르네방재정책연구원 | 특집 보고서

교량 붕괴의 교훈과 선제적 교량관리 — 미국·일본의 제도와 한국의 과제

정책 연구 보고서

르네방재정책연구원

2026년 11월 3일

renetopia.net

※ 이 보고서는 AI(Gemini)를 보조로 작성되었으며, 본문의 [번호]는 참고문헌의 근거 자료를 가리킵니다. 공개 전 연구자가 사실 관계를 검토해야 합니다.

요약

교량 붕괴는 지금도 세계 곳곳에서 이어지고 있다. 미국에서는 1989~2000년에 거의 매주 하나꼴로 교량이 무너졌고, 최근에도 이탈리아 모란디교(2018), 미국 키브리지(2024), 독일 카롤라교(2024), 인도 감비라교(2025)가 무너졌다 [4, 7, 10, 11, 12]. 이 보고서는 사고의 원인과 각국의 교량관리 제도를 비교하고 정책 과제를 제시한다.

주요 내용

- 미국 교량 붕괴의 절반 이상은 홍수·하상세굴이고, 선박 충돌(12%)과 노후화·과하중(각 9%)이 뒤를 잇는다. 미국은 실버교(1967)·미아누스교(1983)·쇼하리 크릭교(1987)·I-35W교(2007) 붕괴를 겪을 때마다 점검 의무화, 무여유도 강재 인장부재(NSTM)[1] 점검, 수중점검을 차례로 도입하였다 [1, 2, 4].
- I-35W교는 규정대로 관리 중이던 다리였지만, 연결판 설계 오류에 두 차례 개수 공사로 늘어난 하중과 공사 자재 하중이 겹쳐 무너졌다(13명 사망) [5, 6].
- 성수대교(1994, 32명 사망)는 NSTM인 수직재의 용접 부실과 유지관리 부재, 잘못된 보수가 겹친 사고였다. 국내 교량 피해의 대부분은 홍수로, 1964~2007년 도로교 7,533개가 피해를 입었다 [1, 23, 24].
- 2023년 정자교(1명 사망)는 노후화와 점검 뒤 보수 지연이, 2025년 안성 청용천교(4명 사망)는 건설 중 전도방지시설을 임의로 없앤 것이 원인이었다 [15, 16, 17].
- 미국은 점검 결과를 점수로 만들어 예산을 배분하고 2022년 위험 기반 점검 주기로 바꾸었다. 일본은 2014년부터 모든 교량을 5년마다 근접 육안점검해 두 번째 순회까지 점검률 99% 이상을 달성하였다 [2, 9, 13].
- 우리나라 교량은 4만 개를 넘었고 2030년에는 29.3%가 30년을 넘긴다. 그러나 NSTM 관리 체계가 없고, 지방도 교량 개선 예산은 2024년보다 2026년에 12.5% 줄었다 [2, 20, 21, 22].

정책 제언

- NSTM과 PT 텐던 등 숨은 위험부재를 목록화하고 별도 점검·상시 감시 체계를 만든다 [1, 2, 10].
- 홍수·세굴을 교량 정책의 출발점으로 삼아 수중점검과 세굴 평가를 법정화한다 [1, 24].
- 대형 교량의 선박·차량 충돌과 하부 화재 위험을 정기적으로 평가한다 [7].

---

1 무여유도 강재 인장부재(NSTM, Nonredundant Steel Tension Member): 인장력을 받는 강재 부재 가운데, 끊어지면 다른 부재가 하중을 대신 받지 못해 교량 전체나 일부가 갑자기 무너질 수 있는 부재. 종전에는 '붕괴유발부재(FCM, Fracture Critical Member)'라고 불렀으나, 2022년 미국 전국교량점검기준(NBIS) 개정으로 이름과 정의가 바뀌었다. 새 정의는 구조 전체와 부재 내부의 여유도를 인정해, 실제로는 하중을 나눠 받을 수 있는데도 붕괴유발부재로 분류되던 부재를 가려낼 수 있게 하였다 [9]. 국내 도로교 설계기준은 '파괴임계부재', 일본은 '파괴위험부재'라는 말을 쓴다 [1]. 이 보고서는 NSTM으로 통일하되, 옛 문서의 제목은 원래 이름대로 적었다.

- 근접 육안점검 원칙, 점검자 인증·재교육, 점검 결과 공개로 점검의 질을 높인다 [2, 9, 13].
- 점검 결과를 보수 우선순위와 예산 배분에 연결하고, 지자체에 대한 국가의 대행·보조를 늘린다 [2, 13, 22].

조사 방법

이 보고서는 르네방재정책연구원이 2017년 홈페이지 '관련자료 › 교량붕괴'에 게재한 글(미국·세계·국내의 교량붕괴, I-35W 교량 붕괴)과 원장(조성일)의 대학원 강의 자료 「교량 붕괴」(사례편·정책편, 2023), 2015년 국회 자문 보고서 「국내 교량관리 개선방향 모색」을 뼈대로 삼았다. 사실은 NTSB·FHWA, 일본 국토교통성, 국토교통부 자료로 확인하고 2018~2026년의 상황은 공개 보도로 보완하였다. 원고 정리에는 AI(Claude)를 보조로 사용하였다.

1. 서론: 교량 붕괴는 지금도 진행형

지금도 무너지는 다리

1994년 10월 21일 오전 7시 38분, 서울 한강의 성수대교 중앙부 상부 트러스 48m가 강으로 떨어져 출근길 시민 32명이 숨지고 17명이 다쳤다 [1, 4]. 많은 사람이 성수대교를 우리나라에서 일어난 거의 유일한 교량 붕괴로 기억하지만, 교량 붕괴는 지금도 세계 곳곳에서 이어지고 있다. 세계 최고 수준의 관리 체계를 갖춘 미국에서도 1989년부터 2000년까지 503개의 교량이 무너졌는데, 거의 매주 하나꼴이다 [4]. 1966년부터 2005년까지로 넓히면 1,502개에 이른다 [1].

최근에도 대형 붕괴가 끊이지 않는다. 2018년 이탈리아 제노바 모란디교 붕괴(43명 사망), 2024년 미국 볼티모어 키브리지 선박 충돌 붕괴(6명 사망), 같은 해 독일 드레스덴 카롤라교 붕괴, 2025년 인도 구자라트주 감비라교 붕괴(22명 사망)가 잇따랐다 [7, 10, 11, 12]. 국내에서도 2023년 성남 정자교 보행로가 무너져 1명이 숨졌고, 2025년에는 안성의 고속도로 건설 현장에서 교량 거더가 무너져 4명이 숨졌다 [16, 17].

이 보고서의 바탕

이 보고서는 연구원이 2017년 홈페이지 '관련자료 › 교량붕괴'에 게재한 글, 원장의 대학원 강의 자료 「교량 붕괴」(2023), 2015년 국회 자문 보고서 「국내 교량관리 개선방향 모색」을 뼈대로 삼았다 [1, 2, 3, 4, 5]. 여기에 2018~2026년의 사고와 제도 변화를 공공 자료와 보도로 보완하였다. 사고의 원인을 유형별로 정리하고, 미국·일본·유럽의 교량관리 제도와 우리나라의 제도를 비교한 뒤 정책 과제를 제시한다.

2. 세계의 교량 붕괴: 미국을 중심으로

미국: 대량 건설과 노후화

미국은 1950~1960년대 주간(州間) 고속도로를 건설하면서 교량을 대량으로 지었고, 지금은 약 62만 3천 개 교량의 평균 나이가 47년에 이른다 [1, 8]. 1989~2000년에 무너진 503개 교량의 원인을 보면 홍수와 하상세굴(물살에 교각 기초 주변 흙이 파여 나가는 현상)이 52%로 절반을 넘고, 선박·바지선 충돌이 12%, 열화·노후화와 과하중이 각각 9%였다 [4]. 1966~2005년 붕괴 1,502개 가운데서도 900개(60%)가 하상세굴로 무너졌다 [1].

미국의 교량관리 제도는 사고를 겪을 때마다 한 단계씩 바뀌어 왔다 [1, 2].

사고	피해	원인	이후 바뀐 제도
실버교(1967.12.15)	46명 사망	현수 체인 아이바(eye bar)의 피로파괴	교량점검 의무화, 전국교량점검기준(NBIS, 1971)
선샤인 스카이웨이교(1980.5.9)	35명 사망	화물선의 교각 충돌	교량 재건설(1987)
미아누스교(1983.6.28)	3명 사망	핀·행어의 부식과 피로균열, 점검 인력 부족	「붕괴유발부재 점검매뉴얼」(FHWA, 1986, 현 NSTM 점검)
쇼하리 크릭교(1987.4.5)	10여 명 사망	홍수 때 하상세굴로 교각 파손	수중부재 특별점검 의무화
I-35W교(2007.8.1)	13명 사망, 145명 부상	연결판(gusset plate) 설계 오류와 하중 증가	유사 교량 긴급점검, 점검 체계 재검토

미아누스교가 무너질 당시 코네티컷주는 12명의 인력으로 3,425개 교량을 관리하고 있었다 [1]. 사람과 예산이 부족하면 제도가 있어도 점검이 형식에 그친다는 사실을 보여 준다.

I-35W교 붕괴: 관리 중에 무너진 다리

2007년 8월 1일 오후 6시경 미네소타주 미니애폴리스의 미시시피강을 건너는 I-35W교가 무너져 차량 111대가 추락하고 13명이 숨졌다 [5, 6]. 1967년 개통한 이 다리는 강재가 적게 든다는 이유로 1950~60년대에 많이 지어진 3경간 연속 데크 트러스교였다. 1977년 상판 피복을 두껍게 하는 공사로 하중이 13.4%, 1998년 중앙분리대·가드레일 교체로 다시 6.1% 늘었다 [5]. 2006년 점검에서 '불량(4등급)'을 받았고 종합평가점수(SR)는 50점이었다. 진단 용역은 NSTM 52곳에 강판을 덧대는 방안을 제시했지만, 비용과 시공 위험을 이유로 시행되지 않았다 [1, 5].

사고 당일에는 보수공사를 위해 8개 차로 중 4개를 막고 공사용 자재와 장비 약 261톤을 한쪽에 쌓아 두었다 [1]. 미국 연방교통안전위원회(NTSB)는 붕괴가 시작된 U10 결절점의 연결판이 처음부터 너무 얇게 설계되었고, 두 차례의 개수 공사로 늘어난 하중과 사고 당일의 교통·공사 하중이 겹쳐 무너졌다고 결론지었다 [6]. 또한 설계 검토 절차의 부실, 보수공사 때 공사 하중 배치 지침의 부재, 내하력 평가와 점검 지침에서 연결판이 빠져 있었던 점을 지적하였다 [5, 6].

규정에 따라 관리하던 다리가 무너졌다는 점에서 충격이 컸다. 같은 형식의 교량이 전국에 750개 있었고 그 가운데 3분의 1이 '구조적 결함' 판정을 받은 상태였다. 정부는 취약한 470개 교량을 긴급점검하고, 미네소타주 교통국은 점검·진단 자료를 모두 공개하였다 [1, 5]. 당시 전국 607,363개 교량 중 73,533개(12.1%)가 구조적 결함 판정을 받았고, 20년간 최소 1,880억 달러의 보수비가 필요하다는 추정이 나왔다 [5].

붕괴의 네 가지 유형

유형	특징	대표 사례
NSTM의 파단	여유도가 없는 인장 부재 하나가 끊어지면 전체가 갑자기 무너짐. 피로균열은 표면에 보일 때 이미 수명의 약 90%가 지난 상태	실버교, 미아누스교, I-35W교, 성수대교 [1]
홍수·하상세굴	교각 기초 주변이 파여 붕괴. 붕괴 원인 중 가장 많음	쇼하리 크릭교, 해치강교, 국내 홍수 피해 교량 [1]
충돌·화재	선박·바지선·과적 차량 충돌, 교량 하부 화재	선샤인 스카이웨이교, 키브리지, 중동IC 고가 [1, 7]
기타	군중 하중, 공진, PC 강재 부식, 시공 중 붕괴	브로턴교(1831), 일본 PC 교량, 안성 청용천교 [1, 17]

최근의 대형 붕괴가 남긴 교훈

- 이탈리아 제노바 모란디교(2018.8.14): 1967년 개통한 사장교의 일부가 폭우 속에 무너져 43명이 숨졌다. 사장 케이블의 부식과 손상이 원인으로 지목되었다 [11].
- 미국 볼티모어 키브리지(2024.3.26): 정전으로 조종 능력을 잃은 컨테이너선 달리(Dali)호가 교각을 들이받아 다리가 무너지고 다리 위에서 일하던 도로 보수 작업자 6명이 숨졌다. NTSB는 관리기관이 선박 충돌에 대한 붕괴 위험을 한 번도 계산하지 않았고, 실제 위험은 미국도로교통행정협회(AASHTO) 허용 기준의 약 30배였다고 밝혔다. 이어 19개 주 68개 교량에 취약성 평가를 권고하였다 [7].
- 독일 드레스덴 카롤라교(2024.9.11): 감정 결과 시공 당시부터 시작된 수소유기 응력부식균열이 구조물 안에서 수십 년간 보이지 않게 진행되다 교통하중에 의한 피로와 겹쳐 무너졌다. 이런 손상은 음향방출(AE) 계측으로만 찾을 수 있다는 결론이 나왔다 [10].
- 인도 감비라교(2025.7.9): 1985년 지은 다리가 무너져 22명이 숨졌다. 주민들이 수년간 노후화를 경고했지만 유지관리와 감독이 미흡했다. 사고 뒤 구자라트주는 교량 1,800여 개를 점검해 20개를 전면 통제하였다 [12].

일본: PC 강재 부식에 의한 붕괴

일본에서는 PC 강재(콘크리트에 긴장력을 주는 강선)의 부식에 의한 붕괴가 잇따랐다. 1983년 마츠노키세교(松の木瀬橋, 1967년 준공)는 외부 PT 텐던 정착구의 부식으로, 1986년 나가노현 신스가교(新菅橋, 1969년 준공)는 결로와 잔류 염소이온으로 부식된 외부 텐던이 끊어져 무너졌다. 1990년에는 기후현 시마다교(島田橋)도 PC 강재 파단으로 붕괴하였다 [1, 4]. 겉으로 보이지 않는 곳에서 진행되는 부식이 가장 위험하다는 점은 드레스덴 카롤라교와 같다.

3. 국내의 교량 붕괴

성수대교 붕괴(1994)

성수대교는 1979년 10월 개통한 게르버식 트러스교였다. 길이 48m의 현수 트러스가 양쪽 지지 트러스에 핀 구조의 수직재로 매달려 있었는데, 이 수직재는 여유도가 없는 NSTM이었다 [1]. 1994년 10월 21일 오전 7시 38분 5·6번 교각 사이의 현수 트러스가 떨어지며 승용차와 버스가 강으로 추락했고, 16번 시내버스에서만 24명이 숨졌다 [4].

서울지방검찰청 감정단과 서울시 백서가 밝힌 원인은 다음과 같다 [1, 23].

- 직접 원인: 수직재와 핀 플레이트 연결부의 용접 부실(완전 용입이 안 되었고 시방서의 X형 개선 작업도 하지 않음). 파단면에 묻은 페인트는 붕괴 훨씬 전에 이미 균열이 있었다는 뜻이었다.
- 유지관리의 부재: 준공 뒤 유지관리 예산은 연 3천만 원에 불과했고 안전점검·진단 없이 신축 이음 보수에만 쓰였다.
- 잘못된 보수: 가로보를 받치려고 핀 수직재에 브래킷을 직접 용접해 핀의 회전 기능을 막았고, 그 결과 생긴 2차 응력이 피로균열을 앞당겼다.
- 간접 원인: NSTM을 용접으로 연결한 설계, 공기 단축을 다그친 시대 분위기, 피로 설계기준과 감리 제도의 부재.

사고 당일 서울시장이 경질되고 대통령이 대국민 사과를 하였다. 1995년 1월 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」이 제정되어 교량·터널 등의 안전점검과 정밀안전진단이 의무화되었고, 시설안전기술공단 설립과 책임감리 제도 도입이 이어졌다. 서울시는 도시안전본부를 신설하고 1998년 시설물별 점검매뉴얼을 펴냈다 [1, 4].

그 밖의 사고

- 마포대교 유람선 충돌(1990.9.11): 홍수로 불어난 한강에서 닻이 풀린 유람선이 바지선과 유람선을 들이받아 8번 교각에 충돌, 14명이 사망·실종되었다 [1].
- 남해 창선대교 붕괴(1992.7.30): 빠른 유속 속에 우물통 기초가 잘못 시공되고 바닷물로 기초가 부식되어 2명이 숨졌다 [1].
- 부산 구포교: 1993년 재난위험시설로 지정되었으나 2003년 태풍 '매미'로 일부가 무너졌고, 2005년 추가로 붕괴하였다 [1].
- 외곽순환고속도로 중동IC 고가(2010.12.13): 고가 아래 주차한 유조차 화재로 상판이 손상되어 철거 후 다시 지었다. 이후 교량 하부 공간 정비가 시작되었다 [1].

정자교와 안성 청용천교

2023년 4월 5일 성남시 분당구 정자교의 보도부 약 40m가 무너져 2명이 5m 아래로 떨어졌고 1명이 숨졌다 [16]. 국토교통부 조사 결과 동결융해와 제설제로 손상된 도로부 콘크리트가 캔틸레버 보도를 지지하는 철근을 붙잡지 못했고, 시료 17개 중 14개가 설계기준강도에 못 미쳤다. 포장 균열, 끝단 처짐, 백태 같은 징후가 이미 점검에서 보고되었지만 제때 보수되지 않았다 [15]. 전국 도로교량 29,186개 중 같은 형식의 캔틸레버 교량은 1,313개였다 [15]. 정부는 30년이 지난 2·3종 시설물 정밀진단, 정기점검 책임기술자 자격을 초급에서 중급으로 상향, 중대결함 보수기한 단축, 점검 미실시 과태료를 최대 5천만 원으로 올리는 대책을 내놓았다 [16].

2025년 2월 25일에는 서울세종고속도로 안성 구간 청용천교 건설 현장에서 교각 위에 올린 거더가 무너져 4명이 숨지고 6명이 다쳤다. 건설사고조사위원회는 거더 전도를 막는 받침(스크류잭)을 작업 편의를 위해 미리 없앤 것이 결정적 원인이었고, 거더 설치 장비(런처)를 안전 인증 범위 밖인 후방으로 움직였으며, 원청과 발주청이 이를 걸러내지 못했다고 밝혔다 [17]. 교량은 다 지은 뒤만이 아니라 짓는 과정에서도 무너진다.

해마다 반복되는 홍수 피해

국내 교량 피해의 대부분은 홍수다. 1964년부터 2007년까지 44년 동안 도로교 7,533개가 홍수로 붕괴 등의 피해를 입었고, 태풍 '루사'(2002)와 '매미'(2003) 때 피해가 특히 컸다 [24, 1]. '루사' 때 전국에서 교량 83곳과 소교량 504곳이 피해를 입었는데, 기술 없이 주민이 지은 1970년대 새마을 교량과 표준도로 지은 1980년대 교량의 피해가 가장 심했다 [1]. 정부는 2002년 하천시설기준과 「홍수방재를 위한 중소규모 교량 설계지침」을 마련했지만 이미 지어진 교량이 많아 피해는 이어질 수밖에 없다 [1].

미국은 붕괴의 절반 이상이 홍수·세굴이지만, 우리나라는 거의 전부가 홍수 피해이고 해마다 되풀이된다 [4]. 그럼에도 '자연재해'로 여겨지고 지방의 작은 다리라는 이유로 사회적 관심을 받지 못한다. 교량은 홍수 때에도 강을 건널 수 있게 하려고 만드는 시설인 만큼, 홍수에도 무너지지 않도록 점검·보강하거나 교체하는 것이 원칙이어야 한다 [1].

4. 교량관리 제도 비교: 미국·일본·유럽과 한국

점검 제도 한눈에 보기: 미국·일본·한국

세 나라의 교량 점검 제도를 비교하면 다음과 같다 [2, 9, 16].

구분	미국	일본	한국
근거	전국교량점검기준(NBIS, 1971 제정·2022 개정)	도로법 시행규칙(성령, 2014.7 시행)	시설물안전법(1995 제정), 소규모공공시설법(2016 시행)
대상	공공도로의 경간 20ft(약 6m) 이상 교량	교장 2m 이상 모든 도로교	1·2·3종 시설물 교량, 법정 외 소규모 교량
정기점검	24개월(상태 불량 12개월, 양호하면 최대 48개월)	5년 1회, 모든 부재 근접 육안(필요하면 타음·비파괴검사)	반기 1회 이상 외관 조사, 소규모 시설은 연 1회
정밀점검·진단	필요할 때 상세점검	근접 육안점검이 정기점검의 기본	정밀점검 1~3년 1회(등급별), 정밀안전진단(1종) 4~6년 1회
특수 부재·수중	NSTM 근접점검 24개월(최대 72개월), 수중점검 60개월(최대 72개월)	근접 육안점검에 포함	따로 정한 법정 주기 없음(정밀점검·진단에 포함)
평가	상판·상부·하부 0~9등급, 4 이하 구조적 결함	건전성 4단계(Ⅰ 건전 ~Ⅳ 긴급조치)	안전등급 5단계(A~E), D·E는 취약시설
점검자	국가 인증 명부, 팀장·관리책임자 5년마다 18시간 재교육	국가가 지자체 기술자 연수 지원	정기점검 초급(중급 상향 추진), 정밀점검 고급, 정밀안전진단 특급 기술자

미국: 점검·평가·예산을 하나로 묶은 체계

미국 교량관리의 두 축은 전국교량점검프로그램과 교량 교체·보수 예산이다. 각 주가 연방 기준(NBIS)에 따라 점검한 결과를 전국교량대장(NBI)에 올리면, 연방은 이를 바탕으로 교량별 종합평가점수(SR, 0~100점)를 매겨 50점 미만은 교체, 50~80점은 보수 대상으로 보고 예산을 배분해 왔다 [2]. 점검 결과가 곧 예산으로 이어지는 구조다. 이 교체·보수 프로그램 규정은 2022년 개정 때 삭제되었지만, 점검 결과를 전국 대장에 모아 투자 판단에 쓰는 틀은 그대로다 [9].

2022년 6월 시행된 NBIS 개정은 위험도에 따라 점검 주기를 달리하는 방향으로 바뀌었다 [9].

- 정기점검은 24개월이 기본이며, 상태등급 3 이하는 12개월, 조건을 갖춘 양호한 교량은 최대 48개월까지 늘릴 수 있다.
- 종전의 '붕괴유발부재(FCM)'를 'NSTM'으로 바꾸고 정의를 새로 하였으며, NSTM 점검을 맡는 팀장에게 별도 교육을 의무화하였다. 수중점검 주기는 최대 72개월이다.

- 주마다 국가 인증 점검자 명부를 두고, 관리책임자와 팀장은 5년마다 18시간의 재교육을 받아야 한다.

교육은 연방도로청 산하 국립도로연구소(NHI)가 맡아 교량 관련 40개 과정(설계 20, 점검 16, 보수 3, NSTM 1)을 운영한다 [2]. 뉴욕시는 위험 정도에 따라 빨강·노랑 '안전깃발'을 붙여, 빨강은 6주 안에 조치하고 위급한 경우 24시간 안에 응급조치하도록 한다 [2]. 1974년에는 트럭의 중량 대비 길이를 제한하는 교량통과하중공식을 법제화하고 중량검사소로 과적을 단속하고 있다 [2].

투자도 늘었다. 2021년 인프라투자일자리법으로 교량 공식배분 예산 275억 달러와 교량투자프로그램 125억 달러가 마련되었고, 미국 토목학회의 2025년 성적표에서 교량은 C등급, '불량' 교량은 6.8%로 나타났다. 다만 교량 보수 수요는 여전히 1,910억 달러로 추정된다 [8].

일본: 사사고 터널 사고 이후 '5년 1회 근접 육안점검'

일본은 약 70만 개 도로교 가운데 약 50만 개를 시정촌이 관리한다. 2013년 조사에서 정(町)의 약 50%, 촌(村)의 약 70%에는 교량을 담당하는 토목기술자가 한 명도 없었고, 지자체 점검의 약 80%가 멀리서 눈으로 보는 방식이었다. 한 시에서 제3기관이 다시 근접 점검을 해 보니 약 30%의 결과가 달랐다 [2, 14].

2012년 사사고 터널 천장판 붕락(9명 사망)을 계기로 일본은 2013년 도로법을 고치고, 2014년 7월부터 모든 교량·터널을 5년마다 근접 육안점검하고 건전성을 4단계로 판정하도록 법령으로 정하였다 [2]. 첫 5년(2014~2018)에 교량 점검률 99.9%를 달성했고 [2], 두 번째 순회(2019~2023)에서도 99.4%를 점검하였다. 그사이 조기·긴급 조치가 필요한 Ⅲ·Ⅳ 판정 교량은 약 6.9만 개에서 5.6만 개로 줄었지만, 건설 후 50년이 지난 교량은 약 13만 개에서 21만 개로 늘었다. 첫 순회에서 Ⅲ·Ⅳ 판정을 받은 교량의 보수 착수율은 국가·고속도로 100%, 지자체 83%였고 완료율은 67%에 그쳤다 [13].

일본은 점검 외에도 지자체 기술자 교육, 중대사고 원인을 따지는 '도로 인프라 안전위원회', 국가의 점검·보수 대행 제도를 함께 도입하였다 [2]. 또한 중량 초과 대형차량은 교통량의 0.3%에 불과하지만 도로교 열화 영향의 약 90%를 차지하고, 20톤 차량 한 대가 10톤 차량 약 4,000대에 해당하는 영향을 준다는 분석을 근거로 과적 단속을 강화하였다 [2]. 도쿄도는 관리 교량을 장수명화·일반관리·소교량으로 나누어 212개 교량의 수명을 100년 이상 늘리는 계획을 추진하고 있다 [2].

유럽: 근접 점검의 정례화

구분	영국	프랑스	독일
정기(일반)점검	2년 1회, 육안	1년 1회, 육안	3년 1회(중간점검)
주요(상세)점검	6년 1회, 근접 육안	3년 1회(IQOA), 근접 육안	6년 1회, 근접 육안(DIN 1076)
점검 대상	도로청 관리 교장 3m 이상	국도 교장 2m 이상	교장 2m 이상

영국·프랑스·독일 모두 중앙정부 기준을 지방이 따르고, 교장 2m 안팎의 작은 다리까지 점검 대상에 넣고 있다 [2].

한국: 제도는 갖췄지만 사람·돈·기록이 부족

우리나라 교량은 2025년 말 40,597개, 연장 4,135km로 2016년보다 25.6% 늘었다 [20]. 2030년에는 교량의 29.3%(수도권 34.3%)가 30년을 넘길 것으로 전망된다 [21]. 교량은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(국토교통부, 1·2·3종)과 「소규모 공공시설 안전관리 등에 관한 법률」(행정안전부)로 나뉘어 관리된다. 점검 주기와 등급은 앞의 표와 같다 [2].

강의와 자문 보고서가 지적한 약점은 지금도 유효하다 [2, 3].

- NSTM 관리: 성수대교가 이 유형으로 무너졌는데도 별도의 점검 체계가 없다. 공단은 2000년 미국 매뉴얼을 번역한 「붕괴유발부재와 피로균열의 점검요령」을 낸 뒤 갱신하지 않았다. 서울시는 관리 교량 357개 중 72개(20%)에 NSTM이 있어 2014년부터 특별관리하고 있다.
- 점검의 질: 매뉴얼의 수준이 미국·일본에 못 미치고, 낮은 낙찰가와 재하도급으로 인한 부실점검 우려가 보도되었다.
- 예산과 인력: 2003~2013년 서울시 전체 예산은 61.6% 늘었지만 도로시설물 관리 예산은 18.7% 줄었고, 총예산 대비 비율은 1.74%에서 0.88%로 낮아졌다. 안전관리 인력은 필요 인원의 42%가 부족했다.
- 기록과 자산관리: 시설물관리시스템(FMS)은 점검·보수 이력을 저장하고 조회하는 수준이고, 장기 계획과 예산에 연결되지 않는다.

최근 제도도 바뀌고 있다. 「제5차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획」(2023~2027)은 소규모 노후 시설을 법정 관리 대상으로 넣고 D·E등급 소규모 시설은 장비를 이용한 정밀점검을 하도록 하며, AI·로봇·드론을 활용한 디지털 안전관리를 추진한다 [18]. 2024년 7월부터는 안전점검을 하려는 업체가 '안전점검전문기관'으로 등록해야 하고, 무등록 점검에는 벌칙이 적용된다 [19]. 그러나 현장의 재원은 오히려 줄고 있다. 전국 지방도 교량 6,741개 가운데 30년이 지난 교량이 32.2%인데, 교량·터널 개선 예산은 2024년 2,151억 원에서 2026년 1,882억 원으로 12.5% 감소하였다 [22].

5. 과제와 정책 제언

정책 제언

① 숨은 위험부재의 별도 관리: NSTM과 PT 텐던처럼 한 곳이 끊어지면 다리 전체가 무너지는 부재를 전국 단위로 목록화하고, 근접점검·비파괴검사 주기와 점검자 자격을 따로 정한다. 겉으로 보이지 않는 강선 부식은 드레스덴 사례처럼 음향방출(AE) 계측 등 상시 감시로 보완한다 [1, 2, 9, 10].

② 홍수·세굴에 대한 대비: 우리나라 교량 피해의 대부분이 홍수라는 사실을 정책의 출발점으로 삼는다. 수중점검과 세굴 평가를 법정 점검 항목으로 하고, 하천을 건너는 소교량은 위험도에 따라 보강·교체 우선순위를 정한다 [1, 2, 24].

③ 충돌·화재 위험 평가: 키브리지 사고는 관리기관이 충돌 위험을 계산조차 하지 않았던 데서 비롯되었다. 항로·하천의 대형 교량은 선박 충돌 취약성 평가를, 도심 고가는 차량 충돌과 교량 하부 화재 위험 평가를 정기적으로 시행한다 [1, 7].

④ 점검의 질 높이기: 일본처럼 근접 육안점검을 원칙으로 하고, 점검자 인증과 재교육, 제3자 점검을 통한 품질 확인, 부실점검 처벌을 강화한다. 점검·진단 결과는 미네소타주처럼 공개해 관리주체의 책임성을 높인다 [2, 5, 9, 13, 16, 19].

⑤ 점검 결과와 예산의 연결: 미국의 종합평가점수처럼 점검 결과를 점수로 만들어 보수·교체 우선순위와 예산 배분에 쓰고, 생애주기비용에 기초한 자산관리로 바꾼다. 재정 여력이 약한 지자체에는 일본처럼 국가가 점검·보수를 대행하거나 보조한다 [2, 3, 13, 22].

⑥ 과적과 건설 중 안전: 과적 차량이 교량 수명을 줄이는 만큼 단속을 강화하고, 건설 현장에서는 가설 장비와 임시 지지시설의 해체 기준을 명확히 해 발주청·감리의 확인 책임을 높인다 [2, 17].

사고를 기억하는 제도

대형 사고가 나면 안전에 대한 관심과 투자가 크게 늘지만, 시간이 지나면 사고의 기억이 흐려지고 위험이 다시 최소 요구 수준 아래로 떨어진다 [3]. 서해훼리호(1993)와 세월호(2014) 사이가 21년이었고, 성수대교 이후 30년 안팎이 지나 정자교와 안성 사고가 일어났다. 캐나다는 1907년과 1916년 퀘벡교 붕괴를 잊지 않으려고 엔지니어 졸업생에게 '철반지'를 끼워 직무상 책임을 일깨운다 [2]. 교량 안전도 사람의 기억에 기대지 않고, 점검·평가·예산·공개가 저절로 돌아가는 제도로 지켜야 한다.

참고문헌

[1] 르네방재정책연구원(조성일). 2023. 교량 붕괴 — 공공인프라의 관리상 문제점 및 대책(대학원 강의 자료, 사례편)

[2] 르네방재정책연구원(조성일). 2023. 교량 붕괴 — 교량관리 시스템 비교(대학원 강의 자료, 정책편)

[3] 조성일. 2015. 국내 교량관리 개선방향 모색 — 미국의 교량관리 실태와 제도 비교분석(자문 보고서)

[4] 르네방재정책연구원(조성일). 2017. 교량붕괴: 미국·세계·국내의 교량붕괴(연구원 누리집 글). https://renetopia.net/disaster-materials/bridge-collapse/bridge-collapse-01/

[5] 르네방재정책연구원(조성일). 2017. I-35W Bridge 붕괴(연구원 누리집 글). https://renetopia.net/i35w-bridge/

[6] 미국 연방교통안전위원회(NTSB). 2008. Collapse of I-35W Highway Bridge, Minneapolis, Minnesota, August 1, 2007 (HAR-08/03) (미네소타 I-35W 교량 붕괴 사고조사보고서). http://www.dot.state.mn.us/i35wbridge/pdf/ntsb-report.pdf

[7] CNN(KVIA 게재). 2025. One year after Baltimore bridge collapse, NTSB finds 68 US bridges need to be assessed for risk of collapse if hit by ship (볼티모어 교량 붕괴 1년, NTSB '선박 충돌 붕괴 위험 평가가 필요한 교량 68곳'). https://kvia.com/cnn-national/2025/03/20/one-year-after-baltimore-bridge-collapse-ntsb-finds-68-u...

[8] Roads & Bridges. 2025. 2025 ASCE Report Card: Bridges earn C, Roads get D+ (미국 토목학회 2025 인프라 성적표: 교량 C, 도로 D+). https://www.roadsbridges.com/infrastructure/article/55277020/2025-asce-report-card-bridges-earn-c...

[9] 미국 연방도로청(FHWA). 2022. National Bridge Inspection Standards, Final Rule (Federal Register 87 FR 27396) (전국교량점검기준(NBIS) 개정 최종규칙). https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2022-05-06/html/2022-09512.htm

[10] 드레스덴공과대학(TU Dresden). 2024. Gutachten zum Einsturz der Carolabrücke (드레스덴 카롤라교 붕괴 감정 결과). https://tu-dresden.de/tu-dresden/newsportal/news/gutachten-zum-einsturz-der-carolabruecke-tud-for...

[11] Wikipedia. 2018. Ponte Morandi collapse (모란디교(제노바) 붕괴). https://en.wikipedia.org/wiki/Ponte_Morandi_collapse

[12] Wikipedia. 2025. Gambhira Bridge collapse (인도 감비라교 붕괴). https://en.wikipedia.org/wiki/Gambhira_Bridge_collapse

[13] 일본 국토교통성. 2024. 橋梁等の 2023 年度点検結果をとりまとめ～道路メンテナンス年報（２巡目）の公表～ (교량 등의 2023년도 점검결과 — 도로 메인터넌스 연보(2순회) 공표). https://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_001838.html

[14] 일본 국토교통성 시코쿠지방정비국. 2015. 道路橋の維持管理に関する最近の議論 (도로교 유지관리에 관한 최근의 논의)

[15] 뉴스서울. 2023. 국토교통부, 정자교 붕괴사고 원인조사 및 대책 발표. https://newsseoul.co.kr/news/view/1065586806641717

[16] 뉴스토마토. 2023. 분당 정자교 붕괴사고 '시설 노후화·관리 부실이 원인'. https://newstomato.com/ReadNews.aspx?no=1193857

[17] 서울신문. 2025. 안성 고속도로 교량 붕괴, 전도방지시설 임의 제거가 결정적(건설사고조사위원회 발표). https://m.seoul.co.kr/news/2025/08/19/20250819500262

[18] 데일리안. 2023. 국토부, 사각지대 없는 시설물 디지털 안전관리 구현 추진(제5차 시설물의 안전 및 유지관리 기본계획). https://www.dailian.co.kr/news/view/1196762/

[19] 법무법인 대륜. 2024. 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 개정(2024.7.17 시행) 해설. https://www.daeryunlaw.com/newsletter/news/42

[20] 국토교통부. 2025. 도로교량 및 터널 현황(e-나라지표). https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=1213

[21] SBS Biz. 2024. 국내 인프라 10개 중 4개 곧 노후화(건설산업연구원「글로벌 지표로 본 한국 인프라 경쟁력」 인용). https://biz.sbs.co.kr/amp/article/20000153664

[22] 파이낸셜뉴스. 2026. 지방도 교량 10곳 중 6곳 '20년 이상'...노후화에도 개선 예산은 줄었다. https://www.fnnews.com/news/202610101937331312

[23] 서울특별시. 1995. 서울은 안전한가(성수대교 붕괴 관련 백서)

[24] LH 토지주택연구원. 2013. 기후변화 적응을 위한 LH 건설 토목구조 설계기준 검토 및 개정방안 연구(Ⅰ)