긴급재난 대비 지하대피소 건축 사례 및 계획요소 분석 연구

The Case and Planning Elements of an Underground Shelter for Emergency Disasters

유동완* · 이태구**

Yoo, Dong Wan*, and Lee, Taegoo**

Abstract

As there are no private shelters related to radiation leaks, studies on this topic are necessary. An analysis of foreign shelters shows that they secure a minimal accommodation area of at least $0.66\sim 1\text{ m}^2$ per person and define a minimal evacuation period of longer than 14 days for the time period when the largest amount of radioactivity is discharged during a nuclear explosion. In addition, such shelters are constructed with a thickness of more than $0.6\sim 1.3\text{ m}$, and hydraulic blast doors with a thickness of $0.35\sim 0.4\text{ m}$ are found to be built to withstand at least 0.3 Mpa of impact. In addition, $400\sim 970\text{ kW}$ diesel engine generators are installed to supply emergency power, and 2.6 L of drinking water per person is planned to be supplied daily for at least 14 days. Therefore, it may be necessary to expand the supply for domestic evacuation facilities by referencing foreign examples.

Key words : Level 1 Shelter, Remodeling, Underground Shelter Space, Underground Building, Underground Parking Lot

요 지

현재 우리나라는 방사능 누출관련 민간 대피소가 없어 관련 연구가 필요한 실정이다. 국외 대피소 사례를 분석한 결과 1인당 수용면적은 최소 $0.66\sim 1\text{ m}^2$ 이상을 확보하고 있으며, 대피기간은 핵폭발 시 방사능이 가장 많이 방출되는 최초 14일 이상을 기준으로하고 있었다. 또한 대피소의 구조체는 $0.6\sim 1.3\text{ m}$ 두께 이상으로 구성하고 있으며, 최소 0.3 Mpa 의 충격을 견딜 수 있도록 $0.35\sim 0.4\text{ m}$ 두께의 유압식 방폭문을 설치한 것으로 나타났다. 한편 비상전원을 공급하기 위하여 $400\sim 970\text{ kW}$ 의 디젤발전기를 설치하고 있으며, 1인당 하루에 2.6 L 의 식수를 최소 14일간 공급할 수 있도록 계획하고 있다. 따라서 국내의 대피시설에 이러한 국외사례를 참조하여 공급확대가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 1급대피소, 리모델링, 지하 대피공간, 건축물 지하, 지하주차장

1. 서 론

최근 우리나라는 경주, 포항 등 경북지역 일대를 중심으로 지진이 발생하는 빈도와 강도가 높아지고 있으며, 특히 인근 지역에 원전시설이 밀집되어있어 국민들의 안전에 대한 불안감은 점점 높아지고 있다. 또한 우리나라는 휴전중인 세계 유일의 분단국가이며 미국·중국·일본·러시아 등 강대국에 둘러싸여 있는 만큼 주변국의 군사위협으로부터 우리 국민들을 보호하기 위한 대책이 마련되어야 하겠다.

그러나 과거의 연평도 포격 당시부터 잦은 지진이 발생하고 있는 지금까지 재난이 발생할 때마다 항상 대피소에 대한 문제가 제기되어왔다. 현재 우리나라에 지정된 대피소는 대부분 대피소의 역할을 기대하기 어려운 곳이 많으며 그마저도 관리가 잘 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 원전시설 폭발이나 군사위협으로 인한 재난에 대해 국민의 안전을 보장해줄 1등급 민간 대피소는 전무한 상황이다.

이에 국내 기존 건축물의 지하공간을 1등급 수준의 지하대피소로 활용하기 위한 기초연구로서 본 연구에서는 국내·

*정회원, 세명대학교 건축공학과 박사수료(E-mail: ydwx@nate.com)

Member, Ph.D Candidate, Department of Architecture, Semyung University

**교신저자, 정회원, 세명대학교 건축공학과 교수(Tel: +82-43-649-1324, Fax: +82-43-649-1324, E-mail: tglee2911@naver.com)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Architecture, Semyung University

외 지하대피소 건축 사례 분석을 통해 지하대피소의 계획 요소를 도출하고자 한다.

2. 국·내외 지하대피소 건축 사례 분석

2.1 서초동 트라우하우스(국내)

서울 서초구 서초동에 위치한 3차, 5차 트라우하우스(Traum Haus)의 지하에는 긴급재난 발생 시 건물의 거주자가 대피할 수 있는 개인용 대피소가 구축되어있다. 트라우하우스 3차는 지하 3층에 66 m² 규모의 대피소가 구축되어있으며, 트라우하우스 5차는 지하 4층에 132 m² 규모의 대피소가 구축되어있다. 트라우하우스의 지하대피소는 스위스 민방위 규정에 의거하여 설계·시공되었으며, 최대 200명을 20일 동안 수용할 수 있도록 계획되었다. 내진설계기술의 선진국인 일본의 건설사와 설계기술 계약을 체결하고 건물에 면진공법을 적용하여 진도 7의 강진 및 폭발로 인한 지반의 진동이 건물에 직접적으로 전해지지 않도록 하였다.

지하대피소는 0.7~0.8 m 두께의 벽체로 둘러싸여 있으며, 출입구 부분 완충공간(Buffer Zone)에는 샤워시설과 함께 무게 1t, 두께 0.15 m의 방폭문(강철+콘크리트) 2개가 'Γ'자 형태로 엇갈리게 배치되어있다. 대피소의 환기는 설치된 공기 순환 및 정화시설을 통해 이루어지며, 방사능오염 물질 및 핵먼지 등을 걸러낼 수 있는 필터, 방독면 등도 보유하고 있다. 재난으로 인해 국가 전력망이 차단될 경우 무동력 펌프가 작동하여 대피소에 전기를 공급할 수 있다.

거실 및 침실 공간에는 3층 침대 형식의 간이침대 20여개와 TV가 설치되어 있으며, 2칸의 화장실, 독서실, 식량창고, 식수정화 시설 등이 설치되어있어 수용기간 동안 생활공간으로서의 기능을 충분히 수행할 수 있도록 계획되었다. 또한 지하대피소 내부에 주 출입문 이외의 비상탈출구(서리풀공원 너머로 연결)를 설치하여 지하대피소 내부에 비상위험상황 발생 시 수용인원들이 대피소를 빠져나갈 수 있도록 계획하였다.

2.2 Bonn Hauptbahnhof shelter (독일)

독일 Bonn 지하철역(Bonn Hauptbahnhof) 및 공공 지하대피소는 평상시 지하철역으로 활용되다 비상위기 상황 발생 시 공공 지하대피소로 전환된다. 총면적 6,716 m², 거실면적 3,640 m² 규모로 최대 4,500명의 인원을 14일 동안 수용할 수 있으며, 1인당 최소 0.81 m²의 거주공간을 제공할 수 있다.

지하대피소는 철근콘크리트 구조의 건물로 외벽 최대 두께 1 m, 내벽 최소 두께 0.4 m, 천장 평균 두께 0.6 m, 바닥 평균 두께 1.3 m로 이루어졌으며, 출입문은 강철문에 콘크리트(40 cm 두께)를 충전한 방폭문으로 0.3 Mpa의 충격에 견딜 수 있도록 구성되었다.

대피소 내부의 환기는 화학적 폭발 및 폭격 등이 발생한 경우 공기는 개방형 압력플랩, 4개의 급기 팬, 미세 필터,

공기조화 장치를 통해 작동되며, 개방형 압력플랩은 폭발로 인해 발생하는 충격파의 압력을 완화시키는 역할을 한다. 원자력 발전소 및 ABC무기가 폭발한 경우 외부 공기는 먼저 15 m 두께의 모래 및 활성탄 필터를 통과하며 과열된 공기의 온도를 식힘과 동시에 방사성 먼지를 1차적으로 거른 후 8개의 ABC-RaumFilter (R10)를 통해 걸러진 공기만 공조장치를 통해 실내로 공급된다.

도시 전력망이 차단될 경우를 대비하여 각 12개의 실린더, 변위 20,910 cc, 약 270 kVA(총 전력 약 540 kVA)의 단일 출력을 가지고 있는 2개의 비상전원시스템(디젤발전기)과 총 44,000 L (1일 2000 L)의 디젤 연료를 보유하고 있으며, 이는 최소 14일 이상 대피소 내부에 모든 전력을 공급할 수 있다. 또한 국가 전력망과 비상 전력망이 모두 고장 날 경우 어둠속에서 대피할 수 있도록 47개의 배터리 충전식 손전등을 보유하고 있으며, 대피소 내부의 길을 따라 벽·바닥·문 등에 형광물질을 칠해 별도의 조명 없이도 형광 빛을 따라 이동할 수 있도록 계획하였다.

평시에는 도시 상수도를 사용하며, 수도의 공급이 끊길 경우를 대비하여 지하수를 이용할 수 있도록 하였으며, 좁은 공간에 많은 사람들이 밀집되어있는 대피소의 특성상 인체 및 기계발열로 인해 실내 온도가 높아질 경우 높아진 실내 온도를 낮추고 기계의 열을 냉각하는 냉각수로 지하수를 이용하고 있다. 또한 식수탱크에는 총 160,000 L의 식수가 저장되어있으며, 1인 1일 2.5 L사용을 기준으로 4,500명이 14일간 사용할 수 있는 양이다.

2.3 Klara shelter (스웨덴)

스웨덴 스톡홀름의 중심부 지하에 위치한 클라라 대피소(Klara shelter)는 스웨덴의 주요 공공대피소로 6,650 m² 규모의 2층 타원형 터널 구조로 최대 8,000명(한 층에 최대 4,000명)을 수용할 수 있으며, 평상시 대피소의 일부는 주차 공간(최대 296대 차량 수용)으로 활용되고, 비상시 48시간 내에 대피소로 정상 작동할 수 있도록 평상시 지속적인 관리가 이루어지고 있다.

클라라 대피소(Klara shelter)는 도시 지하에 지어진 암석 대피소로 대피소를 둘러싼 암석의 두께는 15 m가 넘으며 10,000개의 록 볼트를 사용하여 암석을 보강함으로써 재래식 무기(최대 250 kg)에 직접적인 타격에도 대피소 내부의 인원을 보호할 수 있다.

문의 종류는 2가지로 잠금장치가 있는 자동 제어 문과 수동식 문이 있으며, 자동 제어 문은 보통 주차장 입구에 설치되어 있으며, 수동식 문은 사람이 걸어서 출입하는 위치에 설치되어 있다.

도시 전력망이 차단되는 경우를 대비하여 80 kW의 출력을 가진 디젤 동력 장치 5대와 87,000 L 크기의 석유 저장탱크를 보유하고 있으며 1개월 동안 외부의 조력 없이도 보호시설에 전력을 공급할 수 있다. 또한 배터리 충전식

비상 손전등을 보유하고 있다.

물은 지하수 펌프를 통해 지하수를 정화하여 사용하고 있으며, 70,000 L 식수를 식수탱크에 보유하고 있다. 식수 정화 장치에는 물속의 박테리아를 효과적으로 제거하기 위한 자외선 공급기도 장착되어 있다. 또한 과열된 대피소 내부의 온도를 낮추기 위해서 94개의 냉각 장치가 설치되어 있으며, 냉각수는 지하수를 활용한다.

대피소 내부의 환기는 총 8대의 대형 공기 정화 장치를 통해 시간당 24,000 m³의 공기를 교환하며, 기타 시설로는 총 228개의 전식 화장실과 중앙제어 시스템 등이 있다.

2.4 Parkhaus Urania shelter (스위스)

스위스 취리히에 있는 대규모 주차 시설 겸 공공대피소로 1974년에 7층 규모로 건축되었으며, 대피소 면적 10,000 m², 최대수용인원 10,000명으로 최소 1인당 1 m²의 공간을 제공한다. 1층에 기계실, 2~5층은 각 층마다 2,000명을 수용할 수 있는 공간 및 주방·식당·세탁시설·비상탈출로 등이 구축되어있으며, 최상층에는 민방위원, 소방대원, 대피소관리인실과 민간 보호 물자를 보관할 수 있는 창고가 있다. 평상시에는 600대 가량의 차량을 수용할 수 있는 주차 시설이나, 비상시에는 1만 명의 사람을 최소 14일 동안 수용할 수 있는 대규모 대피시설의 역할을 수행한다.

대피소의 구조체는 철근콘크리트 구조이며, 출입구는 강철문을 콘크리트로 보강한 방폭문이 설치되어있다. 국가 전력망이 차단되었을 경우에는 2개의 대형 디젤발전기(출력 650 hp) 자동으로 작동하여 대피소 내부에 전기를 공급하며, 74,000 L의 연료를 연료탱크에 저장하고 있다.

Traum House
(KICT, 2008)

Bonn Hauptbahnhof
(Volker Lannert Vo)

Klara shelter
(SFHF, 2013)

Parkhaus Urania
(Nah Reosen, 2013)

Fig. 1. View of Underground Shelter Case

도시 상수도가 차단될 경우 기본적으로 지하수를 이용하며, 근처 Limmat강의 물을 끌어와 사용할 수 있도록 계획하였다. 식수는 식수탱크에 저장하고 사용하고 있으며 231,000 L 용량의 물을 보유하고 있다. 지하수는 냉각수로도 사용되며, 냉각수는 순환 펌프를 통해 공기 정화기로 공급되어 최대 16℃까지 가열되면 냉각기로 다시 회수된다.

환기시설은 실내공기의 환기·냉방 및 실내 고압을 유지하기 위한 시스템으로 구성되어있다. 환기 및 공기 정화를 위한 공기 흡입구는 외부의 폭발에 대비해 특수 밸브로 이루어져 있으며, 흡입된 외부 공기는 가스 보호 필터를 통해 정화되어 대피소 내부로 공급된다.

3. 지하대피소 건축 계획 요소 도출

국내외 사례분석을 통해 수용면적·인원·기간의 기본 계획 요소, 재료·벽체두께와 관련된 구조체 계획요소, 출입 문계획요소, 환기계획요소 전원공급 계획요소, 급수계획 요소 등이 도출되었다(Table 1 참조).

3.1 기본 계획 요소

사례 분석 결과 대피소 규모의 차이는 있으나 1인당 최소 수용면적이 0.66~1 m²인 것으로 나타났으며, 이는 대피소의 최대수용인원을 기준으로 하였기 때문에 다소 장기간 체류하기에는 좁은 공간이다. 결국 장기간 체류가 필요한 경우에는 수용인원을 줄여 운영할 필요가 있을 것으로 판단된다. 수용기간은 최소 14일 이상을 거주할 수 있도록 계획한 것으로 나타났으며, 이는 “핵폭발 후 1년간 누적된 방사능 총량의 80%이상이 최초 14일간에 나타난다(MLTM, 2008).”는 사실에 기초한 것으로 해석할 수 있다.

3.2 구조체 계획 요소

사례 분석 결과 1등급 대피소는 지하에 구축하여 외부로부터의 직접적인 타격을 피함과 동시에 대피소를 둘러싸는 지반 압력으로 인해 대피소의 내구성을 높일 수 있도록 하였다. 또한 일반적인 철근콘크리트 건물의 벽체 두께가 0.2 m인데 반해 대피소 건물의 경우 0.6~1.3 m두께로 건물의 외피를 구성함으로써 대피소의 내구성을 확보하였다. 단, 지하대피소 사례 건물들의 구조체 두께가 일반 건축물에 비해 3배 이상 두껍다는 공통점이 있는 반면 사례 건물 간에 구조체 두께가 다양한 이유는 각 대피소마다 외부 충격으로부터 보호하고자 하는 목표 내구력이 다르기 때문으로 해석할 수 있다. 즉, 대피소가 견딜 수 있는 내구력의 목표를 포격으로 인한 직접적인 타격으로 했을 경우에는 간접적인 타격을 목표로 했을 경우 보다 구조체의 강도가 강해져야 한다. 또한 어느 정도의 무기 규모(폭발력)에 견디는 것을 목표로 하느냐에 따라서도 구조체의 두께가 달라진다.

Table 1. Architectural Design Characteristics of Underground Shelters

division		Traum House		Bonn Hauptbahnhof		Klara shelter		Parkhaus Urania	
Building Use		Personal Shelter		Public Shelter		Public Shelter		Public Shelter	
Completion year		2002.02 / 2003.4		1979		1954~1960		1974	
Basic Plan	Shelter Area	66 m ² / 132 m ²	Total Area	6,716 m ²	6,650 m ²		10,000 m ²		
			Living Area	3,640 m ²					
	Acceptable Personnel	Max. 200	Max. 4,500		Max. 8,000		Max. 10,000		
	Acceptable Period	Min. 20 (Day)	Min. 14 (Day)		Min. 30 (Day)		Min. 14 (Day)		
	Acceptable Area	Min. 0.66 m ²	Min. 0.81 m ²		Min. 0.83 m ²		Min. 1 m ²		
Structure	Material	Reinforced Concrete		Reinforced Concrete		Rock+Reinforced Concrete		Reinforced Concrete	
	Wall Thickness	0.7~0.8 m		0.6~1.3 m		Rock Thickness≥15 m		Durability	30 ton/m ²
Door		Blast Door		Blast Door		Blast Door		Blast Door	
		Thickness	0.15 m	Thickness	0.4 m	Thickness	0.35 m		
				Durability	0.3 Mpa				
		Weight	1 t	Weight	20 t	Weight	35 t		
Ventilation System		Ventilation and Air Cleaning System		Ventilation and Air Cleaning System		Ventilation and Air Cleaning System		Ventilation and Air Cleaning System	
				100,000 m ³		24,000 m ³			
				Noise	≤65 dB				
Electric Supply System		Non-Powered Pump		Diesel Generator (270kVA*2)		Diesel Generator (80kW*5)		Diesel Generator (325hp*2)	
				Oil Storage Tank	44,000 L	Oil Storage Tank	87,000 L	Oil Storage Tank	74,000 L
Water Supply System		•		Underground Water		Underground Water		Underground Water	
				Drinking water (160,000L)		Drinking water (70,000L)		Drinking water (231,000L)	

결과적으로 지하대피소의 구조체 계획 시 우선적으로 계획하고자 하는 대피소가 실질적으로 목표로 하는 외부 충격의 크기를 정하고, 그에 따른 구조 및 구조체의 두께를 산정하는 것이 중요하며, 가능한 대피소 구조체를 철근콘크리트 구조로 지하에 건축하는 것이 대피소의 내구성을 효과적으로 높이는 계획 방법이라고 판단된다.

Fig. 2. Parkhaus Urania Section (Henauer, 1975)

3.3 출입문 계획 요소

사례 분석 결과 출입문은 강철문에 강화 콘크리트가 보강된 구조의 방폭문을 사용하였으며, 두께는 0.35~0.4 m로 0.3 Mpa의 충격에 견딜 수 있는 문을 적용하였다. 방폭문이 두꺼운 콘크리트와 강철로 이루어진 만큼 무게가 많이 나가기 때문에 유압실린더를 이용한 문 개폐방식을 적용하고 있다. 또한 대피소 계획 시 출입구에 완충공간(Buffer Zone)을 만들고 1차 출입문(외부측)과 2차 출입문(실내측)을 서로 마주 보지 않도록 ‘ㄱ’자 형태 또는 엇갈리게 배치함으로써 외부의 충격으로 인해 1차 출입문(외부측)이 파괴되더라도 2차 출입문(실내측)에는 직접적인 충격을 입히지 않도록 하기 위한 설계 방법을 적용하였다. 또한 이 완충공간(Buffer Zone)에 샤워시설(에어샤워시설)을 설치하여 외부로부터 오염된 몸이나 의류 등을 세척한 후 대피소 내부로 들어갈 수 있는 역할을 한다.

결과적으로 지하대피소의 출입문 계획 시 대피소가 실질

적으로 목표로 하는 외부 충격의 크기를 우선적으로 정하고, 그에 따른 방폭문을 선정하며, 가능한 출입구 부분에 완충공간을(Buffer Zone) 구성하여 2개의 출입문과 샤워시설을 설치하는 것이 대피소 출입문의 내구성 및 유입 인원에게 대한 안전성을 높이는 계획 방법이라고 판단된다.

(a) Blast Door (TraumHouse; KICT, 2008) (b) shower (Bonn Hauptbahnhof; Eberth)

Fig. 3. Blast Door and Shower of Buffer Zone

3.4 환기 계획 요소

사례 분석 결과 대피소의 평상시 환기방식은 일반적인 급·배기방식을 사용하지만 ABC무기 폭발 및 원자력 발전소 폭발 등의 재난이 발생할 경우 1차적으로 폭발로 인해 뜨거워진 외부의 공기가 1.5 m 두께의 모래 및 활성탄 필터를 거치면서 열을 식히고 일부 방사성 먼지를 거른 후 2차적으로 ABC필터를 통해 정화된 공기만이 공기조화기를 통해 대피소 내부에 공급되는 시스템으로 이루어져 있다. 또한 대피소 내부를 외부보다 고압으로 유지함으로써 대피소 내부의 틈새를 통해 외부의 오염물질이 실내로 유입되는 상황이 발생되지 않도록 차단하였다.

결과적으로 지하대피소의 환기 계획 시 폭발로 인해 높아진 외부 공기의 온도를 낮추고, 외부 공기에 포함된 방사능 물질을 정화하며, 대피소 내부를 고압으로 유지하는 것이 중요한 계획 요소인 것으로 나타났다. 이에 가능한 모래, 활성탄, ABC필터 등을 환기시스템에 적절히 활용하는 것이 대피소 내부를 쾌적하게 유지할 수 있는 환기 계획 방법이라고 판단된다.

(a) Air Cleaning System (Parkhaus uranta; SFHF, 2013) (b) ABC RaumFilter (R10) (Bonn Hauptbahnhof; Lubbe)

Fig. 4. Air Cleaning System and ABC Filter

3.5 전원공급 계획 요소

사례 분석 결과 평상시에는 일반적인 국가 전력망을 사용하지만 재난으로 인해 국가 전력망이 차단될 경우 비상전원 시스템으로 주로 디젤발전기(400~970 kW 출력)를 사용하여 대피소 내부의 시설들이 정상 작동할 수 있도록 하였으며, 비상발전기의 연료는 연료탱크(44,000~87,000 L)에 저장해 둔 연료를 사용하는 시스템으로 구축되어있었다. 또한 지하 대피소의 특성상 모든 전원공급이 차단될 경우 앞이 보이지 않기 때문에 이를 대비하여 배터리 충전식 손전등을 보유하고 있었으며, 대피소 내부의 길을 따라 벽·문·바닥 등에 형광물질을 칠하여 별도의 조명 없이도 형광 빛을 따라 이동할 수 있도록 계획하였다.

결과적으로 지하대피소의 전원공급 계획 시 우선적으로 대피소를 정상적으로 작동하였을 때 필요로 하는 전체 전원 설비의 용량 및 대피소 거주기간 등을 고려하여 전체 필요 발전용량과 연료량을 산정하여야 하며, 디젤발전기, 연료 저장탱크, 비상 손전등, 유도 형광띠 등을 적절히 적용하는 것이 대피소의 원활한 전원공급을 위한 계획 방법이라고 판단된다.

(a) Diesel Generator (Klara Shelter; SFHF, 2013) (b) Fluorescence Exit Sign (Bonn Hauptbahnhof; Eberth)

Fig. 5. Electric Supply System of Underground Shelters

3.6 급수 계획 요소

사례 분석 결과 평상시에는 도시 상수도를 사용하지만 재난으로 인해 도시 상수도 공급이 끊어질 경우 지하수 펌프를 이용하여 지하수를 끌어 사용하고 필요에 따라 지하수를 정화하여 사용하며 지하수가 고갈되는 경우 주변의 강물을 공급받을 수 있도록 급수시스템을 구축하였다. 또한 대규모 공공대피소의 경우 지속적으로 가동되는 설비에서 발생하는 기기 발열 및 피난민의 인체 발열로 인해 실내 온도가 높아지는 현상이 발생되며, 이를 해결하기 위한 방법으로 온도가 낮은 지하수를 냉각수로 활용하여 기기의 발열을 낮추거나 공기조화시설과 연동하여 냉방에 사용하고 있다. 식수는 식수탱크(70,000~231,000 L)에 저장해 놓은 식수를 이용하며, 독일 Bonn Hauptbahnhof Shelter의 경우 1일 1인 2.6 L의 식수를 최소 14일간 공급할 수 있도록 계획하였다.

결과적으로 지하대피소의 급수 계획 시 가능한 외부에 오염되지 않은 지하수를 정화하여 사용할 수 있도록 지하수

펌프 및 정화시설의 설치가 필요하며, 대피소의 거주기간 및 거주인원을 산정함으로써 필요한 양의 식수 및 식수탱크를 보유하는 것이 대피소의 안전한 급수계획 방법이라고 판단된다.

(a) Underground Water Pump (Klara Shelter; SFHF, 2013) (b) Drinking water (Bonn Hauptbahnhof; Volker Lannert Vo)

Fig. 6. Water Supply System of Underground Shelters

4. 결 론

국내·외 대피소 사례를 분석한 결과 1인당 수용면적은 최소 0.66~1 m² 이상을 확보하고 있으며, 수용기간은 핵폭발 시 방사능이 가장 많이 방출되는 최초 14일 이상을 기준으로 하고 있었다. 대피소의 구조체는 0.6~1.3 m 두께로 구성하고 있으며, 최소 0.3 Mpa의 충격을 견딜 수 있도록 0.35~0.4 m 두께의 유압식 방폭문을 설치한 것으로 나타났다. 또한 단일출력 400~970 kW의 디젤발전기를 가동하여 비상전원을 공급하고 있으며, 식수는 1일 1인당 2.6 L를 최소 14일간 공급할 수 있도록 설치한 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 도출된 계획 요소들을 기초로 기존 건축물의 지하공간을 활용하여 1등급 민간대피소로 이용할 수 있는 시설이 공급되기를 바라며, 추후 본 연구를 통해 도출된 계획요소들을 건축물 지하공간에 실제 적용 할 수 있도록 더욱 구체화하고 실제 Test-bed를 구축하기 위한 연구를 진행하고자 한다.

감사의 글

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

References

- Eberth, U. Retrieved from <https://www.Lostplaces.de>
- Henauer, R. (1975). Parkhaus urania in Zürich. *Schweizerische Bauzeitung*, Vol. 93, No. 36, pp. 560-564.
- Kim, M.G., Moon, H., Kim, H.J., and Kim, K.S. (2011). A study on the residential planning factors for emergency shelter after disaster. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol. 27, No. 6, pp. 93-102.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT). (2008). *A study on the establishment of underground unclear shelter*. Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Lubbe, C. Retrieved from <https://www.Lostplaces.de>
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM). (2008). *A study on the establishment of underground unclear shelter*.
- Nah Reosen. (2013). Retrieved from <http://www.nahreisen.ch>
- National Emergency Management Agency (NEMA). (2013). *Manual of civil defense equipment operation*.
- Park, H.R. (2014). A reinforcement of south korean nuclear deterrence strategy: Focused on the inclusion of nuclear civil defense. *National Strategy*, Vol. 20, No. 3, pp. 41-70.
- Park, N.K., Kwon, T., and Kim, T. (2014). A study on the planning of civil defense shelter and design 2: Focused on planning and design of defense shelter the U.S. *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, Vol. 10, No. 3, pp. 442-451.
- SFHF. (2013). Retrieved from <http://www.fortifikation.se/>
- Volker Lannert Vo. Retrieved from <https://www.geschi chtsspuren.de>
- Yoon, S.H., Choi, J.W., Cho, S.Y. (2013). A design and development of a temporary housing system based on BIM in Advance of Disasters. *Journal of the Housing Association*, Vol. 24, No. 1, pp. 69-78.

Received	March 4, 2019
Revised	March 6, 2019
Accepted	March 12, 2019