

Security and Risk를 기반으로 한 교량구조물의 재난 안전성 평가

Risk-based Security Impact Evaluation of Bridges for Terrorism

강상혁* · 최현호** · 서종원***

Kang Sang Hyeok · Choi, Hyun Ho · Seo Jong Won

Abstract

Risk-based security impact evaluation may be affected by various factors according to numerous combinations of explosive devices, cutting devices, impact vehicles, and specific attack location to consider. Presently, in planning and design phases, designers are still often uncertain of their responsibility, lack of information and training of security. Therefore, designers are still failing to exploit the potential to reduce threats on site. In this study, the concept of security impact assessment is introduced in order to derive the performing design for safety in design phase. For this purpose, a framework for security impact assessment model using risk-based approach for bridge structures is suggested. The suggested model includes of information survey, classification of terror threats, and quantitative estimation of severity and occurrence.

Key words : Security, Terrorism, Risk-based approach

1. 서 론

사회기반시설(교량 터널 등)에 대한 테러 공격은 다수의 사상자, 교통 및 교역의 대란 그리고 그로인한 국가적인 경제적 손실을 야기 시킬 수 있다. 이는 현대에 생겨나게 된 인재(人災)의 한 유형으로 미국의 Federal Emergency Management Agency에서는 테러리즘을 재난의 한 유형으로 규정하고 있으며, 그 해결책으로 Risk Management Series(RMS)를 대비/대응책으로 제시하고 있으나 국내에서는 이와 관련한 연구는 찾아볼 수 없는 실정이다. 이에 점점 급박해지는 현대 사회에서 테러로 인한 재난의 피해를 최소화하기 위한 방안이 강구되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 테러 재난 발생 시 각종 교량구조물의 안전을 극대화하기 위하여 설계단계에서부터 고려되어야 할 재난 최소화 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 장대교량의 재난안전성평가를 위한 절차 및 분석기법을 기반으로 하는 재난안전성평가 모형을 제안하였다. 첫째로 재난 안전성평가 관련기술 동향을 조사·분석하여 본 연구에의 활용기술을 추출해 낸다. 그리고 설문조사를 통해 장대교량의 재난안전성요소를 수집·규명한 후 시나리오를 작성한다. 이어서 수집된 요소들을 분류한 후 테러위험도 산정 방법을 개발하고 설계와의 연관성 여부를 개략적으로 평가한다. 설계에 의한 재난안전성요소로 분류된 각각의 재난안전성요소와 설계항목과의 상관성을 규명하고, 이에 따라 재난안전성요소를 기반으로 대상교량의 현황을 분석하고 재난안전성평가를 수행하여 재난 최소화 방안을 제시한다.

2. 재난안전성평가의 기본개념

시설물에서의 재난안전성평가(Security Impact Evaluation)는 설계수준에 따라 어떤 시설물이 어느 정도의 보안 정도를 지니게 되는지, 시설물의 보안에 설계항목이 얼마나 영향을 미치는지 또한 설계로 인하여 어

* 한양대학교 토목공학과 박사과정 · lifesine@yahoo.co.kr

** 한국도로공사 기술심사실 책임연구원·공학박사

*** 정회원·한양대학교 토목공학과 조교수·공학박사·P.E·교신저자

는 시설물의 어느 부위가 테러로 인한 재난에 취약점을 보이는지 등에 대한 영향을 평가하는 것이라 할 수 있다. 일반적으로 위험도에 기초한 재난안전성평가는 위협(재난)을 파악, 분석, 평가 그리고 관리하는 일련의 절차로 정의될 수 있다. 본 연구에서 제안하는 위험도에 기초한 재난안전성평가 절차 또한 재난 정보 설문, 주요 재난의 분류 및 중요도(위험도) 산정, 재난과 설계요소와의 연관성 파악, 재난안전성평가로 이어지는 4개의 주요 단계로 이루어져 있다.

3. 재난안전성평가모형

본 연구에서 제안하는 재난안전성평가 절차는 분석대상 사업이 결정된 후 설계도서를 검토하여 재난안전성평가 리스트 각각의 항목에 대하여 평가등급이 부여된다. 앞으로 설명될 재난안전성평가 모형을 바탕으로 기획/설계자 혹은 입찰시 평가자들이 실제 대상사업에 대하여 정성적인 재난안전성평가를 수행할 수 있게 된다. 또한 설계 시 원안과 대안의 테러위험도에 대해 효과적으로 비교·분석 또한 가능하게 된다.

3.1 재난안전성요소 수집 및 시나리오 작성

재난안전성요소 수집 및 시나리오 작성단계는 “장대 교량의 각 요소에 내재되어 있는 재난안전성요소에 대한 존재여부를 인식하고 그 재난안전성요소에 테러리스트의 공격으로 인한 파괴 및 예상 피해를 정의하는 과정”이다. 이는 평가를 위한 첫 번째 단계이며 재난안전성요소 규명을 위한 기초 자료로 활용된다. 재난안전성요소 체크목록에서 고려되어야 할 사항들이 누락되지 않도록 대상 교량과 관련된 안전설계 매뉴얼 및 Checklist, 설계도서, 기존 연구 자료와 전문가 설문 및 인터뷰 등의 다양한 접근방법을 활용하고 조사를 실시하여 대상 시설물에 내재되어 있는 재난안전성요소들에 대해 구체적으로 인식한다.

표 1은 교량에 발생 가능한 테러 공격 유형을 보여준다. 사용되는 무기로는 폭파장치, 트럭 폭탄, 대형 트럭, 선박 등 다양하게 나타나고 있으며, 이것들이 어느 부위에 공격을 가하느냐에 따라 피해의 규모가 달라진다. 가령 거더 지지점에의 폭발물 설치같은 경우 지지대 파괴, 2개의 스펀 붕괴와 같은 피해를 야기시킬 수 있고, 기둥으로 돌진하는 대형 트럭은 기둥 파괴, 화재 사고, 2개의 스펀 붕괴의 피해를 입히게 될 것으로 예상할 수 있다.

표 1. 발생 가능한 테러 공격 유형 및 예상 피해(Williamson and Winget 2005)

무기	부위	예상 피해
폭발물 설치	거더 지지점	지지대 파괴, 2개의 스펀 붕괴
연료 탱크, 트럭 폭탄	데크 상부	데크 파괴, 거더 파괴, 1개 이상의 스펀 붕괴
대형 트럭	기둥으로 돌진	기둥 파괴, 화재위험, 2개의 스펀 붕괴
선박, 바지선	교각으로	교각 파괴, 1개 이상의 스펀 붕괴
.....

3.2 재난안전성요소 분류 및 테러위험도 산정

재난안전성요소의 분류 및 테러위험도 산정은 대상 시설물에 내재되어 있는 재난안전성요소가 설계나 계획과 같은 사전단계와 대략의 연관성이 있는지 여부를 판단하고 연관된 안전영향요소에 의한 테러의 발생가능성 및 피해강도를 산정하는 과정이다. 교량에 발생 가능한 잠재적인 테러의 시나리오가 구성되면 그 시나리오를 바탕으로 재난안전성요소와 사전단계와의 연관성 여부를 판단하여 재난안전성요소를 재분류하게 된다. 재난안전성요소의 사전단계와 연관성 여부가 판별된 이후 연관성이 입증된 재난안전성요소 항목들에 대한 테러위험도를 산정해야 한다. 테러의 경우 본 연구의 재난안전성요소와 부합되는 발생가능성이나 피해강도에 대한 정량적 데이터를 구하기는 사실상 어려운 일이다. 따라서 본 연구에서의 재난안전성요소는 사례 및 전문가 인터뷰를 기반으로 한 정성적인 평가를 실시하여 도출하였다. 테러위험도는 발생가능성과 피해강도에 의해 평가된다. 표 2는 대략의 피해강도 및 발생가능성 범위에 따라 세 범주로 분류한 것이다.

표 2. 피해 강도 및 발생 가능성 범위의 정의

구분	□ 피해 강도
	■ 발생 가능성
"High"	□ 많은 재난과 사상자, 3개 스펠 이상의 붕괴
	■ 발생이 거의 확실시 됨, 테러리스트가 수행하기 용이함
"Medium"	□ 적은 재난과 사상자, 2개 스펠의 붕괴
	■ 다소의 발생 가능성이 있음
"Low"	□ 적은 사상자, 1개 스펠의 붕괴, 보수가 가능한 정도의 피해
	■ 거의 발생 가능성이 없음, 테러리스트가 수행하기 어려움

테러위험도를 산정하기 위해 위험도 접근방식을 도입하였다. 이는 위험도를 발생가능성과 피해강도를 기반으로 하나의 테러위험도로 나타내는 방법으로 최종 테러위험도를 결정할 수 있다. 재난안전성요소의 테러위험도는 발생가능성과 피해강도에 대한 평가에 근거하여 표 3과 같은 기준에 의해 최종 산정될 수 있다. 가령, 거더 지지점의 폭탄 설치의 발생가능성에서는 "High"로, 피해강도에서는 "Medium"으로 평가되어 최종적으로는 "High"라는 테러위험도로 평가된다.

표 3. 위험도 접근방식에 의한 재난안전성요소 테러위험도 산정표

구분		피해강도		
		Low	Medium	High
발생가능성	Low	Low	Low	Medium
	Medium	Low	Medium	High
	High	Medium	High	High

위의 방식에 의해 평가된 테러위험도를 바탕으로 평가된 교량은 표 4와 같이 총 4개의 카테고리로 구성된 테러위험도 범주에 속하게 된다. 표 4는 Williamson과 Winget이 2005년에 제시한 것이지만 본 연구의 진행에 필요한 내용이기 때문에 다음과 같이 발췌해서 활용하도록 한다.

표 4. 테러위험도 카테고리(Williamson and Winget 2005)

Category	테러 위험도	보호 레벨	정 의
1	매우중요	높음	<ul style="list-style-type: none"> 발생가능성 및 피해강도가 모두 High 이거나 Medium 과 High인 경우임 이럴 경우 교량 설계 시 테러 위험에 대한 각별한 주의를 기울여야 함
2	중요	보통	<ul style="list-style-type: none"> 발생가능성 및 피해강도가 모두 Medium인 경우 중요하긴 하되 카테고리 1보다는 덜 중요한 수준으로 중간 수준의 보호 레벨이 필요함
3	다소중요	낮음	<ul style="list-style-type: none"> 발생가능성 및 피해강도가 Medium 과 Low인 경우 최소한의 대비가 필요한 수준
4	중요하지 않음	없음	<ul style="list-style-type: none"> 카테고리 1, 2, 3에도 포함되지 않는 경우 테러 공격에 대한 추가적인 대비가 필요치 않은 수준

즉, 거더 지지점의 폭발물 설치의 발생가능성은 "High"로 평가되었고, 피해강도는 지지대 파괴 및 2개의 스펠 붕괴로 "Medium"에 해당한다. 그러므로 "High" + "Medium" 으로 최종 평가는 "High"로서 Category 1에 속하게 된다.

3.3 재난안전성요소와 연관된 설계항목의 도출

재난안전성요소와 연관된 설계항목의 도출은 시설물에 내재되어 있는 재난안전성요소에 대한 특성을 파

악하여 재난안전성요소와 관련된 주요 설계항목을 도출하는 단계이다. 재난안전성요소와 관련된 주요 설계항목의 도출은 기존의 다양한 연구자료, 사고사례, 설계도서, 안전 매뉴얼에 대한 검토 및 전문가들의 경험이나 직관에 의한 인터뷰 자문을 통해 이루어질 수 있다.

앞서 언급한 단계를 거쳐 재난요소가 파악·분류되면 설계관련 문헌 및 설계 전문가와의 인터뷰 등에 기초하여 모든 가능성 있는 설계요소와의 관계에 대한 검토가 이루어진다. 설계요소 검토 후 특정한 위협요소가 어떠한 설계요소와 얼마나 관계가 있는지가 파악된다. 이것은 재난안전성평가와 대응전략 수립에 가장 기초가 되는 부분이기 때문에 매우 중요한 단계라 할 수 있다.

표 5. 재난요소와 설계 아이템과의 관계 예

분류	재난요소			관련성	
	무기	타겟	예상 피해	관련되는 설계 아이템	근접도
Category 1	폭발물 설치	거더 지지점	지지점 파괴, 2개 스패의 붕괴	데크의 재료	(70)%
				교각의 강도	()%
				슈	()%
				CCTV 카메라	()%
				그 외	

3.4 위협요인 저감을 위한 설계제안사항 도출

설계항목의 위협요인 저감을 위한 설계제안은 어떤 시설물에 내재되어 있는 설계항목의 위험등급이 High 또는 Medium인 경우 위협요인을 저감시킬 수 있도록 설계단계에서 재검토 되어야 할 사항을 제시하는 단계로서 설계자들에게 잠재적인 위험을 내재하고 있는 설계항목을 인지시켜주는 단계라 할 수 있다. 설계항목의 위협요인 저감을 위한 설계제안사항 도출은 기존의 다양한 연구자료, 전문가들의 경험이나 직관에 의한 인터뷰 자문, 다양한 사고사례, 설계도서 등을 통하여 가이드라인 형식으로 제시될 수 있다.

4. 결 론

9.11 테러 이후 세계적인 관심을 불러일으킨 시설물의 대테러 방안에 대해 아직 우리나라는 불모지로 평가되고 있다. 실제 조사 결과 현재까지 그와 관련된 연구는 찾아볼 수 없었다는 점은 위의 사실을 방증해준다. 물론 인위적인 재난으로 인한 손실이 과거부터 거의 없었다는 사실에 위안을 삼긴 하지만 이제는 관심을 가져야 될 연구 분야로 판단된다. 이에 본 연구에서는 설계단계에서 대테러 재난에 대비해 대형 교량구조물의 안전을 최대화할 수 있는 교량구조물 재난안전성평가 절차 및 분석기법 모형을 제시하였다.

제시된 방법론을 통하여 국가적인 차원에서도 대테러 대응방안 유도를 통한 피해 최소화를 이룰 수 있으며, 기타 사회불안요인으로 인한 안전사고 예방차원에서 막대한 국고의 낭비를 방지할 수 있을 뿐 아니라 인명손실 등의 인재를 최소화할 수 있다. 본 연구는 국내에서는 선두적 연구이며 대형교량의 Safety, Security, Risk의 해석과 평가분야 발전에 기여할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Federal Highway Administration(FHWA). Recommendations for Bridge and Tunnel Security, Sep. 2003.
2. Stan Kaplan.(2002) Applying the General Theory of Quantitative Risk Assessment(QRA) to Terrorism Risk. *Risk-Based Decisionmaking 2002*. ASCE
3. Williamson, E.B., Winget, D.G.(2005) Risk Management and Design of Critical Bridges for Terrorist Attacks. *Journal of Bridge Engineering*., ASCE, Vol. 10, No. 1, pp. 96-106.