

교량바닥판 콘크리트 코어의 물성분석을 통한 상태조사연구

An Study on the Investigation of Bridge Deck Condition by Analysis of Concrete Core Properties

서진원* 이지영** 구분성*** 신재인**** 신도철*****
Suh, Jin Won Rhee, Ji Young Ku, Bon Sung Shin Jae, In Shin, Do Chul

ABSTRACT

Recently, the deteriorations of RC bridge decks on express-way are frequently observed. The major cause of deterioration for the RC concrete bridge decks exposed to de-icing chemicals would be chloride-induced reinforcement corrosion.

Therefore, Waterproofing is necessary for improvement of bridge deck durability and comfortable utility. In this study is to investigate the appearance of deterioration and properties of concrete core from the collect in a bridge deck. The results of this study shows that penetration waterproofing agents shows low infiltration depth and low water-repellent. It appears that the damaging of concrete deck is primarily waterproofing system rather than physical property.

요약

RC 교량의 손상발생 중 많은 부분을 차지하고 있는 바닥판은 동절기에 제설제 사용에 따라 콘크리트의 동결융해에 대한 내력저하와 표면열화, 심한 스켈링(Scaling)발생으로 상부 아스콘 포장층을 손상시키고 내부의 철근 부식을 가속화시켜 교량의 공용성을 저하시키는 주 요인으로 작용하고 있다. 이에따라 교량 바닥판은 우수나 제설제로 부터 콘크리트 표면의 보호를 위해 침투식 또는 도막식 방수재를 시공하여왔다. 본 연구에서는 교량 상부 포장층의 열화가 발생된 고속도로 교량을 대상으로 바닥판에서 채취한 코어를 통해 아스콘 포장층과 하부 콘크리트 바닥판의 상태를 조사한 결과 콘크리트 바닥판에 시공된 교면방수층에서 도막의 손상이나 발수성저하로 인해 우수나 제설제의 침투를 일차적으로 방지하지 못해 열화가 일어나는 것으로 나타나고 있어 교면방수를 위해 사용되는 재료의 성능평가와 시공에 대해 보다 많은 연구와 검증이 필요한 것으로 나타났다.

* 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 전임연구원
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원
**** 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원 전임연구원
***** 정회원, 한국건설품질시험원 건설재료연구실장

1. 서 론

근년에 들어오면서 부터 도로교량 바닥판의 손상으로 부터 발생되는 잦은 보수공사와 교통의 차단은 이용자들의 사용성을 감퇴시키고 경제적으로도 공용수명을 저하시키는 한 요인이 되고 있다.

본 연구에서는 교량바닥판 상태조사의 일환으로 고속도로 대상교량 중 공용중인 19개소에 대해 바닥판의 코어채취를 통해 아스콘 포장 및 콘크리트 바닥판의 열화상태와 방수층의 상태를 조사하였으며 채취한 코어로 부터 강도와 열화표면 및 건전부 내부의 반응 생성물질들을 조사하였다. 이 결과들을 통해 앞으로 도로교량의 공용수명 연장과 교량 바닥판의 효율적인 유지관리를 위한 기초 자료로 삼고자 한다.

2. 조사방법

2.1 코어채취

본 조사를 위해 교량별 코어채취는 “상부 아스콘포장 부분+교면 방수층+콘크리트 부분”이 모두 포함되도록 하였으며, 코어 채취부 내부에 대하여 열화깊이를 조사하고 아스콘, 방수층, 콘크리트에 대한 외관조사와 콘크리트 자체에 대한 물성평가를 수행하였다. 코어채취 위치는 교통흐름에 지장을 주지 않는 길어깨부를 기본으로 pier당 2~3개 총 12~14개를 균일하게 채취하였다.

2.2 코어채취 대상교량

조사대상 교량은 표 1과 같으며, 동절기에 강설량이 많아 제설제의 사용량이 상대적으로 많은 강원 및 충청지역의 교량을 우선적으로 하였다. 표1 에서와 같이 대상교량의 공용연수는 4~8년으로 비교적 짧으며 교면 방수층은 19개 교량 중 침투식이 15개소, 도막식이 4개소로 설계되었다.

표1. 코어채취 조사대상 교량

본부	지사	노선	교량명	상부 구조 형식	준공	설계 기준강도 (kgf/cm ²)	교면방수 형태	본부	지사	노선	교량명	상부 구조 형식	준공	설계기준 강도 (kg/cm ²)	교면방수 형태	
강원	대관령	영동선	A	STB	1999	270	침투식	충청	대전	중양선	K	PSCI	2000	270	침투식	
	대관령	영동선	B	PSCB	1999	400	침투식		대전	경부선	L	STB	1999	270	침투식	
	제천	중양선	C	STB	2001	270	도막식		대전	경부선	M	STB	1999	270	침투식	
	제천	중양선	D	PSCI	2001	270	침투식		무주	중부선	N	PSCI	2001	270	침투식	
	제천	중양선	E	PSCI	2001	270	침투식		무주	중부선	O	PSCI	2001	270	침투식	
	제천	중양선	F	PSCI	2001	270	침투식		무주	중부선	P	PSCB	2000	400	도막식	
	제천	중양선	G	PSCI	2001	270	침투식		무주	중부선	Q	PSCI	2000	270	침투식	
	제천	중양선	H	STB	2001	270	도막식		영동	경부선	R	STB	2003	270	도막식	
	제천	중양선	I	PSCI	2001	270	침투식		경기	시흥	외곽선	S	STB	1999	270	침투식
	제천	중양선	J	PSCI	2000	270	침투식									

3. 채취코어의 분석

3.1 외관조사

코어에 대한 외관조사는 표 2와 같은 항목을 조사하여 기록하였다. 침투식방수제의 침투깊이는 KS F 4930에 따라 할렬면에 물을 분사하여 발수되는 깊이로 측정하였다.

3.2 압축강도

채취된 코어의 압축강도 시험은 KS F 2405에 준해서 시험하였다. 코어 공시체의 높이는 원칙적으로 지름의 2배로 하였으며, 그 지름의 2배보다 작은 경우에는, 시험에서 얻어진 압축강도에 보정 계수를 곱하여 지름의 2배 높이를 가진 공시체의 강도로 환산하였다.

표2. 코어의 외관조사항목

구 분	조사항목
아스콘 포장층/콘크리트 바닥 교면 방수층	. 포장두께, 방수층과의 부착단면부 열화유무, 콘크리트 열화깊이 . 방수층 두께(도막방수제), 침투깊이 및 발수성(침투식)

3.3 반응생성물 분석

코어 열화부 및 건전부에 대한 반응생성물을 XRD로 정성분석을 하였다. 본 조사에서와 같이 교량 열화부의 콘크리트에 대한 XRD 분석은 주로 제설제에 의한 염화물이온에 대한 반응유무의 평가에 그 목적이 있다. 일반적으로 대기나 물 중에 존재하는 각종 염류 중에서 콘크리트 구조물을 열화시켜 내구성을 저하시키는 성분은 염화물 이온(Cl⁻)과 황산염 이온(SO₄²⁻)으로 알려져 있으며 특히 초기에 있어서는 염화물 이온의 침식이 주 원인으로 작용한다.

4. 조사결과 및 고찰

4.1 외관조사결과

침투식방수층 시공교량에서 채취한 코어로부터 침투깊이를 측정된 결과를 그림 1에 나타내었다. 침투깊이는 교량별로 채취된 코어(n:13~14)중 표면에 발수성이 없는 코어를 불량으로 하여 불량율로 표시하였다. 전반적으로 15개 교량 중 11개소가 40% 이상이 불량하였으며, 침투된 깊이도 표층에만 국한되거나 0~2mm 깊이가 대부분이었다. 도막식방수제의 열화(그림 2)는 도막의 박리와 노화로 인한 파손형태로 나타나며 열화율은 침투식 보다 다소 낮은 것으로 나타났다.

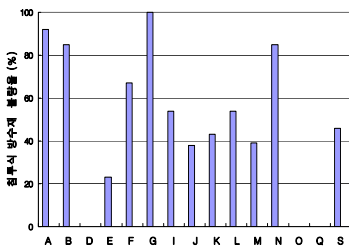


그림1. 침투식방수제의 불량률 및 침투깊이 백분율

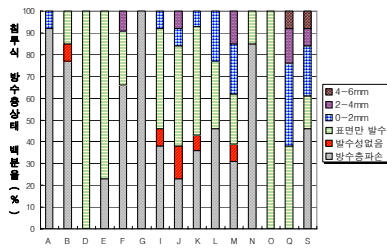


그림2. 도막식 방수제 열화율

그림 3과 4는 아스콘과 하부 콘크리트 바닥의 열화율과 교면방수층의 불량율간의 상관관계를 비교한 그림이다. 특히 그림 4에서와 같이 교면방수층의 불량률과 콘크리트 바닥판의 열화율은 전체 19개 교량 중 13개가 같은 경향을 보이고 있어 교면방수층의 불량률이 바닥판 열화의 한 요인인 것으로 나타났다.

4.2 코어 압축강도

교량별로 채취된 코어의 압축강도는 각 4개 측정값의 평균값으로 하여 설계기준강도 대비 발현율로 나타내었다(그림 5). 압축강도발현율은 Min. 92~Max.133%로 강도상에 기인되는 문제는 없는 것

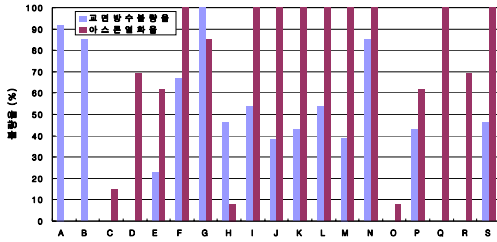


그림 3. 아스콘 열화율과 교면방수 불량율과의 비교

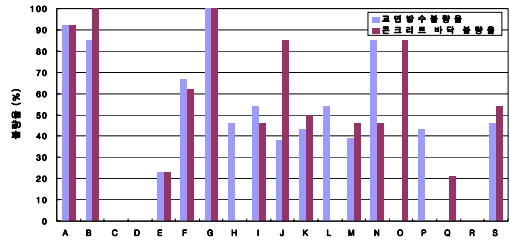


그림 4. 콘크리트 열화율과 교면방수 불량율과의 비교

로 나타났다. 또한 바닥판의 열화율과 강도발현율과의 상관성도 작은 것으로 나타났다.

4.3 반응생성물 분석

코어 열화부 및 건전부에 대한 반응생성물을 XRD로 분석한결과 표면열화부에서는 탄산화로 인한 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 소실과 Calcite(CaCO_3)생성반응 및 제설제의 염소이온(Cl^-)과 반응생성물인 Friedel's 염 생성이 공통적으로 관찰되며, 일부 배기가스중의 황과 반응하여 생성된 팽창성 Ettringite광물도 나타나고 있다. 콘크리트 바닥표면은 탄산화와 염소이온에 의한 CSH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 같은 수화물의 분해와 중성화로 인한 pH저하로 경화조직의 열화와 염분침투가 가속화 되는 것으로 나타났다.

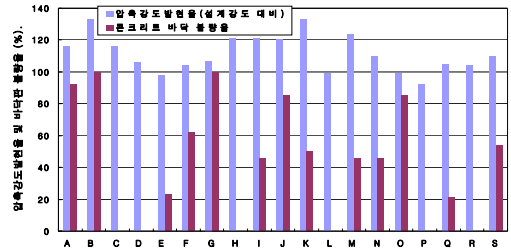


그림 6. 압축강도발현율과 바닥판 열화율

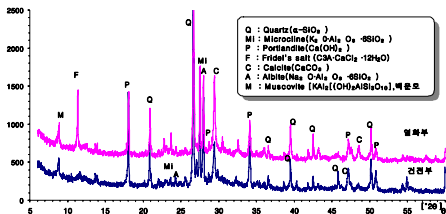


그림 6. 교량(A)의 열화부와 건전부의 XRD 회절분석

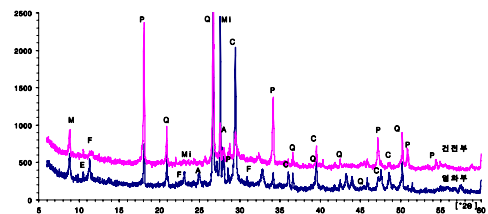


그림 7. 교량(L)의 열화부와 건전부의 XRD 회절분석

5. 결론

교량바닥판 상태조사의 일환으로 공용중인 19개 고속도로 교량에서 채취한 코어를 통해 열화원인을 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 교량에 시공된 교면방수 상태는 전반적으로 불량률이 높았으며 침투깊이도 표층부에만 머물러 확인이 어려웠다. 특히 바닥판의 열화율과 교면방수층의 불량율간의 상관성이 높아 방수층 불량도 바닥판 열화의 주요 요인인 것으로 나타났다.
- 2) 코어 압축강도와 바닥판 열화율과의 상관성은 작은 것으로 나타났다.
- 3) 바닥판 열화부는 탄산화작용에 의한 CaCO_3 의 생성과 시멘트수화물의 분해,소실로 경화체가 열화되었으며 칼슘알루미네이트수화물과 염소이온과의 반응생성물인 Friedel's염이 많이 생성되었다.