

IRVS 시스템의 테러위험도 평가

Terror Risk Assessment of the IRVS System



도기영*
Do, Ki-Young



윤성원**
Yoon, Sung-Won

1. 서론

2001년 미국에서 발생한 9.11 테러이후 테러의 발생빈도가 증가하는 가운데 테러는 불특정 다수의 사람이 모이는 건물에서 집중적으로 발생하고 있다. 이 중 고층, 초고층 건물은 용도 면에서 업무, 주거 시설로서 사용되면서 접근이 용이해 국가시설보다 테러의 대상으로서의 위험도가 증가한 원인으로 작

용하였다.¹⁾

테러의 피해를 최소화하기 위하여 각국에서는 다양한 연구가 진행하고 있다. 테러위험이 상존하는 미국은 피해를 최소화하기 위하여 미국 국방부(DoD, Department of Defense), 미 연방조달청(GSA, General Service Administration), 미국 국토안전부(DHS, Department of Homeland Security), 미 연방재난관리청(FEMA, Federal Emergency Mana-

〈표 1〉 FEMA 위험도평가 시스템 변천과정⁸⁾

연도	연구 동향
2003 (FEMA 426)	<ul style="list-style-type: none"> · Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Against Buildings²⁾ · 위험도를 자산가치, 위협, 취약성의 함수로 처음 표현 · 주관적 평가로 인한 객관성 결여
2005 (FEMA 452)	<ul style="list-style-type: none"> · A How To Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings³⁾ · 컴퓨터 평가프로그램 제작하여 D/B 관리와 위험도평가 용이 · 주관적 평가로 인한 객관성 결여
2009 (FEMA 455)	<ul style="list-style-type: none"> · Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risk⁴⁾ · 항목별 세부옵션을 제시하여 객관적 평가 기능 · 쉬운 검사방법으로 비전문가도 평가 가능

* 학생회원, 서울과학기술대학교 건축학과 석사과정

** 정회원, 서울과학기술대학교 건축학부 교수, 공학박사

gement Agency) 등에서 연구가 이루어지고 있다. 특히 FEMA의 2003~2009년도까지 위험도평가 시스템 변천과정을 <표 1>로 요약할 수 있다.

2009년 FEMA 455는 폭발물테러의 피해경감을 위한 ‘Risk Management Series(RMS)’ 를 발표하였으며 건물의 테러위험도를 평가하기 위한 Rapid Visual Screening(이하 RVS) 시스템을 소개하고 있다. FEMA 455는 평가의 객관성을 확보하기 위하여 <표 2>와 같이 각 항목별로 선택지를 세분화하였다.

<표 2> 위험도 분류

	위험도 범위
저 위험도	$9 < R \leq 3006$
중 위험도	$3006 < R \leq 6003$
고 위험도	$6003 < R \leq 9000$

또한, 평가방법이 간단하기 때문에 비전문가도 간단한 교육을 받은 후에 평가가 가능하다는 장점이 있다. 그러나 미국에서 만들어진 평가시스템이기 때문에 일부 항목에 있어서 국내실정과는 맞지 않는 부분이 있다.⁵⁾

우리나라는 최근 초대형 건물과 지하공간의 확장, 대형다중이용시설 등의 증가로 안전 및 대테러 대응에 대한 기준강화 및 실정에 맞도록 연구가 필요하다는 판단하여 경찰청에서는 2007년에 ‘다중 이용 시설 테러예방 설계기준 및 설계기법 개발을 위한 기초연구’가 진행되었으며, 2010년 국토해양부에서 바닥면적 20,000㎡ 이상인 극장, 백화점 등 다중이용 건축물과 50층 이상인 초고층건축물에 대하여 “건축물 테러예방 설계가이드라인”이 마련되어 시행되고 있다. 그러나 건축계획이나 피난, 설비시설 등을 위주로 다루고 있으며, 건축물의 안전과 관련된 구조시스템 분야는 빠져있기 때문에 대책마련이 시급한 실정이다.

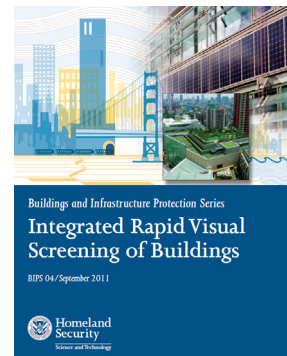
우리나라 고층건물을 대상으로 한 위험도 평가에 대한 연구는 2011년 2월 지정환의 연구, 2011년 6월

지정환, 윤성원의 연구⁵⁾, 2012년 2월 송진영의 연구, 2012년 6월 송진영, 윤성원의 연구⁶⁾ 국내 고층 건물 및 초고층 건물에 대한 전체 테러위험도(Total Risk)와 폭발물 테러 위험도 요인을 연구하였다.

2. Integrated Rapid Visual Screening

2.1 IRVS 시스템 개요^{7), 8)}

미국 국토안전부(DHS S&T, The Department of Homeland Security’s Science and Technology Directorate)는 2011년에 테러리스트 공격과 비극적인 손실을 가져올 수 있는 자연의 위험에 대한 주요 기반시설의 위협과 회복력을 평가하기 위해 IRVS(Integrated Rapid Visual Screening)⁷⁾ 시스템<그림 1>을 개발하였다.

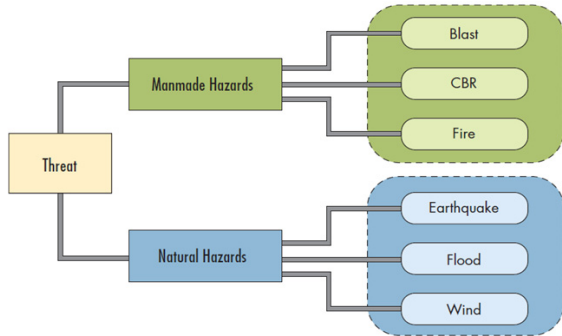


<그림 1> 미국 국토안전부(DHS)와 IRVS 시스템

IRVS의 개념적인 체계와 현장적용은 FEMA455의 Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risks를 기반으로 하고 있다. FEMA455의 RVS 시스템은 건물의 테러공격 위험을 사전평가하기 위한 필요에 의해 개발되었으며 간단하고 빠르며 대테러와 구조전문가가 아닌 검사자에 의해 사용될 수 있지만, 오직 인적 테러에만 고려되는 단점이 있다.

즉, <그림 2>와 같이 IRVS는 인간에 의해 발생하는 위험요인과 자연적인 위험요인으로 구분하고 있다. 인간에 의해 발생하는 위험요인은 RVS와 같은

화생방, 화재, 폭발위험과 자연적인 위험요인으로는 지진, 홍수, 태풍으로 나누고 있다. IRVS의 목적은 건물의 인간에 의한 위험과 자연적인 위험에 대한 위험도와 회복력을 수치화하는 것이다. <그림3>과 <그림 4>는 IRVS 자연적인 위험요인중인 지진과 홍수 및 태풍에 관한 예이다.



<그림 2> IRVS 시스템 위협의 종류⁷⁾



<그림 3> Earthquake 위험요인 예 (Northridge 1994)⁷⁾



<그림 4> Wind and Flooding 위험요인 예 (Katrina 2005)⁷⁾

2.2 IRVS 시스템 시나리오 평가항목^{7), 8)}

위협유형의 점수는 건물의 가치대상, 밀도, 수용 인원 종류, 구조 유형, 건물 시스템, 건물의 특성 및 속성에 의해 평가는 달라질 수 있다.

<표 3>은 IRVS의 위협 유형과 시나리오를 정리한 표이다.

<표 3> Threat Types and Scenarios⁷⁾

Threat Type	Threat Scenario
Internal Attack	Explosive Attack
	CBR Release
	Intrusion
External Explosive Attack	External Zone I Explosive Attack
	External Zone II Explosive Attack
	External Zone III Explosive Attack
External CBR Release	External Zone I CBR Release
	External Zone II CBR Release
	External Zone III CBR Release
Earthquake	Ground Shaking
	Ground Failure
Flooding	Stillwater
	Velocity Surge
Wind	Hurricane (Wind and Water)
	Tornado
	Other High Wind
Landslide	Rainfall
Fire	Resulting from Earthquake
	Resulting from Blast
	Arson or Incidental

FEMA 455의 RVS는 테러유형을 내부(침입, 폭발, 화생방), 외부(Zone I, Zone II, Zone III), 화생방(Zone I, Zone II, Zone III) 9가지 시나리오로 구분하였다. IRVS는 <표 3>의 음영부분과 같이 지진(지반진동, 지반붕괴), 홍수(Stillwater, Velocity

Surge), 태풍(허리케인, 토네이도, 기타 강풍), 산사태(강우), 화재(지진, 폭발, 방화) 11가지 시나리오가 추가되었다. IRVS는 총 20가지의 시나리오로 평가하게 된다.

3. IRVS 테러위험도 평가

3.1 평가순서^{7), 8)}

RVS는 건물의 위험도를 평가할 때 현장에 방문하여 체크리스트를 통해 즉석에서 평가가 이루어지는 반면에, <표 4>과 같이 IRVS는 3단계에 걸쳐 평가가 진행된다. Pre-field Activities는 현장평가에 앞서 사전평가 단계이다. 주로 서류상으로 사전에 조사가 가능한 건물의 기본정보를 포함하고 있다. 해당하는 항목으로는 거주자 수, 대체비용, 건물 용도 등이 있다. Field Assessment 에서는 대부분의 평가가 이루어지며 실제 건물현장에 가서 건물 관리자와 상담을 하거나 직접 보고 체크리스트와 비교를 하여 평가하게 된다.

<표 4> 위험도 평가 진행순서⁸⁾

1. Pre-Field Activities	<ul style="list-style-type: none"> • Number of Occupant • Replacement Value • Registered Historic Site • Occupancy Use • Target Density • Target Potential
2. Field Assessment	<ul style="list-style-type: none"> • Consequences • Threat • Site • Architecture • Building Enclosure • Structure • MEP • Security • Cyber
3. Post-Field Activities	<ul style="list-style-type: none"> • Transfer data to IRVS Database • Viewing and Interpreting the IRVS Scores • Identifying buildings that require further

평가는 Consequences, Threat, Vulnerability 순서로 진행된다. Post-Field Activities는 현장 답사 후에 IRVS에 입력을 하고 평가결과를 바탕으로 분석을 진행하며 건물의 위험도 등급은 어떠한지, 폭발물테러에 취약한 요소는 무엇인지, 20가지 시나리오 중에 위험한 것은 어떤 시나리오 인지 등을 파악할 수 있다.

3.2 IRVS 시스템 평가방법^{7), 8)}

IRVS 시스템은 RVS와 마찬가지로 각 시나리오에 대하여 Consequences, Threat, Vulnerability 값을 구한 뒤에 식 (1)을 이용하여 위험도(R_i)를 구할 수 있다.

$$R_i = \sqrt[\beta]{C_i \times T_i \times V_i} \quad (1)$$

R_i = Risk rating

C_i = Consequences rating

T_i = Threat rating

V_i = Vulnerability rating

β_i = C_i, T_i, V_i 의 함수

식 (1)에서 β_i 는 C_i, T_i, V_i 의 함수로써 나타낼 수 있으며, α_i 의 범위에 따라 결정된다. α_i 는 식 (2)를 통해 구한다.

$$\alpha_i = \frac{A_{\min}}{A_{\max}} \quad (2)$$

$$A_{\min} = \min(C_i, T_i, V_i) \quad (3)$$

$$A_{\max} = \max(C_i, T_i, V_i) \quad (4)$$

식 (2)에서 A_{\min} 은 식 (3)과 같이 C_i, T_i, V_i 중 가장 작은 값이고, A_{\max} 는 식 (4)과 같이 C_i, T_i, V_i 중에 가장 큰 값이다. α_i 는 $0 \leq \alpha_i \leq 1.0$ 의 범위를 가지며, α_i 범위에 따른 β_i 는 <표 5>과 같다.

〈표 5〉 α_i 범위에 따른 β_i

α_i 범위	β_i
$\alpha_i \leq 0.1$	4.0
$0.1 < \alpha_i < 0.9$	$3.875 + 1.25\alpha_i$
$\alpha_i \geq 0.9$	3.0

각 시나리오에 대한 위험도지수(R_i)는 $C_i = T_i = V_i = 10$ 일 때 A_{max} 는 10을 가지며, 3가지 항목 중에 1개나 2개의 항목이 0점 일 때 A_{min} 는 0을 가진다. 각 시나리오별로 위험도지수(R_i)를 모두 구하면 식 (5)에 대입하여 전체위험도지수(R)을 구한다.

$$R = \frac{1}{12} \sqrt[10]{\sum_{i=1}^n R_i^{10}} \quad (5)$$

식 (5)에서 n은 시나리오의 총 숫자를 의미한다. RVS와 다르게 IRVS에서는 본인이 평가하고 싶은 시나리오를 지정할 수 있기 때문에 상황에 따라 n 값이 변화하게 된다.

3.3 위험도 등급 및 등급별 건물의 피해^{7), 8)}

건물이 가지는 위험도 단계를 매우 높음, 높음, 보통, 낮음 이렇게 4단계로 분류하며 전체위험도지수 (R)는 백분율로써 0.1%~100% 사이의 값을 지닌다 〈표 6〉.

〈표 6〉 위험도 등급

위험도 등급	위험도 지수(R)
Very High	$70\% \leq R$
High	$50\% \leq R < 70\%$
Moderate	$30\% \leq R < 50\%$
Low	$R < 30\%$

RVS는 높음, 보통, 낮음 이렇게 3단계〈표 2〉로 분류가 되지만, IRVS는 매우 높음, 높음, 보통, 낮음 이렇게 4단계〈표 6〉로 전체위험도지수 범위로 평가하고 있다. IRVS는 위험도 등급별 건물의 피해에 대하여 설명하고 있다. 〈표 7〉 ~ 〈표 9〉를 보면 매우 높음은 손실이나 피해가 인명피해와 같은 매우 심각한 결과를 가져오고, 높음은 손실이나 피해가 심각한 부상이나 오랜 기간 동안 핵심공정, 기능의 손실과 같은 심각한 결과를 가져온다고 설명하고 있다. 매우 높음과 높음은 테러로 인한 인명피해 뿐만 아니라 경제적인 손실, 심리적으로 불안감을 초래하고 있다. 보통과 낮음은 손실이나 피해가 경미하거나 무시할만한 결과를 가져온다고 알 수 있다.

〈표 7〉 Consequences의 피해⁸⁾

등급	Consequences
매우 높음	<ul style="list-style-type: none"> 손실이나 피해가 인명피해와 같은 매우 심각한 결과를 가져옴 광범위한 영역에 심각한 부상 오랜 기간 동안 주요시설, 핵심공정, 기능을 모두 손실함 시민의 건강과 안전에 매우 심각한 영향을 끼치며 시민의 경제와 정신에 매우 심각한 충격을 줌
높음	<ul style="list-style-type: none"> 손실이나 피해가 심각한 부상이나 오랜 기간 동안 핵심공정, 기능의 손실과 같은 심각한 결과를 가져옴 시민의 건강과 안전에 심각한 영향을 끼치며 시민의 경제와 정신에 충격을 줌
보통	<ul style="list-style-type: none"> 손실이나 피해가 경미한 부상이나 상당한 기간 동안 핵심공정과 기능의 경미한 장애와 같은 결과를 가져옴 시민의 건강과 안전에 보통수준의 영향을 끼치며 시민의 경제와 정신에 보통의 충격을 줌
낮음	<ul style="list-style-type: none"> 손실이나 피해가 경미하거나 무시할만한 결과를 가져옴 시민의 건강과 안전에 무시할만한 영향을 끼치며 시민의 경제와 정신에 무시할만한 충격을 줌

〈표 8〉 Threat의 피해⁸⁾

등급	Threat
매우 높음	<ul style="list-style-type: none"> 과거에 피해를 받은 수많은 공격이 있었던 장소이거나, 매우 높은 가능성을 지닌 한 개 이상의 위협이 현장에 영향을 미침
높음	<ul style="list-style-type: none"> 한 개 이상의 위협이나 자연재해의 가능성이 높음 과거 사건으로부터 피해를 입은 역사가 존재하거나 존재하지 않을 수 있음
보통	<ul style="list-style-type: none"> 한 개 이상의 위협이나 자연재해의 가능성이 보통이거나 낮음 과거 사건으로부터 피해를 입은 역사가 존재하거나 존재하지 않을 수 있음
낮음	<ul style="list-style-type: none"> 한 개 이상의 위협이나 자연재해의 가능성이 적거나 없음 과거 사건으로부터 피해를 입은 역사가 없음

〈표 9〉 Vulnerability의 피해⁸⁾

등급	Vulnerability
매우 높음	<ul style="list-style-type: none"> 테러리스트의 공격이나 자연적인 재해에 건물이 심각한 영향을 받도록 하는 한 개 이상의 약점이 존재함 물리적 보호성능, 복원력의 결핍
높음	<ul style="list-style-type: none"> 테러리스트의 공격이나 자연재해에 영향을 받도록 하는 주요한 약점이 있음 물리적 보호성능, 복원력이 부족함
보통	<ul style="list-style-type: none"> 테러리스트의 공격이나 자연재해에 건물이 다소 영향을 받도록 하는 약점이 있음 물리적 보호성능, 복원력이 타당한 수준
낮음	<ul style="list-style-type: none"> 약점이 없거나 경미한 수준 물리적 보호성능, 복원력이 우수함

참고문헌

- 이경훈. (2009), “국내 다중이용시설의 테러예방 설계를 위한 기초연구 - 건물외피경계 및 실내공간의 디자인적인 요소를 중심으로”, 대테러정책, 제 6호
- FEMA (2003), “FEMA 426, Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings”
- FEMA (2005), “FEMA 452, A How to Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings”
- FEMA (2009), “FEMA 455, Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risk”
- 지정환, 윤성원. (2011), “Rapid Visual Screening을 통한 국내 고층건물의 테러 위험도 분석”, 한국공간구조학회논문집 제11권 제2호, PP.55~62
- 송진영, 윤성원. (2012), “국내 건물의 폭발물 테러위험도 요인분석”, 한국공간구조학회논문집 제 12권 제2호, PP.73~80
- DHS (2011), Building and Infrastructure Protection Series, Integrated Rapid Visual Screening of Buildings
- 유영수. (2013), “수정RVS와 IRVS를 통한 국내 고층건물 테러위험도 평가 및 피해저감 구조가이드 라인 개발”, 고려대학교 대학원 건축사회환경공학과 석사학위논문, PP.30~45

감사의 글

본 연구는 국토해양부 한국건설교통기술평가원 R&D사업 연구비지원(과제번호 2012-1177)에 의해 수행되었다.