특정감사

분류번호	2018-특정-055

감 사 보 고 서

- 고속국도 교량 내진성능보강 점검 -

2018. 10.

감 사 원

목 차

Ⅰ. 감사실시 개요 ····· 1

1. 감사배경 및 목적 ····· 1

2. 감사중점 및 대상 ····· 2

3. 감사실시 과정 ····· 3

4. 감사결과 처리 ····· 3

Ⅱ. 내진성능향상 추진 현황 ····· 4

Ⅲ. 감사결과 ····· 8

1. 감사결과 총괄 ····· 8

2. 처분요구와 통보사항 ····· 11

(1) 내진성능 미흡교량 내진보강사업 추진 부적정(통보) ····· 11

(2) 남천교 낙교방지용 전단키 시공 등 부적정(시정·통보) ····· 25

(3) 교량 여유간격 및 교량받침 이동량 미확보(통보) ····· 34

(4) 칠곡IC2교 내진보강공사 시행 부적정(통보) ····· 44

(5) 마찰진자형 지진격리받침 관리 부적정(통보) ····· 49

(6) 진주대교 방음벽 시공 및 내진보강 미시행(통보) ····· 55

(7) 가천1교 등 교량받침 관리 부적정(통보)····· 59

(8) 금호JCT2교 낙교방지장치 관리 부적정(통보)····· 64

(9) 활천교 등 내진보강 교각구조물 관리 부적정(통보)····· 68

(10) 만운1교 등 교량받침 다점고정화 시공 부적정(주의)····· 72

(11) 지진력 분산 감쇠기 실링재 누유 관리 부적정(통보)····· 76

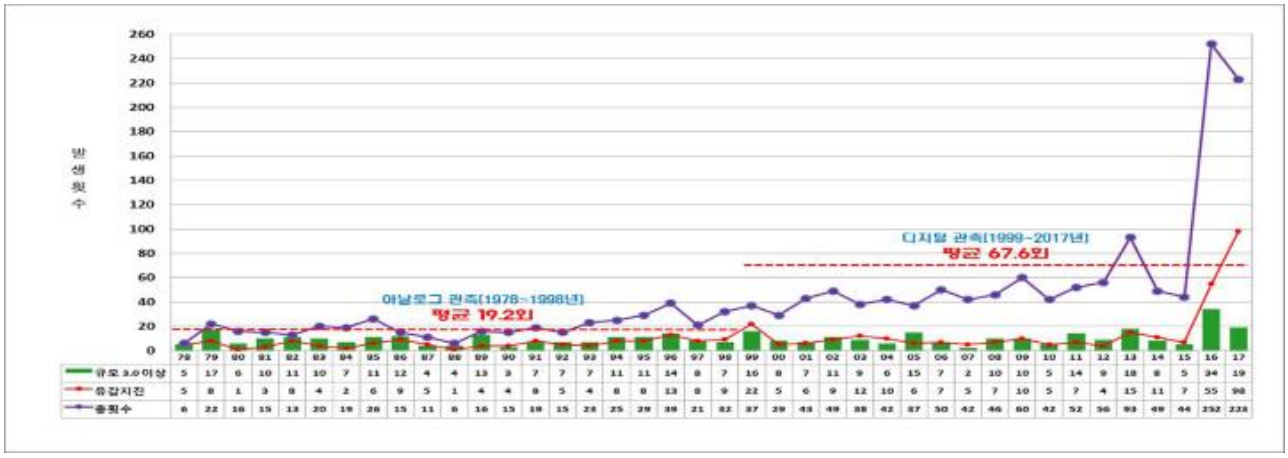
(12) 고속국도 제외 교량구조물 이관 부적정(주의)····· 79

Ⅰ. 감사실시 개요

1. 감사배경 및 목적

우리나라는 다른 나라에 비해 상대적으로 지진에 안전한 지역으로 인식되어 왔으나, 최근 2016. 9. 12. 규모 5.8(본진 기준)의 경주지진, 2017. 11. 15. 규모 5.4(본진 기준)의 포항지진이 발생하였고, [도표]와 같이 1978년 지진 관측을 시작한 이래 2017년 12월 현재까지 규모 2.0 이상 총 1,683회의 지진이 발생하는 등 지진 발생빈도와 규모가 꾸준히 증가하고 있다.

[도표] 연도별 지진발생 추이(1978~2017년)



자료: 기상청 2017년 지진연보

이와 관련하여 행정안전부는 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 기존 시설물(교량 등)의 내진성능 향상을 위하여 5년마다 기존 시설물 내진보강기본계획을 수립하고, 관계 중앙행정기관의 장과 시·도지사 등은 위 기본계획에 따라 소관 시설물에 대한 내진보강대책을 수립하여 추진하고 있는바, 그 이행실태를 점검할 필요성이 제기되었다.

이에 감사원은 국가 간선기능을 담당하는 고속국도 교량이 지진으로 붕괴되거나 손상되었을 경우 도로의 기능 마비로 물류대란이 발생하고 대형 인명피해 및 재산 손실이 불가피하다는 점을 고려하여 고속국도 교량을 대상으로 내진성능확보 여부를 점검하여 내진성능 미확보 교량에 대해 개선대책을 제시함으로써 지진으로 인한 피해 경감을 유도하고자 2018년 연간 감사계획에 반영하고 이번 감사를 실시하였다.

2. 감사중점 및 대상

이번 감사에서는 우리나라 각 지역 중 단층대 등의 영향으로 지진발생 가능성이 높고 최근 지진발생 횟수, 규모 등이 큰 영남지역의 한국도로공사 관리 고속국도 교량(2,661개) 중 최초 교량 설치 시 내진설계를 반영하지 않은 고속국도 교량의 내진성능평가를 실시하고 내진성능을 보강한 197개[1] 교량에 대하여 내진보강설계·시공의 적정성을 현장 위주로 점검하였고, 2018년 6월 현재 고속국도 교량 9,294개[2]에 대해서는 강화된 내진설계기준 등을 제대로 반영하여 내진성능향상 사업을 추진하고 있는지를 서면분석하였다.

이번 감사는 [표 1]과 같이 내진성능평가, 보강설계·시공 및 사후관리에 중점을 두어 적정성을 점검하였다.

[표 1] 분야별 주요 감사중점

점검분야	주요 점검항목 및 감사중점
내진성능평가 (내진보강대책)	■ 사용 목표수명이나 지역별 지진구역계수 등을 고려한 적정 지진가속도계수 적용 여부 점검 ■ 최초 내진설계 반영 교량 중 강화된 내진설계기준에 따른 내진성능평가 및 보강대책 수립 여부 등 점검

1) 당초 점검대상에 포함하였던 전체 232개 교량 중 35개 교량은 장마철 강우 등으로 미점검
2) 고속국도 교량 9,325개 중 내진성능평가 미실시 31개 교량을 제외하고 최초 건설 시 내진설계가 반영되었거나 내진설계가 미반영되어 사후 내진성능평가를 실시한 교량

보강설계·시공	■ 강화된 내진설계기준을 적용하여 설계·시공하고 있는지 여부 점검 ■ 내진보강 설계도면과 동일하게 시공되었는지 여부 등 점검
사후관리	■ 내진성능보강 완료 후 내진성능이 지속되도록 적정하게 관리하고 있는지 여부 점검 ■ 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등 안전점검 시 내진성능 미흡교량의 인지 여부 등 점검

3. 감사실시 과정

실지감사에 앞서 언론보도, 교량 관련 법령・규정 및 각종 보고서 등을 바탕으로 기초자료를 수집・분석하는 한편, 2018. 6. 4.부터 같은 해 6. 29.까지 자료수집을 실시한 후, 같은 해 7. 2.부터 7. 20.까지 15일간 감사인원 14명[3]을 투입하여 한국도로공사 본사 외 2개 지역본부[4]를 대상으로 감사를 실시하였다.

이번 감사와 관련하여 점검 결과 미흡한 사항에 대한 구조해석 등 전문분야에 한국시설안전공단과 한국건설기술연구원 전문가들을 활용하여 감사결과의 전문성과 객관성을 확보하고자 하였으며, 점검 결과 도출된 문제점 중 구조적인 문제가 없는 경미한 균열·부식 등 129개 사안(82개 교량)은 감사기간 중에 한국도로공사로 하여금 즉시 적정한 조치를 하도록 하였다.

4. 감사결과 처리

감사결과 미흡하거나 제도 개선이 필요한 사항과 관련하여 2018. 7. 19. 한국도로공사 부사장 등이 참석한 가운데 감사마감회의를 실시하고, 업무처리 경위・향후 처리대책 등에 대한 답변서를 받는 등 주요 지적사항에 대한 의견을 교환하였다.

이후 감사원은 감사마감회의에서 제시된 의견 등을 포함하여 지적사항에 대한 내부 검토를 거쳐 2018. 10. 25. 감사위원회의의 의결로 감사결과를 최종 확정하였다.

---

3) 한국시설안전공단 3명, 한국건설기술연구원 2명 차출
4) 한국도로공사 대구·경북본부 및 부산·경남본부

Ⅱ. 내진성능향상 추진 현황

1. 고속국도 교량 현황

2018년 6월 현재 공용 중인 고속국도 교량은 [표 2]와 같이 총 9,325개이고, 이 중 내진설계가 반영된 교량은 7,785개, 내진설계 미반영 교량(1,540개) 중 내진성능평가를 실시한 교량은 1,509개이다.

[표 2] 고속국도 교량 현황

(단위: 개)

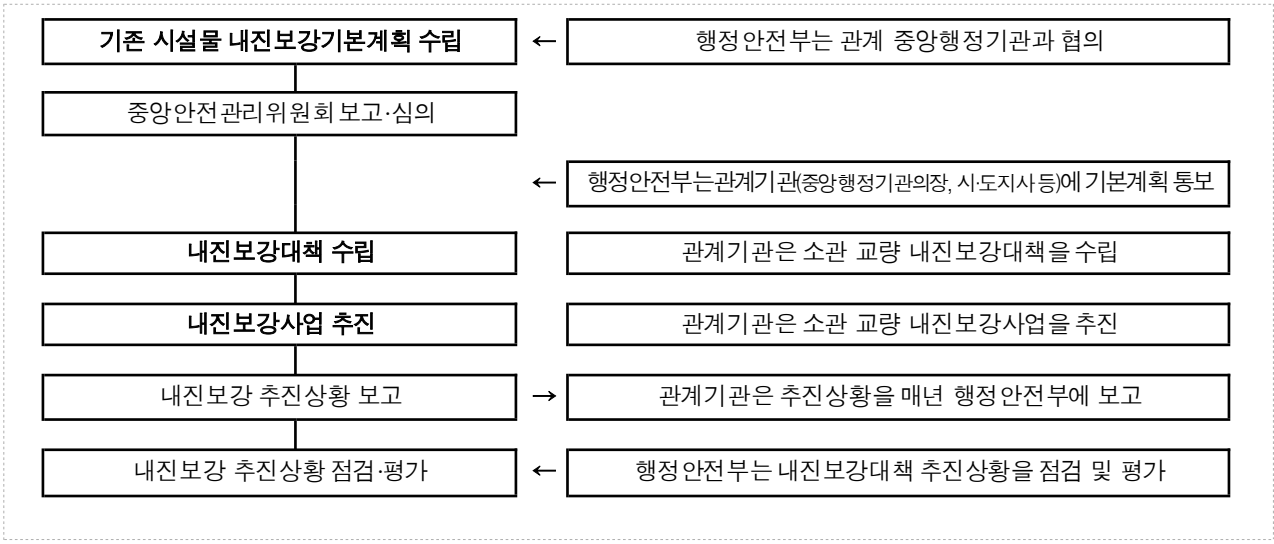
관리기관	전 체	내진설계 반영	내진설계 미반영					
			계	내진성능평가실시				성능평가 미실시
				소계	성능확보	보강공사	확장공사	
대구·경북본부	1,255	1,127	128	121	30	86	5	7
부산·경남본부	1,406	1,162	244	242	52	146	44	2
소계	2,661	2,289	372	363	82	232	49	9
그 외 지역본부	6,664	5,496	1,168	1,146	208	824	114	22
계	9,325	7,785	1,540	1,509	290	1,056	163	31

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

2. 내진성능향상 추진체계

행정안전부는 [그림 1]과 같이 「지진·화산재해대책법」에 따라 관계 중앙행정기관과 협의하여 5년마다 기존 시설물 내진보강기본계획을 수립하여 중앙안전관리위원회(위원장: 국무총리)에 보고하고, 그 결과를 관계 중앙행정기관의 장과 시·도지사 등에게 통보하며, 관계 중앙행정기관의 장과 시·도지사 등은 위 기본계획에 따라 소관 시설물(교량 등)에 대한 내진보강대책을 수립·추진하고 그 결과를 매년 행정안전부에 보고하고 있다.

[그림 1] 교량 내진성능향상 추진체계

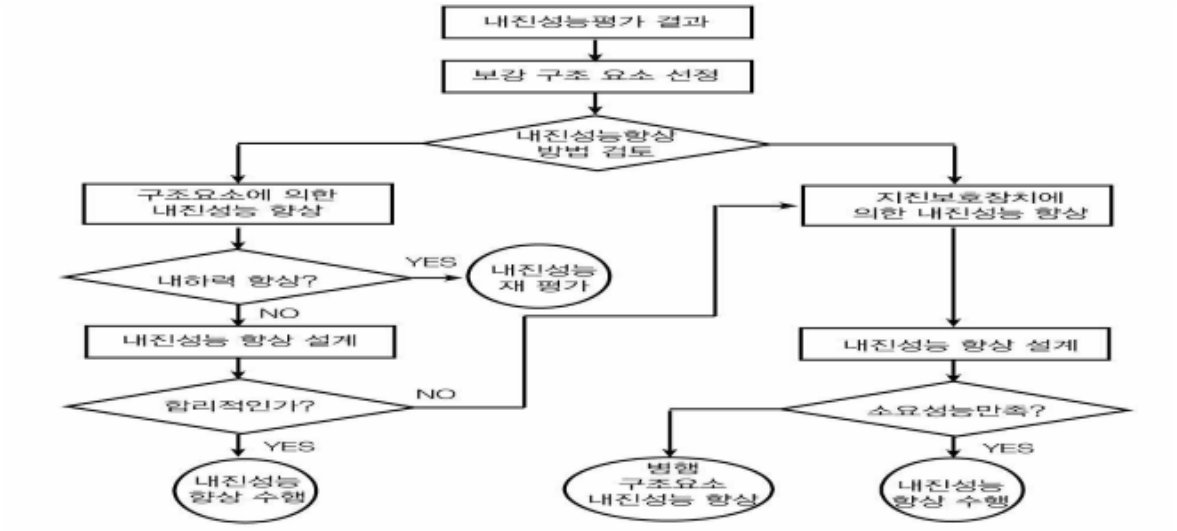


자료: 「지진·화산재해대책법」 제15조 및 제16조 재구성

3. 내진성능향상 절차

교량 구조물의 내진성능향상은 [그림 2]와 같이 내진성능평가 결과를 바탕으로 보강할 구조 요소(교각, 받침부, 교대, 기초 및 지반)를 선정하고, 구조 요소의 개별적인 보강 또는 지진보호장치(지진격리받침, 감쇠기 등)에 의한 교량시스템 전체의 내진성능 향상을 검토·설계하여 내진보강사업을 수행한다.

[그림 2] 교량 내진성능향상 절차



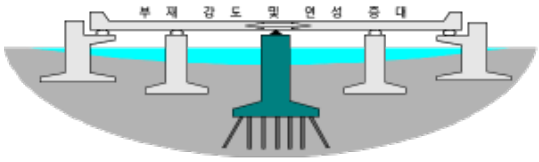
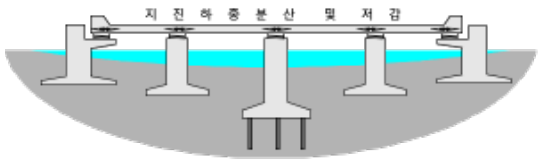
자료: "기존 시설물 내진보강기본계획"(소방방재청, 2009년)

4. 주요 내진성능향상 방법

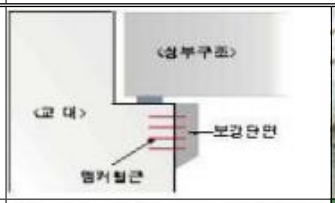
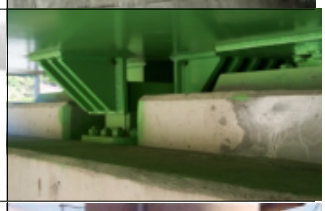
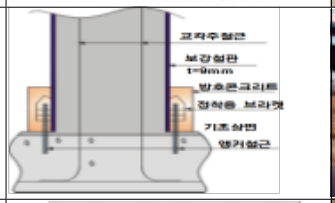
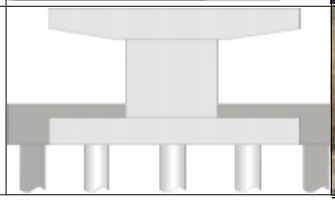
교량 내진성능향상 방안은 [표 3]과 같이 지반의 흔들림에 구조물이 견디도록 구조물의 강도 및 연성을 강화하는 내진공법과 지반과 구조물 사이에 스프링 같은 장치를 이용하여 지진으로 인한 흔들림을 완화시켜주는 면진공법 등이 있다.

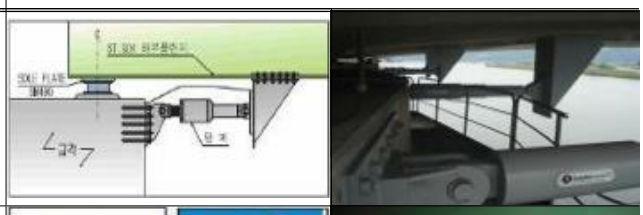
[표 3] 교량 내진성능향상 방법

○ 내진공법 및 면진공법 비교

구분	내진공법	면진공법
내 용	부재의 강도 및 연성을 강화하여 **지진하중**을 **견딜** 수 있도록 설계	**지진하중**을 **분산 및 저감**시켜 구조물의 **보유능력 이하**로 **영향**을 미치도록 설계
개념도		

○ 내진성능향상 주요 공법

구분	보강공법	개 요	개념도	
내진 공법	연단보강	교대, 교각의 연단보강을 통한 낙교예방		
	전단키 설치	받침의 수평내진 성능 보완 및 낙교예방		
	기둥보강	유리섬유 등을 이용하여 기둥의 강도 및 연성 보강		
	기초보강	기초단면 확대, 말뚝 증설 등 기초안정성 증대		

구분	보강공법	개 요	개념도
면진 공법	감쇠기 설치	내부충전제의 점성저항력을 이용, 지진하중 저감분산	
	면진받침 설치	고유주기를 길게 하여 지진하중 저감 및 분산	

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

Ⅲ. 감사결과

1. 감사결과 총괄

감사결과 [표 4]와 같이 총 13건의 위법·부당하거나 제도개선이 필요한 사항이 확인되었다.

[표 4] 처분요구별 지적사항

(단위: 건, 백만 원)

구분	합계	시정	주의	통보
건수(금액)	13(231)	1(231)	2	10

감사결과 확인된 주요 문제점은 다음과 같다.

분야별 감사결과 요약

1. 내진보강대책 수립 분야

■ **(지진가속도계수 하향 적용)** 한국도로공사는 장래 개축계획이 없고 유지관리도 양호한 총 220개 교량에 대해 적정한 지진가속도계수의 71% 또는 56%를 적용하여 내진성능평가 및 보강

- 이번 감사기간 중 14개 교량을 표본으로 내진성능을 검토한 결과, 용산천교(천안방향) 등 9개 교량은 내진성능 미확보(안전율: 0.362~0.992<1.0)

■ **(강화된 내진설계기준 미적용)** 국토교통부는 2000년 7월 「도로교 설계기준」을 제정하면서 가속도계수는 지진 Ⅰ구역의 경우 당초 0.14g에서 0.154g로, 지진 Ⅱ구역의 경우 당초 0.07g에서 0.098g로 강화

- 그런데 한국도로공사는 내진설계기준 강화 이전에 설치된 총 2,037개 교량에 대해 강화된 내진설계기준을 적용한 내진보강대책 없이 방치

- 또한, 행정안전부는 2013년 12월 전남 남서부 지역(목포시 등 11개 시·군)을 당초 Ⅱ구역에서 Ⅰ구역(가속도계수 0.154g)으로 강화(2014년 7월 이후부터 적용)하였으나

▷ 한국도로공사는 과거 Ⅱ구역에 속해 있던 전남 남서부 지역에 설치된 총 88개 교량에 대해서도 강화된 Ⅰ구역을 적용한 내진보강대책 없이 방치

2. 내진보강설계 및 시공 분야

■ **(전단키 앵커볼트 부당 시공)** 한국도로공사는 남천교의 경우 수급자가 전단키 앵커볼트를 설계도서와 다르게 시공(설계: 39㎜ 10개, 시공: 27㎜ 2개+20㎜ 3개)하는 등 총 6개 교량 47개 전단키 앵커볼트를 부당 시공한 것을 그대로 준공처리

- 이번 감사기간 중 부당 시공한 총 47개 전단키(6개 교량)에 대한 구조해석 결과, 47개 전단키 모두 내진성능 미확보(안전율: 0.16~0.93<1.0)

■ **(불필요한 내진보강으로 내진성능 저하)** 한국도로공사는 중앙고속국도 칠곡IC2교에 대해 2004년 확장 교량을 기존 교량과 일체화하고, 교량받침도 기존 교량과 같은 종류(고력황동받침)로 설치하여 전체 교량에 대한 내진성능(안전율 1 이상)을 기확보

- 그런데 한국도로공사는 2006년 4월 확장구간을 제외한 기존 교량만을 대상으로 내진성능평가를 실시하여 기준 안전율에 미달하자 위 교량의 지진력 분산을 위해 2007년 8월 기존 교량의 교량받침(24개)을 전부 교체(고력황동받침→탄성받침)

- 이번 감사기간 중 칠곡IC2교에 대해 내진성능 확보 여부를 검토한 결과, 확장구간 교량받침 총 6개 중 4개는 내진성능 미확보(안전율: 0.04~0.36<1.0)

■ **(내진보강 미시행)** 한국도로공사는 LH공사가 ㄱ 주택사업지구에서 소음 민원을 해소하기 위해 2012년 9월 진주대교에 방음벽을 설치하도록 허가

- 그런데 한국도로공사는 2012년 9월 LH공사로부터 내진성능 구조검토를 누락한 방음벽 설치 설계도서를 제출받은 후 이를 제대로 검토하지 않고 승인

- 이번 감사기간 중 진주대교에 대한 구조해석 결과, 총 46개 교각 중 7개 교각(상행: 4개, 하행: 3개)은 내진성능 미확보(안전율: 0.91~0.99<1.0)

3. 사후관리 분야

■ **(교량받침 보호 콘크리트 파손)** 한국도로공사는 경주지진 이후 2017년 6월 등 3차례나 남천교를 안전점검하면서, 교량받침 보호 콘크리트 4개소가 파손되어 있는데도 점검로가 없고 점검차량을 이용할 경우 점검시간이 많이 소요된다는 이유로 교량을 제대로 점검하지 않고 "특이사항 없음"으로 관리

■ **(교량 여유간격 및 여유이동량 미확보)** 이번 감사기간 중 총 197개 교량(경상도 지역)을 점검한 결과, 수곡1교 교대(A2)의 경우 적정 여유간격(59㎜) 없이 교량 주형이 교대 흉벽에 협착되어 있는 등 19개 교량 30개 지점의 여유간격이 부족

▷ 이로 인해 수곡1교의 경우, 평상시 온도변화 등에 의한 교량 신축 · 팽창에도 견디지 못하고 교량 바닥판이 철근 깊이까지 균열이 발생하여 들떠 있는 등 교량 안전 미확보(유사사례: 회곡교)

- 한편, 노동교 교대(A2) 교량받침(4개)의 경우 실측 이동 가능량이 "0"으로 평상시 부재이동량(12.7㎜)은 물론 지진 등에 의한 여유이동량(30.0㎜)을 확보하지 못하고 있는 등 3개 교량에 설치한 교량받침의 이동량 미확보

■ **(지진격리받침 파손)** 「도로교 설계기준」 등에 따르면 마찰진자형 지진격리받침의 상·하부 마찰판(크롬도금) 표면은 균열이나 공극이 없어야 하고, 도금된 표면의 거칠기는 최대 0.003㎜(3㎛)를 초과할 수 없도록 규정

- 그런데 서부산낙동강교의 경우 지진격리받침 마찰판 표면의 거칠기가 최대 1.0㎜(1,000㎛)나 되는 등 받침 전체(총 74개)가 허용기준을 초과하고, 일부 교각 지진격리받침의 특수마찰재가 이탈 · 파손되어 자체 복원기능을 상실

- 또한, 주동교의 경우에도 모든 지진격리받침(총 50개)의 마찰판 표면 거칠기가 허용기준(0.003㎜)을 초과(최대 1.0㎜)하였고, 중간판은 수평을 유지(허용기준: 1.81°)하지 못한 채 2.5°만큼 기울어진 상태로 공용 중

감사결과 나타난 문제점에 대하여 한국도로공사에 가속도계수 하향 적용 교량 및 강화된 내진설계기준 미적용 교량, 그리고 추가 내진 보강이 필요한 교량에 대해 내진성능을 확보하도록 하고, 전단키 부당 시공은 수급인의 부담으로 재시공하며, 교량받침 파손, 여유간격 및 이동량 부족, 지진격리받침 파손 등에 대해서는 보수·보강하는 등 총 13건의 위법·부당사항에 대해 통보 및 시정·주의요구하였다.

개별처분요구안 (1)번

감 사 원

통 보

제 목 내진성능 미흡교량 내진보강사업 추진 부적정

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

한국도로공사는 2003. 12. 3. “내진설계 미반영 교량 성능 향상 방안”을 수립하는 한편, 「지진·화산재해대책법」 제15조 및 제16조 등의 규정에 따라 공용 중인 고속국도 교량의 내진보강기본계획을 수립하고 내진성능평가 및 내진보강사업을 추진하고 있다.

1. 지진가속도계수를 하향 적용하여 내진성능평가

「기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령」(국토교통부) 제2장(내진성능 평가기준지진과 평가절차)에 따르면 내진성능평가는 「도로교 설계기준」에 따르고, 내진성능평가를 위한 “내진성능 평가기준지진”[5](이하 “지진가속도계수[6]”라 한다)은 도로교의 사용목표수명[7]을 고려하여 결정하도록 되어 있다.

또한 같은 평가요령 해설에 따르면 사용목표수명의 등급[8]은 잔여수명[9]이 짧은

5) 기존 교량의 내진성능평가를 위한 기준 지진의 세기

6) 지진가속도계수는 지진발생 시 지반에 작용하는 지진하중의 세기(지반이 얼마나 강하게 흔들리는지 나타내는 값)를 지반상태(암반, 토사지반 등)에 따라 행정구역별로 Ⅰ구역과 Ⅱ구역으로 구분하여 지진구역계수(Z)를 정하고, 지진 발생 재현주기(확률빈도)별로 위험도계수(I)를 곱하여 산출한 값(지진가속도계수(A)= 지진구역계수(Z)×위험도계수(I))으로, 가속도계수 1g(9.8m/sec^2)는 자동차가 정지상태에서 1초 동안 9.8m를 갑자기 이동할 때 운전자가 쏠리는 정도임

7) 내진성능 평가대상 교량의 평가설계수명에 관계없이 장래 사용하고자 하는 목표연도까지의 수명

교량에 불필요한 보강이 이루어지는 것을 예방하기 위한 것으로 관리주체가 개축(改築)[10] 계획 등이 수립되어 사용목표수명까지의 잔여수명을 명확히 알 수 있는 경우에 한하여 [표 1]과 같이 평가설계수명 대비 사용목표수명의 비율이 50% 미만인 경우 지진가속도계수를 기준대비 71% 또는 56%로 낮게 적용할 수 있으나, 안전점검 등을 통해 보수·보강하는 등 유지관리가 양호(교량기능 유지)하게 이루어진 교량에 대해서는 평가설계수명[11] 이상으로 사용할 수 있으므로 지진가속도계수를 하향하지 않고 100%를 적용하도록 되어 있다.[12]

[표 1] 잔여수명을 반영한 내진성능 평가기준지진 가속도계수(1등급 교량 기준)

(단위: m/sec²)[4]

지진구역[1]		사용목표수명 등급 (사용목표수명/평가설계수명)		
		50% 이상	50~25%	25% 미만
Ⅰ구역	지진가속도계수(규모[2], 적용 비율)	0.154g(6.3, 100%)[3]	0.110g(6.1, **71%**)	0.086g(5.9, **56%**)
Ⅱ구역	지진가속도계수(규모, 적용 비율)	0.098g(6.0, 100%)	0.070g(5.7, **71%**)	0.055g(5.5, **56%**)

주: 1. 행정안전부 장관이 지진발생 시 지반에 작용하는 지진하중의 세기를 지반상태에 따라 행정구역별로 Ⅰ구역과 Ⅱ구역으로 구분한 것으로 Ⅱ구역이 Ⅰ구역보다 지반상태가 더 양호(암반지역)함
2. 지진가속도계수의 지진하중을 리히터 규모(지진파의 진폭을 기초로 한 척도)로 환산한 값
3. 괄호안은 지진가속도계수 기준 대비 적용 비율, 1g=9.8m/sec²
4. 지진가속도계수의 단위
자료: 국토교통부 및 한국도로공사 제출자료 재구성

따라서 한국도로공사는 2018. 7. 20. 현재 공용 중인 고속국도 교량의 경우 장래 철거하거나 개축할 계획이 없고, 더욱이 고속국도 교량은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조 등에 따라 정기적으로 안전점검, 정밀안전진단, 긴급안전

8) "사용목표수명/평가설계수명" 또는 "(평가설계수명-공용수명)/평가설계수명"으로 계산된 비율의 등급
9) 평가설계수명에서 공용수명을 뺀 값(평가설계수명-공용수명)
10) 기존 시설물의 전부 또는 일부를 철거하고, 그 자리에 종전과 동일한 규모의 범위 안에서 시설물을 다시 짓는 것
11) 「기존 시설물 내진성능 평가요령」(2015. 12.)에 따르면 콘크리트교는 40년, 강교의 경우 50년으로 제시
12) 2011년 7월 같은 요령에도 대상 교량에 보수 또는 내진보강을 하여 신설교량의 평가설계수명과 동등한 정도의 사용목표수명을 기대하는 경우에는 내진성능 평가기준지진은 내진설계기준의 설계지진으로 하도록 되어 있음

점검 등을 실시하고 손상 등이 발생한 부위를 제때 보수·보강하여 [별표] “평가설계수명을 초과하여 공용 중인 고속국도 교량 현황”과 같이 평가설계수명인 40년을 초과하여도 별다른 문제 없이 공용 중에 있으므로 지진가속도계수를 하향 적용하여 내진성능을 평가해서는 안 된다.

그런데 한국도로공사는 공용 중인 교량 중 장래 철거·개축계획이 없고 교량의 기능 유지를 위해 상시 유지관리(점검, 보수·보강 등)를 수행하여 평가설계수명보다 더 오래 사용할 수 있는 총 427개[13] 교량(내진설계 미반영 교량)에 대하여 근거 없이 평가설계수명(콘크리트교: 40년, 강교: 50년) 대비 산출된 사용목표수명(평가설계수명-평가시점까지의 공용연수)을 적용(사용목표수명 등급)하여 그중 사용목표수명 등급이 50% 미만인 220개 교량을 [표 2]와 같이 적정한 지진가속도계수의 71% 또는 56%를 적용하여 내진성능을 평가하고, 그 결과에 따라 내진성능 보강 공사를 시행(내진보강 대상교량 및 보강규모 과소 산정)하였다.

[표 2] 공용 중인 교량의 지진가속도계수 적용 현황

(단위: m/sec^2, 개)

지진구역	지진 가속도계수	지진가속도계수 적용 비율				계
		100%	71%	56%	알 수 없음주)	
Ⅰ구역	0.154g	193	196	12	1	402
Ⅱ구역	0.098g	13	12	-	-	25
계		206	208	12	1	427

주: 감사기간 중 내진성능평가 결과 기초자료를 확보하지 못한 교량
자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

이에 이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 위 220개 교량 중 1종 시설

13) 내진성능평가를 실시한 교량 1,509개 중 사용목표수명 등급을 적용한 교량

물[14]인 용산천교(천안방향) 등 14개 교량을 표본으로 정당한 지진가속도계수(Ⅰ구역: 0.154g, Ⅱ구역: 0.098g)를 적용하여 내진성능을 재평가한 결과, 용산천교(천안방향)의 경우 교대(A1, A2)의 교량받침과 교각(P2) 기둥 하단부가 내진성능을 확보하지 못하는 등 [표 3]과 같이 9개 교량의 안전율이 기준(1.0 이상)보다 낮은 0.362~0.992에 불과하여 지진 시 교량이 손상되거나 붕괴될 우려가 있다.

[표 3] 적정 지진가속도계수를 적용한 내진성능 재평가 결과

(단위 : m/sec^2)

연번	교량명 (방향)	당초				재평가(감사원)				
		평가 연도	적용 지진 가속도계수		보강방법[1]	기준 지진 가속도계수	결과[2]	안전율	내진성능 미확보 요소	내진성능 확보 방안
1	용산천교 (천안)	2013	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.088	무보강	0.154	NG	0.985~ 0.992	교대1, 2: 교량받침 교각2: 기둥	탄성받침 교체 또는 기둥보강, 전단키설치
2	영덕교	2013	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	OK	-	-	-
3	금곡교 (부산)	2015	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	NG	0.568~ 0.617	교각2: 기둥 교각4 교량받침,기둥	탄성받침 교체 또는 기둥보강, 전단키설치
4	금곡교 (서울)	2015	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	NG	0.568~ 0.617	교각4:교량받침,기초	탄성받침 교체 또는 기둥보강, 전단키설치
5	광려천교 (부산)	2015	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	NG	0.362~ 0.933	교각2, 4: 기둥, 기초	탄성받침 교체 또는 기둥보강 및 기초보강
6	두척교 (부산)	2015	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	OK	-	-	-
7	내동교 (부산)	2016	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	OK	-	-	-
8	고봉교 (양평)	2016	25% 미만 지진 Ⅰ구역	0.086	무보강	0.154	NG	0.562	교대2: 교량받침	탄성받침 교체 또는 전단키 설치
9	홍천IC3교	2016	50~25% 지진 Ⅱ구역	0.07	무보강	0.098	OK	-	-	-

14) 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제7조에 따라 공중의 이용편의와 안전을 도모하기 위하여 특별히 관리할 필요가 있거나 구조상 안전 및 유지관리에 고도의 기술이 필요한 대규모 시설로서 고속국도 교량의 경우 연장 500m 이상의 도로

연번	교량명 (방향)	당초				재평가(감사원)				
		평가 연도	적용 지진 가속도계수		보강방법[1]	기준 지진 가속도계수	결과[2]	안전율	내진성능 미확보 요소	내진성능 확보 방안
10	봉명1교 (춘천)	2016	50~25% 지진 Ⅱ구역	0.07	전단키 설치	0.098	NG	0.891	교각1: 교량받침	받침교체 또는 전단키 설치
11	원창육교 (춘천)	2016	50~25% 지진 Ⅱ구역	0.07	받침교체	0.098	NG	0.980	교각1: 기초	면진받침 교체 또는 고층탄성받침 교체
12	석사교	2016	50~25% 지진 Ⅱ구역	0.07	전단키 설치	0.098	NG	0.763~ 0.786	교대1, 2: 교량받침	전단키 설치 또는 탄성받침 교체
13	성동천교 (춘천)	2016	50~25% 지진 Ⅱ구역	0.07	무보강	0.098	OK	-	-	-
14	원창5교 (춘천)	2016	50~25% 지진 Ⅱ구역	0.07	전단키 설치	0.098	NG	0.773~ 0.932	교각1, 2, 3: 교량받침	전단키 설치 또는 탄성받침 교체

주: 1. 당초 내진성능평가 결과 내진성능 확보 시 무보강, 미확보 시 받침교체 등 내진성능 보강 공사 실시
2. 정당한 지진가속도계수를 적용하여 내진성능평가를 재실시한 결과 내진성능 확보 시 "OK", 미확보 시 "NG"
자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

2. 강화된 내진설계기준(지진가속도계수, 지진구역계수) 미적용

「지진·화산재해대책법」 제15조 제1항의 규정에 따르면 행정안전부장관은 같은 법 제14조에 따른 내진설계 대상 시설물 중 관련 법령이 제정되기 전에 설치되었거나 관계 법령의 제정 이후 내진설계기준이 강화된 시설물의 내진성능 향상을 위해 5년마다 기존 시설물 내진보강기본계획을 수립하도록 되어 있고, 같은 법 제16조 제1항부터 제3항까지의 규정에 따르면 재난관리책임기관의 장(한국도로공사 사장)은 중앙행정기관의 장(국토교통부장관)이 기본계획을 토대로 수립한 내진보강대책에 따라 내진보강 등을 추진하도록 되어 있다.

행정안전부(구 국민안전처)는 2015. 9. 23. 2단계(2016~2020년) 기존 공공시설물 내진보강기본계획 수립을 위해 [표 4]와 같이 국토교통부에 기존 공공시설물 중 내진보강 대상 시설물을 전수조사하도록 하였고, 국토교통부는 같은 해 9. 30. 한국

도로공사로 하여금 공용 중인 고속국도 교량 중 내진보강 대상 시설물(교량, 터널)을 전수조사하도록 지시[15]하여 같은 해 10. 12. 제출받은 내진보강 대상 시설물을 행정안전부에 제출하였으며, 이에 따라 같은 해 12월(날짜 모름) 한국도로공사가 조사한 내진보강 대상 고속국도 교량이 행정안전부의 기본계획에 그대로 반영되었다.

[표 4] 내진보강기본계획 수립 및 추진 절차

추진단계	행정안전부	국토교통부	한국도로공사
기본계획 수립	전수조사 요구 및 취합 (관계기관 협의)	전수조사 지시 및 취합 보고	전수조사 후 결과보고
내진보강 추진	내진보강대책 추진상황 점검	내진보강대책 수립 추진 통보	내진보강 추진

자료: 「지진·화산재해대책법」 업무절차재구성

「도로교 설계기준」(국토교통부, 2000년 제정) 제6장(내진설계)에 따르면 [표 5]와 같이 지진가속도계수(A)는 지진구역계수(Z)에 내진등급별 지진의 재현주기를 고려한 위험도계수(I)를 곱하여, 지진구역 Ⅰ은 당초 0.14g에서 0.154g로, 지진구역 Ⅱ는 당초 0.07g에서 0.098g로 강화하고, 이를 교량 등 시설물의 내진설계에 적용하도록 되어 있다.

[표 5] 지진구역별 고속국도 적용 지진가속도계수(2000년 7월 제정)

(단위 : m/sec²)

지진구역계수(Z)		위험도계수주)(I)	가속도계수(A)
강원 남부, 전남 북동부, 기타	Ⅰ구역, 0.11	1.4	0.154g
강원 북부, 전남 남서부, 제주	Ⅱ구역, 0.07		0.098g

주: 지진구역계수는 지진 재현주기 500년 기준이고, 고속국도 교량은 내진 1등급 교량이므로 재현주기 1,000년을 반영해야 하므로 위험도계수는 1.4임
자료: 국토교통부 제출자료 재구성

15) 행정안전부(구 국민안전처)의 「기존 공공시설물 내진보강 관련 전수조사 추진계획 및 작성지침」(2015. 9. 22.)에 따르면 내진보강 대상 시설물 전수조사는 대상시설이 중복 또는 누락되지 않도록 시설물 운영·관리기관(한국도로공사)에서만 조사를 하도록 규정

또한 행정안전부는 2013. 12. 13.「지진·화산재해대책법」제12조에 따라 당초 지진구역 Ⅱ에 있던 전라남도 남서부 지역(목포시, 무안·신안·완도·영광·진도·해남·영암·강진·고흥·함평군)을 [표 6]과 같이 지진구역 Ⅰ로 상향 조정[16](강화)하고, 이를 2014. 7. 1.부터 적용하도록 국가지진위험지도를 공표하였다.

[표 6] 지진구역별 고속국도 적용 지진가속도계수

(단위 : m/sec^2)

지진구역	행정구역	**지진구역계수**	위험도계수 (Ⅰ등급, 1,000년 주기)	지진가속도 계수(g)	지진규모 (리히터)
Ⅰ구역	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종, 경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, **전남**, 강원 남부	0.11	1.4	**0.154**	**6.3**
Ⅱ구역	강원 북부, 제주	0.07	1.4	**0.098**	**6.0**

자료: 국토교통부 및 한국도로공사 제출자료 재구성

따라서 한국도로공사는 2단계(2016~2020년) 내진보강기본계획 수립에 필요한 기존 공공시설물 중 내진보강 대상 시설물을 전수조사할 때에는 내진설계기준이 강화되기 이전의 지진가속도계수를 적용하여 설치한 교량을 빠짐없이 조사한 후 이를 국토교통부에 보고하여 행정안전부의 기본계획에 반영되도록 하여야 하고, 기본계획이 수립된 후에는 기본계획을 토대로 내진보강대책을 마련하여 내진성능평가 및 내진보강 등의 사업을 추진하여야 한다.

그런데 한국도로공사는 2016. 10. 12. 공용 중인 고속국도 교량 중 내진보강 대상 시설물을 전수조사하면서 [표 7]과 같이 강화된 내진설계기준보다 낮은 지진가속도계수를 적용하여 설치·운영 중인 교량 2,037개를 누락하여 국토교통부에 보고하였고 이에 따라 행정안전부가 수립한 내진보강기본계획에도 누락되어 해당 교량

16) 행정안전부(구 국민안전처)가 내진보강 대상 시설물 전수조사를 위해 마련한「기존 공공시설물 내진보강 관련 전수조사 추진계획 및 작성지침」(2015. 9. 22.)에 따르면 전라남도 남서부 지역을 지진구역 Ⅰ로 제시

에 대한 내진보강 대책이 수립·추진되지 못하고 방치되도록 하였다.

[표 7] 강화된 내진설계기준에 미달하는 내진설계 반영 교량 현황

(단위: 개소, m/sec^2)

구분	내진성능 평가 실시 여부	지진가속도계수			계
		기타지역 (0.14g)	강원 북부, 제주 (0.07g)	강원 남부, 전남 (0.07g)	
내진설계 반영 교량	미실시	1,736	131	170	2,037

자료: 한국도로공사제출자료 재구성

또한 한국도로공사는 [표 8]과 같이 강화된 내진설계기준보다 낮은 지진구역Ⅱ 기준을 적용하여 설치·운영 중인 교량 86개에 대하여도 내진보강 대상 시설물을 부실하게 조사하여 해당 교량이 기본계획과 내진보강 대책에 누락되도록 하였다.

게다가 한국도로공사는 1단계 기본계획(2003~2015년)에 반영된 교량 중 당초 Ⅱ구역에서 Ⅰ구역으로 강화된 지역(전라남도 남서부)에 설치·운영 중인 2개 교량(사천교, 서울 및 목포방향)의 내진성능을 평가하면서는 지진가속도계수를 과거 내진설계기준인 지진구역Ⅱ를 적용하여 평가하고 내진성능 확보를 위해 교량받침을 교체하는 등 보강공사를 시행(2015년 완료)하였다.

[표 8] 지진구역계수를 반영한 내진성능평가 현황

(단위: 개소)

구분	내진보강 기본계획	내진성능 평가 실시 여부	당초 가속도계수 (Ⅱ구역: 0.098g)	변경 가속도계수 적용 (Ⅰ구역: 0.154g)	검토 제외 (내진성능확보)	계
내진설계 미반영 교량	반영	실시	2	17	12	31
		실시 중	-	9	-	9
내진설계 반영 교량	미반영	미실시	86	9	80	175
계			88	35	92	215

자료: 한국도로공사제출자료 재구성

이에 이번 감사원 감사기간 중 기본계획에 누락되어 적정한 내진보강대책 등이 없이 방치 중인 교량 2,123개(지진가속도계수 강화 2,037개+지진구역계수 강화 86개) 중 1종 시설물 20개 교량(지진가속도계수 강화 10개+지진구역계수 강화 10개)을 표본[17]으로 한국시설안전공단 국가내진센터에 의뢰하여 내진성능이 강화된 기준을 만족하는지를 분석[18]한 결과, 엄다천교(광주방향)의 경우 교각 구조물 기둥부 소성힌지[19] 구간의 철근이음이 분리되어 기둥이 파괴되는 등 [표 9]와 같이 20개 교량 중 6개는 내진성능이 확보되었을 가능성이 있으나 나머지 14개 교량은 내진성능을 확보하지 못하고 있을 가능성이 높은 것으로 나타났다.[20]

[표 9] 강화된 지진구역계수를 적용할 경우 내진성능 확보여부 검토 결과

연번	교량명(방향)	준공연도	상부형식	검토의견	검토내용
1	엄다천교(광주)	2007	PSCI	성능확인 필요	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 교량받침 공급역량 저하 우려
2	엄다천교(순천)	2007	PSCI	성능확인 필요	
3	남해금계1교(순천)	2012	STB	성능확인 필요	- 교량받침 저항력과 낙교 검토 필요 - 교대 벽체단면부 내진성능 확보 검토 필요
4	남해금계1교(영암)	2012	STB	성능확인 필요	
5	토마교(순천)	2012	PSCI	성능확인 필요	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 교량받침 공급역량 저하 우려
6	토마교(영암)	2012	PSCI	성능확인 필요	
7	불갑천교(목포)	2001	PSCI	성능확인 필요	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 교량받침 공급역량 저하 우려
8	불갑천교(서울)	2001	PSCI	성능확인 필요	
9	영양교(목포)	2001	PSCI	성능확인 필요	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려

17) 경상도와 전라도 지역에서 각 10개씩 임의로 선정

18) 공용 중인 교량의 내진성능을 신규로 평가하기 위해서는 현장조사 및 구조검토 등에 최소 2개월 이상 소요되어 국토교통부의 「기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령」을 발간한 한국시설안전공단 전문가(공학박사, 기술사) 및 국가내진센터의 검토를 받아 내진성능평가 및 보강 필요성 등을 종합적으로 판단함

19) 교각 기둥 하단부로부터 기둥 직경의 0.5배 높이부터 기둥 높이의 0.25배까지의 높이

20) 내진성능 검토는 현장조사 및 구조검토 등 정밀하게 내진성능평가를 수행해야 정확한 내진성능 확보 여부를 판단할 수 있으므로, 이번 감사 시 표본을 정해 개략적으로 검토한 20개 교량은 향후 내진보강기본계획에 반영한 후 내진성능평가를 수행하고, 평가결과 내진성능을 확보하지 못하는 것으로 나타날 경우 내진보강공사를 시행하여야 함

연번	교량명(방향)	준공연도	상부형식	검토의견	검토내용
10	영양교(서울)	2001	PSCI	성능확인 필요	- 교량받침 공급역량 저하 우려
11	전구2교(부산)	2001	PSCI	성능확보 확률 높음	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 탄성받침이 적용되고 지진하중 증가(1.1배)가 크지 않아 내진성능 확보가능성 높음
12	전구2교(춘천)	2001	PSCI	성능확보 확률 높음	
13	수철교(부산)	2001	STB	성능평가 수행	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 교량받침 공급역량 저하 우려
14	수철교(춘천)	2001	STB	성능평가 수행	
15	대창교(부산)	2006	PSCI	성능확보 확률 높음	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 탄성받침이 적용되고 지진하중 증가(1.1배)가 크지 않아 내진성능 확보가능성 높음
16	대창교(서울)	2006	PSCI	성능확보 확률 높음	
17	무기1교(부산)	2001	PSCI	성능확보 확률 높음	- 탄성받침이 적용되고 지진하중 증가(1.1배)가 크지 않아 내진성능 확보가능성 높음
18	무기1교(순천)	2001	PSCI	성능확보 확률 높음	
19	칠원대교(부산)	2001	STB	성능평가 수행	- 교각기둥 소성힌지 부분 공급역량 저하 우려 - 교량받침 공급역량 저하 우려
20	칠원대교(순천)	2001	STB	성능평가 수행	

자료: 한국시설안전공단 검토자료 재구성

또한 당초 지진구역Ⅱ 기준을 적용하여 내진성능평가를 한 2개 교량(사천교, 서울 및 목포방향)에 대해 강화된 지진구역Ⅰ을 적용하여 재평가한 결과, [표 10]과 같이 사천교(서울방향)의 경우 교량 기초 말뚝의 안전율이 기준(1.0 이상)보다 낮은 0.885에 불과하여 지진 발생 시 교량이 손상되거나 파괴될 수 있는 것으로 나타났다.

[표 10] 지진구역Ⅰ 지진가속도계수를 적용한 내진성능 재평가 결과

(단위 : m/sec^2)

연번	교량명	당초 내진성능평가				내진성능 재평가				
		평가 연도	지진 가속도계수(g)		보강방법[1]	지진 가속도계수 (g)	결과[2]	안전율	내진성능 미확보 요소	내진성능 확보 방안
1	사천교(목포)	2014	지진구역Ⅱ	0.086	받침교체	0.154	OK	-	-	-
2	사천교(서울)	2014	지진구역Ⅱ	0.086	받침교체	0.154	NG	0.885	교각2 기초	고층탄성받침 교체 or 면진받침 교체

주: 1.내진성능평가결과 내진성능 확보 시 무보강, 미확보 시 받침교체 등 내진성능 보강 공사 실시

2.강화된 지진구역(Ⅱ→Ⅰ)의 지진가속도계수를 적용하여 내진성능평가를 재실시한 결과 내진성능 확보 시 "OK", 미확보 시 "NG"

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

한편 한국도로공사는 자체적으로 2003. 12. 3. “내진설계 미반영 교량 성능 향상 방안”(2003~2012년) 및 2012. 10. 22. “내진 미반영 교량 2단계 보강 계획”(2013~2020년) 등을 수립하고, 2018년 7월 현재 위 계획을 앞당겨 2018년 12월까지 내진성능을 확보하지 못한 고속국도 교량의 보강사업을 100% 완료하는 것으로 국토교통부에 보고하고 대외에도 홍보(2016. 9. 20. 보도자료 배포[21])하였다.

위 보강 계획 등에 따르면 2018년 7월 현재 [표 11]과 같이 고속국도 교량 총 9,325개 중 내진설계 반영교량은 7,785개이고, 내진설계가 반영되지 않은 교량은 1,540개이며, 위 1,540개에 대한 내진성능평가 결과 1,056개는 내진성능이 부족하여 보강공사를 완료(453개는 내진성능 확보 또는 확장공사에 포함되어 내진보강 대상에서 제외)하였고, 나머지 31개는 2018년 12월까지 내진성능평가를 실시하고, 그에 따라 내진보강 등 사업추진 여부를 확정할 예정이다.

[표 11] 고속국도 교량 내진성능보강 현황(2018년 7월 현재 한국도로공사 관리 기준)

(단위 : 개, %)

구분	전체	내진설계 반영	내진설계미반영					
			계	성능평가실시				성능평가 미실시[1]
				소계	성능확보	확장공사	보강공사	
대구·경북본부	1,255	1,127	128	121	30	5	86	7
부산·경남본부	1,406	1,162	244	242	52	44	146	2
그 외 지역본부	6,664	5,496	1,168	1,146	208	114	824	22
계	9,325	7,785	1,540	1,509	290	163	1,056	31
비율(%)	100.0	83.5	16.5	16.2	3.1	1.8	11.3	0.3

주: 1. 2018년 현재 한국도로공사 관리 기준으로 내진성능평가미실시 교량 수로 2018년 말까지 성능평가 및 보강공사 완료 예정
2. 전체, 설계반영, 설계 미반영, 성능평가미실시 등의 교량 개수는 2018년 7월 기준으로 조정 반영
자료: 한국도로공사제출자료 재구성

21) 한국도로공사는 2016. 9. 20. 보도자료를 내고 2017년까지 8,767개(2016년 기준)의 고속국도 교량에 대해서는 내진보강을 100% 완료할 계획이라고 밝힘

그런데 한국도로공사가 위 “1~2”항과 같이 내진보강기본계획 등에 누락된 교량을 고속국도 교량의 내진성능보강 대상에 포함하게 되면, [표 12]와 같이 내진설계 미반영 교량 1,540개 중 222개(지진구역계수 미반영 2개+사용목표수명 등급 오류 220개)와 내진설계 반영교량 7,785개 중 2,123개(강화된 지진가속도계수 미반영 2,037개+강화된 지진구역계수 미반영 86개), 합계 2,345개는 내진보강 기본계획에 반영하여 내진성능평가를 한 후, 그 결과에 따라 내진보강공사 등을 시행해야 하므로 전체 9,325개 중 25.2%인 2,345개 교량은 지진 발생 시 내진성능이 확보(내진보강 불필요)된 것으로 잘못 판단하여 관리하고 있다.

[표 12] 감사원의 고속국도 교량 내진성능보강 재검토 결과

(단위 : 개, %)

구분	전체	내진설계반영					내진설계미반영					
		계	불만족			만족	계	성능재평가대상			성능평가 미실시	내진성능 확보 (확장공사 포함)
			소계	강화된지진 구역계수 미반영	강화된지진 가속도계수 미반영			소계	지진구역(I) 계수 미반영	사용목표 수명 등급 반영 오류		
대구경북 본부	1,255	1,127	180	-	180	947	128	-	-	-	7	121
부산경남 본부	1,406	1,162	309	-	309	853	244	16	-	16	2	226
광주전남 본부	1,165	981	124	86	38	857	184	27	2	25	11	146
그외지역 본부	5,499	4,515	1,510	-	1,510	3,005	984	179	-	179	11	794
소계	9,325	7,785	2,123	86	2,037	5,662	1,540	222	2	220	31	1,287
비율(%)	100.0	83.5	22.8	0.9	21.9	60.7	16.5	2.4	0.02	2.4	0.3	13.8

자료: 한국도로공사제출자료 재구성

그 결과 강화된 내진설계기준을 임의 적용하거나 미흡하게 적용하여내진성능평가 및 내진보강 등이 필요한 고속국도 교량을 그대로 둘 경우, 지진 발생 시 교량 붕괴 등 대형 재난이 발생할 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하고 내진성능 보완이 필요한 교량에 대해 내진성능 보완계획 등을 마련하여 추진하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 「기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령」에 맞지 않게 지진가속도계수를 하향 적용하거나 강화된 내진설계기준을 반영하지 않은 고속국도 교량(2,345개)에 대하여 「지진·화산재해대책법」 제15조 등의 규정에 따라 내진보강기본계획에 반영하여 내진성능평가를 실시하고, 그 결과에 따라 내진성능이 부족한 교량의 내진성능을 확보하는 등 합리적인 방안을 마련하시기 바랍니다.**(통보)**

[별표]

평가설계수명을 초과하여 공용 중인 고속국도 교량 현황(2018. 7. 20. 기준)

(단위 : m, 년)

연번	교량명(방향)	노선	연장	준공연도	평가설계수명	공용연수
1	미성IC본선교(강릉)	영동선	16.1	1976	40	43
2	영덕교	경부선	70.0	1968	40	51
3	금곡교(부산)	경부선	74.9	1968	40	51
4	금곡교(서울)	경부선	74.9	1968	40	51
5	내동교(부산)	경부선	8.0	1969	40	50
6	내동교(서울)	경부선	8.0	1969	40	50
7	궁촌교(강릉)	영동선	125.0	1971	40	48
8	안성IC육교(부산)	경부선	38.1	1969	40	50
9	안성IC육교(서울)	경부선	38.0	1969	40	50
10	용산천교(천안)	호남선	125.2	1973	40	46
11	해전1교(천안)	호남선	15.0	1970	40	49
12	후정철육교(천안)	호남선	25.0	1970	40	49
13	후정2교(천안)	호남선	50.0	1970	40	49
14	후정육교	호남선	40.6	1970	40	49
15	소룡육교	호남선의 지선	44.7	1970	40	49
16	강청교(회덕)	호남선의 지선	39.0	1970	40	49
17	덕목육교(회덕)	호남선의 지선	12.0	1970	40	49
18	문화교(천안)	호남선	10.5	1973	40	46
19	송정교(천안)	호남선	11.0	1973	40	46
20	신용교(천안)	호남선	36.0	1973	40	46
21	신창육교(천안)	호남선	13.9	1973	40	46
22	경주IC육교	경부선	59.0	1969	40	50
23	상리육교(금호)	중부내륙지선	14.0	1978	40	41
24	반천1교(언양)	울산선	10.0	1969	40	50
25	반천1교(울산)	울산선	10.0	1969	40	50
26	효정육교(양평)	중부내륙선	10.0	1978	40	41
27	고봉교(양평)	중부내륙선	20.5	1978	40	41
28	외송1교(부산)	경부선	12.0	1969	40	50
29	외송1교(서울)	경부선	12.0	1969	40	50
30	교동교(부산)	경부선	17.5	1969	40	50
31	교동교(서울)	경부선	17.5	1969	40	50

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

개별처분요구안 (2)번

감 사 원

시정요구 및 통보

제 목 **남천교 낙교방지용 전단키 시공 등 부적정**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 2010. 2. 24. 주식회사 ○○(대표이사 A)과 낙교방지용 전단키[22] 설치 등이 포함된 “2010년 경남지역본부 관내 내진보강공사”(이하 “위 내진보강공사”라 한다) 계약(계약금액: 5,251,664,000원)을 체결하여 같은 해 12. 20. 준공 처리하였다.

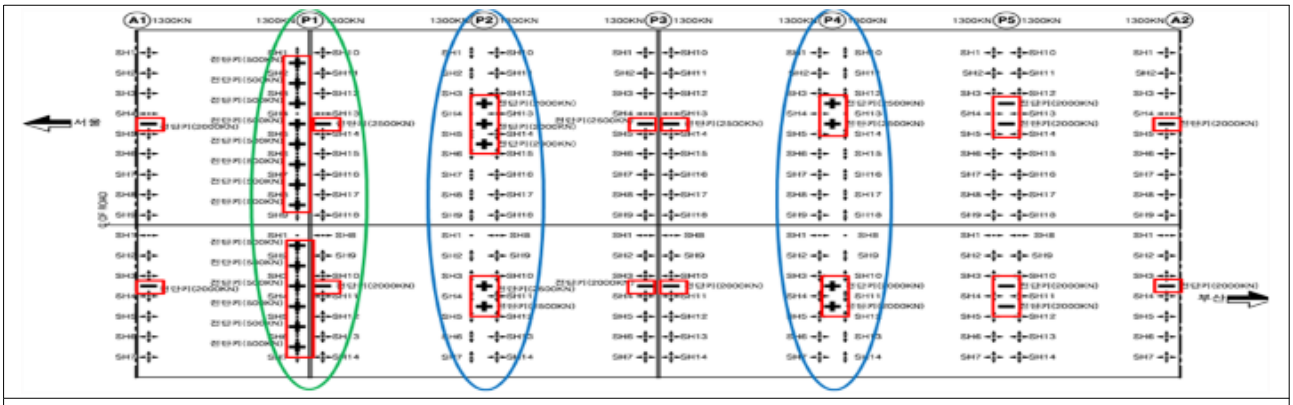
그리고 한국도로공사는「구조물관리규정」제15조 등의 규정에 따라 고속국도 교량에 대하여 안전점검을 수행하고 손상된 부재를 보수·보강하는 등 유지관리 업무를 수행하고 있다.

2. 관계법령(판단기준)

위 내진보강공사는 최초 내진설계를 반영하지 않고 경부고속국도에 설치·운영 중인 서울방향 남천교(연장 180m, 1997년 준공) 등 33개 교량에 대하여 [그림]과 같이 지진발생 시 낙교방지를 위해 전단키를 설치(해당 교량 16개)하는 등 교량의 내진성능을 향상시키는 공사이다.

22) 지진발생 시 낙교방지를 위해 교각 및 교대의 상부에 돌출부 형태로 설치되며 주로 강재나 콘크리트로 제작

[그림] 내진성능보강 현황(예시: 남천교)



전단키 배치도(빨간색) / P1 교각 기초보강(초록색) / P2, P4 교각 섬유보강(파란색)

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

위 내진보강공사의 공사시방서 1.3 및 1.4 등에 따르면 수급인은 공사착수 전에 설계도서를 면밀히 검토하여 설계도서의 오류, 누락 등으로 인하여 공사에 잘못이 발생하지 않도록 시공하여야 하고, 한국도로공사(감독원)는 수급인이 건설공사 중 설계도서와 시방서 등의 내용에 적합하지 않게 시공한 때에는 재시공 등의 조치를 하도록 되어 있다.

그리고 한국도로공사는 「공사계약일반조건」 제27조의 약정에 따라 수급인으로부터 준공신고서를 제출받고 검사를 할 때에는 수급인이 계약이행 내용의 전부 또는 일부를 계약에 위반되거나 부당하게 시공하였는지 여부를 철저히 검사하여 부당시공 등이 있는 경우 재시공 등 필요한 조치를 하여야 한다.

또한, 한국도로공사는 「구조물관리규정」 제15조 및 제22조 등의 규정에 따라 정기적으로 안전점검[23]을 실시할 때에는 교량 상부구조물 하중을 하부구조물에 원활하게 전달하고, 지진발생 시 교량구조물에 작용한 지진하중의 수용기능을 수행하는

23) 정기점검은 보통 반기별 1회 실시

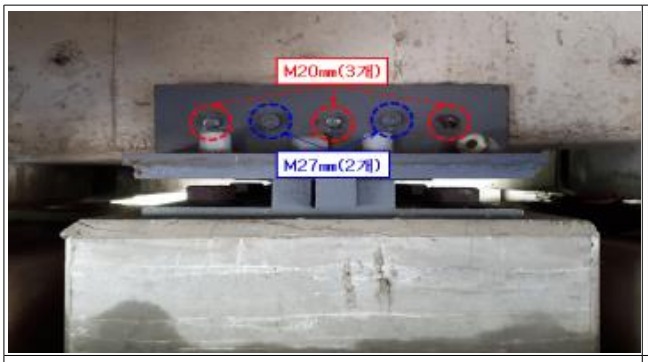
교량받침이 손상 또는 파손되었는지 등을 점검하여 손상·파손된 부재를 제때 보수·보강하는 등 교량을 철저히 유지관리하여야 한다.

3. 감사결과 확인된 사항

가. 전단키 앵커볼트 부당 시공

그런데 한국도로공사는 위 내진보강공사 수급인이 남천교[24] 등 16개 교량에 낙교방지용 전단키(총 113개[25])를 시공하면서 경부고속국도에 있는 남천교(서울방향)의 경우 [사진 1]과 같이 3번 교각 전단키 앵커볼트는 규격 39㎜짜리 10개를 앞면과 뒷면에 설치하도록 설계된 것을 앞면만 규격 27㎜짜리 2개와 20㎜짜리 3개만 시공(1개 파단)하고 뒷면은 철근간섭 또는 작업공간이 협소하다는 핑계로 시공하지 않는 등 [별표] "남천교(서울방향) 등 6개 교량 전단키 앵커볼트 부당 시공 및 구조검토 결과"와 같이 6개 교량(상·하행 구분 기준)에 설치한 총 47개 전단키의 앵커볼트 규격 및 수량을 설계도서에 맞지 않게 부당 또는 부족 시공(해당 공사비: 231,946,000원)한 것을 제대로 감독하거나 검사하지 않고 적정한 것으로 준공 처리하였다.

[사진 1] 남천교(서울방향) 3번 교각 전단키 앵커볼트 시공 현황



전단키 앵커볼트 부당 시공(규격 및 수량 미달)

전단키 앵커볼트 1개(20㎜) 파단

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

24) 위치: 울산광역시 울주군 소재
25) 최초 계약 시 17개 교량(상·하행 구분 기준)에 총 119개의 전단키를 설치할 예정이었으나 중리1육교는 이관대상으로 분류·제외하여 16개 교량에 113개의 전단키를 설치

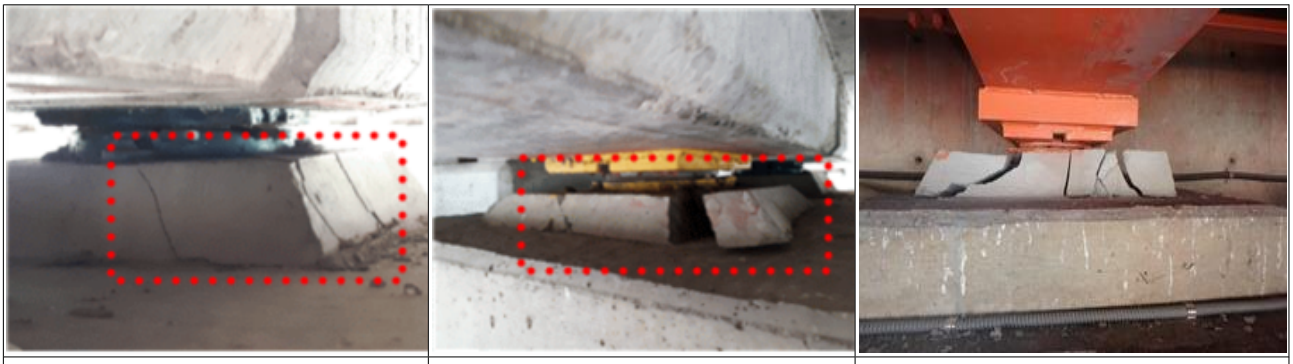
이에 이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 설계도서와 다르게 부당시공한 47개 전단키에 대해 구조적 안전성(안전율 1.0 이상)을 분석해 본 결과 [별표] “남천교(서울방향) 등 6개 교량 전단키 앵커볼트 부당 시공 및 구조검토 결과”와 같이 남천교(서울방향) 등 총 6개 교량에 시공한 47개 전단키 전체의 안전율이 최소 0.169에서 최대 0.939에 불과하여 구조적 안전성을 확보하지 못하고 있는 것으로 나타났다.

그 결과 지진 시 낙교방지용으로 설치한 전단키가 제 기능을 발휘할 수 없어 교량 상부구조물이 낙교될 우려가 있다.

나. 교량받침 보호 콘크리트 파손 방치

또한 이번 감사원 감사기간 중 2종 시설물인 남천교를 점검한 결과, 2번 교각 등 2개 교각에 설치한 4개소의 교량받침 보호 콘크리트가 [사진 2] 및 [별첨] “남천교 교량받침(4개소) 보호 콘크리트 파손 현황”과 같이 경주지진(2016. 9. 12.) 또는 포항지진(2017. 11. 15.) 발생시 위 교량에 작용한 것으로 보여지는 지진 하중에 의해 심하게 파손되어 있었다.

[사진 2] 교량받침 보호 콘크리트 파손 및 지진피해 교량 사례



남천교 서울방향(P2-SH4) 파손	남천교 서울방향(P2-SH13) 파손	포항지진 시 파손 사례(통빈큰다리, 지방도)

자료: 한국도로공사 및 포항시 제출자료 재구성

그런데 한국도로공사는 경주지진 이후 남천교를 3차례나 안전점검하면서 점검시설[26]이 없고 점검차량[27]을 이용할 경우 점검시간이 많이 소요된다는 이유로 교량을 제대로 점검하지 않고 “특이사항 없음”으로 관리하고 있다.

그 결과 파손된 교량받침 보호 콘크리트를 보수·보강 등 적정한 조치 없이 그대로 둘 경우 교량 상부구조물이 주저앉는 등 교량이 추가 손상될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 설계도서와 다르게 시공된 전단키 앵커볼트에 대해 실제 시공상태를 반영하여 정밀 구조해석을 실시한 후 그 결과에 따라 수급자의 부담으로 2018년 10월 말까지 재시공 등의 조치를 하고, 파손된 교량받침 보호 콘크리트는 조속히 재시공하며, 앞으로 위와 같은 일이 발생하지 않도록 건설공사 관리·감독 및 유지관리 업무를 철저히 하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은

① 설계도서와 다르게 부당 시공한 남천교 등 6개 교량의 전단키 47개(해당 공사비: 231,946,000원)에 대하여 주식회사 ○○의 부담으로 재시공[28]하도록 조치하고

② 앞으로 건설공사의 관리·감독 및 교량구조물 안전점검을 제대로 수행하지 않아 교량 구조물의 안전성이 저하되는 일이 없도록 교량 구조물 관리업무를 철저히 하

26) 교각의 교량받침을 점검하기 위하여 교량 상부구조물 등에서 접근할 수 있도록 설치한 계단식 점검로
27) 점검로가 없는 교량은 교량 하부에서 접근이 가능한 고소차나 교량 상부구조물에서 교량하부로 접근할 수 있도록 특수제작된 굴절형 점검차(굴절차 이용 시 1~2개 차로는 통행차단 필요)를 이용하여 점검하여야 하고, 한국도로공사는 이러한 점검차량 등을 구비하여 교량 안전점검 등에 활용 중임
28) ㈜○○은 2018. 7. 27. 부당 시공한 전단키를 자체 부담으로 재시공하겠다는 공문을 한국도로공사에 제출

시기 바랍니다.(**시정**)

③ 그리고 파손된 남천교 교량받침 보호 콘크리트(4개소)에 대하여는 시급히 보수·보강하는 방안을 마련하시기 바랍니다.(**통보**)

[별표]

남천교(서울방향) 등 6개 교량 전단키 앵커볼트 부당 시공 및 구조검토 결과

(단위: KN, ㎜, 개)

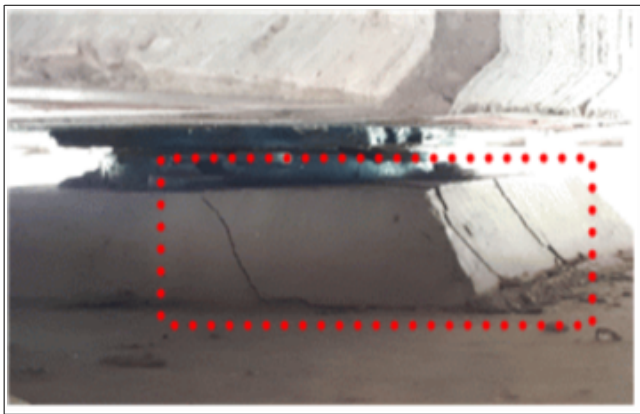
관리지사	교량명	방향	위치	전단키		앵커볼트					
						설 계			시 공		
				세부위치	용량	규격	개수	안전율	규격	개수	안전율
합계(전단키 개수)				47							
서울산	남천교	소계		20							
		서울	A1	A1-1	2,000	36	6	1.174	24	2	0.169
			P1	P1-1	500	24	4	1.352	16	2	0.308
				P1-2	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-3	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-4	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-5	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-6	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-7	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-8	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-9	2,500	39	10	1.869	24	5	0.338
			P2	P2-1	2,000	39	8	1.869	27 20	4 4	0.674
				P2-2	2,000	39	8	1.869	27 20	6 2	0.777
				P2-3	2,000	39	8	1.869	27 20	4 4	0.674
			P3	P3-1	2,500	39	10	1.620	27 20	2 3(1개 파단)	0.274
				P3-2	2,500	39	10	1.620	27 20	3 2	0.358
			P4	P4-1	2,500	39	8	1.496	24 20	4 6	0.690
				P4-2	2,500	39	8	1.496	24 20	4 4	0.573
			P5	P5-1	2,000	36	6	1.174	27	6	0.659
				P5-2	2,000	36	6	1.174	27	6	0.659
			A2	A2-1	2,000	36	6	1.174	24 20	2 2	0.286
		소계		17							
		부산	A1	A1-1	2,000	36	6	1.174	24	2	0.169
			P1	P1-1	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-2	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-3	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-4	500	24	4	1.352	20	2	0.469

관리지사	교량명	방향	위치	전단키		앵커볼트					
						설 계			시 공		
				세부위치	용량	규격	개수	안전율	규격	개수	안전율
				P1-5	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-6	500	24	4	1.352	20	2	0.469
				P1-7	2,500	36	6	1.174	27	5	0.549
			P2	P2-1	2,500	39	8	1.869	27 20	5 3	0.580
				P2-2	2,500	39	8	1.869	27 20	4 4	0.539
			P3	P3-1	2,000	39	6	1.174	27 20	2 3	0.374
				P3-2	2,000	39	6	1.174	27 20	2 3	0.374
			P4	P4-1	2,500	39	8	1.869	24 20	4 4	0.573
				P4-2	2,500	39	8	1.869	24 20	4 4	0.573
			P5	P5-1	2,000	36	6	1.174	27	6	0.659
				P5-2	2,000	36	6	1.174	27	6	0.659
			A2	A2-2	2,000	36	6	1.174	24 20	2 2	0.286
서울산	활천교	소계		2							
		서울	P1	P1-1	2,000	39	8	1.869	24	8	0.676
			P3	P3-1	2,000	39	8	1.869	24	8	0.676
		소계		2							
		부산	P1	P1-1	2,000	39	8	1.869	24	8	0.676
			P3	P3-1	2,000	39	8	1.869	24	8	0.676
진주	새미교	소계		3							
		순천	A1	A1-1	500	24	6	2.028	20	4	0.939
			P1	P1-1	500	24	4	1.352	20	4	0.939
			P5	P5-1	500	24	4	1.352	20	4	0.939
		소계		3							
		부산	A1	A1-1	500	24	6	2.028	20	3	0.704
			P1	P1-1	500	24	4	1.352	20	4	0.939
			P5	P5-1	500	24	4	1.352	20	4	0.939

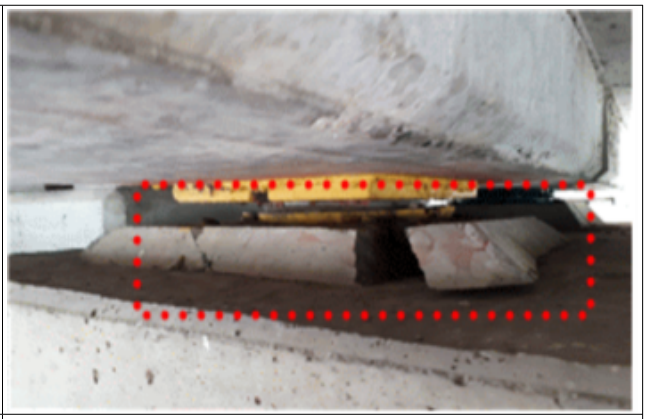
자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

[별첨]

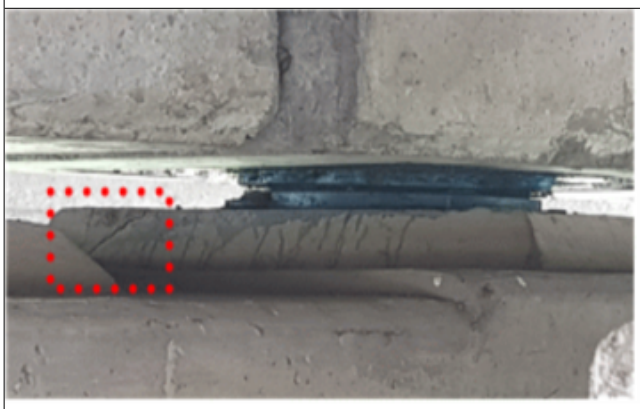
남천교 교량받침(4개소) 보호 콘크리트 파손 현황



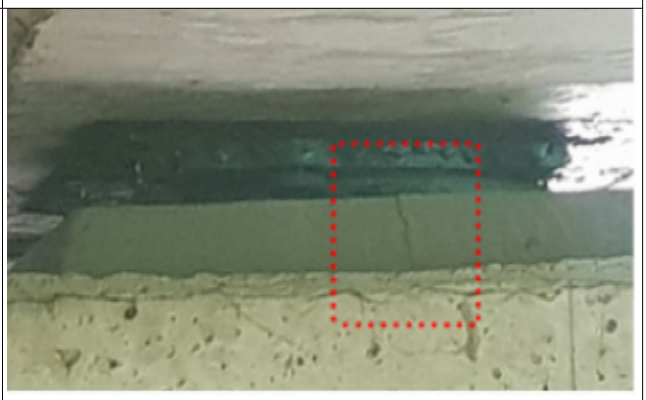
서울방향 P2-SH4 교량받침



서울방향 P2-SH13 교량받침



부산방향 P2-SH1 교량받침



서울방향 P4-SH13 교량받침

남천교 전경(좌측 서울방향)

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

개별처분요구안 (3)번

감 사 원

통 보

제 목 **교량 여유간격 및 교량받침 이동량 미확보**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 「한국도로공사법」 제12조 및 「구조물관리규정」 등의 규정에 따라 교량 등 고속국도 구조물의 기능과 안전을 유지하고 재난의 예방 및 신속한 대응을 위해 고속국도 구조물을 유지관리 하고 있다.

2. 관계법령(판단기준)

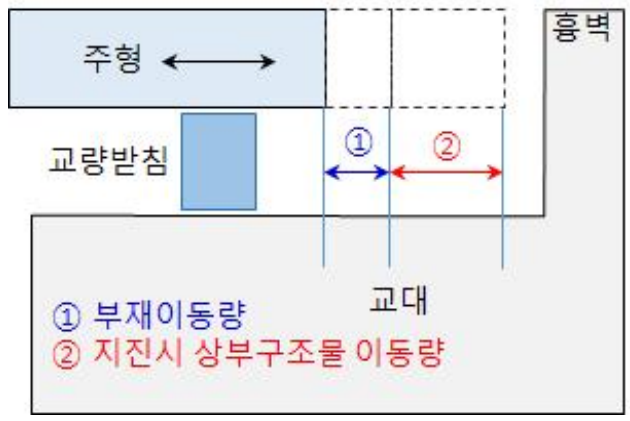
「도로교 설계기준」 제8장 '내진설계' 8.6.8 '설계변위'에 따르면 지진 시 교량 상부구조물의 주형[29]과 교대 흉벽[30] 또는 인접하는 교량 상부구조물의 주형과 주형 간의 충돌에 의한 주요 구조부재의 손상을 방지하고, 내진성능이 충분히 발휘될 수 있도록 주형 또는 교대 흉벽 단부에는 [그림 1]과 같이 온도변화 등에 의한 부재이동량과 지진 시 상부구조물의 이동량을 합한 값 이상만큼의 여유간격을 두도록 규

29) 교량 상부의 주체를 이루는 부분으로서 상부구조물에 작용하는 하중을 지지하고 그것을 하부구조물에 전달하는 구조 부재(柱形, Main Girder)

30) 교대 뒷면의 흙이 무너지는 것을 막기 위해 설치하는 벽체(胸壁, Parapet Wall)

정되어 있다.

[그림 1] 교량의 여유간격



교량의 여유간격(Δi_s): $\Delta l_s+\Delta l_c+0.4\Delta l_t+d$

여기서,

Δi_s=교량의 여유간격(㎜),

Δl_s=콘크리트의 건조수축에 의한 이동량(㎜)

Δl_c=콘크리트 크리프에 의한 이동량(㎜)

Δl_t=온도변화로 인한 이동량(㎜)

d=지진 시 지반에 대한 상부구조물의 총변위(㎜)

자료: 국토교통부자료 재구성

또한 교량받침(고정받침, 가동받침)은 상부구조물의 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 하고 온도변화 및 지진 시 상부구조물의 변위(수평, 회전)를 안전하게 수용하는 기능을 하는 것으로, 「도로교 설계기준」 제2장 '설계일반사항' 2.4.1 '받침'에 따르면 가동받침은 상부구조물의 온도변화 등에 의한 계산이동량(부재이동량)에 지진 등에 의한 하부구조물의 이상변위 등에 대처할 수 있도록 여유이동량을 확보하도록 규정되어 있고, 위 여유이동량은 ±30㎜[31] 이내가 바람직한 것으로 되어 있다.

한편 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 "시설물안전법"이라 한다) 제11조 및 제12조 등의 규정에 따르면 관리주체는 시설물의 안전과 기능을 유지하

31) 2010년 「도로교 설계기준」에 따르면 가동단 받침의 여유이동량을 ±30㎜ 이내를 확보하도록 되어 있고, 2012년 개정된 「도로교 설계기준」(한계상태 설계법)에 따르면 가동단 받침의 여유이동량은 ±50㎜ 이내를 확보하도록 기준이 강화됨

기 위하여 정기적으로 안전점검을 실시하고, 안전점검을 실시한 결과 재해·재난을 예방하기 위하여 필요하다고 인정되는 경우에는 정밀안전진단을 실시하도록 되어 있다.

또한 한국도로공사「구조물관리규정」제15조 등에 따르면 구간책임자[32]는 구조물의 기능적 상태를 판단하고 구조물이 현재의 사용 요건을 만족시키고 있는지 확인하기 위해 정기점검을 실시하며, 이때 세심한 외관조사를 실시하여 구조물의 전반적인 외관 상태를 관찰하며 중대한 결함을 조사하도록 되어 있다.

따라서 한국도로공사는 교량 상부구조물의 주형과 교대 흉벽 또는 주형 단부에 적정한 여유간격을 확보하고 있는지를 조사하고, 여유간격이 부족한 교량은 교량기능에 문제가 없는 범위에서 일부 바닥판 절단 등 적정한 방법으로 여유간격을 확보하여야 하며, 여유간격 부족으로 주형과 교대 흉벽이 협착되어 교량 바닥판에 심각한 손상이 발생한 때에는 정밀안전진단 등을 실시하고 그 결과에 따라 보수·보강하는 등 적절한 조치를 하여야 한다.

또한 교량받침에 대해서도 평상시 또는 지진 시 적정한 이동량을 확보하고 있는지를 조사하고 이동량이 부족한 교량은 교량받침 사이드블럭[33]의 위치를 조정하는 등의 방법으로 적정 이동량을 확보하여 교량구조물의 안전과 기능을 유지하여야 한다.

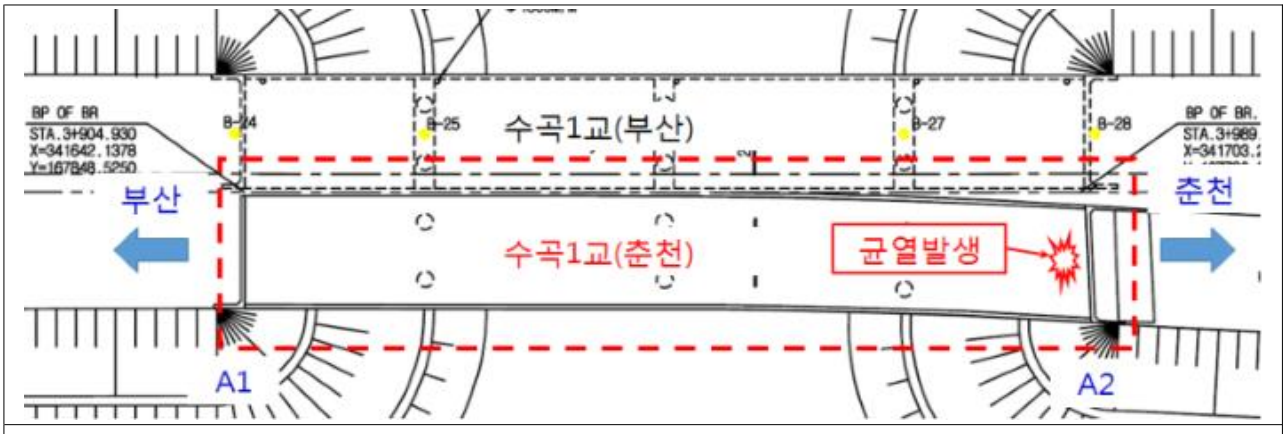
32) 유지관리 책임자로서 관할 지사장, 도로관리소장이며소관 구조물의 관리주체
33) 교량받침이 일방향(차량 진행방향)으로만 수평이동하도록 교량받침 하부 양옆에 “ㄱ”자 모양으로 체결된 걸쇠

3. 감사결과 확인된 문제

가. 교량 상부구조물 여유간격 부족

이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 영남지역에 설치·운영 중인 고속국도 교량 중 내진성능 보강을 실시한 197개 교량의 여유간격을 점검한 결과, 중앙고속국도 수곡1교[34](춘천방향) 교대(A2)의 경우 교대 뒤쪽 성토체 변형[35] 등에 의해 교대가 교량 상부구조물(주형)에 협착(실측 여유간격 0㎜, 적정 여유간격 59㎜[36]) 되어 [그림2]와 같이 교량 바닥판에 철근 깊이까지 균열이 발생하고 바닥판이 파손되고 있는 등 [별표] "고속국도 교량 여유간격 점검결과 여유간격 부족교량 현황"과 같이 19개 교량 30개 지점의 여유간격이 부족하였다.

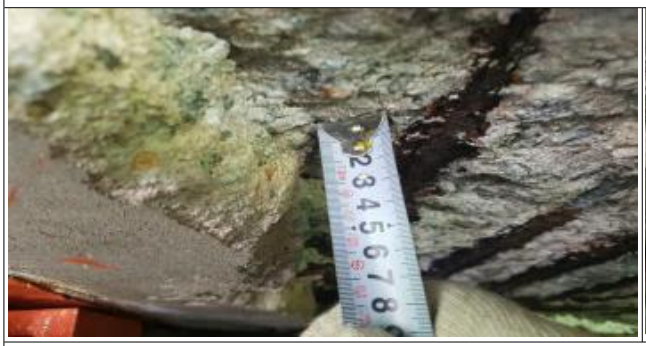
[그림 2] 수곡 1교 여유간격 부족 현황 (2018. 7. 12. 기준)



종평면도

34) 연장: 84m, 상부형식: PSC중공슬라브, 준공연도: 1995년, 내진보강연도: 2009년, 위치: 경상북도 안동시 소재
35) 한국도로공사에 따르면 협착의 주요 원인으로는 ① 성토체의 과다변형, ② 여름철 이상고온에 따른 콘크리트 포장 팽창, ③ 알칼리 골재반응에 따른 콘크리트 포장 팽창 등으로 추정됨
36) 평상시 온도신축에 의한 수평이동량 4㎜와 지진발생 시 수평이동량 55㎜를 합한 값

교대(A2) 여유간격(0㎜) 부족 및 바닥판 균열(최초 점검: 2018. 6.14.)



교대(A2) 교량 바닥판 균열부위 제거(재점검일: 2018. 7. 12.)

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

그런데 한국도로공사는 2012년 교대협착 등을 관리하기 위해 교대 수평변위 발생교량 관리방안을 수립하여 교대변위 초기치를 관리하기로 계획하였으나, 2018년 7월 현재까지 별다른 관리 없이 그대로 두었고, 2017년 11월 “교대협착 예방 및 관리대책”을 수립하면서 전국 고속국도 교량 중 교대협착 교량 380개를 확인하였으나 이번 감사원 감사 시 여유간격이 부족한 것으로 확인된 교량 19개 중 13개 교량이 누락되어 있는 등 여유간격 부족교량 조사도 제대로 하지 않았을 뿐만 아니라, 여유간격이 부족한 교량에 대하여도 교량 안전에 문제가 없는 범위 내에서 바닥판 절단 등의 방법으로 여유간격을 확보하지 않고 그대로 두고 있다.

게다가 한국도로공사는 2016. 3. 22. 수곡1교에 대해 안전점검(정기점검)을 실

시하면서 교량바닥판 일부에 균열이 발생한 것을 확인[37]하고도 긴급 정밀안전진단 등을 실시하여 균열발생에 대한 원인을 규명하고 적절한 보수·보강 등을 시행하지 않고 있다가 2년 2개월이 지난 2018. 5. 9.에서야 한국도로공사 도로교통연구원에 균열원인 분석 및 보수·보강을 위한 구조물 기술자문만 요청[38]하였다.

유사 사례

■ 중앙고속국도 회곡교(춘천방향)[39]의 경우 2번 교대(A2) 뒤쪽 성토체의 변형 등으로 인해 교대 구조물이 교량 상부구조물 방향으로 수평이동 하여 적정 여유간격 59㎜보다 34㎜ 부족한 25㎜에 불과

- 또한 이와 같이 여유간격 부족 등 원인으로 교량 바닥판에 철근 깊이까지 균열이 발생하고, 콘크리트가 탈락되고 있는 등 교량 구조물의 안전을 위협

교량 바닥판 균열(점검일: '18. 6. 14.)	**교량바닥판 균열부위 제거(재점검일: '18. 7. 12)**

■ 그런데 한국도로공사는 2015. 7. 7. 회곡교에 대해 안전점검을 실시하면서 교량바닥판에 균열을 발생한 것을 확인하고서도 균열발생 원인 규명 및 보수·보강 등 적정한 조치를 하지 않고 그대로 두다가 2년 10개월이 지난 2018. 5. 9.에서야 한국도로공사 도로교통연구원에 기술자문만 요청하는 등 부실 관리

나. 교량받침 이동량 부족

또한 고속국도 교량의 교량받침이 적정한 이동량을 확보하고 있는지를 점검한

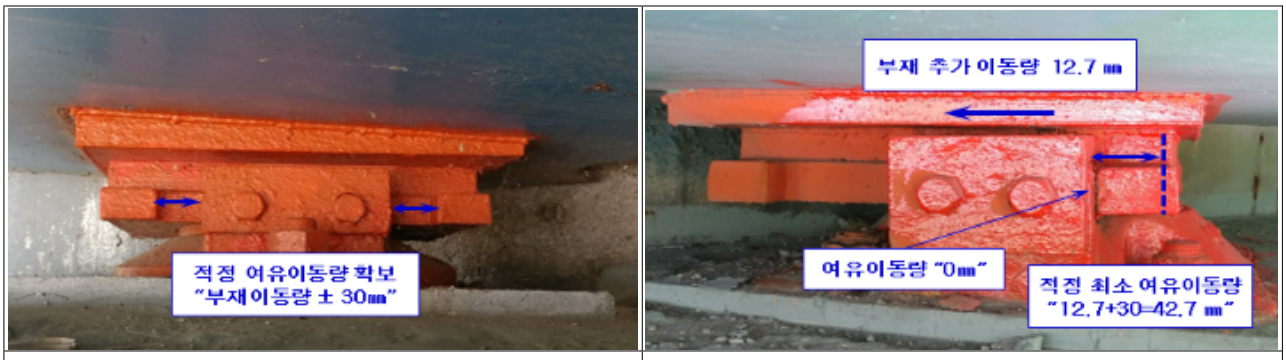
37) 한국도로공사는 시설물안전법 제11조의 규정에 따라 정기안전점검을 실시하고 있으며, 2016. 3. 22. 실시한 2016년도 전반기 특정관리 점검 시 여유간격 부족에 따른 협착으로 0.5㎡ 규모의 균열이 2개소 발생된 것을 확인함

38) 도로교통연구원은 한국도로공사로부터 기술자문을 요청받은 후 1개월이 지난 2018. 6. 14.에서야 최초 현장조사 실시

39) 연장: 84.0m, 상부형식: PSC슬래브교, 준공연도: 1995년, 내진보강연도: 2009년, 위치: 경상북도 안동시 소재

결과, 노동교[40](춘천방향) 2번 교대 교량받침(4개)의 경우 [사진]과 같이 1995년 교량받침을 설치할 때 이동량을 제대로 확보하지 않아 실측된 교량받침의 잔여 이동량이 없어 평상시 온도 변화에 의한 부재이동량 12.7㎜[41]도 확보할 수 없고, 지진 시 상부구조물의 수평 여유이동량 30㎜를 고려할 경우에는 총 42.7㎜의 이동량이 부족한 등 [표]와 같이 3개 교량에 설치한 교량받침(가동단, 총 13개)의 이동량이 부족한 채로 공용 중에 있다.

[사진] 노동교(춘천) A2 교량받침 여유이동량 부족 현황(2018. 6. 14. 기준)



서안동IC교 교량받침 적정이동량확보 사례	노동교(춘천) 교량받침 여유이동량 부족

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

[표] 고속국도 교량받침 이동량 부족 현황

(단위: ㎜)

연번	교량명	위치		교량받침 이동량			점검시 실측 잔여 이동량 (D)	평상시 추가 부재 이동량 (E)	과부족	
		지점	받침(가동단) 수	계 (A=B+C)	부재 이동량 (B)	여유 이동량 (C)			평상시 최소 여유 이동량 (F=D-E)	지진 시 최소 여유 이동량 (G=D-E-C)
1	노동교 (춘천)	A2	4	100	70	30	0	12.7	-12.7	-42.7
2	노동교 (부산)	A2	4	100	70	30	0	12.7	-12.7	-42.7
3	옥계천교 (부산)	A1	5	80	50	30	0	7.6	-7.6	-37.6

주: 이동량은 해당 교량에 설치된 가동단 교량받침 중 대표값으로 노동교(부산)의 경우 2번 받침, 노동교(춘천)의 경우 3번 받침, 옥계천교(부산)의 경우 2번 받침의 측정값임
자료: 한국도로공사제출자료 재구성

40) 위치: 경상북도 안동시 소재
41) '18. 6. 14. 감사원 점검당시 기온이 26℃인 상태에서 실측 이동 가능량이 "0"이고, 기온이 설계기준 최대 온도(40℃)까지 상승할 경우에 필요한 추가 부재이동량을 산출한 값

그런데 한국도로공사는 적정 이동량을 확보하지 못하고 있는 교량받침을 조사하여 교량받침의 사이드블럭을 조정하는 등의 방법으로 적정 이동량을 확보하지 않고 그대로 두고 있다.

그 결과 평상 시는 물론 지진 시 교량의 교축방향으로 지진하중이 작용할 경우 교량의 여유간격 및 교량받침의 이동량 부족으로 상부구조물이 이동할 수 없어 교량이 손상되거나 파괴될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 교량 여유간격이 부족한 교량에 대해 여유간격을 확보할 수 있는 보수·보강 등의 방안을 마련하고, 교량받침 이동량이 부족한 교량에 대해 보수 등을 통해 적정 이동량을 확보하는 한편, 교량 바닥판 균열이 발생한 수곡1교(춘천방향), 회곡교(춘천방향)에 대해 긴급점검 결과에 따라 보수·보강 대책을 수립하여 조치하겠다는 의견을 제시하였다.[42)]

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은

① 여유간격이 부족한 19개 교량(30개 지점)에 대하여 적정 여유간격을 확보하고, 교량받침 이동량이 부족한 3개 교량(13개 교량받침)에 대하여는 적정 이동량을 확보하는 등 적정한 조치를 하며

② 교량 바닥판이 손상된 수곡1교 및 회곡교에 대하여 정밀안전진단을 실시하고 그 결과에 따라 보수·보강하는 등 합리적인 방안을 마련하시기 바랍니다.**(통보)**

42) 감사원 감사기간 중인 2018. 7. 12. 한국도로공사로 하여금 사용제한 여부 검토 및 긴급정밀안전진단을 실시하여 균열발생 원인을 규명하고, 그 결과에 따라 보수·보강 등 적절한 조치를 하도록 하였고, 한국도로공사는 정밀안전진단 업체인 □□주식회사(대표이사 B)에 의뢰하여 균열 발생 원인 및 손상정도 등을 조사·분석 중에 있으며, 그 결과에 따라 대책을 마련할 예정임

[별표]

고속국도 교량 여유간격 점검결과 여유간격 부족교량 현황

(단위: ㎜)

연번	교량명 (방향)	위치	적정 여유간격			점검 시 실측 여유간격 (D)	평상시 추가 부재 이동량[2] (E)	과부족		협착 원인[3]
			계 (A=B+C)	부재 이동량[1] (B)	지진 시 상부 구조물 이동량(C)			평상시 최소 여유간격 (F=D-E)	지진 시 여유간격 (G=D-E-C)	
합계(지점 수)		30								
1	수곡1교 (춘천)	A1	70	15	55	0	4	-4	-59	②
		A2	70	15	55	0	4	-4	-59	②
2	상리교 (금호)	A1	35	13	22	25	4	21	-1	②
		A2	70	13	57	25	4	21	-36	②
3	금호 JCT2교	A1	80	23	57	5	8	-3	-60	①
		A2	70	21	49	52	7	45	-4	①
4	칠곡IC2교 (춘천)	A1	48	10	38	20	3	17	-21	①
		A2	73	23	50	30	6	24	-26	①
5	칠곡IC2교 (부산I0)	A1	48	10	38	20	3	17	-21	①
		A2	73	23	50	30	6	24	-26	①
6	가천1교 (춘천)	A2	70	18	52	40	5	35	-17	②
7	다부IC2교 (춘천)	A1	70	5	65	15	2	13	-52	①
		A2	50	10	40	2	3	-1	-41	①
8	다부2교 (춘천)	A1	100	30	70	10	8	2	-68	②
		A2	100	15	85	5	4	1	-84	②
9	사직3교 (춘천)	A1	55	12	43	30	3	27	-16	②
		A2	55	12	43	10	3	7	-36	②
10	의성IC2교 (춘천)	A1	46	8	38	2	2	0	-38	②
11	대사1교 (춘천)	A1	110	25	85	80	7	73	-12	②
		A2	62	12	50	25	3	22	-28	①
12	회곡교 (춘천)	A1	70	15	55	20	4	16	-39	①
		A2	70	15	55	25	4	21	-34	①
13	노동교 (부산)	A2	100	25	75	62	10	52	-23	②

연번	교량명 (방향)	위치	적정 여유간격			점검 시 실측 여유간격 (D)	평상시 추가 부재 이동량[2] (E)	과부족		협착 원인[3]
			계 (A=B+C)	부재 이동량[1] (B)	지진 시 상부 구조물 이동량(C)			평상시 최소 여유간격 (F=D-E)	지진 시 여유간격 (G=D-E-C)	
14	노동교 (춘천)	A2	100	25	75	32	10	22	-53	②
15	호문철교 (부산)	A1	100	29	71	32	14	18	-53	②
		A2	50	17	33	0	6	-6	-39	①
16	호문철교 (춘천)	A1	100	29	71	0	14	-14	-85	②
17	옥계천교 (부산)	A2	50	15	35	32	4	28	-7	②
18	장수교 (춘천)	A1	100	21	79	22	8	14	-65	②
19	장수교 (부산)	A1	100	21	79	14	8	6	-73	②

주: 1. 온도신축 변위량, 건조수축, 크리프, 활하중 처짐량을 합한 값
2. 점검일 기준으로 온도신축 등으로 상부구조물 추가 이동량을 계산한 값
3. ① 성토체 과다변형(추정), ② 이상 고온에 따른 콘크리트 포장 팽창(추정) ③ 알칼리 골재반응에 의한 콘크리트포장 팽창(추정)

자료: 한국도로공사제출자료 재구성

개별처분요구안 (4)번

감 사 원

통 보

제 목 칠곡IC2교 내진보강공사 시행 부적정

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 2003. 6. 11. 주식회사 △△과 "중앙고속도로 칠곡IC(대구방향) 가속차로 설치공사 실시설계용역" 계약(계약금액: 25,300,000원)을 맺고, 같은 해 9. 28. 납품받은 용역성과품에 따라 2004. 4. 16. ▷▷건설주식회사와 "중앙고속도로 칠곡IC(대구방향) 가속차로 설치공사" 계약(계약금액: 669,000,000원)을 맺어 같은 해 12. 24. 위 공사에 포함된 칠곡IC2교(부산방향)[43]의 확장공사를 준공 처리하였다.

그 후, 한국도로공사는 2006. 4. 20. 주식회사 ▽▽과 "내진성능향상 대상교량 세부조사 및 보강설계용역"(이하 "내진성능 보강설계"라 한다) 계약(계약금액: 880,880,000원)을 맺어 같은 해 11. 15. 위 칠곡IC2교 부산방향의 확장교량을 제외하고 기존 교량에 대해서만 내진성능평가 및 보강설계를 완료하고, 2007. 5. 1. 주식회사 ◁◁과 "2007년 칠곡IC2교 외 1개교 교량받침 교체공사" 계약(계약금액:

43) 연장: 65m, 폭: 19.65m, 상부형식: RC중공슬래브교, 준공연도: 1995년

326,360,000원)을 맺어 칠곡IC2교 부산방향의 기존 교량(확장 교량구간 제외)에 설치한 교량받침(24개)을 기존 고력황동받침[44]에서 탄성받침[45]으로 교체하여 같은 해 8. 28. 준공 처리하였다.

2. 관계법령(판단기준)

한국도로공사는 칠곡IC2교 확장공사(당초: 폭 14.8m, 3차로, 변경: 폭 19,65m, 4차로) 실시설계(2003. 9. 28. 준공) 시, 기존교량을 포함한 전체 교량(기존교량+확장교량)에 대한 내진설계(가속도계수 0.154g)를 실시하고 확장교량의 상부 구조물 형식은 기존교량과 같은 RC중공슬래브교로, 교량받침은 기존교량과 같은 종류인 고력황동받침으로 설치하는 등 전체 교량을 하나의 교량으로 일체화하여 내진성능을 이미 확보하였다.

한편, 「도로교 표준시방서」 5-2 '받침'의 3.5.5 '지진격리받침 배치'에 따르면 교량받침 배치는 서로 다른 수직처짐과 회전특성이 설계에서 고려되지 않은 경우 다른 종류의 받침을 동일 횡단면에 적용하지 않도록 규정되어 있다.

따라서 한국도로공사는 이와 같이 확장 교량을 기존 교량과 하나의 교량으로 일체화하고 교량 전체의 내진성능을 이미 확보하였을 경우 해당 교량을 내진성능 향상 대상에서 제외시키는 등 해당 교량에 불필요한 내진성능 보강공사를 시행하지 않아야 할 뿐만 아니라, 동일 횡단면에 설치하는 교량받침은 다른 종류의 받침으로 설치하여서도 아니 된다.

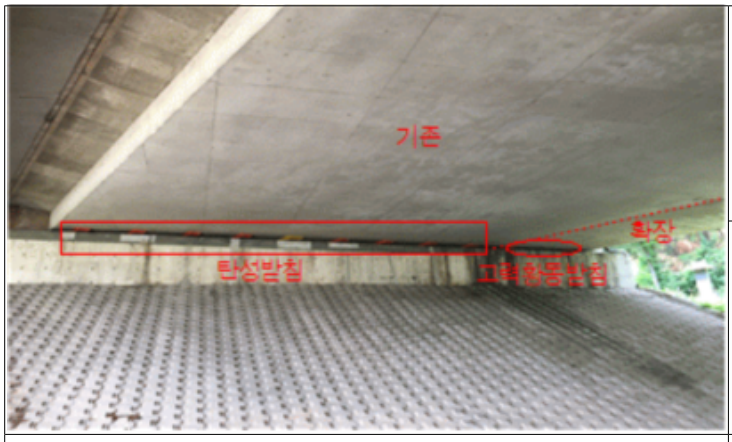
3. 감사결과 확인된 문제

44) 교량 상·하부를 강력하게 연결하여 지진하중 등에 저항하도록 하는 원리로 만든 교량받침

45) 지진 시 진동의 주기를 길게 하여 지진에너지를 감소시키는 원리로 만든 교량받침

이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 위 칠곡IC2교의 내진성능 보강 실태를 점검한 결과, [사진]과 같이 칠곡IC2교(부산방향)의 교량받침이 기존 교량구간은 탄성받침으로, 확장 교량구간은 고력황동받침으로 설치되어 있는 등 동일 횡단면에 서로 다른 종류의 받침을 설치·운영하고 있었다.

[사진] 칠곡IC2교(부산방향) 교량받침 설치 현황



칠곡IC2교(부산방향) 교대(A1)

탄성받침	
고력황동받침	

교량 받침 상세

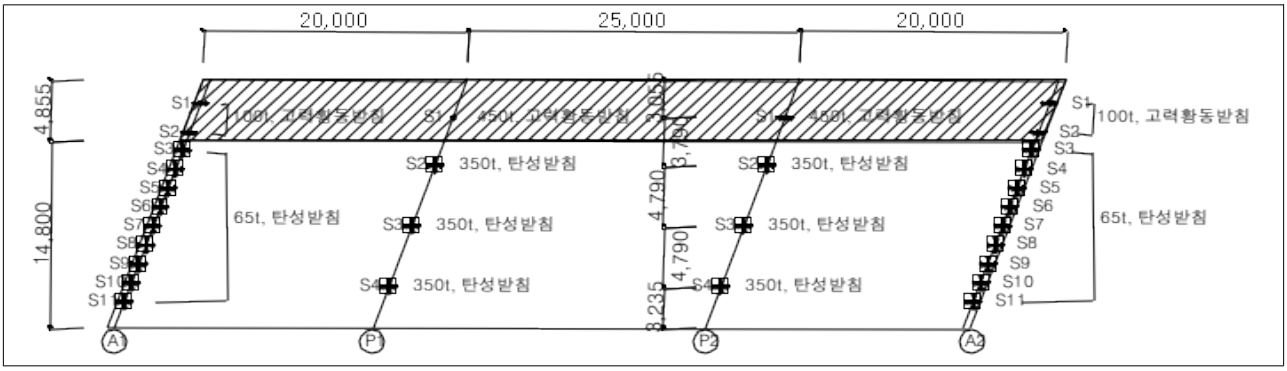
자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

이와 같이 동일 횡단면에 서로 다른 교량받침이 설치된 원인을 검토한 결과, 한국도로공사는 2004. 12. 24. 준공한 칠곡IC2교(부산방향) 확장공사 시, 이미 내진성능이 확보된 것을 제대로 인지하지 못하고[46] 2006. 4. 20. 내진성능 보강설계 용역을 발주하였고, 위 내진성능 보강설계를 하면서도 확장 교량구간을 제외하고 기존 교량구간에 대하여만 내진성능평가를 실시하여 지진 시 교량 기초와 교량받침의 안전성을 확보하지 못하는 것으로 검토한 후 기존 교량구간의 교량받침을 당초 고력황동받침(24개)에서 탄성받침으로 모두 교체함으로써 [그림]과 같이 동일 횡단면에 확장 교량구간의

46) 한국도로공사는 교량 확장(2004. 12. 24. 준공) 후 2006. 4. 20. 내진성능평가를 발주하면서, 기존 교량이 확장 교량구간과 구조적으로 일체화되었다는 사실을 제대로 알지 못하거나 착각한 채 기존 교량구간에 대하여만 내진성능평가 등 용역을 발주한 것임

교량받침(고력황동받침 6개)과 다른 종류의 교량받침이 설치된 것으로 나타났다.

[그림] 칠곡IC2교(부산방향) 교량받침 배치도



자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

또한, 서로 다른 교량받침이 설치된 칠곡IC2교(부산방향)가 지진 시 충분한 내진성능을 확보하고 있는지를 분석(구조해석)한 결과, 1번 교대(A1)의 1번 고력황동받침(S1)의 경우 안전율(기준 1.0 이상)이 0.07에 불과한 등 [표]와 같이 확장 교량구간에 설치한 교량받침(고력황동받침) 총 6개소 중 4개(A1: S1~S2, P1: S1, A2: S2)가 지진하중에 견디지 못하고 파괴[47]되는 것으로 나타나 확장 교량구간에 설치한 교량받침 6개[48] 전체를 기존 교량구간에 설치한 교량받침(탄성받침)과 동일한 종류로 교체해야 되는 것으로 나타났다.

[표] 칠곡IC2교(부산) 내진성능 검토 결과

위치	받침번호	구간	지진 시 수평력	허용 수평력	안전율	교체 여부
A1	S1	확장부	2,733.69kN	192kN	0.07	교체
	S2		1,311.18kN	192kN	0.15	교체
P1	S1	확장부	2,400.71kN	864kN	0.36	교체

47) 동일 횡단면의 교량받침을 일부는 고력황동받침으로, 일부는 탄성받침으로 설치할 경우, 교량 구조물에 작용한 지진하중이 종류가 달라 거동 특성이 다른 교량받침에 전달될 때 힘이 한쪽으로 쏠리는 편심을 유발하여 교량 상부구조물 한 쪽이 들리거나 회전하게 되고, 이로 인해 교량이 손상을 입거나 파괴될 수 있음

48) 확장 교량구간에 설치한 교량받침 6개 중 내진성능 미확보 4개(A1: S1~S2, P1: S1, A2: S2) 외에 내진성능 확보 여부에 관계없이 「도로교 표준시방서」 규정에 따라 동일 횡단면에 설치한 2개(P2: S1, A2: S1)도 교체 필요

위치	받침번호	구간	지진 시 수평력	허용 수평력	안전율	교체 여부
P2	S1	확장부	67.3kN	864kN	12.84	교체
A2	S1	확장부	148.05kN	192kN	1.30	교체
	S2		4,462.63kN	192kN	0.04	교체

자료: 한국도로공사제출자료 재구성

그 결과 이미 내진성능을 확보한 교량에 대해 불필요하게 내진보강공사를 시행하여 공사비 1억 4,020만여 원을 낭비하고, 오히려 교량 전체의 내진성능도 확보하지 못하게 되어 지진 시 교량 손상을 방지하기 위해 공사비 8,468만여 원을 들여 내진보강공사를 다시 시행할 수밖에 없는 등 합계 2억 2,488만여 원을 낭비하였다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 칠곡IC2교는 확장 시 기존 교량 및 확장 교량에 대하여 내진성능을 확보하였으나, 그 이후 기존 교량구간에 대하여만 내진성능평가를 시행하여 확장 교량구간과 다른 종류의 교량받침을 설치하여 공용 중에 있고 전체 교량에 대한 내진성능 확보를 위한 조치가 필요하므로 내진성능 검토 및 추가 보강방안을 마련하겠다는 의견을 제시하였다

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 불필요한 내진보강공사를 시행하여 예산을 낭비하는 일이 없도록 내진보강공사 관련 업무를 철저히 하고, 내진성능을 확보하지 못한 칠곡IC2교 확장 교량구간의 교량받침을 탄성받침으로 교체하는 등 내진성능을 확보하는 방안을 마련하시기 바랍니다.(**통보**)

개별처분요구안 (5)번

감 사 원

통 보

제 목 마찰진자형 지진격리받침 관리 부적정

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

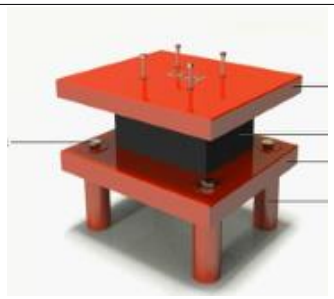
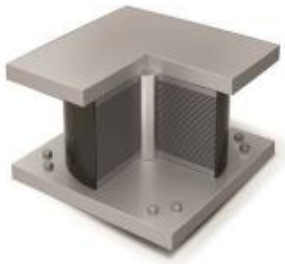
1. 업무개요

한국도로공사는 「재난 및 안전관리 기본법」 제3조 제5호 및 같은 법 시행령 제3조에서 정한 재난관리책임기관으로서 「도로교 설계기준」 제8장(내진설계)의 규정 등에 따라 지진 시 내진성능을 확보하여 설치한 고속국도 교량에 대하여 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 "시설물안전법"이라 한다) 및 위 공사 「구조물관리규정」에 따라 유지관리하고 있다.

2. 관계법령(판단기준)

교량받침은 평상시 상부구조에서 전달된 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 하고, 온도변화 및 지진 시 상부구조물의 변위(수평, 회전)를 흡수하여 안전하게 기능을 수행하는 것으로, 교량받침의 구조형태에 따라 [표]와 같이 일반적으로 강재받침, 탄성받침, 지진격리받침(면진받침) 등이 있다.

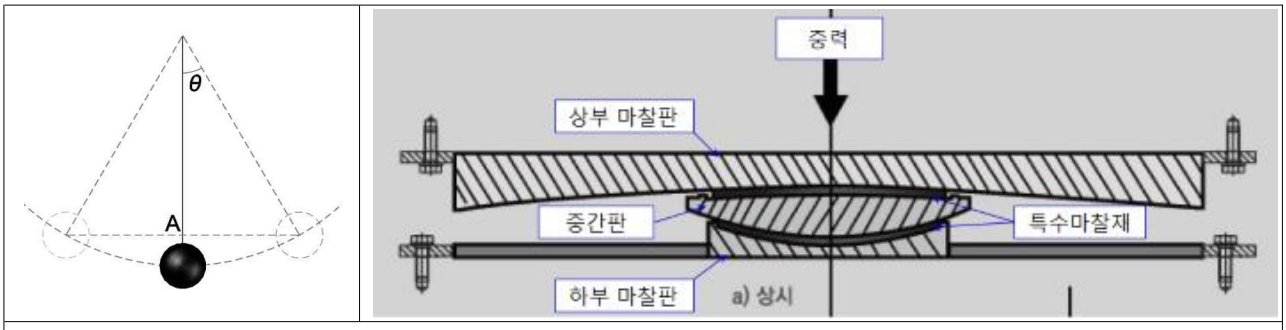
[표] 교량받침의 구조에 따른 분류

구분	강재받침	탄성(고무)받침	지진격리(면진)받침
개념	· 상부구조물의 기본적인 거동만 수용	· 상부구조물의 거동수용과 함께 지진력을 흡수	· 상부구조물의 거동수용과 함께 지진에너지 소산기능
종류	· 포트받침 · 디스크받침 · 스펠리칼 받침 · 고력황동받침 · 선받침 · 핀받침 · 로커받침 · 피봇받침	· 순수탄성받침 · 적층탄성받침	· 납 삽입 고무받침 · 댐퍼를 사용한 포트받침 · 마찰댐핑을 이용한 디스크 받침 · 고감쇠 고무받침 · 마찰진자형 지진격리받침
지진 발생 시 저항능력	내진, 지진격리기능 없음	내진기능 수행	지진격리기능 수행
대표 그림			

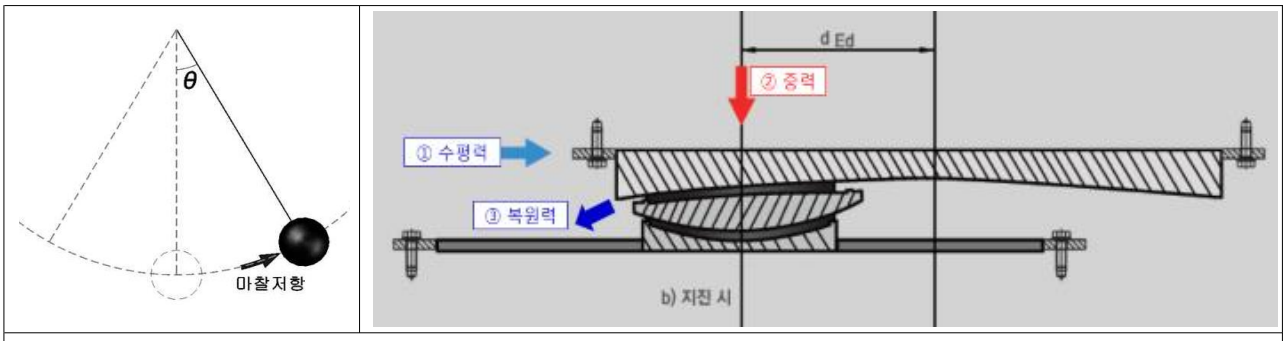
자료: 국토교통부 「도로설계편람」 재구성

한편 지진격리받침 중 마찰진자형 지진격리받침이란 [그림]과 같이 받침면에 곡면을 주어, 지진 발생 시 지진에너지에 의해 구조물이 수평이동을 한 후 받침의 마찰 진자운동을 이용하여 지진하중을 마찰 및 열에너지로 흡수·소산하고 중력에 의해 원래의 위치로 자체 복원하는 기능을 가진 받침이다.

[그림] 마찰진자형 지진격리받침의 원리



평상시 및 지진 후 복원 시



지진 시 수평력이 작용하여 상부구조물이동 시

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

「도로교 설계기준」 제9장(신축이음, 받침 및 방호울타리) 9.5(받침)에 따르면 마찰진자형 지진격리받침과 같은 곡면의 미끄럼 면을 가진 받침의 상·하부 미끄럼판의 마찰계수는 경질 크롬판의 경우 접촉응력(하중)에 따라 0.03~0.08를 유지하고, 경질크롬 도금판은 표면에 균열, 공극이 없어야 하며, 도금된 표면의 거칠기는 0.003㎜(3㎛)를 초과하지 않도록[49] 규정되어 있다.

그리고 마찰진자형 지진격리받침은 「특별시방서」[50] 6.0 및 7.0에 따르면 지진 시 지진하중과 교량의 변위를 수용하고 지진이 끝난 후에는 자연적으로 복원할 수 있도록 지진격리받침의 중간판과 상·하부 마찰판 사이의 특수마찰재가 이탈, 파손 및 접촉면 변형 등 손상이나 결함이 없어야 한다고 규정되어 있다.

또한 시설물안전법 제39조 등에 따르면 관리주체(한국도로공사)는 시설물의 기능을 보전하고 편의와 안전을 높이기 위하여 소관 시설물을 유지관리하여야 한다고 되어 있고, 위 공사 「구조물 관리규정」 제15조 및 제28조 등에 따르면 구간책임자[51]는 구조물의 기능적 상태를 판단하고 구조물의 현재의 사용 요건을 만족시키고

49) 마찰진자형 면진받침의 경우 마찰면을 최대한 매끈한 상태로 설치하여 지진 시 수평력에 의해 이동한 상부구조물이 중력에 의해 곡면을 가진 미끄럼판을 따라 원활하게 제자리로 복원하도록 하기 위함

50) 마찰진자형 면진받침의 경우 유럽에서 처음 사용되어 우리나라에는 2009년부터 도입된 제품으로 「도로교 설계기준」에는 재료에 대한 기준만 있을 뿐 제품 성능에 관한 세부기준이 없어 유럽(EN) 기준을 사용하고 있음

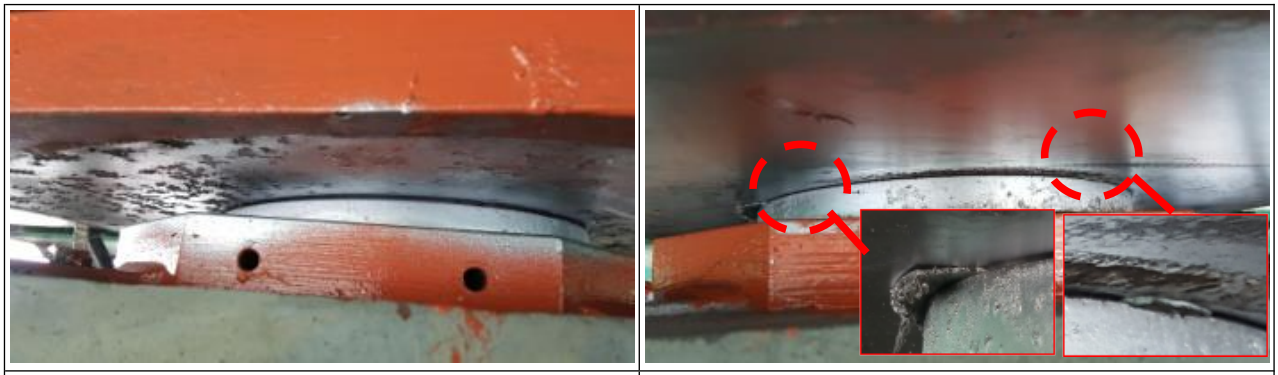
51) 유지관리책임자로서 관할 지사장, 도로관리소장이며 소관 구조물의 관리주체임

있는지 확인하기 위해 정기점검을 실시하며, 이때 세심한 외관조사를 실시하도록 되어 있다.

따라서 한국도로공사는 고속국도 교량에 지진 시 내진성능향상 등을 위해 마찰진자형 지진격리받침을 설치하고 유지관리할 때에는 평상시는 물론 지진 시 교량 상부구조물이 수평이동을 한 후 원래의 위치로 복원되는 등 기능을 유지할 수 있도록 상·하부 마찰판 표면의 거칠기가 0.003㎜를 초과하거나 특수마찰재가 이탈·파손되어 기능을 유지할 수 없는 경우 원인을 규명하여 교체 등 적절한 조치를 하여야 한다.

이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.)에 영남지역에 위치한 고속국도 교량 중 마찰진자형 지진격리받침을 설치·운영 중인 6개 교량을 표본으로 점검한 결과, 서부산낙동강교(연장: 1,589m, 준공: 2014년)의 경우 [사진 1]과 같이 마찰진자형 지진격리받침 74개 전체 상부마찰판의 표면이 심하게 부식되어 거칠기가 0.004에서 1.0㎜(4~1,000㎛)로 관리기준치(0.003㎜ 이내)를 크게 초과하였고, 6번 교각에 설치한 지진격리받침 중간판의 특수마찰재가 이탈·파손되어 상부마찰판에 협착되어 복원되지 못하고 있는 등 지진격리받침의 기능이 상실되어 있었다.

[사진 1] 서부산낙동강교 현장점검 결과



상부 마찰판거칠기 기준 초과(부식으로 인한 들뜸)	특수마찰재 파손 및 이탈

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

또한 주동교(연장: 175m, 준공: 2014년)의 경우에는 [사진 2]와 같이 마찰진자형 지진격리받침 50개 전체가 상부마찰판의 표면이 관리기준치를 크게 초과(거칠기: 0.004~1.0㎜)하고, 1번 교각에 설치한 지진격리받침 중간판은 수평을 유지하지 못하고 2.5°(0.436㎭)만큼 기울어 관리기준치(1.81°)를 벗어나 복원되지 못하는 등 지진격리받침의 기능이 상실되어 있었다.

[사진 2] 주동교 현장점검 결과

상부 마찰면 거칠기 기준 초과(부식으로 인한 들뜸)	중간판 기울어짐

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

그런데 한국도로공사는 매년 2회 이상 위 2개 교량을 점검하면서 마찰진자형 지진격리받침 상부마찰판 표면의 거칠기가 관리기준치를 초과하고 특수마찰재가 이탈·파손되는 등으로 지진격리받침의 기능이 상실된 사실도 발견하지 못하고 있다.

그 결과 위 2개 교량에 설치한 지진격리받침의 기능이 상실되어 평상시는 물론 지진 시 교량상부 구조물이 거동하고 난 후 자체적으로 복원되지 못하여 교량 구조물이 손상될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 마찰진자형 교량받침 손

상이 확인된 2개 교량에 대해 보수 또는 교체하여 평상시와 지진 시 제 기능을 수행할 수 있도록 하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 마찰진자형 지진격리받침의 기능을 상실한 서부산낙동강교 등 2개 교량에 대하여 평상시 및 지진 시 제 기능을 할 수 있도록 받침을 교체하는 등 합리적인 방안을 마련하시기 바랍니다.(**통보**)

개별처분요구안 (6)번

감 사 원

통 보

제 목 **진주대교 방음벽 시공 및 내진보강 미시행**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 2003. 12. 3. “내진설계 미반영 교량 성능 향상 방안”을 수립하고, 2008. 4. 29. ◇◇주식회사(대표이사 C)와 “2008년 경남본부 관내 내진보강공사” 계약(계약금액: 44억여 원)을 맺어 같은 해 12. 24. 위 공사에 포함된 진주대교[52] 등 17개 교량의 내진보강공사를 하도록 하고 이를 준공처리하였다.

이후 한국도로공사는 2012. 9. 21. 한국토지주택공사(이하 “LH공사”라 한다)로부터 「도로법」 제36조 등의 규정에 따라 ㄱ 3지구 주택사업단지 조성공사(공사기간: 2009. 3. 20.~2013. 4. 30.)의 소음민원 해소를 위해, [사진]과 같이 진주대교 방음벽 설치공사의 “비관리청 공사시행 허가” 요청을 받아 같은 해 9. 25. 허가하였고, LH공사는 2013. 4. 30. 진주대교 방음벽[53]설치공사를 완료하였다.

52) 진주대교(1996년 준공)는 진주시 평거동과 내동면을 연결하는 남강 위의 다리로 길이 1,160m, 폭 25.0m, 4차로(상·하행 각 2차로)임

53) 진주대교 방음벽은 7~17번 교각(연장 490m)에 ① 통영방향, 방호벽 측(높이 4.3m), ② 하남방향, 중분대 측(높이 4.8~6.5m), ③ 하남방향, 방호벽 측(높이 4.8~6.5m) 3개소에 설치(연장 490m×3 개소=1,470m)

[사진] 진주대교 방음벽 설치 현황 및 전경

방음벽 설치 현황

진주대교(하남방향) 전경

자료 : 한국도로공사 제출자료 재구성

2. 관계법령(판단기준)

2012. 9. 13. 한국도로공사와 LH공사가 진주대교 방음벽 설치공사의 비관리청 공사시행을 위해 맺은 “방음시설 유지관리대행 협약서” 제8조에 따르면 ‘방음시설의 구조적 문제, 민원(교통소음 증가로 인한 증설 등) 등 방음시설 관련 모든 문제는 공사 전, 공사 중, 공사 완료 이후에도 LH공사에 책임이 있다’라고 되어 있다.

그리고 한국도로공사는 LH공사가 진주대교에 방음벽을 설치하기 전에 내진보강 공사를 완료(2008. 12. 14. 준공)하여 공용 중이었고, 이와 같은 상태에서 LH공사가 진주대교에 방음벽을 추가 시공하면 진주대교가 부담하여야 할 하중조건(고정하중 등 증가)이 달라져 평상시 및 지진 시 교량의 구조적 안전성에 문제가 발생할 수 있다.

따라서 한국도로공사는 LH공사로부터 비관리청 공사시행을 위해 작성한 구조계산서 등 설계도서를 제출받아 검토할 때에는 이미 내진보강공사를 완료한 진주대교에 방음벽 추가 설치 시 내진성능을 만족하는지 면밀히 검토하여야 하고, 검토 결과

내진성능을 만족하지 못하는 경우 위 협약서 등에 따라 원인제공자인 LH공사의 부담으로 추가로 내진보강(교량받침 교체 등) 공사를 시행하도록 하는 등 적정한 조치를 하여야 한다.

3. 감사결과 확인된 문제

그런데 한국도로공사는 2012년 1월경(날짜 모름) LH공사로부터 진주대교 방음벽 설치에 따른 평상시 교량의 안전성만 검토하고, 지진 시 내진성능 만족 여부에 대한 검토를 누락한 설계도서(구조계산서)를 제출받은 후 이를 제대로 검토하지 않고 적정한 것으로 LH공사에 회신(2012년 2월)하였고, LH공사는 한국도로공사로부터 비관리청 공사시행 허가(2012. 9. 25.)를 받아 2013. 4. 30. 한국도로공사가 검토·회신한 설계도서대로 방음벽 설치공사를 완료하였다.

이에 이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 진주대교 방음벽 추가 설치에 따른 내진성능 만족 여부를 분석(구조해석)한 결과, [표]와 같이 방음벽 설치 전에는 교각·교대 구조물 전체가 내진성능을 확보하고 있었으나, 방음벽 설치 후에는 진주대교 통영방향 3개 교각(9, 10, 16번)과 하남방향 4개 교각(8, 9, 10, 16번) 등 7개 교각이 기준안전율(1.0 이상)에 못 미치는 0.91에서 0.99로 떨어져 지진 시 내진성능을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

[표] 방음벽 설치 전후 내진성능(안전율) 비교

구 분		방음벽 설치 전		방음벽 설치 후	
		교축 방향	교축 직각 방향	교축 방향	교축 직각 방향
통영	9번 교각	-	1.06(O.K)	-	0.96(N.G)
	10번 교각	-	1.05(O.K)	-	0.99(N.G)
	16번 교각	1.01(O.K)	1.09(O.K)	0.99(N.G)	0.98(N.G)

구 분		방음벽 설치 전		방음벽 설치 후	
		교축 방향	교축 직각 방향	교축 방향	교축 직각 방향
하남	8번 교각	1.11(O.K)	1.09(O.K)	1.05(O.K)	0.98(N.G)
	9번 교각	-	1.05(O.K)	-	0.91(N.G)
	10번 교각	-	1.05(O.K)	-	0.98(N.G)
	16번 교각	1.01(O.K)	1.08(O.K)	0.96(N.G)	0.98(N.G)

주: 진주대교는 통영과 하남 방향에 각각 교대 2개, 교각 23개로 구성(총 50개 교각·교대)
자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

그 결과 당초 내진성능을 확보하고 있던 진주대교에 방음벽을 추가 설치하여 교각 구조물의 내진성능이 확보되지 않음에 따라 지진 시 교량이 손상되거나 붕괴될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사와 LH공사는 "방음시설 유지관리대행 협약서"(2012년 9월) 등에 따라 LH공사 부담으로 내진보강 공사를 추가로 시행하여 내진성능을 확보하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은

① 도로관리청이 아닌 자에게 도로공사를 시행하게 할 때에는 당해 도로공사로 인해 교량 구조물의 구조적 안전성에 문제가 발생하지 않도록 구조계산서 등 설계도서를 철저히 검토하는 등 비관리청 허가 업무를 철저히 하고

② 방음벽 추가 설치로 내진성능을 확보하지 못하게 된 진주대교에 대하여는 "방음시설 유지관리대행 협약서" 제8조 규정 등에 따라 원인제공자인 한국토지주택공사의 부담으로 내진보강공사를 추가 시행하도록 하는 등 합리적인 방안을 마련하시기 바랍니다.(**통보**)

개별처분요구안 (7)번

감 사 원

통 보

제 목 **가천1교 등 교량받침 관리 부적정**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 「한국도로공사법」 제12조 및 「구조물관리규정」 등의 규정에 따라 교량 등 고속국도 구조물의 기능과 안전을 유지하고 재난의 예방 및 재난 발생 시 신속한 대응을 위해 고속국도 구조물을 유지관리하고 있다.

2. 관계법령(판단기준)

한국도로공사의 「구조물관리규정」 제15조, 제16조 및 제22조 등의 규정에 따르면 지역책임자[54] 및 구간책임자[55]는 구조물의 기능적 상태를 판단하고 구조물이 현재의 사용조건을 계속 만족하고 있는지 확인하기 위해 정기점검, 정밀점검 등을 실시하고, [별표 9]의 중대한 결함을 발견한 경우에는 총괄책임자[56]에게 지체 없이 보고하여야 하며, 유지관리책임자는 2년 이내에 그 결함사항에 대한 보수·보강 등

54) 유지관리 책임자로서 관할지역의 본부장임
55) 유지관리 책임자로서 관할 지사장, 도로관리소장이며, 소관 구조물의 관리주체임
56) 유지관리 책임자로서 본사 구조물 담당부서의 장(구조물 처장)임

의 필요한 조치에 착수하도록 되어 있다.

그리고 「구조물관리규정」 [별표 9]에 따르면 교량받침의 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우 교량받침의 파손에 해당하는 중대한 결함으로 규정되어 있고, 국토교통부의 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」에 따르면 강재 교량받침의 경우 받침 본체 부식으로 받침 신축거동 장애 발생, 받침 본체 파손, 받침이 밀착되지 않고 떠 있는 부분이 전체 면적의 1/2 미만일 경우 교량받침 상태평가 기준 “d”에 해당하는 것으로 평가하도록 규정되어 있다.

교량받침은 교량의 상부구조와 하부구조 사이에 놓여 있는 교량의 중요 부위로서 교량의 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖고 있으며, 이러한 교량받침은 지진 시에 큰 수평력이 작용하는 곳이다.

따라서 한국도로공사는 「구조물 관리규정」 제15조 및 제16조 등의 규정에 따라 안전점검(정기점검, 정밀점검 등)을 실시할 때 교량받침의 과도한 부식 등 파손에 준하는 기능 상실 여부를 면밀히 점검하고, 점검결과 교량받침의 기능을 유지할 수 없는 경우에는 교체 등 근본적인 대책을 마련하여야 한다.

3. 감사결과 확인된 문제

이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.)에 영남지역 고속국도 교량 중 내진성능을 보강한 교량의 받침을 점검한 결과, [사진]과 같이 중앙고속국도 가천1교(춘천방향)[57]의 경우 교대(A1, A2)에 설치한 교량받침의 부식이 상당 부분 진행되어

57) 연장: 50.1m, 상부형식: RC중공슬래브교, 준공연도: 1995년, 내진보강연도: 2007년, 위치: 경상북도 칠곡군 동명면 가천리 소재

외형을 유지하지 못하고 있어 시급히 교체하여야 하는 것으로 나타났다.

[사진] 가천1교(춘천방향) 교대부 교량받침 부식 현황

가천1교(춘천) A1	가천1교(춘천) A2

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

그런데 한국도로공사가 2017. 12. 14. 가천1교를 대상으로 정기검사를 직접 실시하고 작성한 정기점검 결과 보고서에 따르면 1번 교대부(A1) 교량받침의 경우 점검결과 및 조치 필요사항이 기재된 내용이 없고, 2번 교대부(A2) 교량받침의 경우에는 점검결과 녹 발생 부분에 재도장만 하여도 되는 것으로 대책을 마련하는 등 안전에 별 문제가 없는 것으로 관리하고 있다.

유사 사례

- 중앙고속국도 다부IC1교(춘천방향)[58]의 경우 2번 교대부(A2) 교량 받침의 부식이 상당 부분 진행되어 외형을 유지하지 못하고 있어 시급히 교체 필요
- 그런데 한국도로공사는 2017. 12. 21. 직접 실시한 정기점검 결과 녹 발생 부분만 재도장할 계획으로 있는 등 [별첨] “점검결과 교량받침 교체가 필요한 사례”와 같이 더 이상 교량받침의 기능을 수행할 수 없어 교체가 필요한 3개 교량의 교량받침에 대한 근본적인 개선대책 없이 부실 관리

그 결과 교량받침 기능이 상실되어 평상시는 물론 지진 시 교량받침이 파손되어

58) 연장: 65.1m, 상부형식: RC중공슬래브교, 준공연도: 1995년, 내진보강연도: 2016년

교량 상부구조물까지 손상될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 안전점검 시 교량받침 부식 정도에 따라 기능 상실 여부를 확인하고 보수·보강 방안을 마련할 필요가 있으며, 가천1교 등 4개 교량에 대하여 교량받침 교체를 실시하고 향후 관련 업무를 철저히 하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 교량구조물 안전점검 시 교량받침 상태와 기능 유지 여부를 점검하는 등 교량의 안전점검 업무를 철저히 하고, 과도하게 부식된 가천1교 등 4개 교량의 받침에 대하여는 교체 등 근본적인 보수·보강 방안을 마련하시기 바랍니다.(**통보**)

[별첨]

점검결과 교량받침 교체가 필요한 사례

▪ **(다부IC1교, 중앙선 춘천방향)** 2018. 6. 14. 감사원 점검 결과 2번 교대부(A2) 교량받침이 심하게 부식되었으나 한국도로공사는 2017. 12. 21. 정기점검 시 녹 발생을 확인하고서도교체 등 근본 대책 없이 재도장만 하는 것으로 계획

▪ **(다부IC2교, 중앙선 춘천방향)** 2018. 6. 14. 감사원 점검 결과 1번 교대부(A1) 교량받침이 심하게 부식되었으나 한국도로공사는 2017. 10. 12. 정기점검 시 녹 발생을 확인하고서도교체 등 근본 대책 없이 재도장만 하는 것으로 계획

▪ **(군위IC1교, 중앙선 춘천방향 및 부산방향)** 2018. 7. 11. 감사원 점검 결과 춘천방향 2번 교대부(A2) 및 부산방향1번 교대부(A1) 교량받침이 심하게 부식되었으나한국도로공사는2017. 7. 21. 정기점검 시 녹 발생을 확인하고서도교체 등 근본 대책 없이 재도장만 하는 것으로 계획

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

개별처분요구안 (8)번

감 사 원

통 보

제 목 금호JCT2교 낙교방지장치 관리 부적정

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는「재난 및 안전관리 기본법」제3조 제5호 및 같은 법 시행령 제3조에서 정한 재난관리책임기관으로서「지진·화산재해대책법」제16조에 따라 고속국도상 내진설계 관련 법령 제정 이전에 설치된 기존 교량에 대하여 내진보강공사를 실시하고,「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 "시설물안전법"이라 한다) 및「구조물관리규정」에 따라 교량을 유지관리하고 있다.

그리고 한국도로공사는 2006. 4. 20. "내진성능향상 대상교량 세부조사 및 보강설계용역" 계약(계약금액: 880,880,000원, 계약업체: 주식회사 ▽▽)을 맺어 같은 해 11. 15. 중앙고속국도 금호JCT2교[59]의 내진보강설계를 완료하고, 2007. 5. 4. "'07년도 경북관내 교량 내진보강공사" 계약(계약금액: 869,000,000원, 계약업체: 주식회사 ♡♡)을 맺어 금호JCT2교에 낙교(落橋) 방지용 전단키[60]를 설치하여 같은 해

59) 연장: 260.0m, 상부형식: 강박스형교, 준공연도: 1995년
60) 지진발생 시 낙교방지를 위해 교각 및 교대의 상부에 돌출부 형태로 설치되며 주로 강재나 콘크리트로 제작

11. 29. 준공처리하였다.

2. 관계법령(판단기준)

시설물안전법 제39조에 따르면 관리주체는 시설물의 기능을 보전하고 편의와 안전을 높이기 위하여 소관 시설물을 유지관리하여야 한다고 되어 있고, 「구조물 관리규정」 제15조에 따르면 구간책임자[61]는 구조물의 기능적 상태를 판단하고 구조물이 현재의 사용 요건을 계속 만족하고 있는지 확인하기 위해 정기점검을 실시하며, 이때 세심한 외관조사를 실시하여 구조물의 전반적인 외관 상태를 관찰하고 중대한 결함을 조사하여 그 결과를 기록하도록 되어 있다.

따라서 한국도로공사는 금호JCT2교의 경우 기존 교량의 교대부 교축방향이 지진 시 지진하중에 대해 교량받침의 공급역량이 부족한 점을 보완하기 위하여 상태가 양호한 기존의 교량받침을 존치하되, 추가로 낙교 방지장치인 전단키를 설치한 교량이므로 정기점검 시 전단키에 대한 외관조사 등을 실시하고, 점검결과 전단키에 손상 등이 발생하였을 때에는 보수·보강 등 적정한 조치를 하여 교량의 내진 성능을 지속 유지하여야 한다.

3. 감사결과 확인된 문제

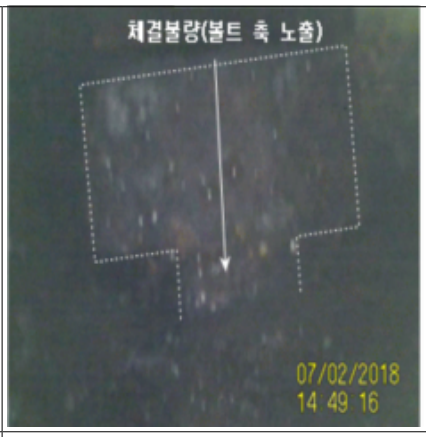
이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 금호JCT2교를 점검한 결과, [사진]과 같이 전단키 전면은 심하게 부식되어 철판이 부풀어 있고(부식상태가 잘 보이지 않도록 페인트로 도색), 후면은 앵커볼트를 일부만 삽입하는 등 체결상태가 불

61) 유지관리 책임자로서 관할 지사장, 도로관리소장이며, 소관 구조물의 관리주체임

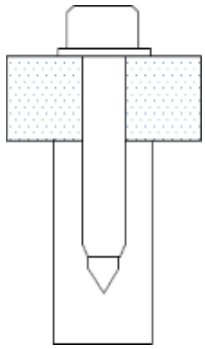
량할 뿐만 아니라 전단키를 지지하는 앵커볼트(총 6개) 1개는 이미 파단되어 있었다.

[사진] 금호JCT2교 전단키 부식 현황

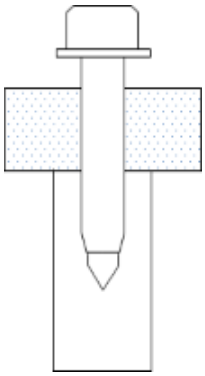
전단키 전면(앵커볼트 파단)



전단키 후면(내시경 촬영)



정상 설치



비정상(볼트 축 노출)

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

또한 이와 같은 현장점검 결과에서 나타난 문제 중 전단키 부식이나 체결상태 불량을 고려하지 않고 지진 시 파단된 앵커볼트 외 나머지 5개의 앵커볼트(앵커볼트 부식에 의한 단면적 감소 고려)만의 내진성능 확보 여부를 검토한 결과, 지진 시 앵커볼트 소켓에 작용하는 콘크리트 지압응력(支壓應力)[62]이 190.48kgf/㎠(187Mpa)에 달해 콘크리트 허용지압강도[63] 159.6kgf/㎠(157Mpa)를 초과(안전율 0.84)하고, 앵커볼트에 작용하는 전단응력[64]이 3,029kgf/㎠(297Mpa)에 달해 허용전단응력[65] 2,850kgf/㎠(280Mpa)를 초과(안전율 0.94)하는 등 안전성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

62) 접촉해 있는 콘크리트와 앵커볼트 소켓 사이에 지진하중이 작용할 때, 해당 접촉면에 작용하는 압력으로 인하여 생기는 응력을 말함
63) 지압에 의하여 지압 부분이 파괴될 때의 지압응력의 값임
64) 부재 내 임의의 면에 작용하여 그 양쪽을 역방향으로 어긋나도록 작용하는 내력(內力), 즉 부재를 절단하려고 하는 힘을 전단력이라고 하며 해당 부재가 지진으로 인한 전단력을 받을 때 이에 저항하여 생기는 응력을 말함
65) 전단응력에 대해 허용할 수 있는 한계임

그런데 한국도로공사는 2017. 5. 25. 및 2018. 4. 19. 금호JCT2교를 대상으로 직접 정기점검을 실시하면서 전단키에 대한 외관조사 내용을 기록한 것이 없고, 이에 따라 보수·보강 등 개선대책도 제시하지 않는 등 전단키에 대한 안전점검(정기점검 등) 및 유지관리를 제대로 수행하지 않고 있다.[66)]

그 결과 지진 시 위 교량에 설치한 전단키가 파손되어 낙교될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 지진 시 교량의 안전성을 확보하기 위해 부식이 발생하여 앵커볼트 두부가 탈락한 금호JCT2교의 전단키는 교체 시공이 필요하며, 향후 안전점검 및 유지관리 업무를 철저히 하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 교량구조물 안전점검 시 내진성능 향상을 위해 보강한 전단키의 상태와 기능 유지 여부를 점검하는 등 교량 안전점검 업무를 철저히 하고, 지진 시 낙교 우려가 있는 금호JCT2교에 대하여는 전단키를 교체하는 등 근본적인 개선방안을 마련하시기 바랍니다.**(통보)**

66) 시설물안전법에 따라 2017. 5. 24.부터 12. 15.까지 실시한 금호JCT2교 정밀점검(계약업체: 주식회사 ♤♤ 외 1개 업체)의 결과보고서에는 상부 신축이음부의 지속적인 누수로 인하여 낙교방지장치가 부식되어 있으므로 손상이 지속될 시 강재 내구성이 저하되어 부재의 기능 저하를 유발할 수 있으므로 재도장을 실시하는 것으로 방안을 제시함

개별처분요구안 (9)번

감 사 원

통 보

제 목 **활천교 등 내진보강 교각구조물 관리 부적정**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 「재난 및 안전관리 기본법」 제3조 제5호 및 같은 법 시행령 제3조에서 정한 재난관리책임기관으로서 「지진·화산재해대책법」 제16조에 따라 고속국도상 내진설계 관련 법령 제정 이전 설치된 기존 교량에 대하여 내진보강공사를 실시하고, 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 "시설물안전법"이라 한다) 및 「구조물관리규정」에 따라 유지관리하고 있다.

한국도로공사는 2010. 2. 24. "2010년 경남지역본부 관내 내진보강공사" 계약(계약금액: 5,251,664,000원, 계약업체: 주식회사 ○○)을 체결하여 같은 해 12. 20. 준공처리하는 등 2건의 내진보강공사[67]를 시행하였다.

2. 관계법령(판단기준)

위 2건의 내진보강공사는 당초 내진설계를 반영하지 않고 경부고속국도에 설치

67) 계약명: 2010년 경북본부 관내 내진보강공사, 계약일: 2010. 3. 22., 준공일: 2010. 11. 16., 계약업체: 주식회사 ㉧(대표이사 D)

·운영 중인 활천교(부산방향, 연장 134m, 1996년 준공) 등 11개 교량에 대하여 지진 시 교각구조물의 파손을 방지하기 위해 기둥의 소성영역[68]에 유리섬유를 부착하여 내진성능을 향상시키는 공사이다.

시설물안전법 제39조에 따르면 관리주체는 시설물의 기능을 보전하고 편의와 안전을 높이기 위하여 소관 시설물을 유지관리하여야 한다고 되어 있고, 「구조물관리규정」 제15조에 따르면 구간책임자[69]는 구조물의 기능적 상태를 판단하고 구조물이 현재의 사용 요건을 계속 만족하고 있는지 확인하기 위해 정기점검을 실시하며, 이때 세심한 외관조사를 실시하여 구조물의 전반적인 외관 상태를 관찰하고 중대한 결함을 조사하여 그 결과를 기록하도록 되어 있다.

따라서 한국도로공사는 내진보강공사를 완료한 후 「구조물관리규정」 제14조, 제15조 및 제22조 등의 규정에 따라 정기적으로 안전점검을 실시할 때 지진 시 교각구조물 파손을 방지하기 위하여 시공한 유리섬유가 손상되었는지 여부를 점검하고, 손상이 발생하였을 때에는 보수·보강 등 적정한 조치를 하여 교량의 내진성능을 지속 유지하여야 한다.

3. 감사결과 확인된 사항

이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 위 2건의 내진보강공사에 포함된 교량을 점검한 결과, 활천교(부산방향)의 경우 [사진 1]과 같이 3번 교각 기둥에 시공한 유리섬유가 원인 불명의 사유로 찢어져 있는 등 파손되어 있었다.

---

68) 기둥 하단으로부터 기둥 직경의 1.0배부터 기둥 길이의 0.25배 높이
69) 유지관리 책임자로서 관할 지사장, 도로관리소장이며, 소관 구조물의 관리주체

[사진 1] 활천교 부산방향 3번 교각 유리섬유 파손

P3-2 교각 유리섬유 파손(30 x 53cm)	P3-3 교각 유리섬유 파손(45 x 30cm)

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

또한, 남천교 및 금호3교의 경우에는 [사진 2]와 같이 각각 교각에 건설장비가 충돌하거나 화재 등의 원인(추정)으로 유리섬유가 파손되거나 불에 타서 녹아 있었다.

[사진 2] 남천교, 금호3교 교각 유리섬유 파손

남천교(부산방향) P2-4 교각 유리섬유 파손	금호3교(부산방향) P4-2 교각 유리섬유 파손

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

그런데 한국도로공사는 활천교 등 3개 교량에 대하여 매년 2회 이상 안전점검(정기점검 등)을 실시하면서 활천교 및 남천교의 경우 이와 같은 사실을 발견하지 못하여 점검결과보고서에 “특이사항 없음”으로 기재하여 관리하고 있고, 금호3교의 경우에는 2018년 5월 안전점검 시 소각 흔적을 발견하고 불에 그을린 표면 일부를

닦아낸 후 그대로 두고 있다.

그 결과 위 3개 교량에 내진성능 향상을 위해 시공한 유리섬유가 보강 전과 동일하게 내진보강기능이 상실[70]되어 지진 시 교각이 파괴되어 붕괴될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 활천교 등 3개 교량에 대해 유리섬유 손상부는 보수조치하고, 향후 유리섬유가 외부 충격 등에 손상되지 않도록 관리하는 방안을 마련하며, 앞으로 교량점검 시 섬유보강 시설의 손상 여부 확인 및 보수·보강 시행으로 지진 시 안전성을 확보하도록 하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 교량구조물 안전점검 시 내진성능 향상을 위해 보강한 유리섬유 상태와 기능 유지 여부를 점검하는 등 교량의 안전점검 업무를 철저히 하고, 활천교 등 3개 교량에 대하여 파손된 유리섬유를 보수·보강하는 등 적절한 방안을 마련하시기 바랍니다.**(통보)**

70) 유리섬유가 찢어지거나 불에 타 녹을 경우 교각의 지진에 대한 저항능력이 상실되고 이 경우 교각구조물의 안전성은 유리섬유 보강 전의 안전율(활천교: 0.74, 남천교: 0.675, 금호3교: 0.936)과 동일

개별처분요구안 (10)번

감 사 원

주 의 요 구

제 목 만운1교 등 교량받침 다점고정화 시공 부적정

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 2009. 3. 12. 주식회사 ☆☆(대표이사 E)과 “2009년도 경북본부 관내 내진 보강공사” 계약(계약금액: 1,120,186,000원)을 체결하여 같은 해 11. 6. 준공처리하였다.

2. 관계법령(판단기준)

위 내진보강공사는 내진설계를 반영하지 않고 중앙고속국도에 설치·운영 중인 만운1교(연장: 270m, 1999년 준공) 등 4개 교량에 대하여 지진 시 고정단[71] 교각에 작용하는 지진하중을 가동단[72] 교각에 분산하기 위하여 가동단을 다점고정[73]화 하는 내용이 포함된 공사로서, 위 내진보강공사 설계도면에 따르면 다점고정을 시공할 때에는 [사진 1]과 같이 교량에 설치된 교량받침의 사이드블록을 해체하고 고정

71) 교량 상부구조물과 하부구조물에 고정하여 상부구조물의 수직·수평반력을 하부구조물에 전달하는 교량받침임
72) 상부구조물의 수직반력을 하부구조물에 전달하고 수평력에 대해서는 자유롭게 거동하는 교량받침임
73) 기존에 교량받침의 이동을 허용했던 가동단 교각을 고정단화하고 지진 발생 시 기존 고정단인 1개 교각에만 작용했던 지진력을 2개 이상의 교각으로 분산하여 기초의 내진성능을 향상하는 공법임

단화하는데 필요한 만큼의 블록을 가공·접합(보강재 용접)한 후 원래의 위치에 체결하여 가동단이 고정단처럼 기능을 수행하도록 되어 있다.

[사진 1] 교량받침의 다점고정 절차

사이드블록 해체	사이드블록 가공	다점고정화 완료

자료: 한국도로공사제출자료재구성

그리고 내진보강공사 시방서 제1장 1.3에 따르면 한국도로공사(감독원)는 수급인이 건설공사 중 설계도서 내용에 적합하지 않게 시공하였을 때에는 재시공 등의 조치를 하도록 되어 있다.

또한 「공사계약 일반조건」 제27조의 약정에 따르면 수급인으로부터 준공신고서를 제출받고 검사할 때에는 수급인이 계약이행 내용의 전부 또는 일부를 계약에 위반되거나 부당하게 시공하였는지 철저히 검사하여 부당 시공 등이 있는 경우 재시공 등 필요한 조치를 하도록 되어 있다.

3. 감사결과 확인된 문제

그런데 위 내진보강공사 수급자가 만운1교(부산방향) 등 4개 교량의 78개 교량받침(가동단)을 다점고정화하지 않는 등 시공을 누락하였고, 한국도로공사는 공사 중 및 준공검사 시에 이와 같은 계약 불이행 내용을 알지 못한 채 그대로 준공처리(2009. 11. 6.)한 후 8년 7개월이 지난 2018년 6월 현재까지도 계약 불이행 내용을

인지하지 못하고 그대로 두고 있다.

이에 이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 한국도로공사가 2009년에 교량받침 다점고정화 보강공사를 완료한 것으로 관리 중인 만운1교(부산방향) 등 4개 교량을 점검한 결과 [사진 2]와 같이 기존 사이드블록("ㄱ"자 형태)과 보강재가 맞닿는 총 6면을 용접·고정하여야 하는데, 바깥면 테두리 한 면만 부실하게 용접하여 작은 힘에도 쉽게 움직이고, 일부 받침은 보강재를 시공하지 않아 10㎜에서 20㎜ 정도 유격이 있도록 시공[74]하는 등 교량받침이 고정단화되어 있지 않았다.

[사진 2] 다점고정 시공 교량 현장점검 결과

다점고정 용접 불량(한쪽 테두리만 용접)	보강재 미시공으로 유격 발생

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

한편 이와 같이 당초 위 내진보강공사 수급자가 시공을 누락한 다점고정화 공사의 부실 시공 원인을 검토한 결과, 한국도로공사가 이번 감사원 감사에 대비하기 위하여 특별점검을 하던 중 해당 시공 누락을 발견하고 2018. 6. 16.부터 같은 해 6. 19.까지 4일 동안 위 4개 교량 78개 교량받침의 다점고정화 보강공사를 긴급 시공

74) 「도로교 설계기준」 제9장(9.5.2.5. 받침유격)에 따르면 수평력에 저항하는 교량받침(고정단)은 최대 2㎜ 이내로 유격량을 시공·관리하도록 규정됨

[75]한 데 원인이 있었다.

그 결과 지진 시 부실하게 시공된 다점고정화 교량받침이 지진하중에 견디지 못하고 해당 교량에 설치한 다른 고정단 교각으로 지진하중이 집중되어 교량받침 등이 손상될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 설계도서에 맞지 않게 시공한 교량받침 다점고정화 공사에 대해 보수 및 재시공하여 내진성능을 확보하겠다는 의견을 제시하였다.

또한 한국도로공사는 누락 시공된 교량받침 다점고정화 공사에 대하여 누락 원인제공자인 위 공사 수급자(주식회사 ☆☆)의 부담으로 추가 시공하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은

① 만운1교 등 4개 교량 78개 교량받침의 내진보강공사(다점고정화)를 위 공사 수급자의 부담으로 재시공하고

② 앞으로 계약을 이행하지 않은 내진보강공사를 준공처리하는 일이 없도록 하는 등 감독·준공검사 업무를 철저히 하시기 바랍니다.**(주의)**

75) 2009년 당시 수급자인 주식회사 ☆☆건설은 2018년 7월 현재 부도인 상태이고, 당시 하수급자인 주식회사 ●●가 다점고정화 작업을 실시함

개별처분요구안 (11)번

감 사 원

통 보

제 목 **지진력 분산 감쇠기 실링재 누유 관리 부적정**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 2003. 12. 3. “내진설계 미반영 교량 성능 향상 방안”을 수립하고, 지진 시 교량의 손상 등을 예방하기 위해 내진 성능을 만족하지 못하는 진주대교(연장 1,160m, 1996년 12월 준공) 등 91개 교량에 감쇠기(75개 교량)와 충격전달장치(16개 교량)를 설치·운영하고 있다.

2. 관계법령(판단기준)

감쇠기와 충격전달장치는 교량의 상부와 하부를 연결 설치하는 것으로 이 중 “감쇠기”는 지진 시 교량에 작용한 지진 에너지를 소산하기 위해 피스톤이 실린더 내의 고점성 유체 사이를 움직이는 장치이고, “충격전달장치”는 지진 시 교량 상부와 하부 구조를 구속시켜 지진에너지를 교량 전 부분에 고르게 분산시키는 등 내진성능을 향상시키는 장치이다.

이러한 감쇠기와 충격전달장치 중 지진에너지를 소산 또는 전달 역할을 하는 실린더 내부 충진물(오일)이 빠져나가 공극이 발생하면 공기가 공극을 채우게 되어 지진하중을 소산 또는 전달할 수 없는 등 내진성능을 상실하게 된다.

따라서 한국도로공사는 감쇠기 및 충격전달장치의 "유지관리 절차서"에 따라 주기적으로 점검(최초 설치 1년 후, 그 이후는 2년마다)하고, 점검 결과 충진물 누유 등이 발생하였을 때에는 그 원인을 규명하여 감쇠기 등을 교체하는 등 적정한 조치를 하여야 한다.

3. 감사결과 확인된 문제

이번 감사원 감사기간(2018. 7. 2.~7. 20.) 중 내진성능 향상을 위해 설치·운영 중인 감쇠기와 충격전달장치를 점검한 결과, [사진]과 같이 진주대교에 설치한 감쇠기(2008년 설치[76])의 경우 총 16개 중 10개에서 실린더 내부 충진물(오일)이 누유되고 있었고, 강서낙동강교에 설치한 충격전달장치(2007년 설치[77])의 경우에는 총 16개 중 8개가 누유되고 있거나 녹이 심하게 발생되고 있었다.

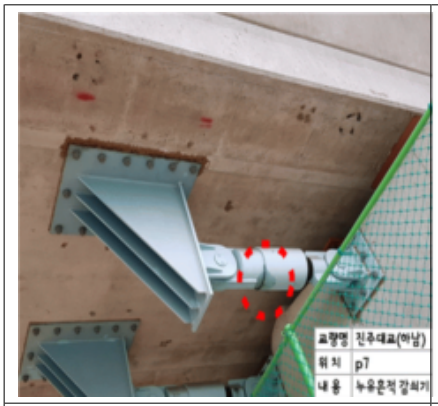
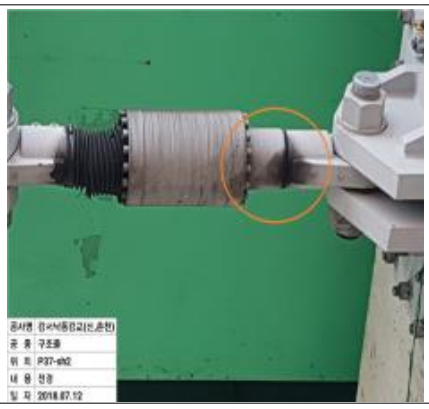
그런데 한국도로공사는 위 2개 교량에 감쇠기 또는 충격전달장치를 설치한 이후 10년여가 지난 2018년 7월 현재까지 제대로 점검되지 않아 이와 같은 누유 또는 녹 발생 등에 대해 별다른 조치를 하지 않고 그대로 두고 있다.

---

76) 한국도로공사는 2007. 4. 24. ■■(주)와 "2007년 경남관내 교량 내진보강공사" 계약(계약금액: 12억여 원)을 맺고 강서낙동강교 외 4개교의 내진보강공사(교량받침 교체, 전단키, 충격전달장치 등 설치)를 2007. 11. 21. 준공

77) 한국도로공사는 2008. 4. 29. ▲▲(주)와 "2008년 경남본부 관내 내진보강공사" 계약(계약금액: 44억여 원)을 맺고 진주대교 등 17개 교량 내진보강 공사(교량받침 교체, 전단키, 충격전달장치 등 설치)를 2008. 12. 24. 준공

[사진] 진주대교 등 2개 교량 감쇠기 등 누유 및 녹 발생

		
진주대교(하남방향)	강서낙동강교(춘천방향)	
7번 교각 감쇠기 누유	37번 교각 충격전달장치 누유	40번 교각 충격전달장치 녹 발생

자료: 한국도로공사 제출자료 재구성

그 결과 감쇠기와 충격전달장치의 실린더 내부 충진물이 외부로 빠져 나와 지진 시 지진하중을 소산 또는 전달하는 기능을 하지 못해 교량이 손상될 우려가 있다.

관계기관 의견 한국도로공사는 감쇠기, 충격전달장치를 주기적으로 점검하고 누유, 녹 발생 등 손상 확인 시 적기에 보완 조치하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 감쇠기 및 충격흡수장치의 누유 발생, 녹 발생 등을 주기적으로 점검·보완하도록 하고, 누유가 발생한 진주대교 등 2개 교량의 감쇠기 등을 교체하는 등 적정한 방안을 마련하시기 바랍니다.(**통보**)

개별처분요구안 (12)번

감 사 원

주 의 요 구

제 목 **고속국도 제외 교량구조물 이관 부적정**

소 관 기 관 한국도로공사

조 치 기 관 한국도로공사

내 용

1. 업무개요

한국도로공사는 선형 개량, 차로 확장, 관리구간 조정 등으로 기존 고속국도에서 제외되어 폐도가 되는 구간의 교량 등을 고속국도 외의 도로시설물로 변경하여 운영할 수 있도록 지방자치단체 등에 이관하고 있다.

2. 관계법령(판단기준)

2009. 3. 25. 시행된 「지진·화산재해대책법」 제15조, 제16조 및 같은 법 시행령 제11조의 규정에 따르면 행정안전부장관은 내진설계 대상[78]인 기존시설물[79]의 내진성능 향상을 위해 5년마다 내진보강 기본계획[80]을 수립하여야 하며, 이를 위해 기존시설물 관리기관(이하 "관리기관"이라 한다)은 내진보강 대상 교량 등에 대해 자

78) 「지진·화산재해대책법」 제14조는 「도로법」에 따른 도로시설물 등 31종을 내진설계 대상 시설물로 규정

79) 내진설계 대상 시설물 중 관련 법령이 제정되기 전에 설치된 공공시설물이나 관련 법령 제정 이후 내진설계기준이 강화된 공공시설물을 의미

80) 행정안전부는 내진보강 대상 시설물 관리기관으로부터 자체 계획 등을 제출받아 1단계(2011~2015년), 2단계(2016~2020년) 기본계획을 수립하였고, 2035년(경주, 포항지진 등에 따라 당초 계획한 2045년에서 10년 단축)까지 교량 등 전체 대상 시설물의 내진보강을 완료할 예정

체 계획과 함께 관련 자료를 행정안전부에 제출하고 내진보강대책[81]을 수립·추진하도록 되어 있다.

또한 한국도로공사「도로관리규정」제31조의2 제3항과 별지 제15호의2 서식에 따르면 폐도(교량, 터널, 도로부속물 등을 포함)를 지방자치단체 등에 이관할 경우 인계인수서를 작성하되 유지관리 등에 필요한 관계 도서를 제공하도록 되어 있다.

따라서 한국도로공사는 고속국도에서 제외되는 교량을 다른 기관에 이관할 때 해당 교량의 준공조서(설계도면 포함), 운영기간 동안의 점검자료 및 보수·보강 실적뿐 아니라 내진설계 반영 여부, 내진성능평가 실시 및 내진보강 여부 등의 정보와 관련 자료를 이관받을 관리기관에 제공하는 것이 타당하다.

3. 감사결과 확인된 문제

그런데 한국도로공사는 2012. 10. 22. 수립한 "내진 미반영 교량 2단계 보강 계획"에서 665개 교량을 내진보강 대상으로 분류하여 우선순위에 따라 연차별로 사업을 추진하되 17개 교량은 확장공사, 선형개량공사 등의 사유로 기존 고속국도에서 제외하고 이관 대상 교량으로 분류한 후 내진보강사업에서 제외하였다.

그 후 한국도로공사는 해당 교량이 소재한 지방자치단체 등 관리기관과 협의하여 위 17개 교량 중 9개 교량을 이관(미이관 8개)하는 과정에서 내진설계, 내진성능평가 및 내진보강 등에 대한 정보와 자료를 제공하지 않았다.

그 결과 이관된 위 9개 교량 중 한국도로공사가 2016. 10. 27. 남원시에 이관한

81) 내진보강대책의 내용에는 내진보강의 목적, 대상 시설물 현황, 내진성능 평가 및 내진보강 추진계획, 내진보강 대상 시설물별 내진보강방법, 연도별 시행계획(재정투자계획 포함) 등이 포함

요천2교(연장 256.6m) 외 2개[82] 교량(주생1교, 병곡2교)의 경우 [표]와 같이 2018년 7월 현재까지 이관받은 관리기관이 해당 교량의 내진보강 관련 정보와 자료 등을 제공받지 못해 내진보강대책을 수립하지 않고 그대로 두고 있어서 지진 시 교량이 손상될 우려가 있다.

[표] 고속국도 교량 이관 및 내진보강대책 추진 현황

(단위: m)

연번	교량명	종별	준공연도	연장	상부형식	내진성능	이관 현황 (이관연도)	관리기관	내진보강대책
1	요천2교	2종	1984	256.6	PSCI	성능평가 미시행	이관완료 (2016)	남원시	미수립
2	주생1교	기타	1984	51.5	PSCI	성능평가 미시행	이관완료 (2016)	남원시	미수립
3	병곡2교	기타	1984	35.2	RCS	성능평가 미시행	이관완료 (2016)	경상남도	미수립

자료: 한국도로공사 제출 자료 재구성

관계기관 의견 한국도로공사는 감사결과를 수용하면서 교량을 이관받는 기관이 내진보강 기본계획을 수립하여 보강사업을 원활히 추진할 수 있도록 내진 미반영 교량 또는 내진성능 보완이 필요한 교량을 다른 기관에 이관할 때 내진보강 관련 정보 등이 누락되지 않게 관리하겠다는 의견을 제시하였다.

조치할 사항 **한국도로공사 사장**은 요천2교 등 3개 교량의 내진보강 관련 자료를 이관받은 기관에 제공하고, 앞으로 고속국도에서 제외되는 교량을 다른 기관에 이관할 때는 내진설계 반영 여부, 내진성능평가 실시 및 내진보강 여부 등의 정보와

82) 한국도로공사는 총 9개 교량 전체에 대해 내진보강 관련 정보를 제공하지 않았으나, 이중 6개 교량은 이관받은 기관에서 자체적으로 내진보강이 필요한 교량으로 검토 및 분류하여 내진보강기본계획에 반영

관련 자료를 누락하는 일이 없도록 하는 등 교량구조물 이관 업무를 철저히 하시기 바랍니다.(주의)