requirements of this chapter.

11.5.3.2 The long side of the balcony, porch, gallery, or similar space shall be at least 50 percent open and shall be arranged to restrict the accumulation of smoke.

11.5.3.3 Exterior exit access balconies shall be separated from the interior of the building by walls and opening protectives as required for corridors, unless the exterior exit access balcony is served by at least two remote stairs that can be accessed without it being necessary for any occupant to travel past an unprotected opening to reach one of the stairs, or unless dead ends on the exterior exit access do not exceed 20 ft (6100 mm).

11.5.3.4 Exterior exit access shall be arranged so that there are no dead ends in excess of those permitted for dead-end corridors in Chapters 16 through 30.

F06. Number and Arrangement of Means of Egress

1. Number of Means of Egress

1.1 Two Means of Egress

화재 또는 연기에 가려 피난로 한쪽이 막히면 다른 쪽을 이용할 수 있도록 최소 2개의 피난로가 있어야 한다. 그러나, 아래 1.2와 같은 예외는 있다. 피난로 및 Exit의 수는 평면 구성에 큰 영향을 미치므로 초기 계획시 면밀히 검토해야 한다.

NFPA 5000, 4.4.3 Means of Egress

4.4.3.1 Number of Means of Egress. **Two means of egress, as a minimum, shall be provided in every building or structure, section, and area where size, occupancy, and arrangement endanger occupants attempting to use a single means of egress that is blocked by fire or smoke. The two means of egress shall be arranged to minimize the possibility that both might be rendered impassable by the same emergency condition.**

1.2 Single Means of Egress or Single Exit

피난로는 최소 2개가 있어야 하지만 아래와 같은 조건에서는 단일 피난로가 허용된다.

- 1) 각 Occupancy 별로 허용
- 2) Common Path(공용 통로, 07 시트 참조)를 만족시키는 중2층
- 3) 기계실 및 보일러실에서 Common Path를 만족시킴(스프링클러 미설치 15m, 스프링클러 설치시 or 연료연소 장치가 없는 기계실은 30m) : Boiler가 필요한 HVAC Room은 추운 지역에 적용하므로 중동지역은 30m의 Common Path를 적용함
- 4) Assembly Occupancies에서 수용인원 50명 이하인 중2층 : 중2층을 만들지 않으므로 거의 해당 없음
- 5) Business Occupancies에서 수용인원 100명 미만인 방 또는 구역(방 면적 or 바닥면적 930m² 이하, 아래 설명 참조)
Business Occupancies에서 3층 이하이고 각층의 수용인원 30명 이하(아래 설명 참조)
- 6) Industrial Occupancies : Low or Ordinary Hazard Industrial Occupancy에서 Common Path를 만족시킴(스프링클러 미설치 15m, 설치시 30m, Common Path는 F07 시트 참조)
- 7) Storage Occupancies에서 Low Hazard면 허용, Ordinary Hazard에서는 Common Path를 만족시킴(스프링클러 설치 30m)
- 8) High Hazard Contents Area에서 면적 18.6m² 이하이고 수용인원 3명 이하이고 방의 문까지 최대 보행거리가 7.6m인 실

NFPA 5000, 11.4 Number of Means of Egress

11.4.1.1 The number of means of egress from any balcony, mezzanine, story, or portion thereof **shall be not less than two, except under one of the following conditions:**

- (1) **A single means of egress shall be permitted in Chapters 16 through 30**
- (2) **A single means of egress shall be permitted for a mezzanine or balcony where the common path of travel limitations of Chapters 16 through 30 are met**

1) Mechanical Equipment Rooms, Boiler Rooms, and Furnace Rooms.

NFPA 5000, 11.12 Mechanical Equipment Rooms, Boiler Rooms, and Furnace Rooms.

11.12.1 Mechanical equipment rooms, boiler rooms, furnace rooms, and similar spaces shall be arranged to limit common path of travel to a distance not exceeding 50 ft (15 m), unless otherwise provided in 11.12.2.

11.12.2 A common path of travel not exceeding 100 ft (30 m) shall be permitted in the following locations:

- (1) In buildings protected throughout by an approved, electrically supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 55.3
- (2) In mechanical equipment rooms with no fuel-fired equipment

2) Assembly Occupancies

NFPA 5000, Assembly Occupancies 16.2.4 Number of Exits

16.2.4.3 Balconies or mezzanines having an occupant load not greater than 50 shall be permitted to be served by a single means of egress, and such means of egress shall be permitted to lead to the floor below.

3) Business Occupancies

단일 피난통로 허용 예

예외 1) Business Occupancies에서 수용인원 100명 미만인 방 또는 구역(방 면적 or 바닥면적 930m² 이하)

- Exit가 피난층에서 외부로 직접 연결되고, 총 보행거리(계단내 보행거리 포함) 30m 이하이고, 계단을 지나가야 하는 경우에 계단 높이 4.57m 이하이고 방화구획이 되어 있어야 하며, 단일 옥외계단은 모든 층에서 4.57m 이내일 때만 허용됨
- 바닥면적이 930m² 이하이므로 아주 큰 사무동도 해당될 수 있는데, 복도가 설치되면 Dead End Corridor 6.1m(스프링클러 없을 시)를 맞추기 어려우므로 단일 피난로만 둘 수 있는 예는 아주 작은 규모가 아니라면 거의 없다고 봄다.
- Guard House의 경우 크기가 작으므로 대부분 해당되어 문을 하나만 둘 수 있다.(그림 1번 예)

그림 1. NFPA 101 Handbook, Single Exit

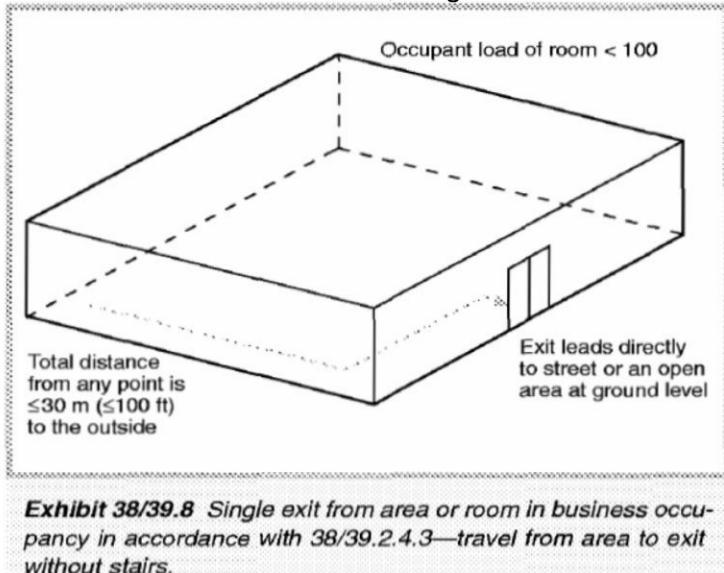
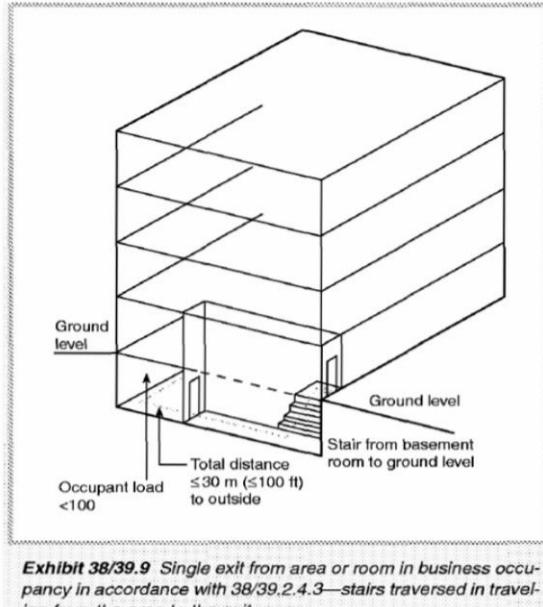


그림 2. NFPA 101 Handbook, Single Exit

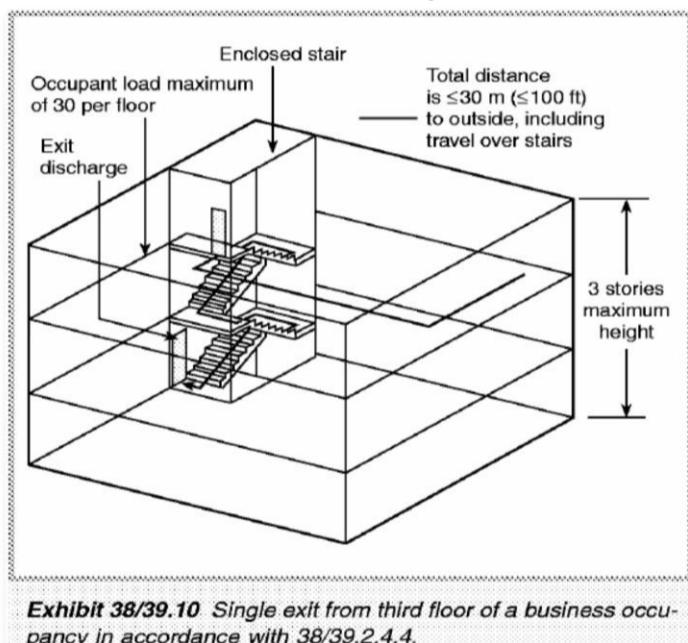


단일 피난통로 허용 예

예외 2) Business Occupancies에서 3층 이하이고 각층의 수용인원 30명 이하

- 총 보행거리(계단내 보행거리 포함) 30m 이하이고, 계단은 방화구획되고 다른 층과 연결되지 않으며 직접 도로로 통할 때만 허용됨. 따라서, 다른 층에선 유사하게 별도의 비상구를 마련해야 한다.
- 아래 그림 3과 같은 경우인데, 이런 Case는 거의 없다고 보면 된다.

그림 3. NFPA 101 Handbook, Single Exit



NFPA 5000, Business Occupancies 28.2.4 Number of Exits

28.2.4.3 **A single exit shall be permitted** for a room or area with a total **occupant load of fewer than 100 persons**, provided that the following criteria are met:

- (1) The exit shall **discharge directly to the outside** at the level of exit discharge for the building.
- (2) The total distance of travel from any point, including travel within the exit, **shall not exceed 100 ft (30 m)**.
- (3) The total distance of travel specified in 28.2.4.3(2) shall be on the same floor level, or, if traversing of stairs is necessary, such stairs shall not exceed 15 ft (4570 mm) in height, and the stairs shall be provided with complete enclosures to separate them from any other part of the building, with no door openings therein.
- (4) A single outside stair in accordance with 11.2.2 shall be permitted to serve all floors permitted within the 4570 mm vertical travel limitation.

28.2.4.4 Any business occupancy not exceeding 3 stories, and not exceeding an occupant load of 30 people per floor, shall be permitted a single separate exit to each floor, provided that the following criteria are met:

- (1) The total travel distance to the outside of the building shall not exceed 100 ft (30 m).
- (2) The exit shall be enclosed in accordance with 11.1.3.2, shall serve no other levels, and shall discharge directly to the outside.
- (3) A single outside stair in accordance with 11.2.2 shall be permitted to serve all floors.

4) Industrial Occupancies

Low or Ordinary Hazard Industrial Occupancy에서 Common Path를 만족시키면 단일 피난로가 허용된다. 보통 Hazardous Area로 분류되지 않은 건물에는 Sprinkler를 설치하지 않으므로 Common Path 15m가 한계라고 보면 된다. 작은 규모의 건물 또는 실(e.g 8m X 14m 정도)에서 긴 변 14m의 중간에 문을 두면 Common Path가 15m 확보되므로 문을 하나만 둘 수 있다.

- 1) 스프링클러 미설치시 Common Path : 15m
- 2) 스프링클러 설치시 Common Path : 30m

NFPA 5000, Industrial Occupancies 29.2.4 Number of Means of Egress

29.2.4.1 The number of means of egress shall comply with 29.2.4.1.1 or 29.2.4.1.2.

29.2.4.1.1 Not less than two means of egress shall be provided from every story or section, and not less than one exit shall be reached without traversing another story.

29.2.4.1.2 A single means of egress shall be permitted from any story or section in low and ordinary hazard industrial occupancies, provided that the exit can be reached within the distance permitted as common path of travel(15m).

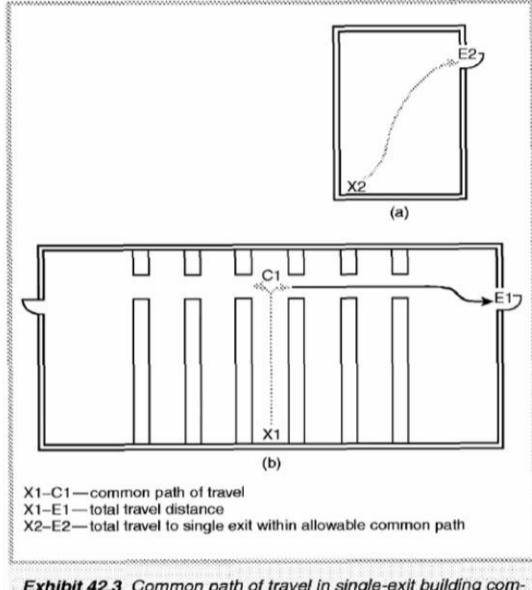
5) Storage Occupancies

Storage Occupancies에서는 다음 조건하에 단일 피난로가 허용된다.

1) Low Hazard면 무조건 허용 : 자체 전파 화재가 발생하지 않는 Low Hazard Occupancy는 굉장히 드문 경우이다. 보관 물질에 인화성 물질이 전혀 없어야 하며, Pallet이 나무로 되어 있어도 않는 등 화재 가능성이 전혀 없어야 한다.

2) Ordinary Hazard : Common Path를 만족시킴(스프링클러 설치시 30m, 미설치시 15m), 요사이에는 화재 가능성이 별로 없는 Warehouse에도 Owner가 요구하여 소방에서 Sprinkler를 설치하는 경우가 많다.(소방 확인 필요함)

그림 4. NFPA 101 Handbook, Single Exit



오른쪽 그림 4를 보면 그림 (a)가 그림 (b)보다 더 안전함을 알 수 있다. 그림 (a)는 Common Path(X2~E2)를 만족시키는 단일 비상구가 있는 건물의 예이고, 그림 (b)는 2개의 비상구가 있으며 Common Path (X1~C1)에 추가 보행거리(C1~E1)가 필요한 건물의 예이다. 그림 (b)는 추가 보행거리가 더 필요하기 때문에 그림 (a)보다 더 안전하다고 볼 수 없다.

NFPA 5000, Storage Occupancies 30.2.4 Number of Means of Egress

30.2.4.1 Means of egress shall be provided in accordance with one of the following:

(1) In low hazard storage occupancies, a single means of egress shall be permitted from any story or section.

(2) In storage occupancies not classified as low hazard, a single means of egress shall be permitted from any story or section, provided that the exit can be reached within the distance permitted as common path of travel.

(3) In buildings or structures not complying with 30.2.4.1(1) or (2) and used for storage, every section thereof considered separately shall have not less than two separate means of egress as remotely located from each other as practicable.

2. Arrangement of Means of Egress

1) Exit Access without passing rooms

복도는 방을 경유하지 않고 비상구에 접근하도록 해야 한다. 개방된 층으로 탈출할 수 있는 복도는 내화성능이 필요하지 않다. 휴게실, 로비, 응접실등은 해당 지역에 부속되어 있는 경우, 경유하여 통과할 수 있지만 위험 지역은 통과하지 않도록 배치한다.

NFPA 5000, 11.5 Arrangement of Means of Egress

11.5.1.2 Corridors shall provide exit access without passing through any intervening rooms other than corridors, lobbies, and other spaces permitted to be open to the corridor, unless otherwise provided in 11.5.1.3.

11.5.1.3 Corridors that are not required to be fire resistance rated shall be permitted to discharge into open floor plan areas.

11.5.1.7 Exit access from rooms or spaces shall be permitted to be through adjoining or intervening rooms or areas, provided that such adjoining rooms are accessory to the area served. Foyers, lobbies, and reception rooms constructed as required for corridors shall not be construed as intervening rooms. Exit access shall be arranged so that it is not necessary to pass through any area identified under hazardous area protection in Chapters 16 through 30.

2) One-half Diagonal Rule to Quantify Remoteness(이격거리를 정하는 1/2 대각선 기준)

2개의 비상구가 있는 경우에, 2개 문들 사이의 가장 가까운 거리는 최대 대각선 길이의 1/2 이상으로 해야 한다. 스프링클러가 있다면 1/3 이상으로 한다. 피난계단실이 1시간 내화 벽의 복도와 연결된 경우에는 복도 내의 동선을 따라 측정하여 1/2 이상으로 한다.

NFPA 5000, 11.5.1.4 Remoteness

11.5.1.4.2* Where two exits or exit access doors are required, they shall be located at a distance from one another not less than one-half the length of the maximum overall diagonal dimension of the building or area to be served, measured in a straight line between the nearest edge of the exit doors or exit access doors, unless otherwise provided in 11.5.1.4.3 through 11.5.1.4.6.

11.5.1.4.3 In buildings protected throughout by an approved, electrically supervised automatic sprinkler system in accordance with Section 55.3, the minimum separation distance between two exits or exit access doors, measured in accordance with 11.5.1.4.2, shall be not less than one-third the length of the maximum overall diagonal dimension of the building or area to be served.

11.5.1.4.4 Where exit enclosures are provided as the required exits and are interconnected by not less than a 1-hour fire resistance-rated corridor, exit separation shall be permitted to be measured along the line of travel within the corridor.

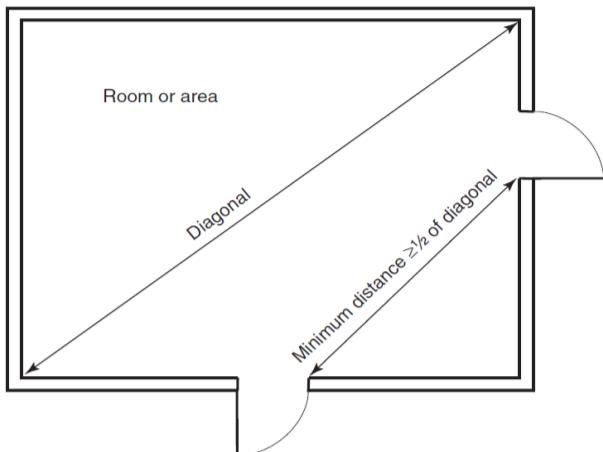


FIGURE A.11.5.1.4.2(a) Diagonal Rule for Exit Remoteness.

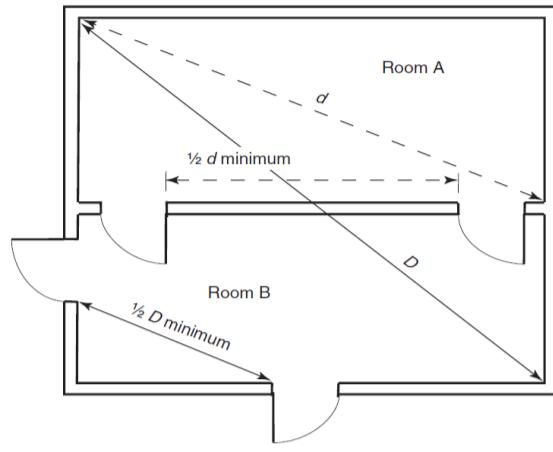


FIGURE A.11.5.1.4.2(b) Diagonal Rule for Exit and Exit Access Remoteness.

그림 (a)와 (b)는 대각선 거리 기준을 잘 나타내고 있다.

NFPA 5000, 피난계단실이 1시간 내화 벽의 복도와 연결된 경우에는 복도 내의 동선을 따라 측정하여 1/2 이상으로 한다.

NFPA 5000, 비정형실의 대각선 측정

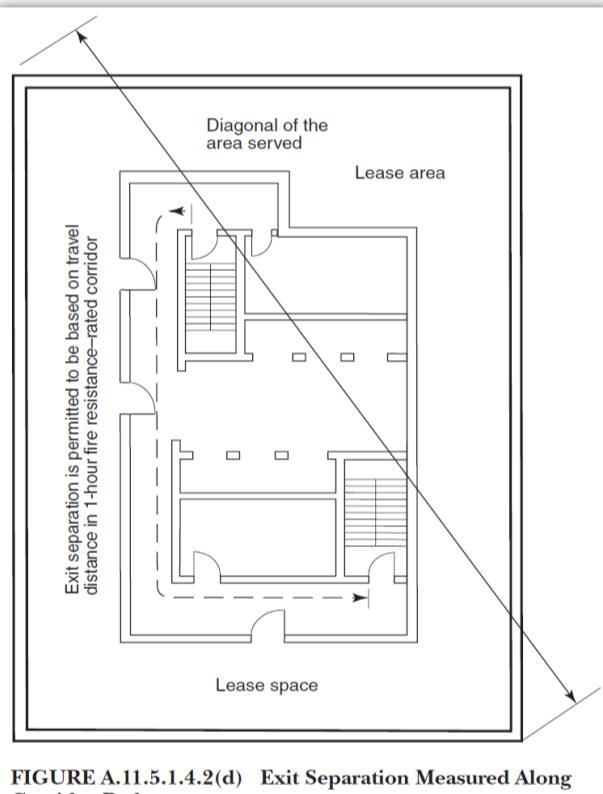


FIGURE A.11.5.1.4.2(d) Exit Separation Measured Along Corridor Path.

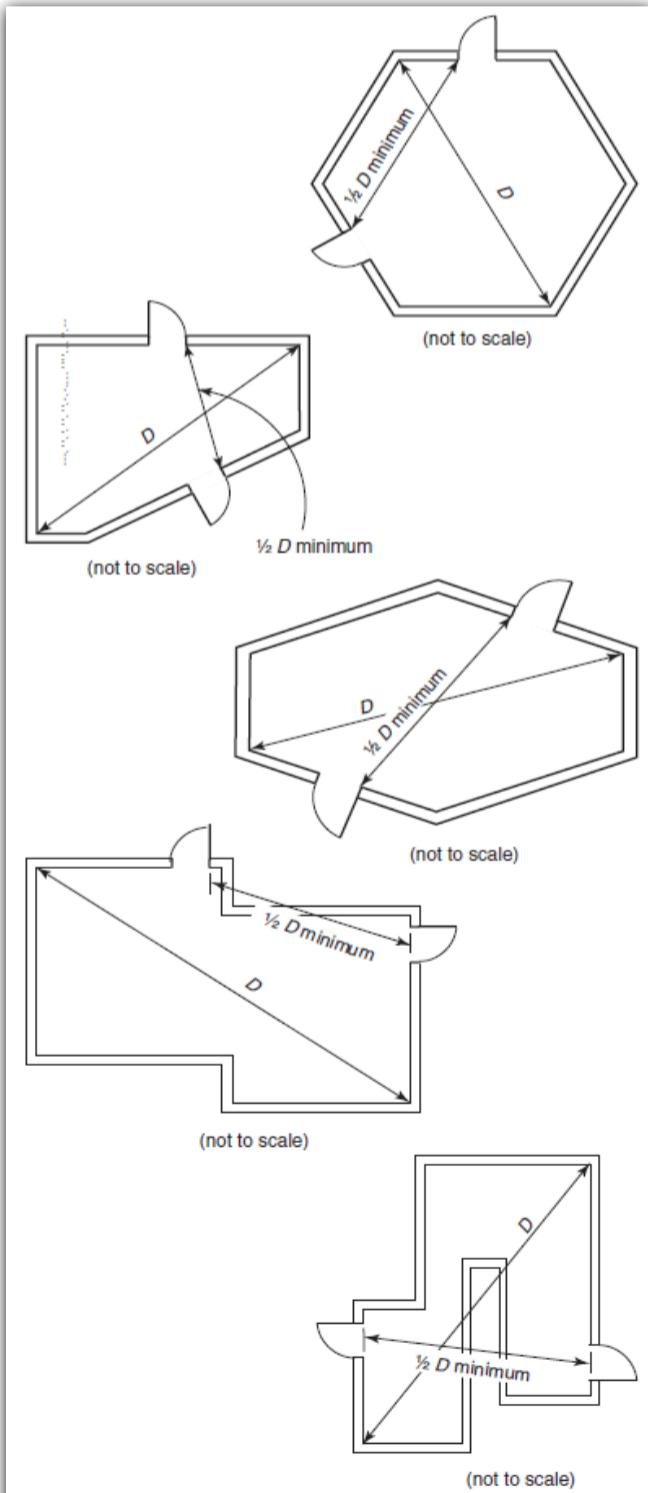


FIGURE A.11.5.1.4.2(e) Diagonal Measurement for Unusually Shaped Areas.

F07. Fire Escape Route Length

1. Travel Distance, Common Path and Dead-End Corridors

피난 접근로(Exit Access)의 거리 제한(Fire Escape Route Length)은 Travel Distance, Common Path 및 Dead-End Corridors의 3가지로 나뉘어진다. 이러한 거리 제한으로 인해 평면 구성이 바뀔 수 있으므로 초기 계획시 면밀히 검토하여야 한다. 거리 측정하는 방법과 각각에 대한 정의는 아래와 같다.

1) Measurement of Travel Distance to Exits(비상구까지의 보행거리 측정)

보행거리는 가장 멀리 떨어진 지점에서 시작하여 모퉁이나 장애물은 30cm의 간격을 두고 돌아서 출입구나 피난통로가 시작되는 지점의 중앙까지 보행로의 중앙선을 따라 측정해야 한다. 여기서 가장 멀리 떨어진 지점은 모퉁이나 장애물에서의 간격 30cm를 적용하여 Room의 구석 내벽에서 각각 30cm 떨어진 지점으로 하는 것이 맞는 것 같다. 계단은 경사면으로 측정한다. 보행거리는 장애물로 인해 최단거리가 아닌 직각거리를 주로 적용하는데, 장애물이 별로 없는 Open Floor Area에서는 선택적으로 최단거리를 부분적으로 적용하여 측정하는 것이 Good Practice이다.

- Picture-1 (a)
30cm의 간격을 둔 피난로를 잘 보여주고 있다. 계단은 피난통로로 구획되어 있지 않으므로 보행거리는 1층 옥외문까지 측정해야 한다.
 - Picture-1 (b)
계단이 방호구획되어 있으므로 2층의 계단실 입구 문까지 측정한다.
 - 계단은 아래 그림과 같이 경사면으로 측정한다.
-
- Picture-2 (a)
가구와 칸막이에 대한 자세한 정보 없이는 X점에서처럼 돌아가야 하는지, Y점에서처럼 일직선으로 가야 하는지 알 수 없다. 자세한 배치를 모르는 상황에서는 L_1+L_2 를 최소보행거리로 정해야 한다.
 - Picture-2 (b)
칸막이가 있어서 X점이나 Y점에서 일직선으로 비상구에 도달할 수 없다. Y점에서의 보행거리는 $L_3+L_4+L_5$ 로 해야 한다.

Picture-1. Measuring Travel Distance

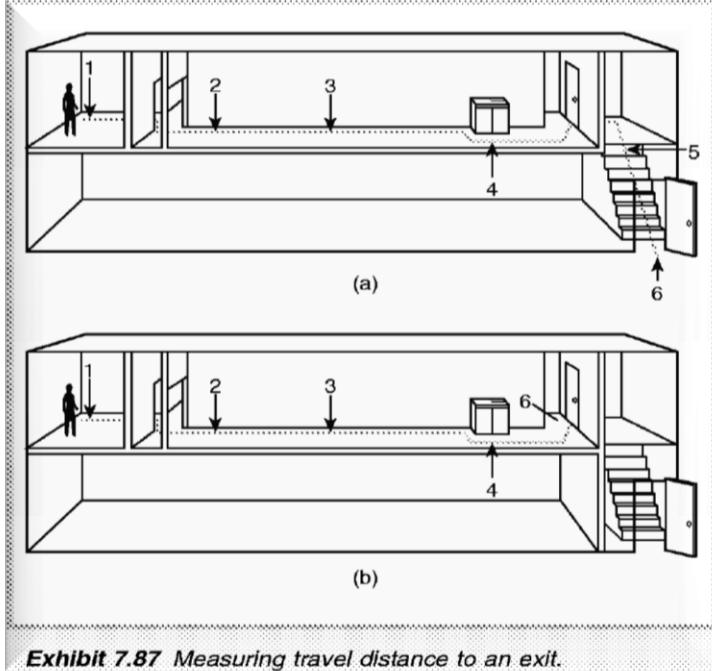


Exhibit 7.87 Measuring travel distance to an exit.

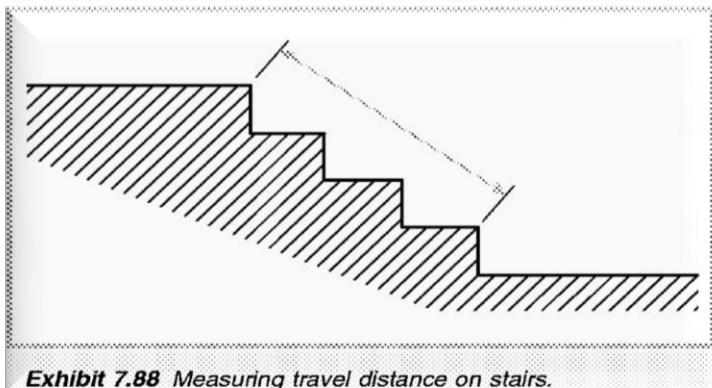


Exhibit 7.88 Measuring travel distance on stairs.

Picture-2. Measuring Travel Distance along the Natural Path

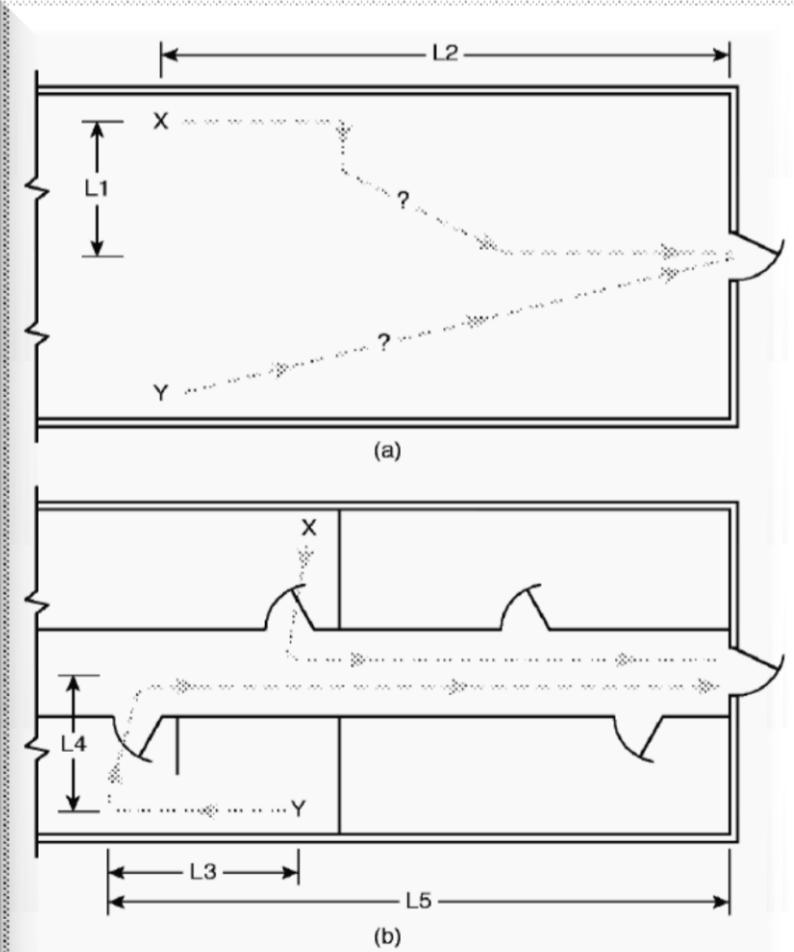


Exhibit 7.89 Measuring travel distance along the natural path of travel.

NFPA 5000, 11.6 Measurement of Travel Distance to Exits

11.6.2* The travel distance to an exit shall be measured on the floor or other walking surface along the centerline of the natural path of travel, starting from the most remote point subject to occupancy, curving around any corners or obstructions with a 12 in. (305 mm) clearance therefrom, and ending at the center of the doorway or other point at which the exit begins. Where measurement includes stairs, the measurement shall be taken in the plane of the tread nosing.

A.11.6.2 The natural exit access (path of travel) will be influenced by the contents and occupancy of the building. Furniture, fixtures, machinery, or storage can serve to increase the length of travel. It is good practice in building design to recognize the influence of contents and occupancy by spacing exits for a completely open floor area at closer intervals than is required, thus reducing the hazard of excessive travel distances due to the introduction of furniture, fixtures, machinery, or storage and minimizing the possibility of violating the travel distance requirements of this Code.

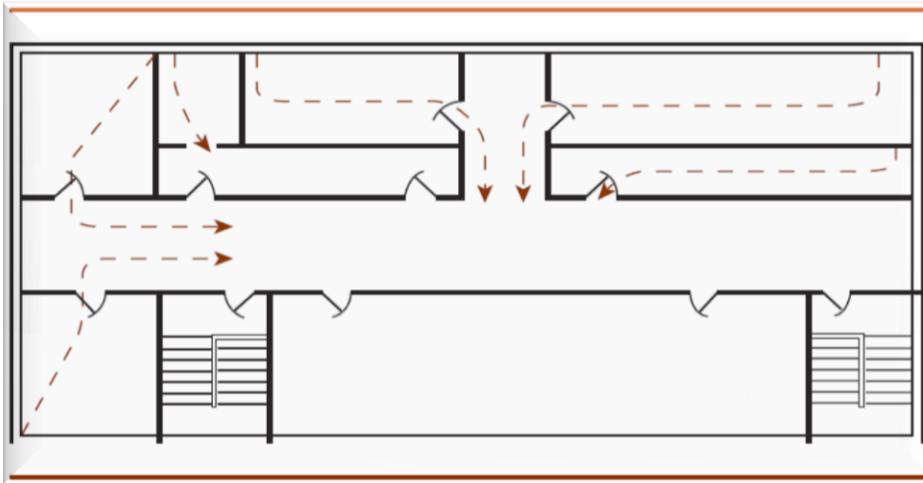
2) Common Path

Common Path(공용 이동 통로)는 공간 내의 점유자가 모든 피난통로까지 또는 2개의 Exit로 갈라지는 분기점까지 한 방향으로만 도달할 수 있는 통로이다. 그래서 Room에만 있을 수도 있고, Room과 복도가 복합된 경우도 있다. 피난로가 1개일 경우에는 Common Path와 Travel Distance가 같게 된다.(2개의 Exit가 없으므로 1개의 피난통로에 도달하는 거리가 Common Path 및 Travel Distance가 된다.) High Hazard Contents Area에서는 면적 18.6m^2 이하이고 수용인원 3명 이하이고 방의 문까지 최대 보행거리가 7.6m인 실은 단일 피난로가 허용된다. 여기서 보행거리 7.6m는 Common Path 및 Travel Distance가 될 수도 있다(단, 단일문이 외부로 통하는 경우에만 해당됨, 복도쪽으로 단일문이 있다면 Common Path와 Travel Distance는 달라진다.). 실제로 이렇게 작은 실은 거의 없으므로 2개의 피난로가 있어야 하고 이런 상급위험물을 복도가 있는 건물에 놓지는 않으므로 2개의 비상구가 있다고 생각하면 된다. 그래서 High Hazard Contents Area에서 Common Path에 대한 내용을 기술하지 않고 Travel Distance에 대한 제한치만을 둔 것 같다.(NFPA 101 2003판에서는 Common Path와 Dead End Corridor가 금지되어 있다.)

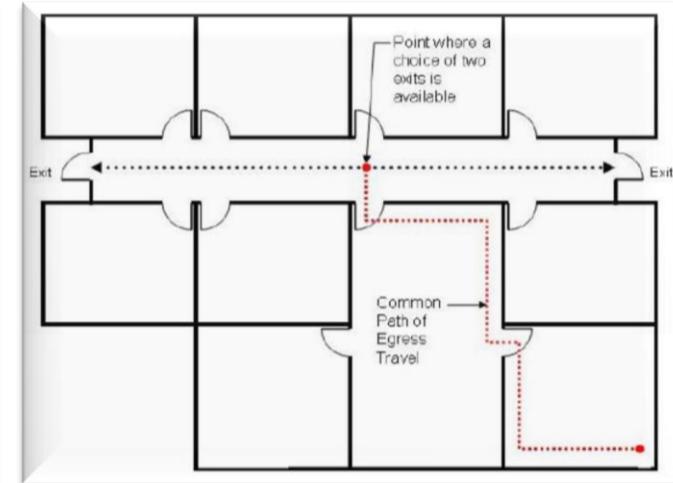
아래 Picture-3에서 점선으로 표시된 부분이 Common Path이다. 아래 그림에서 잘못 표시되어 있는 부분은 아래와 같다.

- 1) 계단실에 도달하는 점선은 계단실 문의 중앙까지 연장되어야 한다.
- 2) 복도로 나오는 점선은 복도의 중앙까지 연장되어야 한다.

Picture-3, NFPA 1, 2009, Common paths of travel



Picture-4, The Code Corners, Common Path



NFPA 5000, 3.3.105 Common Path of Travel

3.3.105* Common Path of Travel. The portion of exit access that must be traversed before two separate and distinct paths of travel to two exits are available. [101, 2006]

A.3.3.105 Common Path of Travel. Common path of travel is measured in the same manner as travel distance but terminates at that point where two separate and distinct routes become available. Paths that merge are common paths of travel.

3) Dead End Corridors

막다른 복도는 점유자가 복도 끝에 비상구가 있을 것으로 생각하고 복도에 들어가서 비상구를 찾지 못하고 다시 돌아 나오는 통로이고, 화재시 사람이 간힐 위험이 있기 때문에 최대한 발생하지 않도록 조치해야 한다. 흔히 볼 수 있는 Dead End Corridor는 아래 그림과 같다.

High Hazard Contents Area에서는 면적 18.6m^2 이하이고 수용인원 3명 이하이고 방의 문까지 최대 보행거리가 7.6m인 실(단일 피난로가 허용된 실, F06 시트 참조)에만 막다른 복도가 허용된다. 아주 작은 실이므로 이 용도에서는 원칙적으로 허용되지 않는다고 봐야 한다.

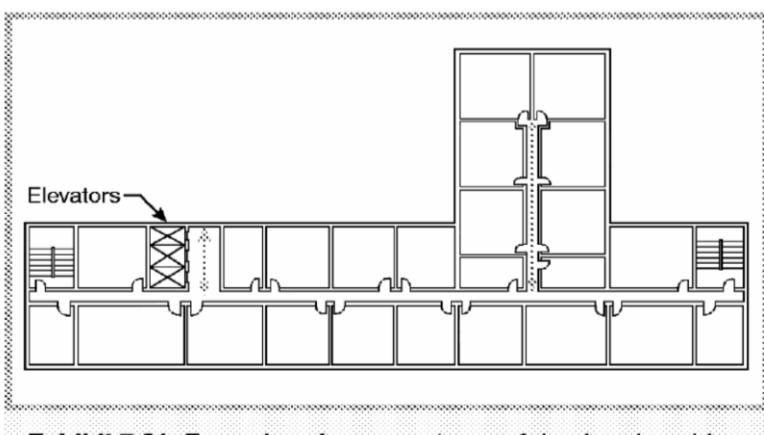


Exhibit 7.81 Examples of common types of dead-end corridors.

NFPA 5000, 11.5 Arrangement of Means of Egress

11.5.1.6* Exit access shall be arranged so that there are no dead ends in corridors, unless permitted by, and limited to, the length specified in Chapters 16 through 30.

34. High Hazard Contents, 34.3.2.4.4 Dead Ends. Means of egress, for other than rooms or spaces that do not exceed 200 ft² (18.6 m²), have an occupant load not exceeding three persons, and have a travel distance to the room door not exceeding 25 ft (7.6 m), shall be arranged so that there are no dead ends in corridors.

2. Travel Distance, Common Path and Dead-End Limits

1) Travel Distance, Common Path and Dead-End Limits

Plant에 주로 사용되는 각 Occupancy 별 보행거리의 제한은 아래의 표와 같다.

NFPA 5000, 16.2.5~6, 28.2.5~6, Table 29.2.5.1, Table 29.2.6 : Travel Distance, Common Path and Dead-End Limits

Arrangement		Assembly Occupancy	Business Occupancy	Industrial Occupancy		Storage Occupancy
				General	Special-Purpose	
Travel Distance Limits	Protected by sprinkler(multistory)	76 m	91 m	76 m	122 m	122 m
	Protected by sprinkler(single-story)			122 m		
	Not protected by sprinkler	61 m	61 m	60 m	91 m	60 m
Common Path of Travel Limits	Protected by sprinkler(≤50 persons)	23 m	30 m	30 m		30 m
	Protected by sprinkler (>50 persons)	6.1 m				
	Not protected by sprinkler (≤50 persons)	23 m	23 m	15 m		15 m
	Not protected by sprinkler (>50 persons)	6.1 m				
Dead-End Corridor Limits	Protected by sprinkler	6.1 m	15 m	15 m		30 m
	Not protected by sprinkler	6.1 m	6.1 m	15 m		15 m

*Note : The common path is included within the permitted travel distance.

2) Hazardous Area에서의 최대 보행거리

High Hazardous Contents가 Control Area(통제 지역)당 최대 허용 수량을 초과할 경우 아래와 같은 보행거리 제한치를 두고 있다. 최대 허용 수량을 초과하지 않으면 내화벽체(지하 2층~지상 3층, 1시간)로 Control Area를 구획하는 것 말고는 제한조건이 없으므로 Industrial 및 Storage 용도의 제한치를 적용하면 된다.

NFPA 5000, Table 34.3.2.4.1 Travel Distance Limits in Hazardous Areas

Hazard Level	Distance
1	23 m
2	30 m
3	46 m
4	53 m
5	61 m

NFPA 5000,34.3 Requirements for Occupancies Exceeding the Maximum Allowable Quantities per Control area for High Hazard Contents

34.3.2.4.1 Travel Distance Limit. Travel distance to an exit from areas required to comply with Protection Level 1 through Protection Level 5 shall not exceed the distance given in Table 34.3.2.4.1, measured as required in 11.6.2.

3) 각 Occupancy 및 Hazardous Area를 통합한 Fire Escape Route Length(1) + 2)

위의 1)항과 2)항을 통합하면 아래의 표와 같다.
High Hazardous Contents Area의 내용이 이전 2003년 Code와 다르다.

Type of building	Travel distance (Length of escape route)		Common path (Escape route length without 2nd escape route option)		Dead-end corridor (Escape route length from dead- end corridor)	
	without sprinkler	with sprinkler	without sprinkler	with sprinkler	without sprinkler	with sprinkler
1) General Industrial Occupancy (with low to ordinary hazard potential)	≤ 60m	≤ 76m ≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
2) Special-purpose Industrial Occupancy (with low to ordinary hazard potential)	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
3) General and Special-purpose Industrial Occupancy (with high hazard potential)	not permitted	≤ 23~61m (이전엔≤ 23m)	not permitted (for only single egress,≤ 7.6m)		not permitted	
4) Business Occupancy (office buildings)	≤ 60m	≤ 91m	≤ 23m	≤ 30m	≤ 6.1m	≤ 15m
5) Storage Occupancy (warehouses with low hazard potential)	not limited	not limited	not limited	not limited	not limited	not limited
6) Storage Occupancy (warehouses with ordinary hazard potential)	≤ 60m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 30m
7) Storage Occupancy (warehouses with high hazard potential)	not permitted (이전엔 ≤ 23m)	≤ 23~61m (이전엔≤ 30m)	not permitted (for only single egress,≤ 7.6m)		not permitted	

4) GT, ST Building에서의 최대 보행거리

GT, ST Building은 승인된 자동화재진압설비를 설치하여 특수 위험을 막는 경우 최대보행거리 122m가 허용되고 전제적으로 스프링클러 설치하는 것도 면제된다.

NFPA 5000, 29.2.6.1 * Power-Generation Buildings

Buildings of Type I or Type II construction used exclusively for the enclosure of **steam generators, steam turbines, gas turbines, heat recovery generators, and flue gas treatment equipment**, with special hazards protected by approved automatic suppression systems in accordance with NFPA 11, ..., shall be permitted to have a **maximum travel distance of 400 ft (122 m)**.

NFPA 5000, 29.2.5.1.3 * Power-Generation Buildings

29.3.5.1.3* Power-Generation Buildings. In lieu of providing sprinkler protection throughout in accordance with 29.3.5.1, buildings of Type I or Type II construction used exclusively for the enclosure of steam generators, steam turbines, gas turbines, heat recovery generators, and flue gas treatment equipment **shall not be required to be sprinklered throughout**, provided that the special hazards are protected by approved automatic suppression systems in accordance with NFPA 11, Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam, NFPA 12, Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems, NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems, NFPA 15, Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection, NFPA 16, Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems, NFPA 17, Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems, NFPA 750, Standard on Water Mist Fire Protection Systems, or NFPA 2001, Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.

5) Oman에 적용한 Fire Escape Route Length(색상있는 셀로 선정)

Building Name	Occupancy	Travel distance (Length of escape route)		Common path (Escape route length without 2nd escape route option)		Dead-end corridor (Escape route length from dead- end corridor)	
		without sprinkler	with sprinkler	without sprinkler	with sprinkler	without sprinkler	with sprinkler
Air Compressor Building	Special-Purpose Industrial	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Main Electrical Building	Special-Purpose Industrial	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Fuel Oil Forwarding/Unloading Pump Building	Special-Purpose Industrial	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Fire Fighting Pump Station	Special-Purpose Industrial	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Water Treatment Building	General Industrial	≤ 60m	≤ 76m ≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Hypo-Chlorination and Switchgear Building	General Industrial	≤ 60m	≤ 76m ≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Administration & Central Control Building	Business and General Industrial	≤ 60m	≤ 91m	≤ 23m	≤ 30m	≤ 6.1m	≤ 15m
Guard House	Business	≤ 60m	≤ 91m	≤ 23m	≤ 30m	≤ 6.1m	≤ 15m
Steam Turbine Building	Special-Purpose Industrial	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Feed Water Pump House	Special-Purpose Industrial	≤ 91m	≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
Workshop Building	General Industrial and Storage	≤ 60m	≤ 76m ≤ 122m	≤ 15m	≤ 30m	≤ 15m	≤ 15m
SHELTERS	No Occupancy						

* 1. Fire Fighting Pump Station은 Diesel Driven Pump에만 Sprinkler를 설치했다가 Owner Comment후 전체 적용하였음.

2. Fuel Oil Forwarding/Unloading Pump Building은 Hazardous Zone 2에 속해 Sprinkler를 적용하였음.

6) 최대 허용 보행거리 초과시 대책

최대 허용 보행거리는 가장 가까운 비상구(피난계단실 문, 외부문)에 도달하는 보행로의 길이이다. 2개 이상의 비상구가 필요한 경우에 가장 가까운 비상구가 아닌 다른 비상구까지의 거리에 대한 별도의 규정은 없다.

보행거리 초과시 대책은 아래와 같다.

- 1) Sprinkler를 설치하여 최대 허용 보행거리를 늘림
- 2) 피난계단과 같은 내화벽체로 복도를 구획하여 보행거리를 줄임

아래 그림에서 X~E1이 보행거리이다. X~E2까지의 보행거리가 기준을 넘어섰을 때 보행거리를 줄이기 위해 피난계단실과 같은 내화벽체로 복도를 구획하면 보행거리를 줄일 수 있다.

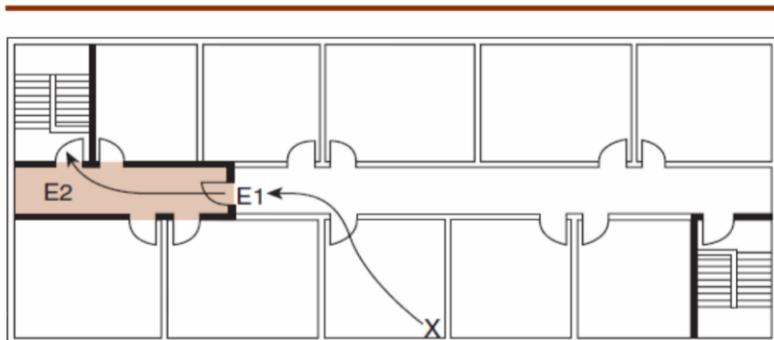


EXHIBIT 14.16 Exit passageway used to keep travel distance from becoming excessive.

3. Discharge from Exits

1) Exit Termination

피난통로(e.g 피난계단실)는 공공도로나 건축물의 외부문에서 끝나야 한다. 이것은 피난계단이 복도에서 끝나면 안 되고, 모두 외부로 연결되어야 한다는 의미인데 이처럼 배치하면 평면 배치가 불가능한 경우가 많다(Owner Engineer도 사실 이런 것까지 Comment하지는 않는다. 그러나 할 가능성도 있다). 그래서 아래 2)와 같은 예외가 있다.

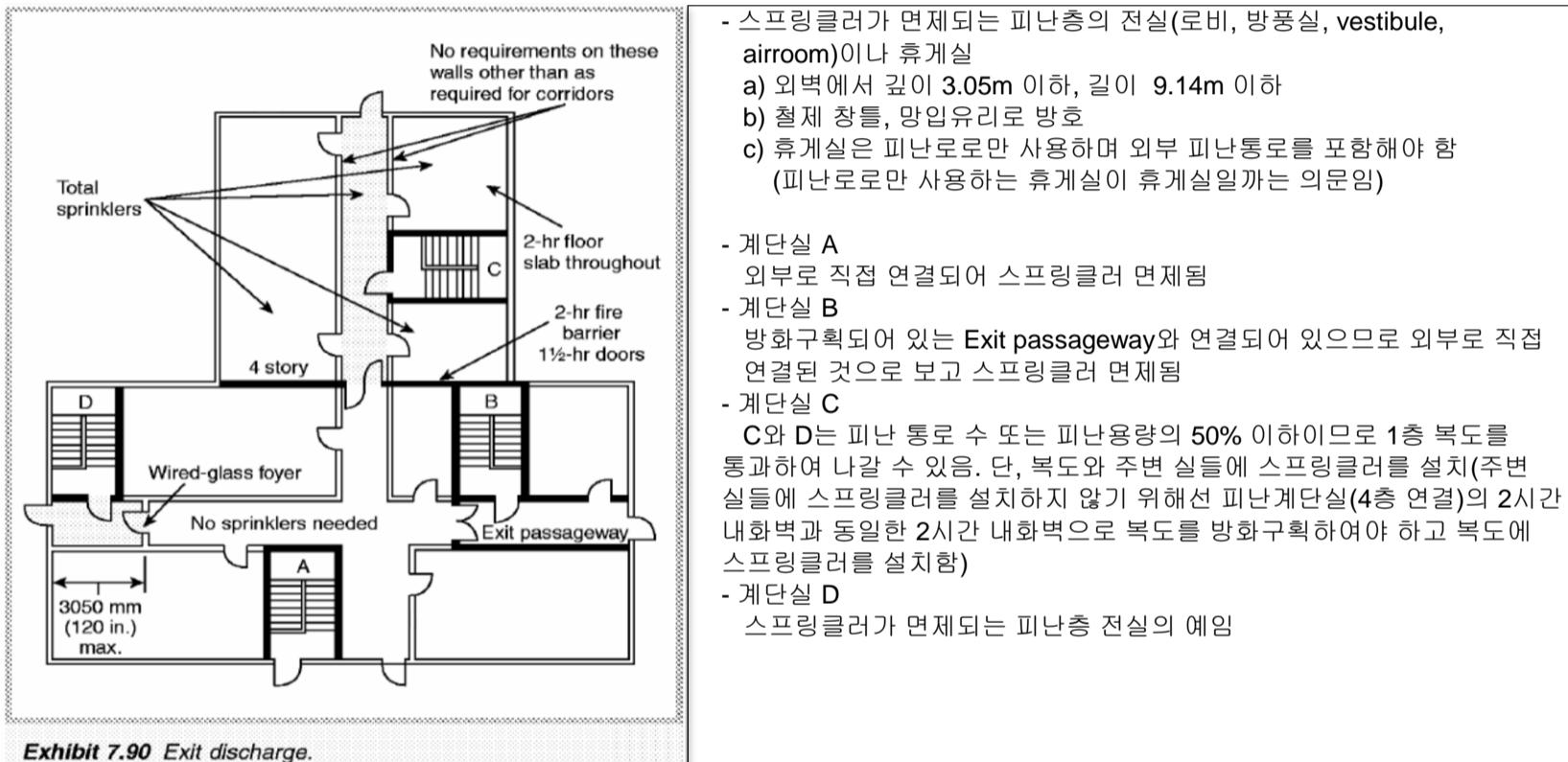
NFPA 5000, 11.7 Discharge from Exits

11.7.1* Exit Termination. Exits shall terminate directly, at a public way or at an exterior exit discharge, unless otherwise provided in 11.7.1.2 through 11.7.1.4.

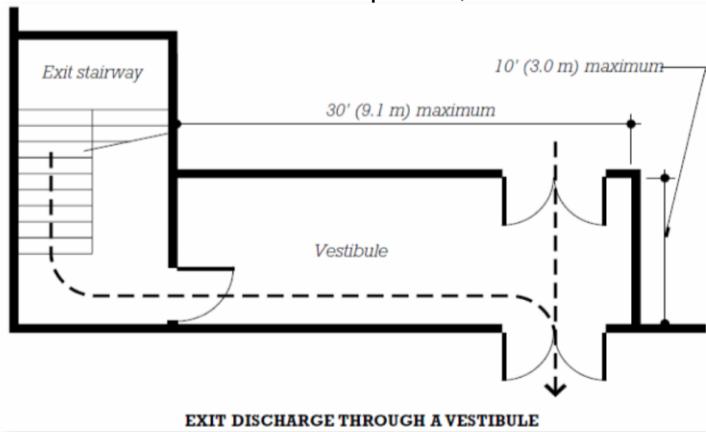
2) Discharge Through Areas on Level of Exit Discharge

아래의 기준을 만족시키는 경우, 필요한 피난통로 수의 50% 이하, 피난용량의 50% 이하가 피난층 지역(e.g 복도 등)을 통해 옥외로 나갈 수 있다. 이 규정의 의도는 외부로 직접 나가는 피난통로의 방호 수준과 피난계단실에 연결된 피난층 복도의 방호 수준을 동일한 수준으로 맞추는 것이다.

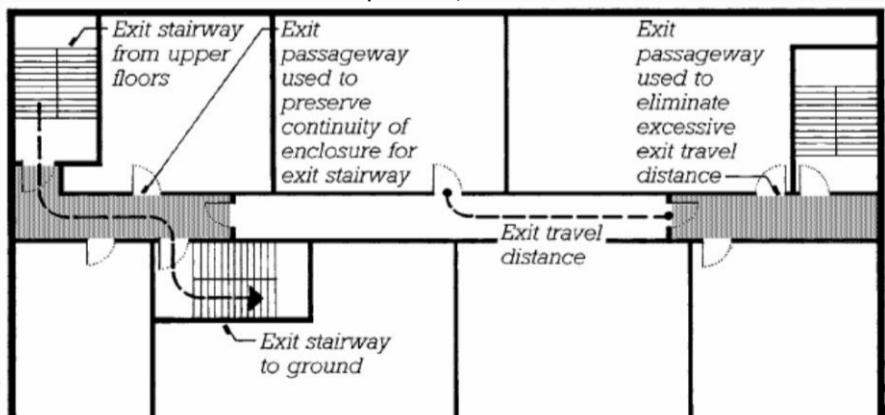
- 1) 출구는 외부의 장애물없는 도로로 통함(대개 만족하므로 별 의미없는 조건임)
- 2) **피난층(1층)의 전 구역 또는 출구로 이용되는 일부 구역은 자동식 스프링클러로 방호되어야 하고 스프링클러가 설치되지 않은 지역은 피난계단실과 같은 내화벽으로 구획하여야 함**
단, 밖으로 나가는 지역이 아래 a, b, c항을 전부 만족시키는 전실이나 휴게실인 경우는 스프링클러 설치가 면제됨.
- 3) 피난층 전체 지역은 피난계단에 필요한 내화성능 이상의 구조물로 아래 지역과 구획되어야 함(지하실이 있는 경우 보통 RC slab로 시공되기 때문에 당연히 2시간 이상의 내화성능을 확보하므로 별 의미없는 조건임)



The Architect's Studio Companion, Vestibule



The Architect's Studio Companion, 상하부 계단의 연속성 확보



NFPA 5000, 11.7.2 Discharge Through Areas on Level of Exit Discharge

Not more than 50 percent of the required number of exits, and not more than 50 percent of the required egress capacity, shall be permitted to discharge through areas on the level of exit discharge, unless otherwise provided in 11.7.2.1, provided that the criteria of 11.7.2.2 through 11.7.2.6 are met.

11.7.2.2 The discharge specified in 11.7.2 shall lead to a free and unobstructed way to the exterior of the building, and such way shall be readily visible and identifiable from the point of discharge from the exit.

11.7.2.3 The level of discharge shall be protected throughout by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 55.3, or the portion of the level of discharge used for discharge shall be protected by an approved automatic sprinkler system in accordance with Section 55.3 and shall be separated from the nonsprinklered portion of the floor by a fire resistance rating meeting the requirements for the enclosure of exits. (See 11.1.3.2.1.)

11.7.2.4 The requirement of 11.7.2.3 shall not apply where the discharge area is a vestibule or foyer meeting all of the following:

(1) The depth from the exterior of the building shall be not more than 10 ft (3050 mm), and the length shall be not more than 30 ft (9140 mm).

(2) The foyer shall be separated from the remainder of the level of discharge by construction providing protection not less than the equivalent of wired glass in steel frames.

(3) The foyer shall serve only as means of egress and shall include an exit directly to the outside.

11.7.2.5 The entire area on the level of discharge shall be separated from areas below by construction having a fire resistance rating not less than that required for the exit enclosure, unless otherwise provided in 11.7.2.6.

F08. Door Swing Direction Considerations

1. Door Swing Direction

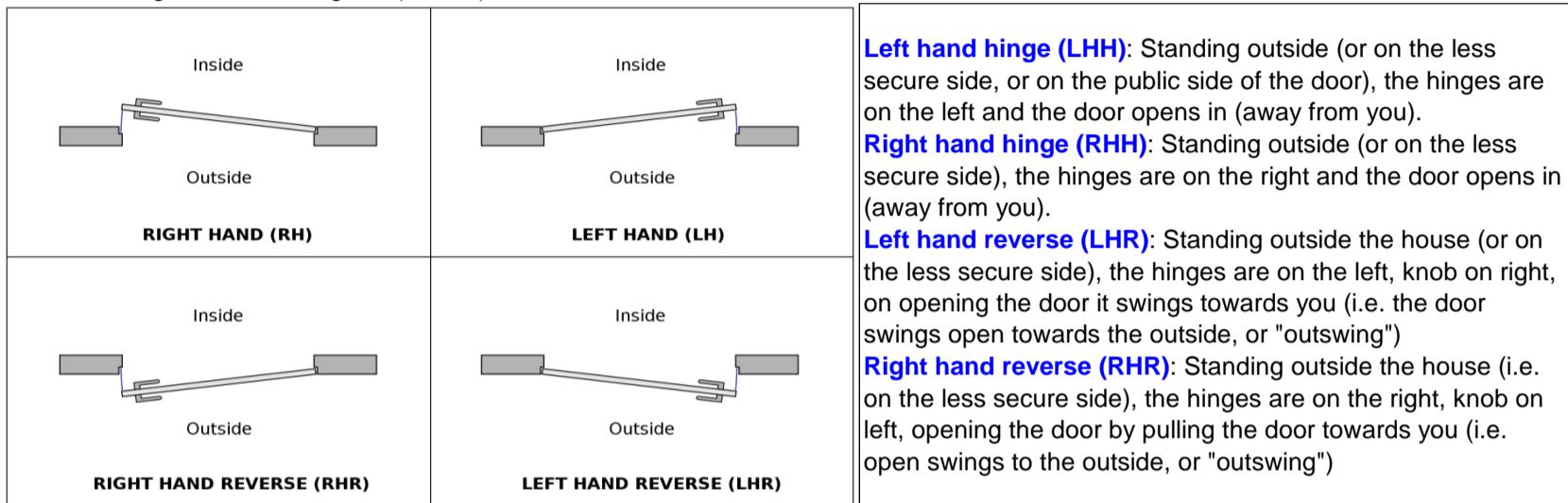
1) 일반적인 방법

문은 밖에서 안으로 or Public에서 Private으로 밀어서 여는 것이 일반적인 방법이다. Hinge가 어디에 달려 있어 어느 쪽으로 열리는가에 따라 아래 그림(미국식)과 같이 LH(한지는 왼쪽, 자기 반대쪽으로 열림), RH, LHR, RHR 등으로 분류하는데, 영국 및 호주는 자기 앞쪽으로 열리는 쪽이 LH, RH이므로 열리는 방향이 다르다.

Wikipedia, Door Swing Direction

For most of the world, door swings, or handing, are determined while standing on the outside or less secure side of the door while facing the door (i.e., standing on the side you use the key on, going **from outside to inside**, or **from public to private**).

Door Swing Directions Diagram (미국식)



2) Fire Escape를 고려한 방법

NFPA에서는 피난방향으로 열려야 하는 문에 대해 아래와 같이 정하고 있다.

- 1) 수용인원 50명 이상인 지역에 있는 문
- 2) Exit Enclosure(계단실, 계단실과 외부문을 연결하는 복도 등)에 있는 문
- 3) 상급 위험 물질을 수용하고 있는 지역에 있는 문

NFPA 5000, 11.2.1.4 Swing and Force to Open

11.2.1.4.2 Side-hinged or pivoted-swinging doors in the required means of egress **shall swing in the direction of egress travel** where any of the following conditions exist:

- (1) The doors shall serve an area with **an occupant load of 50 or more**.
- (2) The doors shall be used in an **exit enclosure**.
- (3) The requirement of 11.2.1.4.2(2) shall not apply to doors from individual dwelling units that open directly into an exit enclosure.
- (4) The doors shall serve a **high hazard contents area**.

2. Door Swing Direction Considerations

1) 수용인원 50명

문은 위와 같이 밖에서 안으로 열리는 것이 일반적인 방법이지만 Fire Escape 만을 고려한다면 안에서 밖으로, 즉 피난방향으로 열리는 것이 이상적인 방법이다. 그러나 모든 문을 피난방향으로 열리게 하는 것은 바람직하지 않다. 복도가 있는 경우 여러 실들의 문이 복도쪽으로 열릴 경우, 다른 문을 향해 열리거나 움직이는 사람들을 향해 열리면 복도의 폭을 감소시키고 통행인과 충돌이 있을 수도 있다. 이러한 점을 고려하여 수용인원 50명 미만의 실에 대해 피난방향과 반대방향으로 열리는 문을 허용하고 있는 것이다. 수용인원 50명 이상인 실의 면적은 아래의 표를 참조한다.

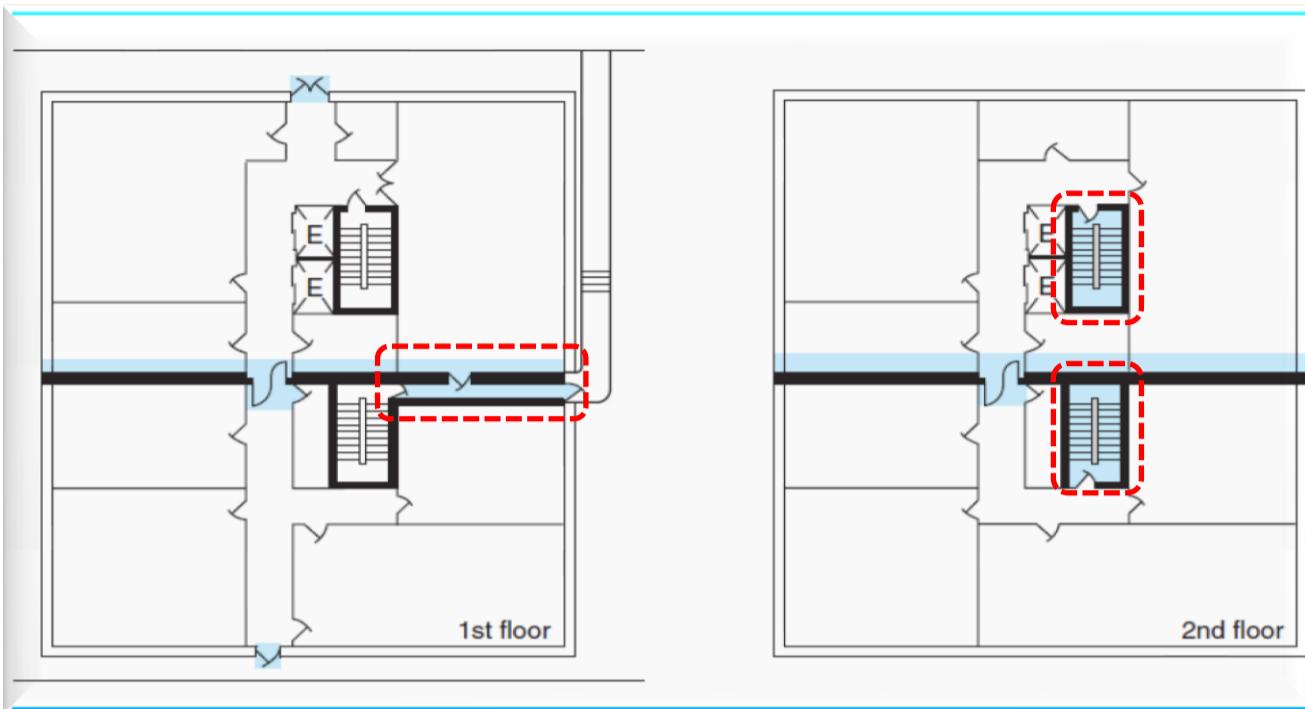
NFPA 5000, Table 11.3.1.2 Occupant Load Factor and Table 11.3.3.1 Egress Capacity Factor

Use	Factor (m ² per person)	수용인원 50명 시 면적
Assembly	Concentrated, without fixed seating	0.65
	Less concentrated, without fixed seating	1.4
Business	9.3	465.0 m ²
Industrial	General & high hazard	9.3
	Special purpose	N/A (예상 점유자수 이용)
Storage	N/A	N/A (예상 점유자수 이용)

2) Exit Enclosure

Exit Enclosure는 계단실, 계단실과 외부문을 연결하는 복도를 의미한다(아래 그림에서 붉은 점선 부분)

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Various forms of exits



3) High Hazard Contents

상급 위험 물질은 아래와 같이 분류된다.

- 1) High Hazard Level 1 Contents : 폭발 위험이 있는 물질
- 2) High Hazard Level 2 Contents : 폭연 위험 또는 연소를 촉진시키는 물질
- 3) High Hazard Level 3 Contents : 연소를 도와주거나 물리적인 위험이 존재하는 물질
- 4) High Hazard Level 4 Contents : 건강상 심각한 위험이 있는 물질
- 5) High Hazard Level 5 Contents : 반도체 제조 도는 연구 및 개발에서 사용하는 위험발생물질

Power Plant의 경우 대개 Battery Room, Fuel Oil Pump Room, Gas Compressor Room, Chemical Storage, Gas Storage, H2 Storage 등을 상급 위험 물질 수용지역으로 보고 피난방향으로 문이 열리게 하면 문제가 없다.

4) 열리는 방향에 대한 평가

아래 그림에서 문이 열리는 방향에 대해 아래와 같이 평가할 수 있다.

1) A와 B의 경우

A문과 B문은 복도쪽으로 서로 마주 보며 열린다. Code에 위배되는 것은 아니지만(열었을 때 통로, 복도 또는 계단참 폭의 1/2 이상을 가로막지 않음) 양쪽 문이 모두 열렸을 때 복도를 차단하는 방향으로 문을 배치하지 않는 것이 좋다.

2) C의 경우

C문은 방의 수용인원이 50명 미만이고, 상급 위험 수용품이 없을 시 방쪽으로 열리는 것이 허용된 경우이다.

3) D의 경우

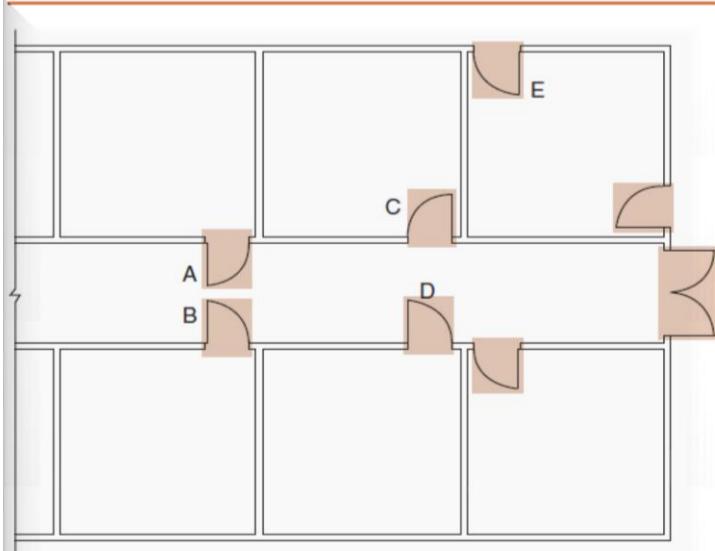
D문은 방의 수용인원이 50명 이상일 시 피난방향으로 문이 열리는 경우이다.

4) E의 경우

Exit(비상구) 문이지만 피난통로 구획실용이 아니기 때문에 방의 수용인원이 50명 미만이고 방에 상급 위험 물질이 없을 시 방쪽으로 열리는 것이 허용된 경우이다.

5) 외부문 : 무조건 밖으로 열리게 하면 문제가 없다.

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Door leaf swing direction considerations



- 문이 열리는 방향에 대한 실무 적용 의견

- 1) 소방 관점에서 보면 모든 문은 내부에서 외부로 열리며, 오른손잡이가 대부분이므로 LHR type이 가장 좋다.
- 2) 사용 측면에서 보면 외부나 복도로 열리는 문은 항상 충돌 등의 사고의 위험성이 있으므로 내부로 열리는 LH type이 가장 좋다.
- 3) 건축 관점에서 보면 LH/RH type은 젖힌 후 벽쪽으로 붙는 것이 좋고, LHR/RHR type은 젖힌 후 외부 출구 방향과 간섭 안 되는 것이 좋다.

위의 의견을 종합하여 아래와 같이 적용하는 것이 가장 좋을 것으로 판단된다.

- 1) 소방 관점에서 복도로 열려야 하는 문을 정하고 외부문은 모두 밖으로 열리게 한다(모두 LHR type으로 우선 선정)
- 2) 건축과 사용 관점에서 내부로 열리는 문은 LH/RH type으로 하여 벽쪽으로 붙인다.(그림 C의 경우)
- 3) 건축과 소방 관점에서 복도나 외부로 열리는 문은 LHR/RHR type으로 하여 피난 방향과 간섭 안 되는 쪽으로 열리게 조정한다(그림 A, B, D)

EXHIBIT 14.8 Door leaf swing direction considerations.

5) 문을 열었을 때 복도 폭의 1/2 이상 침범시 대책

문을 열었을 때 복도 요구 폭(위의 표 11.3.1.2 Occupant Load Factor와 표 11.3.3.1 Egress Capacity Factor로 구함, 실제 복도 폭이 아님, 실제 복도 폭은 대개 더 넓게 함)의 1/2 이상에는 장애물이 없어야 하고, 복도 요구 폭으로 18cm 이상 돌출되어서는 안 된다. 아래 그림은 11.2.1.4의 요구사항을 만족시키는 방법에 관한 내용이다.

- 1) ①번 문
복도 요구 폭 A, 90도로 열었을 때 A/2 만족, 180도로 열어서 A를 180mm 이내로 침범하므로 만족
 - 2) ②번 문
①번 문과 맞 열리기 때문에 Alcove(안으로 들어간 방)를 만들어 만족시킴
 - 3) ③번 및 ④번 문
180도로 열어서 A를 180mm 이내로 침범하므로 만족
 - 4) ⑤번 문
Alcove를 만들어 A를 침범하지 않으므로 만족

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Door leaf swing into a corridor

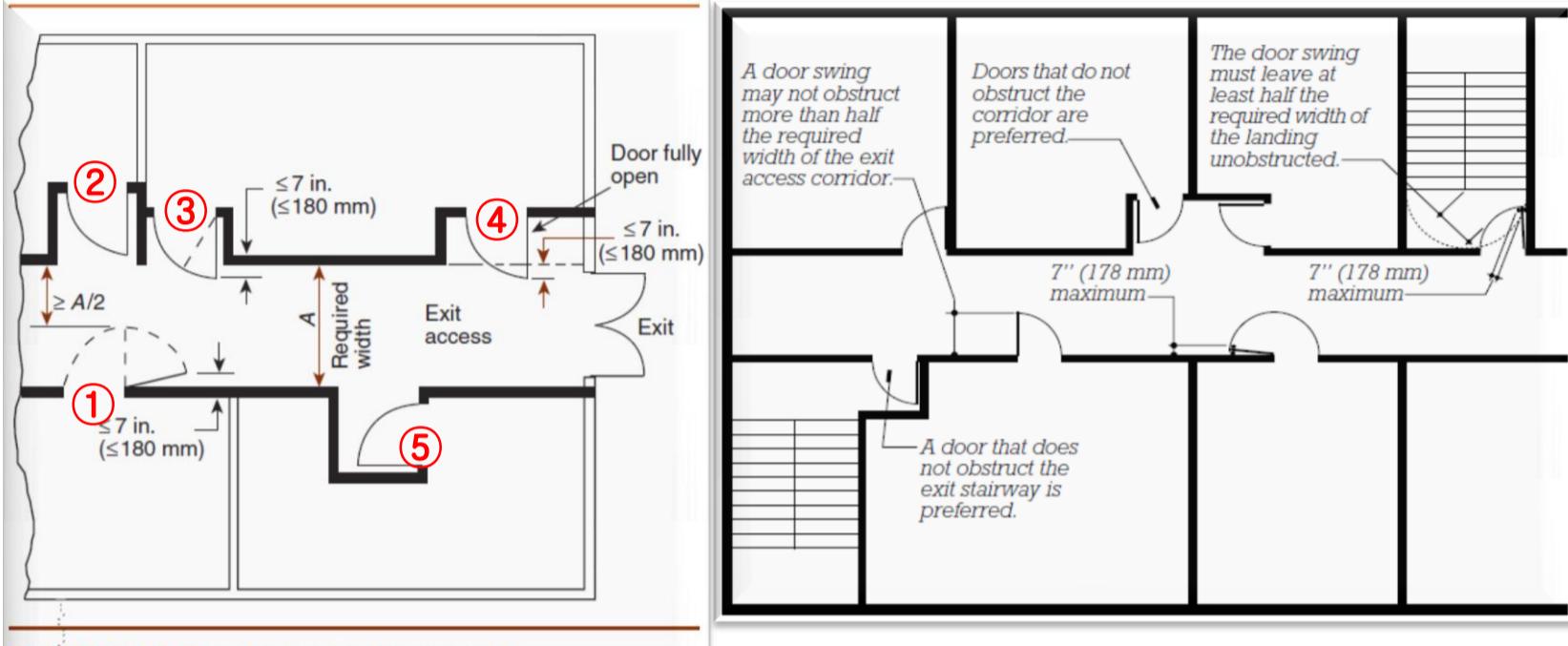


EXHIBIT 14.9 Door leaf swing into a corridor.

NFPA 5000, 11.2.1.4 Swing and Force to Open

11.2.1.4.3* During its swing, any door in a means of egress **shall leave not less than one-half of the required width of an aisle, corridor, passageway, or landing unobstructed and shall not project more than 7 in. (180 mm) into the required width of an aisle, corridor, passageway, or landing when fully open**. Doors shall not open directly onto a stair without a landing. The landing shall have a width not less than the width of the door. (See 11.2.1.3.)

6) 피난계단실에서 문이 열렸을 때의 폭

- 1) 계단을 이용하는 모든 층의 총 수용인원이 50명 미만일 경우
계단 요구폭 915mm, 11.2.1.4에 의해 $B \geq A/2$ 이어야 하므로 B는 458mm 이상이 되어야 함
 - 2) 계단을 이용하는 모든 층의 총 수용인원이 50명 이상일 경우
계단 요구폭 1120mm, 11.2.1.4에 의해 $B \geq A/2$ 이어야 하므로 B는 560mm 이상이 되어야 함

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Minimum required unobstructed clearance

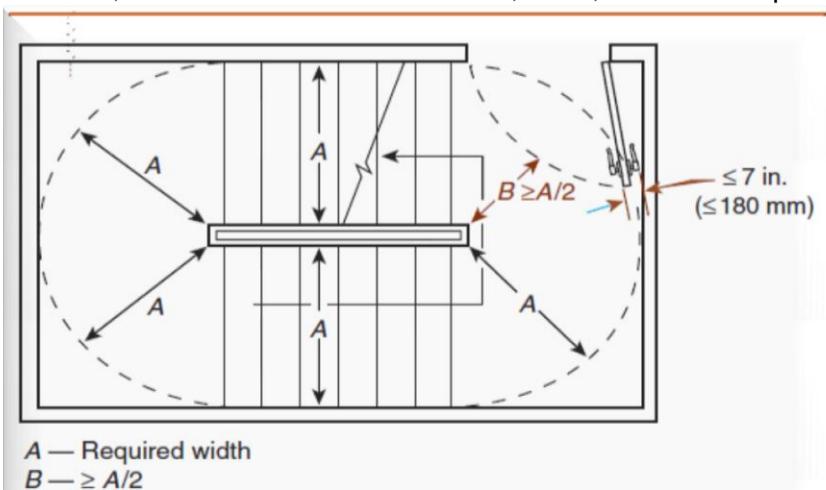


EXHIBIT 14.10 Minimum required unobstructed clearance with door leaf encroaching on landing in new buildings.

F09. Panic Hardware and Fire Exit Hardware

1. Panic Hardware and Fire Exit Hardware Type

둘 다 피난방향으로 바를 밀면 문이 열리게 하는 장치이다, 차이점은

- 1) Fire Exit Hardware는 방화문에 설치(Panic Bar에 방화성능이 포함된 것임)
- 2) Panic Hardware는 일반문에 설치

NFPA 5000, 3.3.299 Hardware

3.3.299.1 Fire Exit Hardware. A door-latching assembly incorporating an actuating member or bar that releases the latch bolt upon the application of a force in the direction of egress travel and that additionally provides fire protection where used as part of a fire door assembly.

3.3.299.2 Panic Hardware. A door-latching assembly incorporating an actuating member or bar that releases the latch bolt upon the application of a force in the direction of egress travel.

2. Panic Hardware and Fire Exit Hardware

NFPA 5000, 11.2.1.7 Panic Hardware and Fire Exit Hardware

11.2.1.7.1 Where a door is required to be equipped with panic hardware or fire exit hardware, such hardware shall meet the following criteria:

- (1) It shall consist of a cross bar or push pad, the actuating portion of which extends across not less than one-half of the width of the door leaf.
- (2) It shall be mounted not less than 34 in. (865 mm), nor more than 48 in. (1220 mm), above the floor.
- (3) It shall be constructed so that a horizontal force not to exceed 15 lbf (67 N) actuates the cross bar or push pad and latches.

11.2.1.7.2 Only approved panic hardware shall be used on doors that are not fire doors. Only approved fire exit hardware

shall be used on fire doors.

11.2.1.7.3 Required panic hardware and fire exit hardware, in other than detention and correctional occupancies as otherwise provided in 21.2.11, shall not be equipped with any locking device, set screw, or other arrangement that prevents the release of the latch when pressure is applied to the releasing device.

11.2.1.7.4 Devices that hold the latch in the retracted position shall be prohibited on fire exit hardware, unless listed and approved for that purpose.

3. Code Requirement for Panic Hardware

Panic Hardware가 필요한 실로부터 피난로(exit access, exit, and exit discharge)까지의 모든 문에 panic hardware를 설치해야 한다.

→ 2층에 있는 어느 실에 panic hardware가 필요하다면 그 실에 panic hardware를 설치하고 피난로에 속하는 계단실 문과 외부로 통하는 문에도 panic hardware를 설치해야 함

→ panic hardware가 설치되는 모든 문은 당연히 피난로 방향으로 열려야 함.

1) NFPA 5000, 16. Assembly Occupancies

- Mosque의 경우 Concentrated use without fixed seating에 해당하므로 Occupant Load Factor가 0.65 m²/person
- 아래의 내용에서 100명 이상이 대상이므로 65 m² 이상의 면적이면 Panic hardware를 설치해야 함.

16.2.2.2.3 Any door in a required means of egress from an area having an occupant load of 100 or more persons shall be permitted to be provided with a latch or lock only if it is panic hardware or fire exit hardware complying with 11.2.1.7, unless otherwise provided by the following:

- (1) The requirement of 16.2.2.2.3 shall not apply to delayed egress locks as permitted in 16.2.2.2.5.
- (2) The requirement of 16.2.2.2.3 shall not apply to access controlled egress doors as permitted in 16.2.2.2.6.

2) NFPA 5000, 17. Educational Occupancies

17.2.2.2 Any door in a required means of egress from an area having an occupant load of 100 or more persons shall be permitted to be provided with a latch or lock only if such latch or lock is panic hardware or fire exit hardware complying with 11.2.1.7.

3) NFPA 5000, 18. Day-care Occupancies

18.2.2.2 Panic Hardware or Fire Exit Hardware. **Any door in a required means of egress from an area having an occupant load of 100 or more persons** shall be permitted to be provided with a latch or lock only if such latch or lock is panic hardware or fire exit hardware complying with 11.2.1.7.

4) NFPA 5000, 34. High Hazard Contents

- High Hazard Contents Area의 경우

Industrial Use(General and high hazard industrial) : Occupant Load Factor $9.3 \text{ m}^2/\text{person}$

Storage Use : Storage Use는 NA(해당없음)이지만 In other than storage and mercantile occupancies Use를 적용하여 Occupant Load Factor $46.5 \text{ m}^2/\text{person}$ 을 적용(Owner Engineer와의 협의가 필요함)

- 아래의 내용에서 5명 초과가 대상이므로

High hazard Industrial Use : 46.5 m^2 를 초과하면 Panic hardware를 설치해야 함.

High hazard Storage Use : 232.5 m^2 를 초과하면 Panic hardware를 설치해야 함.

34.3.2.4.5 Doors. **Doors serving high hazard contents areas with occupant loads in excess of five** shall be permitted to be provided with a latch or lock only if the latch or lock is panic hardware or fire exit hardware complying with 11.2.1.7.

5) NFPA 70(National Electrical Code), ARTICLE 110 Requirements for Electrical Installations

전기분야 관련설이므로 전기분야에 아래 내용의 실들을 문의하여 결정하며 주로 아래의 실들에 Panic Hardware or Fire Exit Hardware를 설치해야 한다.

1) GT, ST Building

2) MV, LV Switchgear Room

3) TR이 들어간 실

II. 600 Volts, Nominal, or Less

110.26 (C) (2) Large Equipment. For equipment rated **1200 amperes or more** that contains overcurrent devices, switching devices, or control devices, there shall be one entrance to the required working space not less than 610 mm (24 in.) wide and 2.0 m (61/2 ft) high at each end of the working space. Where the entrance has a personnel door(s), **the door(s) shall open in the direction of egress and be equipped with panic bars**, pressure plates, or other devices that are normally latched but open under simple pressure.

III. Over 600 Volts, Nominal

110.30 General. **Conductors and equipment used on circuits over 600 volts, nominal**, shall comply with Part I of this article and with the following sections, which supplement or modify Part I.

110.33 Entrance and Access to Work Space.

(A) Entrance. At least one entrance not less than 610 mm (24 in.) wide and 2.0 m (61/2 ft) high shall be provided to give access to the working space about electric equipment. Where the entrance has a personnel door(s), **the door(s) shall open in the direction of egress and be equipped with panic bars**, pressure plates, or other devices that are normally latched but open under simple pressure.

III. Transformer Vaults

450.43 Doorways. (C) Locks. Doors shall be equipped with locks, and doors shall be kept locked, access being allowed only to qualified persons. **Personnel doors shall swing out and be equipped with panic bars**, pressure plates, or other devices that are normally latched but open under simple pressure.

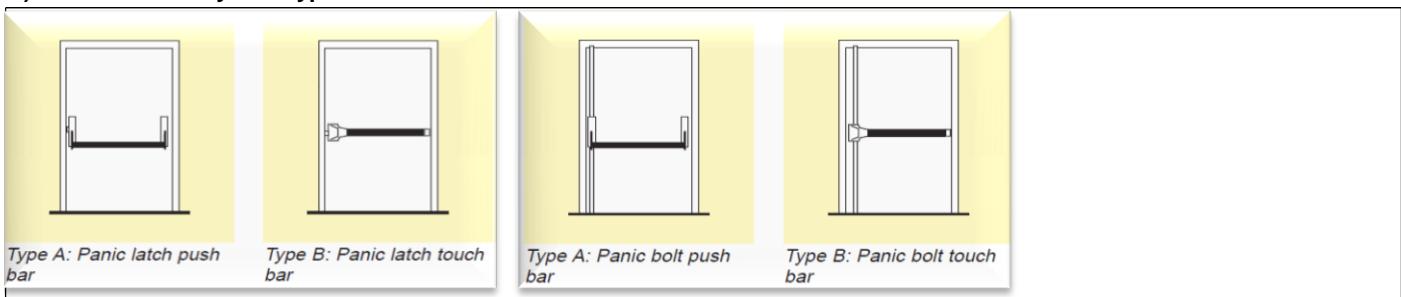
4. Occupancies Requiring Panic and Fire Exit Hardware

NFPA 5000, NFPA 70	Room		Panic and Fire Exit Hardware
Assembly, Educational, and Day-care Occupancies having an occupant load of 100 people or more.	N/A		N/A
high hazard contents areas with occupant loads in excess of five	N/A		N/A
Rooms housing large equipment - 600 Volts, nominal, or less, 1200 amperes or more	Steam Turbine Building	Tubine Area	Required on 6 doors
	Admin.and Central Control Building	Electrical Room (Mold TR)	Required on 3 doors (except access controlled egress doors 2 ea)
	Switchgear Building for Sea Water Pump Station	LV Switchgear Room	Required on 2 doors
Rooms housing conductors and equipment used on circuits over 600 volts, nominal	Admin.and Central Control Building	Electrical Room (Mold TR)	Required on 3 doors (except access controlled egress doors 2 ea)
	Switchgear Building for Sea Water Pump Station	LV Switchgear Room	Required on 2 doors
	Switchgear Building for Sea Water Pump Station	MV Switchgear Room	Required on 2 doors
	Main Electrical Building	MV Switchgear Room	Required on 4 doors
	Hypo-Chlorination and Switchgear Building	Transformer Room	Required on 3 doors
Transformer vaults	N/A		N/A

Panic hardware가 설치된 양개문에는 access control door 적용 불가하므로 access control을 적용하지 않는 것이 좋다. Panic hardware를 설치하지 않고 예외조항인 access controlled egress door 및 delayed egress locks를 설치하는 것은 code requirements가 훨씬 복잡하므로 지양하는 것이 좋다.

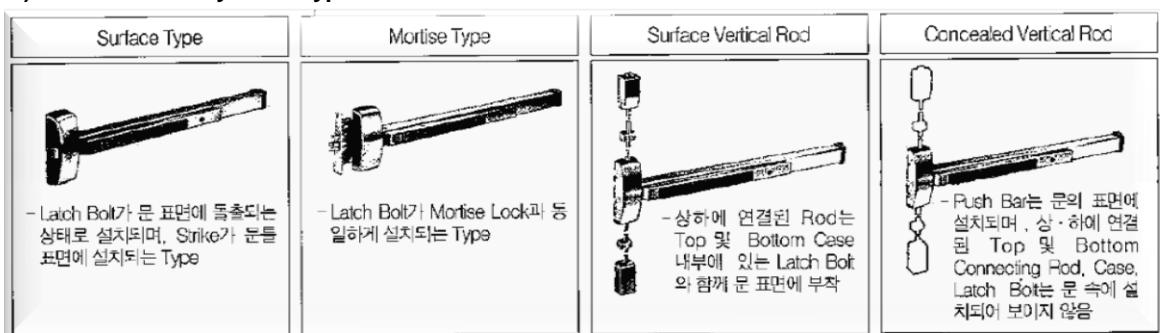
5. Panic Hardware and Fire Exit Hardware Type

1) Classification by Bar Type



최근에는 Touch Bar Type을 주로 적용한다.

2) Classification by Lock Type



6. Cost

- Panic hardware 개당 \$147~\$402까지 다양함, Fire exit hardware 개당 \$429
- SEC(Saudi Electric Company)의 경우 모든 문은 2시간 내화에 panic bar를 설치하라고 ITB에 명기하고 있다

F10. Dimension

1. Important Dimension in Means of Egress

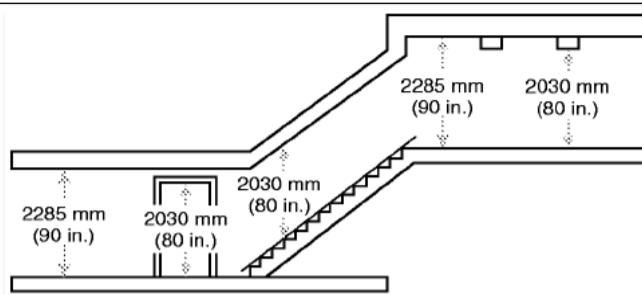
피난로를 구성하는 복도, 문, 계단, Ladder 등에는 최소 치수가 규정되어 있다. 이 최소 치수를 엄격히 지켜 안전한 피난로를 구성하도록 설계하고 도면에 반영하여야 한다.

1) Headroom(통과 높이)

Headroom은 키 2m인 사람까지 피난에 지장을 받지 않고 통과할 수 있는 높이(2.03m, 여유치 3cm)로 볼 수 있다.

Headroom은 바닥에서 천장까지 2,285mm, 천장 돌출부까지 2,030mm 이상이어야 하고 아래와 같이 정리할 수 있다.

- 1) 일반적인 Headroom : 2,285mm
- 2) 복도 천장 돌출부 Headroom : 2,030mm
- 3) 계단 경사면의 Headroom : 2,030mm
- 4) 문 개구부(상부 문틀 하단까지)의 Headroom : 2,030mm
- 5) 공업용 장치 접근로의 Headroom : 2,030mm
- 6) Headroom 2,285mm인 부분이 전체 천장면적의 2/3 이상(1/3은 2,030mm 이상)



NFPA 5000, 11.1.5 Headroom

11.1.5.1 Means of egress shall be designed and maintained to provide headroom in accordance with other sections of this Code, and such headroom shall be **not less than 2285 mm, with projections from the ceiling not less than 2030 m** nominal above the finished floor.

11.1.5.3 **The minimum ceiling height** shall be maintained for **not less than two-thirds of the ceiling area** of any room or space, provided that the ceiling height of the remaining ceiling area is not less than 6 ft 8 in. (2030 mm).

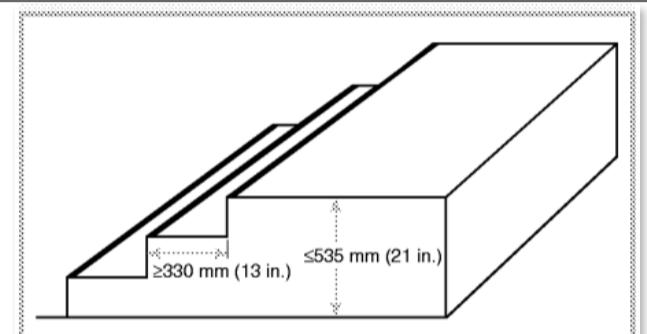
11.1.5.4 **Headroom on stairs shall be not less than 2030 mm** and shall be measured vertically above a plane parallel to, and tangent with, the most forward projection of the stair tread.

2) Changes in Elevation(보행면에서의 높이 변화)

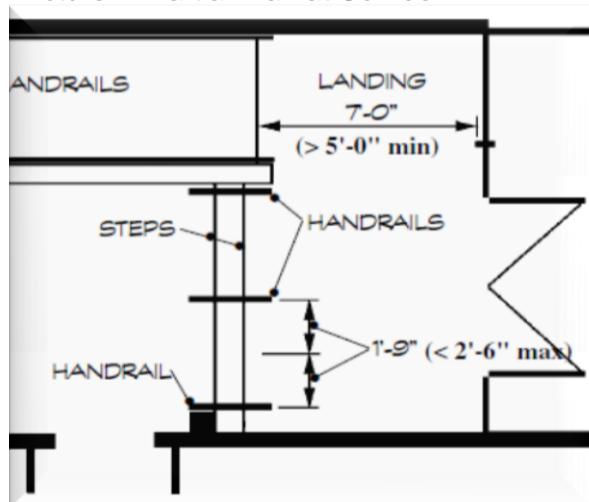
보행면의 갑작스런 높이 변화는 6.3mm를 초과해서는 안 되고 13mm를 초과하면 수평면의 변경으로 간주하여 승인된 피난로(계단이나 경사로)를 설치하여야 한다.

- 1) 13mm 초과, 535mm 초과시 : 승인된 계단이나 경사로
- 2) 13mm 초과, **535mm 이하시** : 승인된 경사로나 오른쪽 그림과 같은 계단

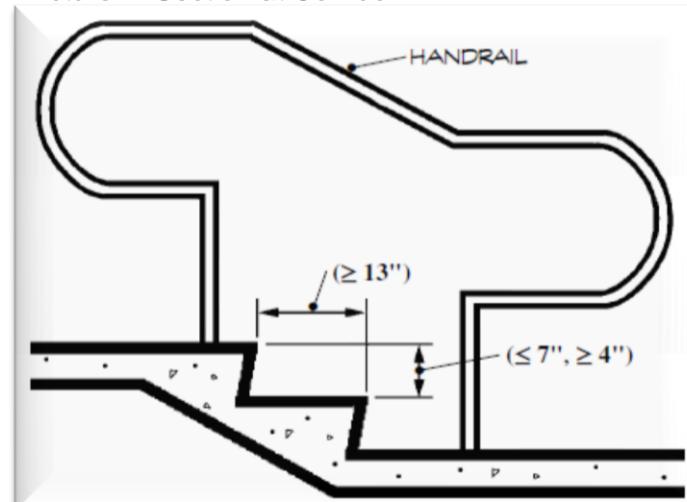
높이 변화가 535mm인 경우 이러한 작은 높이 변화에서는 계단을 보지 못하고 헛발을 디딜 수 있으므로 헛발 디딤을 감소시키기 위하여 디딤판을 33cm 이상으로 하고, 색상 띠 등으로 계단이 눈에 잘 띄도록 한다. 대개 건물 내부에서는 보기 힘들고 건물외부의 Stoop에서 볼 수 있는 계단의 형태인데, Exit Discharge에 건물 외부 계단도 포함되므로 피난로의 일부로써 계단의 모든 요구사항을 만족시켜야 하므로 Handrail 및 Noslip도 설치해야 한다. 이러한 계단은 설계에서 대부분 간과하는 부분으로 주의가 필요하다. 사실, Owner Engineer가 이런 것까지 Comment하지는 않는다. Oman Project에는 33cm만 반영하였다.



Picture 1. Partial Plan at Corridor



Picture 2. Section at Corridor



NFPA 5000, 11.1.6 Walking Surfaces in Means of Egress.

11.1.6.2 Changes in Elevation. Abrupt changes in elevation of walking surfaces shall not exceed 1/4 in. (6.3 mm). Changes in elevation exceeding 1/4 in. (6.3 mm), but not exceeding 1/2 in. (13 mm), shall be beveled 1 to 2. Changes in elevation exceeding 1/2 in. (13 mm) shall be considered a change in level and shall be subject to the requirements of 11.1.7.

NFPA 5000, 11.1.7 Changes in Level in Means of Egress

11.1.7 Changes in Level in Means of Egress.

11.1.7.1 Changes in level in means of egress shall be achieved by an **approved means of egress** where the elevation difference **exceeds 535 mm**.

11.1.7.2* Changes in level in means of egress **not in excess of 535 mm** shall be achieved either by **a ramp** complying with the requirements of 11.2.5 or by **a stair** complying with the requirements of 11.2.2.

11.1.7.2.2 Where a stair is used to meet the requirement of 11.1.7.2, the tread depth of such stair shall be **not less than 330 mm**.

3) Guards

바닥부터의 높이가 76cm 이상인 피난로(계단, 계단참, Platform 등)의 개방된 부분에는 Guard Rail을 설치한다(Handrail은 Guard Rail의 상부 손스침에 국한된 명칭임, Guard Rail의 일부분임). 예외는 하역 도크, 무대 플랫폼 등이다.

- Guard의 높이는 1,065mm 이상
- 4층 이상에 설치되는 옥외계단 : 높이 1.22m 이상의 불투명 시각 장애물(metal or masonry screens and grilles)을 설치
- 영국 : 60cm 이상에 Guard Rail 설치
- ISO 14122(KSB ISO 14122, KS 규격은 ISO와 같음, 장치접근로)
- 높이 500mm 초과시 or 플랫폼과 기계 또는 벽체 간 틈이 200mm 초과시 Guard-rail 설치, 틈 30mm 초과시 Toe Plate 설치
- 수평 안전난간(계단참 포함) : 높이 1,100mm 이상, 계단 : 높이 900~1,000mm
- 우리나라(산업안전기준에 관한 규칙) : 4단 이상인 계단에 안전난간 설치

ISO 14122-3, Permanent means of access to machinery(장치접근로)

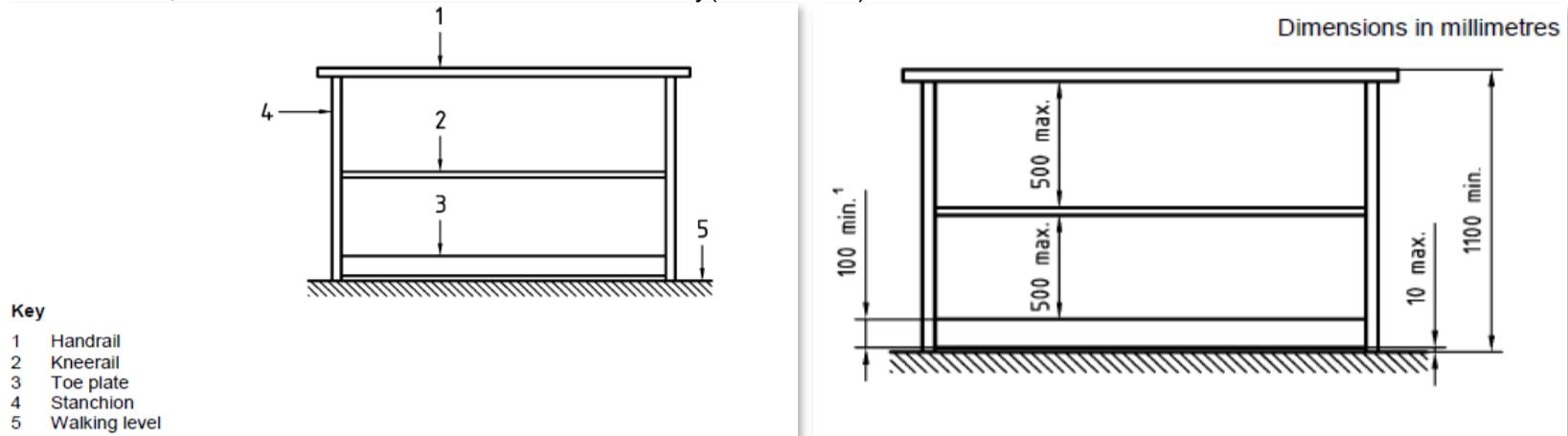


Figure 2 — Example of the parts of a typical structure of a guard-rail

Figure 4 — Example of a horizontal guard-rail

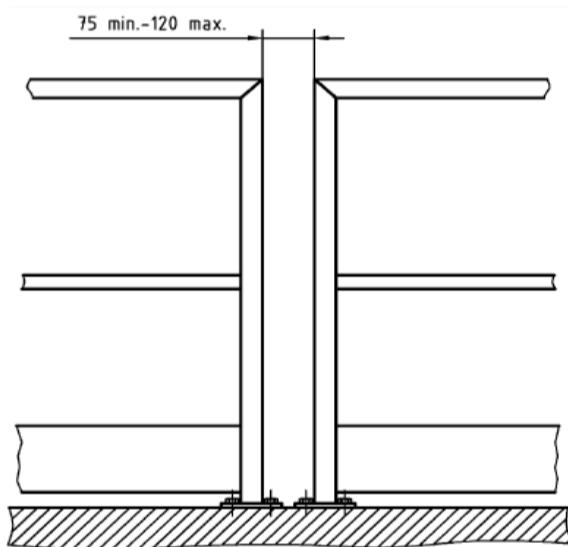


Figure 5 — Clear space between two guard rail segments

Guard-rails of stairs and step ladders

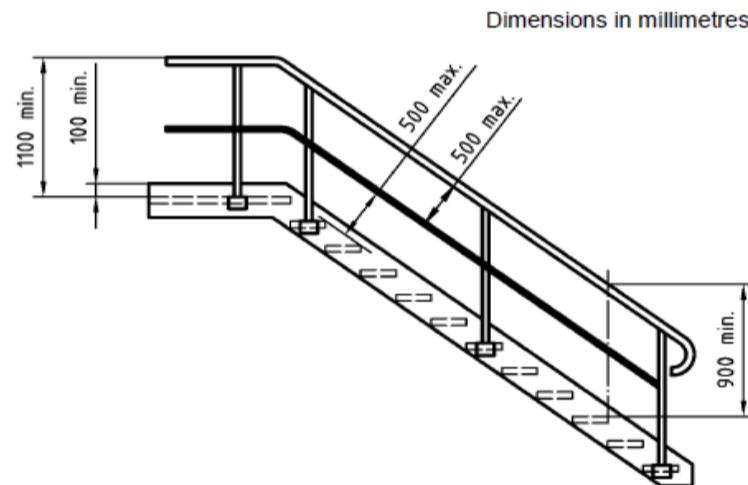


Figure 6 — Example of a stair guard-rail and its continuation to the horizontal guard-rail

NFPA 5000, Guards

3.3.284 Guard. A vertical protective barrier erected along exposed edges of stairways, balconies, and similar areas. [101, 2006]

11.1.8.1 Guards in accordance with 11.2.2.4 shall be provided at the open sides of means of egress that exceed 30 in. (760 mm) above the floor or grade below, unless otherwise specified in 11.1.8.2.

11.2.2.4.6 Guard Details. 11.2.2.4.6.2 Guards, other than guards in assembly occupancies where otherwise provided in 16.2.11, shall be not less than 42 in. (1065 mm) high.

11.2.2.7.2* Visual Protection. For outside stairs more than three stories in height, an opaque visual obstruction not less than 48 in. (1220 mm) in height shall be provided.

ISO 14122-3, Stairs, stepladders and guard-rails

3.2 guard-rail : device for protection against accidental fall or accidental access to a hazardous area, with which stairs, step ladders or landings, platforms and walkways may be equipped. Typical parts of a guard-rail are shown in figure 2 and defined in 3.2.1 to 3.2.5

3.2.1 handrail : top element designed to be grasped by the hand for body support which can be used individually or as the upper part of a guard-rail (1 in figure 2)

7.1.2 When the height of the possible fall exceeds 500 mm, a guard-rail shall be installed.

7.1.3 A guard-rail shall be provided when the gap between a platform and the structure of a machine or wall is greater than 200 mm or if the protection of the structure is not equivalent to a guard-rail. However, a toe plate shall be provided when the gap between the platform and adjoining structure is greater than 30 mm.

7.1.4 The minimum height of the guard-rail shall be 1100 mm.

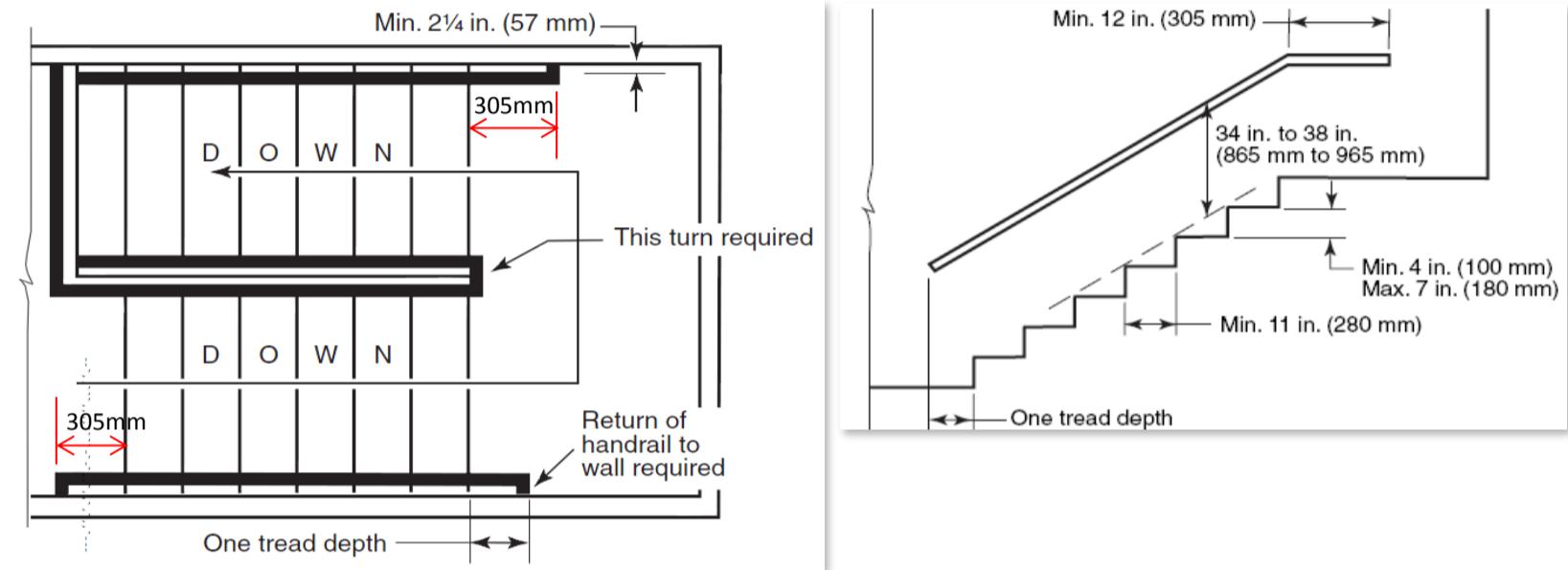
7.2.3 The vertical height of the handrail on a stair shall be between 900 mm and 1 000 mm above the nosing on the step of the flight and be a minimum of 1100 mm above the walking level on the landing. The shape of the handrail should have a diameter between 25 mm to 50 mm or an equivalent section, to provide a good grip for the hand.

4) Handrail

Handrail의 세부사항은 아래와 같다.

- 1) 계단 및 Ramp에는 Handrail을 양쪽에 설치해야 한다(기준에는 한쪽에만 있어도 되었던 것이 변경된 것임). 계단 1단 이상 or Ramp 150mm 이상시 Handrail을 설치한다. Guard-rail은 높이 760mm 이상시 설치한다. 다만, 계단 1단이나 Ramp가 도로와 보도를 분리하는 경계석의 일부인 경우에만 Handrail을 설치하지 않는다.
 - ISO 14122(장치접근로, KSB ISO 14122, KS 규격은 ISO와 같음)
 - 1개 이상의 난간 설치, 계단 폭이 1,200mm 이상인 경우 2개의 난간을 설치, Handrail의 지름은 25~50mm
 - 우리나라(건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙)
 - 1m 초과 계단 및 계단참의 양옆에 난간 설치, 집회시설 및 업무시설의 계단 양쪽에 벽이 있어 난간이 없는 경우에는 손잡이(손스침)을 설치
- 2) 계단 및 경사로에서의 Handrail 높이 : Tread 끝부분에서 최상단까지 865~965mm의 일관성 있는 높이
- 3) Handrail과 Wall 사이 간격 : 57mm 이상(38mm 이상에서 변경됨, ISO에선 100mm 이상)
- 4) Handrail의 외부 지름 : 32~51mm의 원형 단면(38mm가 손으로 잡기에 가장 좋은 크기이나 38mm 손스침은 대개 수평하중(90kgf)에 견딜 수 없으므로 적용하지 않음)
- 5) 전체 길이에 걸쳐 연속되어 붙잡을 수 있어야 함
- 6) Handrail 수평 받침대 상부 Clearance 38mm 이상
- 7) 계단참에서 끊기는 Handrail : 최상단 305mm 연장, 최하단 1개의 Tread 만큼 연장

NFPA 5000, Figure A.11.2.2.4.5 Handrail Details



NFPA 101

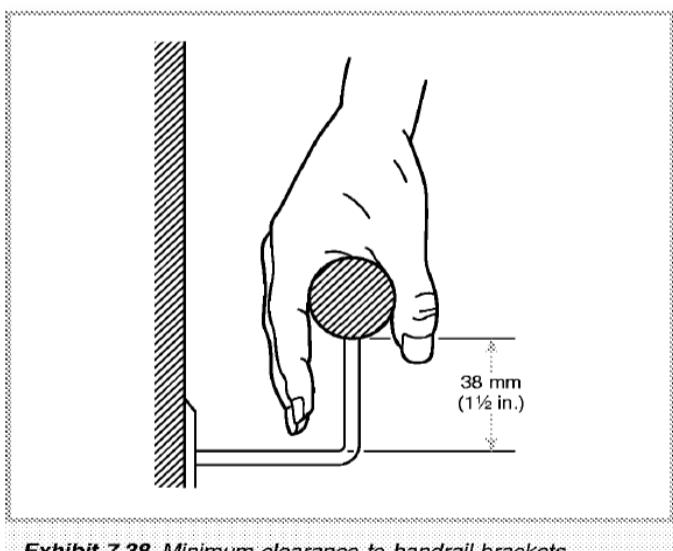


Exhibit 7.38 Minimum clearance to handrail brackets.

ISO 14122-3, 장치접근로 중 handrail 부분

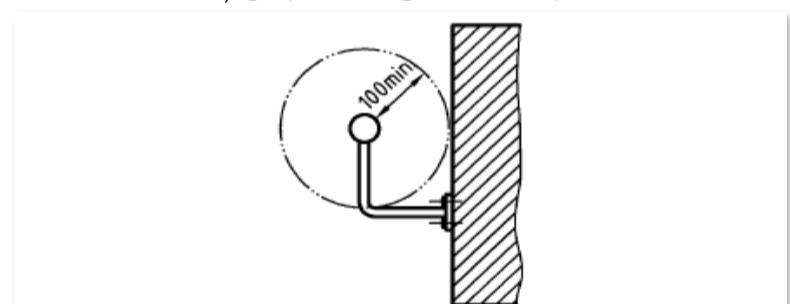


Figure 8 — Minimum gap between the handrail and any obstacle

NFPA 5000, 11.2.2.4.1 Handrails

3.3.297 Handrail. Abar, pipe, or similar member designed to furnish persons with a handheld. [101, 2006]

11.2.2.4.1.1 Stairs and ramps shall have **handrails on both sides**

11.2.2.4.1.5 If a single step or a ramp is part of a curb that separates a sidewalk from a vehicular way, it shall not be required to have a handrail.

NFPA 5000, 11.2.2.4.5 Handrail Details

11.2.2.4.5.1* Handrails on stairs and ramps shall have a consistent height of not less than 34 in. (865 mm) and not more than 38 in. (965 mm) above the surface of the stair tread or ramp walking surface, measured vertically to the top of the rail from the leading edge of the stair tread or the ramp walking surface.

11.2.2.4.5.4 Handrails shall provide a clearance of **not less than 57 mm between the handrail and the wall** to which it is fastened.

11.2.2.4.5.5. (1) Circular cross section with an **outside diameter of not less than 32 mm and not more than 51 mm**

A.11.2.2.4.5.5 Handrails should be designed so they can be grasped firmly with a comfortable grip and so the hand can be slid along the rail without encountering obstructions. The profile of the rail should comfortably match the hand grips. For example, a round profile, such as is provided by the simplest simplest round tubing or pipe having an outside diameter of 1 1/2 in. to 2 in. (38mmto 51 mm), provides good graspability for adults. The most functional as well as the most preferred handrail shape and size is circular with a 1 1/2 in. (38 mm) outside diameter (according to research conducted using adults).

11.2.2.4.5.6 Handrails shall be continuously graspable along their entire length.

11.2.2.4.5.7 Handrail brackets or balusters attached to the bottom surface of the handrail shall not be considered to be obstructions to graspability, provided that the following criteria are met:

(1) They do not project horizontally beyond the sides of the handrail within a vertical clearance of 1 1/2 in. (38 mm) of the bottom surface of the handrail.

11.2.2.4.5.9 In other dwelling units, handrails that are not continuous between flights shall extend horizontally, at the required height, not less than 12 in. (305 mm) beyond the top riser and continue to slope for a depth of one tread beyond the bottom riser.

11.2.5.5.2 Handrails complying with 11.2.2.4 shall be **provided along both sides of a ramp run with a rise greater than 150 mm**, unless otherwise provided in 11.2.5.5.4.

5) Door

- Door의 피난 용량 폭(최소 유효폭)은 아래 그림과 같이 90도로 열었을 때의 문간 폭만을 측정한다.
- 피난로 문의 최소 폭은 810mm 이상이어야 한다. 단, 다음은 예외이다. 3)항이 대부분의 건물에 해당되므로 문의 최소폭은 710mm 이상으로 적용하면 된다(900W X 2100H 문을 설치해도 됨).
- 1) 양개문의 경우 어느 한쪽의 개구부는 810mm 이상이어야 한다.
- 2) 중증 장애인이 접근할 필요가 없는 6.5m² 이하의 방은 610mm 이상이어야 한다.
- 3) 중증 장애인이 접근할 필요가 없는 건물의 문폭은 710mm 이상이어야 한다.
- 바닥면의 경우 출입구 문턱 높이는 13mm 이하, 문턱 높이 6.3mm 초과시엔 1/2 경사면을 만들어 준다.
- 국내 : 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙, 계단실 출입구의 유효너비는 0.9m 이상

NFPA 5000, FIGURE A.11.2.1.2.3(a) Door Width

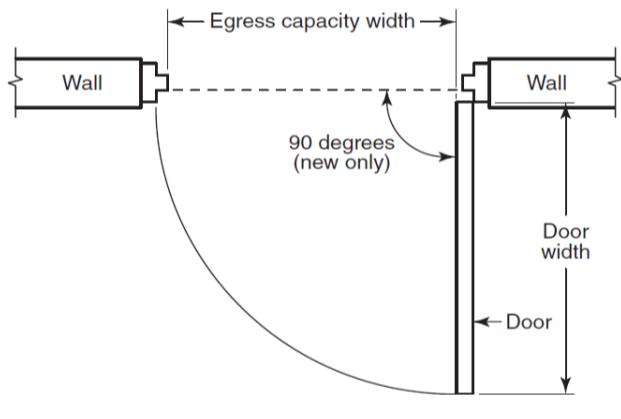


FIGURE A.11.2.1.2.1(a) Door Width — Egress Capacity.

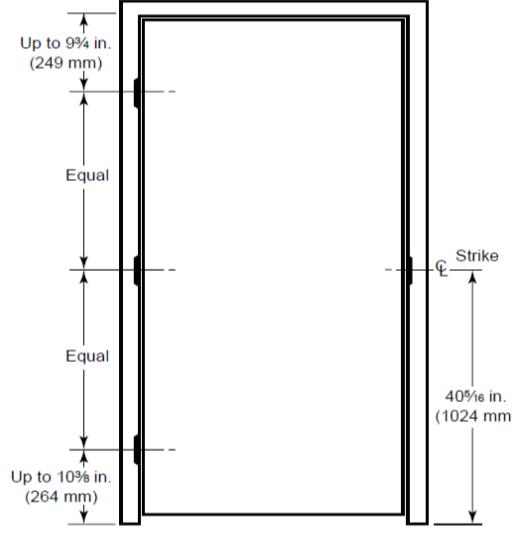


Figure G-1 Swinging wood composite fire doors equipped with builders hardware.

NFPA80, Door Hardware Locations

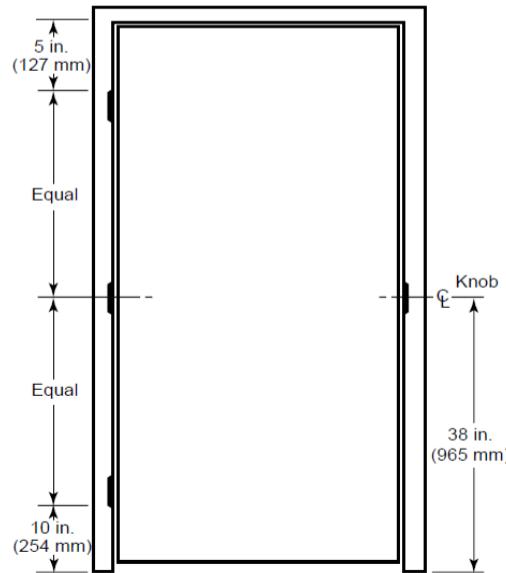


Figure G-2 Custom steel hollow metal and composite fire doors equipped with builders hardware.

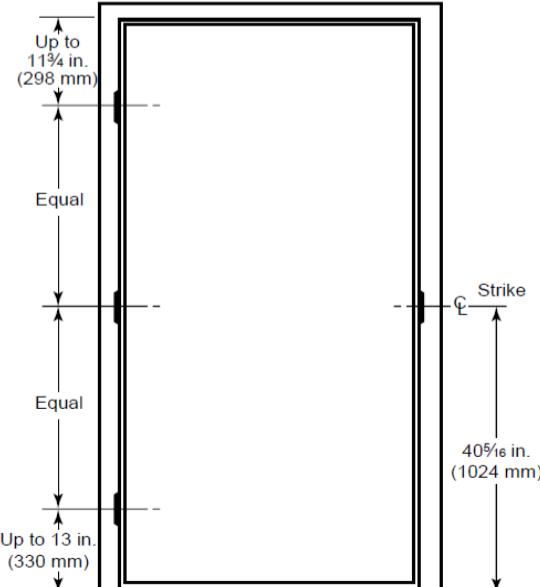


Figure G-3 Standard steel hollow metal and composite fire doors equipped with builders hardware.

NFPA 5000, 11.2.1 Doors

11.2.1.2.1* Egress Capacity Width. For purposes of calculating capacity, the width of doors shall be measured as follows:

(1) For swinging doors, only the width of the doorway when the door is open 90 degrees, as measured in accordance with 11.2.1.2.1(3) and (4), shall be included.

11.2.1.2.4 Minimum Door Width. Door openings in means of egress shall be not less than 32 in. (810 mm) in clear width, unless one of the following conditions exists:

(1) Where a pair of doors is provided, not less than one of the doors shall provide not less than a 32 in. (810 mm) clear width opening.

(2) Exit access doors serving a room not exceeding 70 ft² (6.5m²) and not required to be accessible to persons with severe mobility impairments shall be not less than 24 in. (61 cm) in door leaf width.

(3) Doors serving a building or portion thereof not required to be accessible to persons with severe mobility impairments shall be permitted to be 28 in. (710 mm) in door leaf width.

.....

NFPA 5000, 11.2.1.3 Floor Level

11.2.1.3.1 The elevation of the floor surfaces on both sides of a door shall not vary by more than 1/2 in. (13 mm), unless otherwise permitted by 11.2.1.3.5 or 11.2.1.3.6.

11.2.1.3.2 The elevation of the floor surfaces required by 11.2.1.3.1 shall be maintained on both sides of the doorway for a distance not less than the width of the widest leaf.

11.2.1.3.3 Thresholds at doorways shall not exceed 1/2 in. (13 mm) in height.

11.2.1.3.4 Raised thresholds and floor level changes in excess of 1/4 in. (6.3 mm) at doorways shall be bevelled with a slope not steeper than 1 in 2.

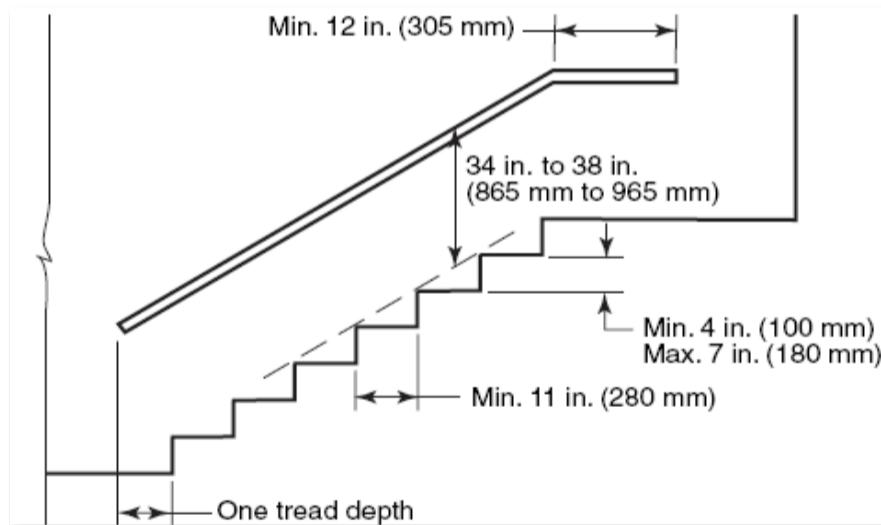
6) Stair

일반 계단의 치수는 아래의 표를, 플랫폼(Crane Walkway, Roof Walkway 포함) 계단의 치수는 Industrial Equipment Access의 표에 맞게 반영한다.

- 계단의 유효폭 : Handrail 또는 Handrail 하부의 돌출부 114mm 이하는 장애물로 보지 않고 유효폭에 포함시킴(Handrail 간 안목치수가 아님)

NFPA 5000, Table 11.2.2.2.1 Stairs, 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙중 계단의 설치기준

Feature	Dimension	국내
Maximum height of risers	180 mm	
Minimum height of risers	100 mm	
Minimum tread depth	280 mm	
Minimum headroom	2,030 mm	2,100 mm
Maximum height between landings	3,660 mm	3,000 mm



NFPA 5000, Table 11.2.2.2.1(B) Stair Width, 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙중 계단의 설치기준

Total Cumulative Occupant Load	Clear Width	국내
<50	915 mm	1200mm(집회시설 or 윗층 거실 바닥면적 200m ² 이거나 지하층 바닥면적 100m ² 이상인 경우)
<2000	1,120 mm	
>2000	1,420 mm	기타의 계단 600mm 이상

NFPA 5000, 11.2.2.2.1.1* Minimum Stair Width.

(A) Where the total occupant load of all stories served by the stair is fewer than 50, the minimum width clear of all obstructions, except projections not more than 4 1/2 in. (114 mm) at or below handrail height on each side, shall be 36 in. (915 mm).

(B)* Where a stair serves an occupant load exceeding that permitted by 11.2.2.2.1.1(A), the minimum width clear of all obstructions, except projections not more than 4 1/2 in. (114 mm) at or below handrail height on each side, shall be in accordance with Table 11.2.2.2.1.1(B) and the requirements of 11.2.2.2.1.1(C), (D), and (E).

NFPA 5000, 11.2.2.3.6 Dimensional Uniformity

인접 계단의 치수 변화는 Tread와 Riser에서 5mm 이하, 일련의 단에서 전체 Tread와 Riser의 공차는 10mm 이하이어야 한다.

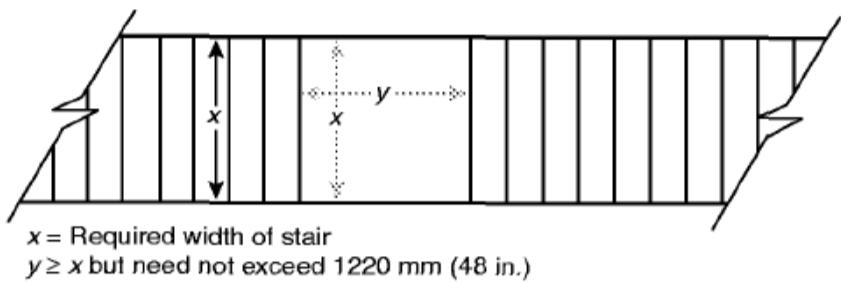
11.2.2.3.6.1 Variation in excess of 4.8 mm in the depth of adjacent treads or in the height of adjacent risers shall be prohibited, unless otherwise permitted in 11.2.2.3.6.3.

11.2.2.3.6.2 The tolerance between the largest and smallest riser or between the largest and smallest tread shall not exceed 9.5 mm in any flight.

NFPA 5000, 11.2.2.3.2 Landings

계단참은 계단폭 이상이어야 하고, 직선계단의 경우 이동방향으로 1,220mm 이하이어야 한다(Ramp도 동일함).

11.2.2.3.2.4 Landings shall **not be required to exceed 1,220 mm** in the direction of travel, provided that the stair has **a straight run**.



7) Ramp(A walking surface that has a slope steeper than 1 in 20)

Plant에서 Ramp는 보통 차량 및 지게차 용도로 설치되므로 소방 관련하여 고려할 사항이 거의 없다. 단, 1층에 위치한 실의 외부문이 Ramp로 연결(지게차 운행)되고 동시에 피난로로 사용될 경우는 지게차를 고려한 Slope(일반적으로 1/10)보다 피난로의 Slope가 더 critical하므로 경사도를 1/12로 해야 하고 참(Landing)과 Handrail까지 설치해야 한다(e.g 전기실, HVAC Room 등의 외부문, 보통 1/10 경사에 참과 Handrail을 두지 않는 것으로 진행되고 지금까지 별 문제는 없었다.).

아래 표는 Siemens가 Power Plant의 모든 Ramp Slope를 3% 이내로 해달라는 엉뚱한 요구를 해서 조사한 Data이다.

지게차의 Maximum Slope (보통 1/10으로 적용한다.)

기준	Slope	%	경사각	Remarks
한국산업안전공단, 주행시		18%	10.36 °	
Forklift Manufacturer's Recommendation	3/20	15%	8.32 °	10%를 넘으면 위험, 15%까지 추천
Electric Forklift	1/10	10%	5.43 °	Siemens 기준
Gasoline Forklift	3/20	15%	8.32 °	
사람이 Trolley를 끌 때		3%	1.44 °	
Truck		7%	4.01 °	
차량의 Maximum Slope		16%	9.06 °	Car park designers' handbook
사람이 다니는 Ramp	1/8	12.5%	6.88 °	국내 기준
	1/12	8.3%	4.60 °	NFPA 기준

NFPA 5000, Table 11.2.5.3 Ramp Dimensional Criteria

Feature	Dimensional Criteria
Minimum width clear of all obstructions, except projections not more than 114 mm at or below handrail height on each side	1,120 mm
Maximum slope	1 in 12
Maximum cross slope	1 in 48
Maximum rise for a single ramp	760 mm

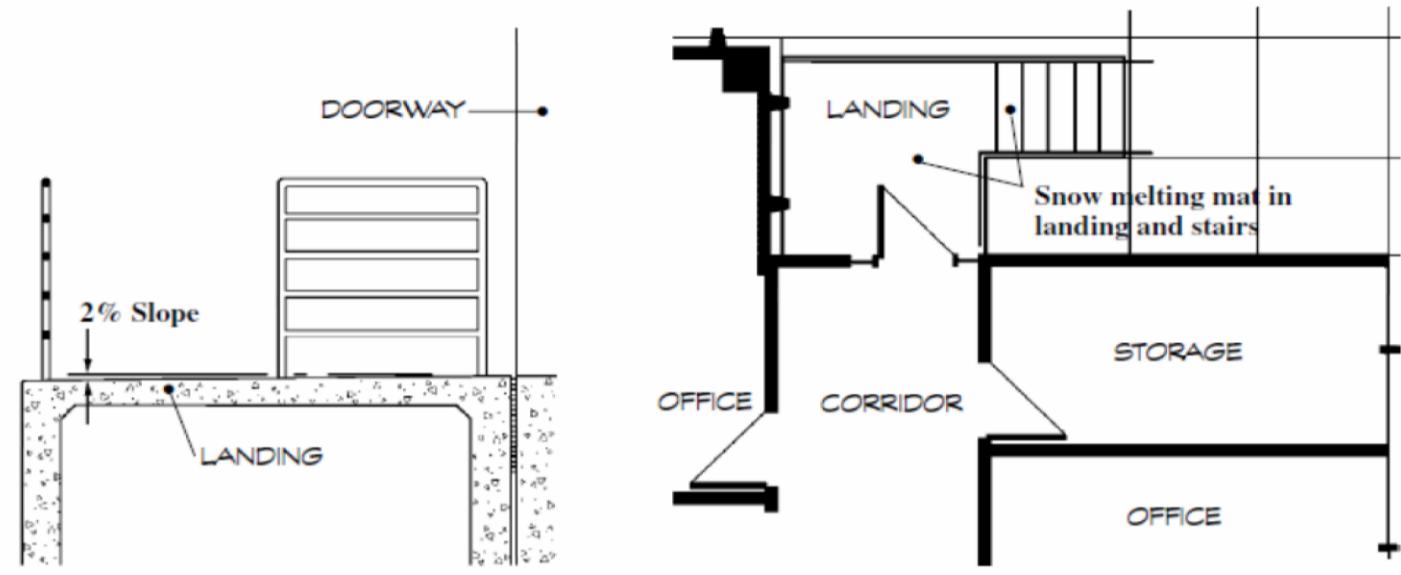
NFPA 5000, 11.2.5.4.2 Landings and Handrails

11.2.5.4.2 Landings.

- (1) Ramps shall have landings located at the top, at the bottom, and at doors opening onto the ramp.
(2) The slope of any landing shall not be steeper than 1 in 48.

11.2.5.5.2 Handrails complying with 11.2.2.4 shall be **provided along both sides of a ramp run with a rise greater than 150 mm**, unless otherwise provided in 11.2.5.5.4.

Ramp와 Landing은 물고임을 방지하기 위해 아래 그림과 같이 1/100~1/50의 경사도를 주어야 한다(외부 계단도 해당됨).



NFPA 5000, 11.2.5 Ramps

11.2.5.7.2* Water Accumulation. Outside ramps and landings shall be designed to minimize water accumulation on their surfaces.
A.11.2.5.7.2 Providing a pitch of 1/8 in./ft to 1/4 in./ft (1 cm/m to 2 cm/m) will aid the shedding of water from a nominally horizontal surface.

8) Fire Escape Ladder

- 피난 사다리는 다음과 같은 경우에 설치되고, 공업용 계단으로 대체할 수도 있다.
- 1) 3명 이하가 점유하는 Platform
- 2) 3명 이하가 점유하는 보일러실의 제2 피난로
- 최하단 Rung은 305mm 이하의 높이에 설치해야 한다.
- General Industrial Occupancy에서 Plaftform의 크기가 3명 수용면적인 27.9m^2 이하이면 계단이 아닌 피난 사다리를 설치할 수 있다.
- Special-Purpose Industrial Occupancy의 경우는 위와 같이 적용하거나, 27.9m^2 초과시 점유 인원 자체가 아주 적으므로 설치해도 문제없고 예상 점유자 수(실제로 물어보면 아주 작은 인원임)를 이용해야 한다고 Owner Engineer를 설득해야 한다.

NFPA 5000, 11.2.9 Fire Escape Ladders

- 11.2.9.1 Fire escape ladders shall be permitted only where providing one of the following:
- (2) Means of egress from **towers and elevated platforms around machinery** or similar spaces subject to occupancy **not to exceed three persons** who are all capable of using the ladder
 - (3) **Secondary means of egress from boiler rooms or similar spaces** subject to occupancy **not to exceed three persons** who are all capable of using the ladder
- 11.2.9.2.2 Industrial stairs complying with the minimum requirements for fixed stairs of ANSI A1264.1, Safety Requirements for Workplace Floor and Wall Openings, Stairs and Railing Systems, shall be permitted where fire escape ladders are permitted in accordance with 29.2.2.9.
- 11.2.9.3 Access. **The lowest rung** of any ladder shall be **not more than 305 mm** above the level of the surface beneath it.

- Ladder의 Dimension 관련 기준이 NFPA에 따로 명시되어 있지 않으므로 ISO 14122에 따르면 다음과 같다.
- 1) 높이 3m 이상은 Cage Ladder를 설치
- 2) 높이 10m 이상이면 Platform을 Staggered type으로 6m 이하 간격 설치
- 3) 인접해 설치해야 하는 Staggered ladder flight는 마지막 그림과 같이 설치해야 함

ISO 14122-2, Height of flights and location of platforms, Elevation

Position of the rest platforms

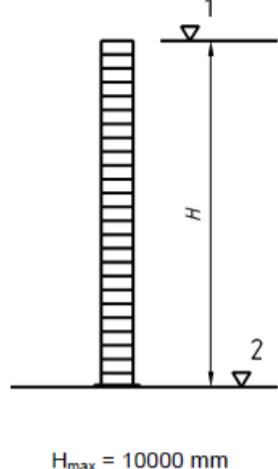


Figure 1.a : Ladder without rest platform (single flight)

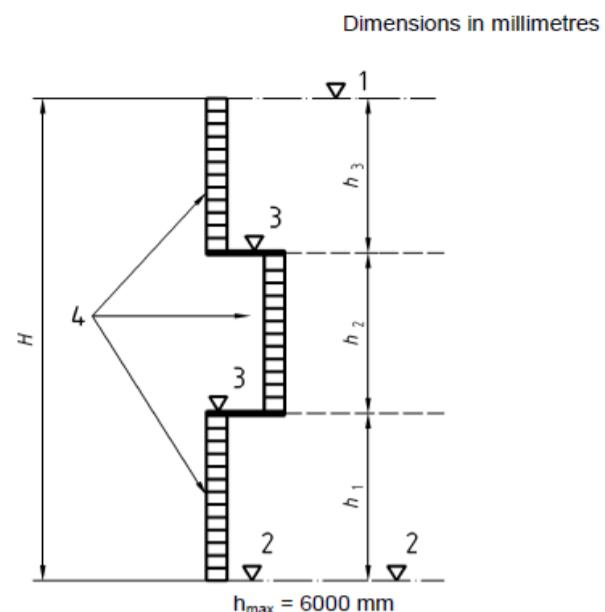


Figure 1.b : Ladder with staggered flights

Key

- 1 Arrival area
- 2 Departure area
- 3 Intermediate platform or rest platform
- 4 Ladder flight

Figure 1 — Height of flights and location of platforms

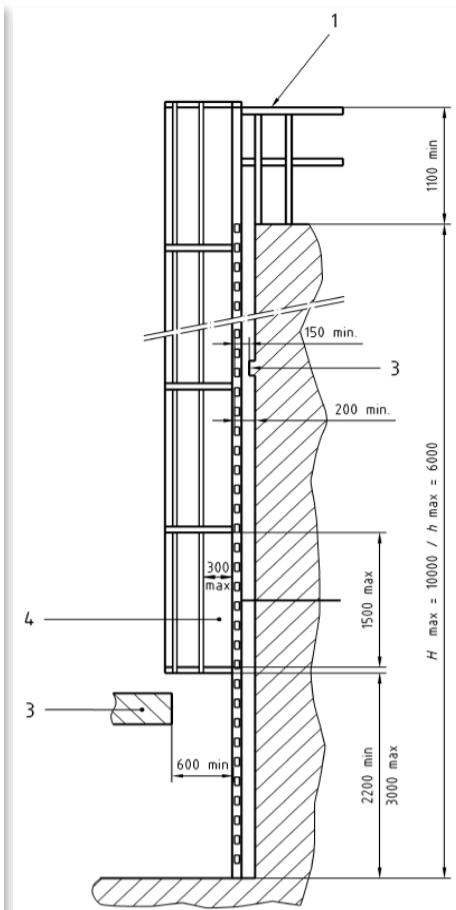


Figure 4a — Side elevation on ladder with a safety cage

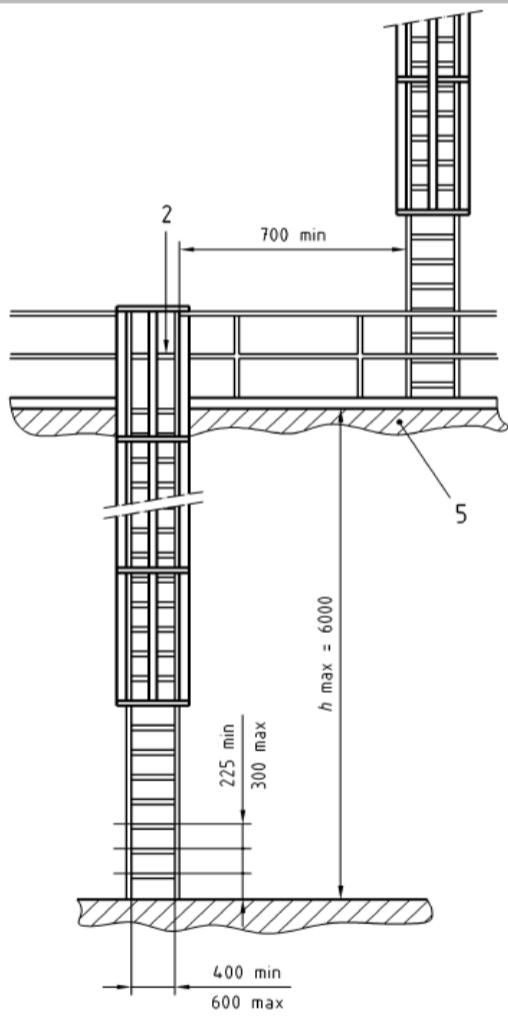


Figure 4b — Front elevation on ladder with safety cage

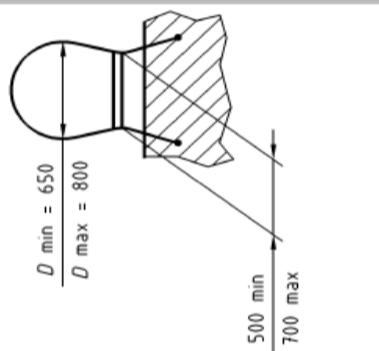


Figure 4.c – Plan view of a ladder with a safety cage

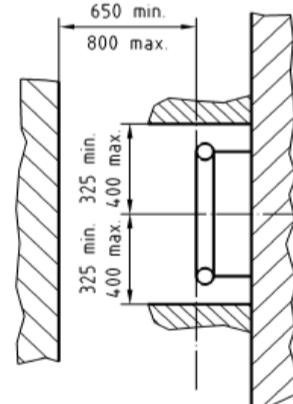


Figure 4.d – Plan view of a ladder without safety cage

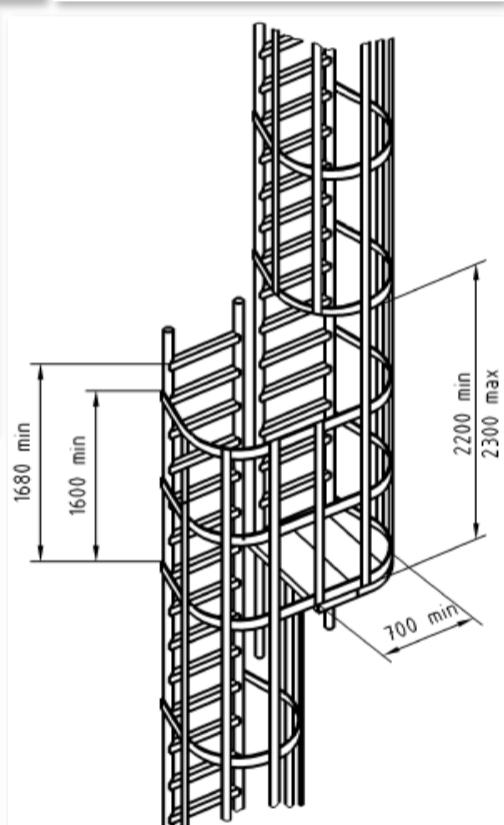


Figure 4e — Side elevation on adjacent staggered ladder flights including

9) Industrial Equipment Access

Industrial Equipment Access도 피난로의 일부이다. 소수의 점유자들에게 비상구에 이르는 주요 통로에 도달하기 위한 적절한 피난통로를 제공하고, 피난로의 치수 기준으로부터 벗어나는 것이 허용된다.(아래 Owner's Comment 사항 참조).
 공업용 장치 접근로의 치수 기준은 아래 Table과 같고 20명 이하의 인원을 수용해야 한다. 공업용 장치 접근로가 있는 대부분의 건물은 General Industrial Occupancy가 아닌 Special-Purpose Industrial Occupancy에 해당되는데, Special-Purpose Industrial Occupancy의 Occupant Load Factor는 NA로 규정되어 있다(NA: Not applicable. The occupant load is the maximum probable number of occupants present at any time.). 따라서 아래와 같이 적용한다.

- 1) General Industrial Occupancy에서 20명 수용면적인 186m^2 이하 : 공업용 장치 접근로의 치수 기준을 적용(넘어서면 일반 기준을 적용)
- 2) Special-Purpose Industrial Occupancy에서 수용인원은 언제라도 있음직한 최대 인원수로 봐야 하므로 기준을 정하기가 어렵다.
 Special-Purpose Industrial Occupancy의 수용인원은 General Industrial Occupancy의 수용인원보다 작은 것은 명백한 사실이므로 이 용도에서도 위와 같이 적용하거나, 해당 건물 수용인원수에 대해 Owner의 의견을 들은 후 반영하도록 한다.
- 3) ST 건물의 Mezzanine Floor나 Operating Floor에 설치되는 계단은 실제 점유인원이 아주 작을지라도 면적은 아주 크므로 일반 계단 유효폭인 1,120mm 이상을 적용한다.
 장치접근로의 치수 기준은 아주 작으므로 공간이 협소해 불가피한 경우에만 적용하는 것이 좋다.

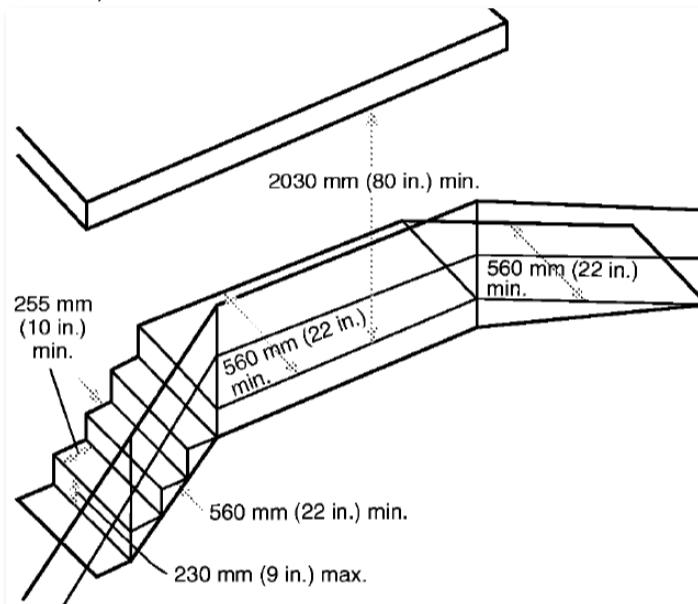
NFPA 5000, 29.2.5.3 Industrial Equipment Access

29.2.5.3 Industrial Equipment Access. Access doors for industrial equipment and industrial equipment access walkways, platforms, ramps, and stairs that serve as a component of the means of egress from the involved equipment shall meet the following criteria:

- (1) They shall be permitted in accordance with the applicable provisions of Chapter 11, as modified by Table 29.2.5.3.
- (2) They shall serve not more than 20 people.

NFPA 5000, Table 29.2.5.3 Industrial Equipment Access Dimensional Criteria, ISO 14122

Component	Dimension	ISO 14122
Minimum horizontal dimension of any walkway, landing, or platform	560 mm	600mm (가급적 800mm), Landing 길이 800mm 이상
Minimum stair or ramp width	560 mm	
Minimum tread width	560 mm	
Minimum tread depth (g)	255 mm	$600 \leq g+2h \leq 660$, Overlap(r) 10mm 이상
Maximum riser height (h)	230 mm	
Maximum height between landings	3,660 mm	3,000 mm
Minimum headroom	2,030 mm	2,300 mm
Minimum clear width of door openings	560 mm	



ISO 14122, Safety of machinery - Permanent means of access to machinery

- 1) Ladder : fixed means of access with an angle of pitch from more than 75° to 90° , whose horizontal elements are rungs
- 2) Stair : fixed means of access with an angle of pitch from more than 20° up to 45° , whose horizontal elements are steps
- 3) Ramp : fixed means of access, comprising a continuous inclined plane having an angle of pitch from more than 0° up to 20°

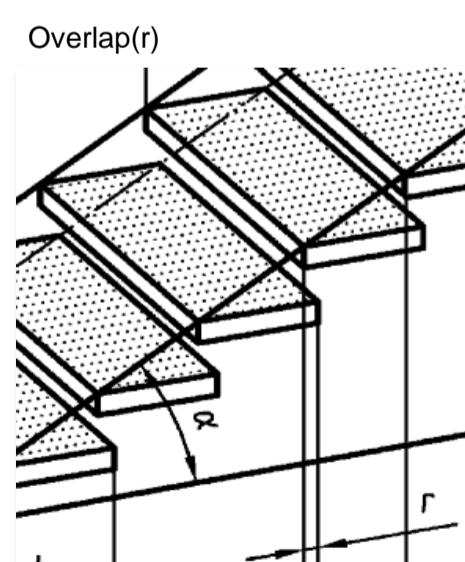
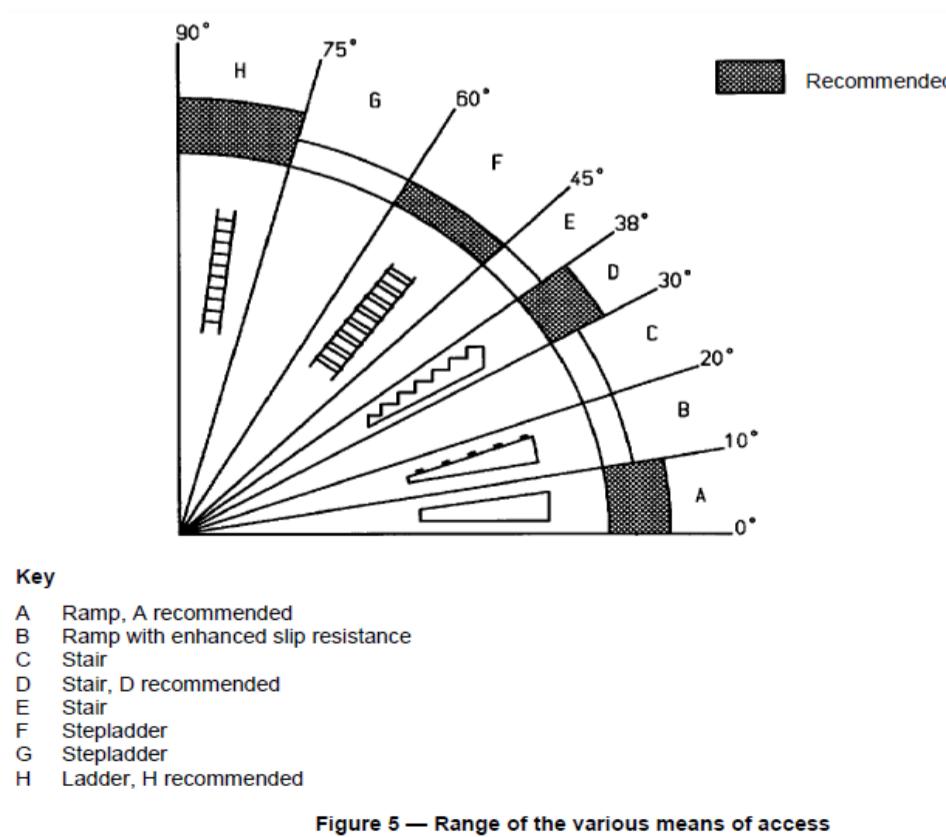


Figure 5 — Range of the various means of access

Owner's Comments for Minimum Width

오만 Project의 Steam Turbine 건물은 Siemens의 요청에 의해 Level이 다르고 Size가 다양한 Platform 수십 개가 곳곳에 산재해 있다(Mezzanine Floor, Operationg Floor가 없음). 이렇게 작고, 좁고, 긴 Platform에 폭 91.5cm의 통로와 계단을 확보해 달라는 Comment를 아래와 같이 접수했다.

Owner's Comment) According to NFPA 5000, industrial equipment access is only for means of egress from the involved equipment, so no common path is allowed and they can serve max. 20 people.

This is not valid everywhere, in this case minimum width must be 91.5cm according NFPA.

Reply) The minimum width is specified in NFPA 5000 as followings:

11.3.4 Minimum Width

11.3.4.1 The width of any means of egress, unless otherwise provided in 11.3.4.1.1 and 11.3.4.1.2, shall be as follows:

(1) Not less than that required for a given egress component in this chapter or Chapters 16 through 30

(2) Not less than 36 in. (915 mm)

11.3.4.1.2 The requirement of 11.3.4.1 shall not apply to the following:

(3) Industrial equipment access in industrial occupancies, as otherwise provided in 29.2.5.3

All the platforms in the steam turbine building are provided for the equipment access. Therefore the minimum width of any means of egress shall apply to the followings;

1) Minimum horizontal dimension of any walkway, landing, or platform : 560mm

2) Minimum stair or ramp width : 560mm

In addition, the equipment access for industrial occupancies is specified in NFPA 101 Handbook(2003) as followings;

1) The equipment access dimensional criteria for industrial occupancies **provides adequate egress paths for the small number of occupants** using any of those routes to reach major aisles that lead to exits(Chapter 40 937page).

2) Paragraph 40.2.5.2(Industrial Equipment access) permits industrial equipments access walkways, platforms, ramps, and stairs serving not more than 20 persons to **deviate from some of the usual dimensional criteria specified by Chapter 7(Means of egress)**(Chapter 40, 949page).

The width of all walkways is designed to keep 80cm or more according to the minimum width 80cm specified in SFR.

2. Minimum Width of Means of Egress

1) Occupant Load Factor and Egress Capacity Factor

이 코드의 의도는 각 용도별로 공간의 효율적인 활용을 위해 필요한 최소 면적을 규정하려는 것이 아니다(아래 표의 Factor로 수용인원수에 맞게 계산하여 건축에 필요한 소요실 공간의 크기로 추정하면 안 됨, 실제로 Business Occupancy의 Factor 9.3은 복도 등의 공간을 포함하더라도 소요실의 공간 크기보다 좀 큰 수치임). 수용인원을 정하는 목적은 피난로 시설의 크기를 결정하고 스프링클러의 의무화와 같은 추가 규정 적용에 필요한 한계선을 결정하기 위함이고 세부 사항은 아래와 같다.

1) 수용인원은 해당 용도에 사용하는 바닥면적을 아래 표에 명시된 수용인원계수로 나누어 산출된 사람의 수보다 작아서는 안 됨

2) 2층 이상의 피난통로는 각 층의 수용인원을 별개로 간주하여 해당 층의 필요한 피난통로의 피난용량으로 계산해야 함

3) 만나는 지점의 수용능력은 해당 2개의 피난로를 합친 것 이상이어야 함(지하층과 1층의 경우)

4) 복도의 피난용량은 수용인원을 복도가 연결된 비상구의 수로 나누어 적용함(해당 층 수용인원 660인 및 비상구 3개일 때 복도의 피난용량은 $660\text{인}/3 = 220\text{인}$, 복도의 폭은 $220\text{인} \times 5\text{mm/인} = 1,100\text{mm}$ 가 필요함, 아래 그림 참조). 단, 복도의 피난용량은 병목현상이 생기지 않도록 비상구의 피난용량보다 작아서는 안 됨.

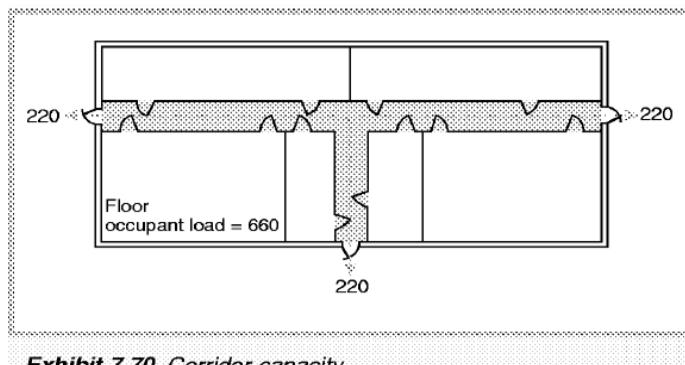
수용능력 계수를 필요한 것만 발췌해 정리하면 아래 표와 같고, 아래 표에서 Level은 Corridor(Exit Access) 및 Door의 폭(Exit and Exit Access)에 대하여 적용하는 Factor이다. High Hazard의 경우 피난시간이 짧아야 하므로 더 넓은 폭을 요구한다.

NFPA 5000, Table 11.3.1.2 Occupant Load Factor and Table 11.3.3.1 Egress Capacity Factor

Use	Factor (m ² per person)	Egress Capacity Factor (mm per person)		원쪽 Table에서 Occupancy로 하지 않고 Use로 표기한 이유는 어떤 지역의 사용(Use)이 용도 분류(Occupancy)와 다르게 사용될 수 있기 때문이다.(e.g 사무실 건물(Business Occupancy)에 있는 50명 미만의 회의실(Assembly Occupancy)가 아닌 Business Occupancy)의 수용인원은 Assembly Use를 적용하여 회의실 면적을 1.4로 나누어 구함, 나머지 실의 수용인원은 회의실을 제외한 나머지 총면적을 9.3으로 나누어 적용함) 이렇게 구한 수용인원이 실제 사용인원수보다 많다 하더라도 계산치를 적용해야 하고, Owner가 더 많은 수용인원을 적용해야 한다고 하면 이를 따라야 한다.
		Stair	Level & Ramp	
Assembly	Concentrated, without fixed seating	0.65 net	7.6	5
	Less concentrated, without fixed seating	1.4 net		
Business	9.3	7.6	5	
Industrial	Low and Ordinary hazard	9.3	7.6	5
	Special purpose	N/A	7.6	5
Storage	N/A	7.6	5	
High Hazard	N/A	10	18	

*1. NA: Not applicable. The occupant load is the maximum probable number of occupants present at any time.

2. Factor항에 net가 있으면 소요실의 순면적(복도 및 기타 점유 면적을 포함하지 않음)을 이 Factor로 나누어 구한다.



NFPA 5000, 11.3 Capacity of Means of Egress

11.3.1.2* Occupant Load Factor. The occupant load in any building or portion thereof shall be not less than the number of persons determined by dividing the floor area assigned to that use by the occupant load factor for that use, as specified in Table 11.3.1.2 and Figure 11.3.1.2. Where both gross and net area figures are given for the same occupancy, calculations shall be made by applying the gross area figure to the gross area of the portion of the building devoted to the use for which the gross area figure is specified, and by applying the net area figure to the net area of the use for which the net area figure is specified.

11.3.1.4 Exits Serving More than One Story. Where exits serve more than one story, only the occupant load of each story considered individually shall be used in computing the required capacity of the exits at that story, provided that the required egress capacity of the exit is not decreased in the direction of egress travel.

11.3.1.5 Capacity from a Point of Convergence. Where means of egress from a story above and a story below converge at an intermediate story, the capacity of the means of egress from the point of convergence shall be not less than the sum of the capacity of the two means of egress.

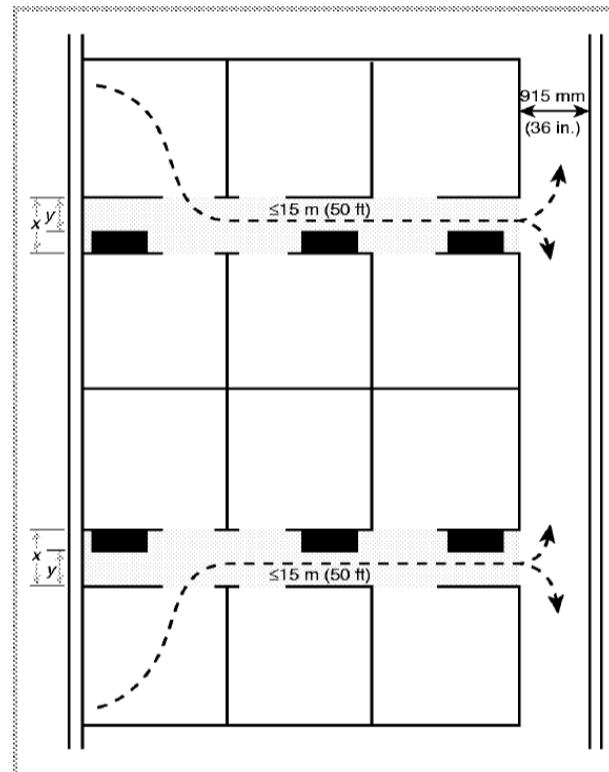
11.3.3.2 The required capacity of a corridor shall be the occupant load that utilizes the corridor for exit access divided by the required number of exits to which the corridor connects, but the corridor capacity shall be not less than the required capacity of the exit to which the corridor leads.

2) Minimum Width of Means of Egress

피난로의 폭은 각 용도별로 규정하고 있는 폭 이상(Business Occupancy에서는 1,120mm)이고, 915mm 이상어야 한다. 예외의 경우는 아래와 같다.

- 1) 6명이하이고, 어떤 통로에서 피난통로까지 15m를 초과하지 않으며 가구 및 이동식 칸막이로 된 Exit Access의 폭은 710mm : 그림 참조, 업무용도 및 공업용도의 공장 작업장 등에 적용함
- 2) 문 : 문 규정에 따름
- 3) 장치접근로 : 장치접근로 규정에 따름

아래 표에서 대부분의 Technical Building Stair는 장치접근로(Roof Access Stair 포함)에 속해 있으므로 장치접근로의 치수를 적용하면 된다.



Minimum Egress Requirements (NFPA 5000, Tabel 11.3.3.1)

Building Name	Area per Story	Occupant load factor (m ² /person) Table	Occupant Load (Area / Load Factor)	Capacity factor (width/person, mm)		Required Width of egress(mm) (Occupancy Load x Capacity Factor)	
				Stair	Level	Stair	Level
Air Compressor Building	144.0 m ²	N/A	N/A	7.6	5.0	N/A	N/A
Main Electrical Building	630.0 m ²	N/A	N/A	7.6	5.0	N/A	N/A
Fuel Oil Forwarding/Unloading Pump Building	192.0 m ²	N/A	N/A	7.6	5.0	N/A	N/A
Fire Fighting Pump Station	108.0 m ²	N/A	N/A	7.6	5.0	N/A	N/A
Water Treatment Building	920.0 m ²	9.3	99	7.6	5.0	753→1,120	495→915
Hypo-Chlorination and Switchgear Building	450.0 m ²	9.3	49	7.6	5.0	373→915	245→915
Administration & Central Control Building	619.2 m ²	9.3	67	7.6	5.0	510→1,120	335→1,120
Guard House	48.0 m ²	9.3	6	7.6	5.0	46→915	30→915
Steam Turbine Building	2,814.0 m ²	N/A	N/A	7.6	5.0	N/A	N/A
Feed Water Pump House	340.0 m ²	N/A	N/A	7.6	5.0	N/A	N/A
Workshop Building	1,000.0 m ²	9.3	108	7.6	5.0	821→1,120	540→915
Shelters	Not Applicable						

NFPA 5000, 11.3.4 Minimum Width of Means of Egress

11.3.4.1 The width of any means of egress, unless otherwise provided in 11.3.4.1.1 and 11.3.4.1.2, shall be as follows:

(1) Not less than that required for a given egress component in this chapter or Chapters 16 through 30

(2) **Not less than 915 mm**

11.3.4.1.1* The width of exit access that is formed by furniture and movable partitions, that serves not more than six people, and that has a length not exceeding 50 ft (15 m) shall meet both of the following criteria:

(1) The width shall be not less than 455 mm at and below a height of 965 mm, and not less than 710 mm above a height of 965 mm.

(2) A width of not less than 915 mm for exit access shall be capable of being provided without moving permanent walls.

11.3.4.1.2 The requirement of 11.3.4.1 shall not apply to the following:

(1) Doors, as otherwise provided in 11.2.1.2.4

(2) Aisles and aisle accessways in assembly occupancies, as otherwise provided in 16.2.5.5 through 16.2.5.8

(3) Industrial equipment access in industrial occupancies, as otherwise provided in 29.2.5.3

NFPA 5000, Business Occupancies, 28.2.3.2 The clear width of any corridor

28.2.3.2* The clear width of any corridor or passageway serving an **occupant load of 50 or more** shall be **not less than 1,120 mm**.

A.28.2.3.2 It is not the intent that this provision apply to noncorridor or nonpassageway areas of exit access, such as the spaces between rows of desks created by office layout or lowheight partitions.

3) 복도의 너비(건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙)

구분	양옆에 거실이 있는 복도	기타의 복도	복도의 너비	비 고
당해 거실의 바닥면적 합계가 200m ² 이상인 경우	1.5m 이상	1.2m 이상		
집회시설, 종교시설	바닥 면적 500m ² 미만		1.5m 이상	
	바닥 면적 500~1,000m ²		1.8m 이상	

3. Other Dimensions

1) Protection against Impact Damage

실제 적용하지는 않지만 다음과 같은 조항이 있다. 차량 등에 인해 손상을 받는(받을 가능성이 있는) 벽체 및 내화피복은 바닥에서 1,525mm까지 충격 손상 방지 방호를 해야 한다.

NFPA 5000, 8.3.1.4* Impact Damage

8.3.1.4.1 Where the wall is subject to impact damage from moving vehicles or the handling of merchandise or other activity, protection against impact damage shall be provided for an appropriate height but not less than 60 in. (1525 mm) from the finished floor.

[221:4.6.1]

8.3.1.4.2 Where the fire-protective covering of a structural element required to have a fire resistance rating by 8.3.2.4.3 or 8.3.3.4.3 is subject to impact damage from moving vehicles, the handling of merchandise, or other activity, protection against impact damage shall be provided for an appropriate height but not less than 60 in. (1525 mm) from the finished floor. [221:4.6.2]

2) Roof Access

계단으로 설치해야 하는 지붕 접근로의 조건은 아래와 같으므로 ITB에 특별히 명기되지 않은 한 평지붕 또는 경사지붕에서 지반면 위 높이 12m 이상일 때만 Roof Access용 계단을 설치하면 된다.

1) 지붕은 평지붕이거나 경사도 1/4 미만이고

2) 4층 이상이거나 건물 둘레의 50% 초과하여 지반면 위 높이가 12m 이상일 때

3) 계단의 개수 : 1개/9,300m²

NFPA 5000, 4.6. Roof Access

4.6.1 Structures shall provide means of access to the roof in accordance with Section 4.6 in cases where the roof is **flat, or** the roof has a pitch **less than 3 in 12, and** the structure either is **four or more stories** in height **or** the roof is **40 ft (12 m) or more above grade for more than 50 percent of the building perimeter**.

4.6.2 **Additional access** shall be provided at the rate of one access for **each 9,300 m² of roof area**.

4.6.3 Where roof access is required, **at least one means of access shall be provided by stairs. Additional roof access using ladders in accordance with 11.2.9(Fire Escape Ladders)** shall be permitted.

F11. Protection of Vertical Openings

1. Definitions

1) Vertical Opening(수직 개구부)

An opening through a floor or roof. [NFPA 101, 2006]

2) Shaft

An enclosed space extending through one or more stories and connecting vertical openings through two or more successive floors of a building or through floors and roof.

3) 계단실, 엘리베이터 승강로, Shaft(DS, EPS) 등이 수직 개구부에 속한다.

A.8.12.1.2 Openings might include items such as [stairways](#), [hoistways for elevators](#), dumbwaiters, and inclined and vertical conveyors; and [shaftways](#) used for light, ventilation, or building services.

2. Protection of Vertical Openings

수직 개구부는 아래와 같이 벽체는 방화벽으로, 각층 바닥은 방연재로 구획되어야 한다.

1) 밀폐 또는 방호

NFPA 5000, 4.4.5 Vertical Openings

Every vertical opening between the floors of a building shall be suitably enclosed or protected, as necessary, to provide the following:

- (1) Reasonable safety to occupants while using the means of egress by preventing spread of fire, smoke, or fumes through vertical openings from floor to floor to allow occupants to complete their use of the means of egress
- (2) Limitation of damage to the building and its contents

2) 각층 바닥의 방연

NFPA 5000, 8.12.1.1

8.12.1.1 Every floor that separates stories in a building shall be constructed as [a smoke barrier](#) and shall meet one of the following:

- (1) Openings shall restrict the passage of smoke as specified by 8.11.4.
- (2) The requirement of 8.12.1.1(1) shall not apply where otherwise specified by 8.12.2, 8.12.3, 8.12.4, or Chapters 16 through 30.

3) 방화벽

NFPA 5000, 8.12.1.2

8.12.1.2* Openings through floors shall be enclosed with [fire barrier walls](#), shall be continuous from floor to floor or floor to roof, and shall be protected as appropriate for the fire resistance rating of the barrier.

4) 각층 바닥의 방연 예외 조건

NFPA 5000, 8.12.2~8.12.4

층간방화구획을 하지 않는 경우

1) Communicating Space(연결 공간)이 3층 이상 연결되지 않고, 가장 낮은 층 또는 그 다음 낮은 층이 1층이고 기타 요구사항을 만족시킬 경우

2) Atrium

3) Convenience Openings(편의 개구부 → 피난통로로 사용되지 않는 계단 등) : 2개층만 연결시

4) 규정에 명시되어 있지는 않지만 Handbook에 나온 그림과 8.12.1.4.2에 나온 동일한 목적으로 사용된 공간과 Shaft의 연결에 관한 것으로 유추해 볼 때 Shaft의 층간방화구획을 하지 않는 것이 맞다고 판단된다. 아래 Shaft Enclosure 그림과 같이 여러 개층을 관통하는 Shaft의 경우 층간방화구획을 하지 않고 여러 개층에 걸친 Shaft 전체에 대한 방화구획(바닥 및 벽체)을 한다.

8.12.2 Communicating Space. Unless prohibited by Chapters 16 through 30, unenclosed floor openings forming a communicating space between floor levels shall be permitted, provided that the following conditions are met:

- (1) The communicating space does not connect more than three contiguous stories.
- (2) The lowest or next to lowest story within the communicating space is a street floor.
- (3)~(8)

8.12.3* Atrium

8.12.4 Convenience Openings

8.12.4.1 A vertical opening serving as other than an exit enclosure, connecting only two adjacent stories, and piercing only one floor shall be permitted to be open to one of the two stories.

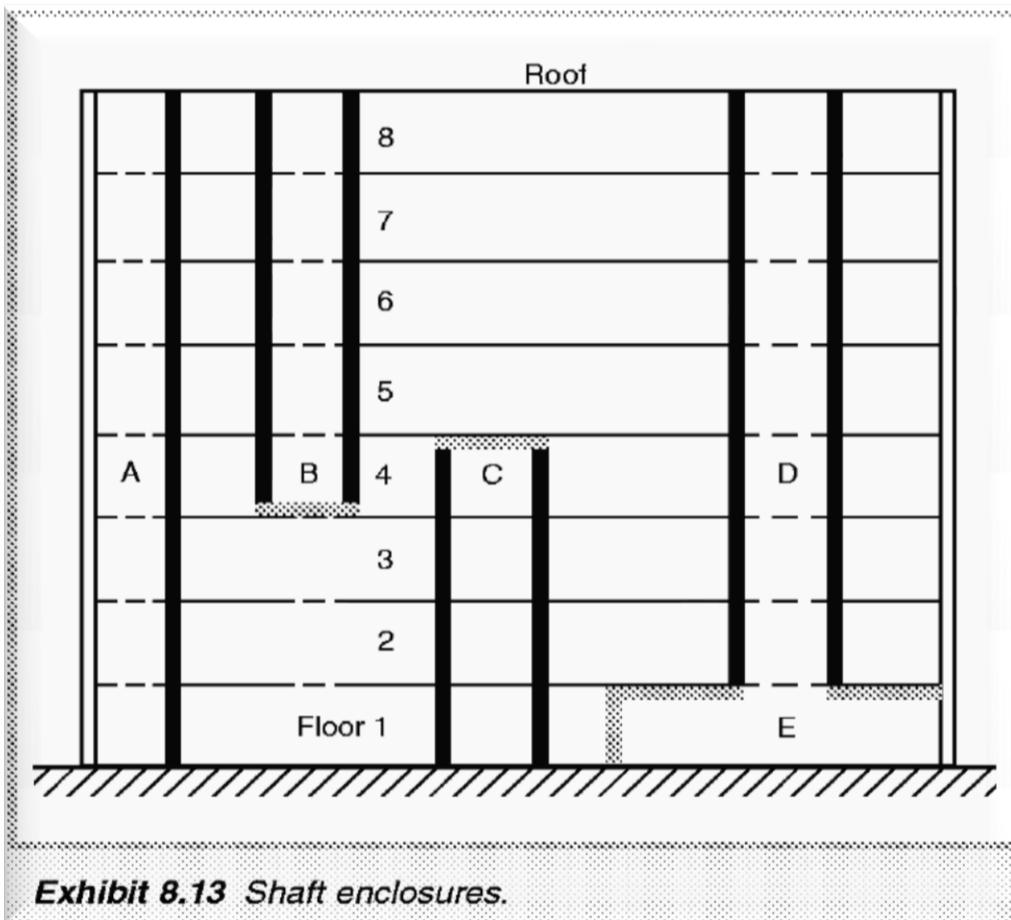
5) 방화벽의 예외 조건

NFPA 5000, 8.12.1.3 and 8.12.1.4.2

방화벽으로 구획하지 않는 경우

- 1) 위의 각층 바닥 방연 예외 조건과 같음
- 2) 건물의 하단이나 상단까지 연결되지 않는 Shaft : Shaft의 목적과 관련된 용도의 공간에서 끝날 수 있다.(그림 참조)

NFPA 101 Handbook, Shaft Enclosure



Shaft의 바닥 및 천장은 Shaft 방호구역 벽에 필요한 내화성능과 동일하게 막아야 한다. 층간방화구획은 그림과 같이 필요 없다.

1) Shaft A

건물 전체 높이까지 연장되어 있으므로 건물 내부로부터 구획시키는 수직 비내력 방화벽만 요구된다.

2) Shaft B

바닥을 내화벽체와 동일한 성능으로 막아야 한다.

3) Shaft C

천장을 내화벽체와 동일한 성능으로 막아야 한다.

4) Shaft D

Shaft D와 기계실 E 사이에는 내화구조로 된 바닥이 필요없다.

Shaft 용도와 동일한 목적으로 사용되는 기계실의 천장과 벽은 Shaft D에 요구되는 내화성능과 같은 내화성능 시간의 재료로 시공해서 Shaft가 기계실까지 크게 연장된 것으로 보면 된다.

NFPA 5000, 8.12.1.4.2 Shafts

8.12.1.4.2 Shafts **shall be permitted to terminate in a room or space having a use related to the purpose of the shaft**, provided that the room or space is separated from the remainder of the building by construction having a fire resistance rating and opening protectives in accordance with 8.12.1.5 and Section 8.7.

6) 바닥 개구부 Enclosure에 대한 내화 성능

바닥 개구부 Enclosure의 내화 성능은 아래와 같다.

- 1) 4층 이상은 2시간
- 2) 3층 이하는 1시간
- 3) Stairway는 피난통로와 수직 개구부에 대한 성능을 동시에 만족시켜야 한다.(동일함)

NFPA 5000, 8.12.1.5

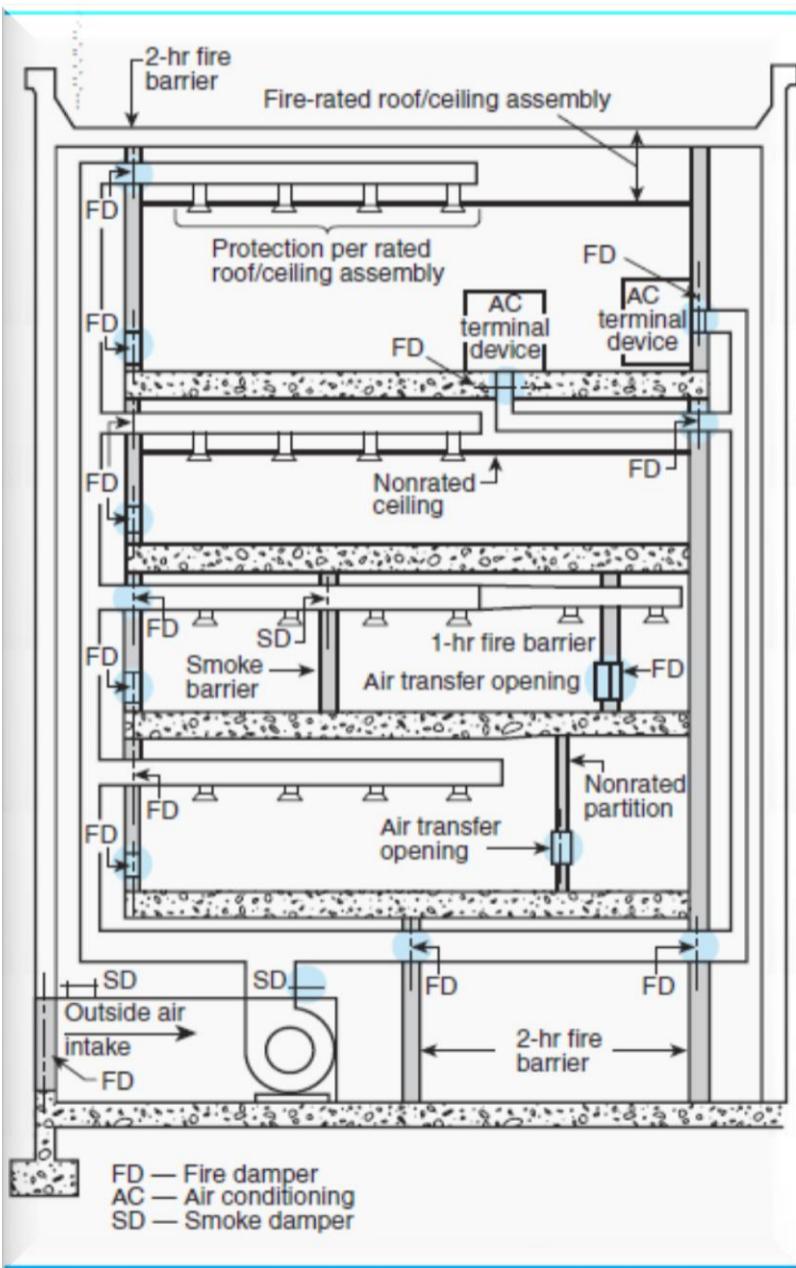
8.12.1.5* The fire resistance rating for the enclosure of floor openings shall be not less than as follows:

- (1) Enclosures connecting **four stories or more** shall be **2-hour fire barriers**.
- (2) Enclosures connecting **three stories or less** shall be **1-hour fire barriers**, but not less than the required fire resistance rating of the floor penetrated, and shall not be required to exceed 2 hours.
- (3) Enclosures shall be as specified in Chapter 23 for lodging and rooming houses, in Chapter 24 for hotels, and in Chapter 25 for apartment buildings.
- (4) Enclosures for exits shall be in accordance with 11.1.3.2.

7) 방화 댐퍼 및 방연 댐퍼

NFPA 90에서는 Fire Barrier를 관통하는 덕트에 방화 댐퍼를, 방연벽에 방연 댐퍼를 요구하고 있다. 아래 그림과 같이 Shaft에 층간 방화구획은 설치하지 않는다.

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, 2003, Partition and fire barrier penetration protection



원쪽 그림과 같이 내화벽체나 층간 바닥을 관통하는 부위에는 방화 댐퍼를 설치한다.
Duct, Cable, Pipe 등이 바닥을 관통시 내화재료로 관통부위 주변을 막아 층간방화구획이 되게 하여야 한다.
단, Shaft의 경우 층간방화구획과 관계없이 여러 층에 걸친 하나의 단일 방화구획으로 구획한다.

NFPA 90A에서는 방화댐퍼에 대해 다음과 같이 요구하고 있다.

1) Duct or Air Grille

- 2시간 미만-방화댐퍼 미설치
- 2시간 이상 - 방화댐퍼 설치

2) Air Transfer Openings

- 내화벽에 방화댐퍼 설치

NFPA 1, Uniform Fire Code Handbook, Fire damper requirements of NFPA 90A for HVAC penetrations of fire barriers

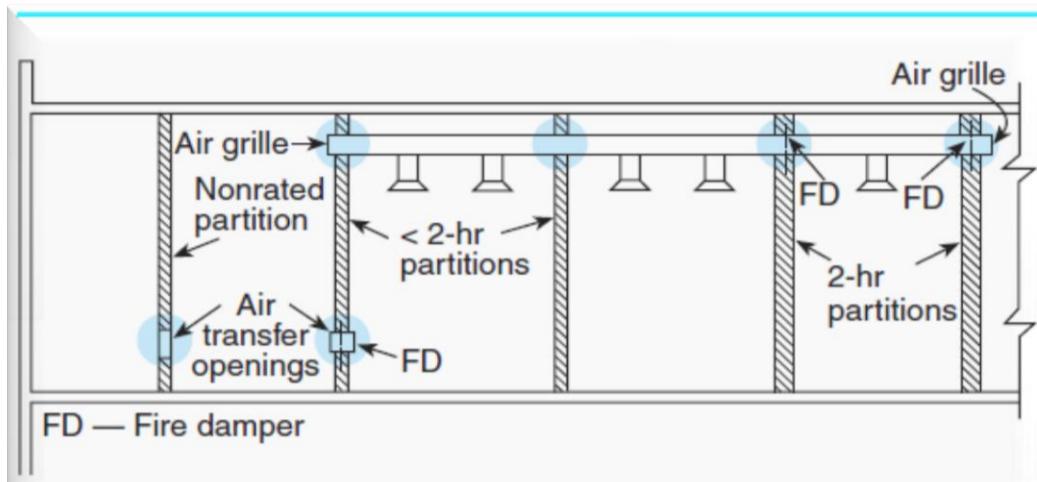


EXHIBIT 12.3 Fire damper requirements of NFPA 90A for HVAC penetrations of fire barriers.

F12. Fire Resistance of Concrete and Masonry

1. Fire Resistance of Concrete and Masonry

Concrete and Concrete Masonry Unit are noncombustible construction material possessing excellent fire-resistive properties.

1.1 Fire Resistance of Concrete

ACI 216.1-97 / TMS 0216.1-97, Standard Method for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies

2.2—Concrete walls, floors and roofs

Plain and reinforced concrete bearing or nonbearing walls and floor and roof slabs required to provide fire resistance ratings of 1 to 4 hr shall comply with the minimum equivalent thickness values in Table 2.1.

Table 2.1—Fire resistance of singular layer concrete walls, floors and roofs

Aggregate type	Minimum equivalent thickness for fire resistance rating, in.				
	1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Siliceous	3.5	4.3	5.0	6.2	7.0
Carbonate	3.2	4.0	4.6	5.7	6.6
Semi-lightweight	2.7	3.3	3.8	4.6	5.4
Lightweight	2.5	3.1	3.6	4.4	5.1

If minimum thickness of concrete walls and floors is 127mm or more, all concrete walls and floors have a **2-hour fire rated** ratings.

1.2 Fire Resistance of Concrete Masonry Unit

The resistance of concrete masonry to fire is well established by extensive testing to be a function of the type of aggregate used in the manufacture of the masonry units and their equivalent thickness.

ACI 216.1-97 / TMS 0216.1-97, Standard Method for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies

3.1—General

The fire resistance of concrete masonry assemblies shall be determined in accordance with the provisions of this chapter. **The minimum equivalent thicknesses of concrete masonry assemblies required to provide fire resistance of 1 to 4 hr shall conform to values given in Tables 3.1, 3.2, or 3.3, as is appropriate to the assembly being considered.**

3.2—Equivalent thickness

The equivalent thickness of concrete masonry assemblies, T_{ea} , shall be computed as the sum of the equivalent thickness of the concrete masonry unit, T_e , plus the equivalent thickness of finishes, T_{ef} .

$$T_{ea} = T_e + T_{ef} \quad (3-1)$$

$$T_e = V_n/LH \quad \text{equivalent thickness of concrete masonry unit, in. (3-2)}$$

where

V_n = net volume of masonry unit, in.³

L = specified length of masonry unit, in.

H = specified height of masonry unit, in.

Table 3.1—Fire resistance rating of concrete masonry assemblies

Aggregate type	Minimum required equivalent thickness for fire resistance rating, in. ^{A,B}				
	1 hr	1½ hr	2 hr	3 hr	4 hr
Calcareous or siliceous gravel (other than limestone)	2.8	3.6	4.2	5.3	6.2
Limestone, cinders, or air-cooled slag	2.7	3.4	4.0	5.0	5.9
Expanded clay, expanded shale or expanded slate	2.6	3.3	3.6	4.4	5.1
Expanded slag or pumice	2.1	2.7	3.2	4.0	4.7

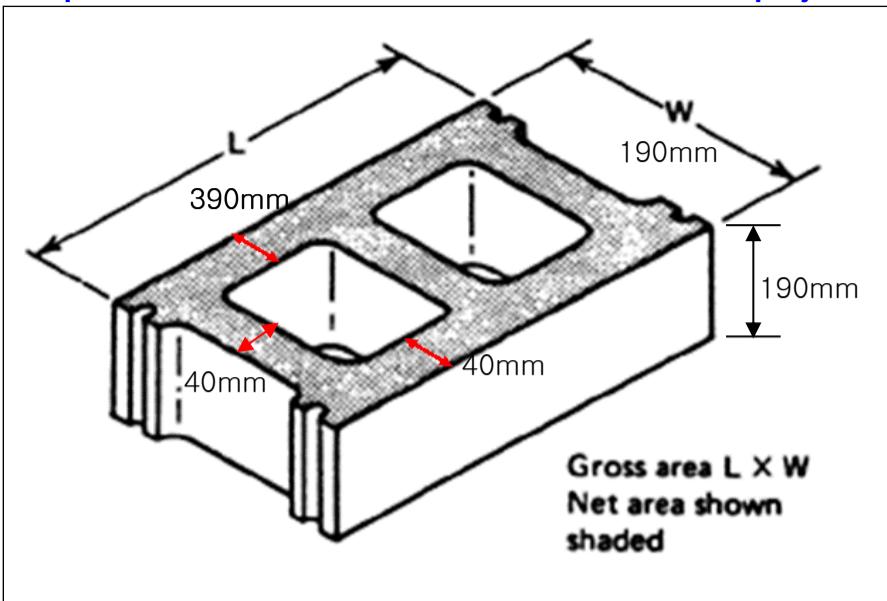
2시간 내화를 갖는 min. T_{ea} 는 아래와 같다.

골재 Type	Min. equiv. THK.
	2hr
석회질 or 규산질 골재(석회석과 다른)	107mm
석회석, 신더 or air-cooled 슬래그	102mm

A. Fire resistance ratings between the hourly fire resistance rating periods listed shall be determined by linear interpolation based on the equivalent thickness value of the concrete masonry assembly.

B. Minimum required equivalent thickness corresponding to the fire resistance rating for units made with a combination of aggregates shall be determined by linear interpolation based on the percent by volume of each aggregate used in the manufacture.

- Equivalent thickness of concrete block used in this project



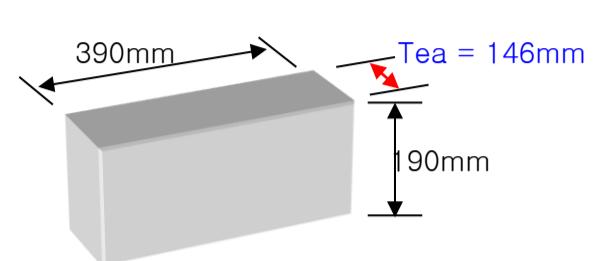
$$V_n = 390 \times 190 \times 40 \times 2 + 110 \times 190 \times 40 \times 3 = 8,436,000 \text{ mm}^3$$

$$T_e = V_n / L \times H = 8436000 / (390 \times 190) = 114 \text{ mm}$$

Tef = Plastering thickness = $2 \times 16 = 32 \text{ mm}$

$$T_{ea} = T_e + T_{ef} = 114 + 32 = 146 \text{ mm}$$

$T_{ea} > 5.3 \text{ in}(135 \text{ mm}) \rightarrow 3 \text{ hr fire resistance rating}$



The equivalent thickness of this particular unit (a solid unit with the same amount of material) is 146mm.

Therefore 8" concrete block used in this project have a 3-hour fire rated ratings or more.

F13. Fire Pump Room

(NFPA 20, Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection)

1. Indoor Fire Pumps in Non-high-rise Buildings

Fire Pump가 설치된 Room 또는 Building은 아래 표와 같이 수평거리 이격 또는 2시간 내화 벽체로 구획되어야 한다. 수평거리 15.3m 이격거리 확보가 어렵다면 RC 건물로 하여 2시간 내화 성능을 확보하여야 한다. 또한, 외부에 면한 Door, Roof(or Deck) 등을 설치하여야 한다.

■ 2시간 내화벽체 적용시 유의 사항

1) Fire Pump Room이 건물의 일부인 경우 다른 실과 접하는 Door

1.5시간 방화도어 설치

2) 외부에 면한 Door, Window, Shutter

주변 건물이나 구조물과 15.3m 이상 이격되지 않은 경우에 1.5시간 방화문 설치는 문제 없으나 window나 shutter는 1.5시간 적용에 무리가 따르므로 이격거리가 확보되지 않은 방향의 window는 삭제하고 shutter는 위치를 바꾸는 등의 조치가 필요하다.

NFPA 20, 5.12 Equipment Protection

5.12.1* General Requirements. The fire pump, driver, controller, water supply, and power supply shall be protected against possible interruption of service through damage caused by explosion, fire, flood, earthquake, rodents, insects, windstorm, freezing, vandalism, and other adverse conditions.

5.12.1.1* Indoor Fire Pump Units.

5.12.1.1.1* Indoor fire pumps in high-rise buildings shall be physically separated or protected by 2-hour fire-rated construction.

5.12.1.1.2 **Indoor fire pumps in non-high-rise buildings shall be physically separated or protected by fire-rated construction in accordance with Table 5.12.1.1.2.**

NFPA 20, Table 5.12.1.1.2 Equipment Protection

Pump Room / House	Building(s) Exposing Pump Room / House	Required Separation	Remark
Not sprinklered Not sprinklered Fully sprinklered	Not sprinklered Fully sprinklered Not sprinklered	2 hour fire-rated or 15.3m	
Fully sprinklered	Fully sprinklered	1 hour fire-rated or 15.3m	

NFPA 20, A.5.12

The pump house should preferably be a **detached building of noncombustible construction**. A one story pump room with a combustible roof, either detached or well cut off from an adjoining one-story building, is acceptable if sprinklered. Where a detached building is not feasible, the pump room should be located and constructed so as to protect the pump unit and controls from falling floors or machinery and from fire that could drive away the pump operator or damage the pump unit or controls. **Access to the pump room should be provided from outside** the building.

NFPA 20, A.5.12.1

Rain and intense heat from the sun are adverse conditions to equipment not installed in a completely protective enclosure. **At a minimum, equipment installed outdoors should be shielded by a roof or deck.**

IBC 2009, Section 913 Fire Pumps

913.2.1 Protection of fire pump rooms. Fire pumps shall be located in rooms that are separated from all other areas of the building by 2-hour fire barriers constructed in accordance with Section 707 or 2-hour horizontal assemblies constructed in accordance with Section 712, or both.

Exceptions:

1. In other than high-rise buildings, separation by 1-hour fire barriers constructed in accordance with Section 707 or 1-hour horizontal assemblies constructed in accordance with Section 712, or both, shall be permitted in buildings equipped throughout with an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.3.1.1 or 903.3.1.2.
2. Separation is not required for fire pumps physically separated in accordance with NFPA 20.

2. Fire Pump의 분리

NFPA 850에는 Main Fire Pump를 예비 Fire Pump와 분리하라는 내용과 Fire Pump가 여러 개일 때 동시에 고장나면 안 된다는 내용이 있다.

NFPA의 규정에 맞추면 예비 Fire Pump가 있을 시 Fire Pump Room을 2개로 분리(2시간 내화벽)하여야 하고, Diesel enging driven pump 설치 시 이곳에는 Sprinkler를 설치해야 하므로 다른 Pump와 분리하기 위해 Room을 분리하는 것이 맞다고 판단된다. 하지만 Fire Pump Room을 이렇게 분리한 경우는 여러 프로젝트에서 찾아볼 수 없다.(Oman Project의 경우 Owner Engineer가 Pump들을 분리시켜야 한다고 Comment를 하였으나 Fire Pump Building 전체에 Sprinkler를 설치하는 것으로 협의하여 진행하였다.)

NFPA 850, 5.2.1.3

5.2.1.2 Determination of fire area boundaries should be based on consideration of the following:

- (1) Types, quantity, density, and locations of combustible material
- (2) Location and configuration of plant equipment
- (3) Consequence of losing plant equipment
- (4) Location of fire detection and suppression systems

5.2.1.3* Unless consideration of the factors of 5.2.1.2 indicates otherwise or if adequate spatial separation is provided as permitted in 5.2.1.5, it is recommended that fire area boundaries be provided to separate the following:

- (6) Main fire pump(s) from reserve fire pump(s) where these pumps provide the only source of fire protection water
- (7) Fire pumps from adjacent areas

5.2.1.4 Fire barriers separating fire areas should be a minimum of 2-hour fire resistance rating.

5.2.1.5 If a fire area is defined as a detached structure, it should be separated from other structures by an appropriate distance as determined by NFPA 80A, Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures, evaluation.

NFPA 850, 6.2.5 Fire Pumps

6.2.5.1 Where multiple fire pumps are required by the fire risk evaluation, the pumps should not be subject to a common failure, electrical or mechanical, and should be of sufficient capacity to meet the fire flow requirements determined by 6.2.1 with the largest pump out of service.

6.2.5.2 Fire pumps should be automatic starting with manual shutdown, except as allowed in NFPA 20, Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection. The manual shutdown should be at the pump controllers only. (See NFPA 20.)

3. Outdoor Fire Pumps

Fire Pump Room을 Outdoor Type의 Shelter로 할 경우엔 15.3m 이격시켜야 한다.

NFPA 20, 5.12.1.2 Outdoor Fire Pump Units

5.12.1.2.1 Fire pump units located outdoors shall be located **at least 15.3 m away from any exposing building.**

4. Fire Pump Building or Rooms with Diesel Engines

NFPA 20, 5.12.1.3 Fire Pump Building or Rooms with Diesel Engines

5.12.1.3 Fire pump buildings or rooms enclosing diesel engine pump drivers and day tanks shall be **protected with an automatic sprinkler** system installed in accordance with NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems.

5. Heat, Ventilation and Drainage

Outdoor Type의 Shelter로 할 수도 있으나, 5°C 이상의 온도를 유지해야 하므로 ITB의 Design Temperature를 검토하여야 한다. 중동지역의 경우 보통 Design Temperature를 4~5°C 요구하므로 빌딩으로 해야 한다. 소방분야에서 Floor drain이 필요없다고 하는 경우도 있으나 설치하여야 한다.

NFPA 20, 5.12.2 Heat

5.12.2.1 An approved or listed source of heat shall be provided for maintaining the temperature of a pump room or pump house, where required, **above 5°C**.

NFPA 20, 5.12.5 Ventilation

5.12.5 Ventilation. Provision shall be made for ventilation of a pump room or pump house.

NFPA 20, 5.12.6 Drainage

5.12.6.1 **Floors shall be pitched** for adequate drainage of escaping water away from critical equipment such as the pump, driver, controller, and so forth.

5.12.6.2 The pump room or pump house shall be provided with a **floor drain** that will discharge to a frost-free location.

F14. 건축물 내화설계기술 개발(한국건설기술연구원, 2004)

3.2.5 미국

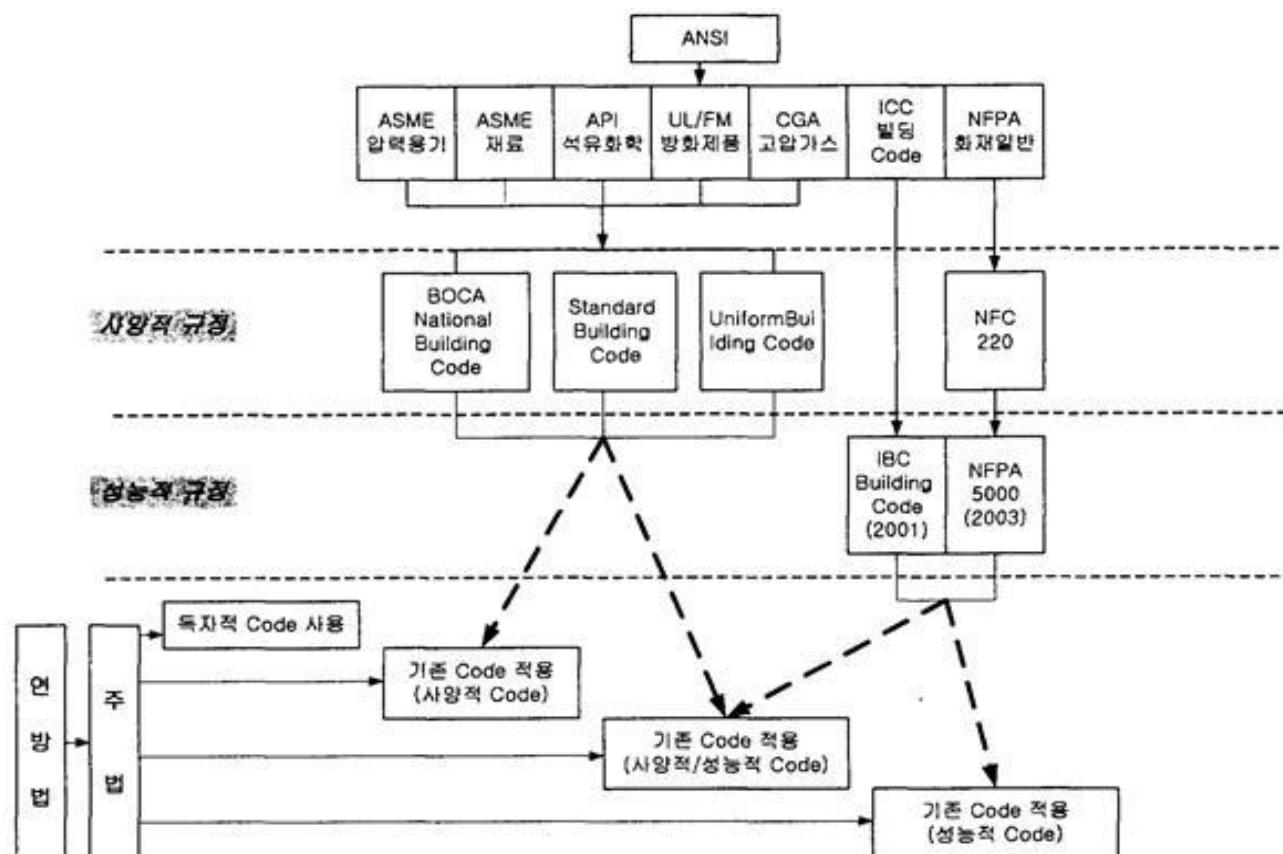
미국의 화재안전기준은 연방법에서 화재와 관련된 규제를 지방 주정부에서 갖는 것으로 명백히 규정해 놓았기 때문에 연방정부가 제정하여 전국적으로 통용되는 화재안전기준은 존재하지 않는다.

미국은 각 주가 국가적인 성격을 가지고 있어 화재안전기준이 주에 따라 상이하며, 또한 지방자치가 철저함으로서 각 주의 규제사항도 각 도시에 대폭 위임하고 있는 것이 통례이다. 따라서 화재안전기준에 관한 규정은 각 주의 건축법에 나타나 있는데, 건축법에는 통상 건축검사관의 권한과 책무, 업종별 건축분류, 높이 및 면적의 제한, 건물의 형식과 구조 및 용도에 관한 규정, 건축재료, 구조재의 보호, 전기시설, 가스시설, 소방설비 등 화재안전기준을 포함한 전반적인 건축물에 대한 규정을 수용하고 있다.

가. 빌딩 Code 체계

일반적으로 각 주의 건축법에서 규정하고 있는 화재안전기준은 ANSI(American National Standard Institute)로부터 기준제정기관으로 승인된 민간기관에서 시험·연구를 통하여 제정된 기준을 대부분 그대로 각 주정부에 의해 법규로 채택되고 있으며, 순수화재예방과 관련된 제반사항은 NFPA (National Fire Protection Association)에서 제정한 화재예방코드인 NFC(National Fire Code)가 연방기준으로 적용되고 있다.

2001년에는 미국의 대표적인 건축물 Code를 제정·운영하고 있는 ICBO(International Conference of Building Official, Uniform Building Code 제정 및 운영), BOCA(Building Officials and Code Administration, National Building Code 제정 및 운영), SBCCI(Southern Building Code Congress International, Southern Building Code 제정 및 운영)가 최근 요구되고 있는 건축물의 새로운 성능 시스템을 설계에 반영할 수 있는 새롭고 현대적인 Code의 필요성에 따라 ICC(International Code Council)을 설립하여 통합 건축물 Code인 International Building Code 및 ICC Performance Code for Buildings and Facilities를 2001년에 제정하였다. 또한 2002년에는 NFPA에서 성능적 코드를 통합한 빌딩코드(NFPA 5000)를 제정하여 빌딩코드의 양립화가 이루어지고 있는 실정이다.



<그림 3.2.15> 미국의 화재안전 기준 체계

(1) IBC

ICC Performance Code for Buildings and Facilities는 ICC Performance Fire and Building Code Drafting committee에 의해서 제정되었다. ICC Code는 재실자의 안전, 재산의 보호 및 국민의 복지를 목적으로 수행되었으며, 화재 및 자연적 재해와 같은 설계 개념의 중요성 및 위험도에 대한 목적을 달성하기 위하여 제공된 규정이다.

본 규정은 화재안전을 비롯하여 사용자가 건축물 및 시설에 대한 안전개념을 단지 하나의 방법으로 해결하고자 하는 사양적 규정과는 달리 다양한 방법으로 안전에 대한 접근 방법을 제시하고 있으며, 사양적 규정에 대한 대안적 재료 및 방법에 관한 검토와 설계 방법의 프로세스를 제공하고 있다. 현재의 대안적인 방법과 재료는 사양적 규정과 동등하게 요구되고 있지만 이것이 어떠한 방법 또는 어떠한 승인된 절차로 달성될 수 있는가에 대한 규정은 하고 있지 않다. 이는 목표에 부합되는 사양적 규정을 포함한 다양한 기술에 대한 방법이 지식의 계속적인 발전과 변화에 대응할 수 있도록 하기 위함이다.

새로운 건축물에서의 성능적 내화설계법을 비롯한 성능기준을 적용하기 위한 프로세스를 제시하고 있는데 이를 정리하면 다음과 같다.

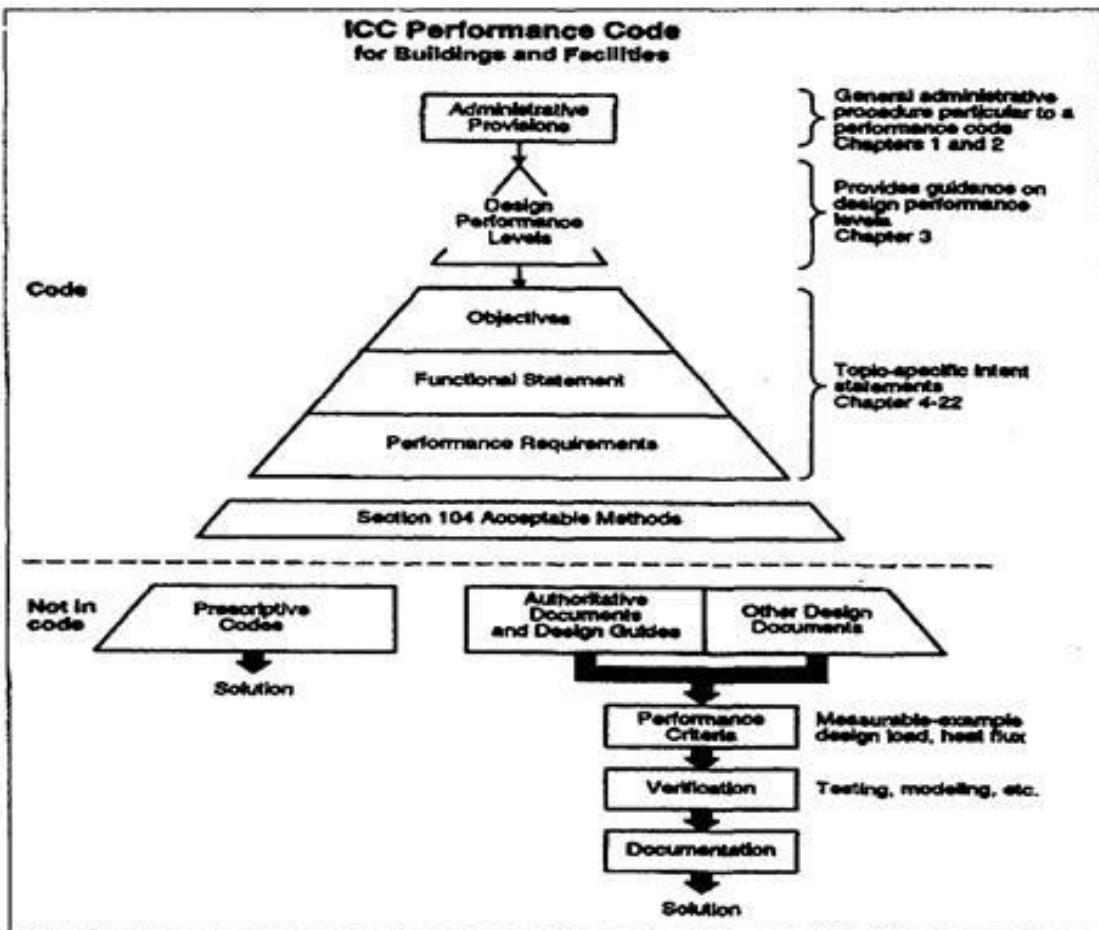
- ① 자질 있는 전문가에 의해서 보고서의 준비
- ② 자질 있는 전문가에 의해 구성된 설계팀에 의해서 설계 준비
- ③ 설계 전문가와 다른 설계 전문가, 건축주, 계약자 함께 조정 및 검증
- ④ Code official에서 설계 문서의 제출
- ⑤ Code official에 의해서 설계 문서의 검토
- ⑥ Code official은 성능적 기준에 적합 및 적용 가능성에 대한 검증
- ⑦ Code official의 설계 문서 승인 및 인정서 발행
- ⑧ 인정서 취득자는 승인된 계획 및 문서에 의해 시공될 수 있도록 책임

기존의 건축물에 있어서 새로운 리모델링, 변경 및 추가 사항에 대해서 설계 전문가는 다음과 같은 사항을 준수해야 한다.

- ① 적용될 설계 문서 및 건축물의 요구사항을 결정하기 위한 유지관리 요구사항, 제한사항들에 대한 조사
- ② 성능적 접근 방법은 사양적 방법을 사용한 건축물 및 시설물의 접근 방법과 명백히 구별
- ③ 운용 및 유지관리 방법에 대한 입증
- ④ 제안된 설계에 대한 상세한 요구사항과 효과에 대한 보고서
- ⑤ 입증된 불분명한 부분에 대한 수정을 포함하여 성능적 규정, 사양적 규정 및 이들이 조합된 규정에 대한 설계 문서의 준비
- ⑥ 새로운 건축물의 설계 절차와 같이 재검토 및 승인 등에 대한 사항을 Code official에게 보고서 제출

또한 기존의 건축물에 있어서 어떠한 물리적인 변경이 없이 용도를 변경하고자 하는 경우, 설계 전문가는 다음과 같은 사항을 준수해야 한다.

- ① 화재 또는 비상사태에 대한 성능에 관련된 건축물 형태 및 시스템에 대한 문서
- ② 운영 및 유지관리에 대한 입증
- ③ 건축물 및 시설물에 적절한 설계 화재시나리오 준비
- ④ 최대 위험 등급에 대한 성능 평가
- ⑤ 시험 및 설계 시스템 등 세부적인 효과에 대한 보고서의 준비
- ⑥ 일반적 승인 규정의 재검토 결과 제출



<그림 3.2.16> IBC 법 적용 Flow Chart

(Page 69~70)

3.2.8 발전소 시설

다. 화력발전소 보일러건물에 대한 내화설계

(1) 건물개요(표준화력 기준)

- 건물규모 : 건축면적 4,300m², 연면적 5,800m², 지상 3층, 높이 81m
- 구조형식 : R.C조(기초, 슬라브) + 철골조(기둥, 보) + 스틸판넬(벽체)
- ※ 주요구조부 : 전기생산을 위한 증기발생설비인 보일러설비를 지지하는 건물 특성상 철골조로 설계
- 소방시설 : 법정 소방시설 + CO₂ 및 스프링클러 소화설비(유연탄공급실)
- 특기사항 : 건물 내에 상주 근무자가 있으며 발화 또는 인화물질 존재하지 않음.

(2) 보일러건물 특성 검토

- 기능적 측면 : 증기생산에 필요한 유연탄공급기, 연소로, 각종 닉트 및 배관 수용
- 형태적 측면 : 건물의 80%는 1층으로 설계되며, 유연탄공급실 부분만 3층으로 이루어짐.
- 방화적 측면 :
 - 1층으로 되어있는 연소로 구간은 2중 차단막 (Ceramic Fiber 25m/m + Rock Wool 150m/m)을 설치함.
 - 3층으로 되어있는 유연탄공급실은 법정설비 이외에 추가 소방시설 (CO₂ 및 스프링클러 소화설비)을 설치함.
 - 건물내 발화물질 및 인화물질이 존재하지 않음. (콘크리트 및 철제로 구성됨)
- 인적, 물적 피해 측면 : 상주근무자가 없으므로 인명피해 우려 없음.
- ※ 재산피해는 법정보험(화재보험 등)을 통하여 보완하고 있음.
- 강구조 내화피복재 시공성 측면 : 기능상 진동이 발생함은 물론 복잡한 강구조로 이루어져 있어 적용 가능한 내화피복재료는 극히 제한적임.

(3) 미국의 적용사례

- UBC(Uniform Building Code, 미국 건축법) SECTION 306, 603

BOCA(Building Official Code Administrators International Inc.) Table 602

- 공장 및 산업설비는 크게 보통위험용도(Group F-1)와 낮은위험용도 (Group F-2) 2가지로 분류하며 발전소는 보통위험용도(Group F-1)에 해당됨.

- 건물은 주요 구조부의 사용재료(Construction Type)에 따라 5가지 Type으로 분류하며 불연재료로 되어있는 경우 Type2에 해당됨.

- 미국의 경우 Table 602(구조부 내화성능기준) 규정에 따라 강구조에 별도의 내화피복은 하지 않음.

※ 발전소 적용사례

- Harrison Station, Pleasant Station(AAllegheny Power Supply)
- Boll Run Steam Plant, Kingston Power Station(Tennessee Valley Authority)

(4) 일본의 적용사례

- 일본건축기준법 제27조

- 특수건축물 중 공장으로 분류하며 발전소의 경우 준내화구조로 하여야 함.

- 주요 구조부가 강구조로 되어있는 경우, 준내화구조로 인정되어 별도의 내화피복 불필요

※ 발전소 적용사례

- Noshiro 발전소
- Haramachi 발전소(東北電力)
- Nanao Ohta 발전소(北陸電力)
- Misumi 발전소(中國電力)

(5) 프랑스, 캐나다

- 각국의 화재방호설계기준 및 법령에 따라 건축물이라기 보다는 보일러 설비를 지지하는 야외구조물(Structure)로 간주하여 강구조에 내화피복을 하지 않음.

상기와 같이 국내에 건설중이거나 운전중인 모든 발전소는 발생 가능한 모든 사고에 대비하여 외국의 관련 기준과 국내의 관련 법규를 적용하여 설계, 시공 및 운영되고 있으나 건축법시행령 제56조 제6호 "3층 이상의 건축물 및 지하층이 있는 건축물"에 따라 터빈건물 및 보일러건물의 주요구조부인 강구조 부재에 내화피복을 적용하여야 한다. 그러나 건축법 시행령 제56조는 거주형태(Occupancy Type)에 따른 건축물의 특수성을 세분하여 인정하지 않고 건축물의 용도일부와 층수 및 바닥면 적과 관련한 규제 요건에 기준을 두고 있기 때문에 합리적인 내화설계를 위해서는 건물의 규모, 기능, 화재발생 위험성 등을 고려하여 내화구조의 범위나 적용기준을 별도로 정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 발전소건축물(주용도 및 부속용도)의 경우, 강구조물에 내화피복을 하지 않는 해외 각국의 사례와 국내 소방법에 따라 스프링클러 설비를 갖추도록 규정되어 있음(캐나다의 경우, 스프링클러나 열방출 설비를 갖춘 경우에 내화피복을 완화함)을 감안, 부속용도(사무실, 창고, 경비건물 등 각종 부속건물)를 제외한 주용도(터빈건물, 보일러건물 등)에 한하여 내화구조 대상에서 제외하는 것이 바람직하다.

F15. Explosion Protection Concept

다음은 Oman Project에 적용한 Siemens의 Explosion Protection Concept의 내용과 NFPA의 내용을 발췌하여 정리한 내용이다.

The fire explosion measures for architectural works described within this review are defined in accordance with the relevant codes and standards. The relevant local statutory requirements will be implemented where necessary.

1. Fire Explosion Protection Measures

1.1 Definitions

IEC 60079-10-1, Explosive atmospheres – Classification of areas – Explosive gas atmospheres, Hazardous Area

an area in which an explosive gas atmosphere is present, or may be expected to be present in quantities such as to require special precautions for the construction, installation and use of electrical apparatus.

통제지역(Control Area)은 위험물질을 최대허용수량 내에서 취급할 수 있는 건물 지역이고, 위험지역(Hazardous Area)은 일반 용도의 건물보다 위험한 건물 지역을 말한다.

NFPA 5000, 3.3.33 Area

3.3.33.3 Control Area. A building or portion of a building within which hazardous materials are allowed to be stored, dispensed, used, or handled in quantities not exceeding the maximum allowable quantities (MAQ).

3.3.33.10* **Hazardous Area**. An area of a structure or building that poses a degree of hazard greater than that normal to the general occupancy of the building or structure.

A.3.3.33.10 Hazardous Area. Hazardous areas include those areas used for the storage or use of combustibles or flammables; toxic, noxious, or corrosive materials; or heatproducing appliances.

NFPA 497, API RP 505, **Hazardous Zones**

hazardous areas are classified in zones based upon the frequency of the appearance and the duration of an explosive gas atmosphere.

Zone 0

an area, in which an **explosive gas atmosphere** is **present continuously** or for long periods.

Zone 1

an area, in which an explosive gas atmosphere is **likely to occur in normal operation**.

Zone 2

an area, in which an explosive gas atmosphere is **not likely to occur in normal operation** and if it does occur, is likely to do so only infrequently and will exist for a short period only.

1.2 Standards and Regulations

Various standards and regulations have to be considered for explosion protection measures.

- API RP 505

American Petroleum Institute:

Recommended practice for classification of locations for electrical installations at petroleum facilities classified as class I, Zone 0, Zone 1 and Zone 2

- EN 50272-2

Safety requirements for secondary batteries and battery installations Part 2: Stationary batteries

- IEC 60034-3

Rotating electrical machines, part 3: specific requirements for cylindrical rotor synchronous machines

- IEC 60079-10-1

Explosive atmospheres – Classification of areas – Explosive gas atmospheres

- IEC 60079-14

Explosive atmospheres – Electrical installations design, selection and erection

- IP15

Institute of Petroleum:

Area classification code for installations handling flammable fluids

- NFPA58

National Fire Protection Association: Liquefied petroleum gas code

- NFPA 70

National Fire Protection Association: National electrical code

- NFPA 497

National Fire Protection Association: Recommended practice for the classification of flammable liquids, gases, or vapours and of hazardous (classified) locations for electrical installations in chemical process areas

1.3 Flammable and Combustible Materials

- Natural gas (mainly methane, ignition temperature 595°C) used as fuel for the gas turbines, the supplementary firing of the heat recovery steam generator and the auxiliary boiler
- Fuel oil (flashpoint ≥ 62°C)
- Propane used as ignition gas
- Fuel oil used as fuel for the gas turbines and auxiliary boiler
- Diesel oil (flashpoint ≥ 55°C) used as fuel for black start, emergency diesel set and diesel driven fire fighting pump
- Lubrication oil, seal oil, hydraulic oil, and transformer oil (flashpoint > 130°C)
- Hydrogen released during battery charging processes
- Hydrogen used as cooling agent for the generators
- Acetylene (ignition temperature 305°C)
- Paint

Safety Values for Flammable and Combustible Materials

Combustible Material		Flashpoint Temp. °C	Explosive Limits (lower/upper)		Volatile		Relative Density of Gas or Vapour in Relation to Air	Ignition Temp. °C	Temperature Class	Apparatus Group
Name	Composition		g/m³	Content by Volume in %	Vapour Press. 20°C bar	Boiling Point °C				
Fuel Oil	div.	>62	n.a. ^①	~0.6	n.a.	150-300	n.a.	220-300	T3	IIA
Diesel oil	div.	>55	n.a.	~0.6	n.a.	150-300	n.a.	220-300	T3	IIA
Lube Oil/Seal Oil	div.	>160	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	375/410	T2	IIA
Hydraulic Oil	div.	>160	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	315-425	T2	IIA
Transformer Oil	div.	≥130	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	220	T3	IIA
Hydrogen	H ₂	---	3-64	4-75	---	-252	0.0695	510/580	T1	IIC
Methane	CH ₄	---	n.a.	4.4-16.5	---	-162	0.671	595	T1	IIA
Propane	C ₃ H ₈	---	n.a.	2.1-9.5	---	n.a.	1.6	450	T1	IIA
Acetylene	C ₂ H ₂	---	n.a.	2.5-100	---	-84	0.9	305	T2	IIC

^① n.a. = not available / not applicable

1.4 Hazardous Area Protection

위험지역 방호는 자동식 소화설비로 방호하면 공업용도에서는 방연이 제외되고, 창고용도에서는 아래와 같이 방호한다.

- 무창층 및 1시간 방화구획
- 자동식 소화설비 및 방연칸막이로 방호해야 하는데 공업용도의 위험한 지역에는 방연칸막이를 적용하지 않고 자동식 소화설비만으로 방호한다.
- 위험이 심각한 경우 1) 및 2)를 동시에 적용

위와 같이 공업용도 및 창고용도에서 위험지역 방호를 자동식 소화설비로 방호하기만 하면 방화구획 및 방연구획이 필요하지 않다.(단, 창고용도에선 심각한 위험지역(Zone 0)이 아니어야 함)

NFPA 5000, 29 Industrial Occupancy

29.3.2 Hazardous Area Protection. **Hazardous areas in industrial occupancies protected by approved automatic extinguishing systems in accordance with Section 55.3(Automatic Sprinklers) shall be exempt from the smoke-resisting enclosure requirement of 8.15.2.**

NFPA 5000, 30 Storage Occupancy

30.3.2 Hazardous Area Protection. (No requirements) (See also Section 8.15.)

NFPA 5000, 8 Fire-Resistive Materials and Construction

8.15 Special Hazard Protection.

- 8.15.1* Protection from any area having a degree of hazard greater than that normal to the general occupancy of the building or structure **shall be provided by one of the following means:**
- Enclosure of the area with **a fire barrier without windows that has a 1-hour fire resistance rating** in accordance with Section 8.4
 - Protection of the area with **automatic extinguishing systems** in accordance with Chapter 55
 - Application of both 8.15.1(1) and (2) where the hazard is severe or where otherwise specified by Chapters 16 through 34

8.15.2 Where protection is provided **with automatic extinguishing systems without fire resistance-rated separation**, the space protected **shall be enclosed with smoke partitions** in accordance with Section 8.10, unless otherwise **permitted by one of the following:**

- This requirement shall not apply to mercantile occupancy general storage areas and stockrooms protected by automatic sprinklers in accordance with NFPA 13.
- This requirement **shall not apply to hazardous areas in industrial occupancies protected by automatic extinguishing systems in accordance with 29.3.2.**
- This requirement shall not apply to hazardous areas in detention and correctional occupancies protected by automatic extinguishing systems in accordance with 21.3.2.

8.15.3 Doors in barriers required to have a fire resistance rating shall have a 3/4-hour fire protection rating and shall be self-closing or automatic-closing in accordance with 11.2.1.8.

1.5 Fire Explosion Protection Measures

- 1) Power Plant에서 Explosion 관련한 것은 H₂ gas와 관계된 건물외에 특별한 것이 없음(H₂ gas : 폭발에 대비하여 Explosion Relief Roof or Roof Monitor 등 설치)
- 2) Industrial and Storage Occupancy에서 Hazardous Area에 Automatic Sprinkler가 설치될 경우
 - 방연벽이 필요하지 않음
 - hazard가 severe하지 않을 경우(Zone 1, 2) 1시간 내화벽이 필요없음
- 3) Hazardous Area가 전체 건물의 일부로 구획되어 종속된 경우는 내화벽체를 설치하여 방화구획해야 함.

For explosion prevention measures following areas are considered

Building Name	Room	Risk	Zone	Measures
Air Compressor Building	-	-	-	
Main Electrical Building	Battery Room	Hydrogen	- Zone 1(vinicity of the batteries), - Zone 2(if any adequate ventilation)	- Automatic sprinkler (cable room) - Doos shall be locked - Warning Signs
Fuel Oil Forwarding/Unloading Pump Building	-	Fuel Oil	Zone 2(4m around the pump)	- Foam Water Automatic sprinkler
Fire Fighting Pump Station	-	Diesel oil	- (Below flash point)	- Automatic sprinkler (Diesel driven pump)
Water Treatment Building	-	-		
Hypo-Chlorination and Switchgear Building	Battery Room	Hydrogen	- Zone 1(vinicity of the batteries), - Zone 2(if any adequate ventilation)	- Doos shall be locked - Warning Signs
Administration & Central Control Building	-	-	-	
Guard House	-	-	-	
Steam Turbine Building	-	Hydraulic oil, lube oil, seal oil, hydrogen	- Zone 1 to a radius around H ₂ bottle, - Zone 2 to a radius 0.5m around exciter, seal oil, - Zone 2 (Generator enclosure), - Hydraulic oil, lube oil and seal oil are not considered for hazardous area.	- Automatic sprinkler (accessible ST generator bearings, area beneath ST and generator operating floor) - H ₂ Storage : Outdoor - Doos shall be locked - Warning Signs
Feed Water Pump House	-	Lube Oil	- (Below flash point)	
Workshop Building	-	Flammable gases(Acetylene), combustible liquids	Storage Area is classified Zone 2 to a radius of 2m	- Automatic sprinkler (storage, office) - Doos shall be locked - Warning Signs - Storage : Min.4.6m(Separated by combustible materials) - Protection from vehicle damage(Storage areas)
Gas Compressor Shelter	-	Fuel gas	Zone 2 inside the whole enclosure	- Doos shall be locked - Warning Signs
HRSG	-	Fuel gas	Zone 2 aroud possible leakage sources	- Doos shall be locked - Warning Signs
Gas Turbine Building	-	Hydraulic oil, lube oil, seal oil, hydrogen, Fuel gas, Fuel oil		- Automatic sprinkler (accessible GT generator bearings)

* The classified hazardous areas are equipped with the following warning signs:



Explosive atmosphere



No smoking



No open flame



No mobile phone



Access only for authorised personal

1.6 Further Requirements for Classified Hazardous Areas

- There are **at least two means of escape** from fenced or enclosed classified hazardous areas.
- Roads or public ways do not cross classified hazardous areas.
- Roofs of buildings in which lighter-than-air gas is handled are designed in such a way that escaping gas does not accumulate and gas clouds do not form.