

접적지역 RC형 방호시설 조사와 모델링을 통한 한국형 방호벽 설계안의 제시

Suggestion on the Prototype of the Korean Barriers through the Investigation and Modeling of RC Protective Installments in Contact Areas

박 영 준¹

이 민 수²

이 희 만^{2*}

Park, Young Jun¹

Lee, Min Su²

Lee, Hui Man^{2*}

Department of Civil Eng. and Environmental Sci., Korea Military Academy, Nowon-Gu, Seoul, 01805, Korea ¹

NARA Structural Engineers, Chuncheon-si, Gangwon-do, 24275, Korea ²

Abstract

The aim of this study is to suggest design requirements on the military barriers which are installed to reduce critical damage on protective facilities against sudden pin-point attacks caused by North Korean artilleries. For this purpose, site investigation and review of design drawings associated with barriers built in the contact areas are conducted. With identified data concerning barriers, the geometric modeling, which is used in the structural analysis, is performed. And then, the possible threat of North Korea is determined based on intelligence preparation of battlefields. Once the structural modeling and threat analysis are completed, structural damage on barriers and protective facilities are assessed in terms of impact, penetration, scabbing, and blast pressure effects. According to the analysis results, the thickness of barriers should be 450mm at least and current established barriers need to be structurally reinforced via sectional enlargement.

Keywords : barrier, contact area, direct shot, sectional enlargement strengthen

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

방호는 폭발하중으로부터 인간의 생명과 재산을 효과적으로 보호하고, 행동의 자유를 보장하기 위한 활동이다. 이는 방호가 피해의 직접적 차단을 통한 생명력 보존의 기능뿐만 아니라, 피해의 간접적 경감을 통해 활동성 유지의 광의적 기능까지 포함하는 것을 뜻한다. 이러한 개념에 입각하여 방호시설 구축은 경계, 경감 및 강화의 3단계로 이

루어진다. 경계은 방호시설을 파괴하기 위한 위해인자 접근자체를 차단하는 행위로 대공경계, 주둔지 울타리, 안전거리 설정 등의 방법이 있다. 경감은 위해가 가해졌을 경우 방호시설에 대한 직접적인 피해를 사전에 차단하기 위한 것으로 지상구조물에 대한 방호벽, 지중구조물에 대한 희생슬라브 등이 있다. 강화는 경계 및 경감 대책에도 불구하고 방호시설에 도달하는 위해요소를 공학적 설계를 통해 차단하여 방호시설 내부의 인원과 장비를 보호하는 것이다. 일반적으로 방호설계는 방호의 협의적 기능, 즉 피해의 직접적 차단을 통한 인간의 생명과 재산을 위하여 경계 및 강화 단계에만 집중되어왔다. 하지만, 생명과 재산보호 이외의 활동성 유지를 위해서는 경계단계도 간과할 수 없다 [2].

삼승근 환산계수 이론에 따르면 폭발물에 의한 피해는 폭발원점으로부터 구조체까지의 이격거리가 가까울수록

Received : February 18, 2016

Revision received : April 20, 2016

Accepted : June 30, 2016

* Corresponding author : Lee, Hui-Man

[Tel: 82-33-256-3997, E-mail: narasec@chol.com]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

기하급수적으로 증대된다는 사실이다. 이는 수많은 폭발실증시험을 통해서도 규명되었다[3]. 한편, 폭발물의 지근거리 폭발을 방호기준으로 삼고 있는 미국의 UFC(Unified Facility Criteria, 통합시설기준) 및 국내의 DMFC(Defense Military Facility Criteria, 국방군사시설기준) 등에서는 폭발물의 지근폭발을 주요 위협으로 설정하였기에 이러한 폭발효과의 특징을 크게 중요하게 고려하지 않았다[4,5,6]. 반면, 폭발물의 구조체에 대한 직접적 타격이 실질적인 위협임을 감안할 때, 폭발물의 구조체 접촉폭발은 심각한 위협이 아닐 수 없다. 폭발물의 지근폭발의 경우 이미 구조체와 폭발원점 간의 확률적 이격거리로 인해 구조체에 도달하는 폭압이 상당부분 감소하여 경감개념의 방호설계 적용 필요성이 높지 않았으나, 폭발물의 직접사격의 경우는 피해경감을 위하여 경감개념의 방호설계 적용이 필수적임을 알 수 있다[6,7].

한편, 비록 방호기준에는 반영되어 있지 않으나 수많은 경험 및 실험 결과를 토대로 폭발물의 직접사격에 의한 피해가 예상되는 구조체에 상당한 두께의 복토를 통한 경감개념을 적용하고 있다[5,7,8]. 일부시설은 강화에 의한 방호가 제한되어 주로 경감에 의한 방호에 의존하는 경우도 있다. 방호벽(Barrier)은 이러한 구조체에 대한 대표적인 경감 방호대책이다.

폭발의 가능성이 높은 지역에서 경감을 통한 방호대책으로서의 방호벽의 중요성에도 불구하고 이에 대한 설계기준은 UFC에서 간략하게 소개된 것이 전부이다[4]. 뿐만 아니라, 설계 기초자료 부족으로 일부에서는 옹벽 설계도서를 준용하여 방호벽을 구축하는 사례도 있었다[7]. 또한, 폭발물의 접촉폭발에 따른 폭압, 관통, 파편 등을 전반적으로 고려해야하는 방호벽은 폭발물의 지근폭발에 따른 폭압만을 고려하는 UFC에서의 방호벽의 설계요구조건과 근본적인 차이가 있을 수밖에 없다[8,9,10].

이에 본 연구에서는 폭발위험으로부터 보호시설이 피해가 경감될 수 있도록 한국형 방호벽의 설계요구조건을 M&S(Modeling & Simulation)를 통해서 제시하고자 한다. 제시된 설계요구조건은 향후 폭발실증시험을 통해 검증될 것이다.

1.2 연구 수행 절차

Figure 1은 본 연구의 전반적인 수행절차를 나타내고 있다.

1.2.1 자료수집, 문헌 및 도면 고찰

현재 일부지역에 구축되어 있는 방호벽에 대한 실측조사를 진행한다. 주요 조사내용은 방호벽 콘크리트 압축강도, 철근량, 크기(폭·높이·두께), 보호시설과의 이격거리 등이다. 설계 기준 검토에서는 UFC에 있는 방호벽 제원을 고찰하고, 현재 국내에서 사용 중인 방호벽 설계도서를 검토한다. 선행 연구 고찰은 폭발물의 접촉폭발 및 지근폭발에 대한 폭발효과를 중심으로 진행한다.

1.2.2 폭발위험도 분석

폭발하중 산정 및 해석 시나리오 작성을 위한 폭발위험도를 분석한다. 폭발위험도는 폭발물량을 중심으로 분석한다. 다음으로, 설계 요구수준은 방호벽의 방호성능 외에 방호벽에 의해 보호되어야 할 본체, 즉 보호시설 내부인원의 활동성 여부도 함께 고려하였다.

1.2.3 방호벽 설계안 제시

현장 자료 수집 및 설계 도서를 바탕으로 하여 방호벽을 SPACECLAIM을 통해 모델링하고, AUTODYN을 통해 대표적인 무기효과인 폭풍, 관입, 파쇄 및 폭압 측면에서의 손상 및 피해정도를 해석한다. 해석된 결과를 설계요구조건과 비교·검토하여 방호벽의 방호성능을 평가하고, 평가 결과를 바탕으로 한국형 방호벽 설계(안)을 제시한다.

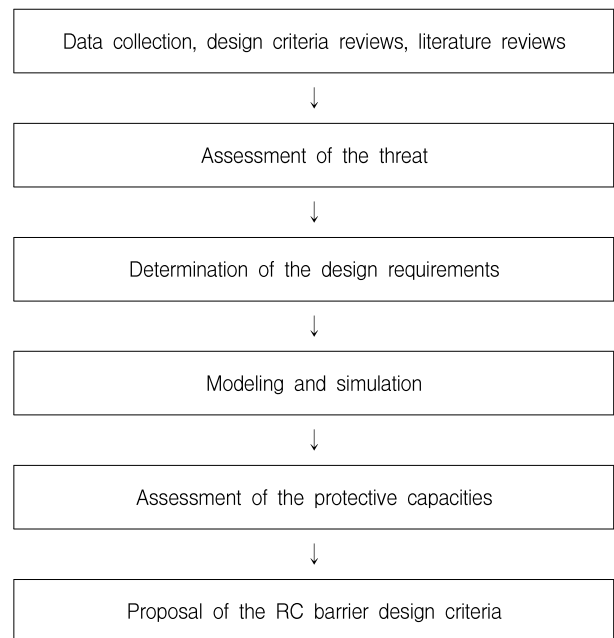


Figure 1. Research procedure

2. 예비적 고찰

2.1 삼승근 환산계수

삼승근 환산계수는 특정 크기의 폭발력에 대한 폭풍과 특성으로부터 다른 크기의 폭발력에 대한 폭풍과 특성을 계산하기 위하여 사용된다. 즉, 작약무게가 “ W_A ”인 폭발물 A가 “ R_A ”만큼 이격하여 폭발할 때와 동일한 무기효과를 발생시키기 위한 폭발물 B의 작약무게 “ W_B ”와 이격거리 “ R_B ”는 (식 1)을 통해서 계산가능하다[10].

$$\frac{R_A}{R_B} = \left(\frac{W_A}{W_B} \right)^{\frac{1}{3}} \text{----- (1)}$$

이 식에 따르면, 구조체와 폭발물이 근접할수록 동일한 폭압을 발생시키기 위한 작약량은 기하급수적으로 감소함을 알 수 있다. 이는 동일한 작약량을 가진 폭발물이 구조체와 근접하여 폭발할수록 구조체에 미치는 폭압은 기하급수적으로 증가한다는 뜻으로, 비록 소량의 작약량을 지닌 폭발물이 접촉 폭발할 경우 다량의 작약량을 지닌 폭탄의 지근폭발보다 더 큰 피해를 유발할 수 있다는 것을 의미한다.

2.2 방호벽 설계도서

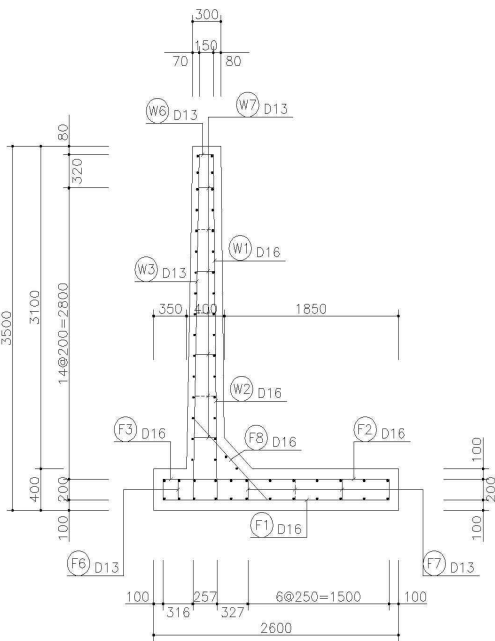


Figure 2. The Profile of reinforced concrete barriers

Figure 2는 미 UFC에서 제시된 방호벽 설계도를 보여 주고 있다. 옹벽설계와 유사해 보이나 근본적인 차이점은 옹벽 설계가 일방향 하중만을 고려한 반면, 방호벽 설계는 반시중첩압력을 고려한 양방향 하중을 고려하여 설계된 점이다. 특히, 입사압력보다 큰 반시중첩압력으로부터 전도를 방지하기 위하여 방호벽 후면의 기초부가 전면보다 긴 것이 특징이다[4]. 국내 방호벽 설계도는 옹벽 설계도를 준용하고 있다.

2.3 폭발 효과

폭발효과는 폭풍효과, 관입 및 관통효과, 파쇄효과, 파편효과, 충격효과 및 반복타격의 영향 등으로 구분되며, 운동에너지 폭발물이 아닌 폭발물의 경우 폭풍효과, 관입 및 관통효과, 파쇄효과 등을 주로 고려한다[10,11].

2.4 폭발실증시험

Figure 3은 폭발물의 지근폭발(a) 및 접촉폭발(b)에 따른 구조체의 피해를 보여주고 있다. 이 실험에서 다량의 작약량이 소량의 작약량에 수십 배차이임에도 소량의 접촉폭발이 구조체에 더 심각한 피해를 유발하였다[3].

2.5 위협설정

일반적으로 방호벽이 설치된 지역은 폭발물에 위협이 내재된 곳에 위치하고 있으며, 이에 대한 직접적인 위협은 폭발물의 작약량과 폭발위치에 따라 설정이 되며 TNT의 작약으로 6.3kg의 폭발물을 설정하였다.

3. 수치해석 및 설계안 제시

3.1 설계 요구수준 판단

Figure 4에서의 방호벽(Barrier)은 방호수준을 충족함과 동시에 활동성 유지를 위하여 방호벽 후면에 위치한 보호건물(Protective Installment) 내부의 인명과 재산을 보호할 수 있어야 한다.

폭발로 인한 인명피해는 사람의 자세, 압력선단과의 상대적 위치, 압력전단의 확산속도 및 하중의 형태 등에 따라 달라진다. Table 1의 실험결과에 따르면 폭압의 지속시간이 3~5 ms일 때의 최대압력이 인명피해와 직접적으로 연관되는 것으로 나타났다. 참고로, 임계압력은 피해가 발생하기 시작하는 최소한의 최대압력을 나타내며, 50% 혹은



Figure 3. Results of the field explosion verification tests

100%는 해당 최대압력일 때 내부인원 가운데 피해를 입은 인원의 확률적 비율을 나타낸다. 일반적으로 고막 파열 및 폐손상이 폭압으로부터 직접적인 피해대상이지만, 생존성을 고려할 때 고막의 파열보다는 폐 손상을 유발하는 폭압을 임계점으로 설정한다[7,8].

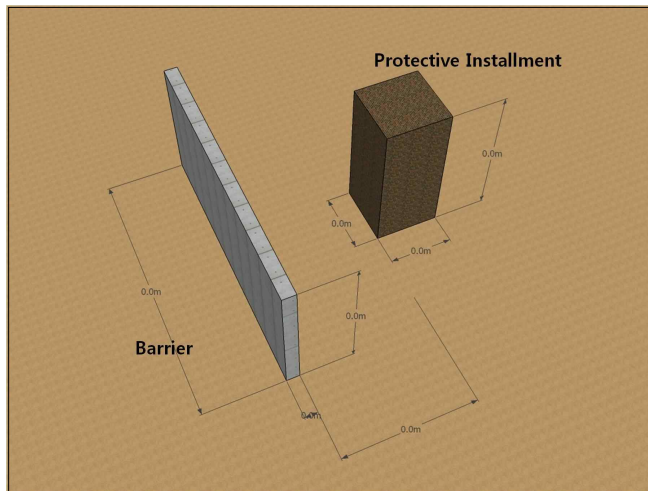


Figure 4. The barrier and protective installment

Table 1. Body reactions against magnitude of blast pressure

Bodies	Max pressure (MPa)		
	Critical	50%	100%
Eardrums	0.034	0.103	
Lungs	0.207 ~ 0.28	0.55 ~	
Death	0.7 ~ 0.83	0.9 ~ 1.24	1.72

지속적인 운영이 가능한 수준에서의 충격 가속도로 표현된다. 즉, 장비가 심각한 외부손상을 입더라도 지속적인 운영이 가능하다면 보호된 것으로 판단하며, 반대로 장비의 손상이 경미하더라도 지속적인 운영이 불가하다면 불용장비로 판단한다. Table 2는 장비의 운용가능 충격파의 가속도를 나타내고 있다. 한편, 인명보호를 위한 폭압 허용수준 내에서는 장비는 충분히 기능을 유지하는 바, 장비의 손상 여부는 일반적으로 고려하지 않는다[7,10].

다음으로 방호체가 피격을 받았을 경우 보호시설로의 폭풍 전파는 허용되나 보호시설로의 근본적인 피해를 차단 혹은 경감시키기 위해서 방호벽은 폭풍, 관입, 파쇄의 영향으로부터 보호시설을 충분히 방호할 수 있는 차폐구조물 수준으로 설계되어야 한다. 이를 위해서는 철근콘크리트 방호벽의 체적 대비 중량비(V/W)가 0.15 lb/ft^3 이하이어야 하며, 동시에 Table 3에서 제시된 구조체 변형정도가 “B”급 이내이어야 한다. 참고로, Table 3은 DMFC에서 폭풍 피해양상에 따른 구조체의 변형한계를 나타내고 있다. 아울러, 방호벽이 방호성능을 유지할 때, 보호건물은 전파되는 폭압으로부터 내부의 인명과 장비를 보호할 수 있도록 충분히 이격되어야 한다[10].

Table 2. Allowable acceleration for the military equipments

Equipments	PGA (g)
Fluorescent light, lighting fixture (including lamps)	20~30
Heavy equipments ($\geq 1,814 \text{ kg}$)	10~30
Heavy machines ($453 \sim 1,814 \text{ kg}$)	15~45
Light machines ($\leq 453 \text{ kg}$)	30~70

장비의 경우 충격파에 견디는 정도는 일반적으로 장비의

Table 3. Deformation limits of the structural walls

Class	Design	Damage	Rotation angle
A	Elastic	Microcracks	0~2°
B	Elastic-plastic	Crack, crush or scabbing	2~5°
C	Plastic	Severe collapse	5~12°

이상에서의 내용을 토대로 방호벽의 설계요구 수준을 다음과 같으며 인명보호를 위하여 보호건물 내부에서 발생하는 폭압의 최대치는 0.207 MPa이하이며 철근콘크리트 방호벽의 최대회전각은 12° 이내이어야 한다. 단, 관통 및 파쇄효과 등으로부터의 보호시설의 안전여부도 피해 양상을 토대로 판단한다.

3.2 방호 성능 평가

3.2.1 해석 프로그램 선정

폭발하중을 받는 구조물의 응답해석 방법은 강체 해석과 유동장 해석으로 구분된다. 강체해석은 구조체가 폭발에 의한 변형발생 후에도 요소의 형태를 어느 정도 유지한다는 강체라는 가정 하에 거동을 산정하는 일종의 라그랑지안 해법이다. 반면 최근 폭압에 의해 요소의 형태가 심하게 찌그러지는 현상을 반영하기 위해 유체 해석에 주로 활용되는 유동장 해석기법이 주목을 받고 있다. 이 두 해석기법을 동시에 사용하는 경우를 결합해석이라고 하고, 각각 하나의 기법만을 활용 하는 경우 비결합해석이라고 한다[9].

일반적으로 폭발거동해석에 AUTODYN과 LS-DYNA가 주로 활용된다. ANSYS사에서 제작한 LS-DYNA는 강체해석 해석에 기반을 두고 저·중속도 충돌, 대변형·비선형·낙하시험 해석 등에 주로 활용된다. AUTODYN도 대변형·대변위·비선형 해석 등이 가능하며, 특히 고체 및 유체의 결합해석 프로그램으로 중·고속도 충돌 등의 해석에 장점이 있다[11]. 참고로, LS-DYNA에 의한 폭발 거동 해석 단점을 보완하기 위해 ANSYS사에서 AUTODYN을 제작하였다. 이에 본 연구에서는 방호벽의 폭발거동을 계산하기 위하여 AUTODYN 프로그램을 활용하였다.

3.2.2 구조체 모델링

AUTODYN이 가지는 기하형상 모델링의 단점을 보완하기 위하여 SPACECLAIM을 활용하여 방호벽을 모델링하

였다. 기하형상이 모델링된 방호벽을 WORKBENCH에 불러들여 물성치 반영 및 유한요소작업을 수행하였다.

Figure 5는 해석대상 방호벽의 SPACECLAIM에서의 콘크리트 모델링(a) 및 철근 모델링(b)과 WORKBENCH에서의 매스처리(c), 유한요소작업 및 경계지점처리 상태(d)를 보여주고 있다.

방호벽의 콘크리트 설계기준 압축강도는 DMFC에서의 콘크리트 설계기준 압축강도인 21 MPa를 적용하였고, 철근은 KBC2009의 0506.3.2. 상에서의 표준규격을 모델링하였다. 지반조건은 폭발구 형상과 응력전달이 잘 반영되는 Bibiana M. Luccioni의 지반 물성치를 적용 하였다 [12]. 방호벽 높이와 폭, 철근량 등은 방호가 취약한 접적지역(취약지역)에 설치된 방호벽의 실측 데이터 및 DMFC상의 최소철근비 기준을 적용하였다.

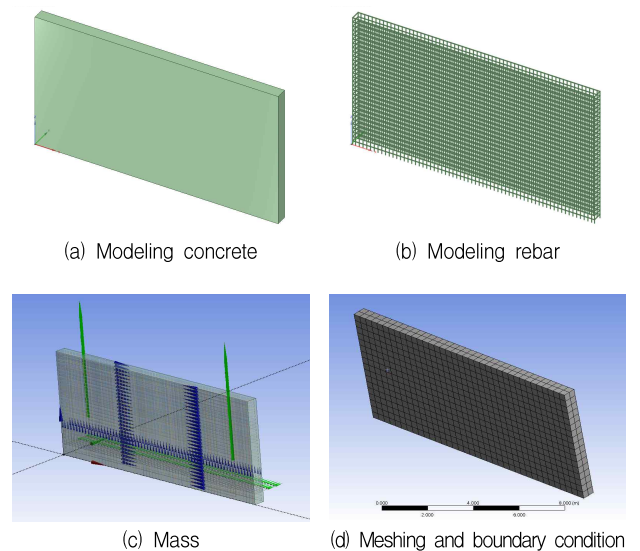


Figure 5. Structural modeling

3.2.3 거동 시뮬레이션

방호벽체에 대한 접촉폭발을 묘사하기 위하여 TNT 6.3 kg을 방호벽으로부터 포탄 반경 61mm를 이격하여 폭발하는 경우를 설정하여 폭발현상이 방호벽 거동 및 보호시설에 미치는 영향을 살펴보았다. 폭압의 영향을 살펴보기 위하여 폭발원점은 방호벽 최상단, 중심부, 최하단의 3곳에 설치하였으며, 폭압 측정을 위한 압력계이지는 벽체 후방 5,400mm, 6,100mm, 7,600mm에 설치하여 방호벽 후방 시설물의 폭압에 대한 영향을 분석하였다. 벽체 두께에 따른 배면파쇄여부를 확인하기 위하여 취성파괴 거동은 SPH

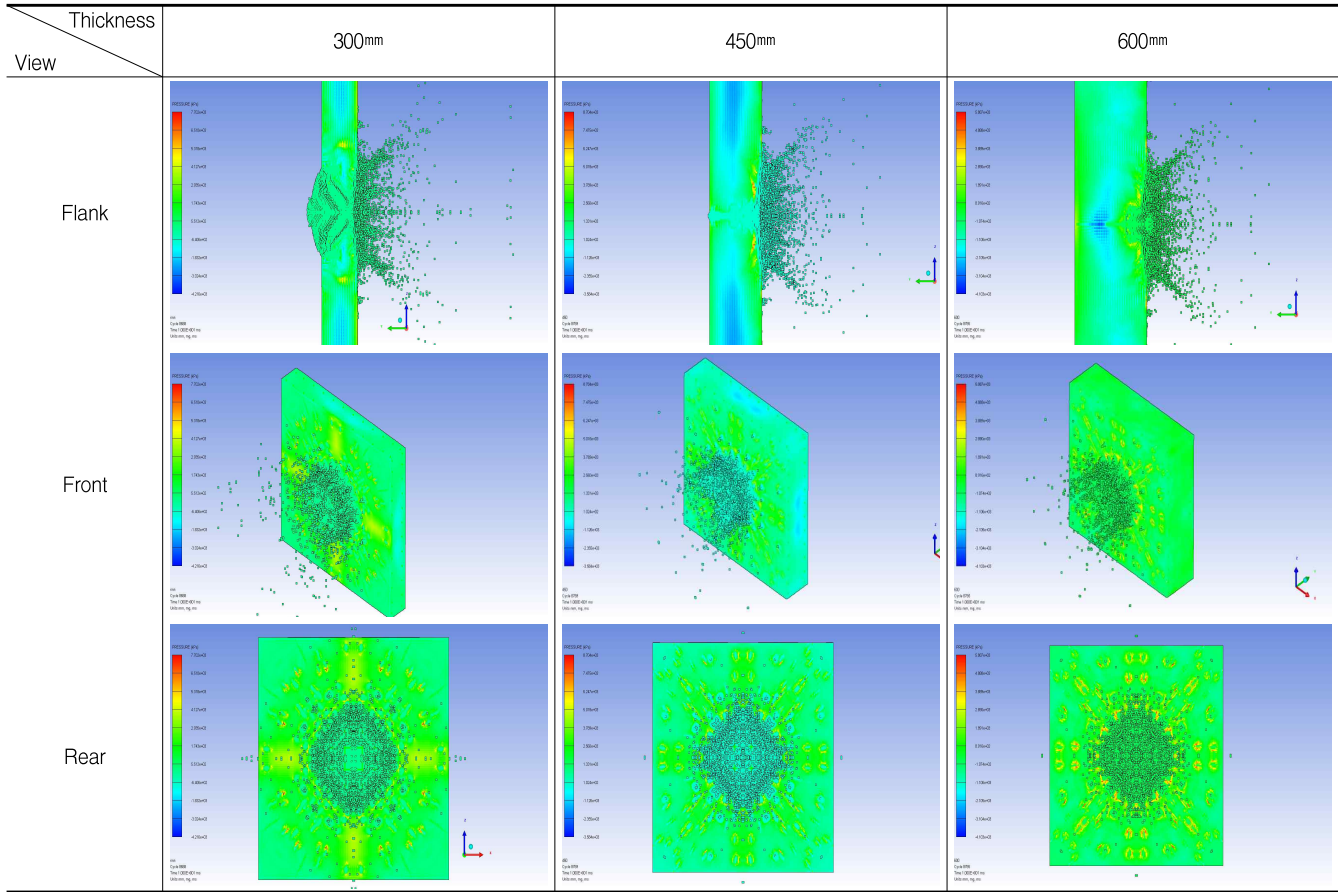


Figure 6. The visual results associated with penetration and scabbing

model로 분석하였다. 벽체 두께는 300mm, 450mm 및 600 mm 3가지 경우로 설정하였으며, 두께별로 방호벽 중심부 2000mm×2000mm 면적에 대한 영향을 검토하였다.

3.2.4 해석 결과

TNT 6.3kg의 방호벽 접촉폭발로부터 방호벽 및 보호시설에 대한 손상은 방호벽의 최대회전각 및 배면파쇄여부, 보호시설에 도달하는 폭압의 크기를 통해 판단한다.

일반적으로 취성재료인 콘크리트는 폭압에 의한 휨변형이 크지 않다. 반면, 배면파쇄 및 관통에 취약한 경향이 있다. Figure 6은 접촉폭발시 벽체 두께가 300mm, 450mm, 600mm인 철근콘크리트 방호벽의 배면파쇄 및 관통여부에 대한 해석결과를 보여주고 있다. 벽체 두께가 300mm에서는 배면이 큰 형태로 70% 이상 파쇄 되었다. 이 경우 벽체 전면에서의 관입구와 배면에서의 파쇄구가 연결되어 벽체는 관통된 것으로 판단할 수 있다. 벽체 두께가 450mm에서

는 폭압에 의한 배면파쇄가 발생하기 직전인 임계상태에 접근한 것으로 판단된다. 즉, 배면파쇄 발생 직전 상황으로 관통 및 파쇄로부터 가장 경제적 두께에 근접한 것으로 판단된다. 벽체 두께가 600mm에서는 폭압에 의한 전면탄흔만 발생하였다. 요컨대, 철근콘크리트 방호벽이 관통 및 파쇄로부터 보호시설의 피해를 차단하기 위해서는 최소철근비 이상의 철근배근과 동시에 450mm 이상의 벽체 두께가 요구되었다.

벽체두께 450mm 방호벽에 대하여 접촉폭발로 인해 발생하는 지점으로부터의 최대회전각은 1.528° 로 계산되었다. 이는 폭발효과 측면에서의 Table 3에서의 C등급 방호 성능을 충족하고 있다. 해석된 결과를 폭발효과 측면에서만 고려한다면 방호벽은 과다설계된 것으로 판단할 수 있으나, 파쇄 및 관통효과의 측면을 고려한다면 결코 과다설계가 아니다. 이는 폭발물의 접촉폭발과 지근폭발에 따른 근본적인 차이에 기인한 것이다. 참고로, 최대회전각은 폭발

원점 및 변위측점이 공히 벽체 중심부일 때 발생하였으며, 이는 방호벽의 캔틸레버 형태 및 작약량에 기인한 것으로 판단되나, 차후 이에 대한 명확한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

끝으로, Table 4와 같이 접촉폭발에 따른 보호시설 내부의 인명보호를 위한 방호벽 후방에서의 폭압 크기와 이에 따른 영향을 분석하였다. 실제 구축된 방호벽과 보호시설 간의 이격거리에 따른 폭압측정 결과 기준치인 0.207 MPa를 하회하고 있다. 뿐만 아니라, 고막의 파열여부에 따른 실험기준을 고려할 때도 비록 측정된 폭압은 피해임계치 이상이지만, 인원이 보호시설 내부에 있을 경우 폭압이 기준치를 하회할 것으로 판단된다. 폭압 측정을 위한 게이지는 한국군 남성 평균신장(171.5 cm)의 약 90%인 지면으로부터 1,550mm에 설치하였다.

Table 4. The blast pressure along with the isolation distance

Isolation distance (mm)	5,400	6,100	7,600
Impact pressure (MPa)	0.117	0.116	0.114

따라서 방호벽과 보호시설 간의 최소 이격거리 5.4 m는 충분하다고 판단된다. 참고로, 방호벽과 보호시설은 건축 계획 측면, 즉 조경수 보호, 건물 진출입, 차량 통행 등을 목적으로 방호벽 높이 및 보호시설의 크기에 따라 20, 22.5, 25 ft(약 6.10, 6.86, 7.62 m) 이격되어야 한다. 이를 고려할 때, 약 6 m 이상에서는 보호시설 내부의 인원은 충분히 보호될 수 있을 것으로 사료되는 데, 방호벽 설치에 있어 보호시설과의 이격거리에 관한 별도의 설치 지침은 불필요할 것으로 판단된다.

이상의 해석결과를 고려할 때, 관통 및 파쇄효과로부터 방호되기 위하여 방호벽의 최소 두께는 450mm이어야 하며, 내부인원의 활동성 확보 측면에서는 보호시설과 방호벽의 현 최소 이격거리(20ft)는 충분한 것으로 사료된다. 단, 콘크리트 및 철근은 DMFC에서의 표준설계 압축강도 및 최소철근량 계산 기준을 따라야 한다.

4. 결 론

UFC를 비롯한 대부분의 방호구조물 설계기준에서 폭발 하중 산정은 폭탄이 구조체로부터 원형공산오차에 따른 확

률적 이격거리에서 폭발하는 지근탄 개념을 적용하다. 시설물의 폭발위험에 따라 방호구조물은 접촉폭발 보다는 지근폭발 방호를 중심으로 설계 및 시공되고 있다[4,7].

한편, 관통 혹은 파쇄효과 측면에서는 접촉폭발이 지근폭발보다 더 큰 피해를 유발한다[3]. 따라서 방호벽 설계에 지근폭발의 개념이 적용된 UFC 혹은 DMFC를 적용하는 것은 무리가 있다.

본 연구에서는 접촉폭발에 따른 폭발, 관입, 파쇄효과 등으로부터 방호벽 및 보호시설의 안전여부를 살펴보고, 나아가서 방호벽 후면에 도달하는 폭압으로부터 보호시설 내부인원의 지속적인 활동 가능여부도 판단하였다.

연구결과를 정리하면 다음과 같다.

방호벽이 보호시설 및 내부인원을 충분히 방호하기 위하여 벽체두께를 450mm 이상으로 제안한다. 이는 폭발효과보다는 관통 및 파쇄효과로부터 방호벽을 통한 보호시설을 방호하기 위해 필요한 최소 두께이다.

따라서 현 DMFC를 토대로 지근폭발로부터 방호성능을 갖추기 위해 구축되어 있는 벽체 두께의 현 방호벽은 단면 증설보강을 통한 방호성능 제고가 필요하다. 한편, 현 방호벽과 보호시설의 최소 이격거리인 6.1 m는 보호시설 내부인원의 활동성 보장 측면에서는 충분하다고 판단된다.

이 외에 콘크리트 압축강도 및 철근량은 DMFC 상의 표준강도 및 최소철근량에 관한 표준지침을 따르되, 고강도 콘크리트 사용 및 철근 배근을 달리할 때는 본 연구에서의 제시된 방호벽 설치 기준(안)에 대한 재해석이 필요하다.

요 약

이 연구에서는 폭발원점으로부터 보호시설의 결정적 피해경감을 위해 설치되는 방호벽의 설계요구조건을 제안한다. 이를 위하여 일부지역에 구축된 방호벽과 관련한 현장 조사 및 설계도서 검토를 수행한다. 규명된 방호벽 제원을 바탕으로 구조해석에 사용될 방호벽을 모델링하고, 방호벽에 대한 실질적인 위험을 판단한다. 구조 모델링 및 폭발위험 분석이 완료되면, 방호벽 및 보호시설의 손상정도를 충격, 관입, 파쇄 및 폭압효과 측면에서 수치해석을 통해 계산한다. 해석결과에 따르면, 방호벽의 두께는 최소 45cm 이상이어야 하며, 현재 설치된 방호벽은 단면증설을 통해 구조보강이 필요한 것으로 나타났다.

키워드 : 방호벽, 접적지역, 직접사격, 단면보강

References

1. Park YJ, Park, SJ, Eom HS, Son KY, A Study on the Protective Capacity of Military Shelters in the Contact Areas, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, 2015 Aug;18(4):402-8.
2. Park YJ, Park SJ, Kim TH, Yu YJ, Son KY, Reinforcing Method for the Protective Capacities of Dispersal and Combat Facilities using Logistic Regression, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2016 Feb;16(1):77-85
3. US Department of Defense, UFC(Unified Facility Criteria) 3-340-02. Washington, D.C. (USA):US Department of Defense;2008. 1885 p.
4. Lee GB, A Study on Relaxations of Protected areas for Korean Military bases and facilities : Focusing on the Storage of Military Ammunition and Explosives [master's thesis]. [Daejeon (Korea)]: Chungnam National University; 2012. 110 p.
5. Ministry of National Defense, Ammunition design guidelines, Seoul (Korea):Ministry of National Defense; 2012. 51p.
6. Ministry of National Defense, Protection design basis of major military facilities, Seoul (Korea):Ministry of National Defense;2012. 266 p.
7. Ministry of National Defense, Protective structures design criteria, Seoul (Korea):Ministry of National Defense;1998.
8. Baek JH, Kim SB, Son KY, Park YJ, The Study on assessment of protective capacity of the reinforced concrete box-type artillery positions, *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*. 2014 Apr;17(2):275-81.
9. Kim SB, Oh GD, Baek SH, Lee JH, Park YJ, Baek JH, Protective structural engineering, 2nd ed, Seoul (Korea) Cheongmoongak Ltd; 2013. 612 p.
10. Park JK, Lim CW, Ryu DW, Son KY, Baek JH, Park YJ, The design and protective capacity assessment of the prefabricated PC arch ammo magazines, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2014 Dec;14(6):615-21.
11. Luccioni B, Ambrosini D, Nurick G, Snyman I, Craters produced by underground explosions, *Computatere & Structures*. 2009 Nov;87(21-22):1366-73.