



국내·외 소규모 지하대피시설 계획 기준 분석을 통한 국내 기준 개선 방안

Domestic Standard Improvement Plan through Analysis of Small Underground Shelter Planning Standards in Domestic and Foreign

유동완* · 이태구**

Dong-Wan Yoo* · Tae-Goo Lee**

* 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)

ABSTRACT

Purpose: In the modern society that is going through continued natural and social disasters due to climate changes, there is a growing need for shelter to protect the lives of the people. However, it is hard to find first grade shelter that are capable of accommodating civilians in Korea. **Method:** This study aims to suggest planning criteria for domestic small-scale underground shelter for residents by analyzing domestic and foreign shelter planning guidelines. **Result:** First, according to the planning criteria set, it is recommended to build a shelter that can protect civilians from nuclear-radioactivity and biochemical materials, based on an explosion pressure of less than 1 bar and a nuclear weapon radiation protection factor of less than 0.004 and allows a long-term stay of more than 14 days. Second, it is required to place entrance doors and emergency exit doors crosswise and install 3-bar blast doors for protection performance. Third, there is a need to design CBRN ventilation systems, which have space efficiency and are comfortable to maintain, in combination with filter rooms that can remedy the shortcomings of CBRN ventilation systems. Fourth, it is essential to install dry-type toilets that are easy to install and can minimize water consumption and 3-story beds with a size of over 0.7 x 1.9m should be placed, in the light of space efficiency. Fifth, it is needed to install water storage tanks for emergency water supply and generators and storage batteries for emergency power supply.

KEYWORD

지하대피소 계획 지침
소규모 지하대피소
지하대피소 공간계획

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

ACCEPTANCE INFO

Received May. 27, 2020
Final revision received Aug. 17, 2020
Accepted Aug. 20, 2020

© 2020. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

현대 사회에서는 전 세계적인 기후변화로 인해 이상기후가 빈번히 발생하고 있으며 이는 더 많은 자연재난을 발생시키고 나아가 후쿠시마 원전 폭발과 같은 2차적 재난으로 이어지기까지 했으며, 이념, 종교, 문화, 이익 등의 차원에서 전쟁 및 테러와 같은 사회적 재난에 이르기까지 다양한 재난들이 발생하고 있다. 우리나라 역시 경북 지역 일대를 중심으로 빈번한 지진이 발생하고 있으며, 지진 발생지역 주변에는 우리나라 대부분의 원전시설이 위치해 있다. 또한 2010년도 당시 연평도 포격은 휴전 상태의 분단국가인 우리나라의 전쟁 위험성을 다시 일깨워주는 사건이었다. 이와 같은 자연 및 사회 재난이 발생할 때마다 국민들이 안전하게 대피할 수 있는 대피시설의 필요성에 대한 요구와 더불어 대피시설로서의 역할을 할 수 없는 기존 대피시설의 문제점이 지적되어 왔지만 그에 대한 실질적인 대처는 아직까지 미흡한 실정이다.

이에 필요한 근본적인 대책은 재난대비를 위한 소프트웨어적인 내용도 중요하지만 각종 재난 상황에서도 국민의 안전을 확보할 수 있는 대피시설의 구축이 무엇보다 중요한 요소라고 판단된다. 국외

선진국들에서는 자연 및 사회 재난으로부터 자국민을 보호할 수 있는 프로그램과 함께 충분한 보호 성능을 갖는 대피시설을 갖추고 있으며 대피시설 구축 관련 계획 민간 지침을 제공하고 있다. 그러나 국내의 대피시설 관련 지침은 대부분 대피소에 필요한 시설·장비의 종류 및 성능 등에 관한 기본적인 내용만 있을 뿐 필요 설비들이 설치되는 위치, 공간 구성, 표준 모델 등 대피소 설계 시 필요한 계획적 내용이 미흡하며, 현재 관련 지침 및 매뉴얼에서 제공하고 있는 표준 도면은 대규모 주민대피시설과 대규모 지휘용 대피시설만 있을 뿐 소규모 주민대피시설에 대한 모델은 없는 상황이다.

이에 본 논문에서는 소규모 대피시설을 신축하거나 기존 건물의 지하공간을 활용하여 대피시설을 구축함에 있어 계획 시 참고 할 수 있는 기초자료를 제공하는데 목적을 두고 있다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

국내 1등급 대피소를 주제로 진행된 주요 선행연구들을 통해 다음과 같은 공통적인 시사점을 도출할 수 있었다. 첫째, 국내 민방위 지하 대피시설 22,819개소 중 핵 방호가 가능한 시설은 23개소(0.1%)에 불과할 정도로 1등급 대피시설이 매우 부족한 실정이다. 둘째, 더욱 큰 문제는 현재 지정되어 있는 대부분의 대피시설조차 래식 폭탄 공격도 방어하지 못하거나 파편만 막을 수 있는 수준이다. 셋째, 그럼에도 불구하고 국내에는 소규모 대피소의 필요성에 대한

인식이 낮고 인구대비 수용가능 인원을 확보하기 위해서 관련 연구 및 국내 관련 지침 모두 대규모 공공 대피시설에 초점이 맞춰져 있다. 공공건물의 지하층, 지하철역 등을 활용하는 것은 많은 인원을 수용할 수 있다는 측면에서 비용 대비 효율적인 장점이 있으나, 공공 대피소와의 거리가 먼 지역이나, 도심지 외곽 지역의 경우에는 별도의 소규모 대피시설이 필요하지만 이에 대한 연구 및 별도의 관련 지침이 없는 실정이다. 이에 대한 문제 해결을 위해서는 결국 국내 대피시설 계획 관련 기준에 대한 보완이 필요하다. 이에 본 연구에서는 국내·외 소규모 지하대피시설 계획 기준을 비교 분석하여 국내 소규모 지하대피시설 계획 기준 개선 방안을 제시하고자 한다. 국외 관련 기준 분석 대상은 전체 인구의 114%를 수용할 수 있는 규모의 대피소를 보유한 스위스와 전체 인구의 30%를 수용할 수 있는 규모의 대피소를 보유한 오스트리아로 실제 구축된 대피시설뿐만 아니라 소규모 대피시설에 대한 계획 관련 기준이 체계적으로 구축된 선진국을 대상으로 하였다. 국내 관련 기준은 ‘2020년도 민방위 업무 지침’과 ‘2011년도 민방위 시설 장비 운영 매뉴얼’을 기반으로 하였으며, 스위스는 ‘TWS 1982’, ‘TWP 1984’, ‘TWK 2017’, 오스트리아는 ‘대피시설 구축 관련 기술 지침 및 규정집’을 기반으로 분석을 진행하였다. 분석이 이루어질 주요 항목은 대피시설 계획 관련 기준으로 대피시설의 위치, 1인당 바닥면적, 수용 기간, 보호 범위, 구조체·방폭문·환기시스템·화장실·침대 계획 및 구성 등으로 한다.

2. 국내 주민대피시설 계획 관련 기준 분석

2.1. 일반사항

국내 민방위 대피시설 관련 설계 지침은 행정안전부에서 발간한 ‘민방위 업무 지침’과 소방방재청에서 발간한 ‘민방위 시설 장비 운영 매뉴얼’에서 제시하고 있다. 국내 민방위 대피시설은 공공용 대피시설과 정부 지원 주민대피시설로 구분된다. 공공용 대피시설은 민간 및 정부·지자체·공공기관 등의 지하시설물을 유사시 대피시설로 전환 운영하기 위해 소유자·관리자 또는 점유자의 동의를 얻어 지

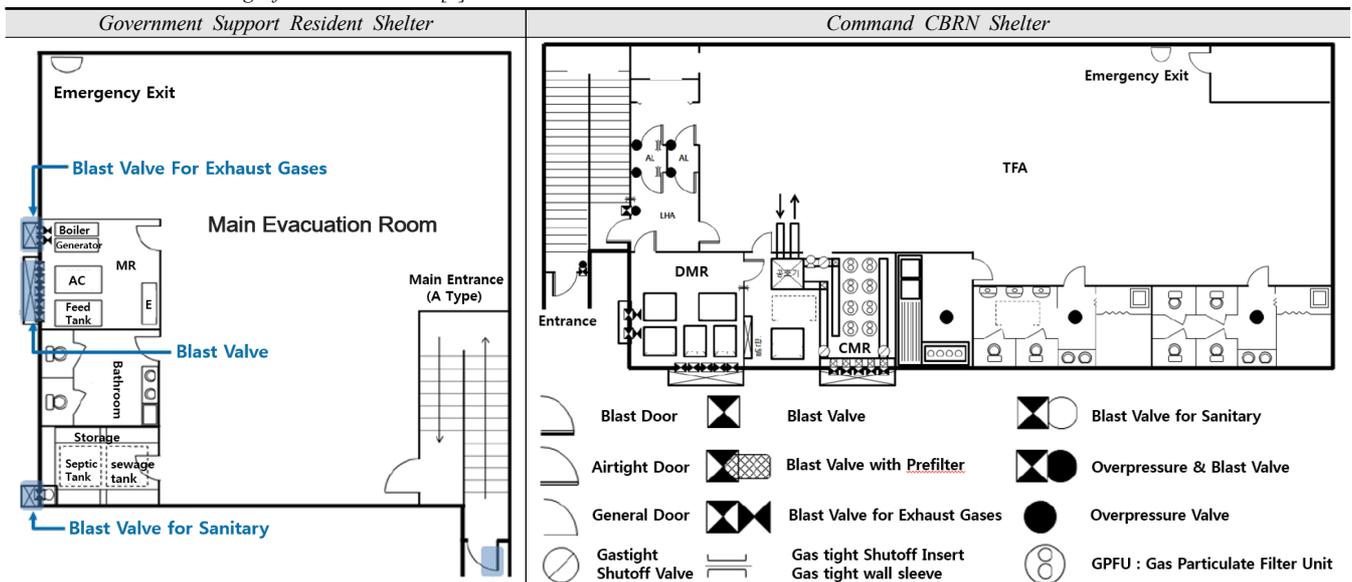
정한 대피시설을 말하며, 일반적으로 공공기관의 지하층, 지하철역, 지하주차장, 지하차도, 지하보도, 지하상가, 대형건물 지하층 등이 현재 공공용 대피시설로 지정되어 있다. 정부 지원 주민대피시설은 2010년 연평도 포격 도발을 계기로 2011년 이후 접경 지역 및 서해 5도에 설치되었으며, 방폭문, 방폭 밸브, 자가발전기, 화장실, 방송 청취실, 급수 시설, 배수시설, 기계실, 주방시설, 샤워시설, 창고 등을 필수시설로 규정하고 있으나 구체적인 계획 방안에 대한 설명은 매우 부족한 상황이다[1]. 국내 민방위 대피시설 관련 규정에서 제 공되는 대피시설 표준도면은 2020년도 민방위 업무 지침에서 제시 하고 있는 318.8m² 규모의 정부 지원 주민대피시설과 660m² 규모의 지휘용 화생방 대피시설 표준도면(Table 1.)이 전부이다. 이마저도 대피 가능 인원 200인 이상의 대규모 정부 지원 및 지휘용 대피시설에 대한 표준도면만 있을 뿐, 200인 이하의 소규모 주민 대피시설에 대한 표준도면이나 기본 지침이 없는 상황이다.

2.2. 규모 설정 및 구조체 계획

공공용 대피시설은 1일 미만의 단기 대피 목적의 시설로 1인당 소요면적을 0.825m² 이상 확보할 수 있도록 규정하고 있으며, 보호 범위는 1bar¹⁾ 규모의 폭발에 대한 방호 성능을 목표로 벽체 두께 0.3m 이상을 요구하고 있다. 이외에도 공공용 대피시설로 지정되기 위해서는 바닥면적 100m² 이상, 천장높이 2.5m 이상, 출입구 2개소 이상, 대피거리 667m 기준 5분 이내, 유사시 24시간 개방 등을 지정기준 원칙으로 하고 있으나 벽체 두께 이외에 보호 기능에 관련된 구체적인 기준이 미흡하여 실제 대피시설로서의 보호 능력이 없는 지하 시설물들이 공공용 보호시설로 지정되고 있는 것이 문제점으로 지적되고 있다[2]. 정부 지원 대피시설은 1~2일의 일시 체류를 목적으로 1인당 소요면적을 1.43m² 이상 확보할 수 있도록 규정하고 있으며, 보호 범위는 재래식 포격 방호 수준의 방호 성능을 목표로 벽체 및 지붕 슬래브 두께 0.5m 이상, 바닥 두께 0.3m 이상, 천장높이 2.5m 이상을 요구하고 있다[2].

결과적으로 공공용 대피시설과 정부 지원 대피시설이 대피기간

Table 1. Standard Drawing of Domestic Shelter[1]



이나 보호 범위에 대한 약간의 차이만 있을 뿐 결국 재래식 폭격에 대비한 단기 체류 대피시설을 목표로 하고 있으며, 핵 및 생·화학 공격에 대한 방호는 기대하기 어려운 것으로 나타났다.

2.3. 주출입구 및 비상탈출구 계획

주출입문 및 비상탈출문은 국내 국가공인인증기관²⁾의 실증 테스트를 거쳐 인증된 제품에 한하여 방호 성능 입사압 3bar의 방폭문을 설치하도록 규정하고 있다. 주출입구 위치 선정 시 가급적 북한군에 의한 포격에 직접적인 피해를 받을 수 있는 북측 면은 피할 것을 권장하고 있으며, 부득이 북측 면에 주출입구가 위치해야 하는 경우에는 출입구 전방에 두께 0.5m 이상의 방호벽을 설치하도록 규정하고 있다. 비상탈출구 위치는 폭압으로 인한 출입구 및 비상탈출구의 동시 손상을 최소화하기 위해 출입구와 비상탈출구 위치가 서로 반대 방향 또는 대각선 방향에 위치할 수 있도록 규정하고 있으며, 방폭문의 개폐방식은 수동식 개폐를 원칙으로 하나, 고중량의 방폭문을 노약자도 쉽게 개폐가 가능하게 하기 위해서는 전동식 개폐도 고려해 볼 것을 권고하고 있다[1].

비상탈출구에 설치되는 방폭문은 최소 0.6m x 0.8m 이상의 방폭문을 설치하고, 0.9m x 1m 또는 직경 0.9m 이상의 수평형 비상탈출로를 구성하도록 규정하고 있다. 비상탈출로의 출구는 지표면보다 약 1.2m 높게 하여 유독가스의 유입을 방지하고 터널 밑으로도 약 1.5m의 포켓을 만들어, 출구가 파괴되었을 때 유입되는 파쇄물 등에 의해 탈출로가 막히지 않게 하고, 약 30cm 정도의 자갈을 채워 우수 등이 유입되었을 때 대피 인원이 방해받지 않도록 계획할 것을 권고하고 있다[1].

2.4. 기타 공간 및 설비계획

고폭탄 전용 대피시설은 출입구, 주 대피실, 기계실, 화장실, 창고로 구성되며 포탄의 폭압을 방어하기 위해 방폭문과 방폭 밸브류를 설치하도록 규정하고 있다[3]. 화학방 대피시설은 출입구, 오염 통제구역, 통제실, 주 대피실, 청정 기계실, 오염 기계실, 화장실, 창고, 취사실 등으로 구성하도록 규정하고 있으나 이는 설비 규모 및 필요공간이 많이 필요하기 때문에 대규모 주민대피시설에는 적합할 수 있지만 소규모 주민대피시설에 적용하기에는 적절하지 못하다고 판단된다[4]. 이에 소규모 주민대피시설에 대한 별도의 환기시스템 계획 방안이 필요하다. 국내 주민대피시설 계획 관련 기준 분석 내용을 Table 2.와 같이 정리하였다.

3. 국외 주민대피시설 계획 관련 기준 분석

3.1. 일반 사항

스위스의 소규모 대피시설 설계지침 ‘TWP 1984de’에서는 대피시설의 계획요소들과 함께 5인부터 200인³⁾까지 대피시설의 규모별 표준 평면도 예시를 구체적으로 제시하고 있으며, 오스트리아도 연방 경제 노동부(Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit)에서 ‘대피시설 구축 관련 기술 지침 및 규정집’을 발간하여 대피시설 구축 시 반드시 적용하여야 할 계획적 요소들과 함께 8인부터 50인까

Table 2. Planning Guidelines of Underground Shelter in Domestic

Division		Government-Sponsored Shelter	Public Shelters
Position		Underground	Underground
Floor Area / Person		≥ 1.43m ²	≥ 0.825m ²
Evacuation Period		1~2 Day	< 1 Day
Protection Range	Weapon	Conventional Weapons	Conventional Weapons
	Explosion Pressure	1bar	1bar
Ceiling	Thickness	≥ 0.5 m	-
	Height	≥ 2.5m	≥ 2.5m
Exterior Wall	Thickness	≥ 0.5 m	≥ 0.3 m
Floor	Thickness	≥ 0.3 m	-
Entrance	Size	≥ 1 x 1.85m	≥ 1 x 1.85m
	Pressure	3bar	3bar
Emergency Exit	Horizontal type	≥ 0.9 x 1m ≥ Ø0.9m	≥ 0.9 x 1m ≥ Ø0.9m
	Door Size	≥ 0.6 x 0.8m	≥ 0.6 x 0.8m

지 대피시설의 규모별 표준 평면도 예시를 구체적으로 제공하고 있다. 소규모 대피소에서는 특히 공간을 최대한 효율적으로 활용하는 것이 매우 중요한 만큼 ‘TWP1984de’와 ‘대피시설 구축 관련 기술 지침 및 규정집’에서 제시하는 대피소 예시 평면도는 대피소 계획 시 관련 규정을 준수함과 동시에 주출입구, 비상탈출구, 환기설비, 침대, 화장실 등의 공간을 효율적으로 배치함에 있어 중요한 가이드라인 역할을 하고 있다.

스위스와 오스트리아의 대피시설 계획 지침에서 공통적으로 다루고 있는 주요 계획 요소를 분석한 결과 첫째, 주변 환경을 고려한 구조체 계획, 둘째, 폭발 압력을 고려한 주출입구와 비상탈출구의 배치 및 비상탈출로 계획, 셋째, 외부의 방사능·생·화학 물질을 거를 수 있는 필터링 시스템 및 환기설비 계획, 넷째, 화장실, 침대, 자가발전기, 급수계획 등 최소한의 생활공간 확보를 주요 계획 요소로 다루고 있었으며, 소규모 대피시설을 위한 규정인 만큼 보호를 위해 반드시 필요한 최소한의 기능과 최대한의 공간 효율성을 중점으로 규정 및 표준모델을 제시하고 있다.

3.2. 규모 및 구조체 계획

스위스와 오스트리아 모두 대피소는 가능한 최단거리에 위치하도록 하여야 하며, 건물의 위치 및 구성에 따라 실내 또는 실외에 위치할 수 있으나 폭발로 인한 충격 및 열로부터의 영향력을 최소화하기 위해 지하에 구축하는 것을 기본 원칙으로 규정하고 있다. 때문에 건물의 지하가 방어 가능한 구조로 설계된 건물일 경우 건물 내부 지하 공간에 대피소를 구축하고, 그렇지 않은 경우에는 건물 외부 지하에 대피소를 구축하는 것을 권장한다. 또한 경사면에 위치하거나 지하수위가 높은 지역⁴⁾의 건물일 경우 예외규정으로 지상에 대피소를 설치할 수 있지만, 원칙적으로는 지하수가 생성되는 지역 또는 위험물⁵⁾이 있는 건물에는 대피소를 설치할 수 없도록 규정하고 있다[8].

스위스와 오스트리아의 소규모 대피시설 지침에는 제한된 공간

적 특성을 고려하여 50인 이하 규모 대피시설의 경우 전실을 구성하지 않아도 되도록 규정하고 있다. 스위스의 경우 50인 이상 규모의 대피시설은 전실을 계획하여야 하며, 51~100인 규모의 대피시설은 3.5m², 101~200인 규모의 대피시설은 5m²의 표준화된 전실 공간을 계획하도록 규정하고 있다[5].

대피기간은 스위스와 오스트리아 모두 최소 14일 이상으로 규정하고 있으며, 이는 핵폭발로 인한 방사능 낙진 피해가 감소되는 시점이 핵폭발 발생 14일 이후라는 근거 하에 설정되었다[6].

스위스 대피시설의 보호 범위는 기본적으로 핵 및 생·화학 무기에 대한 보호를 목표로 하며, 폭발로 인한 압력이 1bar 이하인 지점에서는 대피시설로 대피 시 보호를 받을 수 있을 만큼의 보호 성능을 기준으로 하고 있다[6]. 오스트리아는 첫째, 화학적 및 생물학적 위험 물질로 인한 피해로부터의 보호. 둘째, 핵폭발 및 사고로 인해 발생된 방사선량이 대피소 외부 대비 내부가 1/250 이하를 유지할 수 있을 정도의 보호. 셋째, 지진 또는 여진에 따른 건물 붕괴 및 파편으로 인한 피해로부터의 보호. 넷째, 화재 및 그에 따른 붕괴로 인한 피해로부터의 보호. 다섯째, 모든 종류의 폭발 파편으로 인한 피해로부터의 보호로 정의하고 있다[8].

스위스 대피시설의 외벽 두께는 기본적으로 지하에 구축된다든 조건하에 최소 0.25m 이상으로 규정하고 있으며, 천장높이는 최소 2m, 최대 3m를 넘지 않도록 규정하고 있다[7]. 오스트리아 대피시설의 외벽 두께는 최소 0.3m 이상이어야 하며, 천장 두께는 외부에 노출되어 있는 경우 최소 0.6m, 천장 위에 흙이 0.6m 이상 덮여 있는 경우 최소 0.3m를 기준(Fig. 1.)으로 하고 일반적으로 바닥 두께는 특별히 규제하지 않는다. 또한 대피공간을 둘러싸고 있는 주요 구조체는 가능한 현장타설 철근콘크리트 구조로 구성하는 것을 권장하고, 오스트리아 연방 지침 ÖNORM B 4710-1에 따라 강도 등급 C20~25 이상, 밀도 2,200 kg/m³ 이상의 성능을 가진 콘크리트를 사용하도록 규정하고 있으며, 스위스와 같이 주요 구조체의 철근 배근 간격은 150mm를 넘지 않도록 규정하고 있다[8].

대피소 내의 공간은 규정에 명시한 최소 수치를 고려하여 설계하여야 하며, 가능한 단순한 형태로 설계하여 경제적인 시공 및 관리가 이루어질 수 있도록 하고 직사각형 구조일 경우 가로세로의 비가 2:1을 넘지 않도록 한다[6].

3.3. 주출입구 및 비상탈출구 계획

스위스와 오스트리아 모두 비상탈출구를 제외한 주출입구는 반드시 1개만 계획하도록 규정하고 있다. 스위스에서는 민방위 연방 사무소(Bundesamt für Zivilschutz : BZS)의 관련 규정을 준수하고 표준화된 방폭문만 대피소에 설치할 수 있으며, 특히 출입문이 설치되는 부분의 벽체는 방사선에 대한 보호가 중요하기 때문에 0.4m 이

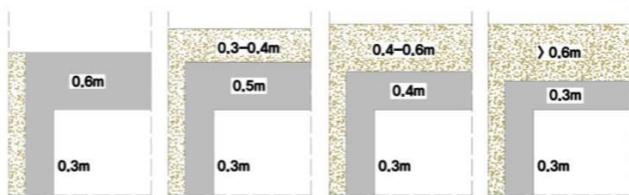


Fig. 1. Ceiling Thickness Standard According to Soil Covering Thickness[8]

상의 두께를 갖는 벽체에 크기 0.8 x 1.85m 이상의 기밀한 방폭문을 설치하도록 규정하고 있다. 비상탈출문의 크기는 최소 0.6 x 0.8m로 표준화되어 있으며, 문의 크기 및 위치에 따라 문의 개폐를 위해 필요한 공간까지 규정집에 자세히 제시함으로써 대피시설 계획 시 직접적인 참고 자료가 될 수 있도록 하고 있다(Table 3.)[6]. 오스트리아에서는 ‘ÖNORMEN S 6050 [82]’에 따라 가스가 통하지 않도록 기밀성을 갖춘 방폭문을 설치하여야 하며, 0.825 x 1.8m 이상의 출입문을 바깥쪽으로 열리게 설치하여 폭발 충격으로 인해 문이 열리는 일이 없도록 하여야 한다. 또한 출입구나 비상탈출구의 문은 원칙적으로 S16등급의 방폭문을 설치하여야 하며, 그렇지 않을 경우 방사선, 화염, 폭발로 인한 압력 등에 의한 피해를 방지하기 위해 출입구나 비상탈출로를 최소한 2회 90° 각도로 꺾인 형태의 평면으로 계획하도록 규정하고 있다. 비상탈출문의 크기는 스위스와 같이 최소 0.6 x 0.8m로 표준화되어 있으며, 비상탈출문 개폐 장치는 외부에서 개폐할 수 있도록 대피소 내부 측에만 설치하고, 문 개폐 방향은 대피소 내부 방향으로 열리도록 규정하고 있다[8].

스위스와 오스트리아 모두 비상탈출구는 출입문이 폭발 충격에 의해 작동이 되지 않을 경우 대피소 탈출을 위해 반드시 필요한 만큼 대피시설 계획의 주요 요소로 다루고 있으며, 폭발 충격으로 인한 출입문 손상에 대비하여 주출입문과 비상탈출문을 일직선상에 위치하지 않고 ‘ㄱ’자 형태로 위치할 수 있도록 계획할 것을 권장하고 있다(Fig. 2.). 특히 스위스의 비상탈출구는 환기장치의 급기 배관과 연결하여 외부 공기를 대피소 내부로 유입시키기 위한 급기 통로의 역할도 하고 있다[6].

비상탈출구의 유형은 스위스와 오스트리아 모두 수직형과 수평형으로 나눌 수 있다. 수직형 비상탈출구는 대피소의 외벽을 따라 수직 방향으로 구성된 탈출로를 통해 탈출하는 방식이며, 수평형 탈

Table 3. Standard for Opening and Closing Space According to the Size and Position of the Emergency Exit Door[6]

	a (m)	a' (m)	b (m)	c (m)	d (m)	e (m)
PT1	0.2	0.5	0.8	1.3	0.5	0.25
PT2	0.2	0.5	1.0	1.5	0.5	0.25
PT3	0.2	0.5	1.4	1.9	0.5	0.25

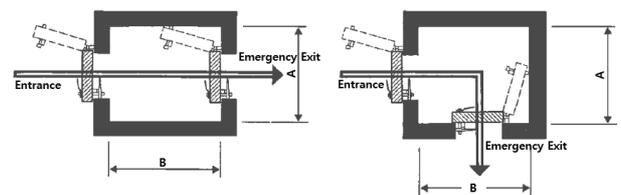
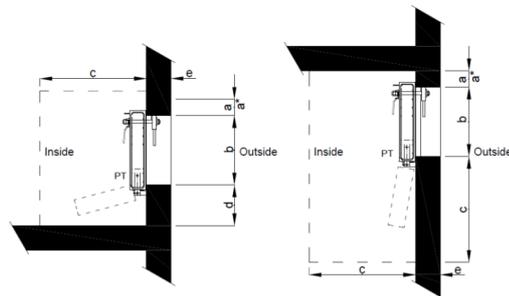


Fig. 2. Position of Entrance Door and Emergency Exit Door[6]

출구는 건물에서부터 낙하물이 없는 안전지역까지 연결된 수평방향의 탈출로를 통해 탈출하는 방식으로 탈출 동선의 길이나 공사비 부분에서는 수직형 탈출구가 우수하지만, 대피소 상부나 주변에 건물이 있을 경우 건물 붕괴로 인한 건물 잔해가 출구를 막을 위험성이 있어 안전성 측면에서 수평형 비상탈출구를 권장하고 있다. 이에 대피소 계획 시 반드시 주변 환경을 고려하여 그에 적합한 비상탈출로를 확보하는 것이 필요하며, 스위스와 오스트리아 규정 모두에서 탈출구의 위치에 관련하여 다음과 같이 규정하고 있다. 건물 붕괴 시 건물 잔해가 쌓일 위험이 있는 높이는 지면을 기준으로 건물 총 높이의 1/4 지점이며, 건물 잔해가 중력에 의해 흘러내려 옆으로 퍼져 나갈 수 있는 길이는 건물 높이의 1/2 길이로 규정하고 있다(Fig. 3). 이에 스위스와 오스트리아 규정 모두 이 파편 영역(Trümmerbereich)을 고려하여 수직형 비상탈출구 계획 시 건물 높이의 1/4보다 높은 지점에 출구를 계획하며, 수평형 비상탈출구의 경우 건물 높이의 1/2 길이 이상 떨어지고 주변에 낙하물이 없는 지점에 출구를 계획하도록 규정하고 있다[8].

스위스는 14인 이상 규모의 대피시설부터는 반드시 1개 이상의 수평형 탈출구를 계획하도록 규정하고 있으며, 탈출로의 크기는 형태와 방법에 따라 다르게 규정되고 있다. 수직형 비상탈출로는 최소 0.2m 두께 이상의 현장 철근콘크리트로 구성되는 것을 원칙으로 하며, 길이가 짧은 경우 이음새가 없는 콘크리트파이프를 이용할 수 있다. 원형의 경우 최소 지름 0.6m 이상, 사각형의 경우 최소 0.6 x 0.8m 이상이며, 수평형 탈출로는 원형의 경우 최소 지름 1m 이상, 사각형의 경우 최소 0.8 x 1m 이상의 공간을 갖도록 규정하고 있다. 홍수 발생 위험성이 있는 지역의 비상탈출로 출구는 대지보다 1m 이상 높여 계획함으로써 탈출로가 침수되는 것을 방지하여야 하며, 수평형 비상탈출로는 출구 방향으로 1%~15%의 경사가 있도록 계획

하여 탈출로가 물에 잠기는 일이 없도록 하고, 수직형 비상탈출구는 하단부에 반드시 배수관을 설치하여 침수되는 일이 없도록 지침을 제시하고 있다[7]. 오스트리아의 비상탈출구 계획은 'ÖNORMEN S 6052 [84]'에 기반하여 수용인원 25명당 1개씩 비상탈출구를 계획하도록 규정하고 있다. 수평형 비상탈출로의 경우 외부의 빗물이 탈출로에 고이지 않도록 외부 측 방향으로 2%의 경사를 갖도록 계획한다[8].

3.4. 환기 및 공기 여과 장치 계획

스위스와 오스트리아 모두 기본적으로 외부의 오염된 공기를 여과 장치로 정화하여 대피소 내부로 공급하고, 내부의 오염된 공기는 외부로 배출시키는 환기 시스템으로 이루어져 있으며, 외부와 연결된 급·배기관은 방폭 밸브 및 압력 조절 밸브에 의해 보호되도록 규정하고 있다. 또한 급·배기량을 조절하여 대피소 내부가 최소 50pa 이상의 양압을 유지하도록 함으로써 외부의 오염물질이 문, 설비 배관, 구조체 균열 등의 틈새를 통해 대피시설 내부로 유입되지 않도록 한다.

스위스 대피시설의 비상탈출구는 대피시설의 급기 통로 역할을 하기 때문에 비상탈출구와 환기설비는 근접하도록 계획하며, 고려하여야 할 치수 및 거리를 표준화된 배치 예시 도면을 통해 제시하고 있다(Fig. 4). 스위스 대피시설의 공기 여과는 전용 환기장치에 장착되어 있는 프리필터와 가스필터에 의해 이루어지며, 프리필터는 섬유 필터로 먼지 및 분진 등과 같이 비교적 큰 오염물질을 여과하고, 활성탄 필터와 미립자 필터로 이루어진 가스필터를 통해 방사능 및 생·화학 물질을 여과하는 방식이다. 외부 공기가 방사능 및 생·화학 물질 등으로 오염되지 않았다면 일반적으로 급기구의 프리필터만을 거쳐 대피시설 내부로 공기를 유입시키며, 외부 공기가 오염된 경우 프리필터와 함께 가스필터를 거쳐 오염물질이 정화된 공기를 대피시설 내부로 공급한다. 스위스 비상탈출구의 출구 덮개는 추락을 방지하는 목적 이외에도 비상탈출로를 통해 외기를 받아들일 수 있어야 하므로 내구성과 함께 통기가 가능한 덮개를 사용하는 것을 원칙으로 하며, 통기가 불가능한 덮개를 사용해야 할 경우에는 비상탈출구와 연결된 급기배관 이외에 별도로 급기배관을 설치하여야 한다[6].

오스트리아 대피시설의 공기 여과는 필터룸(Filterraum)을 통해 이루어진다. 필터룸은 콘크리트 박스 형태로 틀이 구성되며, 주여과재는 모래로 높이 1m 이상의 모래층과 모래층 위 0.6m의 여유 공간이 필요하고, 대피시설의 규모에 따라 필요한 모래의 양을 지침에 제시하였다(Table 4). 모래 필터는 방사성 먼지뿐만 아니라, 생·화학적 오염 물질의 침투를 방지하며, 특히 폭발 및 화재로 인한 고온의 외기가 환기장치 내부로 직접 유입되기 전에 1m 이상 두께의 여과장치를 거치면서 고온의 외기 온도를 낮춰 줌으로써 환기장치의 고장 및 대피소 내부가 과열되는 것을 방지하는 역할을 한다. 외부 공기가 방사능 및 생·화학 물질 등으로 오염되지 않았다면 기계환기 장치를 통해 필터룸을 거치지 않은 공기를 대피시설 내부로 유입시키며, 외부 공기가 오염된 경우 필터룸을 거쳐 환기가 이루어지도록 한다[8].

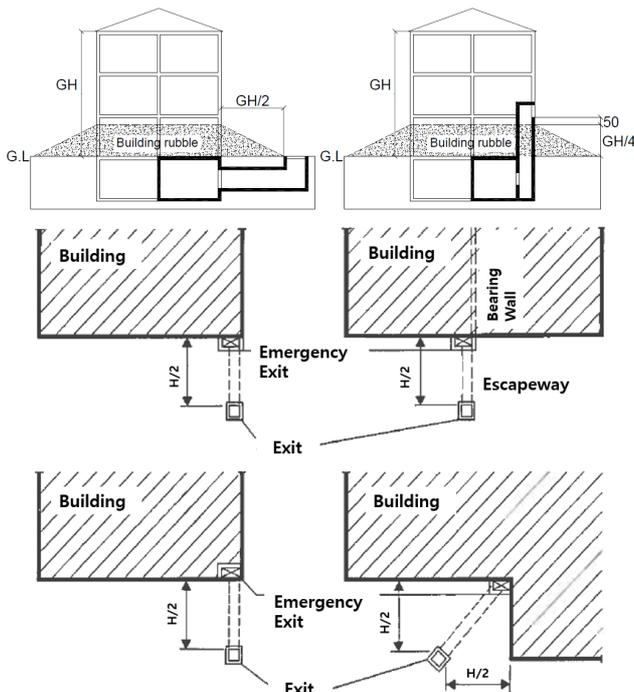


Fig. 3. Emergency Escape Route Planning Considering Debris Area[6][8]

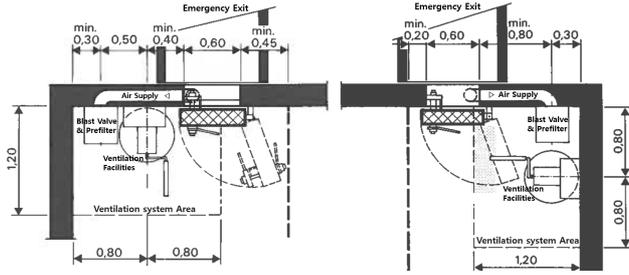
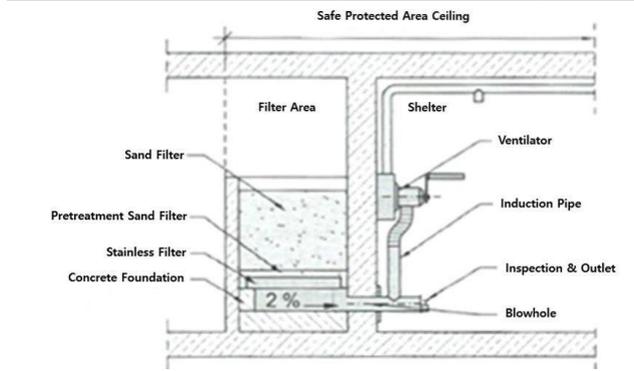


Fig. 4. Plan Design of Ventilation system and emergency exit[6]

Table 4. Sand Volume and Section According to the Filter Room Scale[8]

Capacity	≤15	≤25	≤50
Shelter Volume (m ³)	45	75	150
Sand Volume (m ³)	1.5	2.5	5.0



3.5. 기타 최소한의 필요 시설 계획

기타 최소한의 필요 시설로는 급수 시설, 전력 공급 시설, 화장실, 침대가 있다. 스위스와 오스트리아 모두 기존 건축물의 지하공간을 활용하거나 기존 건물과 연계하여 대피시설을 구축한다는 전제하에 기존 전력망 및 상수도의 이용을 기본으로 하고 있으며, 필요에 따라 발전기, 축전기, 물 저장탱크 등을 활용하여 비상 급수 및 전력을 공급받을 수 있도록 계획한다.

화장실은 기본적으로 설치가 용이하고 물 사용량을 최소화할 수 있는 건식 화장실을 권장하고 있으며, 스위스의 건식 화장실 설비는 민방위 연방 사무소(Bundesamtes für Zivilschutz : BZS)에 의해 표준화되어 대피소 규모에 따라 선택적으로 적용할 수 있도록 하고 있다. 대피소 수용인원 30명당 1개의 변기를 기준으로 하고 있으며, 화장실은 대피시설의 최종 배기가 이루어지는 곳과 가까이 배치하도록 권장하고 있다. 화장실은 탈착식 커튼이나 고정식 간이 벽으로 나눌 수 있으며, 화장실 칸의 크기는 최소 0.75 x 1.2m 이상의 공간을 확보하고 바깥 방향으로 문이 열리도록 규정하고 있다. 30명 이하 규모의 화장실의 경우 지침에서는 구체적인 배치 방법까지 3가지의 예시를 제시하고 있다[5].

침대는 최소 0.70 x 1.90 m 크기의 3층 침대 배치를 기본으로 하여 대피시설 내부 공간을 효율적으로 사용할 수 있도록 하며, 침대는 벽으로부터 0.1m 이상 띄워 배치함으로써 폭발로 인한 대피시설의 진동으로부터 침대 위 대피 인원을 보호하고, 대피시설 내부의 공기 순환을 원활하게 한다. 또한 침대에 도달하기 위해 전면 또는 측면에

폭 0.7m 이상의 통로를 확보하여야 한다[6]. 스위스와 오스트리아의 주민대피시설 계획 관련 기준 분석 내용을 Table 5.와 같이 정리하였다.

Table 5. Planning Guidelines of Small Scale Residential Underground Shelter in Switzerland and Austria

Ddivision		Switzerland	Austria
Position		Underground	Underground
Floor Area / Person		≥ 1m ²	≥ 0.6m ²
Evacuation Period		≥ 14 Days	≥ 14 Days
Protection Range	Weapon	CBRN	CBRN
	Radiation Protection Coefficient	-	≤ 0.004
	Explosion Pressure	≤ 1bar	≤ 1bar
Reinforcement	Diameter	≥ ∅ 10	-
	Distance	≤ 150mm	-
Exterior Wall Thickness	Normal Wall	≥ 0.25 m	≥ 0.3 m
	Entrance Wall	≥ 0.4 m	≥ 0.3 m
Ceiling Thickness	Covering Thickness (m)	0-0.3	≥ 0.6 m
		0.3-0.4	≥ 0.5 m
		0.4-0.6	≥ 0.4 m
		> 0.6	≥ 0.3 m
Ceiling Height		≥ 2m, ≤ 3m	≥ 2.2m, ≤ 3.0m
Entrancel	Size	≥ 0.8 x 1.85m	≥ 0.825 x 1.8 m
	Pressure	3bar	-
	Open and Close	Outside	Outside
Emergency Exit	Horizontal type	≥ 0.8 x 1m	≥ 0.8 x 1.2m
		Vertical type	≥ 0.6 x 0.8m
	Door Size	≥ 0.6 x 0.8m	≥ 0.6 x 0.8m
	Open and Close	Inside	Outside
Debris Area	Length	H/2	H/2
	Height	-	H/4
ABC Ventilation System	Area	≥ 1.0m ²	-
	Unit	1 per 50 Persons	-
	Filter	Activated carbon, HEPA	-
Filter Room	Room Volume (Persons)	15	≥ 45m ³
		25	≥ 75m ³
		50	≥ 150m ³
	Sand Volume (Persons)	15	≥ 1.5m ³
25		≥ 2.5m ³	
50		≥ 5.0m ³	
Height			≥ 1.6m
Filter			Activated carbon, Sand
Toilet	Type	Dry Toilet	-
	Size	0.70 x 1.9m	-
	Unit	1 per 25 Persons	-
Position		Final Exhaust Area	Final Exhaust Area
Bed	Type	3-Story Bed	3-Story Bed
	Size	≥ 0.7 x 1.9m	-
	Wall-Bed Distance	≥ 0.1m	-
Aisle		≥ 0.7m	-
Position	Around the entrance	Exhaust	Exhaust
		Toilet	Toilet
	Around the Emergency Exit	Air supply	Air supply
		Ventilation	Ventilation
		-	Filter Room

4. 국내 소규모 지하대피시설 계획 기준 개선 방안

4.1. 규모 및 구조체 계획 방안

국내·외 대피시설 관련 계획 지침을 분석한 결과 스위스와 오스트리아의 계획 지침은 평면계획에서부터 전용 설비 시스템까지 모두 구체화되고 표준화된 설계 모델을 구체적으로 제시하고 있는 반면 국내 지침은 기본적인 성능에 대한 규정 이외에 구체화되고 구체적인 설계 방법에 대한 제시는 매우 부족한 상황인 것으로 나타났다. 이에 국내·외 대피시설 계획 지침 분석 내용을 토대로 국내 소규모 주민 지하대피시설의 계획 방안을 제시하고자 한다.

대피기간 및 보호 범위를 분석한 결과 스위스와 오스트리아는 핵·방사능·생·화학 물질에 대한 보호가 가능하며 방사능 낙진이 가장 많이 발생하는 폭발 시점으로부터 최초 14일 기간을 고려하여 14일 이상의 수용 기간을 기준으로 설정한 반면, 국내는 대부분 재래식 포격에 대비하기 위한 1~2일의 단기 체류 대피시설로 핵·방사능과 생·화학 물질에 대한 보호는 기대하기 어려운 수준의 기준을 가지고 있었다. 이에 국내 대피시설의 보호 범위를 폭발압력 1bar 이하, 핵무기 방사선보호계수 0.004 이하를 기준으로 핵·방사능·생·화학 물질에 대한 보호가 가능하며, 14일 이상의 장기 체류가 가능하도록 기준을 설정하는 것이 적합하다고 판단된다.

1인당 바닥면적은 국내 1.43m², 스위스 1m², 오스트리아 0.6m²로 국내 기준이 가장 넓은 1인당 바닥면적을 확보하도록 하는 것으로 나타났다. 그러나 스위스의 일반적인 대피시설의 1인당 바닥면적 기준이 2.5m² 이상인 것을 고려하였을 때, 소규모 대피소의 공간적 특성상 기본적으로 3층 침대를 배치하도록 하여 1인당 바닥 면적이 상대적으로 적은 것으로 판단된다. 이에 장기 체류를 목적으로 하는 만큼 충분한 1인당 바닥 면적이 필요하기도 하지만 소규모 대피소의 특성상 공간의 효율성을 높이는 것 역시 중요한 만큼 1인당 바닥면적은 기존의 국내 기준인 1.43m²로 설정함과 동시에 3층 침대의 적용이 타당하다고 판단된다.

구조체 구성은 국내의 경우 외벽 두께 0.3~0.5m 이상, 천장 두께 0.5m 이상을 기준으로 하고 있으나 구조체의 외기 노출 및 복토 두께에 따른 주변 환경 조건과 관계없이 하나의 기준만 있으며, 벽체 내 철근 배근에 관한 구조적 기준은 없는 것으로 나타났다. 반면 오스트리아의 경우 구조체 주변 복토 두께에 따른 필요 천장 두께를 제시하였으며, 스위스는 출입문이 설치되는 외벽은 다른 벽에 비해 상대적으로 노출이 많은 만큼 다른 외벽보다 두꺼운 0.4m 이상의 벽체를 적용할 것을 기준으로 하고 있고, 스위스 대피시설의 구조적 내용을 다루고 있는 'TWK 2017'에 철근 배근에 관한 기준을 명시하고 있다. 이에 대피시설이 지하에 위치하는 것을 기본으로 하여 출입문이 설치되는 외벽은 0.4m 이상, 기본 외벽은 0.3m 이상, 복토두께가 0.6m 이상의 천장은 0.3m 이상의 두께를 기준으로 하며, 복토 두께에 따라 다른 천장 두께를 적용하고(Fig. 1.) 철근 배근은 스위스 기준을 참고하여 $\phi 10$, 150mm 이하 간격을 기준으로 하는 것이 적절하다고 판단된다.

4.2. 주출입구 및 비상탈출구 계획 방안

방폭문은 국내·외 지침 모두 공통적으로 적용하고 있는 보호 성능 3bar 이상의 방폭문 설치를 기준으로 하며, 주출입구의 크기는 국내·외 모두 큰 차이가 없는 만큼 효율성을 고려하여 스위스의 최소 기준인 0.8 x 1.85m 이상의 기준이 적합할 것이다. 비상탈출문의 크기도 국외의 규격화되어있는 최소 크기 0.6 x 0.8m의 기준이 적절하며, 주출입문의 개폐 방향은 바깥쪽으로 열리도록 하는 것이 적절하다. 비상탈출문도 기본적으로는 오스트리아와 같이 바깥쪽으로 열리는 것이 더욱 안전성을 확보할 수 있지만 비상탈출문은 폭발 압력이 직접적으로 영향을 미치지 않기 때문에 비상탈출 공간의 크기를 고려하여 스위스와 같이 안쪽 개폐도 가능하다 판단된다. 비상탈출구는 스위스와 오스트리아 비상탈출구 계획 기준에 따라 대피시설의 주변 환경 및 파편 영역을 고려하여 수평형 또는 수직형의 비상탈출구를 계획하도록 한다. 주출입구와 비상탈출구의 위치는 평면상 일직선상에 놓이지 않도록 배치하여 큰 폭발 압력으로 인해 주출입문과 비상탈출문이 모두 작동하지 않는 일이 없도록 계획 기준을 설정한다.

4.3. 환기 및 필터 시스템 계획 방안

국내 지침에는 대규모 대피시설에 적용 가능한 대규모 환기시설에 관련된 내용이 일부 있을 뿐 소규모 대피시설에 적용 가능한 환기 설비에 대한 내용이 없는 상황이다. 이에 반해 스위스와 오스트리아는 소규모 대피소에 적합한 환기시스템 방식을 가지고 있었으나 공기 여과 방식에 있어 서로 다른 특징을 보였다. 스위스는 생·화학 및 방사능을 여과하기 위해서 활성탄과 HEPA필터로 이루어진 가스필터를 사용하는 반면, 오스트리아는 모래 및 활성탄 등을 1m 이상의 높이로 층층이 쌓아 두터운 필터층을 형성하는 필터룸을 통해 공기를 정화하는 특징을 보였다. 스위스는 오스트리아의 공기 정화 방식에 비해 많은 공간을 차지하지 않으며, 필터 교체로 인한 유지관리가 용이하다는 장점을 가지고 있다. 반면 오스트리아의 공기 정화 방식은 생·화학 물질 및 방사능 물질을 여과하는 기능 이외에도 폭발로 인해 고온이 된 외기가 환기장치로 유입되기 이전에 필터룸을 거치면서 1차적으로 공기의 온도를 낮춰주는 기능을 함으로써 환기장치의 고장 및 성능 저하를 방지할 수 있다는 점에서는 스위스의 공기 정화 방식의 단점을 보완할 수 있다. 이에 공간 효율성 및 유지관리의 편리성이 좋은 가스필터 장착 CBRN(Chemical, Biological, Radiological and Nuclear weapons) 환기장치⁷⁾를 기본으로 하되 고온의 외기가 발생하고 여과하여야 할 오염물질이 많아지는 경우 외기가 1차적으로 필터공간을 거쳐 환기장치에 공급될 수 있도록 CBRN 환기장치와 필터공간을 연계하는 방안이 적절하다. 대피시설 내 구획은 50명당 1개 구획으로 나누며, 구획 당 1개의 환기장치 설치를 기준으로 하고 1m²의 설치 공간을 확보하도록 설정한다. 필터공간 체적 45m³ 이상, 높이 1.6m 이상, 모래량 1.5m³ 이상을 기준으로 설정하며, 필터공간의 체적 및 모래량은 수용인원수에 따라 설정된다(Table 4.). 환기장치와 급기관은 비상탈출구 옆에 배치하여 비상탈출구를 통한 급기가 이루어질 수 있도록 하며, 배기관은 주출입구 옆에 설치하도록 한다.

Table 6. Planning Guidelines of Small Scale Residential Underground Shelter in Domestic

Division		Plans	Applicable Provisions	
Position		Underground	KR, CH, AT	
Floor Area / Person		≥ 1.43m ²	KR	
Evacuation Period		≥ 14 Days	CH, AT	
Protection Range	Weapon	CBRN	CH, AT	
	Radiation Protection Coefficient	≤ 0.004	AT	
	Explosion Pressure	≤ 1bar	KR, CH, AT	
Reinforcement	Diameter	≥ ∅ 10	CH	
	Distance	≤ 150mm	CH	
Exterior Wall Thickness	Normal Wall	≥ 0.3 m	KR, AT	
	Entrance Wall	≥ 0.4 m	CH	
Ceiling Thickness	Covering Thickness (m)	0-0.3	≥ 0.6 m	AT
		0.3-0.4	≥ 0.5 m	AT
		0.4-0.6	≥ 0.4 m	AT
		> 0.6	≥ 0.3 m	AT
	Ceiling Height	≥ 2m, ≤ 3m	CH, AT	
Entrance	Size	≥ 0.8 x 1.85m	CH	
	Pressure	3bar	KR, CH	
	Open and Close	Outside	KR, CH, AT	
Emergency Exit	Horizontal type		≥ 0.8 x 1m	CH
	Vertical type		≥ 0.6 x 0.8m	KR, CH
	Door Size		≥ 0.6 x 0.8m	KR, CH, AT
	Open and Close		Inside or Outside	KR, CH, AT
	Debris Area	Length	H/2	CH, AT
Height		H/4	CH, AT	
CBRN Ventilation System	Area		≥ 1.0m ²	CH
	Unit		1 per 50 Persons	CH
	Filter		Activated carbon, HEPA	CH
Filter Room	Room Volume (Persons)	15	≥ 45m ³	AT
		25	≥ 75m ³	AT
		50	≥ 150m ³	AT
	Sand Volume (Persons)	15	≥ 1.5m ³	AT
		25	≥ 2.5m ³	AT
		50	≥ 5.0m ³	AT
	Height		≥ 1.6m	AT
Filter		Activated carbon, Sand	AT	
Toilet	Type		Dry Toilet	CH
	Size		0.70 x 1.9m	CH
	Unit		1 per 25 Persons	CH, AT
	Position		Final Exhaust Area	CH, AT
Bed	Type		3-Story Bed	CH, AT
	Size		≥ 0.7 x 1.9m	CH
	Wall-Bed Distance		≥ 0.1m	CH
	Aisle		≥ 0.7m	CH
Position	Around the entrance	Exhaust Toilet	CH, AT	
		Exhaust Toilet	CH, AT	
	Around the Emergency Exit	Air supply	CH, AT	
		Ventilation	CH, AT	
Filter Room		CH, AT		

(KR:Domestic, CH:Switzerland, AT:Austria)

4.4. 기타 최소한의 필요 시설 계획 방안

국내 지침에는 화장실 및 침대 배치 계획에 대한 내용이 없어 스위스와 오스트리아의 기준을 참고하여 설정하고자 한다. 이에 설치가 용이하고 물 사용량을 최소화할 수 있는 건식 화장실 설치를 기본으로 하며, 화장실 1칸의 크기는 0.75 x 1.2m가 적합하다고 판단된다. 화장실은 수용인원 25명당 1개를 기준으로 하며, 화장실은 배기구가 설치되어 있는 출입구 옆에 배치하도록 한다. 침대는 공간 효율성을 고려하여 크기 0.7 x 1.9m 이상인 3층 침대를 배치하도록 한다.

국내·외 모두 급수 및 전력 공급 시설은 기본적으로 기존의 상수도 및 전력망을 이용하는 것으로 나타났다. 비상 급수 시설로는 국내는 지하수 펌프를 제시하고 있지만 소규모 대피소에는 비용 효율이 낮기 때문에 국외와 같이 물 저장탱크를 활용하는 방안이 효과적일 것으로 판단된다. 비상 전력 공급 시설로는 발전기와 축전지를 적용할 수 있으나 소규모 공간에서 디젤 발전기를 사용할 경우 쾌적한 실내 공기질 확보가 어렵다는 점과 축전지를 사용할 경우 비용이 고가라는 점을 고려하여 계획하는 것이 필요하다. 소규모 주민지하대피시설 계획 기준 개선 방안은 Table 6.과 같이 정리하였다.

5. 결론

기후변화로 인한 자연 및 사회재난이 지속적으로 발생되고 있는 현대 사회에서 국민의 생명을 보호할 수 있는 대피시설의 필요성은 더욱 높아지고 있다. 국외의 선진국에서는 전 국민을 수용할 수 있는 민간 주민대피시설이 체계적이고 규격화되어있는 반면 국내는 민간인을 수용할 수 있는 1등급 대피시설은 찾아보기 어려운 실정이다.

이에 본 연구를 통해 국내·외 대피시설 계획 관련 지침을 분석하여 국내 소규모 주민 지하대피시설 계획 기준을 제시하였으며 주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 보호 범위를 폭발압력 1bar 이하, 핵무기 방사선보호계수 0.004 이하를 기준으로 핵·방사능과 생·화학물질에 대한 보호가 가능하며, 14일 이상의 장기 체류가 가능하도록 기준을 설정하였다. 둘째, 출입문 및 비상탈출문을 교차하여 배치하고 3bar의 보호 성능을 갖는 방폭문을 설치하도록 한다. 셋째, 공간 효율성 및 유지관리의 편리성이 좋은 CBRN 환기장치와 함께 단점을 보완할 수 있는 필터룸을 연계하여 계획한다. 넷째, 설치가 용이하고 물 사용량을 최소화할 수 있는 건식 화장실 설치를 기본으로 하며, 공간 효율성을 고려하여 크기 0.7 x 1.9m 이상인 3층 침대를 배치하도록 한다. 다섯째, 비상 급수 시설로 물 저장탱크와 비상 전력 공급 시설로 발전기 및 축전지를 설치한다.

본 논문에서는 대피시설 계획 지침 분석을 통해 소규모 대피시설에서 최소 14일간 생존하기 위해 필요한 최소한의 설비를 확보하는 것을 기준으로 공간 계획 중심의 연구를 진행하였다. 추후 연구에서는 본 연구에서 자세히 다루어지지 않은 구조적, 설비적 요소들의 계획 방안과 본 연구 결과를 토대로 한 구조체의 효과 검증에 대한 연구를 진행해 나가고자 한다.

Acknowledgement

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

Reference

- [1] 행정안전부, 2020년도 민방위 업무지침, 2020, pp.219-275. // (Ministry of the Interior and Safety, 2020 Civil Defense Business Guidelines, 2020, pp.219-275.)
- [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] 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.)
- [4] 소방방재청, 화생방 대피시설 기준 및 활용방안 연구, 2009, pp.1-181. // (Research on CBRN shelter standards and application, 2009, pp.1-181.)
- [5] BUNDESAMT FÜR ZIVILSCHUTZ. TWS 1982 Technische Weisungen für spezielle Schutzräume, 1982, pp.119-138 // (FEDERAL OFFICE FOR CIVIL PROTECTION. TWS 1982 Technical instructions for special shelters, 1982, pp.119-138)
- [6] 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, 1984, pp.11-135)
- [7] Bundesamt für Bevölkerungsschutz. TWK 2017 Technische Weisungen für die Konstruktion und Bemessung von Schutzbauten, 2017, pp.1-85 // (Federal Office for Population Protection. TWK 2017 Technical instructions for the construction and dimensioning of protective structures, 2017, pp.1-85)
- [8] Pech, A., and Kolbitsch, A. Keller. Part of the Baukonstruktionen book series Vol. 6, New York: Springer Wien, 2017

- 1) bar는 압력의 단위로 1bar는 0.1MPa과 같다.
- 2) 한국가스안전공사, 국방과학연구소, 육군 공병학교 등.
- 3) 대피소 규모에 따라 5~7인, 8인, 9인, 10인, 12인, 13인, 15인, 20인, 24인, 50인, 57인, 123인, 200인을 수용할 수 있는 대피소 예시 평면도를 구체적으로 제시하고 있다.
- 4) 대피소의 바닥면과 지하수위 간의 간격이 최소 0.5m 이상 떨어져야만 예외규정에 의해 대피소를 구축할 수 있다.
- 5) LPG, 벤젠과 같은 위험물 등급 I, II의 가연성 액체, 기름 등을 저장한 용기.
- 6) 최소 20cm 두께의 철근 콘크리트 충전 강철문 또는 최소 600kg/m²의 콘크리트 문.
- 7) CBRN(Chemical, Biological, Radiological and Nuclear weapons)은 화학, 생물학, 방사선, 핵무기의 영문 머리글자를 나열한 것으로 우리나라 말로는 화생방을 뜻하며, CBRN 환기장치는 가스필터를 통해 외기의 화생방 물질을 여과하여 오염되지 않은 공기를 실내에 공급할 수 있는 환기장치를 말한다.