

Global Report

교량충격 대응에 대한 사례연 구-미국 주별 관행-

1. 개요
2. 배경
3. 주 교통국 접근방식
4. 요약

1. 개요

다른 고속도로나 배가 지나가는 수로 위 고속도로의 교량은 주기적으로 차량이나 잘못된 선박에 의해 충돌한다. 이러한 충격은 교량의 하중 전달 능력에 상당한 영향을 미치거나 부분 또는 전체 붕괴를 초래할 수 있다. 이러한 교량 충돌의 대부분은 교각 또는 트러스/빔 요소와의 차량 상부에 의한 충돌이지만 교각과의 트럭 또는 선박 충돌로 인해 교량이 붕괴될 수 있다. 트럭 상부에 의한 충격 손상의 예는 그림 1에 나와 있다.

미국의 주 교통부(State DOT)는 공공 안전을 보장하고, 수리방법을 정리하며, 가능한 한 빨리 교통을 유지 또는 복구하기 위해 차량 상부충돌에 대한 필요절차를 개발하고 문서화 하였다. 이 사례 연구는 여러 주 교통부(State DOT)가 개발하고 따르는 정책 및 절차에 대한 개요를 제공한다. 이 프로세스가 성공하려면 손상 정도를 분류하고 적시에 단기 및 장기 수리를 모두 해결하는 것이 중요하다. 이 사례 연구는 교량 충돌에 대응하고 교량에 보존 및 재건 수리를 하고 교량이 가능한 한 빨리 완전한 서비스로 복귀할 수 있도록 하기 위한 여러 주 교통부(State DOT)의 사례를 제공한다.



그림 1. 트럭 충격 손상의 예

2. 배경

미국 고속도로 교통 안전국(NHTSA)의 연례 보고서인 "교통 안전 정보: 자동차 충돌 데이터 편람"을 위해 2018년에 수집된 데이터에 따르면 자동차와 고정된 교량 물체 사이에 13,000건의 충돌이 기록되었다. 아래 표 1에 나타난 바와 같이 차량-교량 충돌 건수는 2013년부터 2018년까지 18,000건에서 13,000건 사이이다.

연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018
연간 충돌 건수	18,000	14,000	16,000	15,000	15,000	13,000

표 1. 연간차량-교량 충돌 건수

그림 2에서 사진은 교량에 심각한 손상을 입히는 차량 충돌의 예를 보여준다.



그림 2. 심각한 트럭 충격 손상의 예

일반적으로 교량 소유주가 교량 충돌을 인지하면 도로 폐쇄, 교량 점검, 임시 지주 설치와 같은 일상적인 조치가 따른다. 그러나 대부분의 교량 소유자는 고유한 대응 정책 및 절차를 개발했다. 효율적이고 효과적인 대응을 위해 그리고 미국 교량 검사 표준(23 CFR 650.305)에서 손상 검사를 교량 검사의 한 유형으로 연방고속도로관리국(FHWA)가 인식했기 때문에 많은 주 교통국(State DOT)은 교량 검사 매뉴얼 또는 절차의 섹션을 교량 손상 검사에 할애했다. 이러한 서면 절차는 수행해야 할 조치를 설명하는 단일 페이지에서 심층적인 절차 및 개별 문서까지 다양하다. 15개 이상의 주 교통국(State DOT) 웹사이트를 검토하고 많은 교량 엔지니어와의 토론을 통해 심층 검토를 위한 정책, 절차 및 실행 계획을 다음에 제시된 주 교통국 으로부터 선택하였다.

- 아이오와주 교통국(IowaDOT).
- 미시간주 교통국(MDOT).
- 미네소타주 교통국(MnDOT).

전반적으로 검토된 각 리소스는 교량 충돌에 대응할 때 가장 중요한 목표로 안전을 우선시했다. 최초 대응자는 일반적으로 주 및 지방 경찰, 소방 및 응급 의료 기술자(EMT) 및 주 교통국(State DOT) 유지 보수 요원을 포함한다. 자동차 운전자와 승객의 안전을 확보하면(주로 경찰과 EMT의 책임), 일반적으로 주 교통국(State DOT) 절차가 시작된다.

3. 주 교통국 접근방식

1) 아이오와주 교통국

검토한 기관 중 아이오와주 교통국(IowaDOT)은 교량 충돌 대응과 관련된 접근 방식에 대한 독립 실행형 문서“교량에 대한 높이 초과충돌에 대한 비상 대응 매뉴얼”을 보유한 유일한 기관이다. 이 문서의 목표는 다음에 제시하는 우선순위들을 설정하는 일관되고 문서화된 대응책을 확립하는 것이다.

- 생명을 보존하고 부상을 최소화하며 공공 안전을 보호한다.
- 필수 서비스를 복원한다.
- 재산과 환경을 보호한다.
- 미디어를 통해 대중에게 시기적절하고 정확한 비상 통신을 제공한다.

아이오와에서 보고된 대부분의 사고가 이러한 유형의 충돌이기 때문에 매뉴얼의 초점은 초과 높이 차량의 영향을 받는 강철 보/거더 및 콘크리트 보/거더 교량으로 제한된다. 그러나 매뉴얼에는 다양한 다른 유형의 교량 충격 사건을 다루는 장이 포함되어 있다. 충돌 유형에 관계없이 아이오와주 교통국(IowaDOT)의 우선 순위는 변경되지 않는다.

전체 매뉴얼의 약 절반을 구성하는 아이오와주 교통국(IowaDOT) 매뉴얼의 2장은 주 및 지역 경찰, EMT, HazMat 직원 등을 포함한 비상 대응 계획을 논의하는 데 전념한다는 점에 유의하는 것이 중요하다. 3장과 4장은 각각 철골보/거더 수리 및 콘크리트 보/거더 수리와 관련된 문제를 광범위하게 다룬다. 5장에서는 트러스 교량, 현장 타설 콘크리트 교량, 교각 교각 및 화재, 홍수 세굴, 홍수 잔해 및 바지선 충격과 같은 비차량 교량 충격을 포함한 기타 교량 손상 발생에 대한 검토를 제공한다. 또한 매뉴얼에는 순서도와 일반적인 손상을 보여주는 다양한 사진, 다양한 유형의 지주 및 임시 지지대가 있는 수리를 보여주는 사진이 포함되어 있다. 아이오와주 교통국(IowaDOT)에서 보고한 교량 타격 손상의 예는 그림 3에 나와 있다.



그림 3. 아이오와주 교량 손상의 예.

마지막으로, 아이오와주 교통국(IowaDOT) 매뉴얼에는 표준 서신 및 보고서 템플릿, 서신 및 보고서의 예, 임시 지원의 예, 계산의 예, 개발 및 계약 수리를 위한 특별 조항에 관한 8개의 부록이 포함되어 있다.

2) 미시간주 교통부

미시간주 교통국(MDOT)의 손상 검사 절차는 “미시간 구조 검사 매뉴얼, 교량 검사”의 9장에 설명되어 있다. 손상 검사는 환경 요인(예: 홍수) 또는 인간의 행동(예: 차량 또는 선박 충돌)으로 인한 예정에 없던 검사다. 매뉴얼에 따르면 국민의 안전을 보호하기 위해서는 시기적절한 대응이 필요하며, 정확한 문서화를 통한 신속한 수리를 통해 여행하는 대중에게 미치는 영향을 최소화할 수 있다고 설명했다. 또한 손상에 대한 적절한 보고는 검사 및 수리 활동과 관련된 비용을 상환할 때 도움이 된다. 손상을 세 가지 유형 중 하나로 분류하기 위한 지침이 제공되어 교량 소유자가 손상의 노력, 예상 요구 사항 및 특성을 정의하는 데 도움이 된다. 미시간주 교통국(MDOT)에서 분류한 세 가지 유형의 손상에 대한 자세한 내용은 다음과 같다.

유형 I 손상 검사

유형 I 손상 검사는 가장 충격이 적은 손상, 일반적으로 1차 또는 2차 부재의 표면 굴힘, 바닥 플랜지의 2인치 이하의 1차 부재 왜곡, 폭이 6인치 미만이고 균열이 없는 콘크리트 폭렬에 대해 다루었다. 종종 이 손상은 발생했을 때 보고되지 않고, 충돌 차량이 멈추지 않고 계속되며 예정된 정기 교량 안전 검사 중에 손상이 문서화되어 교량 안전 검사 보고서(BSIR)에 기록된다. 그러나 교량 안전 검사 완료 시 우려 사항이 있는 경우 교량 소유자에게 조치 요청(RFA)을 제출한다. 교량 소유자는 유형 II 손상 검사 또는 기타 조치가 필요한지 여부를 결정하기 위해 RFA를 검토할 책임이 있다. 전형적인 유형 I 손상의 예는 그림 4에 나와 있다.



그림 4. 미시간주 전형적인 유형 I 손상의 예

유형 II 손상 검사

유형 II 손상 검사는 손상이 유형 I 손상 검사에 대해 기록된 손상을 초과하거나 법 집행 기관(미시간주 교통 충돌 보고서 UD-10)이 MDOT에 보고한 경우 또는 공학적 판단에 의해 직접 손상 검사의 필요성을 지시하는 경우로 분류된다. UD-10에서는 보고 후 180일 이내에 Type II 손상 검사를 완료해야 하지만 MDOT는 현장에 도착하는 즉시 자격을 갖춘 교량 검사 팀장이 검사를 완료할 것을 권장한다. 또한 손상이 교량의 구조적 용량에 영향을 미치는지 여부를 결정하기 위해 즉각적인 평가가 이루어진다. 마지막으로 자세한 측정값과 사진이 손상 검사 보고서에 문서화되고 업데이트된 BSIR이 편집된다. 그러나 교량 손상 검사 완료 후 우려 사항이 있는 경우 교량 소유자에게 RFA를 제출한다. 교량 소유자는 유형 III 손상 검사 또는 기타 조치가 필요한지 결정하기 위해 RFA를 검토할 책임이 있다. 전형적인 유형 II 손상의 예는 그림 5에 나와 있다.



그림 5. 미시간주 전형적인 유형 II 손상의 예

유형 III 손상 검사.

유형 III 손상 검사는 주요 구조 요소에 대한 심각한 손상으로 인해 구조적 안정성이나 구조적 용량 손실이 우려될 때 수행된다. 이러한 검사의 대부분은 법 집행 기관의 구두 요청을 통해 시작되지만, RFA 또는 실제 검사의 결과로 개시될 수도 있으며, 조사의 완료는 현장 상황이 검사관과 장비가 손상부재를 검사할 수 있을 정도로 안전해지는 즉시 완료된다. 구성 요소, 모든 손상 검사와 마찬가지로 자세한 측정값과 사진이 문서화된다. 그러나 유형 III 손상 검사가 요청되는 대부분의 경우 교량 아래 및 위 차량의 안전한 통행을 유지하기 위해 즉각적인 수리 및 기타 제한 또는 활동이 필요하다. 현장을 확보하고 운전자와 승객을 안전하게 대피시키기 위해 설치된 교통 통제는 손상으로 인해 구조물의 안전한 하중 전달 능력이 감소했는지 여부 및 임시 지주 여부에 대한 평가를 포함하여 유형 III 손상 검사가 완료될 때까지 그대로 유지된다. 일단 구조물이 안정화된 후, 차선/하중 제한을 영구적으로 제공하는 것이 필요하다면 RFA가 개발되고 구조물의 영구 수리 및 복원 공사를 위한 계획이 수립된다. 또한 완료된 활동에 대한 설명이 교량 파일의 Type III 손상 보고서와 함께 제공되고 포함된다. 전형적인 유형 III 손상의 예는 그림 6에 나와 있다.



그림 6. 미시간주 전형적인 유형 III 손상의 예

교량 소유자는 필요할 수 있는 즉시 및 중간 조치를 조정할 책임이 있다. 그러나 공공 안전은 수행되는 모든 조치에서 가장 중요하다. 절차에는 다음을 위한 별도 섹션이 포함됩니다. 콘크리트 상부구조; 콘크리트 하부구조; 이동식 교량 및 선박 충돌; 및 화재 피해. 유형 I, II 또는 III 손상 검사에 설명된 대로 손상을 문서화하는 것은 완전하고 정확한 교량 파일을 유지하고 수리 및 재건 작업을 개발하는 데 사용하는 데 매우 중요하다.

3) 미네소타주 교통부

미네소타주 교통국(MnDOT)의 교량 손상 절차는 교량 및 구조물 검사 프로그램 매뉴얼의 부록 J 및 K에 설명되어 있다. 미네소타 교량 및 구조물 사고 대응 계획이라는 제목의 부록 J는 대응 개요, 책임 정의 및 순서도를 포함한다. 부록 K는 그림 7과 같이 Bridge Incident – After Action Review에 대한 샘플

플/형식을 제공한다.

미네소타주 교통국(MnDOT)의 부록 J의 목적은 사고가 발생했을 때 적절한 인증 인력과 장비가 교량이나 구조물에 파견될 수 있도록 주 전체의 의무적인 교량 및 구조물 사고 대응 계획을 수립 및 구현하고 사고가 적절하게 조사되도록 하는 것이다. 문서화되고 보고되며 대응/수리 조치 계획이 시의 적절하고 완전하며 정확한 방식으로 개발 및 구현된다. 대응 계획은 연방고속도로관리국(FHWA)의 많은 사고 관리 자원을 중심으로 구성되며, 환경 요인 또는 인간 행동으로 인한 구조적 손상을 평가하기 위한 예정되지 않은 검사를 위해 미국 교량 검사 표준(23 CFR 650.305)과 결합된다.(5-8) 미네소타주 교통국(MnDOT)에 따르면, 교량 사고는 자산의 구조적 무결성에 영향을 미치거나 영향을 미칠 수 있는 모든 것으로 충격 손상, 심각한 열화, 세굴 또는 데크 콘크리트 낙하 또는 손상된 교량 난간/난간과 같은 공공 안전 위험을 포함할 수 있다. 피해신고는 구조물정보관리시스템에 기록 및 기록되며, 피해가 중대한 발견사항일 경우 교량 및 구조물 검사프로그램 매뉴얼 6.2절에 중대한 발견사항 보고 절차를 따른다. 교량 및 암거 외에도 이 프로세스는 오버헤드 및 캔틸레버 표지판 구조물, 높은 마스트 타워 조명, 옹벽, 소음 벽 등과 같은 보조 구조물에 적용된다. 미네소타주 교통국(MnDOT)에서 보고한 트럭 충돌 손상의 예는 그림 7 및 그림 8에 나와 있다.



그림 7.미네소타주 트럭 충돌로 인한 기둥 구조 손상의 예



그림 8. 미네소타주 트럭 충돌로 인한 상부 구조 및 난간 손상의 예.

사고에 대한 미네소타주 교통국(MnDOT)의 대응은 다음과 같다.

- 교량 또는 구조물을 평가하고 여행하는 대중의 안전을 보장하기 위해 적절한 조치를 취할 수 있도록 자격을 갖춘 교량 직원에게 즉시 통지 및 파견한다.
- 사고와 그 영향을 합리적으로 이해하는 즉시 적절한 통신 링크와 운전자 정보 매체를 활성화합니다..
- 결과 문서화 및 보고한다.
- 필요한 수리 조치 계획을 준비하고 시행한다.

4. 요약

”교량 고정물에 대한 충돌“이라는 제목의 미국 고속도로 교통 안전국(NHTSA) 범주에 기록된 바와 같이 전국적으로 기록된 교량 타격의 평균 수는 연간 15,000건 이상이다. 이러한 교량 충돌의 대부분은 교량 스트링거 또는 거더와의 차량 상부 충돌이다. 그러나 교각과 트럭이 충돌하여 교량이 붕괴되는 경우도 있다. 마지막으로, 수는 적지만 트럭 충돌만큼 다리에 손상을 줄 수 있는 선박 충돌 사고도 있었다.

이러한 통계와 교량 충돌로 인한 심각한 안전 및 경제적 영향에 대한 잠재성을 기반으로 주 교통국(State DOT)은 다양한 대응 프로토콜을 개발했다. 각 주 교통국(State DOT)의 구체적인 대응은 다르지만 모든 주 교통국(State DOT)은 교량 충돌에 대응할 때 가장 중요한 목표로 안전을 우선시한다. 최초 대응자에는 일반적으로 주 및 지방 경찰, EMT 및 주 교통국(State DOT) 유지 관리 요원이 혼합되어 있다. 차량 운전자와 승객의 안전(주로 경찰과 EMT의 책임)이 완전한지 확인한 후에야, 주 교통국(State DOT)절차가 시행된다. 효율적이고 효과적으로 대응하고자 하는 열망과 연방고속도로 관리국(FHWA)이 손상 검사를 교량 검사의 한 유형으로 인식한 것을 기반으로(미국 교량 검사 표준(23 CFR 650.305)), 많은 주 교통국(State DOT)은 교량 검사 매뉴얼 또는 교량 손상 검사 절차의 섹션을 상당부분 포함시켰다.

<원문제목> Case Study: Response to Bridge Impacts – An Overview of State Practices

<원문출처> FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, Office of Bridges and Structures

(<https://www.fhwa.dot.go>)