

## 폭풍압 시뮬레이션에 의한 지형지물의 영향에 관한 연구

강대우<sup>1)\*</sup>, 이 신<sup>1)</sup>, 정병호<sup>2)</sup>, 심동수<sup>2)</sup>

### A Study on Effects of the Artificial Structures by the Blast Pressure Simulation

Dae-Woo Kang, Sin Lee, Byung-Ho Jung and Dong-Soo Sim

**Abstract** With the development of modern society, there have been great technical advances, and the meaning, shape, and type of preservation objects have also become diverse. However, the legislation of executives established in 1961 has not yet been revised realistically. That's administrative problems related to the use and storage of explosives. In this study, the cases of civilian's question and thought that had been submitted to the government agency were surveyed. In order to analyze the effects of preservation object, ENPro3.1, which is a simulation program to analyze the sound pressure, was used to estimate the blast pressure when a magazine containing preservation objects exploded. With the damage due to the blast pressure, the problem with the safe distance depending on the preservation object levels was investigated. From the investigation, the blast pressures in the two cases with the artificial structures at the real distance 309 m and without the artificial structures at the legitimate standard space distance 440 m, were found to be 123 dB(L) and 138 dB(L), respectively. That means the influence of blast pressure in shorter distance with artificial structures is 15 dB(L) lower than longer distance without them. Therefore, it is recommended to apply the preservation distance based on the engineering analysis with a consideration of surrounding environment.

**Key words** Storage, Magazine, Blast pressure, Artificial structures.

**초 록** 현대사회의 발전과 더불어 기술적인 진보는 물론이고 보안물건의 의미, 형태 및 종류가 다양해지고 있지만, 총포도검화약류등단속법은 1961년에 제정된 이래 2010년 지금까지 현실적으로 개정이 되지 않아 화약류사용 및 저장에서 행정상의 문제점이 제기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 정부기관에 질의된 민원인들의 질의 및 회시에 대한 관련사례를 조사하고 이들 보안물건 등급에 대한 영향을 분석하기 위해서 음압해석 시뮬레이션 프로그램인 ENPro 3.1을 이용하여 화약류저장소 폭발시의 폭풍압에 대한 시뮬레이션을 하고, 전달된 폭풍압의 피해영향 규모를 비교하여 공학적인 방법으로 현행 보안물건의 등급에 따른 보안거리의 규정에 대한 문제점을 연구하였다. 그 결과 저장소 주변의 지형 및 지물을 고려하지 않은 1종 보안물건의 법률상의 보안거리 440m에서의 폭풍압 크기와 지형지물을 고려한 실제 이격거리 309m에서의 폭풍압 크기를 분석 대비한 결과 각각 138dB(L)과 123dB(L)로 계산되었다. 따라서 지형지물이 있는 경우가 근거리에 보안물건이 존재하더라도 440m의 경우보다 309m 지점에서 지형지물이 존재하면 약 15dB(L)이 작은 수치를 보여 근거리의 보안물건이 더욱 폭풍압의 영향이 적은 것으로 나타났다. 그래서 저장소 주변의 지형지물이 고려되지 않은 보안거리의 적용은 부적합하므로 저장소의 주변환경을 고려한 공학적 분석결과에 의해 보안거리가 적용되어야 할 것으로 사료된다.

**핵심어** 저장, 저장소, 폭풍압, 지형지물

<sup>1)</sup> 동아대학교

<sup>2)</sup> (주)명장

\* 교신저자 : dwkang@dau.ac.kr

접수일 : 2010년 11월 23일

심사 완료일 : 2010년 12월 22일

게재 승인일 : 2010년 12월 28일

### 1. 서론

현대사회의 발전과 더불어 기술적인 진보는 물론이고 보안물건의 의미, 형태 및 종류가 다양해지고 있지만, 총포도검화약류등단속법은 1961년에 제정된 이래 2010년 지금까지 현실적으로 개정이 되지 않아 화약류사용 및 저장에서 행정상의 문제점이 제기되고 있다.

첫째, 저장소의 위치 및 저장량(사업규모)에 가장 중요한 요소가 되는 것이 보안물건의 등급에 따른 보안거리에 관한 것이며,

둘째, 화약류 저장소의 보안거리는 해당 보안물건의 종류와 등급에 따라 최대 550m까지 이격되어지는데, 저장소와 보안물건의 보안거리 사이에 지형지물이 있는 경우에는 이격거리에 상응하는 상당한 피해 예방효과가 있을 것으로 예견되는데도 불구하고 이를 고려하지 않는 점이다.

본 연구에서는 정부기관에 질의된 민원인들의 질의 및 회시에 대한 관련사례를 조사하고 이들 보안물건 등급에 대한 영향을 분석하기 위해서 음압해석 시물레이션 프로그램인 ENPro 3.1을 이용하여 화약류저장소 폭발시의 폭풍압에 대한 시물레이션을 하고, 전달된 폭풍압의 피해영향 규모를 비교하여 공학적인 방법으로 현행 보안물건의 등급에 따른 보안거리의 문제점을 연구하였다.

### 2. 보안물건과 보안거리의 적용사례 고찰

#### 2.1 총포도검화약류등단속법

현행 총포도검화약류등단속법은 보안거리를 화약류의 취급(제조·저장)상의 위해로부터 보호가 요구되는 장비·시설 등에 이르기까지의 안전거리로 정의하고, 화약류의 정제량 및 저장량에 따라 공실 또는

저장소의 외벽으로부터 보안물건 간의 사이에 일정한 법정(총포도검화약류등단속법 시행령 제30조 제1항 별표8) 보안거리를 두도록 되어있으며, 이와 관련한 중요 법률은 다음과 같다(경찰청, 2008a).

- 화약류의 정의(법제1장 2조 제3항 관련)
- 화약류 저장소의 종류(시행령 제28조 제1항 관련)
- 화약류저장소의 부속시설에 대한 보안거리(시행규칙 제35조)
- 화약류저장소와 보안물건간의 보안거리(시행규칙 제30조)

총포도검화약류등단속법 시행령 제30조와 관련 보안거리는 식(1), (2)의 보안거리 산정공식에 의해 계산되어 진다.

여기서 보안거리의 산정공식은 화약류제조와 화약류 저장소에서 각각 달리 계산되며 그 식은 다음과 같다(경찰청, 2008b).

#### 화약류 제조의 경우

$$\text{보안거리} = \frac{(\text{분모의 정제량에 대한 보안거리}) \times (\text{저장하고자 하는 수량의 세계급근})}{\text{별표4 또는 별표5에 의한 정제량의 세계급근}} \quad (1)$$

#### 화약류 저장의 경우

$$\text{보안거리} = \frac{(\text{분모의 저장량에 대응하는 보안거리}) \times (\text{저장하고자 하는 수량의 세계급근})}{\text{별표 12에 의한 저장량의 세계급근}} \quad (2)$$

#### 2.2 보안물건과 보안거리의 적용사례 고찰

본 연구에 이용한 보안물건과 보안거리에 관한 허가청의 질의 및 회시 등 사례는 아래와 같다(경찰청, 1995).

#### 자동차 운전면허시험장이 보안물건에 해당되는지에 관한 사례

질 의	내 용
○ 다중이 하루 상당시간 운집하는 자동차 운전면허시험장의 경우 보안물건에 해당되는지? ○ 아울러 보안물건으로 분류된다면 제 몇 종 보안물건으로 분류되는지? ※1일 유동인구 일천 명이 왕래되고 있음.	○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조에 명백히 보안물건으로 규정된바 없으나, 운전면허 시험장은 시험에 필요한 인원·시설·장비를 갖추고 다수인이 상시 출입하는 장소이므로, 경기장과 같이 당연히 화약류취급상의 위해로부터 보호가 요구되는 제1종 보안물건에 해당된다고 사료.

**농경지, 농업용 시설(비닐하우스, 건조장, 농업용수로 및 관정 등)의 사례**

질 의	내 용
○ 농경지, 농업용 시설(비닐하우스, 건조장, 농업용수로 및 관정등)이 제 몇 종 보안물건에 포함되는지?	○ 보호법익과 위험도의 대소에 따라서 제1종, 제2종, 제3종, 제4종으로 구분, 촌락의 주택과는 달리 농경지, 농업용 시설(비닐하우스, 건조장, 농업용수로 및 관정 등)은 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조 규정에 의한 보안물건에 포함(해당)되지 않음.

**「시가지의 주택」과 「촌락의 주택」의 구별 여하에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 제1종 보안물건중의 「시가지의 주택」과 제2종 보안물건중의 「촌락의 주택」구별에 있어서, 행정 구역상의 시, 군, 읍, 면, 리 단위의 구별에 의하여 시 소재지 주택은 시가지의 주택으로, 군 이하 행정구역 소재지 주택은 촌락의 주택으로 구분되는지, 아니면 가구나 거주 인구의 수에 의하여 구분되는지?	○ 보안물건의 구분은 보호법익의 대소와 위험도의 유무에 따라 분류. ○ 인명의 보호를 최우선으로 하고, 다음으로는 신체의 안전을, 셋째로는 재산의 보전을 기하기 위한 것임. ○ 제1종 보안물건인 「시가지의 주택」과 제2종 보안물건인 「촌락의 주택」은 가옥 또는 세대의 수, 주민의 수, 가옥의 밀집정도를 기준으로 하여, 「시가지의 주택」은 사회 통념상 시가지에 상응하는 보통 규모의 가옥(아파트, 연립주택 등의 경우 세대수) 100채(세대) 이상이 이어져 있는 주택의 집단을 말하고, 「촌락의 주택」은 사회통념상 촌락에 상응하는 보통 규모의 가옥 10채 이상 100채 미만인 군을 이루고 있는 가옥을 말하며, 시, 군, 면 등의 행정구역, 주민의 업태와는 직접적인 관련이 없다고 사료됨.

**시골마을내 공회당의 경우도 제1종 보안물건에 해당되는지에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 농촌형 가구 27호 중의 시골마을 공회당도 총포·도검·화약류 등 단속법상의 1종 보안물건으로 인정하여야 하는지 여부?	○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조 제6호의 규정에 의한 교회에는 신·구교 예배장소를 함께 포함하는 개념이며, 등록 인가된 공회당으로서 70여 명의 신도가 정기적인 예배를 보고 있다면 1종 보안물건으로 분류된다고 사료됨.

**제4종 보안물건중 「고압전선」의 “고압”의 개념에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조 제9호의 규정에 의한 제4종 보안물건중 「고압전선」은 전기관련 법규상 몇 볼트 이상의 전선인지?	○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조의 규정에 의한 화약류 취급상의 위해로부터 보호가 요구되는 장비·시설인 보안물건에 있어서의 고압전선이란 전기설비 기술기준에 관한 규칙 제3조의 규정에 의한 7천볼트 이상의 특별고압 전선을 말함.

**사람이 상주하지 아니하는 차고지의 보안물건 해당여부에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 건축물 신축 없이 차고시설만 갖춘 사람이 상주하지 아니하는 차고지가 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조의 규정에 의한 보안물건에 해당되는지 여부?	○ 사람이 상시 거주하지 않는 차고지, 창고, 축사 등 일반시설물은 총포·도검·화약류 등 단속법령에 의한 보안물건에 포함되지 않음.

**골프장이 보안물건에 해당되는지에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 골프장이 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조6호의 제1종 보안물건에 해당여부 및 그 경계지점의 기준은?	○ 보안물건이란 화약류 취급상의 위해로부터 보호가 요구되는 장비·시설 등으로 골프장은 골프경기에서 필요한 잔디구장과 시설을 갖추고 있으며, 시설의 유지관리자, 연습 및 경기자들의 빈번한 왕래가 예상되므로 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조의 6호에 의한 제1종 보안물건에 해당된다고 봄. ○ 보안물건의 경계는 골프장 필드 각 홀의 외각경계선을 기준으로 측정되어야 할 것으로 생각됨.

**한우 20두 가량의 축사가 보안물건에 해당되는지에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 한우 20두 가량 사육 예정인 574.2m <sup>2</sup> 넓이의 축사가 보안물건에 해당되는지 여부?	○ 일반적으로 축사는 보안물건에 해당되지 않으나, 사람이 하루중 상당시간 거주·작업 또는 출입하는 경우 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령제2조제8호(제3종 보안물건)의 주택에 해당될 수 있으므로 축사관리자의 수·상주 여부 등의 구체적인 실태를 감안하여 판단하여야 할 것임.

**보안거리 판정에 있어서의 거리의 개념에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 보안거리 판정에 있어서 저장소의 외벽으로부터 보안물건에 이르기까지의 거리는 지적도 상의 축적에 의한 직선거리에 의하는지 아니면 실측거리에 의하는지?	○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제8조의 규정에 의한 보안거리는 화약류의 폭발로부터 보호받을 수 있는 최소한의 거리이므로 화약류 저장소의 외벽으로부터 보안물건에 이르기까지의 보안거리는 폭발충격의 전파원리에 입각한 직선거리를 말함.

**보안거리 측정에 있어서 차폐된 지형지물이 보안물건 사이에 위치한 경우의 측정방법 및 적부여하에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제30조(화약류저장소와 보안물건간의 거리)의 규정에 의한 거리측정에 있어 차폐된 지형지물이 보안물건사이에 위치한 경우 측정방법 및 적·부여부 판단기준은?	○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조의 규정에 의거하여 보안물건이라 함은 화약류의 취급상의 위해로부터 보호가 요구되는 장비·시설 등을 말하며, 화약류저장소와 보안물건 사이에는 법정 보안거리를 두도록 되어 있음. ○ 원칙적인 보안거리의 측정은 폭발파의 직진 진행하는 성질과 같이 직선 거리로 측정함이 타당하나, 차폐된 지형지물(산등)이 개입된 경우에 있어서는 폭발에 따른 위해분포 및 거리가 달라질 수 있음.

**도시공원법상 「근린공원」으로 지정된 미시설 공원이 제2종 보안물건에 해당되는지에 관한 사례**

질 의	내 용
○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조 제7호 소정의 「제2종보안물건」인 「공원」에, 도시공원법상의 「근린공원」으로 지정되었으나 공원계획조차 입안되지 아니한 상태의 미시설 공원이 포함되는지 여부? ○ 아울러 적법하게 화약류 저장소가 설치된 지역 인근에 근린공원이 지정되었으나, 미시설공원 상태의 경우 보안거리 미확보를 이유로 화약류 저장소의 설치허가를 취소하거나 이전명령을 할 수 있는지 여부? ○ 총포·도검·화약류 등 단속법 시행령 제2조 제7호 소정의 「제2종보안물건」인 「공원」에, 도시공원법상의 「근린공원」으로 지정되었으나 공원계획조차 입안되지 아니한 상태의 미시설 공원이 포함되는지 여부?	○ 현행법상 「공원」에 관하여도 도시계획법에서 도시계획시설의 일종으로 규정하고 있고, 자연공원법에서는 국립·도립·군립공원으로, 도시공원법에서는 어린이공원, 근린공원, 도시자연공원, 묘지공원, 체육공원으로 분류하고 있음. ○ 공원은 “행정주체에 의하여 직접적으로 공공의 목적에 공용되는 유체물”을 말하는 공물에 해당하고, 공물 중에서도 직접적으로 일반 공공의 공동사용에 공용되는 공공용물에 해당하느냐 공공의 용물이 성립하기 위하여는 먼저 “행정적 요소”로서 일정한 물건이 공공의 목적을 위하여 공용될 수 있는 형태를 갖추어야 하고, 다음 “의사적 요소”로서 공공의 목적을 위하여 공용하고자 하는 행정주체의 의사 표시인 공용개시 행위를 필요로 함. ○ 공원중 도시공원의 경우, 행정주체에 의하여 인공이 가하여지고 이를 공공목적에 공용함으로써 비로소 공물이 된다는 점에서 “인공공물”에 해당하는 것으로, 도시공원의 일종인 근린공원 역시 인공공물임. ○ 도시공원법에 의하면 도시계획이 결정되고 그에 따라 공원조성계획이 입안된 후 그 계획에 따라 도시공원이 설치되는 것인바(동법 제4조, 제5조), 도시계획에 의한 공원의 지정만 있을 뿐 공원조성계획조차 수립되지 아니한 상태의 미시설공원은 공원으로 성립되었다 볼 수 없으므로 「제2종 보안물건」에 해당하지 아니함. ○ 더욱이 제2종 보안물건인 공원은, 보안물건으로 정하여 일정한 보안거리를 확보하도록 한 총포·도검·화약류 등 단속법 및 동법 시행령·시행규칙의 규정취지에 비추어 볼 때, “인공에 의한 공원시설이 갖추어져 공공목적에 공용될 수 있는 상태”에 있고, 보안거리내 화약류저장소등 위험시설이 있는 경우 공공의 안전에 위험을 야기할 가능성이 있고 공원을 의미하는 것으로 해석되어야 할 것임.
○ 아울러 적법하게 화약류 저장소가 설치된 지역 인근에 근린공원이 지정되었으나, 미시설공원 상태의 경우 보안거리 미확보를 이유로 화약류 저장소의 설치허가를 취소하거나 이전명령을 할 수 있는지 여부?	○ 앞서 살펴본 바와 같이 미시설공원은 「제2종보안물건」인 공원에 해당하지 아니하므로 보안거리 미확보를 이유로 설치허가 취소등의 처분은 할 수 없음. ○ 다만 사후 공원시설이 조성되어 공공목적에 공용되는 경우, 지방경찰청장은 재해의 예방 또는 안전유지를 위하여 필요성이 인정된다면 동법 제47조에 의하여 시설의 전부 또는 일부의 사용금지 또는 이전명령 등의 조치를 취할 수 있음.

### 3. 폭풍압에 대한 시뮬레이션 분석

#### 3.1 분석 방법

먼저 현행 법규의 보안거리에서 저장소가 폭발할 경우 폭풍압 수준을 알아보고, 실제 사용중인 저장소 2곳에서 주변환경을 고려한 최단 이격거리의 보안물건에 대한 폭풍압을 ENPro 3.1 프로그램을 이용하여 분석하였고 그 영향의 크기를 비교분석하였다.

이 프로그램은 ISO9013에 정의된 모든 옥외 전파의 감쇠기구 즉 소음원의 지향성, 기하학적 확산 효과, 지형방음벽 구조물 및 이들의 복합 구조물에 적용하는 것이다.

따라서 이 프로그램을 이용하여 본 연구에서 폭풍압을 지상에서 이론적으로 시뮬레이션 하기 위하여 다음과 같은 두 개의 식을 이용하여 폭풍압을 산정하였다(기경철, 1998; 김재극, 1990; 기경철, 1997; 강대우, 1998; 심동수, 1995; Gustafsson, 1973).

$$P = 80.855 * 1.17 \left( \frac{D}{\sqrt[3]{W}} \right)^{-1.035} \quad (3)$$

(1.17=에멀전폭약 보정계수)

$$P = 181.79 \left( \frac{D}{\sqrt[3]{W}} \right)^{-0.036} \quad (4)$$

#### 3.2 분석대상 화약류 저장소

분석대상 화약류 저장소는 2개소로 150m에서 약

309m 사이에 다수의 보안물건이 존재하는 곳으로 선정하였다. 그리고 저장소의 조건들은 다음과 같으며 그림 1과 그림 2에 도면으로 표시하였다.

#### A 화약류저장소의 조건

- ① 명칭 : ○○화약상사 1급 화약류 저장소
- ② 구성 : 지상복토식 1급 화약류저장소, 지상 1급 화공품저장소
- ③ 최대저장량(폭약) : 폭약 20톤, 뇌관 200,000개, 도폭선 10,000m, 타정용공포탄 10,000,000개, 실탄 2,000,000개
- ④ 보안물건 : ○○교회, 이격거리 : 수평거리 309m, 사거리 311m

#### B 화약류저장소의 조건

- ① 명칭 : ○○화약 1급 화약류 저장소
- ② 구성 : 지상식 1급 화약류저장소 2개동
- ③ 최대저장량(폭약) : 1동 4톤, 2동 3톤, 총 7톤
- ④ 보안물건 : 저장소로부터 150m에 단층상가건물 2동 존치

### 4. 폭풍압 시뮬레이션 분석결과 및 평가

#### 4.1 A 저장소의 분석결과

먼저 폭원에서 폭풍압 산출식과 ENPro 3.1 프로그램의 상관관계를 검증하기 위해 A 저장소의 Case 1의 조건(인용 논문 및 실험과 동일한 조건)으로 시뮬

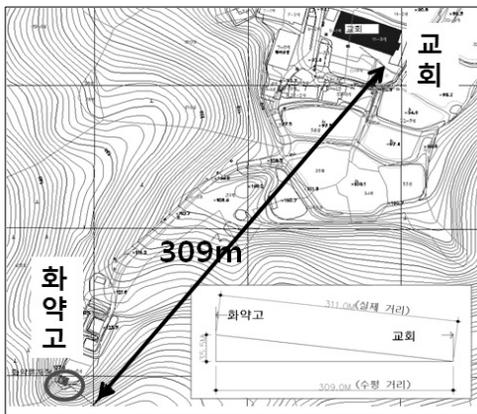


Fig. 1. A Magazine(309m).

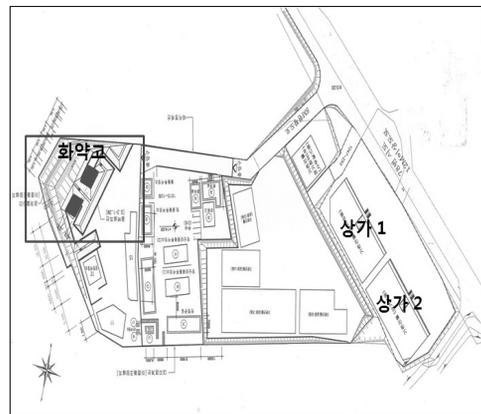


Fig. 2. B Magazine(150m).

레이션을 하여 거리와 폭풍압의 관계를 알아보았다. 그 결과 본 프로그램은 폭풍압 식(3)과 식(4)의 계산 식과 상호 상관성이 있는 것으로 그림 3에 나타났다.

Fig. 3에서 식(1) 폭풍압(dB(L))은 3.1절의 식(3)에 해당하며, 식 (2)의 폭풍압(dB(L))은 3.1절의 식 (4)에 해당한다. 그리고 Table 1은 Case 1, 2, 3 및 4에 대한 폭풍압 시뮬레이션 분석결과 표이다. 여기서 Case 1, 2, 3 및 4는 주변의 보안물건 등의 환경적 조건들이며 Case 1은 순수한 평지상태에서의 것이고, Case 2는 복토, 평지 및 건물이 있는 경우, Case 3은 복토, 숲 및 건물이 있는 경우, Case 4는 평지에 복토만 있을 경우를 말한다.

여기서 A 저장소의 조건에 따른 폭풍압 시뮬레이션을 Case 1(309m)~Case 4(440m)를 해석하였으며, 그 결과는 Table 2에서 나타난 것처럼 입체도, 평면도 및 단면도에 의해 평면지형의 지표 위에서 폭발과 평면 지형의 복토 아래에서 건물이 있을 경우의 폭발 형상

을 보였다.

그리고 A 저장소에 대한 폭풍압식 (1)에 의한 Case 3, 4 시뮬레이션은 Table 3에 나타난 것처럼 지형지물을 고려한 Case 3 복토아래에서 폭발한 경우와 Case 4 평면지형의 복토아래에서 폭발한 형태를 비교한 것이다.

따라서 A 저장소의 Case별 해석결과에 따른 폭풍압의 크기는 Table 4에 나타난 바와 같이 실제 지형지물을 고려한 Case 3의 경우가 폭원풍압이 가장 적은 것으로 나타났다.

Table 3에서 알 수 있듯이 지형지물이 있는 복토 아래에서 폭발이 일어날 경우에는 폭풍압의 크기가 138~140dB 이었고 평지에 지형지물이 없는 복토 아래에서 폭발이 발생하는 경우는 121~123dB로 대상 폭풍압이 낮게 나타났다.

그 결과 A 저장소의 경우 폭풍압의 전파특성상 지형지물과 고도차의 영향이 매우 크게 받는 것으로 확

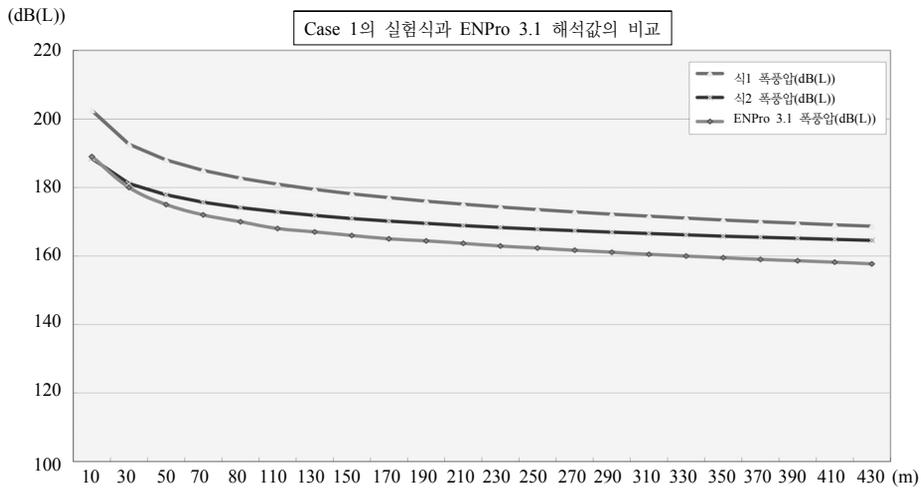


Fig. 3. Comparison between blast pressure equation 1 and 2 of ENPro 3.1.

Table 1. Result of pressure simulation analysis

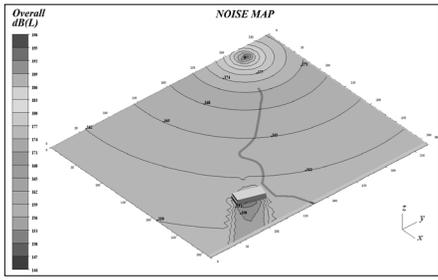
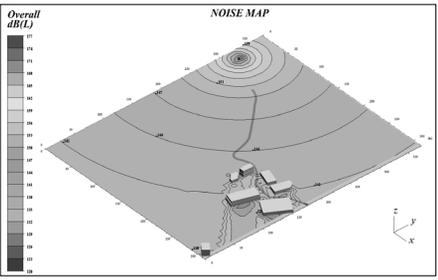
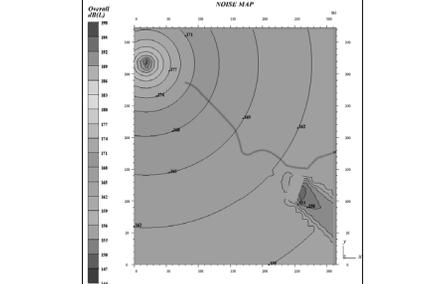
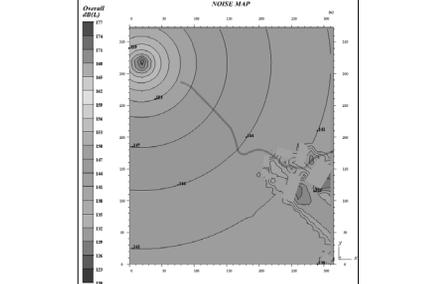
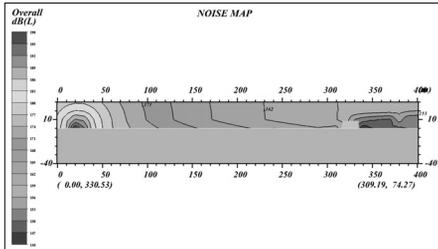
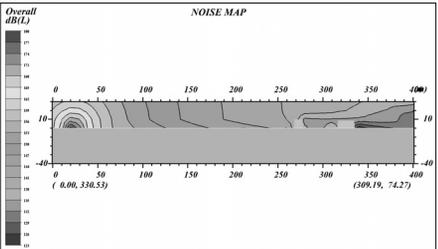
Case	Distance (m)	Analysis of blast pressure [dB(L)]	
		Equation (3)	Equation (4)
Case1	309	164	147
Case2	309	137	128
Case3	440	123	110
Case4	440	138	125

인 되었다. 여기서 폭발파동 시 산의 능선을 따라 폭풍압의 회절 및 간섭현상이 뚜렷이 나타났고, 평면지형의 법정 보안거리 440m에서의 폭풍압 크기와 지형지물이 고려된 309m에서의 폭풍압 크기를 분석 대비한 결과, 지형지물 등이 있고 거리가 짧은 309m에서 다소[Case3: Case4 = 123dB(L) : 138dB(L)] 더 안전한 것으로 알 수 있으며 그리고 A 화약류저장소의 지형지물 등을 고려한 경우(Case3)의 화약류저장소 폭발 시의 교회에서 예상되는 폭풍압은 123dB(L)로써 인간의 고통한계(참을 수 있는 상한선) 정도로서 인명의 손상은 없는 것으로 평가되었다. 또한 화약류저장

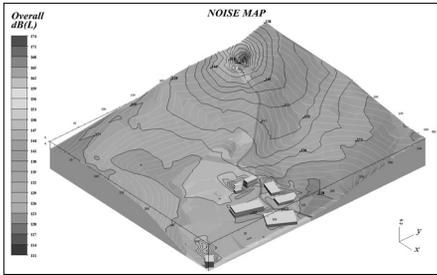
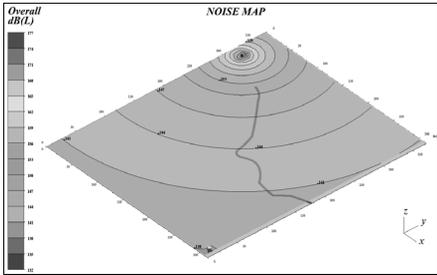
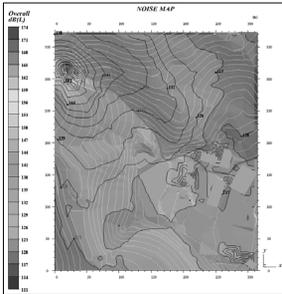
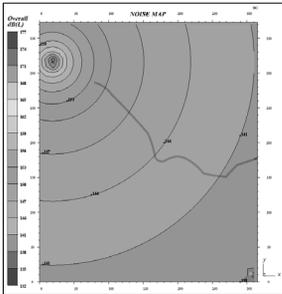
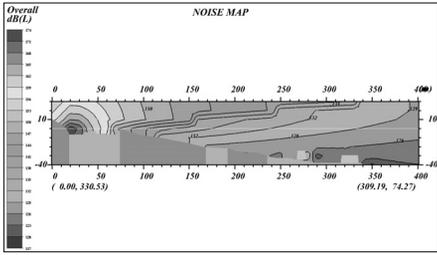
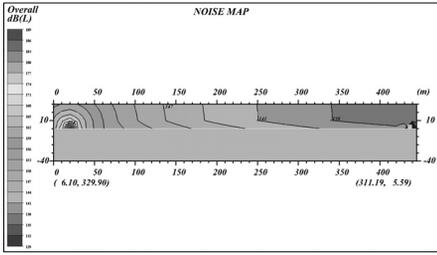
소 폭발 시 공기 중으로 전파되는 폭풍압 크기에 해당되는 Case별 1종 보안물건인 교회에서의 피해정도를 살펴보면

- a. Case 1: 164dB(L)로서 대부분의 유리창이 깨지거나 귀의 손상이 있는 170dB(L)의 크기에 해당.
- b. Case 2: 137dB(L)로서 피해(상해)한계점인 140dB(L)의 크기에 다소 미달.
- c. Case 3: 123dB(L)로써 인간의 고통한계인 120dB(L)과 유사.

**Table 2.** Case 1, 2 simulation by the blast pressure equation at the A Magazine

Classification	Case 1	Case 2
Conditions	Blasting on the indicator of the ground	Blasting under the earth mound at the ground of its existing building
Stereograph		
Plane		
Sectional view		
Distance	309m	309m
Blast pressure	164dB(L)	137dB(L)

**Table 3.** Case 3, 4 simulation by the blast pressure equation at the A Magazine

Classification	Case 3		Case 4	
Conditions	Blasting under the earth mound considering artificial structures		Blasting under the earth mound of the ground	
Stereograph				
Plane				
Sectional view				
Distance	309m		440m	
Blast pressure	123dB(L)		138dB(L)	

**Table 4.** Blast pressure by analysis of each case at the A Magazine

Case	Applied condition						Blast pressure analysis [dB(L)]		Classification
	Earth mound	Land	Forest	Building	Slope	Distance	Blast pressure equation 1		
							Air blast	Analysis	
Case1	×	○	×	×	×	309m	202	164	On grand
Case2	○	○	×	○	×	309m	182	137	Under earth mound
Case3	○	×	○	○	○	309m	182	123	Considering artificial structure
Case4	○	○	×	×	×	440m	182	138	Under earth mound

d. Case 4: 138dB(L)로서 피해(상해)한계점인 140 dB (L)의 크기에 미달.

하는 것으로 나타났다.

그리고 그림 4는 A 저장소의 폭풍압 시뮬레이션 해석값을 비교한 것이다. Case-4까지의 해석 결과 비교에서 식 1이라함은 3.1절의 식 (3)이고, 식 (2)라 함은 역시 3.1절의 식 (4)에 해당한다.

**4.2 B 저장소의 분석결과**

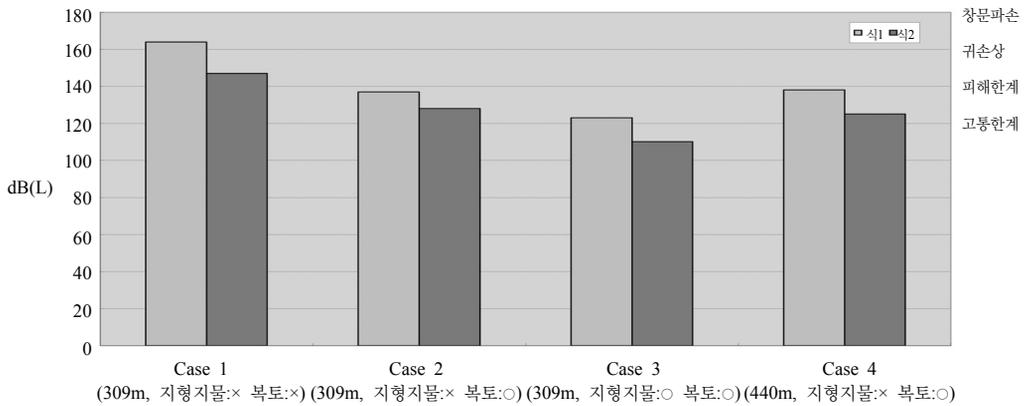
B 저장소의 경우는 법률상 보안거리에서의 폭풍압은 지형지물을 고려할 경우 피해한계점인 140dB(L) 수준의 폭풍압이 전달됨을 확인할 수 있었으며, A 저장소의 1종 보안물건과 달리 B저장소의 2종 보안물건에 대하여는 지형지물을 고려하지 않을 경우의 폭풍압 수준은 신체의 손상이 발생할 수 있는 수준인 160dB(L)보다 낮은 것으로 나타났다. 따라서 A 저장소 및 B 저장소 모두 적용조건(숲, 건물, 지형고도 등)

의 지형지물이 폭풍압의 수준에 영향을 주는 것으로 나타나 법률 적용시 폭발시 피해정도를 고려하여야 할 것으로 사료된다. Table 5에서는 B 저장소에서 시뮬레이션 적용조건과 해석결과를 나타냈다.

여기서 Case 1, 2 및 3에서 모두 숲, 건물, 지형고도가 있는 동일한 조건에서 폭약량은 Case별로 4,000kg에서 10,000kg까지 변화시켜 폭풍압식 (3)에 의해 분석한 결과 Table 6에서와 같은 형태를 각각 나타내었다. 그 결과 지형지물을 고려한 B 저장소에서 폭발이 일어날 경우 대상 폭풍압은 140~14dB로 평면지형만이 존재할 때 저장소 폭발이 발생하면 163~167dB(L)로 여기에서는 약 25dB이 지형지물이 존재하면 감소하는 것을 알 수 있었다.

**5. 결 론**

화약류저장소의 저장량과 관계되는 보안물건의 중



**Fig. 4.** Comparison of the blast pressure simulation analysis at the A Magazine.

**Table 5.** Result and conditions for simulation analysis at the B Magazine

Case	Applied condition				Blast pressure analysis [dB(L)]			Classification (explosive weight) [kg]
	Forest	Building	Slope	Distance (m)	Blast pressure equation (3)			
					Air blast [dB(L)]	Analysis		
					Considering ground [dB(L)]	Supposing ground [dB(L)]		
Case1	○	○	○	150	199	140	163	4,000
Case2	○	○	○	150	201	142	165	7,000
Case3	○	○	○	150	202	143	167	10,000

Table 6. Results of simulation by the blast pressure equation 3 at the B Magazine

Classification	Results of Case 1 simulation	Results of Case 2 simulation	Results of Case 3 simulation
Considering artificial structures	<p>대상폭풍압 : 140dB(L)</p>	<p>대상폭풍압 : 142dB(L)</p>	<p>대상폭풍압 : 143dB(L)</p>
Ground	<p>대상폭풍압 : 163dB(L)</p>	<p>대상폭풍압 : 165dB(L)</p>	<p>대상폭풍압 : 167dB(L)</p>

류와 보안거리에 대한 적용 사례분석과 법규상 보안 거리에서의 폭풍압과 시뮬레이션에 의한 폭풍압을 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 보안물건의 질의 및 회신, 판례, 기타사례를 종합적으로 고찰한 결과, 저장소 주변의 유동성 인구 변화, 저장소와 보안물건간의 상호 위치관계, 주변의 자연적·인공적 지형지물 및 차폐물의 존재, 폭발사고 등이 발생할 경우 예상되어지는 위해의 정도나 범위, 폭약의 종류에 따른 안정성 등 여러 지형지물을 고려하여 과학적·공학적으로 분석하여 보안물건의 종류별의 등급 및 화약류저장소와 보안물건간의 보안거리가 결정되어야 할 것이다.
- 2) 저장소 주변의 지형 및 지물을 고려하지 않은 1종 보안물건의 법률상의 보안거리 440m에서의 폭풍압 크기와 지형지물을 고려한 실제 이격거리 309m에서의 폭풍압 크기를 분석 대비한 결과 각각 138dB(L)와 123dB(L)로 계산되어 지형지물 등이 있는 근거리의 309m에서가 더 안전한 것으로 나타났다.

따라서 저장소 주변의 지형지물이 고려되지 않은 보안거리의 적용은 부적합하므로 공학적인 분석결과에 의한 저장소의 주변환경을 고려한 보안거리가 적용되어야 할 것으로 사료된다.

- 3) 현행법에서의 보안거리는 그 근거 및 구분이 과학적·공학적으로 평가되지 않아 산업 및 상업 활동에 부당한 행정제약이 될 수 있으므로 보안물건의 등급평가와 폭풍압의 예측해석에 따른 합리적인 기준 마련 및 적용이 되어야 할 것으로 판단된다.

### 사 사

이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고문헌

1. 강대우, 1998, 알기쉬운 발파공학, 구미서관.
2. 경찰청, 1995, 화약류안전관리편람.
3. 경찰청, 2008a, 개정, 총포도검화약류등단속법.
4. 경찰청, 2008b, 폭발물을 통한 벽체관통시험.

- 5. 기경철, 김일중, 1998, 산화인을 위한 발파공학, 기전사.
- 6. 기경철, 윤철현, 1997, 최신화약발파해설, 구미서관.
- 7. 김재극, 1990, 산업화약과 발파공학, 서울대 출판부.
- 8. 심동수, 1995, 발파지역의 환경특성이 폭풍압의 크기에 미치는 영향, 강원대석사학위논문.
- 9. Gustafsson, R., 1973, Swedish Blasting Technique, S.P.I.



**강 대 우**  
 동아대학교 자원공학과 교수

Tel : 051)200-7763  
 E-mail : dwkang@dau.ac.kr



**이 신**  
 동아대학교 자원공학과

Tel : 051)200-5582  
 E-mail : unit2@korea.com



**정 병 호**  
 (주)명장ENG

Tel : 02)716-4582  
 E-mail : jbh0106@korea.com



**심 동 수**  
 (주)명장ENG 대표이사

Tel : 011-278-0184  
 E-mail : nps99@hanafos.com