

폭발에 의한 시설물 피해 해석 Damage of Facilities under Explosion

박종일†*
Jong Yil Park

서울과학기술대학교 안전공학과

Jong Yil Park

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

1. 서론

과거의 분쟁은 대부분 이념 또는 종교 차이에 의해 국가들끼리 체계화된 군사력을 바탕으로 전쟁을 하는 형태를 가졌다. 하지만 최근의 분쟁을 돌이켜 보면 그 요인이 사회, 경제, 윤리, 정치, 종교 등으로 다양화되었으며, 분쟁의 형태 또한 과거 전쟁이라는 개념보다는 국부적인 형태인 테러로 변화되는 것을 알 수 있다. 테러는 개인 또는 소수의 조직에 의해 발생되지만 2001년 세계무역센터 테러에서 볼 수 있듯이 세계적인 경제, 정치, 사회에 막대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 최근의 테러는 작은 자원으로 막대한 피해를 야기한다는 비대칭전쟁(asymmetric conflict)로 불리기도 한다.

테러의 수단을 통계적으로 보면^(1~4) 폭발물이 80% 이상이며, 나머지는 무기, 방화, 납치 등으로 나타난다. 국내의 경우 폭발물 대한 규제가 엄격히 이루어져 있어, 국내 반정부 조직에 의한 폭발물 테러는 거의 발생하지 않고 있으며, 2003년 대구지하철 방화, 2008년 승례문 방화와 같은 개인에 의한 테러가 산발적으로 발생하고 있다. 하지만 휴전이라는 특수한 상황에 의해 1999, 2002, 2009년 서해교전, 2010년 연평도 포격등과 같이 북한에 의한 국지적 도발은 지속적으로 이루어지고 있으며, 그 피해는 상당하다. 또한 국내 주요 시설 인프라에 대한 북한의 테러 가능성에 대해서도 완전히 배제하기 어려운 실정이다. 따라서 국내의 경우에도 폭발물을 이

용한 테러에 대한 충분한 방지책이 마련되어야 한다.

본 학회발표에서는 이러한 폭발물에 의한 공격에서 시설물의 피해를 최소화하기 위한 방법에 대해 기술한다.

2. 방호 방법

2.1 서론

시설물에 대한 방호는 1)방호할 시설물에 대한 분석(자산평가), 2)위협이 되는 요소들의 결정(위협평가), 3)위협이 실제 시설물에 가해졌을 때의 피해 예측(취약성평가), 4)방호 방법 적용 시 피해 감소 분석, 5)적용으로 이루어지며 이는 Fig.1과 같다.



2.1 자산평가

자산평가는 우선 방호하여야 할 시설물의 정확한 목적과 이를 위해 필요한 기능들의 관계에 대한 분석을 의미한다. 예를 들어 생산 공장 시설물의 경우, 시설물의 목적은 제품의 생산을 지속적으로 하는 것이고 이를 위해서는 생산라인, 전원, 근로자 등의 기능이 지속적으로 유지되어야 한다. 이러한 목적과 기능의 관계를 논리적으로 표현하기 위해 Fault

† * 서울과학기술대학교 안전공학과
E-mail : jip111@seoultech.ac.kr
Tel : 02-970-6508

Tree⁽⁶⁾ 또는 Kill Tree를 사용할 수 있다(필자는 자산평가에서는 앞선 두 용어보다 Function Tree라는 용어가 더 적합하다고 본다).

2.2 위협평가

어떠한 분석을 위해서도 가해지는 하중이 기본적으로 필요하며, 테러의 경우 발생할 수 있는 하중의 종류(방화, 폭발, 충격 등)와 크기가 매우 다양하므로, 위협을 분석하여 예상하는 것이 필수적이다. 예를 들어 2010년 연평도 포격이 일어나기 전인 2009년에 시설물을 방호 설계 한다고 가정하면, 북한이 배치해 놓은 포 중 연평도까지 사거리가 되는 포의 종류와 탄두 재원을 분석하여 위협 또는 하중으로 사용할 수 있다. 이를 만족하는 포가 구조련의 122mm 포탄⁽⁵⁾일 경우 포의 특성은 분당 6~7발 발사, 사거리 22km, AMATOL 10.2lb임으로 화약 10.2lb가 기폭 되었을 때 압력과 부수적으로 발생하는 파편이 하중으로 고려될 수 있는 것이다.

2.3 취약성 평가

자산평가와 위협평가가 이루어지고 나면 시설물의 피해를 기능 별로 분석하여야 한다. 시설물 기능의 피해를 예측하기 위해서는 시설물 자체의 구조물, 시설물 내 시설(발전기, 크레인, 컴퓨터 등) 및 인원의 피해가 분석되어야 한다.

시설물 내 구성품(시설 및 인원)의 경우 파편과 폭압에 의해 피해를 입으며 이는 주로 Pressure-Impulse 곡선(폭압에 의한 피해)과 Fragment Mass-Velocity 곡선(파편에 의한 피해)으로 표현된다.

구조물의 경우 파편에 의한 피해도 클 수 있으나 주로 폭압에 의한 피해만을 고려하며, 이 때 폭발이 일어난 지점 근방의 국부적 피해와 전체 구조물의 안정성에 의한 이차피해로 나누어 분석되어야 한다.

폭발에 의해 발생하는 충격파는 그 지속시간이 짧고(ms) 최대 압력은 매우 높아, 인근 구조부재에 심각한 피해를 야기할 수 있으며 이를 위한 상세해석을 위해서는 Euler-Lagrangian coupling이 사용되어야 한다. 하지만 상세해석의 경우 시간이 많이 소요됨으로 예비 설계에서는 Single-Degree-of-Freedom(SDOF)와 같은 근사 방법⁽⁷⁾이 주로 이용된다. 이 때 높은 변형률 속도를 고려하기 위하여 변형률속도현상(rate effect)⁽⁸⁾이 고려되어야 한다.

구조부재의 국부적 손상 해석이 끝난 후 이러한 손상이 전체 구조물의 안정성에 미치는 영향을 잔류강도⁽⁹⁾를 이용하여 분석한다.

시설물의 피해 예측이 완료되면 이를 자산평가에서 준비된 Function Tree에 대입하여 시설물의 기능이 정량적으로 어느 정도 피해를 입었는지 분석할 수 있다.

3. 결 론

본 발표에서는 시설물의 방호방법과, 이 때 필요한 시설물 피해해석(취약성평가)에 대해 개략적으로 기술하였다. 이러한 작업은 매우 광범위한 내용을 포함함으로 다양한 분야 전문가의 협업이 필수적이다.

참 고 문 헌

- (1) U.S. Department of State, 2003, Patterns of Global Terrorism 2002.
- (2) U.S. Department of State, 2004, Patterns of Global Terrorism 2003.
- (3) U.S. Department of State, 2005, Country Reports on Terrorism 2004.
- (4) U.S. Department of State, 2006, Country Reports on Terrorism 2005.
- (5) Theodor Krauthammer, 2008, Modern Protective Structures, CRC Press.
- (6) Khan, F.I., Husain, T. and Abbasi, S.A, 2002, Design and evaluation of safety measures using a newly proposed methodology "SCAP", Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol. 15, pp. 129-146.
- (7) J.Y. Park and T. Krauthammer, 2009, Inelastic two-degree-of-freedom model for roof frame under airblast loading, Structural Engineering and Mechanics, Vol. 32(2), pp. 321-335.
- (8) J.Y. Park and T. Krauthammer, 2009, Development of an LEM dynamic crack criterion for correlated size and rate effects in concrete beams, International Journal of Impact Engineering, Vol. 36(2), pp. 321-335.
- (9) J.Y. Park and T. Krauthammer, 2011, Pressure impulse diagrams for simply-supported steel columns based on residual load-carrying capacities, Structural Engineering and Mechanics, Vol. 39(2), pp. 287-301.