

초장대교량의 재난관리시스템 설계기술에 관한 연구

Study on Design Technology for Disaster Management System for Super Long Span Bridge

윤 정 현* · 김 문 옥** · 장 민 회***

Yun, Jung-Hyun · Kim, Moon-Ok · Jang, Min-Hee

요 약

연육·연도교에 주로 건설되는 초장대교량은 시설물 특성상 이용객들의 대피공간이 제약받고 태풍, 해일 등 자연재해에 노출이 많기 때문에 다른 공공시설물보다 재난에 취약한 구조물이다. 최근 공공시설물의 건설동향은 구조물이 장대화 되어가고 있어 재난 발생시 예상 위험이 점점 더 커지고 있다. 본 연구는 국내외 장대교량의 재난사고와 재난관리 사례연구를 통해 초장대교량에서 관리되어야 할 재난을 정의하였다. 초장대교량의 재난은 자연재해와 인적재해로 구분할 수 있는데, 자연재해로는 안개, 강설, 결빙, 강풍, 지진, 해일이 있으며 인적재해로는 교통사고, 화재, 테러, 선박충돌, 구조물 파괴 및 재료열화가 있다. 또한 초장대교량에서 발생 가능한 모든 사고의 잠재가능성을 분석하여 가상의 재난관리 시나리오를 작성하였다. 이 시나리오는 예방, 대비, 대응 및 복구로 구분되는 관리단계별 실행계획 수립에 기초를 제공하게 될 것이다.

Keyword : 초장대교량, 재난, 재난관리, 비상대응 시나리오

1. 서 론

초장대교량은 케이블로 지지되는 경간장 500m 이상, 연장 1000m 이상의 특수교량으로 정의될 수 있다. 초장대 교량은 교각간 거리 즉, 경간장이 장대화 되는 특성이 있어서 교량붕괴 등 재난시 피해를 입는 상판 연장이 길어지고 그에 따라 추락하는 차량이 많아져 사고발생에 따른 인명피해와 경제적 피해가 크게 증가된다. 또한 초장대교량의 대부분이 연육·연도교로써 구조물 파손에 따른 교통 대체수단이 미흡하여 사회적 손실이 막대해지는 특성이 있다. 여기에 초장대교량은 고도로 복잡, 거대화되어 일반 구조물 관리자나 기술자들에 의해서는 효과적인 재난 예방 및 대응행위를 기대하기 어렵다. 따라서 최근 건설이 폭발적으로 증가하고 있는 장대교량의 양적 팽창에 부응하여 효과적이고 경제적인 재난관리 방안을 연구, 적절한 재난관리 시스템을 구축함으로써 끔직한 재난 발생 후 대비소홀에 따른 사회·경제적 손실을 예방·최소화할 필요가 있다.

2. 장대교량의 재난사고 및 재난관리 사례연구

재난관리를 위한 연구의 첫 단계로 장대교량에서 발생한 재난사고의 사례연구(Case Study)를 수행하여 재






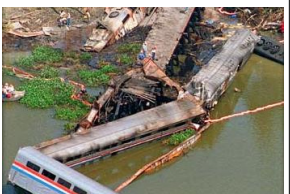


* 정회원 • 스펙엔지니어링 대표이사 yunj@speceng.co.kr

** 스펙엔지니어링 기술연구소 수석연구원 hihioho@speceng.co.kr

*** 스펙엔지니어링 기술연구소 연구원 jmini1218@speceng.co.kr

난의 형태, 사고원인 및 각종 피해의 증감요인을 분석하였다. 일례로, 1993년 9월 새벽에 발생한 Big Bayou Canot교(미)의 선박충돌에 의한 사고는 충돌에 의한 상판 낙교상황을 인지하지 못한 열차가 붕괴교량에 진입하면서 47명이 사망하고 103명이 부상 당하는 심각한 피해가 발생하였다. 국내에서는 2006년 10월 오전에 발생한 서해대교의 교통사고 및 화재사고는 극심한 안개발생으로 전방에서 발생한 사고 상황을 인지하지 못한 후속 차량들의 연쇄충돌 및 소화설비의 미비로 인해 12명이 사망하고 54명이 부상당하고 고속국도가 8시간이나 차단된 사고가 있었다. 다행히 화재에 의한 화염이 케이블에 미치는 영향은 없었으나 경우에 따라서는 케이블의 손상을 유발하고 그에 따른 더욱 심각한 재난발생의 가능성도 있었음을 알 수 있었다. 표 1에 국내외의 장대교량의 재난사고 사례를 수록하였다. 재난사고중 시공중에 발생하는 교량붕괴 사고는 시공중 안전사고 및 품질미확보 등에 의해 발생하는 사고로써 본 연구에서 진행코자 하는 재난형태에서는 제외하였다.

표 1 장대교량 재난사고 사례조사

			
<ul style="list-style-type: none"> • 서해대교 • 안개로 인한 화재('06) 	<ul style="list-style-type: none"> • 진도대교 • 바지선 충돌('06) 	<ul style="list-style-type: none"> • 성수대교 • 교량 붕괴('94) 	<ul style="list-style-type: none"> • 신행주대교 • 교량붕괴-시공중('92)
			
<ul style="list-style-type: none"> • Mezcala교(멕시코) • 차량화재('06) 	<ul style="list-style-type: none"> • Big Bayou Canot교(미) • 선박 충돌('93) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tacoma교(미) • 교량붕괴('40) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hau교(베트남) • 교량붕괴-시공중('07)

초장대교량의 재난관리는 교량에서의 사고 대비 및 교량기능 연속성 관리를 의미한다. 즉, 관리주체가 위험성 등 관련된 잠재 위험과 재난 발생에 의한 영향을 최적으로 관리할 수 있는 시스템화 되고 조율된 활동 및 실행을 재난관리라고 정의한다. 표 2에 재난관리를 목적으로 운영되는 국내 시스템 사례를 수록하였다. 국내의 재난관리 시스템은 주로 도로, 터널 등에 집중되어있을 뿐 초장대교량에 중점을 둔 시스템은 현재까지 미비한 실정임을 알 수 있다. 표 3에 해외의 국가단위 재난관리 현황을 수록하였는데 시설물을 직접적으로 관리하고 있는 관리주체들에게 재난관리의 권한을 많은 부분 위임하거나 인터넷 등 IT기술과의 접목을 통한 재난관리 시스템화에 박차를 가하고 있음을 알 수 있다.

표 2 국내 재난관리를 목적으로 운영되는 시스템 현황

건설교통 재난 사이버정보센터	실시간 영상전송 시스템
소방방재청	재난현장 실시간 전송 시스템 / 범 정보 재난관리 네트워크
한국도로공사	재난·도로 관리 통합 정보시스템(2007)
한국시설안전기술공단	시설물 안전관리 네트워크 구축 및 운영관리 시스템

표 3 해외의 국가단위 재난관리 현황

미국	<ul style="list-style-type: none"> • 국가차원에서 중앙 집중 형태의 시설물 안전관리 정보체계 구축 • 재난예방과 대응책임이 있는 지자체에 대한 재난관리 승인프로그램(EMAP) 운영 (EMAP : Emergency Management Accretion Program)
일본	<ul style="list-style-type: none"> • 안전관리 CALS/EC 체계 구축 • 재해대책기본법에 의거 지자체 또는 관리주체와 관할 경찰청이 방재체계 협의, 결정 • 본주사국연락교고속도로(주)의 6개 관리센터에서 통합 교통통제 및 재난관리
유럽	<ul style="list-style-type: none"> • 인터넷 기반의 안전관리시스템 구축 진행중 • 유럽전체의 재난위험도를 평가하기위해 ESPON 프로젝트로 재난위험 연구 진행중 (ESPON : European Spatial Planning Observation Network)

장대교량의 재난관리 사례연구를 수행하여 방재설비, 비상대응 매뉴얼, 비상대응 조직 및 비상조치 발효 기준(재난관리기준)을 파악하였다. 표 4에 국내 장대교량에서 구축된 재난관리 매뉴얼 사례를 수록하였다. 일부 통상적 수준의 재난관리 매뉴얼을 작성하였으나 대부분 상당히 구체적인 재난유형별 조치절차 및 재난관리 기준을 구비하고 있음을 알 수 있었다. 다만, 재난관리 기준의 경우 합리적 근거 제시는 미비한 것으로 파악되었다.

표 4 국내 장대교량 재난관리 매뉴얼 구축 사례

영종대교	서해대교	광안대교	삼천포대교
<ul style="list-style-type: none"> • 자정식현수교 • 매뉴얼 '04 수립 • 재난형태 : 테러/화재/안개/강풍/결빙 	<ul style="list-style-type: none"> • 강합성 사장교 • 매뉴얼 '04 수립(개정) • 재난형태 : 강풍/구조물 붕괴/대형교통사고/설해/안개/테러/풍수해 	<ul style="list-style-type: none"> • 타정식사장교 • 매뉴얼 '04 수립 • 재난형태 : 지진, 해일/인명, 차량 추락/폭발, 테러/항공기, 선박충돌 	<ul style="list-style-type: none"> • 강합성 사장교 • 매뉴얼 '09 수립 • 재난형태 : 풍수해/테러/기타
<ul style="list-style-type: none"> • 관리기준 제시 • 대응시나리오 제시 • 유형별 업무내용 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 관리기준 상세 제시 • 대응시나리오 상세 제시 • 유형별 업무내용 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 구체적 기상상황 제시 • 조치흐름도 포함한 대응절차 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 관리기준 제시 • 비상근무 기준 제시(통상적인 수준)

3. 초장대교량의 재난 정의 및 재난관리 시나리오 정의

장대교량의 재난사고 사례연구와 초장대교량의 구조적 특성에 의해 예상 될 수 있는 재난의 유형 및 사고 수준을 정의하여 표 5에 수록하였다. 재난은 교통사고로 인한 통제 및 구난활동이 필요한 유형, 교통사고와 구조물 파괴가 순차적으로 발생하여 통제와 구난이 필요한 유형 및 구조물 파괴로 인한 통제 및 구난활동이 필요한 유형으로 구분 될 수 있다. 또한 각각의 사고는 단순 교통 저해 수준(Level 1), 교통 차단 수준(Level 2) 및 이용객의 대피가 필요한 심각한 수준(Level 3)으로 구분 하였다.

재난관리 단계는 정부에서 수립한 '국가재난관리시스템(NDMS: National Disaster Management System)'에서 제시된 절차로 구분하였다. 즉, 예방(Prevention: 방재설비 설치 등) → 대비(Preparedness: 대응체계 구축 등) → 대응(Response: 대응 및 진압 등) → 복구(Recovery: 사고처리 및 보수보강 등)로 구분된다. 초장대교량의 재난관리 시나리오는 발생 가능한 모든 사고의 잠재 가능성을 분석하여 작성한 가상의 비상대응 시나리오으로써 이 재난관리 시나리오를 토대로 하여 재난관리 단계별 실행계획을 수립할 수 있게 된다. 본 연구에서는 교량 재난사고 및 재난관리 사례연구를 통하여 첫째, 사고수준(비상단계)을 정의하고 둘째, 재난 유형별 대응절차를 정의하며 마지막으로 재난유형별 재난관리 상세 시나리오를 정의하였다.

표 5 초장대교량 재난유형 및 사고수준 정의

재난 유형	사고 유형	사고 원인	사고 수준
N. 자연재해	fo. 안개	1. 교통사고 · 시정거리별 통행조건 악화	Level 1: 교통 저해 Level 2: 교통 차단 Level 3: 승객 대피
	sn. 강설	1. 교통사고 · 적설량별 통행조건 악화	
	ic. 결빙	1. 교통사고 · 결빙, 노면온도별 통행조건 악화	
	wi. 강풍	1. 교통사고 · 풍속별 통행조건 악화 2. 구조물 파괴 · 설계하중 초과 등 설계시 미고려	Level 2: 교통 차단 Level 3: 승객 대피
	er. 지진	2. 구조물 파괴 · 설계하중 초과 등 설계시 미고려	
	th. 해일	2. 구조물 파괴 · 설계하중 초과 등 설계시 미고려	
H. 인적재해	ta. 교통사고	1. 교통사고 · 운전자 부주의	Level 1: 교통 저해 Level 2: 교통 차단 Level 3: 승객 대피
	fi. 화재	1. 교통사고 · 화재로 인한 통행조건 악화 2. 구조물 파괴 · 설계하중 초과 등 설계시 미고려	
	te. 테러	1. 교통사고 · 테러발생에 의한 통행조건 악화 2. 구조물 파괴 · 폭발 등 요인	
	sc. 선박충돌	2. 구조물 파괴 · 설계하중 초과 등 설계시 미고려	Level 2: 교통 차단 Level 3: 승객 대피
	co. 교량파괴	2. 구조물 파괴 · 설계오류 · 시공 및 유지관리부실	
	de. 열화	2. 구조물 파괴 · 설계오류 · 시공부실	

4. 결론

본 연구는 국내외 장대교량의 재난사고와 재난관리 사례연구를 통해 초장대교량에서 관리되어야 할 재난을 정의하였다. 초장대교량의 재난은 자연재해와 인적재해로 구분할 수 있는데, 자연재해로는 안개, 강설, 결빙, 강풍, 지진, 해일이 있으며 인적재해로는 교통사고, 화재, 테러, 선박충돌, 구조물 파괴 및 재료열화가 있다. 또한 초장대교량에서 발생 가능한 모든 사고의 잠재가능성을 분석하여 가상의 재난관리 시나리오를 작성하였다. 이 시나리오는 예방, 대비, 대응 및 복구로 구분되는 관리단계별 실행계획 수립에 기초를 제공하게 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 ‘건설기술혁신사업’의 ‘초장대교량사업단(과제번호 08기술혁신E01)’ 과제 지원으로 수행하였으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 공병승 (2008) 장대해상교량의 방재시스템 구축에 관한 연구, **한국해양공학회지**, 23(3), pp59~64.
- 노삼규, 함은구, 김시곤 (2006) 지하철 차량 방화사고 초기대응에 관한 연구, **한국화재소방학회지**, 제20권 제2호, pp21~30.
- 박종철, 임채운, 길홍배, 박찬민 (2010) 서해대교의 유지관리, **전산구조공학회지**, 23(1), pp10~11.
- 함은구 (2008) 도시재난 관리를 위한 u-철도방재시스템 설계에 관한 연구, 박사학위청구논문, 광운대학교
- Lynette C. Goodwin (2003), Best Practice for Road Weather Management Version 2.0, FHWA.
- MEbba Dellwik, Jakob Mann, Gudrun Rosenhagen (2005) Traffic Restrictions due to wind on the Fehmarnbelt Bridge, RISO, Roskilde.