르네방재정책연구원 | 특집 보고서

PSC 교량의 보이지 않는 위험, PT 텐던 부식 — 해외의 경험과 서울의 대응, 정책 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 사실관계를 검토해야 합니다.

요약

PSC 교량은 콘크리트 속 강선(PT 텐던)으로 힘을 받는 구조여서, 강선이 녹슬어도 밖에서는 보이지 않는다. 서울에서는 2016년 정릉천고가 텐던 파단, 2020년 청담1교 텐던 부식이 있었고, 2026년에는 서소문고가차도 철거 중 PSC 거더 붕괴(3명 사망)와 포항 보릿돌교 붕괴가 잇따랐다 [6, 8, 10, 12]. 이 보고서는 PSC 교량의 원리와 부식의 원인, 해외의 경험과 서울의 대응을 정리하고 정책 과제를 제시한다.

주요 내용

- 텐던은 그라우트의 공극, 물·염화물 침투, 보수 그라우트 경계의 부식 전지, 불량 재료 때문에 부식된다. 내부 텐던의 부식을 찾을 신뢰할 만한 비파괴검사 기법은 아직 없다 [2, 5, 14].
- 영국은 사고 때마다 공법을 금지하고 PT 교량 약 1,100개를 5년간 3단계로 특별점검해 그라우트 미충전 30%, 정착구 부식 25%를 찾아냈다. 2010년부터는 AE 센서로 텐던 파단을 상시 감시한다 [4].
- 미국은 보수를 위해 다시 넣은 그라우트 경계에서 텐던이 끊어지고 불량 그라우트 제품이 문제가 되면서, 점검·보수 지침을 만들고 플로리다주는 왁스 충전재를 의무화하였다 [2, 5, 15].
- 일본은 블리딩 없는 그라우트를 2002년 의무화하고 내부 그라우팅 방식의 신규 건설을 억제하였다 [2].
- 서울은 정릉천고가 이후 PSC 교량 매뉴얼과 외부 긴장재 보강(79억 원)을 추진했고, 청담1교에서는 미세파괴시험으로 공용 중 안전을 확인하였다. 서울시설공단의 PSC 오픈이노베이션은 2026년 9월 제42회에 이르렀다 [1, 2, 7, 8].
- 2026년 보릿돌교는 준공 13년 만에 무너졌고 1차 감식에서 강연선의 심한 부식이 알려졌다. 이 다리는 시설물안전법상 정기 안전점검 대상이 아니었다 [12, 13].

정책 제언

- 오픈이노베이션·도로인프라 얼라이언스에 중앙정부와 주요 지자체가 참여해 PSC 교량 관리 역량을 국가 차원으로 키운다 [1].
- 전국 PSC 교량을 우선순위에 따라 3단계로 실태조사하고, 내부 텐던 상시 감시와 보수 기술을 현장에서 검증한다 [2, 4, 7].
- 내부 텐던 조사를 넣은 PSC 교량 전용 점검·진단 기준을 마련한다 [2, 6, 7].
- 노후 PSC 구조물의 해체·보수 공사에 구조 검토와 이상 징후 보고 절차를 엄격히 적용한다 [11].

조사 방법

이 보고서는 르네방재정책연구원이 2017년 홈페이지에 게재한 'PT 텐던 파단'(개요·유럽 사례·미국 사례), 원장(조성일)의 대학원 강의 자료 「PT Tendon」, 2026년 정부기관 특강 자료 「서소문고가차도 붕괴 등을 통해 본 교량 등 시설물의 위험과 정책 방향」을 뼈대로 삼았다. 서울시와 서울시설공단의 공개 자료, 2026년 사고에 관한 정부 발표와 보도로 사실을 확인·보완하였고, 공단 내부 보고서는 인용만 하였다. 원고 정리에는 AI(Claude)를 보조로 사용하였다.

1. 서론: 보이지 않는 곳에서 끊어지는 강선

보이지 않는 곳에서 끊어지는 강선

2016년 2월, 서울 내부순환로 정릉천고가의 해빙기 안전점검 중 콘크리트 박스 안의 PT 텐던 한 가닥이 끊어진 채 발견되었다. 서울시는 내부순환로 양방향 7.5km를 통제하고 약 한 달간 긴급 보수를 하였다 [2, 6]. 2020년 9월에는 강남 청담1교의 PSC 거더에서 텐던 부식이 발견되어 중차량 통행을 막았다 [8, 9].

2026년에는 PSC 교량과 관련된 사고가 두 번 일어났다. 5월 26일 서울 서소문고가차도를 철거하던 중 PSC 거더가 무너져 3명이 숨지고 3명이 다쳤고, 7월 28일에는 포항 구룡포의 해상 인도교인 보릿돌교 중간 구간이 바다로 무너졌다. 보릿돌교에서는 1차 감식에서 콘크리트 속 강연선이 심하게 부식된 것으로 알려졌다 [10, 12, 13].

PSC 교량의 강선은 콘크리트와 덕트 속에 묻혀 있어 눈으로 볼 수 없다. 영국에서는 붕괴 6개월 전 점검까지 열 번의 점검에서 아무 징후도 없던 다리가 무너졌다 [4]. 유럽·미국·일본은 1960년대부터 이 문제를 겪으며 공법을 금지하거나 기준을 바꾸고 감시 기술을 개발해 왔다.

이 보고서의 바탕

이 보고서는 연구원이 2017년 홈페이지에 게재한 'PT 텐던 파단'(개요·유럽·미국 사례), 원장의 대학원 강의 자료「PT Tendon」, 2026년 정부기관 특강「서소문고가차도 붕괴 등을 통해 본 교량 등 시설물의 위험과 정책 방향」을 바탕으로 하였다 [1, 2, 3, 4, 5]. 해외의 손상 사례와 대응, 서울의 경험, 서울의 경험을 차례로 살피고 정책 과제를 제시한다.

2. PSC 교량과 PT 텐던

PSC란 무엇인가

PSC(prestressed concrete) 구조물은 강선이나 강봉으로 콘크리트에 미리 압축력을 주어, 완공 뒤 자체 무게와 차량 하중으로 생기는 인장응력을 상쇄하도록 만든 구조물이다. 철근콘크리트가 작용하는 힘에 수동적으로 저항한다면, PSC는 인장력이 생길 곳에 미리 압축력을 걸어 두는 한 단계 앞선 기술이다 [3].

1920년대 프랑스의 프레시네(Freyssinet)가 고안해 1950년대 유럽의 전후 복구에서 널리 쓰였다. 강재가 부족하던 시절 재료를 크게 줄일 수 있었기 때문이다. 미국은 1960년대 장경간 교량에 쓰기 시작했고, 우리나라는 1981년 원효대교와 1984년 영동1교 이후 내부순환로의 두모교·서호교·정릉천고가·홍제천고가, 서강대교, 행주대교 등에 적용하였다 [3]. 교각을 많이 세우기

어려운 해협·도시에 유리하고 날렵하며, 강선의 부식만 막으면 75~100년 이상 쓸 수 있다. 반대로 강선이 부식되는 사례가 세계적으로 늘고 있다는 것이 약점이다 [3].

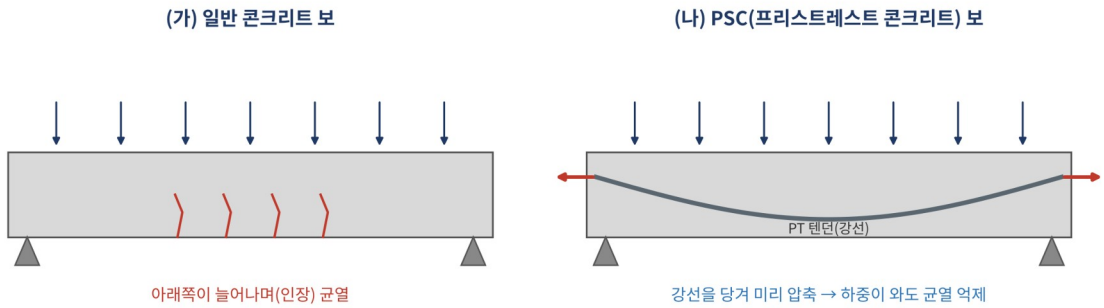


그림 1. PSC의 원리 — 일반 콘크리트 보와 PSC 보(르네방재정책연구원 작성)

공법의 분류

구분	내용
프리텐션 / 포스트텐션	콘크리트가 굳기 전에 강선을 긴장하면 프리텐션, 굳은 뒤에 긴장하면 포스트텐션(PT). 교량 같은 대형 구조물은 대부분 PT 공법
내부 / 외부 텐던	텐던이 콘크리트 안에 묻혀 보이지 않으면 내부(internal), 콘크리트 밖에 있어 보이면 외부(external)
부착 / 비부착	텐던이 주변 콘크리트와 붙어 응력을 전달하면 부착, 아니면 비부착. 부착식의 하중 저항능력이 더 좋음

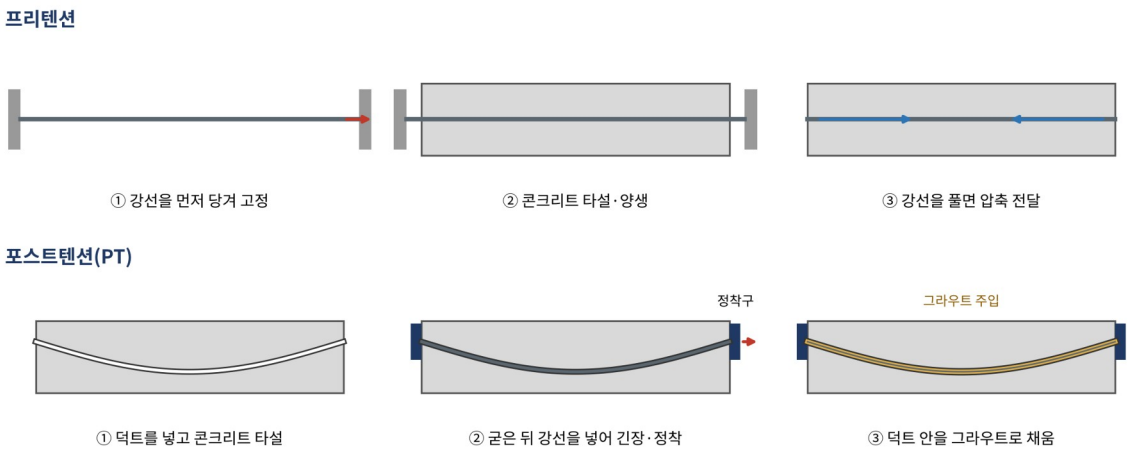


그림 2. 프리텐션과 포스트텐션의 작업 순서(르네방재정책연구원 작성)

PT 텐던[1]은 덕트 안을 그라우트로 빈틈없이 채워야 강선이 보호된다. 문제는 이 그라우트가 제대로 채워졌는지, 강선이 녹슬고 있는지를 밖에서 확인하기 어렵다는 데 있다 [2, 3].

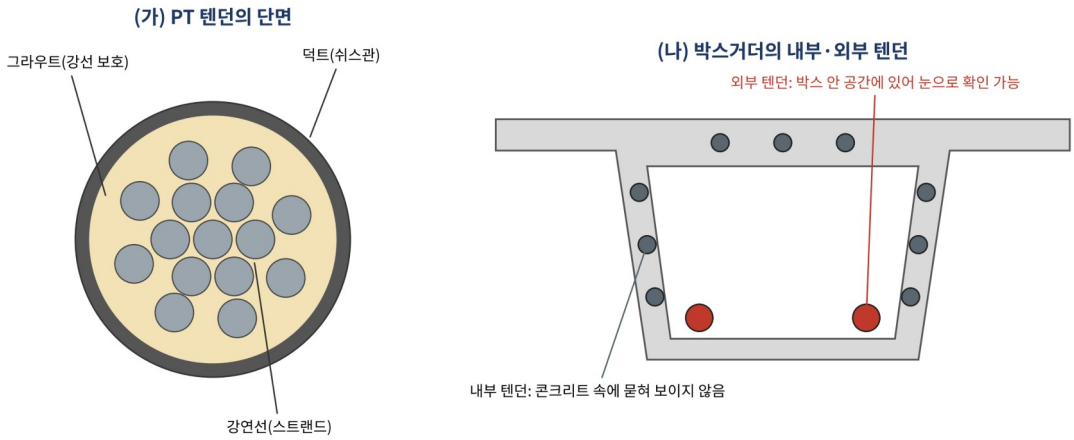


그림 3. PT 텐던의 단면과 박스거더의 내부·외부 텐던(르네방재정책연구원 작성)

왜 부식되는가

원인	내용
덕트 안의 공극	그라우트의 블리딩, 하향 경사 구간에 남은 공기, 그라우트가 일찍 굳어 끝까지 주입되지 못함
물과 염화물의 침투	제설제·바닷바람의 염분, 덕트 균열, 교면 방수 미시공, 물이 새는 신축이음
부식 전지	보수를 위해 새로 넣은 그라우트와 옛 그라우트의 경계에서 전위차가 생겨 부식이 빨라짐
불량 재료	염화물이 과다하게 든 요변성 그라우트 제품 등

위 원인은 유럽·미국·일본·홍콩의 사례를 종합한 것이다 [2]. 공극은 흔히 그라우트의 블리딩[2] 때문에 생긴다. 일본 PC공학회장은 그라우트가 PSC 구조물의 수명을 결정하며, 국부적으로 공극률이 40%에 이르는 곳도 있었다고 하였다 [2].

왜 찾기 어려운가

영국 이니스이그와스(Ynys-y-Gwas)교는 1953년 완공 뒤 붕괴 6개월 전 점검을 포함해 열 번 점검을 받았지만 부식의 징후가 밖으로 드러나지 않았다 [4]. 미국 교통연구위원회(TRB)가 2012년부터 수행한 연구는 2017년, 내부 텐던과 정착부의 강선 부식·단면 손실·파단을 찾아낼 비파괴검사 기법이 사실상 없다고 결론지었다. 그라우트 결함 조사의 신뢰성도 낮았다 [5, 14].

1 PT 텐던: 여러 가닥의 강연선(스트랜드), 이를 감싸는 덕트(쉬스관), 덕트 안을 채워 강선을 녹으로부터 지키는 그라우트, 양 끝의 정착구를 한데 묶어 부르는 말 [3].

2 블리딩(bleeding): 그라우트가 굳는 동안 시멘트 입자가 가라앉고 물이 위로 떠오르는 현상. 떠오른 물이 증발하면 덕트 윗부분에 빈 공간(공극)이 남고, 그 자리의 강선은 보호를 받지 못한다. 강선 사이 틈을 따라 물이 올라오는 '심지 효과'도 있다 [4].

내부 텐던은 결국 콘크리트를 조금 깨어 내고 내시경으로 들여다보거나, 끊어지는 순간의 소리를 잡아내는 음향방출(AE) 계측에 기댈 수밖에 없다 [2, 4].

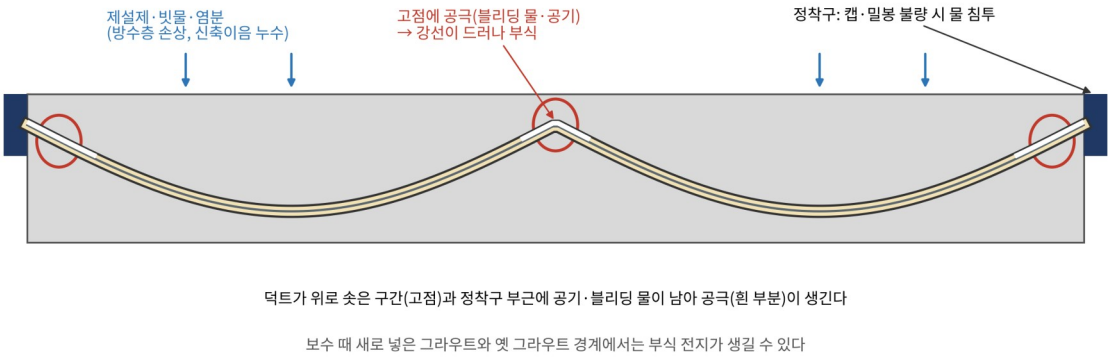


그림 4. PT 텐던이 부식되는 곳: 덕트 고점과 정착구의 공극, 물·염화물 침투(르네방재정책연구원 작성)

3. 해외의 PT 텐던 손상과 대응

영국과 유럽: 금지, 전수 점검, 상시 감시

영국은 사고가 날 때마다 공법을 금지하는 강한 조치를 택하였다. 1993년부터 5년 동안 PT 교량 약 1,100개를 서류조사, 현장 예비조사, 정밀 현장조사의 3단계로 점검했는데, 그라우트 미충전 30%, 덕트 내 수분 13%, 심각한 부식 10%, 정착구 부식 25%가 발견되었다 [4]. 1996년 영국 콘크리트학회는 덕트 완전 충전, 블리딩과 수축이 없는 그라우트, 방수·피복·정착구 캡·플라스틱 덕트·벤트 밀봉을 겹겹이 적용하는 다중 방식(防蝕) 대책을 내놓았고, 같은 해 금지를 풀되 내부 텐던을 쓰는 프리캐스트 세그먼트 교량은 계속 금지하였다 [4].

다른 나라도 비슷하였다. 스위스(1998, 107개 교량)는 13%, 오스트리아(2000, 10개)는 약 24%, 프랑스(1999, 163개)는 12%의 그라우트 결함을 찾았다. 유럽 17개국은 2002~2007년 PSC 구조물 내구성 공동연구(COST Action 534)를 수행하였다 [4]. 런던 해머스미스 고가(연장 622m)에는 2010년 AE 센서 300개와 경사계·응력계 등을 달아, 텐던이 끊어지면 50cm 오차 안에서 위치를 찾도록 하였다 [4].

미국: 재료의 실패와 보수의 역설

미국은 1990년대 말부터 플로리다의 해안 교량에서 파단이 잇따랐다. 미드베이교(1992년 완공)에서는 공극이 700곳에서 발견되어 텐던 846개 중 11개를 교체하였다 [5]. 버지니아주 바리나-에넌교는 2003~2004년 공극에 그라우트를 다시 주입했는데, 2007년 바로 그 보수 부위에서

텐던이 끊어졌다. 새 그라우트와 옛 그라우트 사이의 전위차가 부식을 앞당긴 것으로, 보수가 오히려 위험을 키울 수 있다는 사실이 드러나 버지니아와 텍사스는 PSC 교량 보수를 중지하였다 [2, 5].

연보로 본 손상과 대응

연도	나라·교량	무슨 일이 있었나	대응
1967	영국 빅턴 메도스 보도교	내부 텐던 부식으로 붕괴	—
1977	영국	브레이들리 로드교 강선 전면 교체	외부 텐던 공법 교량 적용 금지
1985	영국 이니스이그와스교	열 번의 점검에도 징후 없이 붕괴	부식 방지·교체 가능성 재검토
1992	벨기에 멜레교	점검할 수 없는 매입 텐던의 부식으로 붕괴	영국, 내부 텐던 공법 교량 적용 금지
1993~1998	영국	PT 교량 약 1,100개 5년 특별점검	3단계 조사, 내구성 대책 (1996)
1999~2000	미국 플로리다	나일스 채널교·미드베이교·선샤인 스카이웨이교 텐던 파단	텐던 교체, 그라우트 연구
2001	프랑스	잇단 텐던 파단	외부 텐던에 왁스 충전재 의무화
2007	미국 버지니아	바리나-에넌교, 보수한 그라우트 경계에서 파단	버지니아·텍사스 PSC 교량 보수 중지
2010	영국 해머스미스 고가	내부 텐던 심한 부식 확인	AE 센서 300개로 파단 감시
2011	미국 플로리다	링글링교 텐던 파단	텐던 17개 교체, 공극 500곳 이상 보수
2014	미국 플로리다	그라우트 결함 반복	왁스 충전재 의무화

연보는 강의 자료와 누리집 글을 정리한 것이다 [2, 4, 5]. 2016년 정릉천고가 이후 국내 사례는 4장에서 다룬다.

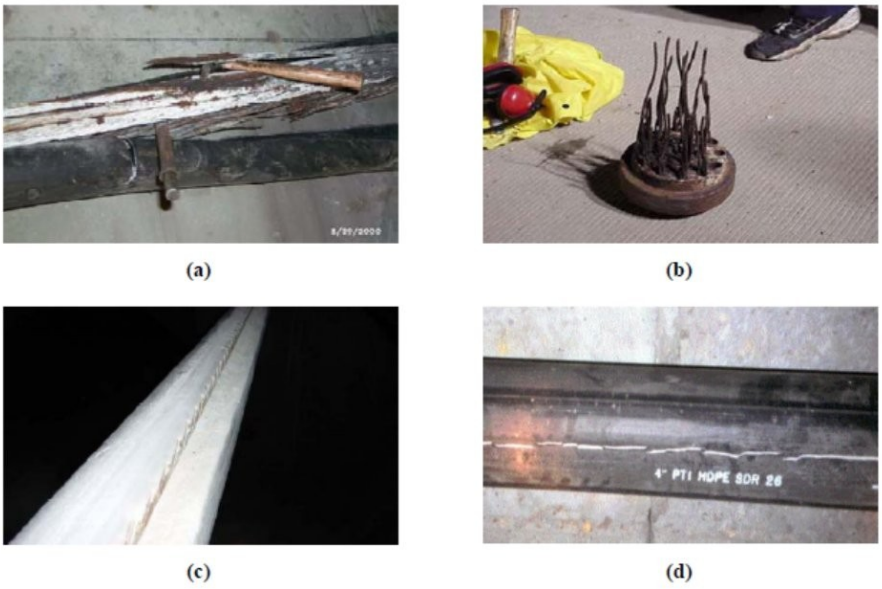


그림 5. 미국 플로리다 미드베이교의 외부 텐던 손상 조사(부식·파단된 강선과 덕트) — 자료: 미국 플로리다주 교통국 [19]

2003년 완공된 링글링교에서는 불과 8년 만에 텐던이 끊어졌다. 공극을 줄이려고 도입한 사전포장형 요변성 그라우트 일부 제품에서 염화물 과다, 중량 미달, 나무 조각 같은 이물질이 확인되면서 그라우트 품질이 전국적 문제가 되었다 [2, 5]. 이후 미네소타주의 PT 교량 점검 실무지침(2012), 연방도로청의 결함 그라우트 조사·평가·보수 지침(2013), 습기·자속 측정과 희생양극을 이용한 조사·보수 방법이 나왔고, 플로리다주는 2014년 왁스 충전재를 의무화하고 공극을 채우는 저점성 수지를 개발하였다 [5, 15, 16, 17].



그림 6. 미국 플로리다 링글링교의 텐던 부식(2011) — 자료: 미국 플로리다주 교통국

일본과 홍콩: 재료 기준과 우선순위 조사

일본은 1983년 마츠노키세교(松の木瀬橋), 1986년 신스가교(新菅橋), 1990년 시마다교(島田橋)가 PC 강재 부식으로 무너졌다. 1990년대 그라우트 결함이 많이 발견되자 도로관리공단은 내부 그라우팅 방식의 신규 건설을 막고 외부 텐던을 쓰도록 하였다. 1994년 교면 방수를 명시하고, 블리딩 없는 그라우트를 1996년 권고, 2002년 의무화하였으며, 투명 보호관과 미리 그라우트한 텐던을 개발해 150km 이상에 적용하였다 [2]. 홍콩은 고가도로의 30% 이상이 PT 구조인데, 교령·구조형식·취약부·교통량을 따져 1~5단계 우선순위를 정하고 영국식 3단계 조사로 점검하며, 결함부 재주입, 외부 텐던 추가, 낙교 방지용 가설 벤트, 영구 부식 감시 장치를 설치하였다 [2].

4. 국내의 PT 텐던 사고와 서울의 대응

정릉천고가 텐던 파단(2016)

1999년 PSC 공법으로 지은 정릉천고가는 2016년 2월 해빙기 점검에서 텐던 파단이 발견되었다. 서울시는 2월 22일 내부순환로 7.5km를 전면 통제하고, 가설 벤트 설치(3.8), 재하시험(3.14), 텐던 교체(3.16)를 거쳐 3월 19일 통제를 풀었다 [2]. 8개월간의 조사 끝에 서울시는 10월 27일 원인을 덕트 속 강연선 부식으로 발표하였다. 그라우트가 덕트를 다 채우지 못했고, 물이 많은 그라우트의 블리딩으로 강선이 드러났으며, 밀봉이 덜 된 공기 배출구로 염화물이 섞인 노면수가 스며들었다 [6]. 준공 뒤 초기점검 1회, 정밀점검 6회, 정밀안전진단 2회를 받았지만, 텐던 유지관리 지침이 없어 텐던 내부는 제대로 확인되지 않았다 [6].



그림 7. 서울 내부순환로 정릉천고가에서 끊어진 PT 텐던(2016) — 사진: 서울특별시

서울의 대응

시기	내용
2011	내부순환로 유지관리 개선방안, PC 교량 유지관리 T/F 구성
2012	PSC 교량 유지관리 매뉴얼 제작
2014~2015	PSC 박스교량 유지관리방안 용역: 14개 교량의 텐던 보호등급이 대부분 국제 최소기준에도 미달
2016	정릉천고가 텐던 파단, 내부순환로 교량 4곳 추가 정밀점검, 원인 발표(10.27)
2017	외부 긴장재 보강계획(79억 원, 정릉천고가·서호교·두모교), PSC 교량 안전점검 매뉴얼
2019~	서울시설공단 PSC 교량 오픈이노베이션 시작
2020	청담1교 텐던 부식 발견, PSC 교량 안전 T/F 구성
2021	도로인프라 얼라이언스 출범

서울시와 공단의 자료를 정리한 것이다 [2, 6, 7, 8]. 원장은 2015년 용역에 대해, 미국에서 문제가 된 그라우트 제품을 보수재로 제시하고 비파괴검사 연구를 개별 교량의 진단 용역으로 미룬 점을 한계로 지적하고, 범정부 태스크포스 구성과 PSC 박스교량의 1종 시설물 상향을 건의하였다 [2].

청담1교(2020): 쓰면서 확인한 안전

2020년 9월 안전점검에서 청담1교 PSC-I형 거더의 텐던 부식이 발견되자 서울시와 서울시설공단은 이를 공개하고 중차량 통행을 긴급히 막았다 [8, 9]. 이 교량의 거더에는 지름 45mm 강재 주름관 속에 텐던이 9개씩(각 7mm 강선 12가닥) 들어 있었다 [1]. 공단은 오픈이노베이션 회의를 거듭하며 염화물 시험, 미충전 텐던 조사, 누설자속(MFL)을 이용한 강선 파단 비파괴조사, 내하력 평가를 진행했고, 공용 중인 교량을 국내 처음으로 미세파괴시험으로 확인해 11월 10일 0시 중차량 통행을 다시 허용하였다 [7, 8]. 추가 조사에서 단부 불량과 그라우트 미충전이 더 발견되어 내시경으로 본 텐던 14개 중 4곳을 보수 대상에 추가했고, 2021년 5월 시멘트 그라우트·폴리머 수지·희생양극·왁스 등으로 보수를 마쳤다 [1, 7].

오픈이노베이션과 도로인프라 얼라이언스

서울시설공단은 2019년 7월부터 PSC 교량의 유지관리 현안을 공개하고 산·학·연·관·민이 함께 조사·진단·보수 기술을 논의하는 오픈이노베이션을 열었다. 이 회의는 2026년 9월 9일 제42회까지 이어졌고, 외부 자화 전자기(EM) 센싱을 이용한 내부 손상 진단, 드론·AI 손상 탐지 실증 등이 다루어졌다 [1]. 2021년에는 공공기관·대학·학회·연구기관·민간 14곳이 참여하는 도로인프라 얼라이언스로 넓혀, 현장 수요와 기술을 연결하고 현장실증과 공동 연구를 추진하였다 [1, 18].

다만 국토교통부와 서울시 등 주요 기관, 전국의 지자체와 도로관리기관은 참여하지 않고 있다 [1].

2026년의 두 사고

- 서소문고가차도 철거 중 붕괴(5.26): 1966년 준공된 이 고가는 2019년 정밀안전진단에서 D 등급을 받아 2025년 8월부터 철거 중이었다. 사고 당일 새벽 철도 위 S9 구간 상판을 절단하던 중 약 2.9cm의 처짐이 생겨 작업을 멈췄고, 오후 2시 30분경 안전진단 중에 PSC 거더가 무너져 감리단장·현장소장·외부 전문가 등 3명이 숨지고 3명이 다쳤다 [10]. 국토교통부는 8월 승인 없는 작업과 허위 작업계획(안전협의서 4명, 실제 13명 투입), 서울시의 단차 미보고, 한국철도공사의 협의 검토 부실을 확인해 수사를 의뢰하였다 [11]. 특강은 하부·상부의 지지 미흡, 차량 진동, 노후화를 원인으로 추정하였다 [1]. 노후 PSC 거더는 철거하는 순간까지 내부 상태를 알 수 없는 만큼, 해체 공사에도 보수·점검과 같은 수준의 구조 검토가 필요하다.
- 포항 보릿돌교 붕괴(7.28): 2013년 준공한 길이 225m의 해상 인도교 중간 약 80m 구간의 상판과 교각이 무너졌다. 인명피해는 없었고 고립된 낚시객 17명이 구조되었다 [1, 12]. 이 다리는 시설물안전법상 정기 안전점검 대상이 아니었고, 정밀점검 등급은 2020년 B에서 2024년 C로 떨어졌다 [12]. 1차 감식에서 콘크리트 속 강연선이 다수 심하게 부식된 것으로 알려졌으나, 최종 원인은 잔해 인양 뒤 정밀 감식을 거쳐 연말 이후 나올 전망이다 [13]. 준공 13년 만의 붕괴라는 점에서, 바다 환경의 PSC 구조물은 짧은 기간에도 부식이 진행될 수 있음을 보여 준다.

5. 정책 제언

정책 제언

① PSC 교량 관리 역량을 국가 차원으로: 서울시설공단의 오픈이노베이션과 도로인프라 얼라이언스에 국토교통부와 산하기관, 서울시 등 주요 지자체가 참여하도록 넓히고, 손상 조사·진단·보수 결과와 실패 사례까지 공개·공유한다 [1].

② 전국 PSC 교량의 실태조사: 영국이 PT 교량 1,100개를 5년에 걸쳐 서류조사, 현장 예비조사, 정밀 현장조사의 3단계로 점검한 것처럼, 우선순위를 정해 전국의 PSC 교량과 유사 구조물(사장교·현수교 케이블, 건축물 등)을 조사한다 [2, 4].

③ 내부 텐던 감시와 보수 기술의 검증: 내시경·누설자속 조사와 음향방출(AE) 상시 감시를 통행량이 많은 PSC 교량부터 적용하고, 그라우트 재주입이 부식 전지를 만들 수 있다는 미국의 경험을 반영해 보수 공법(왁스, 희생양극, 수지 충전 등)을 현장실증으로 검증한다 [4, 5, 7].

④ PSC 교량 전용 점검·진단 기준: 지금의 외관 위주 점검으로는 내부 텐던의 상태를 알 수 없다. 덕트 내 공극·수분·염화물 조사, 정착구 개방 점검, 내시경·누설자속 조사를 점검·진단 항목에 넣고, 서울시의 PSC 교량 안전점검 매뉴얼(2017)과 청담1교의 조사·보수 경험을 국가 기준으로 발전시킨다. 소규모 교량까지 의무 관리 대상을 넓히고 근접점검을 원칙으로 하는 법 개편 과제는 특집 보고서「교량 붕괴의 교훈과 선제적 교량관리」에서 다루었다 [1, 2, 6, 7].

⑤ 해체·보수 공사의 안전: 노후 PSC 거더를 자르거나 들어 올릴 때는 내부 텐던 상태를 먼저 조사하고 임시 지지를 확보하며, 이상 징후의 즉시 보고와 승인 절차를 지키도록 감독한다 [1, 11].

⑥ 재료와 시공 기준: 블리딩 없는 그라우트, 교면 방수, 정착구 보호 같은 다중 방식 대책을 새 교량의 기본으로 하고, 텐던을 점검·교체할 수 있는 구조를 설계 단계부터 반영한다 [2, 4].

맺음말

PT 텐던의 문제는 서울만의 문제가 아니라 국가적인 문제다 [2]. 영국은 1,100개 교량을 다섯 해에 걸쳐 들여다보았고, 미국은 보수가 오히려 위험을 키운 경험까지 기록으로 남겼다. 정릉천고가와 청담1교에서 쌓은 서울의 경험을 전국이 함께 쓰고, 보이지 않는 곳까지 들여다보는 제도를 만들 때 PSC 교량의 수명은 비로소 설계한 대로 지켜질 것이다.

참고문헌

[1] 르네방재정책연구원(조성일). 2026. 서소문고가차도 붕괴 등을 통해 본 교량 등 시설물의 위험과 정책 방향 (정부기관 특강 자료)

[2] 르네방재정책연구원(조성일). 2026. PT Tendon(대학원 강의 자료)

[3] 르네방재정책연구원(조성일). 2017. PT 텐던의 파단 위험 심각(연구원 누리집 글). https://renetopia.net/pt-tendon/

[4] 르네방재정책연구원(조성일). 2017. PT 텐던 파단: 유럽 사례(연구원 누리집 글). https://renetopia.net/europe/

[5] 르네방재정책연구원(조성일). 2017. PT 텐던 파단: 미국 사례(연구원 누리집 글). https://renetopia.net/usa/

[6] 서울특별시(내 손안에 서울). 2016. 정릉천고가 결함원인은 '강연선 부식' 때문. https://mediahub.seoul.go.kr/archives/1038585

[7] 서울시설공단 도로인프라 얼라이언스. 2021. 청담1교 손상 조사 및 보수 진행상황(PSC교량 내부텐던 유지관리 개선). https://www.sisul.or.kr/open_content/opensquare/sub/psc/psc01_02.jsp

[8] 아시아경제. 2021. 'Bridge Top Expert' Jo Seong-il, Seoul Facilities Corporation Director, Efforts to Ensure PSC Bridge Safety ('교량 최고 전문가' 조성일 서울시설공단 이사장, PSC 교량 안전 확보 노력). https://www.asiae.co.kr/en/article/2021032219301978034

[9] 서울시설공단 도로시설처. 2020. 청담1교 PSC-I형 거더 텐던부식에 따른 보고(내부 보고서)

[10] 뉴스핌. 2026. 서소문고가 철거 중 붕괴 참사…사고 원인 '거더 단절' 뭐길래. https://www.newspim.com/news/view/20260526001280

[11] 뉴스서울. 2026. 국토교통부, 서소문 고가차도 붕괴사고 승인 없는 작업·위험 미보고 등 확인. https://newsseoul.co.kr/news/view/1065606618014822

[12] 서울신문. 2026. 포항 보릿돌교 붕괴 원인 규명 본격화…해경·국과수 합동감식 조율. https://www.seoul.co.kr/news/society/2026/07/30/20260730500071

[13] 경북매일. 2026. 포항 보릿돌교 붕괴 조사 현황(1차 감식, 해체·철거 실시설계 공고). https://kbmaeil.com/article/20260913500545

[14] 미국 교통연구위원회(TRB). 2017. 포스트텐션 교량·사장교 긴장재의 비파괴검사기법 연구(NCHRP 14-28)

[15] 미국 연방도로청(FHWA). 2013. Guidelines for Sampling, Assessing, and Restoring Defective Grout in Prestressed Concrete Bridge Post-Tensioning Ducts (PSC 교량 포스트텐션 덕트의 결함 그라우트 조사·평가·복구 지침)

[16] H. Liao. 2013. Post-Tensioning Corrosion Evaluation and Mitigation (포스트텐션 부식 평가와 저감)

[17] 미네소타주 교통국(MnDOT). 2012. Development of Best Practices for Inspection of PT Bridges in Minnesota (미네소타주 PT 교량 점검 실무지침 개발)

[18] 서울시설공단. 2021. 도로인프라 얼라이언스 구성 및 운영 계획

[19] 미국 플로리다주 교통국(FDOT). 2002. New Directions for Florida Post-Tensioned Bridges, Vol. 1: Post-Tensioning in Florida Bridges (플로리다 포스트텐션 교량의 새 방향(1권: 플로리다 교량의 포스트텐셔닝))