구조물의 예방적 유지관리를 위한 제설염화물 피해 최소화 방안

제공처 : 한국도로공사 구조물처

출처 : 2010년도 고속도로 설계 실무자료집(2011, 한국도로공사)

1. 일반현황

(1) 2002년 제설방법이 염화물 용액 살포방식(습염식)으로 변경이후 구조물 열화 증가에 따른 내구성 확보 및 예방대책 강구

(1.1) 열화 정의 : 물, 제설염, CO_2 등 이물질 침투와 동결 · 융해 반복으로 콘크리트 다공질화 및 손상 발생



2. 현황 및 문제점

2.1 현실태 및 문제점

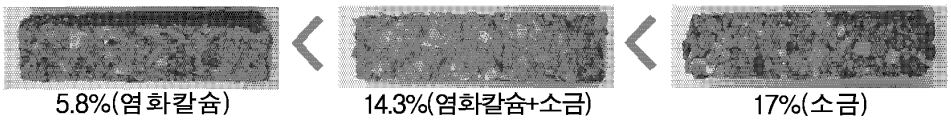
(1) 습염식 제설작업 변경 이후 구조물의 직접 노출부인 바닥판, 교대, 방호벽 등에 염화물의 용이한 침투 및 지속성에 의한 열화 피해 증가

(1.1) 제설방법 변경

(1.1.1) 살포식(모래+염화칼슘) ⇨ 습염식(소금 70%+염화칼슘용액 30%)

(1.1.2) 융설 · 융빙시 염화칼슘 용액의 속효성과 소금의 지속성 향상

(1.1.3) 제설염화물의 종류에 따른 손상크기 : 동결융해(300회) 실험결과에 의한 콘크리트 중량 손실률(%)

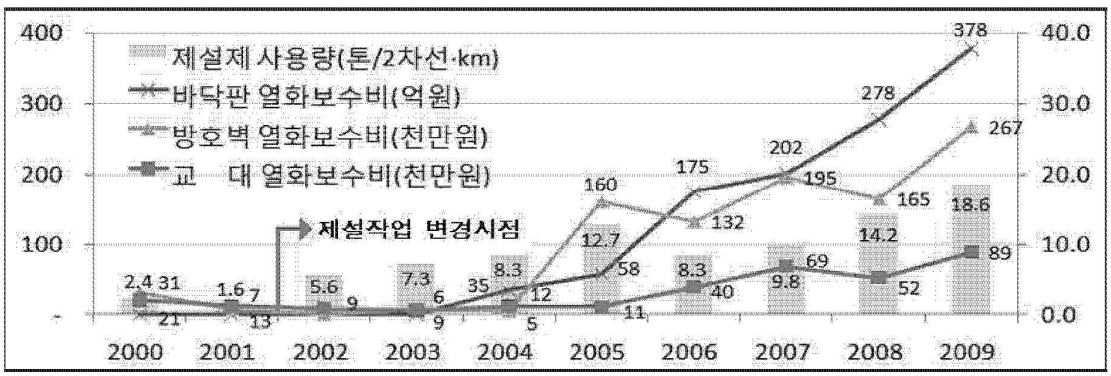


<콘크리트 교량 바닥판 열화방지 매뉴얼 2009.도교연>

(1.2) 바닥판, 교대, 방호벽의 제설 염화물에 의한 피해 증가

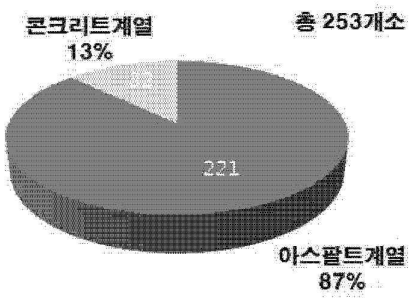
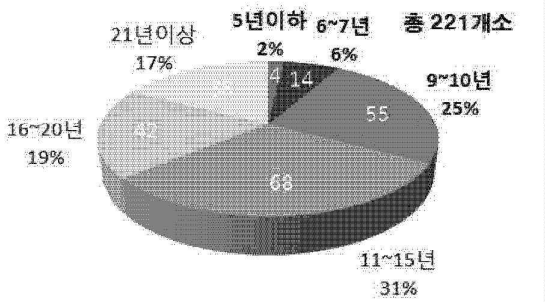
(1.2.1) 연평균 보수비용은 2004년 이후 바닥판 170%, 교대 133% 각각 증가

(1.2.2) 제설재 사용량 및 바닥판, 교대, 방호벽 열화 보수비용 현황



(1.3) 바닥판의 경우 염화물 침투에 따른 상면 열화 진행 및 손상은 대부분 아스팔트 계열과 공용후 6~10년에서 조기 발생(전체 발생량의 31%)

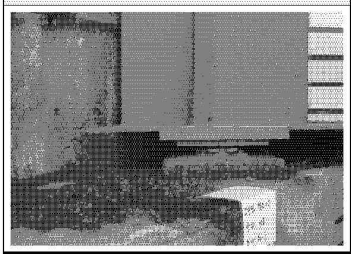
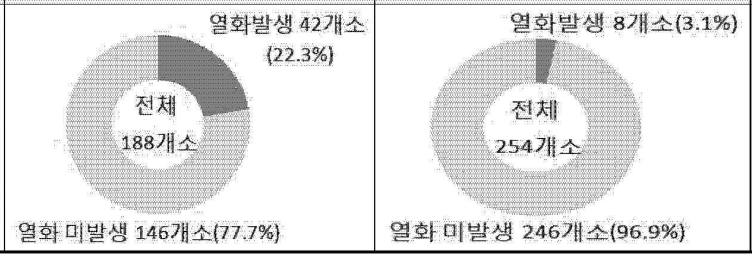
(1.3.1) 2004~2009년도 바닥판 열화부 보강교량 현황(총 253개 교량)

포장 형식별 개량 분포	아스팔트 계열의 공용연수별 보강 분포
	

(2) 제설작업후 잔설의 직?간접적인 영향으로 열화 피해 진행

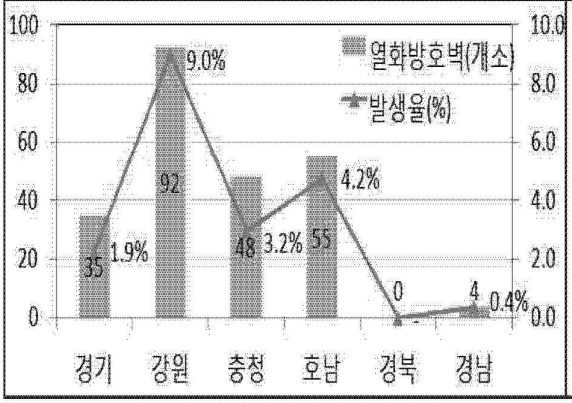
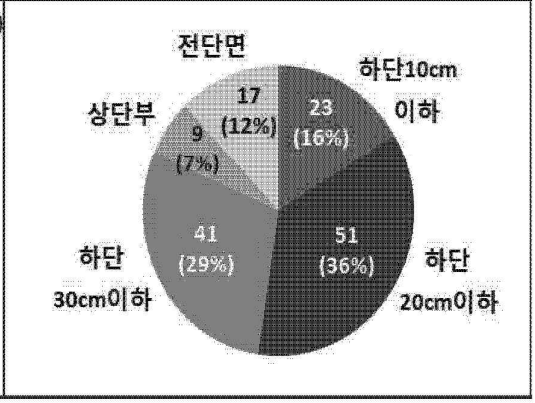
(2.1) 다설 한랭지역의 신축이음장치 누수가 있는 교대, 교각 상단면은 제설염의 침투와 잔류로 열화 피해 심각

(2.1.1) 최근 5년간 다설 한랭지역과 일반지역 열화 피해 비교

교대 상단면 열화상태	교대부 상단면 열화 현황	
	다설한랭지역(대관령지사)	일반지역(산청지사)
		

(2.2) 방호벽의 경우 잔설에 의해 장기간 직접 접촉시 열화 과다 발생

(2.2.1) 잔설이 상존하는 방호벽 하단 30cm이내에서 대부분 열화 발생(81%차지)

본부별 열화발생 현황(최근5년간)	손상 높이 분포(2010년 조사)
	

(3) 교면의 경우 포장상태가 양호한 교량도 포장하부 바닥판 손상진행

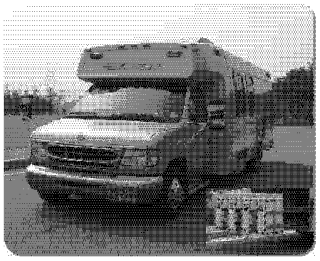
(3.1) 아스팔트계열 포장은 콘크리트 포장과 달리 바닥판 육안식별 곤란

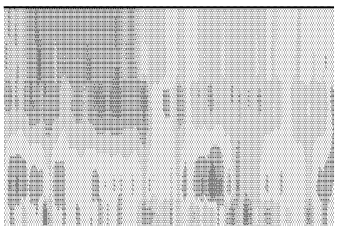
(3.1.1) 아스팔트 계열의 포장상태와 바닥판 상태 비교

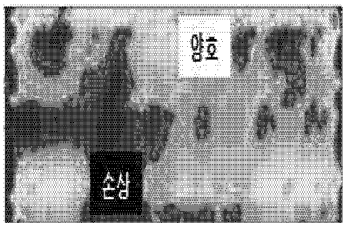
계	합계	a 등급	b 등급	c 등급	d 등급	e 등급
포장 상태	32	0	6	18	6	2
바닥판 상태 (차량 GPR조사)	32	0	4	9	4	15

☞ 차량 GPR 조사 : 60~80km/hr로 주행하면서 교량 포장면에 레이다파를 이용하여, 포장 및 바닥판의 열화상태 평가

[장비 전경] [양호한 경우] [불량한 경우]







3. 개선내용

(1) 바닥판 정기적 조사기준 마련으로 예방적 유지관리 시행

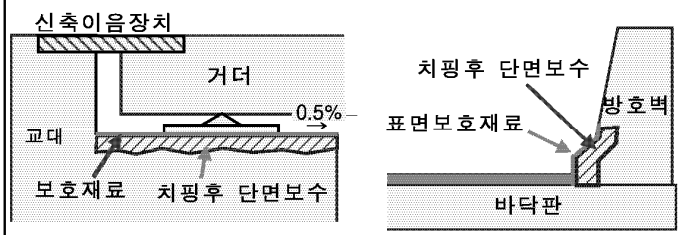
(1.1) 교면포장의 정기적, 과학적 점검(차량GPR)을 통한 바닥판 열화 조기발견 및 조치

구 분	기 존	개 선	비 고
대 상	바닥판 열화가 추정되는 교량	전체 교량 - 아스팔트 계열 : 차량GPR - 콘크리트 계열 : 육안조사 (필요시 차량GPR 병행)	※ 하자기간 1 종 : 10년 2 종 : 7년
시 기	필요시	- 하자기간내 : 준공후 3~4년 주기 ※ 점검결과 양호교량은 하자 만료 직전년도 재조사 시행 - 하자기간이후 : 필요시	

※ 유형별 보수방안은 교면포장 보수보강 적용방안(구조물처-1666, 2009)

(2) 염화물 직접 노출부의 안전성 및 내구성 향상을 위한 보수 · 보강방안 마련

(2.1) 교대 · 교각, 방호벽 부분 보수

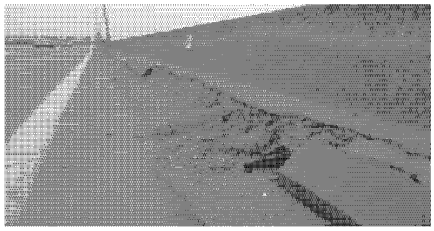
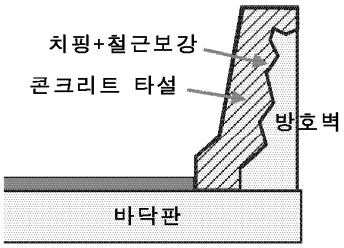
대 상	보수 방안
	
표면 손상이 발생된 경우 (상태평가 c~d 등급)	열화부 제거 및 단면 보수후 표면 보호재료 시공

(2.1.1) 표면 보호재료 적용 기준

(2.1.1.1) 재료 : 표면보호성능 및 경제성 · 내구수명이 우수한 보호재료(도로교통연구원의 표면강화제 매뉴얼 기준수립 이전까지 잠정 시행)

(2.1.1.2) 적용방법 : 열화부 손상 부위별 세부 보수방안(5.1절 참조) (교대 2차로 상단, 흉벽 적용시 : 약 3백만원/개소, 단면복구비 제외)

(2.2) 방호벽 전면보강

대 상	보강 방안
	
파손이 심한 경우(d 등급 초과시)	단면보강(열화부 제거 + 콘크리트 타설)

(2.2.1) 적용강도 : 특수환경 노출지역 30MPa (일반지역 24MPa)

(2.2.1.1) 특수환경 노출지역 : 최근 5개년간의 동결융해일수, 제설제 사용량, 강설량, 강설일수가 평균치 이상인 지역(연구개발실-2293, 2010.7)

(2.2.1.2) 시공방법 : 교량 방호울타리 개선방안(구조물처-2912, 2009.11)

(2.2.2) 표면 보호재료 : 강도상향으로 보호재료 미 적용

(3) 열화예방을 위한 교대 설계기준 개선 추진(→설계처)

(3.1) 설계기준 개선을 통한 교대 상단면 및 흉벽콘크리트 내구성 향상

(3.1.1) 대상 : 신축부 교대 벽체(흉벽 포함)

(3.1.2) 적용강도 : 24→40MPa

(3.1.3) 적용지역 : 다설한랭지역(특수환경 노출지역)

(3.1.4) 교각, 방호벽은 고강도 콘크리트 기 적용중 : 교각 : 27 → 40MPa, 방호벽 : 21 → 30MPa(5.3절 참조)

4. 결론

(1) 교면포장 조사기준 적용 : 2011년부터

(2) 교대부 설계기준개선(강도상향) 요구

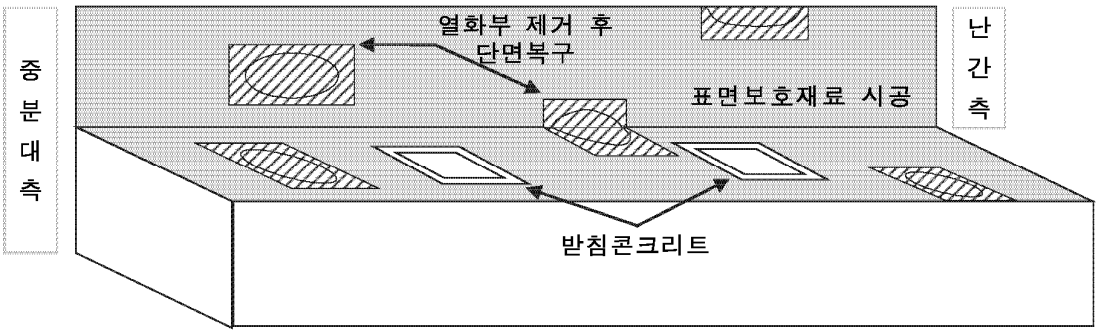
(2.1) 구조 및 경제성 검토, 고려사항 등 : 설계처

5. 기타

5.1 열화부 손상 부위별 세부 보수방안

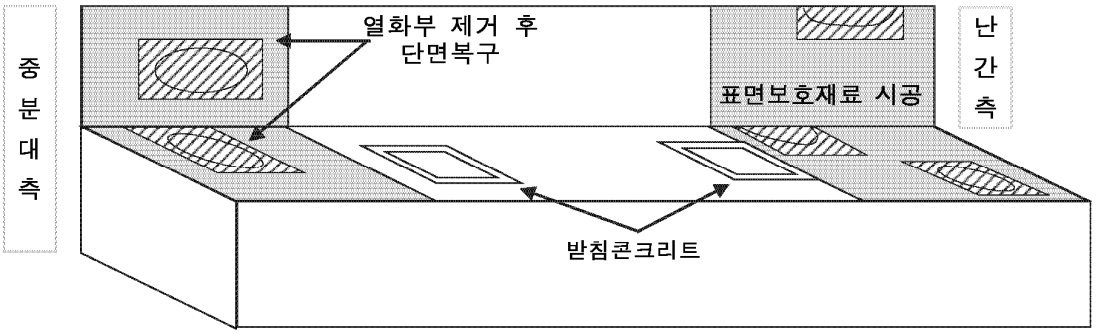
5.1.1 교대, 교각 상단면 및 흉벽

(1) TYPE - 1 : 열화가 전구간 산발적으로 발생한 경우



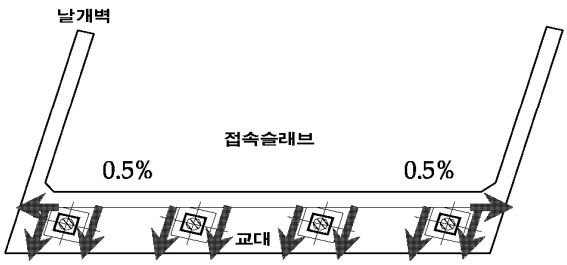
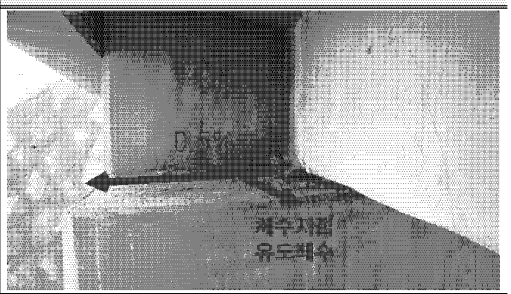
(1.1) 열화 발생부 제거 및 보수후 전체(흉벽 및 상단면) 표면 보호재료 시공

(2) TYPE - 2 : 열화가 부분적으로 발생한 경우



(2.1) 열화 발생부 제거 및 보수후 현장 판단에 따라 적정단면 표면 보호재료 시공

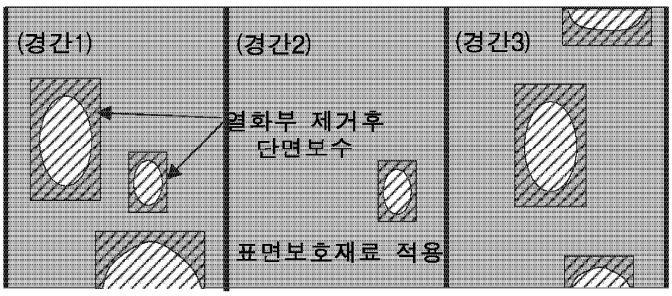
(3) 교대 상단면의 배수경사(0.5%)가 미 설치된 곳은 체수방지를 위한 유도배수로 설치

체수지점 유도배수	유도배수 사진
	

(3.1) 기 시행 방침참조(구조물처-378, 2009.3)

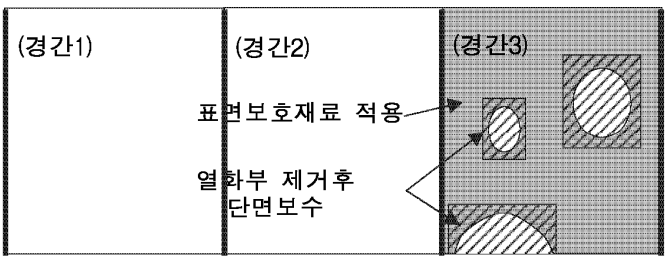
5.1.2 방호벽

(1) TYPE - 1 : 열화가 전구간 산발적으로 발생한 경우



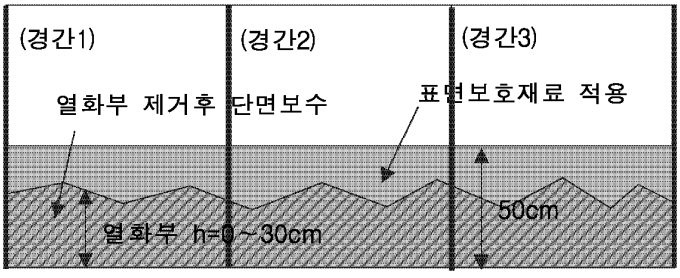
열화 발생부 제거 및 보수후
교량 전체 보호재료 시공

(2) TYPE - 2 : 한경간내에서 열화가 부분적으로 발생된 경우



열화 발생부 제거 및 보수후
발생된 경간만 보호재료 시공

(3) TYPE - 3 : 높이 30cm내 열화가 일정하게 발생된 경우



열화 발생부 제거 및 보수후
높이 50cm 보호재료 시공
(제설후 잔설 높이 고려)

(4) 표면보호재료는 침투식 및 도막식 계열중 현장 적용성, 경제성, 미관 등 종합적으로 검토후 품질기준에 적합한 재료 사용 (추후 도로교통연구원의 소구조물 표면강화제에 대한 적용범위, 품질기준 매뉴얼 기준수립 이전까지 잠정적 적용)

5.2 표면보호재료 시방기준

5.2.1 침투식(KS 규정)

(1) KS F 4930 : 콘크리트 표면의 보호를 목적으로 표층부에 도포하여 함침시킴으로써 흡수방지층을 형성하여, 외부로부터 물 및 염소이온 등의 침투를 억제하는 액상형 흡수방지재에 대한 규정

항 목		기 준 치		비고
		유기질계	무기질계	
침투깊이(mm)		2.0 이상	-	
내흡수성능	표준상태	물흡수계수비 0.1 이하	물흡수계수비 0.5 이하	
	내알칼리성 시험후			
	저온,고온 반복 저항성 시험후			
	촉진내후성 시험후	물흡수계수비 0.2 이하		
내투수 성능		투수비 0.1 이하		
염화물 이온 침투 저항 성능(mm)		3.0 이하		
용출저항성능	냄새와 맛	이상 없을 것		
	탁도	2도 이하		
	색도	5도 이하		
	중금속(Pb)	0.1mg/L 이하		
	과망간산칼륨소비량	10mg/L 이하		
	pH	5.8~8.6		
	페놀	0.005mg/L 이하		
	증발 잔류분	30mg/L 이하		
	잔류 염소의 감량	0.2mg/L 이하		

5.2.2 도막식

(1) KS F 4936 : 철근 콘크리트 구조물의 보호를 목적으로 콘크리트 표면에 도막을 형성하여 외부로부터 염화물, 이산화탄소 및 유해물질 등을 차단함으로써 철근콘크리트의 성능저하를 방지하는 규정

항 목		기 준 치	비고
도막 형성 후의 겉모양	표준 양생 후	주름, 잔갈림, 핀홀, 변형 및 벗겨짐이 생기지 않을 것	
	촉진 내후성 시험 후		
	온·냉 반복 시험 후		
	내알칼리성 시험 후		
	내염수성 시험 후		
중성화 깊이(㎜)		1.0 이하	
염화물 이온 침투 저항성 (Coulombs)		1000 이하	
투습도(g/㎡ · day)		50.0 이하	
내투수성		투수되지 않을 것	
부착강도 (N/㎟)	표준 양생 후	1.0 이상	
	촉진 내후성 시험 후		
	온·냉 반복 시험 후		
	내알칼리성 시험 후		
	내염수성 시험 후		
균열 대응성	-20℃	잔갈림 및 파단되지 않을 것	
	20℃		
	촉진 내후성 시험 후		

5.3 고강도 콘크리트 적용기준 현황

5.3.1 우리공사 설계기준

(1) 구조물의 중요도, 제설 염해 지역 등 환경조건 등을 고려 강도 상향

대 상	강 도	내 용	비고
노출바닥판	27→30Mpa	염화물 사용에 관계없이 전지역 적용	설계처-2452 2009.4
교 각	27→40Mpa	단면감소로 미관개선 및 경제성 향상	설계처-5922 2009.11
기계타설 소구조물	21→30Mpa	특수환경 노출지역 피해 방지	설계처-3516 2010.7

5.3.2 시방기준

(1) 국내 염해피해방지를 위한 콘크리트 구조 설계기준

노출상태	내구성배합 (최대물시멘트비)	기 준 강도(f_{ck})
습한상태에서 동결융해 또는 제빙화학제에 노출된 콘크리트	0.45	30
제빙화학제, 염, 소금물, 바닷물에 노출되거나 이런류들이 살포된 콘크리트 철근 부식방지	0.40	35

※ 국외 일반교량 교대, 교각 기준 강도 f_{ck}(Mpa)

구 분	교 대	교 각	비 고
미 국	21~28	27.5~28	New jersey DOT등 3개주
호 주	32	32	AUTROADS
일 본	24~30	24~30	일본도로공단