

RVS에 의한 폭발물테러 위험도 곡선

Explosive-Terror Risk Curve by RVS

도기영*
Do, Ki-Young

윤성원**
Yoon, Sung-Won

Abstract

Since the terrorist attacks 9.11 in 2001, the public places such as subway, department stores or office buildings have become a target of terror in major public facilities. In this paper, for the prevention of terrorist attack in domestic building, the assessments of terror risk were conducted and their relationship with building heights was discussed through FEMA 455-Rapid Visual Screening(RVS). Explosive terror risk tends to increase rapidly with building heights($H < 230m$), showing the correlation coefficient between total risk and building heights($H < 230m$) is 0.93. In addition, The average of consequences is 8.47 and that of threat is 8.95. Vulnerability is found to be 6.62 in average.

Keywords : Building Terror, Terror Risk, Total Risk, Rapid Visual Screening, FEMA 455

1. 서론

2013년 4월 16일 미국 보스턴 마라톤 대회에서 폭발물테러가 발생하여 미국을 충격에 빠뜨렸다. 기존의 테러는 항공기 납치·폭파, 요인암살 등과 같은 전통적인 테러형태였으나, 2001년 9월 11일 미국의 경제를 상징하는 뉴욕 맨해튼에 위치한 쌍둥이 건물인 세계무역센터(World Trade Center) 테러사건 이후, 테러는 국가의 중요시설에서 지하철, 백화점, 고층건물 등 다중이용시설과 같은 민간시설에 대한 테러공격으로 바뀌고 있다. 또한 불특정 다수의 일반인들을 대상으로 무차별적인 동시다발적 테러양상을 보이고 있다.¹⁾

테러의 피해를 최소화하기 위하여 각국에서는 다

양한 연구가 진행하고 있다. 테러위협이 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 Management Agency) 등에서 연구를 진행하였다.

이 중에서도 미 연방재난관리청(FEMA)에서 폭발물테러의 피해 경감을 위하여 발간한 자료를 살펴보면, 2003년 건물에 대한 테러공격의 피해경감 방안에 대한 매뉴얼인 FEMA 426²⁾, 2005년에는 테러공격 피해 경감을 위한 위험도 평가 매뉴얼인 FEMA452³⁾와 2009년에는 테러리즘 위험도 평가를 위한 Rapid Visual Screening(이하 RVS)핸드북인 FEMA455⁴⁾를 발간하였다. FEMA 455은 기존에 발표한 테러위험도 시스템을 보완하여 테러위험도를 수치화 하였으며, 건물의 위험수준을 객관적으로 파악할 수 있도록 구성하였다.

2010년에는 바닥면적 20,000m² 이상인 극장, 백화점 등 다중이용건축물과 50층 이상의 초고층건축물

* 학생회원, 서울과학기술대학교 건축학과 석사과정
Seoul National University of Science & Technology,
School of Architecture

** 교신저자, 서울과학기술대학교 건축학부 교수, 공학박사
Seoul National University of Science & Technology,
School of Architecture, Professor
Tel : 02-970-6587
E-mail : swyoon@seoultech.ac.kr

에 대하여 건축물 테러예방 설계가이드라인을 마련하여 시행되고 있다. 그러나 초고층건물의 폭발물테러에 대한 위험도는 건물의 높이가 증가함에 따라 증가하지만, 이에 대한 광범위한 연구는 아직 실행되지 못하고 있다. 따라서 건물의 높이가 폭발물 테러위험도에 미치는 영향을 정량적으로 평가할 수 있는 연구가 필요하다. ^{5), 6)}

이에 대한 선행연구로는 2012년 송진영, 윤성원의 연구⁸⁾에서 국내 건물 15동에 대한 폭발물 테러 위험도 요인을 분석하였다. 그러나 150m 이상 건물이 5동에 불과하여 고층건물의 높이가 테러위험도에 미치는 영향을 적절히 평가하지 못한 문제점이 있었다. 따라서 이 논문에서는 150m 이상 건물 6동과 150m이하 건물 3동을 추가한 총 24동에 대하여 FEMA 455를 통한 테러위험도를 평가하였다. 9가지 시나리오 중에서 폭발물테러와 관련한 5가지 시나리오를 바탕으로 테러위험도를 건물의 높이별로 분석하였다. 또한, 테러위험도의 구성 요소인 Consequences, Threat, Vulnerability에 대한 위험도를 평균값으로 도출하여 건물 높이별 위험도 요인을 분석하였다.

2. Rapid Visual Screening

FEMA 455의 RVS 시스템은 테러의 공격을 받는 건물의 위험도를 수치화하였다. 테러 발생 시 건물이 가지는 위험도를 신속하고 효과적으로 평가할 수 있는 지침을 제공한다. 평가는 비교적 짧은 시간에 가능하며, 일반적으로 건물의 최대이용 시간에 맞추어 위험도를 평가하여, 가장 높은 위험도 항목을 적용하여 평가에 대한 신뢰도를 높였다.⁹⁾ 가상 시나리오를 통해 폭발물테러에 대한 위협이나 조짐이 발생할 경우 건물 내부, 외부의 구조물 보강 및 취약성 파악에 도움을 줄 수 있다.

2.1 RVS 시스템 구성요소^{4), 7)}

위험도 평가항목 <Table 1>처럼 크게 3가지 요인을 기반으로 하고 있다.

<Table 1> RVS Detailed Evaluation Items

Consequences (C)	<ul style="list-style-type: none"> - Locality Type - Occupants - Replacement Value - On Historic Registry - Business Continuity - Physical Loss Impact 	
Threat Rating (T)	<ul style="list-style-type: none"> - Occupancy Use - Occupants - Site Population Density - Visibility / Symbolic - Target Density - Overall Site Accessibility - Target Potential 	
Vulnerability (V)	Site	<ul style="list-style-type: none"> - Distance to Unsecured Vehicles - Perimeter Boundary - Unobstructed View - Unsecured Underground Access - Storage of Hazardous Materials - Collateral Underground / Adjacent Structures
	Architecture	<ul style="list-style-type: none"> - Building Height - Ratio of Total Area / Footprint Area - Building Configuration - Overhang - Lobby / Retail Location - Loading Dock Mail Screening Location - Vehicular Penetration of Exterior Envelope - Garage Location
	Building Envelope	<ul style="list-style-type: none"> - Window Support Type - Window Bite Depth - Total % Window Area - Glass Type - Wall Type - Windborne Debris Impact - Protection
	Structural Components and Systems	<ul style="list-style-type: none"> - Structural System - Number of Bays in Short Building Direction - Column Spacing - Column Height - Publicly Accessible Column - Transfer Girder Conditions - Structural Enhancements / Weaknesses
	MEP Systems	<ul style="list-style-type: none"> - Primary External Air Intake Conditions - Return Air Intake System - Return Air Intake System - Critical Utilities Located Close to High Risk Areas
	Security	<ul style="list-style-type: none"> - Internal Threat - External Threat (Zone 1)

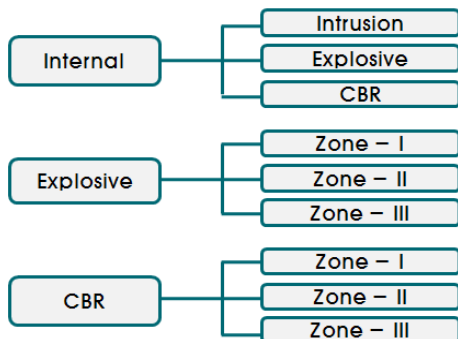
첫 번째는 Consequences(C)로서 자산의 파괴나 불능상태로 인한 약화된 정도를 의미한다. 자산 가치를 의미하며, 통화가치 뿐만 아니라 지역공동체 까지도 포함하고 있다. 평가항목은 지역형태, 거주자 수, 대체비용, 문화재 등록, 사업지속성, 물리적 손실영향의 총 6개 세부 항목을 평가한다.

두 번째는 Threat(T)로서 테러리스트가 건물을 공격할 가능성을 평가하며, 자산의 손실이나 피해의 잠재적인 조짐, 정황, 사건 등을 의미한다. 평가항목은 사용용도, 사용자 수, 사용자 밀도, 가시성/상징성, 평가 건물의 주변 밀도, 접근성, 잠재적인 목표물 연관성의 총 7개 세부 항목을 평가한다.

세 번째는 Vulnerability(V)로서 건물이 테러에 대한 취약성을 평가한다. 평가항목은 대지, 건축요소, 건물외피, 구조적 요소 및 시스템, 기계설비, 보안의 총 6개의 항목으로 구성되어 있으며, 각각의 항목은 6-8개의 세부 항목을 가진다.

2.2 시나리오 평가항목^{4), 7)}

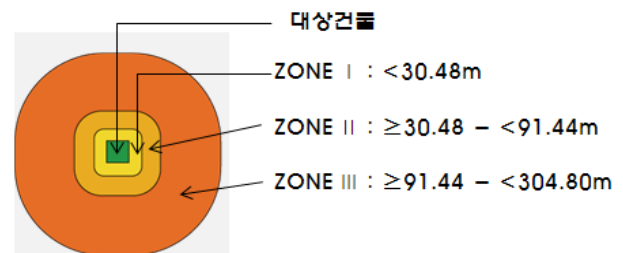
FEMA 455에서 테러의 주된 발생 원인을 <Fig. 1>과 같이 Internal, Explosive, CBR (Chemical, Biological, Radiological)의 세가지 유형으로 분류를 하며, 위협 유형에 따른 시나리오 항목은 <Fig. 1>과 같이 9개의 시나리오에 의해 위험도가 평가된다.



<Fig. 1> Threat Scenarios and Threat Types

내부유형(Internal)은 침입이나 화재방 혹은 다른 공격방법을 통한 목적으로 테러리스트가 내부로 침입 또는 무기나 위협이 건물 외부로부터 내부로의 유입을 의미한다. 또한, 건물 내부로의 침입, 건물 내부에서 발생하는 폭발과 화재방으로 구분한다. 건물 외부의 테러에 대한 위협은 테러의 직접적인 대상이 되거나 간접적인 대상이 될 수 있는 사항을 고려한 것으로서 Explosive와 CBR은 대상건물 외벽으로부터 거리에 따라 Zone I, Zone II, Zone III로 분류된다.

테러 공격이 발생할 경우 <Fig. 2>와 같이 Zone I 은 인명피해, 손상, 업무가 중단되는 관점에서 치명적인 영향을 줄 수 있는 거리로서 대상건물 외벽으로부터 30.48m, Zone II는 인명피해, 손상, 업무가 중단되는 관점에서 중간 정도의 위험 수준의 영향을 줄 수 있는 거리로서 30.48m이상 91.44m미만, Zone III는 인명피해, 손상, 업무가 중단되는 관점에서 경미한 위험 수준의 영향을 줄 수 있는 거리로서 91.44m이상 304.8m미만으로 분류한다.



<Fig. 2> Zone Definitions

2.3 평가방법^{4), 7)}

FEMA 455의 RVS 시스템 평가방법은 대상건물의 위험도 평가를 통한 9개의 시나리오에 대한 Consequences(C_i), Threat(T_i), Vulnerability(V_i) 값을 식(1)에 적용하여 전체위험도(Total Risk)의 R값을 산정하게 된다.

$$R = 7.227^{10} \sqrt[10]{\sum_{n=1}^9 (C_i \times T_i \times V_i)^{10}} \quad (1)$$


식 (1)을 통하여 산정된 전체위험도 R값의 범위는 9 ≤ R ≤ 9000의 범위를 가지며, FEMA 455에서는 R값을 기준으로 위험도 단계를 <Table 2>와 같이 Low, Medium, High로 분류한다.

<Table 2> Total Risk Rating(RVS)

Risk rating	Total risk score
Low	9 < R ≤ 3,006
Medium	3,006 < R ≤ 6,003
High	6,003 < R ≤ 9,000

3. 전체위험도와 높이별 상관관계¹⁰⁾

3.1 평가대상 건물

FEMA 455의 RVS 시스템을 이용하여 2012년 송진영, 윤성원의 논문⁸⁾에서 테러위험도 분석을 연구한 국내건물 15동에 9동()을 추가하여 국내 건물 24동에 대한 테러위험도 평가와 높이별 상관관계를 분석하였고, 각 시나리오별 평균값을 통해 위험도요인을 분석하였다. 평가대상 건물은 <Table 3>과 같으며, A건물~W건물까지 높이의 순이다.

<Table 3> Summary of the evaluation building

Building Height	No.	Structural Type	Location	Occupancy use
200m~	A	RC-SRC	Dense Urban	Complex
	B	RC-SRC	Urban	Complex
	C	RC-SRC	Dense Urban	Residential
	D	SRC	Dense Urban	Office
	E	RC	Urban	Complex
	F	RC-SRC	Dense Urban	Office
150~200m	G	RC-SRC	Dense Urban	Office
	H	RC-SRC	Dense Urban	Office
	I	RC-SRC	Dense Urban	Complex
100~150m	J	SRC	Urban	Complex
	K	RC-SRC	Dense Urban	Office
	L	SRC	Dense Urban	Office
	M	SRC	Dense Urban	Complex
	N	RC	Dense Urban	Office
	O	RC-SRC	Dense Urban	Complex
50~100m	P	RC-SRC	Dense Urban	Office
	Q	RC-SRC	Dense Urban	Office
	R	SRC	Dense Urban	Office
	S	RC-SRC	Dense Urban	Complex
0~50m	T	RC-SRC	Dense Urban	Residential, Office
	U	RC-SRC	Dense Urban	Office
	V	SRC	Dense Urban	Residential, Office
0~50m	W	RC	Dense Urban	Office
	Y	RC	Dense Urban	Residential, Office

3.2 테러위험도 평가

3.2.1 전체위험도 및 위험도분류

RVS 시스템을 이용하여 국내건물 24동에 대한 전체위험도는 <Table 4>와 같다. 전체위험도 평가 결과는 평가대상 건물 24동 중에서 2동은 저(Low) 위험도($9 < R \leq 3,006$)로 평가되었으며, 1동은 고(High) 위험도($6,003 < R \leq 9,000$)로 평가되었다. 나머지 21동의 전체위험도는 중(Medium) 위험도($3,006 < R \leq 6,003$)로 평가되었다. 평가대상 건물에 대한 전체위험도의 평균값은 4486점으로서 중

(Medium) 위험도이며, 평가대상 건물 24동 중에서 평균값보다 높은 건물은 15동이며, <Table 4>에 음영으로 표현하였다. 건물 높이 130m 이상인 A~M 건물, 120m인 Q건물이 전체위험도 평균값보다 위험도가 높은 것으로 나타났다.

<Table 4> Total Risk and Risk Rating

Building Height	No.	Total Risk	Risk rating
		9,000	
200m~	A	6,053	High
	B	5,542	Medium
	C	5,075	Medium
	D	4,834	Medium
	E	5,467	Medium
	F	6,001	Medium
	G	5,250	Medium
150~200m	H	5,456	Medium
	I	5,240	Medium
	J	5,155	Medium
	K	4,941	Medium
100~150m	L	5,274	Medium
	M	4,722	Medium
	N	4,452	Medium
	O	4,133	Medium
	P	4,129	Medium
	Q	4,512	Medium
	R	3,661	Medium
	S	3,325	Medium
50~100m	T	3,362	Medium
	U	3,308	Medium
	V	2,339	low
0~50m	W	3,471	Medium
	Y	1,968	low
Risk Average		4,486	Medium

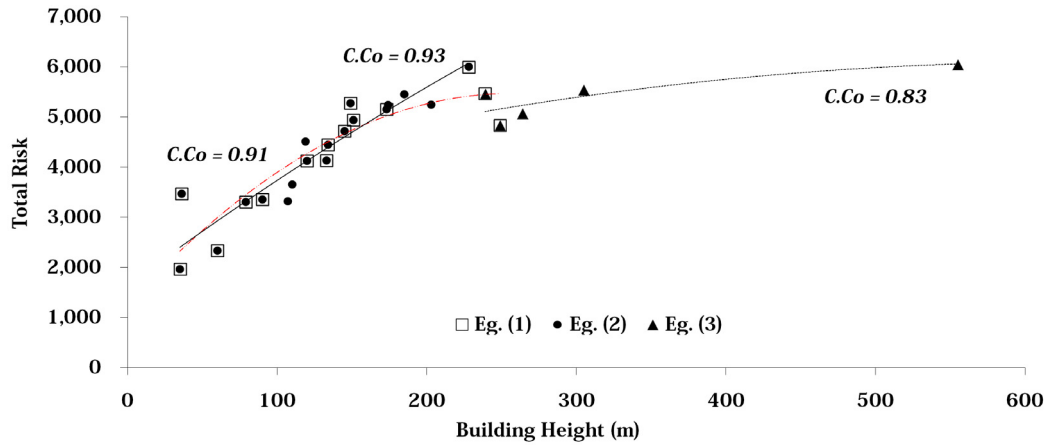
3.2.2 전체위험도와 높이별 상관관계

평가대상 건물의 높이와 <Table. 4>의 건물별 전체위험도의 평가를 바탕으로 상관관계를 분석하였으며, 그 결과는 <Fig. 3>과 같다. 또한, <Fig. 3>에서는 2012년에 송진영, 윤성원의 연구⁸⁾의 국내 건물 15동에 대한 테러위험도 평가식(1)과 같이 테러위험도 R_{Total} 을 건물높이 $H(m)$ 로 표현하였다. 그러나 이 논문에서는 건물 24동에 대한 식을 건물높이가 230m미만과 230m이상으로 구분하여 식 (2)와 식 (3)으로 표현하였다.

$$R_{Total} = -0.0644H^2 + 32.958H + 1250.3 \quad (1)$$

$$R_{Total} = -0.0116H^2 + 22.076H + 1644.6 \quad (H < 230m) \quad (2)$$

$$R_{Total} = -0.0063H^2 + 8.0388H + 3551.5 \quad (H \geq 230m) \quad (3)$$



<Fig. 3> Correlation between Building Height and Total Risk

<Fig. 3>을 보면 건물높이 230m미만에서 Eg.(1)과 Eg.(2)의 그래프는 테러위험도가 건물높이에 비례하여 급격하게 증가하지만, 건물높이 230m이상에서 Eg.(3)의 그래프는 테러위험도가 건물높이에 완만하게 증가함을 알 수 있었다.

3.2.3 시나리오에 따른 위험도 분석

평가대상 건물 24동의 전체위험도 분석을 통한 위험도 수치를 <Table 5>와 같이 분류하였다.

<Table 5> Scenario Risk

Building Height	No.	Internal		Explosive		
		Intrusion 1,000	Explosive 1,000	Zone I 1,000	Zone II 1,000	Zone III 1,000
200m~	A	536.3	715.7	553.8	577.1	574.8
	B	620.8	666.9	650.7	536.9	536.7
	C	397.4	543.8	583.5	621.5	639.1
	D	300.1	477.3	440.4	431.2	442.2
	E	488.2	583.0	575.1	476.5	443.3
	F	497.0	582.7	544.5	521.2	560.5
	G	573.6	614.9	612.9	594.3	619.1
150~200m	H	616.6	630.2	572.6	533.5	585.0
	I	578.6	582.5	547.2	508.3	526.9
	J	522.6	585.5	511.9	455.1	392.8
100~150m	K	338.5	477.1	477.6	454.1	475.6
	L	336.6	520.0	465.3	466.5	547.5
	M	440.7	579.4	431.9	419.1	351.5
	N	337.1	397.0	344.3	297.5	359.3
	O	366.5	480.6	404.4	403.9	405.4
	P	361.2	434.8	406.9	412.5	492.5
	Q	485.9	523.1	428.5	452.3	476.3
	R	353.5	391.0	364.8	274.8	387.0
	S	282.7	378.6	386.2	286.2	353.5
	T	298.3	366.2	313.5	292.5	335.1
50~100m	U	207.5	293.0	315.1	257.1	331.9
	V	89.0	87.6	112.4	117.2	137.6
	W	214.2	296.1	356.4	242.3	361.4
0~50m	Y	164.3	116.8	107.9	71.6	131.6

2004년부터 2012년까지 국제적으로 발생한 테러를 살펴보면 폭발물을 이용한 테러 유형이 약 49~58%를 차지하고¹²⁾ 있는 점을 착안하여, 9개 시나리오 중에서 CBR과 관련된 4개 시나리오를 제외하고 폭발물테러와 관련된 5개 시나리오의 위험도를 분석하였다. 5개 시나리오 중에서 가장 위험도가 높은 시나리오는 <Table 5>와 같이 각 건물에 음영으로 표시하였다.

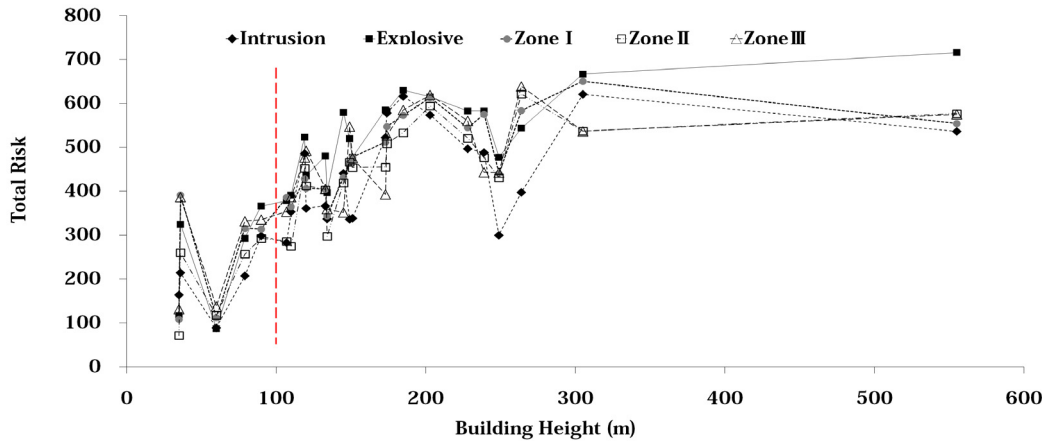
<Table 5>와 <Fig. 4>에 의하면 건물 높이가 100m이상인 19동에서는 내부폭발이 13동으로 가장 많으며, 그 다음으로는 외부폭발 Zone III가 4동, Zone I가 2동으로 분석되었다. 그러나 100m이하에서는 외부폭발 Zone III에서 3동으로 가장 많은 것을 알 수 있다.

4. 위험도 요인분석¹³⁾

테러 영향력(Consequences), 위협(Threat), 취약성(Vulnerability)의 위험도를 통하여 건물의 테러 요인을 분석하였다. C, T, V의 위험도 분석의 평가대상 건물은 <Table 3>에서 테러위험도가 낮은 0~100m의 5동(S~W건물)을 제외하고, 100m이상의 건물 19동을 대상으로 분석하였다.

4.1 테러 영향력 분석

평가대상 건물 19동에 대한 위험도 평가 결과는 <Table 6>과 같다.



〈Fig. 4〉 Risk Classification Depending on Scenarios

위험도 평균값 수치는 8.47점으로 분석되었으며, 8.47점보다 높은 건물은 <Table 6>에 음영으로 표현하였다. 170m이상의 고층 건물 A~I동 중에서 D동(250m)을 제외한 나머지 건물에서 위험도가 평균값보다 높은 것으로 나타났다. 평균값이 가장 높은 건물 2동은 A동과 G동으로서 도심과 부도심에서 건물의 높이가 증가할수록 테러 영향력의 위험도는 대체비용과 사업지속성의 요인이 크다는 것을 알 수 있었다.

〈Table 6〉 Consequences Risk Average

Building Height	Internal			Explosive			CBR			Risk Average	
	Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
200m~	A	7.6	9.5	9.1	9.5	9.5	9.5	9.1	9.1	9.1	9.11
	B	7.6	9.5	9	9.5	9.5	9.5	9	9	9	9.07
	C	7.5	9.1	9	9.1	9.1	9.1	9	9	9	8.88
	D	6.9	8.7	8.3	8.7	8.7	8.7	8.3	8.3	8.3	8.32
	E	7.1	8.8	8.5	8.8	8.8	8.8	8.5	8.5	8.5	8.48
	F	7.1	9.1	8.5	9.1	9.1	9.1	8.5	8.5	8.5	8.61
	G	7.6	9.5	9.1	9.5	9.5	9.5	9.1	9.1	9.1	9.11
150~200m	H	7.5	9.1	9	9.1	9.1	9.1	9	9	9	8.88
	I	7.4	9.1	8.9	9.1	9.1	9.1	8.9	8.9	8.9	8.82
	J	6.9	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	8.4	8.4	8.19
100~150m	K	6.7	8.5	8.1	8.5	8.5	8.5	8.1	8.1	8.1	8.12
	L	6.8	8.6	8.1	8.6	8.6	8.6	8.1	8.1	8.1	8.18
	M	6.9	8.7	8.3	8.7	8.7	8.7	8.3	8.3	8.3	8.32
	N	5.9	8	7.1	8	8	8	7.1	7.1	7.1	7.37
	O	6.9	8.7	8.3	8.7	8.7	8.7	8.3	8.3	8.3	8.32
	P	6.7	8.5	8.1	8.5	8.5	8.5	8.1	8.1	8.1	8.12
	Q	6.9	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.23
	R	7.0	8.4	8.5	8.4	8.4	8.4	8.5	8.5	8.5	8.29
	S	6.6	8.0	8.1	8.0	8.0	8.0	8.1	8.1	8.1	7.89
Risk Average	7.06	8.81	8.48	8.81	8.81	8.81	8.48	8.48	8.48	8.47	

4.2 테러 위협 분석

평가대상 건물 19동에 대한 위험도 평가 결과는 <Table 7>과 같다. 위험도 평균값 수치는 8.95점으로 분석되었으며, 8.95점보다 높은 건물은 <Table 7>에 음영으로 표현하였다. 평가대상 건물 19동 중에서 14동이 평균값 수치보다 높게 분석되었다. 평균값이 가장 높은 건물 2동은 F동과 H동으로서 각각 9.83점과 9.54점으로 분석되었다. 평가항목 중에서 고층건물은 가시성과 지역의 상징성, 건물의 밀도 세부평가에서 위험도가 높게 나왔으며, 저층건물은 현장 접근성 세부평가에서 위험도가 높게 나왔다.

〈Table 7〉 Threat Risk Average

Building Height	Internal			Explosive			CBR			Risk Average	
	Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III		
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
200m~	A	10	10	10	8.9	9.5	9.4	8.9	9.5	9.4	9.51
	B	9.9	9.9	9.9	9.6	9	8.8	9.6	9	8.8	9.39
	C	8.7	8.7	8.7	9.1	9.6	10	9.1	9.6	10	9.28
	D	9.9	9.9	9.9	9.7	9	7.9	9.7	9	7.9	9.21
	E	9.9	9.9	9.9	8.7	9	7.9	8.7	9	7.9	8.99
	F	9.9	9.9	9.9	9.9	9.5	10	9.9	9.5	10	9.83
	G	8.7	8.7	8.7	9.3	9.8	10	9.3	9.8	10	9.37
150~200m	H	9.5	9.5	9.5	9.4	9.3	10	9.4	9.3	10	9.54
	I	9.5	9.5	9.5	9.3	9.3	9.4	9.3	9.3	9.4	9.39
	J	9.5	9.5	9.5	8.4	9	7.9	8.4	9	7.9	8.79
100~150m	K	9.4	9.4	9.4	9.2	9.8	8.8	9.2	9.8	8.8	9.31
	L	9.4	9.4	9.4	8.4	9.3	9.4	8.4	9.3	9.4	9.16
	M	8.3	8.3	8.3	7.4	7.8	7	7.4	7.8	7	7.70
	N	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.4	9.3	9.3	9.4	9.36
	O	7.7	7.7	7.7	6.9	7.2	7	6.9	7.2	7	7.26
	P	9.4	9.4	9.4	9.1	9.3	9.4	9.1	9.3	9.4	9.31
	Q	9.0	9.0	9.0	8.0	9.3	9.4	8.0	9.3	9.4	8.93
	R	6.9	6.9	6.9	6.9	5.7	7.6	6.9	5.7	7.6	6.79
	S	6.7	6.7	6.7	7.0	6.0	7.6	7.0	6.0	7.6	6.81
Risk Average	9.17	9.17	9.17	8.75	8.93	8.85	8.75	8.93	8.85	8.95	

4.3 테러 취약성 분석

평가대상 건물 19동에 대한 위험도 평가 결과는 <Table 8>과 같다. 평균값 수치는 6.62점으로 분석되었으며, 6.62점보다 높은 건물은 <Table 8>에 음영으로 표현하였다. 건물 19동 중에서 11개동이 평균값 수치보다 높게 나왔으며, 평균값이 가장 높은 건물 2동은 J동과 E동으로서 각각 7.44점과 7.42점으로 분석되었다. 건물 높이가 130~200m에서 테러에 대한 취약성이 높게 분석이 되었다. 초고층건축물뿐만 아니라 고층건축물도 건축적, 구조적으로 대비책을 마련해야 할 것이다.

<Table 8> Vulnerability Risk Average

Building Height		Internal			Explosive			CBR			Risk Average
		Intrusion	Explosive	CBR	Zone I	Zone II	Zone III	Zone I	Zone II	Zone III	
		10	10	10	10	10	10	10	10	10	
200m~	A	7.0	7.5	8.9	6.5	6.4	6.4	6.2	3.5	4.3	6.30
	B	8.2	7.1	7.8	7.2	6.3	6.5	4.9	1.6	2.4	5.78
	C	6.1	6.9	7	7	7.1	7	4.9	1.6	2.4	5.56
	D	4.3	5.5	6.4	5.2	5.5	6.4	7.3	8.1	8.3	6.33
	E	6.9	6.7	8.4	7.5	6	6.4	8.6	8.1	8.2	7.42
	F	7.1	6.5	7.4	6	6	6.2	8	9.1	9	7.26
	G	8.6	7.4	7.8	6.9	6.4	6.5	4.9	1.6	2.4	5.83
150~200m	H	8.6	7.3	8	6.7	6.3	6.4	7.3	5.6	5.7	6.88
	I	8.2	6.8	8	6.5	6	6.2	7.2	5.6	5.7	6.69
	J	7.9	7.4	8.3	7.3	6.4	6	7.8	7.9	8	7.44
	K	5.4	6	7.4	6.1	5.4	6.4	7.6	7.9	8.1	6.70
100~150m	L	5.3	6.4	7.5	6.5	5.9	6.8	8.2	8.7	8.7	7.11
	M	7.7	8.1	9.1	6.8	6.2	5.8	8.1	7.2	7.4	7.38
	N	6.1	5.3	7.3	4.6	4	4.8	7.8	8.4	8.4	6.30
	O	6.9	7.2	7.8	6.8	6.5	6.7	7.8	8.1	8.2	7.33
	P	5.7	5.4	7.1	5.3	5.2	6.1	5.5	4	4.7	5.44
	Q	7.8	6.9	7.5	6.4	5.8	6	7.1	6.2	6.3	6.67
	R	7.3	6.8	7.3	6.3	5.8	6.1	7.3	7.2	7.1	6.80
S	6.5	7.1	7.5	6.9	6	5.8	6.9	6	6.1	6.53	
Risk Average		6.95	6.73	7.72	6.42	5.96	6.26	7.03	6.13	6.41	6.62

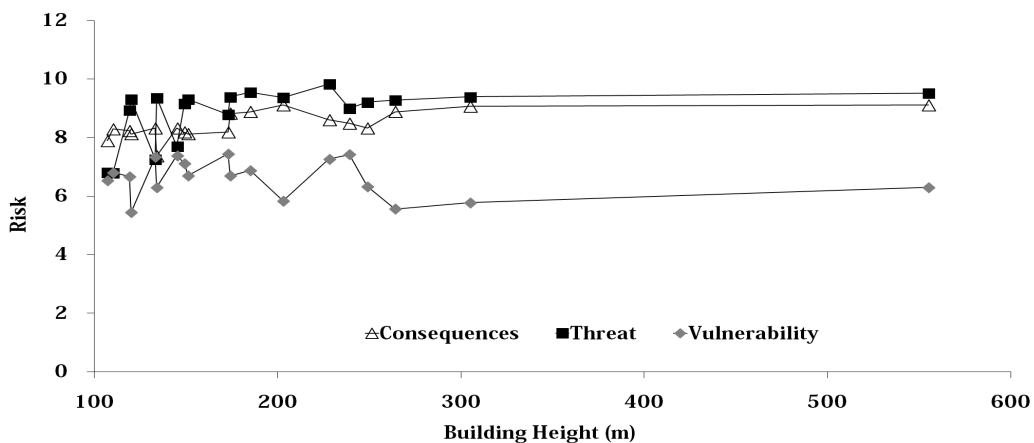
4.4 위험도 요인 분석

평가대상 건물 19동에 대한 테러 영향력, 테러 위협, 테러취약성의 평균값 지수를 바탕으로 위험도 평균값 결과는 <Fig. 5>과 같이 정리할 수 있다. 위험도 평가 건물 19동 중에서 15동이 위협 > 영향력 > 취약성 순으로 위험도가 높음을 알 수 있다. 나머지 4동(M동, O동, R동, S동)은 영향력 위험도가 높은 것으로 분석되었다. 위협에 대한 위험도가 높은 원인으로는 단일면적에 거주인원의 증가로 인한 인명피해의 증가와 국가적 또는 지역적으로 상징성을 지닌 건축물에 테러 위협을 극대화 시켜 테러리스트가 공격할 가능성 때문에 높게 작용하였다.

5. 결론

(1) 평가대상 건물 24동 중에서 1동은 고(High) 위험도($6,003 < R \leq 9,000$), 2동은 저(Low) 위험도($9 < R \leq 3,006$)로 평가되었다. 나머지 21동은 중(Medium) 위험도($3,006 < R \leq 6,003$)로 평가되었다.

(2) 건물높이 230m까지의 테러위험도는 높이에 따라 급격하게 증가하지만, 230m이상의 건물에서 테러위험도는 높이에 따라 완만하게 증가함을 알 수 있었다.



<Fig. 5> Average Analysis C, T, and V through the Evaluation Building

(3) 건물 높이가 100m이상 19동에서는 내부폭발이 압도적으로 13동으로 가장 많다, 그 다음으로는 외부폭발 Zone III가 4동, Zone I가 2동이지만 100m이하에서는 외부폭발 Zone III가 3동으로 가장 많음을 알 수 있었다.

(4) 테러 영향력의 평균값 수치는 8.47점, 위협은 8.95점, 취약성은 6.62로 분석되었다. 위협도 평가 건물 19동 중에서 15동이 테러 위협 > 테러영향력 > 테러취약성 순으로 위협도가 높음을 알 수 있으며, 나머지 4동(M동, O동, R동, S동)은 영향력의 위협도가 높은 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 서울과학기술대학교 교내 학술연구비(2013-0157)에 의하여 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 김두현, 안광호. (2010), "다중이용시설의 대테러 안전대책", 한국경호경비학회지 제22호, pp.37~64
2. FEMA 426. (2003), Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings
3. FEMA 452. (2005), A How to Guide to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings
4. FEMA 455. (2009), Handbook for Rapid Visual Screening of Buildings to Evaluate Terrorism Risk
5. 이경훈, 박현호, 이은혜, 강희찬. (2007), 다중이용시설 테러예방 설계기준 및 설계기법 개발을 위한 기초연구, 경찰청
6. 강경연, 이경훈. (2012), 초고층 건축물의 폭발물 테러 위협도 평가모델 개발에 관한 연구, 한국셉테드학회 춘계학술발표대회, pp.27-28
7. 지정환, 윤성원. (2011), Rapid Visual Screening을 통한 국내 고층건물의 테러위험도 분석, 한국공간구조학회지, 제11권 제2호, pp.55~62
8. 송진영, 윤성원. (2012), 국내 건물의 폭발물 테러 위협도 요인 분석, 한국공간구조학회지, 제12권 제2호, pp.73~79
9. 유영수, 윤성원, 주영규(2012), 수정 RVS와 IRVS시스템의 비교분석을 통한 국내 고층건물 테러위험도 평가, 한국공간구조학회지, 제12권 제4호, pp.91~98
10. 도기영, 윤성원(2013), RVS의 시나리오를 통한 국내건물의 테러위험도와 높이별 상관관계, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 제33권 제 1호, pp.467~468
11. 도기영, 윤성원(2013), RVS를 통한 국내 고층건물의 테러위험도 평균값 분석, 한국공간구조학회 춘계학술발표대회 논문집, 제9권 제1호, pp.77~79
12. 테러정보통합센터 : <http://www.tiic.go.kr>

(접 수 일 자 : 2013년 06월 28일)

(심사완료일자 : 2013년 07월 23일)

(게재확정일자 : 2013년 08월 23일)