



## 국내외 소규모 주민대피시설 기준을 고려한 표준 모델 구축 연구

### Construction Plan of the Standard Model According to Small Scale Shelter Standard in Korea and Foreign Country

유동완\* · 이태구\*\* · 조우진\*\*\*

Dong-Wan Yoo\* · Tae-Goo Lee\*\* · Woo-Jin Cho\*\*\*

\* Graduate Student, Dept. of Construction Engineering, Semyung Univ., South Korea (ydw@nate.com)

\*\* Corresponding author, Professor, Dept. of Architectural Engineering, Semyung Univ., South Korea (tglee2911@naver.com)

\*\*\* Coauthor, Graduate Student, Dept. of Construction Engineering, Semyung Univ., South Korea (ckdqls93@naver.com)

#### ABSTRACT

**Purpose:** The purpose of this project is to provide basic data that can be used as a reference for designing and constructing small-scale evacuation facilities that can keep people safe from various disasters in Korea. **Method:** In the process of constructing a mock-up based on the small-scale evacuation facility planning criteria derived from previous studies, this study is to verify the planning criteria presented in previous studies and suggest complementary points. **Result:** First, since relatively detailed structure planning standards are presented, it was not too difficult to reflect it on the actual design and build the structure. Second, since it is an underground structure, it is necessary to apply a thorough waterproofing plan and construction method to prevent water and moisture from entering the room. Third, it is necessary to consider sealing materials that can structurally withstand the pressure of explosion and block the inflow of radioactive and biochemical substances. It is considered to be a method of Fourth, in the process of building evacuation facilities, there are no high-performance special facilities such as CBRN ventilation systems and explosion-proof valves in Korea, so we have to a lot of research and development in this field.

#### KEYWORD

지하대피소 계획 지침  
소규모 지하대피소  
지하대피소 공간계획

Underground Shelter Planning Guidelines  
Small Scale Underground Shelter  
Underground Shelter Space Planning

#### ACCEPTANCE INFO

Received Jun. 3, 2021  
Final revision received Jun. 15, 2021  
Accepted Jun. 20, 2021

© 2021. KIEAE all rights reserved.

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

전 세계는 현재 기후변화로 인해 예측 불가능하고 규모가 큰 자연 재해가 지속적으로 발생하고 있으며, 내전 및 국가 간의 군사적 충돌로 인해 현재까지도 많은 국민들의 생명이 위협받고 있다. 1986년 원전폭발 사고가 발생한 우크라이나 체르노빌 원전에서 최근 다시 핵분열 반응이 시작되고 있으며, 2011년 지진과 쓰나미로 인해 원전 사고가 발생한 일본 후쿠시마에서도 아직까지 유출되고 있는 방사능과 원전 오염수 처리문제를 겪고 있는 등 최근 원전 사고의 위험성이 재조명되면서 원자력 발전소가 밀집되어있는 우리나라에서 원전 사고가 발생할 경우 대규모 인명피해로 이어질 수 있다는 위험성이 대두되고 있다. 또한 북한과 정전상태인 상황에서 미국, 중국, 일본, 러시아와 같은 군사 강대국에 둘러싸여 있는 국내의 상황을 고려하였을 때 원전사고 및 군사적 충돌이 발생할 경우 국민의 생명을 보장하기 위한 최소한의 시설인 1등급 민간 대피소 구축의 필요성이 제기되고 있다. 스위스와 오스트리아의 경우 대규모 공공 대피소와 별도로 소규모 주민대피시설에 대한 기준을 제시하고 있으며, 수용 가

능 인원 에 따른 각각의 계획 도면까지 제공하고 있다. 이는 대피시설의 접근성을 용이하게 하기 위해서는 집중적인 대규모 공공대피시설 보다 곳곳에 분산된 소규모 대피시설의 중요성을 강조하고 있기 때문이다. 그러나 국내에서는 대규모의 공공 주민대피시설 및 지휘용 대피시설에 대한 표준도면 및 기준만 있을 뿐 소규모 대피시설에 대한 별도의 규정 및 표준 모델도 없는 상황이다.

이에 본 논문에서는 국내 소규모 대피시설을 설계 및 구축하는데 있어 참고할 수 있는 기초자료 제공을 목적으로 하고 있다.

### 1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에 앞서 선행연구로 ‘국내외 소규모 지하대피시설 계획 기준 분석을 통한 국내 기준 개선 방안 연구(유동완, 2020)’를 수행하였다[1]. 연구 결과로 국내 소규모 주민대피시설에 대한 계획 기준 개선 방안을 제시하였으며, 이를 바탕으로 한 국내 소규모 주민대피시설 모델 구축 및 성능 시험에 대한 추후 연구의 필요성을 제기하였다. 이에 본 연구는 선행연구에 대한 후속 연구로서 연구방법은 오스트리아와 스위스의 기준을 참조하였으며 그 기준은 다음과 같다. 첫째, 선행연구를 통해 도출된 국내 소규모 주민대피시설에 대한 계획 기준을 바탕으로 최대 12인 수용이 가능한 1등급 주민대피시설 모델 계획 기준을 설정한다. 둘째, 설정한 계획기준을 바탕으로 국

내 소규모 주민대피시설 표준 모델을 설계 및 시공한다. 셋째, 이를 통해 선행연구에서 도출된 소규모 주민대피시설 계획 기준에 대한 현실 적용 가능성을 검증하고 기준에 대한 보완사항을 제시하고자 한다. 그러나 본 연구에서는 현실적 이유로 인해 다양한 표준 모델을 구축하지 못하고 12인용 소규모 주민대피시설 1가지에 대한 표준 모델 구축 방안을 제시하는데 있어 연구의 한계로 지적될 수 있다. 그럼에도 불구하고 국내에 존재하지 않는 소규모 민간 지하대피시설 계획 기준에 대한 개선안을 제시하는데 그치지 않고 이를 현실 적용 가능성 검증 및 기준에 대한 보완사항을 제시하는 실질적 연구를 하는데 있어 의미 있는 연구가 될 것이라고 판단된다.

## 2. 소규모 주민대피시설 Mock-up 계획 기준 설정

### 2.1. 규모 및 구조체 계획 기준 설정

소규모 주민대피시설 Mock-up은 외부의 충격에 대한 영향을 최소화하기 위해서 지하에 위치하도록 기준을 설정하였다. 대피 기간은 핵폭발로 인한 방사능 낙진이 최초 14일 동안 가장 많이 발생되는 것을 근거로 최소 14일 이상 대피소에 머무를 수 있도록 기준을 설정하였다[8]. 1인당 바닥면적 기준은 1.43m<sup>2</sup>이상을 기준으로 설정하였으며, 이는 재난의 상황에 따라 14일 이상의 장기 대피상황 및 실내 쾌적성을 고려하여 스위스와 오스트리아 기준보다 상대적으로 넓은 면적을 기준으로 하는 기존 국내 대피시설 기준을 적용하였다[5]. 보호범위는 1bar 이하의 압력을 기준으로 하며, 핵·방사능·화생물물질에 대해서도 보호 가능한 수준으로 계획 기준을 설정하였다. 이는 재래식 무기에 대한 보호수준을 기준으로 하였던 기존 국내 기준보다 상향된 스위스와 오스트리아의 기준을 근거로 한다[3][8][9]. 대피시설의 천장두께는 천장이 외부에 노출되어 있는 경우와 천장 상부에 구조물 및 흙이 덮여있는 두께에 따라 세부적으로 대피시설의 천장두께 기준을 제시하는 오스트리아 기준을 근거로 하였으며, 외부에 대피시설 천장이 노출되어있는 경우 0.6m 이상, 천장 상부에 흙이 0.3~0.4m 이상 덮여있는 경우 0.5m 이상, 0.4~0.6m 흙이 덮여있는 경우 0.4m 이상, 0.6m 이상 흙이 덮여있는 경우 0.3m 이상을 기준으로 하고 있다[9]. 지하에 위치한 대피시설의 일반적인 외벽 두께 기준은 0.3m 이상으로 국내와 오스트리아의 기준을 근거로 설정하였으며, 스위스 기준에서는 출입을 위해 외기와 면할 수밖에 없는 출입구 부분의 벽체는 구조적으로 외부 충격에 대한 영향을 더 받는 만큼 외벽두께 0.4m 이상으로 강화된 기준을 제시하고 있어 이를 계획 기준에 반영하였다[2][8][9]. 대피시설의 구조체는 철근콘크리트 구조를 기본으로 하며, 스위스의 대피시설 구조 설계 기준에 따라 직경 10mm이상의 철근을 150mm간격으로 배근하고 띠철근을 105mm마다 보강하는 방식으로 배근하도록 하였다[6].

### 2.2. 주출입구 및 비상탈출구 계획 기준 설정

외부 충격으로부터 실내를 보호할 수 있어야 하는 주출입문 및 비상탈출문의 보호 성능은 국내와 스위스 기준을 근거로 3bar를 기준으로 설정하였다[4][8]. 주출입문의 크기는 폭 0.8m 이상, 높이 1.85m 이하를 기준으로 하며, 외부충격을 고려하여 바깥쪽으로 열리는 여닫이 방

Table 1. Planning Guidelines of Small Scale Residential Underground Shelter in Domestic[1]

Division		Planing Guideline [1]	Mock-up Plan
Position		Underground	Underground
Floor Area / Person		≥ 1.43m <sup>2</sup>	1.7m <sup>2</sup>
Evacuation Period		≥ 14 Days	≥ 14 Days
Protection Range	Weapon	CBRN	CBRN
	Explosion Pressure	≤ 1bar	≤ 1bar
Reinforce ment	Diameter	≥ ∅ 10	∅ 10
	Distance	≤ 150mm	150mm
Exterior Wall Thickness	Normal Wall	≥ 0.3m	0.3m
	Entrance Wall	≥ 0.4m	0.4m
Ceiling Thickness	Covering Thickness > 0.6 (m)	≥ 0.3m	0.4m
	Ceiling Height	≥ 2m, ≤ 3m	2.5m
Entrance	Size	≥ 0.8 x 1.85m	0.85 x 1.9m
	Pressure	3bar	3bar
	Open and Close	Outside	Outside
Emergency Exit	Vertical type	≥ 0.6 x 0.8m	1.2 x 0.9m
	Door Size	≥ 0.6 x 0.8m	0.8 x 0.9m
	Open and Close	Inside or Outside	Inside
CBRN Ventilation System	Area	≥ 1.0m <sup>2</sup>	1.0m <sup>2</sup>
	Unit	1 per 50 Persons	1 EA
	Filter	Activated carbon, HEPA	Activated carbon, HEPA
Filter Room	Sand Volume < 15 (Persons)	≥ 1.5m <sup>3</sup>	2.7m <sup>3</sup>
	Height	≥ 1.6m	2.5m
	Filter	Activated carbon, Sand	Activated carbon, Sand
Toilet	Type	Dry Toilet	Dry Toilet
	Size	0.70 x 1.9m	0.8 x 1.2m
	Unit	1 per 25 Persons	1 EA
	Position	Final Exhaust Area	Final Exhaust Area
Bed	Type	3-Story Bed	3-Story Bed
	Size	≥ 0.7 x 1.9m	0.7 x 1.9m
	Wall-Bed Distance	≥ 0.1m	≥ 0.1m
	Aisle	≥ 0.7m	≥ 0.7m
Position	Around the Entrance	Exhaust	Exhaust
		Toilet	Toilet
	Around the Emergency Exit	Air supply	Air supply
		Ventilation	Ventilation
		Filter Room	Filter Room

식의 문을 기준으로 하였다. 수직형 비상탈출로 및 비상탈출 문은 국내와 스위스 기준을 근거로 폭 0.6m 이상, 0.8m 이상을 기준으로 하였으며, 비상탈출로도 주출입구와 같이 외부충격을 고려하여 바깥쪽으로 여닫는 방식이 더욱 안전하나 바깥쪽으로 문이 열릴 경우 공간이 협소한 소규모 대피시설에서는 충분한 비상탈출공간을 확보할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이에 스위스 기준에서는 지하에 위치한 비상탈출 문은 외부의 충격을 직접적으로 받지 않으며, 개구부의 크기가 작기 때문에 대피시설의 공간을 고려하여 바깥쪽이나 안쪽 여닫이 문의 사용이 가능하도록 하고 있으며, 소규모 주민대피시설 Mock-up 설계 시에도 공간의 활용을 고려하여 여닫이 방식을 적용하고자 한다[8].

### 2.3. 환기 및 필터 시스템 계획 기준 설정

환기방식은 CBRN(Chemical, Biological, Radiological and Nuclear weapons) 환기장치를 이용해 환기하는 스위스 방식과 모래 및 활성탄을 채워 넣은 공간을 거쳐 환기가 이루어지는 오스트리아의 필터룸(Filter Room) 방식이 있다. CBRN 환기장치를 이용한 환기방식은 활성탄과 HEPA필터로 이루어진 가스필터를 통해 오염물질을 여과하기 때문에 필터 교체 비용이 높고 설치 공간도 1m<sup>2</sup> 정도의 바닥면적만 필요로 하기 때문에 특히 공간이 협소한 소규모 대피시설에 적합한 환기방식이다.[7] 반면에 필터룸을 통한 환기방식은 높이 1m 이상의 모래필터를 채워 넣을 최소 45m<sup>3</sup>의 필터룸 공간이 필요하기 때문에 공간의 효율성이 상대적으로 낮다. 그러나 두꺼운 모래 필터는 오염물질의 여과뿐만 아니라 공기의 온도를 낮추는 역할을 하기 때문에 폭발로 인해 뜨거워진 고온의 외기가 직접적으로 환기배관을 타고 유입되어 실내 온도를 과열되게 하거나 환기장치의 고장을 발생시킬 위험을 줄여주는 장점을 가지고 있다[9]. 이에 소규모 주민대피시설 Mock-up에서는 스위스의 CBRN 환기장치를 이용한 환기방식과 오스트리아의 필터룸 환기방식을 모두 적용할 수 있는 기준으로 설정하였다.

### 2.4. 기타 최소한의 시설기준

침대는 스위스와 오스트리아의 기준을 근거로 공간효율성을 고려하여 0.7m이상, 길이 1.9m이상의 3층 침대를 기준으로 하였으며, 침대와 벽 사이의 거리는 최소 0.1m 이상 이격시키고, 침대와 침대 사이의 거리는 최소 0.7m 이격시켜 침대로의 진입공간을 확보할 수 있도록 하였다[8][9]. 화장실은 건식화장실 적용을 기본으로 하여 한정된 물의 사용량을 최소화하고 수세식 화장실 적용 시 외부와 연결되는 설비배관을 최소화하여 대피소 내부로 오염물질이 유입되는 위험도를 최소화할 수 있도록 하였다[8]. 화장실은 스위스 기준에 근거하여 폭 0.7m이상, 길이 1.9m이상의 공간 최소 25인당 1개의 화장실 공간을 확보하고 화장실은 원활한 배기를 위해 주출입구 옆, 배기관 아래 위치하는 것을 기준으로 하였다[8].

## 3. 소규모 주민대피시설 모델 설계안 도출

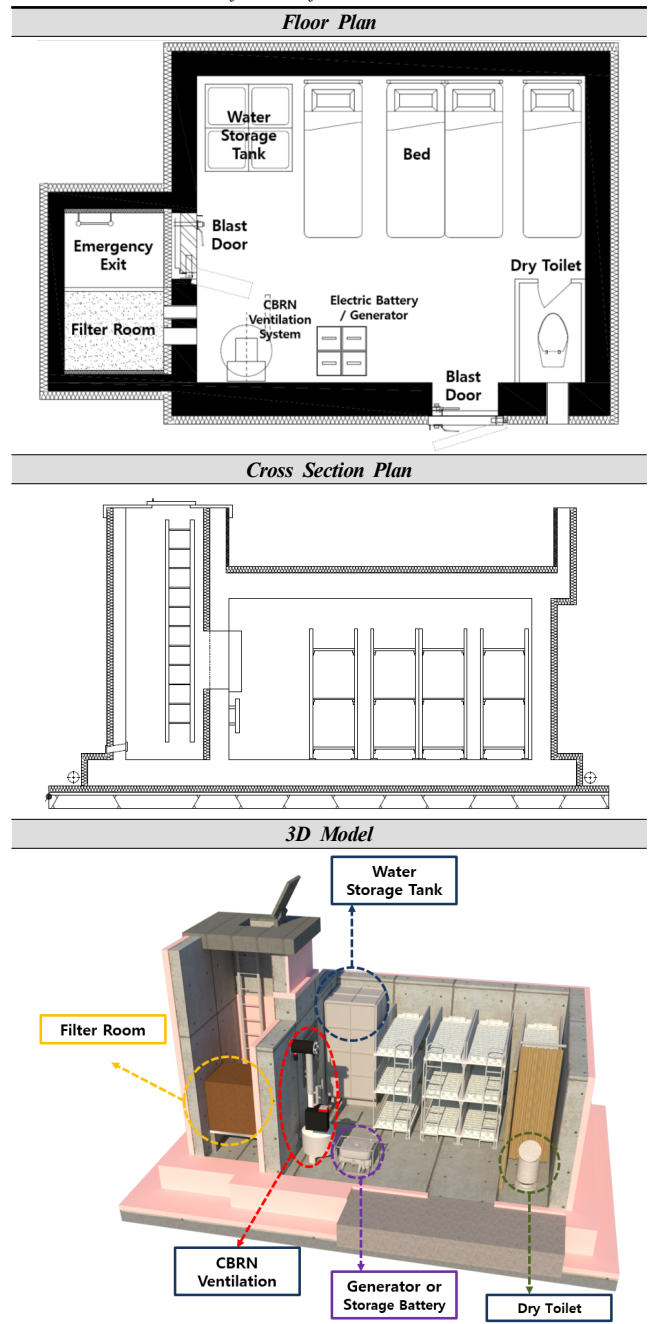
### 3.1. 주요 구조체 설계안

소규모 주민대피시설 Mock-up이 구축될 대상지는 충북 제천에

위치한 곳으로 주요 대지 선정 조건은 다음과 같다. 첫째, 대피 인원의 출입 및 지하공간을 구축하기 용이한 경사진 대지를 선정한다. 둘째, 북쪽에서 남쪽으로 공격이 이루어지는 것을 고려하여 남향으로 경사진 대지를 선정한다. 셋째, 재난 발생 시 주변에 붕괴 가능한 고층 건물이 없는 대지를 선정한다. 2장에서 도출한 Mock-up 계획 기준을 바탕으로 대상지 주변 조건에 맞춰 소규모 주민대피시설 모델 설계안을 다음과 같이 작성하였다(Table 2.).

소규모 주민대피시설 Mock-up은 지하에 위치하며 주출입구가 위치하는 남측 벽면만 통행을 위해 노출이 되고 나머지 벽면 및 천장은 모두 지하에 매립되도록 설계하였다. 기본적으로 Mock-up은 국내 콘크리트 구조 설계 기준과 함께 스위스와 오스트리아의 대피소 구조 기준을 준수하였으며, 국내의 일반적인 소규모 철근콘크리

Table 2. Floor and Roof Plan of Small Scale Shelter



트 구조 건축물 보다 콘크리트 강도나 두께, 철근 보강을 강화하여 구조적 안전성을 높였다. 모든 구조체는 1bar의 보호성능을 목표로 직경 10mm의 철근을 150mm 간격으로 배근한 철근콘크리트 구조로 설계하였으며, 외부에 노출된 남측 벽체에는 수직 철근에 U자형 띠 철근을 보강하였다. 벽체 두께는 계획 기준에 근거하여 지하 외벽 0.3m, 노출된 출입구 부분 외벽 0.4m, 비상탈출로 외벽 0.2m, 바닥 0.4m로 설계하였다. 오스트리아의 기준에 근거하여 천장 상부에 높이 0.6m 이상의 흡이 덮일 경우 0.3m 이상의 천장의 두께를 확보하여야 한다[9]. Mock-up의 천장 상부에 덮이는 높이 1m의 흡과 하중을 고려하여 천장두께는 0.4m로 설계하였다.

주출입문의 크기는 최소 계획 기준인 폭 0.8m 높이 1.85m를 준수하며 폭 0.85m 높이 0.19m로 계획하였다. 그러나 비상탈출문은 최소 계획 기준인 폭 0.6m이상 높이 0.8m이상을 적용할 경우 탈출문의 두께와 비상탈출로의 공간을 고려할 때 탈출은 가능하지만 탈출하는데 있어 매우 좁고 불편할 것으로 판단되어 비상탈출문은 폭 0.8m 높이 0.9m로 설계하였으며, 비상 탈출로 또한 탈출의 용이성을 고려하여 가로 1.2m 세로 0.9m로 설계하였다. 비상탈출로 상부에는 강철판으로 제작한 여닫이문을 계획하여 내부에서 잠금장치로 문을 잠글 수 있도록 계획하여 외부인이 역으로 비상탈출로를 통해 대피시설로 들어올 수 없도록 계획하였다. 방폭문은 25mm 강철판, 100mm 콘크리트, 6mm 철판층 등 여러 단계의 방호층으로 이루어져 3bar의 폭압에 견딜 수 있도록 계획하였다. 문은 폭압에 견디는 이중 볼트 잠금장치를 설치하며 주출입문과 비상탈출문은 내부에서 개폐가 가능한 여닫이 구조로 하였고, 잠금장치 각 끝단에는 최소 2개의 잠금쇠를 장착하고 잠금 클램프는 자동으로 잠기지 않고 같은 힘으로 열고 닫을 수 있는 구조로 계획하였다. 도어 끝단에는 원형 가스켓을 설치하여 청결하고 탄력성이 유지되도록 하고, 접촉면과 가스켓이 오염되지 않고 기밀이 유지되도록 하였다.

70~80년대 대피시설은 구조적인 안전성에 초점이 맞춰져 있었던 만큼 단열에 대한 필요성이 크게 강조되어있지 않았다. 그러나 긴 대피기간과 제한된 전력 공급량을 고려하였을 때 대피시설의 단열을 통해 불필요한 에너지 소모를 줄이고, 열적 쾌적성을 확보할 수 있는 단열의 필요성이 제기되고 있다. 이에 소규모 주민대피시설 Mock-up 구조체에 100mm의 외단열 공법을 적용하였으며, 실내온도가 너무 높게 올라갈 경우 일부 철거가 가능한 구조로 구상하였다.

### 3.2. 평면 설계안

대피인원은 최대 12명, 대피기간은 최소 14일을 기준으로 설계하였다. 가로 5m 세로 4.05m로 총 거실 바닥면적은 20.25m<sup>2</sup>로 설계하였으며, 1인당 바닥면적은 최소 기준인 1.45m<sup>2</sup>보다 넓은 1.7m<sup>2</sup>의 공간을 확보하였다. 주출입구는 지리적 특성상 상대적으로 안전한 남측에 배치하였으며, 화장실을 주출입구 옆에 배치하고 상부에 배기구를 설치하여 화장실의 악취가 원활하게 배출될 수 있도록 설계하였다. 비상탈출문은 주출입문과 마주보게 배치할 경우 강한 폭압으로 인해 주출입문이 파괴될 경우 마주하고 있는 비상탈출문도 손상될 가능성이 있다. 이에 비상탈출문은 직각으로 배치하여 주출입문과 마주보지 않고 사선에 위치할 수 있도록 설계하였다. 비상탈출문의 배치에 따라 공간의 연관성이 있는 수직형 비상탈출로, 필터

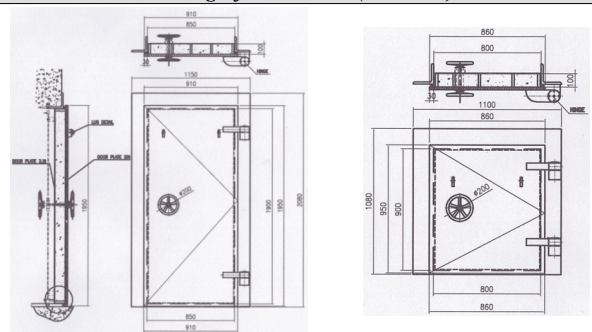
룸, CBRN 환기장치, 급기배관을 서측에 배치하였다. 비상탈출문과 비상탈출로는 직접적으로 연결되어 있어야 긴급한 대피가 가능하기 때문에 인접하게 배치하였고, 비상탈출로는 환기장치와 급기배관으로 연결되어 외기를 받아들이는 급기 통로의 역할을 하기 때문에 환기장치와 급기배관도 서측에 위치하였다. 외기의 오염물질 및 고온의 외기를 낮추어 환기장치의 고장 및 실내 온도의 과열을 방지해 줄 수 있는 필터룸도 CBRN 환기장치와 연결하여 사용하기 용이하도록 서측에 배치하였다.

침대와 비상 급수시설인 물탱크는 노출된 남측 벽과 떨어져있고 지하에 매립되어 외부 충격으로부터 가장 안전한 북측에 배치하였다. 비상전원시설인 배터리 또는 발전기는 전기 공급이 가장 필요한 환기장치와 가까운 곳에 배치하였다.

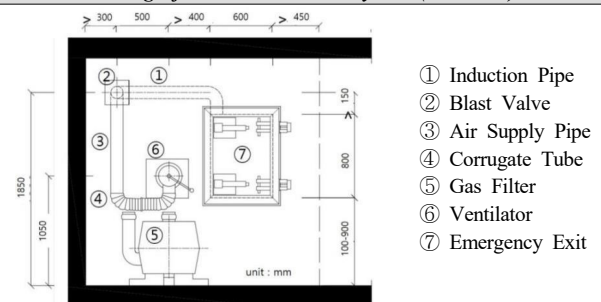
### 3.3. 기타 설비 설계안

환기시스템은 CBRN 환기장치와 필터룸 공기 여과방식을 모두 적용하여 두 가지의 공기 여과 방식에 대한 실험을 진행할 수 있도록 계획 하였다. CBRN 환기장치는 흡입관, 방폭밸브, 공급관, 주름관, 가스필터, 환기장치로 구성되며 평상시나 외부에 오염물질이 많지 않은 경우 기본적으로는 CBRN 환기장치를 사용하여 환기가 이루어지도록 계획하였으며, 핵·방사능·화생방 물질 등 외부 공기의 온도가 과열되고 여과하여야 할 오염물질이 많은 경우 1차적으로 필터룸을 통해 여과된 공기만 CBRN 환기장치 흡입구로 들어올 수 있도록 설계하였다. 평상시에 필터룸을 거치지 않고 CBRN 환기장치만을 이용하도록 계획한 이유는 평상시에도 필터룸을 거쳐 환기가 이루어질 경우 공기가 높이 1m 이상의 두터운 모래층을 통과하여야 하기 때문에 급기를 위한 불필요한 에너지 소모가 많으며, 모래필터에 오염물질이 많이 흡착될 경우 모래필터를 교체하는데 있어 CBRN 환기시스템의 필터교체에 비해 어려움이 있어 이와 같이 계획하였다.

Table 3. Floor and Roof Plan of Small Scale shelter  
Drawing of Blast Door (Unit: mm)



Drawing of CBRN Ventilation System (Unit: mm)





비상 급수는 대피소나 지하에 물탱크를 매립하여 사용하는 저장 시스템과 기존 상수 및 지하수를 끌어올려 이용하는 방식 등이 있다. 평상시 Mock-up에는 기존 상수배관을 이용하여 물을 공급받을 수 있도록 계획하였으며 재난발생 시 상수배관이 파손될 위험을 대비하여 대피소 내에 물 저장 탱크를 설치하여 비상 급수가 이루어질 수 있도록 계획하였다. 발전시설도 평상시 기존의 도시 전력망을 사용할 수 있도록 계획하였으며, 재난발생 시 기존의 도시 전력망이 끊어질 것을 대비하여 비상발전기 또는 축전지를 통한 비상 전력공급이 이루어질 수 있도록 하였다.

## 4. 소규모 주민대피시설 모델 시공

### 4.1. 기초공사

소규모 주민대피시설 Mock-up이 구축될 대상지에 터파기를 실시한 후 잡석을 깔고, 위에 비닐을 깔아 지면의 습기차단층을 설치한 후 버림콘크리트 위에 XPS 단열재 100mm 기초단열을 하였다. 기초 바닥에 설치되는 단열재는 구조체의 하중을 견딜 수 있는 XPS 단열재 특호를 적용한 후 10mm의 이형철근을 150mm 간격으로 배근한 후 차수판을 설치하고 콘크리트를 타설하여 기초 바닥판 및 기초 단열공사를 완료하였다(Fig. 1.).

### 4.2. 구조체 및 외벽 보강 공사

기초 바닥 콘크리트가 굳은 후 외벽이 구축될 자리에 거푸집과 단열재를 설치하여 외단열 일체타설 공법을 적용하였다. 땅 속에 매립되는 동측, 서측, 북측 외벽에는 방수성능이 있는 XPS 단열재 100mm를 설치하였고, 외부에 노출된 남측 벽면에는 미장마감을 하기 위해 EPS 단열재 100mm를 적용하였다. 남측을 제외한 나머지 벽체의 두께는 0.3m로 하였으며, 외부에 노출된 남측 벽체는 방폭 강도를 높이기 위해 외벽두께를 0.4m로 다른 벽체에 비해 0.1m 두껍게 시공하였다.

외벽도 직경 10mm 철근을 150mm 간격으로 배근하고 외부에 노출된 남측 외벽에 경우 폭압을 높이기 위하여 U자형의 띠철근을 수직수평철근 사이에 배근하여 구조적으로 보강하였다. 외벽 콘크리트 타설 후 천장면을 기초 바닥과 같은 방식으로 상부근과 하부근 및

벽체상부에 띠철근등을 배열 한 후 0.4m 두께의 콘크리트를 타설하였다. 천장 상부에 덮어질 1m 높이의 흙의 하중과 오스트리아의 천장 두께 기준을 고려하여 천장두께를 0.4m로 설정하였으며, 천장 콘크리트를 타설 후 상부에 단열재 설치 후 1m 높이의 흙을 복토하였다(Fig. 2.).

### 4.3. 비상탈출로 및 필터룸(Filter Room) 공사

비상탈출로의 외벽두께는 기준에 근거하여 대피시설 외벽 두께인 0.3m보다 0.1m 얇은 0.2m를 적용하였으며 대피시설의 상부에 높이 1m의 흙이 덮여 지면과 같은 높이가 될 것을 고려하여 대피시설의 외벽보다 1m 높게 비상탈출로를 시공하였다. 비상탈출로는 수직형으로 구축하였으며 비상탈출로의 북측 면에 사다리를 설치하여 비상시 탈출이 용이하도록 하였다. 비상탈출로와 인접한 남측 공간은 필터룸 공간으로 모래 및 활성탄 필터박스, 물탱크를 설치할 공간을 마련하였다(Fig. 3.).

### 4.4. 방폭문 제작 및 설치

25mm 강철판, 100mm 콘크리트, 6mm철판 층으로 방폭문을 구성하여 3bar의 압력에도 버틸 수 있도록 계획하였으며, 이를 폭



Fig. 2. Framework Construction of Small Scale shelter



Fig. 1. Foundation Construction of Shelter



Fig. 3. Emergency Exit and Filter Room Construction of Shelter



Fig. 4. Blast door Construction of Shelter



Fig. 5. Finish Work and Back Filling of Small Scale Shelter

0.85m 높이 1.9m의 바깥 여닫이 주출입문과 폭 0.8, 높이 0.9m의 안쪽 여닫이 비상 탈출문을 제작하여 주출입구와 비상탈출구에 설치하였다. 주출입문은 내외부에서 모두 개폐가 가능하지만 비상탈출문은 내부에서만 개폐가 가능하도록 하여 주출입구를 제외하고는 외부에서 대피시설 내부로는 들어올 수 없도록 하였다. 외부 측 비상탈출로 입구에는 강철판으로 제작한 바깥 여닫이문을 제작·설치하여 비상탈출로를 통해 빗물이나 오염물질이 들어오지 못하게 하고 외부인이 비상탈출로를 따라 대피시설 내부로 들어오지 못하도록 문에 내부 잠금장치를 설치하였다. 도어, 프레임 및 회전 브래킷은 방청 페인트칠위에 회색으로 도색하였다(Fig. 4).

#### 4.5. 마감 및 복토 공사

외부에 노출된 남측벽체는 외단열 미장마감 공법으로 마감하였으며, 동측, 서측, 북측 벽체 주변은 흙과 돌을 쌓아 지하에 매립되도록 하였다. 대피시설의 천장 상부도 1m 높이의 흙으로 덮여 남측 벽체를 제외한 대피시설의 모든 면을 지하에 매립하였다(Fig. 5).

### 5. 결론

전 세계는 현재 기후변화로 인해 예측 불가능하고 규모가 큰 자연 재해가 지속적으로 발생하고 있으며, 내전 및 국가 간의 군사적 충돌로 인해 현재까지도 많은 국민들의 생명이 위협받고 있다. 이러한 각

종 재난들 속에서 국민들의 안전을 보장할 수 있는 소규모 주민대피시설에 대한 필요성이 제기되고 있다. 이에 본 논문에서는 선행연구에 대한 후속 연구로서 선행연구에서 도출된 국내 소규모 주민대피시설에 대한 계획 기준을 바탕으로 최대 12인 수용규모의 1등급 주민대피시설 모델을 구축하여 소규모 주민대피시설 계획 기준에 대한 현실 적용 가능성을 검증하고 기준에 대한 보완사항을 제시하고자 하였다.

이에 선행연구를 통해 도출된 계획 기준을 바탕으로 소규모 주민대피시설 모델을 설계 및 구축한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다. 첫째, 비교적 세부적인 구조체 계획 기준이 제시되어 있어 실제 설계에 반영하고 현장에서 구조체를 구축하는데 큰 무리가 없으나 철근 배근에 있어 방폭압력을 강화하기 위한 각도 60도 이상의 철근 가공을 위한 공장제작의 철근 공급 방법이 강구될 필요가 있었다. 둘째, 지하 구조물이기 때문에 물 및 습기가 실내로 유입되지 않도록 구조체의 방수계획 및 배관계획이 필요하며 배관시 방폭을 유지하기 위한 배관공사의 구상이 필요하다. 셋째, 대피시설 리모델링의 경우 구조체가 시공된 이후에 방폭문을 설치할 경우 문틀과 구조체 사이에 공간이 발생하며 이를 통해 폭압에 의한 오염물질이 유입될 가능성이 있다. 이에 구조적으로 폭발 압력을 견디고 방사능 및 생화학 물질의 유입을 차단시킬 수 있는 실링자재에 대한 개발이 필요하며 대피시설을 신축할 경우에는 방폭문의 문틀과 외벽을 구조적으로 연결한 후 일체타설 하는 것이 구조적으로 안전한 것으로 나타났다. 넷째, 대피시설 구축을 위한 국내에서의 가정용 CBRN 환기시스템과 방폭 밸브 등과 같은 고성능의 특수설비들이 생산되지 않아 추후 이 분야에서의 많은 연구개발이 필요한 것으로 판단된다.

추후 연구에서는 구축한 소규모 대피시설 구조체에 CBRN 환기장치와 모래 및 활성탄을 이용한 필터룸과 CBRN 환기시스템의 오염물질 여과성능에 대한 시험 인증이 필요하며, 지속적인 모니터링을 통해 성능개선 및 생산방법 개선을 위한 연구를 진행하고자 한다.

### Acknowledgement

이 논문은 2018년도 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다(No. NRF-2018R1D1A1A02047963).

### Reference

- [1] 유동완, 이태구, 국내외 소규모 지하대피시설 계획 기준 분석을 통한 국내 기준 개선 방안, KIEAE Journal, 제20권 제4호, 2020, pp.67-75. // (D.W. Yoo, T.G. Lee, Domestic Standard Improvement Plan through Analysis of Small Underground Shelter Planning Standards in Domestic and Foreign, KIEAE Journal, 20(4), 2020, pp.67-75.)
- [2] 소방방재청, 민방위 시설장비 운영 매뉴얼, 2011, pp.3-28. // (National Emergency Management Agency, Civil Defense Facility Equipment Operation Manual, 2011, pp.3-28.)
- [3] 소방방재청, 화생방 대피시설 기준 및 활용방안 연구, 2009, pp.1-181. // (Research on CBRN shelter standards and application, 2009, pp.1-181.)
- [4] 한국건설기술연구원, 지하 핵 대피시설 구축 방안 설정에 관한 연구, 2008, pp.1-116. // (KICT, A Study on the Establishment of Underground Unclear Shelter, 2008, pp.1-116.)
- [5] 행정안전부, 2020년도 민방위 업무지침, 2020, pp.219-275. // (Ministry of the Interior and Safety, 2020 Civil Defense Business Guidelines,

- 2020, pp.219-275.)
- [6] Bundesamt für Bevölkerungsschutz. TWK 2017 Technische Weisungen für die Konstruktion und Bemessung von Schutzbauten, die Schweiz, 2017, pp.1-85. // (Federal Office for Population Protection. TWK 2017 Technical instructions for the construction and dimensioning of protective structures, Switzerland, 2017, pp.1-85.)
  - [7] BUNDESAMT FÜR ZIVILSCHUTZ. TWS 1982 Technische Weisungen für spezielle Schutzräume, die Schweiz, 1982, pp.119-138. // (FEDERAL OFFICE FOR CIVIL PROTECTION. TWS 1982 Technical instructions for special shelters, Switzerland, 1982, pp.119-138.)
  - [8] BUNDESAMT FÜR ZIVILSCHUTZ. TWP 1984 Technische Weisungen für den Pflicht-Schutzraumbau, 1984, pp.11-135. // (FEDERAL OFFICE FOR CIVIL PROTECTION. TWP 1984 Technical instructions for compulsory shelter construction, Switzerland, die Schweiz, 1984, pp.11-135.)
  - [9] Pech, A., and Kolbitsch, A. Keller. Part of the Baukonstruktionen book series Vol. 6, New York: Springer Wien, 2017.