

# 교면포장을 갖는 교량 바닥판의 효율적인 점검방법 제안

## The Proposal of Efficient Inspection for Concrete Bridge Decks has Asphalt Overlay

서진원\* 이지영\*\* 구본성\*\*\* 박창호\*\*\*\* 신재인\*\*\*\*\*  
Suh, Jin Won Rhee, Ji Young Ku, Bon Sung Park, Chang Ho Shin, Jae In

### ABSTRACT

Bridge decks are directly exposed to traffic loads and environmental conditions like rainfall water and de-icing chemicals. In this reason, there are often observed the deteriorations of asphalt overlay and concrete deck.

In this study, 32 concrete decks were evaluated by the road inspection vehicle and the GPR mounted on the vehicle. The GPR could detect the deteriorations of concrete decks under asphalt overlay, even though the asphalt overlay looks like soundness. Therefore, for the efficient maintenance of concrete bridge decks, GPR examination should be performed with visual inspection.

### 요약

교량 바닥판은 차량하중과 제설염화물 등의 다양한 유해환경에 직접 노출되어 있어 교면 포장의 손상과 더불어 내부 콘크리트 바닥판의 열화로 진전되는 경우가 자주 발생되고 있다. 고속도로상에 손상이 발생한 교량에 대한 조사결과, 교면포장이 건전한 것으로 보이는 부위에서도 포장하면에서는 콘크리트 바닥판 상면의 손상이 광범위하게 진행되는 사례가 있다. 따라서 고속도로상의 교량 32개소를 선정하여 노면측정차량에 의한 조사와 차량탑재형 레이더에 의한 조사를 실시하였다

그 결과, 외관상 양호해 보이는 곳에서도 포장내부에서는 손상발생가능성이 높은 것으로 나타났다 따라서, 바닥판의 손상평가는 외관조사와 더불어 레이더 조사를 병행하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

\* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 구조지반연구팀, 책임연구원  
\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 구조지반연구팀, 전임연구원  
\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 구조지반연구팀, 책임연구원  
\*\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 구조지반연구팀, 수석연구원  
\*\*\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 구조지반연구팀, 전임연구원

## 1. 서 론

교량 바닥판은 차량하중과 제설염화물 등의 다양한 유해환경에 직접 노출되어 있어 교면 포장의 손상과 더불어 내부 콘크리트 바닥판의 열화로 진전되는 경우가 자주 발생되고 있다. 고속도로상에 손상이 발생한 교량에 대한 조사결과, 교면포장이 진전한 것으로 보이는 부위에서도 포장하면에서는 콘크리트 바닥판 상면의 손상이 광범위하게 진행되는 사례가 있다. 따라서 고속도로상에 바닥판에 손상이 발생한 교량 중 교면포장을 갖는 교량 바닥판 32개소에 대해 외관조사와 더불어 차량탐재형 레이더 조사를 실시하여, 아스팔트 교면포장을 갖는 교량 바닥판의 효율적인 점검방안을 도출하고자 하였다.

## 2. 조사방법

고속도로 교량 바닥판의 효율적인 유지관리 대책 수립을 위해서는 먼저 현재 교량의 외관상태를 파악할 필요가 있다. 본 연구에서는 보다 객관적이고 효율적인 상태조사와 교통통제를 최소화하기 위하여 주행하면서 외관조사가 가능한 노면측정장비를 이용하였다. 조사항목은 교면손상, 종 및 횡 평탄성, 그리고 조사된 지수들을 고려한 포장상태평가지수(HPCI)를 산정하였으며, 교면손상항목은 아스팔트 포장을 갖는 교량에서 일반적으로 발생할 수 있는 손상으로 균열 5종, 포트홀 등 총 13개 항목에 대해 산정하였다.

포장의 내부 바닥판 콘크리트 상태를 알기 위해서는 차량탐재형 레이더를 이용하였다. 포장이 있는 콘크리트 바닥판의 경우, 교면포장으로부터 우수가 유입되게 되면 바닥판 콘크리트의 상대유전율이 상승하게 된다. 따라서, 콘크리트의 상대유전율이 크게 나타나는 곳은 포장층의 균열 또는 방수층이 손상된 부위를 통해 우수가 침투된 부분으로 판단할 수 있다. 이러한 부위는 포장과 바닥판의 부착을 저해하고 동결융해 작용을 거쳐 바닥판 콘크리트의 열화손상을 유발시킬 수 있다. 본 연구에서는 포장내부의 바닥판 콘크리트의 상대유전율 평면도를 도식하였으며, 어두운 부분은 포장내부로 우수가 침투하여 손상발생이 우려되는 곳이다.

조사대상교량에 대한 현황은 다음 표 1에 정리하였다. 조사결과에 대한 등급평가는 [시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 : 교량편]에서 교면포장의 기준을 인용하여, 총 5개 등급(a~e)으로 산정하였다.

## 3. 조사결과

### 3.1 외관조사

다음 표 2는 외관상태파악을 위한 노면촬영결과를 나타낸 것이다. 표에 나타난 바와 같이, 손상율이 10% 이상으로 나타난 곳은 적설한랭지역인 영동선 대관령지역과 통행량이 많은 충청지역 그리고 공용기간이 오래된 대구 지역인 것으로 나타났다.

차로별 손상현황을 살펴보면, 먼저 손상면적과 손상율은 1차로와 2차로가 유사하게 나타났으며, 갓길부는 상대적으로 작은 것으로 나타나, 교면의 손상은 차량이 통과하는 주행차로를 중심으로 발생하고 있는 것으로 나타났다. 지역별로 살펴보면, 공용이 오래되지 않은 강원지역은 1,2차로의 손상이 갓길의 손상율에 비해 크게 차이가 났으나, 공용기간이 오래된 경북지역의 경우, 모든 차로가 고르게 나타났다. 이는 조기에 손상이 발생하는 교량은 차량이 통과하는 주행차로가 갓길보다 먼저 손상이 나타나지만 공용기간이 오래된 경우, 교면포장의 보수가 차량이 통행하는 1,2차로 중심으로 이루어지기 때문에 모든 차로에서 유사하게 발생하는 것으로 판단된다.

### 3.2 차량탐재형 레이더 조사

다음 표 3은 차량탐재형 레이더 조사결과를 노면촬영결과와 비교하여 나타낸 것이다. 나타난 바와 같이, 대부분의 교량들은 노면촬영에 의해 산정된 손상면적보다 내부 손상탐지가 가능한 레이더 조사결과에 의해 산정된 손상면적이 더 넓은 것으로 나타났으며, 유지보수가 필요한 상태등급인 C, D, E 급의 교량이 더 많은 것으로 나타났다. 다시 말하면, 외관상 양호해 보이는 곳에서도 포장 아래 바닥판에서는 손상이 진행 중인 부위가 있는 것을 의미한다. 그림 1은 교면의 상태가 양호한 것으로 보이지만 차량탐재형 레이더에 의해 손상된 것으로 나타난 부위에서의 실 코어 모습으로 콘크리트 바닥판 상면에 열화가 발생된 경우를 보여주고 있다.

차로별로 살펴보면, 레이더 조사에 의해 산정된 손상율과 손상면적은 2차로>1차로>갓길의 순으로 증가량이 많이 통과하는 2차로를 중심으로 손상이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 지역별로 살펴보면, 공용이 오래되지 않

은 조기손상교량은 횡구배가 낮아 체수가 발생하기 쉬운 갓길부의 배수구 인근에서 손상이 확대되는 것으로 나타났으며, 공용기간이 오래된 노후교량은 외관상 포장의 손상이 가장 먼저 나타나는 2차로를 중심으로 손상이 확대되는 것으로 나타났다. 다시 말하면, 바닥판의 조기손상을 방지하기 위해서는 배수시설을 정비하여 구배가 낮은 곳의 체수를 방지함으로써 손상을 예방하고, 공용이 오래된 교량의 경우, 노후 포장의 적절한 유지관리를 통해 포장 내부로의 유해물질의 침투를 억제함으로써 손상을 방지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다

#### 4. 결 론

고속도로 상의 교량 32개소를 선정하여 교량 바닥판에 대한 외관조사 및 차량탐재형 레이더 조사를 실시한 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 아스팔트 교면포장이 양호한 외관상태를 가지고 있는 부위에서도 포장아래에 있는 바닥판 상면의 콘크리트에 열화손상이 광범위하게 진전될 수 있는 것으로 나타났다.
- 2) 공용이 짧은 교량의 경우, 육안점검에 의한 교면의 손상은 주행차로에서 먼저 발생하나 내부 바닥판의 손상은 횡구배에 따라 체수가 발생하는 갓길을 중심으로 발달하는 양상을 보였다.
- 3) 노후된 교량은 외관상으로는 차로별로 발생한 손상율의 차이가 없었으나 내부 바닥판의 손상은 중차량의 통행이 많은 2차로를 중심으로 발생하는 것으로 나타났다.
- 4) 따라서, 바닥판의 손상을 미연에 방지하기 위해서는, 공용 초기에는 교량의 배수시스템을 정비하여 체수를 억제하고, 정기적인 교면포장의 유지관리와 보수를 통해 포장 내부로의 유해물질 침투를 차단해야 할 것으로 판단된다.
- 5) 또한, 아스팔트 교면포장을 가지고 있는 콘크리트 바닥판은 교면포장이 양호한 경우에도 포장 하면에서 먼저 손상이 발생할 수 있으므로, 바닥판의 효율적인 유지관리를 위해서는 외관조사와 더불어 차량탐재형 레이더 등을 이용한 비파괴조사를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 서진원, 이지영 (2005) 차량탐재형 GPR을 이용한 교량 바닥판의 상태평가, 구조물진단학회지, 한국구조물진단학회, Vol.9 No.3, pp.29~37
2. 이상수, 설진성, 윤인석 (2000) 서울시내 140개 콘크리트 교량의 내구성 현황분석, 한국구조물진단학회 논문집, 제4권 3호

표 1. 조사대상 교량현황

본부	지역	노선	교량명	상부 형식	공용 연수	본부	지역	노선	교량명	상부 형식	공용 연수	본부	지역	노선	교량명	상부 형식	공용 연수
강원	대관령	영동선	K1	STB	9	강원	제천	중앙선	K12	STB	13	충청	무주	중부선	C8	PSCI	7
강원	대관령	영동선	K2	PSCB	9	강원	제천	중앙선	K13	PSCS	13	충청	무주	중부선	C9	PSCI	8
강원	대관령	영동선	K3	STB	9	강원	홍천	중앙선	K14	PSCI	13	충청	무주	중부선	C10	PSCB	8
강원	대관령	영동선	K4	STB	9	강원	홍천	중앙선	K15	PSCI	13	경기	경안	중부선	G1	PSCB	21
강원	대관령	영동선	K5	PSCI	7	충청	영동	경부선	C1	STB	5	경기	경안	중부선	G2	PSCB	21
강원	대관령	영동선	K6	STB	7	충청	영동	경부선	C2	STB	5	경기	경안	중부선	G3	STB	21
강원	대관령	영동선	K7	STB	7	충청	영동	경부선	C3	STB	5	경기	경안	중부선	G4	STB	21
강원	제천	중앙선	K8	PSCI	7	충청	영동	경부선	C4	PSCI	9	경북	대구	경부선	B1	STI	39
강원	제천	중앙선	K9	PSCI	8	충청	대전	경부선	C5	STB	9	경북	대구	경부선	B2	PSCI	38
강원	제천	중앙선	K10	PSCI	13	충청	천안	경부선	C6	SPG	15	경북	대구	경부선	B3	PSCI	38
강원	제천	중앙선	K11	PSCI	8	충청	천안	경부선	C7	PF	15						

표 2. 노면측정장비 조사결과

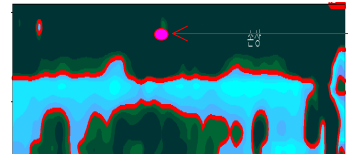
지역	노선	교명	공용연수	손상개소	손상면적 (m <sup>2</sup> )	손상율 (%)	RD (mm)	IRI (m/km)	HPCI	지역	노선	교명	공용연수	손상개소	손상면적 (m <sup>2</sup> )	손상율 (%)	RD (mm)	IRI (m/km)	HPCI
대관령	영동선	K1	9	1298	66.3	3.0	3.95	1.14	3.61	영동	경부선	C2	5	118	463.2	9.4	3.61	1.23	3.35
대관령	영동선	K2	9	702	385.2	25.1	3.83	1.36	2.77	영동	경부선	C3	5	487	295.0	6.0	3.55	1.67	3.28
대관령	영동선	K3	9	907	112.2	7.4	3.79	1.26	3.29	영동	경부선	C4	9	114	24.5	5.7	3.13	2.24	2.85
대관령	영동선	K4	9	2936	237.9	15.7	3.77	1.36	3.02	대전	경부선	C5	9	1154	614.2	10.6	3.47	1.89	3.03
대관령	영동선	K5	7	1698	105.7	11.8	3.58	1.73	3.18	천안	경부선	C6	15	41	270.7	8.1	3.49	2.53	2.73
대관령	영동선	K6	7	757	198.6	9.7	3.74	1.46	3.2	천안	경부선	C7	15	112	41.3	5.8	3.21	2.54	2.93
대관령	영동선	K7	7	109	292.8	14.0	3.89	0.99	3.29	무주	중부선	C8	7	67	96.0	4.5	3.27	2.16	3.12
제천	중앙선	K8	7	2564	36.3	3.0	3.25	2.1	3.32	무주	중부선	C9	8	326	11.1	1.2	3.64	1.35	3.82
제천	중앙선	K9	8	176	130.0	5.3	3.71	1.13	3.52	무주	중부선	C10	8	802	85.4	2.2	3.72	1.59	3.58
제천	중앙선	K10	13	141	2.6	0.1	3.68	1.56	3.83	경안	중부선	G1	21	73	49.4	4.7	3.39	1.25	3.46
제천	중앙선	K11	8	10	215.8	5.0	3.77	1.01	3.54	경안	중부선	G2	21	42	15.8	1.2	3.41	1.98	3.51
제천	중앙선	K12	13	327	500.7	7.7	3.89	1.25	3.36	경안	중부선	G3	21	917	917	1.2	3.66	1.22	3.86
제천	중앙선	K13	13	766	63.2	4.0	3.82	1.14	3.59	경안	중부선	G4	21	405	405	0.2	3.53	1.62	3.78
홍천	중앙선	K14	13	1116	21.8	1.9	3.6	2.31	3.33	대구	경부선	B1	39	22	22	4.0	2.48	3.76	2.4
홍천	중앙선	K15	13	1060	76.5	5.0	3.58	1.43	3.35	대구	경부선	B1	39	22	22.14	3.95	2.48	3.76	2.4
영동	경부선	C1	5	2998	484.1	15.8	3.34	2.01	2.79	대구	경부선	B2	38	135	84.18	16.18	2.57	4.6	1.76

표 3. 차량탐재형 레이더와 노면측정 결과 비교표

지역	노선	교명	공용연수	레이더조사			노면측정		
				손상율 (%)	손상면적 (M <sup>2</sup> )	상태 등급	손상율 (%)	손상면적 (m <sup>2</sup> )	상태 등급
대관령	영동선	K1	9	60.7	952.2	E	3.0	66.3	C
대관령	영동선	K2	9	42.3	532.9	E	25.1	385.2	E
대관령	영동선	K3	9	97.7	1230.5	E	7.4	112.2	C
대관령	영동선	K4	9	53.9	678.8	E	15.7	237.9	D
대관령	영동선	K5	7	4.0	30.1	C	11.8	105.7	D
대관령	영동선	K6	7	7.2	120.7	C	9.7	198.6	C
대관령	영동선	K7	7	54.7	689.1	E	14.0	292.8	D
제천	중앙선	K8	7	66.7	766.5	E	3.0	36.3	C
제천	중앙선	K9	8	4.5	89.9	C	5.3	130.0	C
제천	중앙선	K10	13	4.6	91.5	C	0.1	2.6	B
제천	중앙선	K11	8	20.6	725.0	E	5.0	215.8	C
제천	중앙선	K12	13	4.3	282.6	C	7.7	500.7	C
제천	중앙선	K13	13	10.5	105.5	D	4.0	63.2	C
홍천	중앙선	K14	13	0.1	1.0	B	1.9	21.8	B
홍천	중앙선	K15	13	0.1	1.4	B	5.0	76.5	C
영동	경부선	C1	5	23.1	582.3	E	15.8	484.1	D
대관령	영동선	K1	9	60.7	952.2	E	3.0	66.3	C
대관령	영동선	K2	9	42.3	532.9	E	25.1	385.2	E
대관령	영동선	K3	9	97.7	1230.5	E	7.4	112.2	C
대관령	영동선	K4	9	53.9	678.8	E	15.7	237.9	D
대관령	영동선	K5	7	4.0	30.1	C	11.8	105.7	D
대관령	영동선	K6	7	7.2	120.7	C	9.7	198.6	C
대관령	영동선	K7	7	54.7	689.1	E	14.0	292.8	D
제천	중앙선	K8	7	66.7	766.5	E	3.0	36.3	C
제천	중앙선	K9	8	4.5	89.9	C	5.3	130.0	C
제천	중앙선	K10	13	4.6	91.5	C	0.1	2.6	B
제천	중앙선	K11	8	20.6	725.0	E	5.0	215.8	C
제천	중앙선	K12	13	4.3	282.6	C	7.7	500.7	C
제천	중앙선	K13	13	10.5	105.5	D	4.0	63.2	C
홍천	중앙선	K14	13	0.1	1.0	B	1.9	21.8	B
홍천	중앙선	K15	13	0.1	1.4	B	5.0	76.5	C
영동	경부선	C1	5	23.1	582.3	E	15.8	484.1	D



(a) 교면 양호(4경간 갖길부)



(b) 레이더 조사결과(4경간)



(c) C4, 표면손상 18mm

그림 1. 중부선 K1교 조사결과

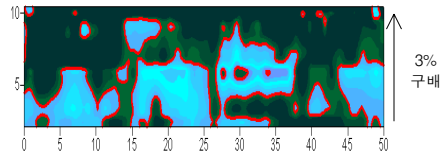


그림 2. 영동선 K4교 레이더조사결과(공용 9년)

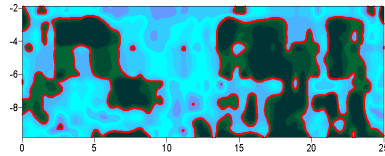


그림 3. 경부선 B2교 레이더 조사결과(공용 38년)