제7장
보수 · 보강 및 유지관리방안

7.1 개 요
7.2 보수 · 보강 방안
7.3 보수 · 보강 개략공사비
7.4 유지관리방안

제7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

감곡IC교(마산, 양평)는 설계하중 DB-24(DL-24)의 고속국도 교량으로서, 2002년에 준공되어 약 14년 정도 공용 중에 있으며, 충청북도 음성군 감곡면 상우리(중부내륙선, 이정 251.02㎞)에 위치하고 있는 편도 2(마산)~3차로(양평) 교량이다.

본 교량은 총폭 11.40(마산)~27.90m(양평), 총연장 110.0m [STB : 55.0m + 55.0m]이며, 상부구조는 2경간의 Steel Box Girder 형식으로써, 교각의 형식은 다주형이고 기초는 확대기초(P1)로 이루어져 있으며, 교대의 형식은 역T형이고 기초는 강관말뚝기초로 시공되어 있다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다. 본 교량의 보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따른 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 긴급우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다.【표 7-1】은 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 일반적인 검토사항을 언급하였다.

【표 7-1】 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존자료분석	기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	사용기간중 시설물의 보수·보강이력검토
보수·보강의 범위 선정	손상규모에 따른 보수여부 결정 구조물의 사용년한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	구조물의 기능에 따른 공법선정 구조물의 주변환경 및 형식을 고려하여 공법선정 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 구조물의 종류 및 환경조건 고려 구조물의 사용년한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

7.2 보수 · 보강 방안

7.2.1 보수 · 보강 추진방향 및 우선순위의 선정

본 교량에 대한 정밀안전진단을 수행한 결과, 본 구조물은 시공시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하고 있는 것으로 조사되었다.

진단시 조사된 유간부족, 균열, 단면결손 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수를 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

【표 7-2】 보수 · 보강 우선순위 결정 기준

구 분	순 위	내 용
단 기	1순위	• 구조물의 거동에 지장을 초래하여 구조적인 문제를 유발시킬 수 있는 손상 • 하부 차량과 통행인의 안전에 유해를 일으킬 수 있는 손상 • 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 "대통령이 정하는 중대한 결함"에 포함되는 손상 - 교각의 부등침하 - 교량받침의 파손 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 중성화에 따른 내력손실 - 구조적 결함 • 초기수준이상으로 개선할 필요가 있는 손상 • 방치시 교량의 안전성에 영향을 미치는 손상
중 기	2순위	• 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나 철근부식 가능성이 있는 손상 • 실용상 지장이 없는 성능까지 회복하여야 할 손상
장 기	3순위	• 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우 • 현상유지(진행억제)를 위해 필요로 하는 대책
	지속 관찰	• 발생된 손상이 경미하여, 지속관찰을 통한 점검이 필요한 경우 • 부분적 보수보다는 향후 전체적인 보수 및 개량이 필요한 경우 (교면포장, 거더 내·외부, 신축이음장치)

7.2.2 결함내용별 보수·보강방안

가. 마산방향

【표 7-3】 마산방향 - 보수·보강 일람표

구 분	손상내용	단위	개소	손상 물량	보수방안	우선 순위
바닥판	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	13	18.90	지속관찰	-
	•백태	㎡	2	0.05	표면처리보수	3
	•박락	㎡	7	1.64	단면복구 1안)	3
	•녹발생	㎡	2	0.40	방청 후 단면복구	2
Steel Box Girder 내부	•Pit	EA	39	39.00	지속관찰	-
	•비드불량	m	2	0.30	지속관찰	-
	•변형	m	1	0.20	지속관찰	-
	•도장박리	㎡	5	1.06	재도장	2
	•부식	㎡	2	0.29	녹제거 후 재도장	2
	•실링누락	EA	7	7.00	실링재 시공	3
	•인분배설	EA	1	1.00	청소	3
격벽	•Pit	EA	7	7.00	지속관찰	-
	•비드불량	m	2	0.20	지속관찰	-
	•도장박리	㎡	19	0.20	재도장	2
Steel Box Girder 외부	•도장박리	㎡	2	0.02	재도장	2
	•부식	㎡	11	0.28	녹제거 후 재도장	2
	•오염	㎡	2	0.72	재도장	2
교대	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	1	1.40	지속관찰	-
	•누수흔적	㎡	8	4.64	표면처리보수	3
	•백태	㎡	3	0.68	표면처리보수	3
	•박리	㎡	2	1.58	표면처리보수	3
교각	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	10	8.60	지속관찰	-
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	㎡	8	32.75	지속관찰	-

【표 7-3】 마산방향 - 보수 · 보강 일람표(계속)

구 분	손상내용	단위	개소	손상 물량	보수방안	우선 순위
교량받침	•볼트부식	EA	1	1.00	녹제거 후 재도장	2
	•도장박리	EA	1	1.00	재도장	2
	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	3	0.70	지속관찰	-
	•균열(Cw=0.3㎜이상)	m	1	0.30	주입보수	2
	•파손	㎡	1	0.20	방청 후 단면복구	1
신축이음	•부식	m	1	2.00	지속관찰	-
	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	21	8.20	표면처리보수	3
	•덮개볼트 탈락	EA	4	0.04	볼트 재체결	3
교면포장	•소성변형	㎡	4	157.50	지속관찰	-
	•포트홀	㎡	4	0.13	지속관찰	-
방호벽	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	83	79.00	표면처리보수	3
	•균열(Cw=0.3㎜이상)	m	37	54.70	주입보수	2
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	㎡	1	6.94	표면처리보수	3
	•박락	㎡	2	0.08	단면복구	3
	•재료분리	㎡	1	0.06	단면복구	3
	•철근노출	㎡	11	1.01	방청 후 단면복구	2
	•파손	㎡	3	0.03	단면복구	3
	•녹발생	㎡	5	0.11	방청 후 단면복구	2
기타	•유간협착	㎡	2	0.23	지속관찰	-

나. 양평방향

【표 7-4】 양평방향 - 보수·보강 일람표

구 분	손상내용	단위	개소	손상 물량	보수방안	우선 순위
바닥판	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	3	4.90	지속관찰	-
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	㎡	3	10.12	지속관찰	-
	•백태	㎡	1	0.10	표면처리보수	3
	•박락	㎡	11	3.19	단면복구 1안)	3
	•박락/녹발생	㎡	1	0.15	단면복구	2
	•재료분리	㎡	1	0.08	단면복구	3
Steel Box Girder 내부	•Pit	EA	35	35.00	지속관찰	-
	•도장박리	㎡	1	0.01	재도장	2
	•부식	㎡	10	0.32	녹제거 후 재도장	2
	•실링누락	EA	4	4.00	실링재 시공	3
	•소변배설	EA	1	1.00	청소	3
격벽	•Pit	EA	21	21.00	지속관찰	-
	•도장박리	㎡	8	0.08	재도장	2
	•부식	㎡	1	0.01	녹제거 후 재도장	2
Steel Box Girder 외부	•도장박리	㎡	2	1.01	재도장	2
	•부식	㎡	26	0.62	녹제거 후 재도장	2
	•오염	㎡	6	16.50	재도장	2
가로보 및 세로보	•부식	㎡	1	0.01	녹제거 후 재도장	2
교대	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	2	1.80	지속관찰	-
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	㎡	1	0.40	지속관찰	-
	•누수흔적	㎡	9	3.44	표면처리보수	3
	•백태	㎡	4	0.84	표면처리보수	3
	•박리	㎡	2	5.22	표면처리보수	3
	•재료분리	㎡	3	0.52	단면복구	3
	•녹발생	㎡	13	0.47	방청 후 단면복구	2
	•파손	㎡	1	0.02	단면복구	3
	•체수흔적	㎡	5	10.80	지속관찰	-
	•이물질퇴적	㎡	1	2.52	청소	3
	•실링재열화	m	1	0.25	실링재 시공	3

【표 7-4】 양평방향 - 보수 · 보강 일람표(계속)

구 분	손상내용	단위	개소	손상 물량	보수방안	우선 순위
교각	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	11	9.20	지속관찰	-
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	㎡	11	28.76	지속관찰	-
	•녹발생	㎡	11	0.11	방청 후 단면복구	2
교량받침	•부식	㎡	8	3.22	녹제거 후 재도장	2
	•도장박리	㎡	2	0.12	재도장	2
	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	8	1.40	표면처리보수	3
	•박락	㎡	1	0.06	방청 후 단면복구	1
신축이음	•단차	mm	2	8.00	지속관찰	-
	•들림	EA	1	1.00	지속관찰	-
	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	16	6.32	표면처리보수	3
	•파손	㎡	8	4.50	단면복구	3
	•덮개볼트 탈락	EA	3	3.00	볼트 재체결	3
교면포장	•균열	m	8	100.30	지속관찰	-
	•망상균열	m	1	2.10	지속관찰	-
	•포트홀	㎡	1	0.01	지속관찰	-
방호벽	•균열(Cw=0.3㎜미만)	m	69	43.70	표면처리보수	3
	•균열(Cw=0.3㎜이상)	m	38	78.80	주입보수	2
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	㎡	5	4.06	표면처리보수	3
	•철근노출	㎡	1	0.01	방청 후 단면복구	2
	•파손	㎡	4	0.24	단면복구	3
	•단차	m	1	0.06	지속관찰	-

7.2.3 주요결함 및 손상에 대한 보수·보강 방법

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 진단 현황

본 교량의 바닥판하면 및 하부구조에 발생된 균열은 대부분 폭 0.2㎜이하의 미세균열로 조사되었고, 일부구간의 교각에서 0.3㎜이상의 균열이 조사되었다. 또한, 바닥판하면의 균열부 백태 및 방호벽에서 폭 0.3㎜미만의 균열이 일부구간 확인되었다.

상부구조에 발생된 균열부 백태 등은 부재의 중요도를 고려하여 내구성확보를 위해 표면보수가 필요하고, 교각 및 방호벽에 조사된 폭 0.3㎜이상 균열은 내구성 확보차원에서 주입보수가 필요한 것으로 판단된다. 또한 상부·하부구조 등에 조사된 0.3㎜미만 균열에 대해서는 현시점의 보수보다는 지속관찰 후 균열의 진전 시 보수를 실시하는 것으로 보수방안을 선정하였다.

하지만 신축이음 후타재에 발생한 균열은 신축이음 하부 누수 등 추가적인 손상의 우려가 있고, 방호벽 및 중앙분리대에 발생한 균열은 우수 침투시 내부수분 유출로 인한 백태 발생 등 추가적인 손상의 우려가 있으므로 0.3㎜균열에 대해서는 표면처리보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

2) 주입보수 개요

균열(0.3㎜이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

3) 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 7-5】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
·수동식 주입 : 인력 ·기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 ·저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 ·자동주입식 기계주입 : 자동주입기	·균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

【표 7-6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

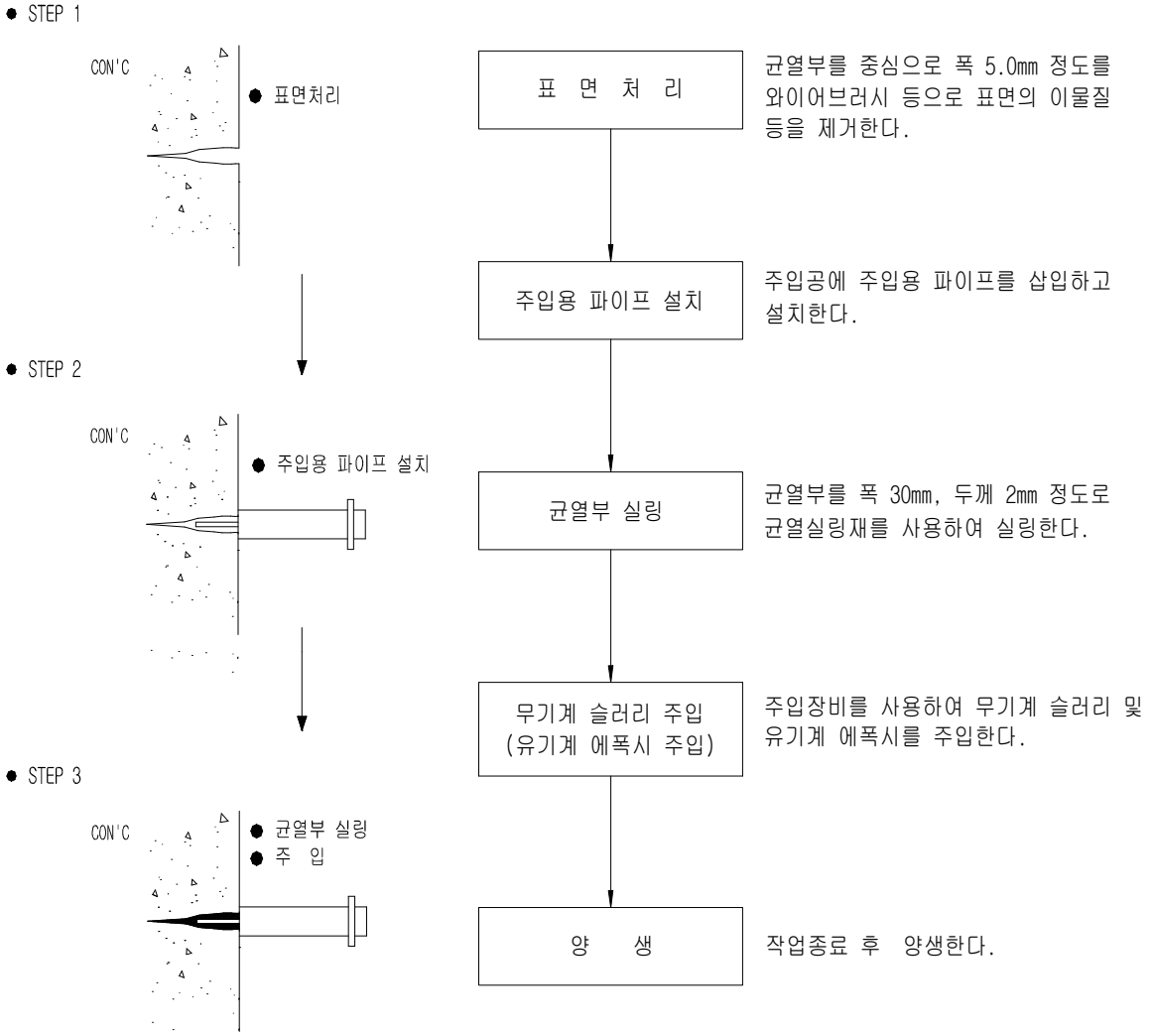
【표 7-7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(㎜)	주입파이프/패커간격(㎜)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 7-8】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

4) 시공방법



【그림 7-1】 균열 보수공법 개요도

5) 시공시 주의사항

① 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.

② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.

③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.

④ 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.

⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 7-9】 주입공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→폴리머슬러리 시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→에폭시주입→단면복구
특징	· 품질관리가 용이하고 재균열 발생우려 없음 · 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 · 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 · 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 · 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	· 인장, 휨강도가 우수함 · 건조한 환경에 유리함 · 경화시간이 빠름 · 시공실적 다수 · 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 · 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 · 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

나. 콘크리트 단면보수 방안

1) 진단 현황

본 교량의 단면손상(철근노출, 재료분리, 박리, 박락, 파손) 및 표면손상, 기타 후타재 파손, 방호벽 파손 등은 교량의 장기적인 내구성 및 사용성 확보를 위해 우선순위에 따라 보수가 필요하다.

2) 단면보수공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면보수공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 단면복구시 털어내기 작업

단면복구시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목 및 【그림 7.2】을 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

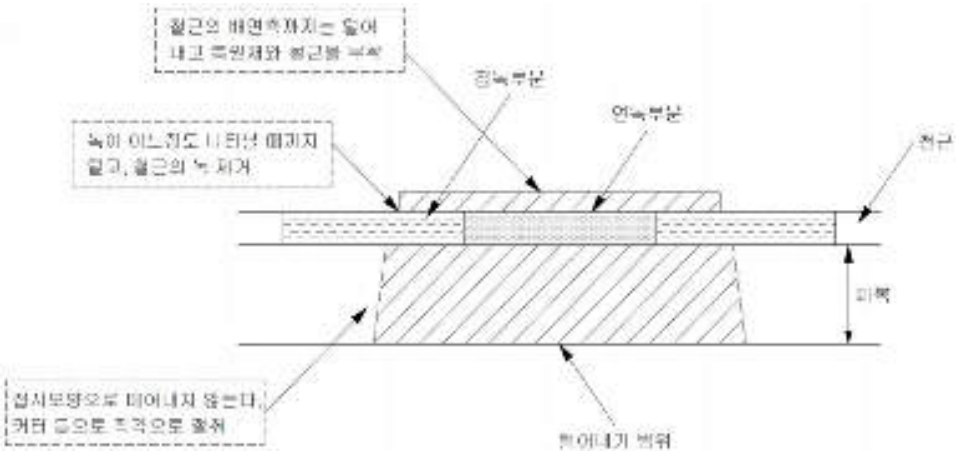
콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(−), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다. 따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면 녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로

나타나는 비교적 건전한 부분(점 녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 −350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 털어내기 형상

콘크리트와 단면복구재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.



【그림 7-2】 단면복구 상세도

4) 철근의 방청 처리

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어 브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산

이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착제 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

5) 단면복구 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브 하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

【표 7-10】 일반적인 단면 복구재의 분류

구 분		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임
무기계	폴리머 시멘트 모르터	시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
	무수축 모르터	팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

6) 단면복구시 유의 사항

① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정한 뒤 단면복구재를 충전한다.

② 철근방청재, 프라이머, 단면복구재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.

④ 보수한 단면복구재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다.

⑤ 털어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 7-11】 단면보수 공법비교안

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
공법개요	· 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	· 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	· 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면 복구 → 마감재(무기계)도포	· 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특 징	· 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 · 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 탄산화 방지 효과가 우수함 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 · 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 · 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	· 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 · 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 · 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임 · 경화시간이 빠름 · 방청효과가 확실하지 않음 · 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 · 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

다. 강재 거더 및 받침장치 부식부 도장보수

1) 현황

강재거더의 일부구간 도장박리 및 부식, 받침장치 부식이 일부구간 조사되어, 내구성 확보를 위한 재도장이 필요하다.

2) 강재부식부 도장 보수공법

① 도장재료의 선정

다음은 크게 강재시설물(강교)에 대해 쉽게 발생되는 방식재의 손상으로 인한 구조물 상태와 이에 대한 일반적인 보수방법이다.

방식설계는 향후 관리비용과 직결되므로 LCC(Life Cycle Cost)개념인

LCC = I + M + R (I : 초기비용, M : 보수비용, R : 교체비용)

공식에 의해 내구성 있는 방식재를 선정하여 보수비용(M)과 교체비용(R)의 요인을 절감하는 것이 중요하다.

본 교량에 적용할 도장재료 및 색상의 선택은 재료의 장단점과 경제성 및 주변환경을 감안하여 결정하는 것이 바람직하다.

【표 7-12】 강재부식부의 일반적인 도장보수 방법

구 분	원 인	발생 현상	일반 보수방법	문 제 점
각종 부식 발생	◦염분피해 ◦도장박락 ◦동결융해 ◦건습반복	◦코팅제의 박락 및 변형으로 모체면에 생기는 각종부식현상 ◦코팅제의 자외선 노출로 인한 변색 및 변형 ◦변형으로 인한 부분박리, 박락 발생	◦표면처리 (blast) ◦발청부위보수 ◦재도장	기존의 중방식 도료들의 내구년한이 3~5년 정도로 대체적으로 짧은 편으로 재도장시 경제적으로 부담이 크게 발생되고, 표면처리시 각종 공해발생 가능성 내포, 보수 후 재도장 가능성 유포 (동일방법)

② 표면처리

· 기 도장된 표면에 부착된 염분량을 측정하여 염분 부착량이 150㎎/㎡ 이상인 경우에는 강재 표면의 염분과 이물질을 깨끗한 물로 씻어낸다. 이때 분사압력은 2㎫로 하며, 강재면과의 거리는 30~45㎝ 정도 유지한다.

· 강재표면이 건조해질 때까지 기다린 후, 동력공구세정방법(power tool cleaning)을 선정하여 강재표면의 녹을 제거한다. 이때 재도장 실시는 녹 제거(블라스팅) 상태를 감독관 및 감리의 확인과 승인 후 실시한다.

· 블라스팅시 표면조도가 15~35㎛가 되도록 한다. 기존의 무기질아연 도장면 위에

재도장을 실시한다.

· 블라스팅과 하부도장은 같은 날 실시한다. 블라스팅 후 재도장까지 1일 이상 지체되면 밤에 응결된 수분에 의해 발청이 될 수도 있다.

· 하부도장을 실시한 후 상부도장까지는 5일이 경과하지 않도록 한다. 만약 5일 이상 경과하면, 상부도장 이전에 깨끗한 물로 세척한 후 도장하도록 한다.

③ 강재 도장시 고려사항

강재부식부에는 재 도장을 실시하여 부식을 방지하는 것이 원칙이며, 본 교량의 경우에도 기존의 발청부위의 부식을 제거하고, 재 도장으로 방식처리를 하는 것이 필요하다.

재도장시에는 다음의 사항을 고려하여 시행하는 것이 바람직하다.

【표 7-13】 강재 도장시 고려사항

◦도장대상면 물청소	현재 도장면에는 공기중의 이물질이 고형화하여 부착되어 있다. 재도장을 위한 표면처리시 이러한 이물질을 제거하지 않으면 블라스팅할 때 이물질이 강재에 부착되어 도장하부 부식의 원인이 되므로 먼저 기존의 도장면을 깨끗이 물청소 한다.
◦가벼운 블라스팅	부식이 심한 부위는 동력공구와 수동공구를 이용하여 부식을 제거하고, 발청부위는 가볍게 블라스팅한다. 화이트 블라스팅은 비용과다 및 환경오염을 가중시킬 우려가 있으므로, 기존의 부식부위를 가볍게 블라스팅하여 기존의 녹을 제거한다.
◦도장보수 작업	도장 대상면의 표면처리 후에 재도장을 실시하며, 시공때와 같이 강재면 위에 도장을 하는 것이 아니라 기존의 도장면 위에 도장작업을 수행하므로, 도장작업시 이러한 특성을 고려하여 선택하도록 한다. 도장작업시 주의해야 할 사항을 아래에 정리하였다.
-도막두께 불량 (Thickness)	얇은 도막은 점녹의 발생원인이 될 수가 있고, 도막이 두꺼우면 내부 용융상태에서 표면이 경화함으로 인해 균열이 발생할 수 있다.
-핀홀 (Pinholes)	기존 도장면의 핀홀 위에 스프레이 도장을 할 경우에는 도장 후 핀홀내부의 공기가 빠져나오면서 구멍이 발생한다(gassing 효과). 따라서, 도장작업시 핀홀이 발생하면 이를 먼저 제거하는 것이 바람직하다.
-건조스프레이 (Dry spray)	건조스프레이는 용제의 빠른 증발로 인하여 페인트 입자가 건조한 상태로 분사되는 것을 말하며, 이러한 현상이 발견되면 즉시 제거한 후 재도장한다.

【표 7-13】 강재 도장시 고려사항(계속)

-불연속	부분적으로 도장이 누락되거나, 오버랩이 되지 않아 도막두께가 얇은 것을 불연속(discontinuities) 또는 휴일(holiday)이라고 한다.
-분화구 (Cratering)	도장 후에 부분적으로 분화구 모양의 구멍이 형성되는 경우가 있는데, 이를 분화구(Cratering) 또는 어안(Fisheyes)라고 한다. 이것은 도장면 또는 페인트 분무공기에 함유되어 있던 기름에 의한 것으로, 이러한 현상이 발생하면 표면을 거칠게 한 후 브러쉬로 재도장한다.
-점토상 균열 (Mud Cracking)	점토상 균열은 두터운 도장면(특히 아연이 많은 도장)에서 발생하며, 두터운 수용성 도장면에서 용제나 수분이 빠르게 증발할 때 발생한다. 따라서, 빠른 건조가 예상되는 곳에서는 고비율 수용성 도장재료의 적용을 가능하면 피하는 것이 바람직하다.
-점녹 (Pin Point Rusting)	점녹은 도막두께가 적절하지 않을 경우 방식효과가 감소함으로써 발생한다. 이러한 결함을 방지하기 위해서는 적절한 함량의 도장재료를 사용하고, 도막두께가 충분해야 한다.

【표 7-14】 전면 재도장시 부식환경에서 사용도료 및 건조도막두께

도장부위		바탕처리정도	도장층별	도료 종류	건조도막두께(㎛)
외부	1안	거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	무기질징크계 에폭시계 우레탄계	55 100 80
	2안	거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	에폭시(알미늄) 에폭시계 우레탄계	100 100 80
내부	1안	거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질징크계 타르에폭시계	55 100
	2안	거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질징크계 에폭시계	55 100
	3안	거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	에폭시계	100 100

【표 7-15】 부분 재도장시 사용도료 및 건조도막두께

기존의 도장 부위		바탕처리정도	도장층별	도료 종류	건조도막두께(㎛)
외부	염화고무계, 알키드 조합페인트	·거의 완전한 블라스트 (Sa 2 1/2) ·동력공구시공 (St 3)	T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 100 50
	우 레 탄 계		T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 80 50
내부	역 청 질 계		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 역청질계	(80) 55
	광명단 페인트, 에 폭 시 계		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱)	(80) 100

【표 7-16】 강재 거더 및 받침장치 발청부 도장보수 공법비교안

공 법	중방식 금속혼합물 (알루늄계)피막	염화고무계도료 (일반중방식)	세라믹계 도료
시공 순서	◦표면처리 ◦1차피막 (하도) ◦2차피막 (중도) ◦3,4차피막 (상도)	◦표면처리 ◦무기질징크 하도 ◦염화고무도료 중, 상도	◦세라믹코팅 바탕 만들기 ◦무기아연말계 ◦무기세라믹계 ◦우레탄세라믹
장 점	◦내열성, 내후성, 방청력, 부착력, 신율 ◦내마모성 ◦강인한 도막, 미관성 ◦내약품성, 내충격성 ◦희생양극방식 기능 ◦내염성, 내구성 ◦Re-Coating이 용이 ◦음용수 기준에도 적합한 친환경적 소재	◦일반적인 시공성 ◦국내적용 실적이 많음. ◦건조가 빠름.	◦내약품성 ◦강인한 도막, 미관성 ◦내구성
단 점	◦일반적 도료에 비해 비교적 고가 ◦작업시 접착제와 금속혼합물이 잘 혼합되도록 전동 믹서기를 이용하여 혼합하여야 함 ◦작업 전 시공교육 필요	◦내약품성이 나쁨. ◦내구성이 짧음 ◦내열성이 나쁨. ◦초기접착력은 우수하나, 접착력 저하(계면탈락) ◦저온시 증점 (점도상승, 유동성 감소) 및 겔화 현상발생	◦공사비 고가 ◦수축팽창에 대한 유연성(신율)부족 ◦다른 재질이므로 층간 분리 현상이 나타날 수 있음.
내구성	20년	3 ~ 4년	10년

라. 아스팔트 팻칭

1) 개요

① 팻칭공법은 포트홀, 단차, 부분적인 균열 등 적은 면적의 손상된 곳을 긴급을 필요로 하는 경우에는 직접 채우는 임시적인 방법이 쓰이고, 그 외의 경우에는 불량 부분을 약간 크게 절취하여 수리하는 방법이 있다.

2) 주의사항

① 사용하는 재료로는 기존 포장과 같은 재료를 사용하는 것이 바람직하나 긴급히 대응하여야 하는 것과 기설 포장과 같은 재료를 얻기 어려울 경우에는 쉽게 구할 수 있는 재료를 사용해도 무방하다.

② 팻칭재료는 일반적으로 가열 아스팔트 혼합물이 사용되며, 긴급을 요할때는 상온 아스팔트 혼합물의 사용도 가능하다.

③ 마무리 면은 주위의 포장표면과 같은 높이가 되도록 시공한다.

3) 시공방법

① 파손부 주위의 불량부분을 브레이커나 콘크리트 커팅기로 장방형이나 수직으로 절취한다.

② 내측과 주위에 있는 먼지와 부스러기를 깨끗이 청소한다.

③ 젖어있는 경우에는 가열 건조시킨다.

④ 택코우트를 실시한다.

⑤ 가열 혼합물을 투입하여 고르게 편다.(가열 혼합식 공법의 경우)

⑥ 상온 혼합물을 투입하여 고르게 편다.(상온 혼합식 공법의 경우)

⑦ 전압기계를 사용하여 다진다. 이때 상온 혼합물이 안정되기 위해서는 수분의 증발, 용제의 휘발이 필요하며, 이들의 작용을 촉진하기 위해서는 혼합물을 포설한 후에 공기에 노출시킨다든지 다짐작업에 충분한 시간을 주도록 하는 것이 좋다.

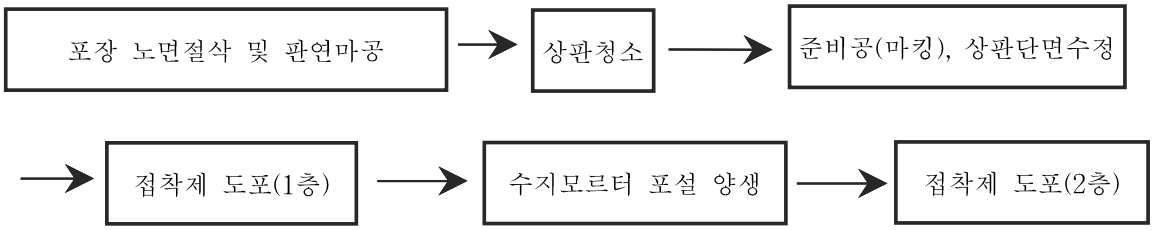
⑧ 표면온도가 손으로 댈 수 있을 정도가 되면 석분이나 가는 모래를 얇게 살포하고 교통을 개방한다.

마. 재포장

바닥판 상면에서 종방향 균열, 포트홀 및 소성변형이 일부구간 조사되었으므로, 향후 손상증대시 교량의 장기적인 내구성 확보를 위해 열화부 치환 및 교면 재포장이 필요하다.

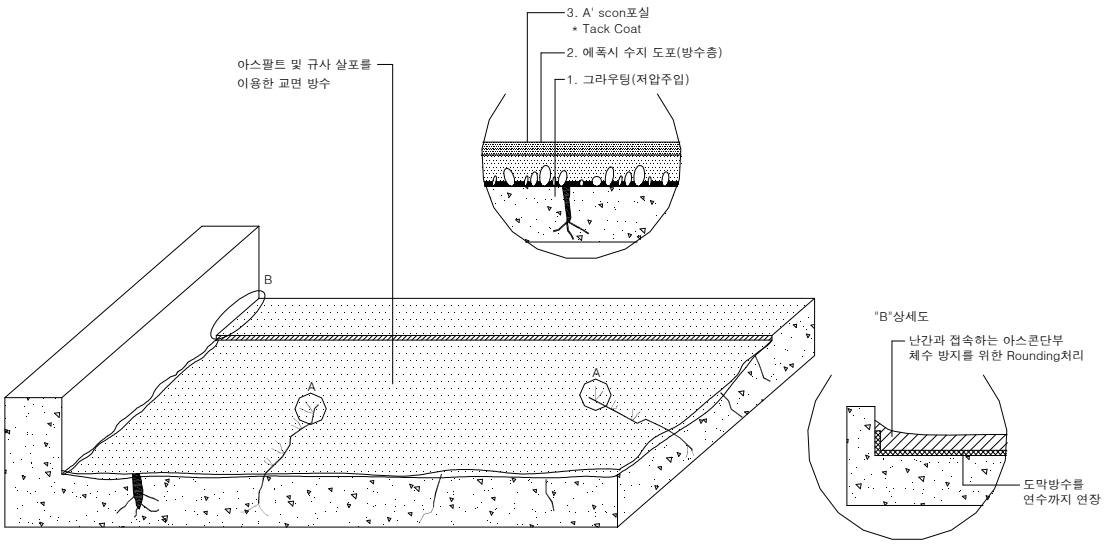
1) 상판 콘크리트 열화 발생부 보수

슬래브 상면의 단면증설공법으로서 증방식 내력 수지 모르터 또는 에폭시 수지 모르타르를 사용하여 열화된 콘크리트 상판의 보강을 실시한 공법이다.



【그림 7-3】 상판열화부 보수 순서

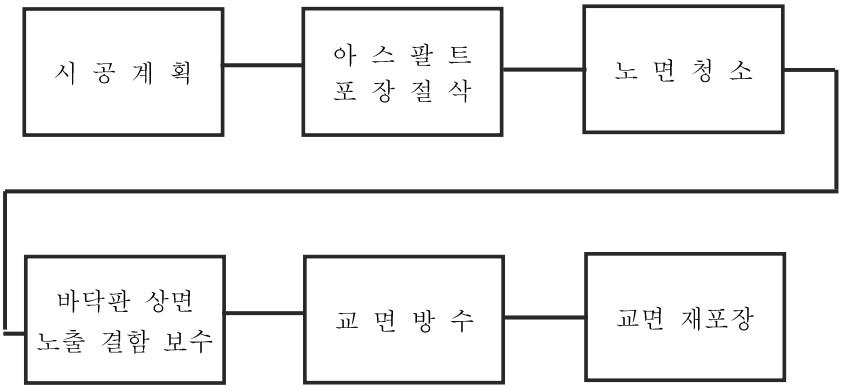
2) 교면방수 및 재포장



【그림 7-4】 상면 교면방수 및 재포장

교면 방수재는 고유의 방수성은 물론이고, 모체의 균열에 대한 유연과 충격을 흡수할 수 있는 탄성, 콘크리트 상판과 교면 포장재와의 접착성이 우수하여야 한다.

교면 방수층의 보수 순서도와 시공도는 다음 그림과 같다.



【그림 7-5】 상면 교면방수 및 재포장 순서

① 시공계획

차로수가 왕복 4차로이므로, 2차로를 통제하고 시공 완료후 2차로씩 차례로 시공한다. 교폭의 1/2씩 시공되므로, 시공 이음부는 주의 시공하여 완전방수가 될 수 있도록 조치한다.

② 기존 교면 포장의 제거 및 표면처리

㉠ 기존 교면 포장 제거

· 포장의 제거작업 시에는 장비의 자중과 진동 등의 충격으로 인하여 내구성이 저하될 우려가 있으므로 대형 절삭장비의 이용은 지양한다.

· 노면 절삭기가 아스콘 포장을 절삭할 때, 바닥판의 열화된 콘크리트까지 절삭되도록 작업을 진행하며, 건전부의 콘크리트가 절삭되지 않도록 주의해서 절삭하고, 절삭하고 남은 포장체는 재절삭 또는 인력으로 기존의 포장이 상판에 잔존하지 않도록 깨끗이 제거한다.

· 노면 접속부 부근의 포장면 절삭시 신축이음장치에 손상이 가지 않도록 포장면을 따라 15cm정도 남기고 절삭 후, 소형 핸드 브레이커에 의한 인력 작업으로 남은 표층을 완전히 제거한다.

㉡ 교면포장 제거 후의 바닥판 콘크리트 단면복구

· 교면포장을 완전히 제거 후 노출된 바닥판 콘크리트 표면의 요철부위 및 부식된 콘크리트면을 면밀히 관찰하여, 나타나는 결함들은 적합한 보수공법으로 보수를 시행한 후 표면에 대해서 면고르기로 평탄성을 확보하고 단면복구를 실시한다.

· 상판에 수분이 존재하면 방수재의 부착불량과 포장 포설시 부풀어 오르는 블리스터링이 발생하여 교면포장의 조기 파손의 원인이 되므로, 상판을 건조시키는 노면 가열히

터 또는, 열풍으로 상판면을 건조시킬수 있는 장비를 미리 준비하여, 상판의 건조를 확실히 시행한다.

· 상판 콘크리트에 대한 적절한 보수와, 면고르기 완료후 방수재 시공 전에 방수재와 상판의 부착이 원활하게 되도록 바닥판 청소를 철저히 시행하여야 하며 특히, 먼지 및 이물질이 깨끗이 제거되도록 상판 건조 후에 성능이 좋은 에어 콤푸레셔와 집진기 등을 사용하여 청소한다.

③ 방수재 선정

방수층은 일반적으로 시트계통 방수재료 또는 용제계통 방수제를 살포 또는 설치하거나, 방수성능을 가진 포장혼합물 등을 포설하여 방수층을 형성시킨다. 방수재는 크게 침투식과 도막식, 침투식과 도막식의 혼용 등이 있으며, 여기서는 침투성방수와 도막재 방수의 장점을 살린 침투식 도막방수와 비교하여 방수재를 제안하였다.

④ 교면방수 시공

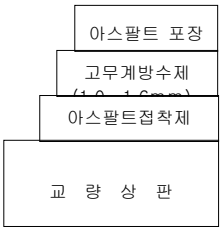
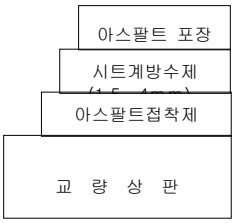
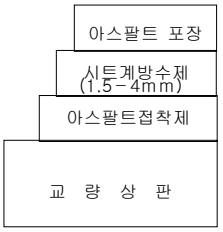
· 교면 방수는 철저히 시공한다.

· 교면의 종·횡구배로 방수제가 한 곳으로 고이지 않고 상판 전부분에 두께가 균일해질 수 있도록 시공에 주의한다.

· 방수제의 시공을 단일층으로 시공하게 되면 두께가 불균일해지는 경우가 많으므로 2~3회 나누어 도포하고, 블리스터링의 발생이 최소화되도록 유의하며, 블리스터링이 발생시에는 구멍을 뚫어 공기를 빼내고 방수제 특성에 맞게 블리스터링 발생 부분을 재시공한다.

· 방수층을 시공한 후 양생 중과 아스콘 포설시에 공사에 필요한 장비와 인원 이외의 출입을 철저히 제한하여야 하며, 방수층과 포장층의 접착을 방해하는 이물질 등의 반입을 최소화하여 오염에 대비하여야 한다.

【표 7-17】 교량상부 교면방수공법 비교

구 분	도막식 방수공법		시트식 방수공법	
	고무아스팔트계 (슈프림데크코트)	합성고무계 (클로로프렌계)	쉬트식 방수공법	자착식 시트방수 (브릿지쉬트)
단면도				
시공사진				
개요	• 기존 아스콘 포장 철거 후 프라이머 도포 후 도막 방수액인 슈프림데크코트를 포설한 후 보호층으로 유리섬유 펠트를 설치하는 방수공법	• 기존 아스콘 포장 철거 후 합성고무(클로로프렌계) 를 톨루엔 등의 용재에 용해한 액체를 교량 슬래브 에 도포하여 방수층을 형성한 후 재포장 하는 방안	• 기존 아스콘 포장 철거 후 부직포 또는 직포에 가열 용해한 고무혼합AP를 함침 피복시킨 시트를 가열하여 교량 슬래브에 접착하는 방안	• 기존 아스콘 포장 철거 후 부직포 또는 직포에 가열 용해한 고무혼합AP를 함침 피복시킨 시트를 자착식으로 슬래브에 접착하는 방안
시공방법	① 아스콘 절삭 ② 면처리 ③ 아스팔트 접착제 도포(1회) ④ 방수재도포(간접가열 용융방식) 및유리섬유펠트 ⑤ 아스팔트 포설 및 전압	① 아스콘 절삭 ② 면처리 ③ 아스팔트 접착제 도포(1회) ④ 방수재도포(2회) ⑤ 아스팔트 포설 및 전압	① 아스콘 절삭 ② 면처리 ③ 아스팔트 접착제 도포(1회) ③ 방수시트접착(토치사용 전면융착) ④ 아스팔트 포설 및 전압	① 아스콘 절삭 ② 면처리 ③ 아스팔트 접착제 도포(1회) ③ 방수시트접착(자착식 시트) ④ 아스팔트 포설 및 전압
두께	2㎜ (1~2시간)	1~1.6㎜ (3~5일)	4㎜ (3~4시간)	2㎜ (1~2시간)
특징	• 방수재 도포로 이음매가 없는 방수층형성 • 접착력이 우수하여 아스팔트 포장층과 일체거동 • 교량의 구배에 의한 방수재의 흘러내림이나 밀림이 현상이 없음 • 아스콘 포장시 택코팅 불필요 • 양생기간이 필요없어 아스콘포장이 바로 가능함	• 내한, 내산, 내열성 우수 • 고무계로 균열에 대한 추종성양호 • 도막의 자연건조에 의한 양생시간(7~10일)시 기포 발생 및 품질저하가 우려됨 • 보수시공시 단시간 작업에 불리	• 연성으로 균열, 진동에 우수 • 방수층의 일정두께 유지가능 • 시트자체 접착성 및 보수성 있음 • 겹침부위 누수우려 • 곡선부나 거친바닥판에서 작업성이 현저히 떨어짐 • 동절기 시트의 경화로 인한 파손 및 박리현상 우려	• 연성으로 균열, 진동에 우수 • 방수층의 일정두께 유지가능 • 겹침부위 누수우려 • 곡선부나 거친바닥판에서 작업성이 현저히 떨어짐 • 아스콘 포설시 바닥판과의 접착력 약화로 밀림현상 우려
시공실적	• 강변북로, 청담대교(강상판), 서해안고속도로, 김포대교보수, 노량대교보수, 홍천국도(춘성대교,이포대교), 의정부국도,보은국도등 다수	• 동호대교, 올림픽대로, 국내시공실적 다수	• 대전~진주간, 청계고가, 성수대교	• 국도 일부구간
공사비	38,000원/㎡	42,000원/㎡	43,000원/㎡	42,000원/㎡

바. 교대 변위제어 대책

외관조사결과 A1, A2측 교대의 흉벽과 바닥판하면 유간부족 및 협착이 조사되었고, 제3장 현장조사 및 시험편에서 기술한 것과 같이 주변부재의 조사결과 교량 주변의 단부 파손 및 박락, 녹발생, A1 신축이음장치 단차 등이 발생되었다.

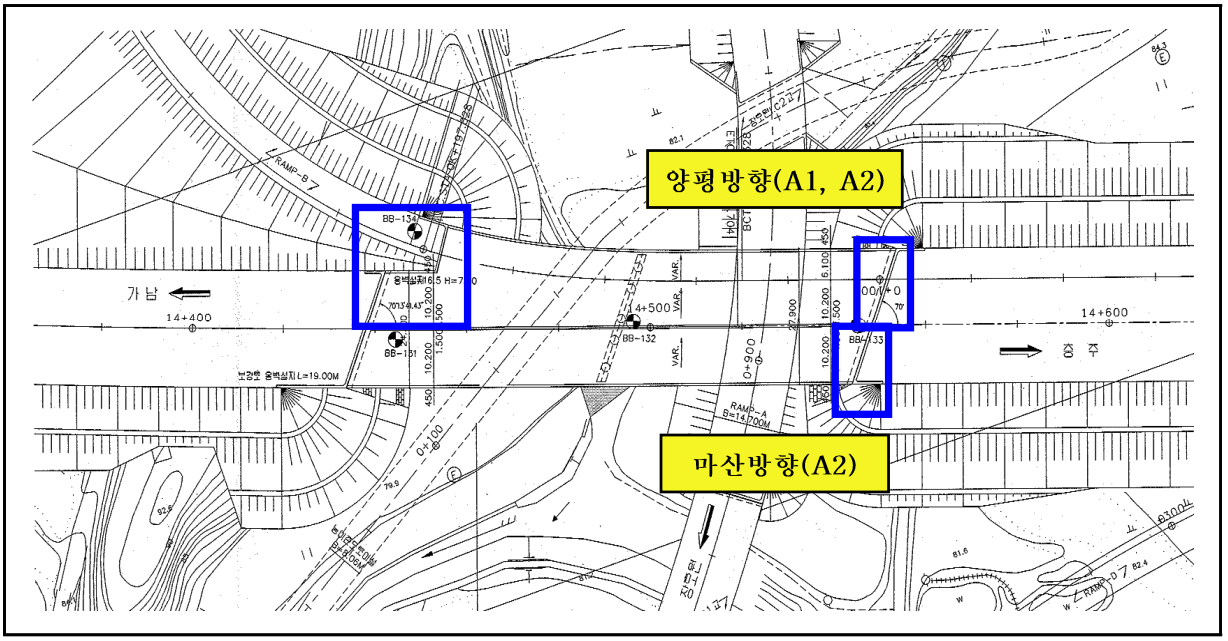
1) 단면보수

바닥판과 흉벽간 유간부족으로 박락 등이 발생된 상태이므로 내구성 확보를 위해 단면보수를 1차적으로 실시하여야 하며 '나. 콘크리트 단면보수' 에 작성하였다.

2) 영구 앵커공법(마산방향 : A2, 양평방향 : A1, A2)

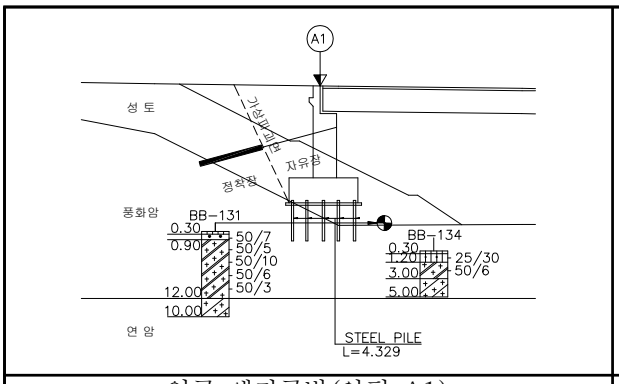
고성토 구간의 교대 이동에 대한 제어대책에는 성토하중 경감을 위한 Box Pipe 매설공법, 경량성토(EPS)공법과 지반개량으로 저항력 증가를 위한 그라우팅, 압성토 교대 영구앵커 설치 등이 있다. 감곡IC교는 고속도로 본선에 위치한 본 교량에서 주변 여건 등을 고려하여 영구앵커 설치가 적용 가능할 것으로 판단된다.

① 교대 현황

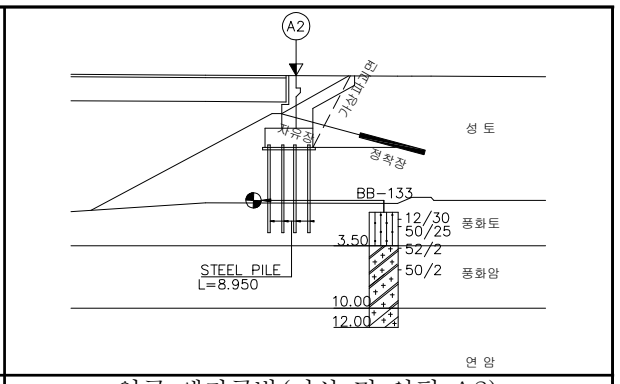


② 개요도

영구 앵커공법은 교대(A2) 전면 일정위치에 영구앵커를 조성하고 인장기를 이용하여 교대를 끌어당기는 방법으로서 추가 변위를 제어하기 위한 공법이다.



영구 앵커공법(양평 A1)



영구 앵커공법(마산 및 양평 A2)

③ 앵커 개소당 정착장 및 자유장 산정

㉠ 정착장 산정

- 최소 정착장 : 3.0m
- 그라우트와 지반 사이의 마찰저항장
  - T (강선 인장력) = 700 kN 적용시
  - FS=2.5(영구), D=100㎜, 주면 마찰저항력(τ) = 0.58㎫(풍화암),0.35㎫(토사층)
  - La = (T × Fs) / (π × D × τ) = 10.0m(풍화암), 16.0m(토사층)
- 정착장은 최소정착장과 마찰저항장 산정길이에서 가장 큰 값을 적용한다.
- 앵커 정착장 : 10.0m(풍화암), 16.0m(토사층) 적용

㉡ 자유장

- 최소 자유장 : 4.0m
- 자유장 : 절취면에서 가상파괴면 까지의 거리 ≒ 8.3m(양평 A1), 4.5m(마산 및 양평A2)
- 여유길이 1.0m 고려
- 자유장은 산정 길이에서 가장 큰 값을 적용한다.
- 앵커 자유장 : 9.0m 적용

㉢ 앵커 총 길이(L = 정착장 + 자유장 + 앵커두부 여유장)

구분	정착장(m)	자유장(m)	여유길이(m)	앵커 총 길이(m)
마산방향 A2	10.0	4.5	1.0	15.5
양평방향 A1	16.0	8.3	1.0	25.3
양평방향 A2	10.0	4.5	1.0	15.5

㉣ 설계 앵커력 검토

추가 변위를 제어하기 위하여 현 상태 유지 수준에 필요한 앵커 보강량을 검토하여야 하며, 교대 배면의 작용하중인 주동토압과 배면활하중 토압을 상쇄할 수 있는 설계 앵커력을 산정한다.

■ 작용하중

구 분		H (kN/m)	팔길이(m)	Moment(kN・m/m)	Moment(kN・m)
마산 A2	주동토압	173.44	2.667	462.564	5978.177
	배면활하중 토압	21.68	4.0	86.72	1120.769
	합 계				7098.946
양평 A1	주동토압	390.24	4	1560.96	20145.75
	배면활하중 토압	32.52	6	195.12	2518.187
	합 계				22663.968
양평 A2	주동토압	173.44	2.667	462.564	7750.722
	배면활하중 토압	21.68	4	86.72	1453.050
	합 계				9203.803

주) 구조계산서 및 정밀안전진단보고서(2012년) 참고함.

■ 앵커력, 개수 및 설치간격

구 분	교대폭 작용 Moment(k・m)	단위앵커력(kN)	앵커개수	설치간격(m)
마산 A2	7098.946	700	12	1.2
양평 A1	22663.968	700	33	2.5
양평 A2	9203.803	700	14	1.2

주) 앵커의 설치간격 및 설치력은 현장의 지반조건을 구체적으로 고려하지 않은 것으로 시공시 면밀히 검토하여 적용하여야 함.

㉤ 시공순서

■ 교대 전면부 구체 천공

■ 교대 전면에 앵커체 삽입용 천공

■ 영구 앵커를 삽입한 후 그라우팅 시공

■ PS 긴장

㉥ 시공시 유의 사항

■ 이 과업의 검토단계에서 가정한 앵커정착 지반의 토질정수는 현장의 토질구성 및 다짐 정도에 따라 차이가 있으므로 앵커작업 전에 시험천공을 통하여 시공 가능성, 정착지반 상태 등의 확인 과정이 필요하다.

■ 천공 방법은 강선 삽입이나 주입 등을 고려해서 공벽 붕괴가 발생하지 않도록 casting 천공으로 실시하되 천공 길이는 Slime 제거를 위하여 0.5m 길게 한다.

■ 천공작업은 토질조건이 불균질한 성토지반임을 고려하여 공압식 천공기를 사용하되, 천공 후 air lift로 충분히 세척하고 신속히 그라우트를 주입해서 공벽에 피막이 형성되지 않도록 한다. 단, 심한 공압 사용은 지반교란을 야기할 수 있으므로 슬라임 배출이 가능한 범위 내에서 조절한다.

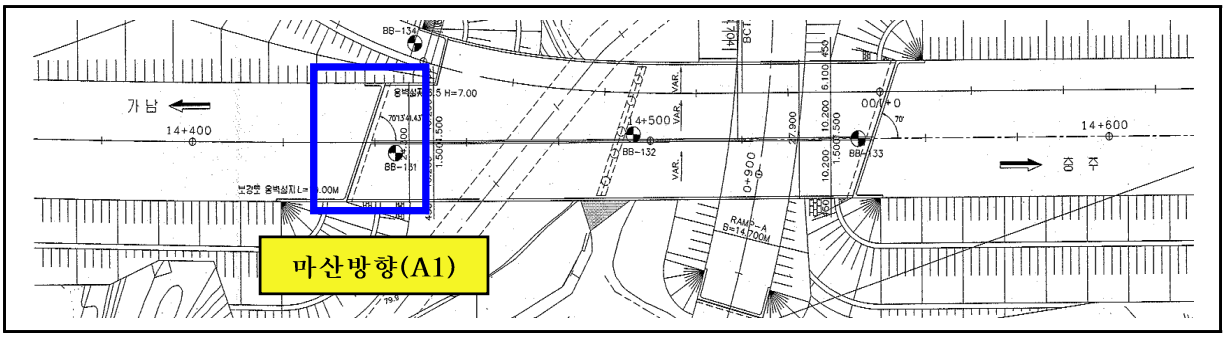
- 천공각도는 현장 여건이 가능한 범위 내에서 최대한 경사지게(설치각도 15° 이상) 함으로써 앵커 정착부가 깊은 지반에 도달하도록 한다.
- 앵커 정착부의 그라우트 주입시에는 앵커체의 부식을 방지하기 위해서 시멘트 그라우트 재료의 강도가 24MPa이상이 되어야 한다.
- 앵커체 형성을 위한 그라우트의 주입은 정착지반이 사력질임을 고려하여 casting 가압 방식으로 하되 주입압력을 시험 시공에 의하여 정한다. 단, 그라우트 유실이 심하게 발생하여 가압주입이 어려운 경우 별도의 대책을 마련하여야 한다.
- 앵커의 시험은 적정성이 판단될 수 있도록 하중반복재하를 통하여 하중과 변위를 측정하여야 하며, 단계별 하중하에서의 Creep가 측정될 수 있는 동적변형을 측정기를 이용한 실시간 데이터 기록 장치를 사용하여야 한다.
- 앵커 두부는 유지관리, 방수 및 재 긴장이 가능할 수 있도록 재 긴장용 정착구와 오일 캡(Oil Cap)을 사용한다.

3) 지반 그라우팅공법

고성토 구간의 교대 이동에 대한 제어대책에는 성토하중 경감을 위한 Box Pipe 매설공법, 경량성토(EPS)공법과 지반개량으로 저항력 증가를 위한 그라우팅, 압성토 교대 영구앵커 설치 등이 있다. 감곡IC교는 고속도로 본선에 위치한 본 교량에서 주변 여건 등을 고려하여 지반 그라우팅 공법이 적용 가능할 것으로 판단된다.

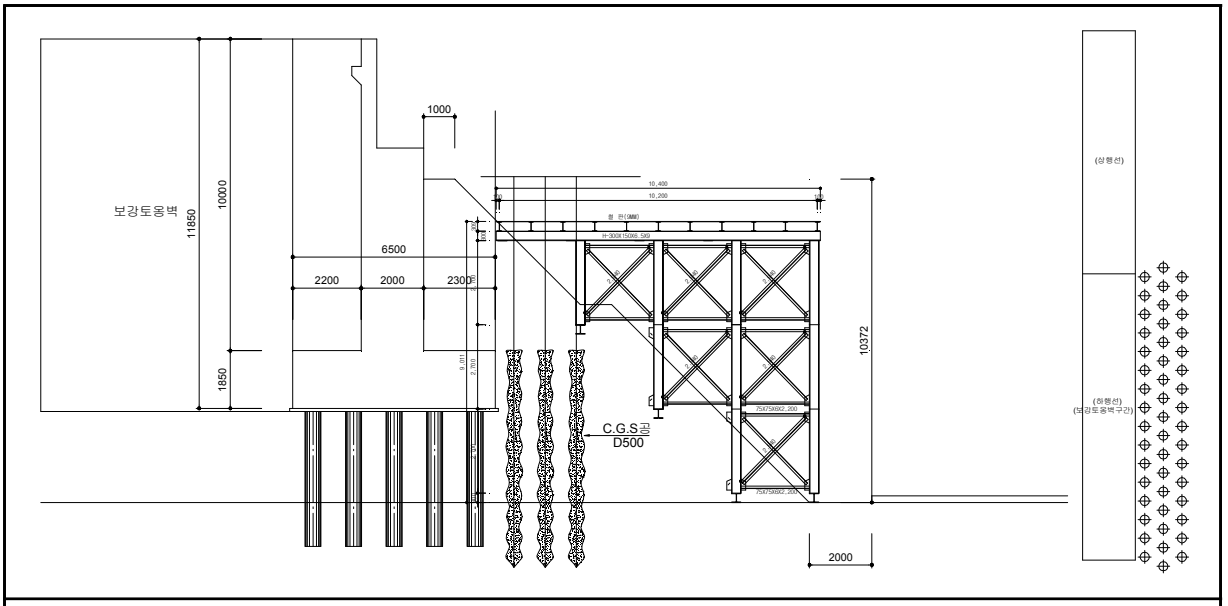
① 교대 현황

감곡IC교(마산) A1의 측면에 보강토 옹벽이 설치되고 배면에 그리드가 형성되어 있어 영구 앵커공법 및 배면 보강공법(EPS, 배면성토개량 그라우팅)의 시공이 불가능하다. 또한, 교대 전면에 부지가 협소하여 압성토 보강도 불가하므로 교대 전면 지반의 고결을 위한 그라우팅 공법을 적용할 수 있다. 단, 시추주상도에서 볼 때 점성이 없는 비소성(N.P) 토질로서 지반 그라우팅 시공시 사질지반에 적용 가능한 공법을 선정하여야 한다.



② 개요도

지반그라우팅공법은 교대(A1) 전면 부지가 협소하고 도로가 있어 작업을 위한 비계설치가 필요하며 개요도는 다음과 같다.



지반 그라우팅공법(마산 A1)

③ 지반보강 그라우팅 특징

천공 후 단관의 주입재를 설치한 상태에서 저 유동성 몰탈형 주입재를 압입하여 지중에 고강도 콘크리트의 조성체를 형성함과 동시에 주입재의 충전으로 구조물 배면 혹은 전면의 지반을 치밀하게 보강하고, 지반의 물성치를 증진시켜, 측압거동에 의한 구조물에 유해한 변위를 최대한 차단하기 위한 공법이다.

④ 지반보강 그라우팅 주입방법

- 약액주입 : 침투 주입(사질토), 할렬 주입(점섬토)
- 분사주입 : 교반 주입(JSP), 치환 주입(RJP, CJP)

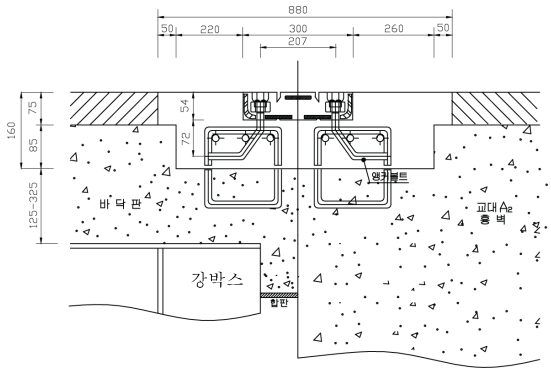
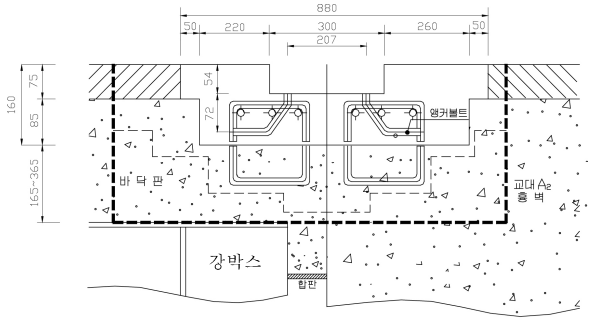
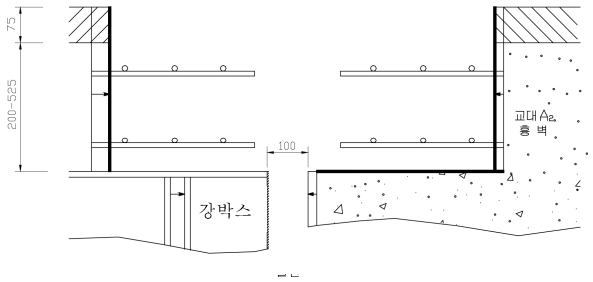
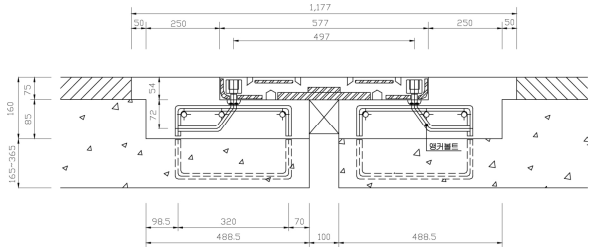
⑤ 시공시 유의 사항

- 시공시 시험시공을 실시하여야 하며, 주변 융기가 발생하지 않도록 주의하여 시공한다.
- 사질토 지반으로 주변으로 용탈(Leaching) 현상이 발생하지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.

4) 신축이음장치 교체 + 바닥판 하면 유간확보

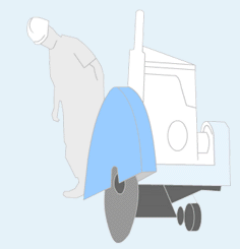
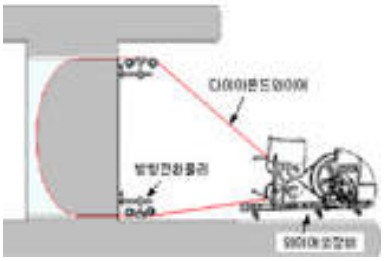
- 금회 감곡IC교의 신축이음장치에 대한 교대 A2 양평방향을 제외한 마산방향(A1, A2), 양평방향(A1)에 대한 신축이음장치는 2012년, 2015년에 교체가 이루어진 상태이다. 따라서 신축이음장치 교체 시기시 바닥판 하면을 절취하여 유간을 확보하여야 한다.

① 시설안전공단 보수보강사례 발췌(제1편 교량시설)

	· 설계시 – 교대시점 : A1(레일조인트, 마산 및 양평) – 교대종점 : A2(레일조인트, 마산 및 양평) – 시· 종점측 TYPE NO.120 신축량(120㎜) · 현재시 : 2012년 12월(A2–마산, A1–양평) 2015년 09월(A1–마산, A1–양평) – 마산방향 : A1(레일조인트→ 강핑거조인트) : A2(레일조인트→ 모노셀조인트) – 양평방향 : A1(레일조인트→ 모노셀조인트)
기존교량(예)	신축이음장치 설치 현황
	· 바닥판하면의 두께는 도면상 380㎜~550㎜. · 신축이음장치에서 바닥판하면 바닥까지의 두께는 160㎜~390㎜로 변화하기 때문에 부재가 두꺼운 부분에 대해서는 그림과 같이 1차적으로 내부 얇은 점선을 따라 계단식으로 콘크리트를 절취할 필요성이 있음.
바닥판하면 끝까지 절취(예)	바닥판하면 두께 현황 및 절취 방법
	· 바닥판 절취시 가능한 바닥판 및 흉벽에서 앵커철근과 연결된 종방향이 손상되지 않도록 주의시공. · 철근의 피복두께는 도면상의 두께를 확보함.
철근 및 앵커 연결(예)	기존 철근 상태 확인 및 피복두께 확보
	· 바닥판 단부와 흉벽간은 100㎜정도의 유간확보 · 앵커볼트와 연결되는 훅 철근은 하부철근의 피복이 40㎜이상 확보
신축이음장치 재설치(예)	재설치 바닥판하면 유간 확보 고려

② 바닥판 하면 절취 비교표

【표 7-18】 유간확보를 위한 바닥판 하면 절취 비교표

구 분	휠쏘절단(Wheel Sawing)	와이어쏘(Diamond Wire Sawing)
개요도		
공 법 개 요	▪다이아몬드 톱날을 휠쏘 또는 로드캇타라 하는 기계에 장착하고 한사람이 밀면서 절단	▪절단대상물에 가이드폴리를 설치한 후 다이아몬드가 박힌 와이어를 구동장치로 회전시킴과 동시에 뒤로 끌어당겨 절단
공 법 특 징	▪별도의 고정장치나 레일이 필요 없어 이동성이 우수 ▪두께 400mm이하의 바닥절단에 주로 사용 ▪절단능률이 우수하고 대규모 바닥절단 가능 ▪구석진 곳이나 밀폐된 곳, 옹벽 등에는 사용불가 ▪진동은 없으나 절단시 소음이 심함 ▪고배근의 철근콘크리트에서는 절단성능 저하	▪와이어 설치가 가능한 협소한 공간에서도 작업가능 ▪인접 구조물이나 잔존구조물에 손상을 주지 않고 깨끗한 절단면 가능 ▪고배근의 철근콘크리트 절단 가능 ▪교량 상부슬래브에서 와이어설치를 위한 홀을 뚫어 슬래브 단부 절단가능 ▪시공이 간편하나 공사비가 다소 고가 ▪장비를 세울 수 있는 공간 필요
적 용 사 진		
공사비	1,000,000원/1식	3,000,000원/1식

5) 보수·보강 우선순위 및 유지관리 방안

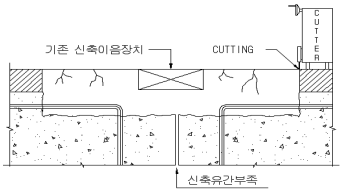
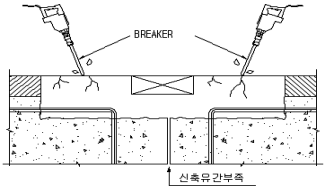
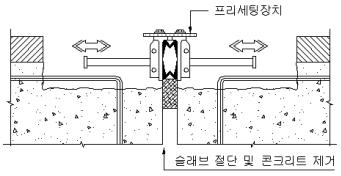
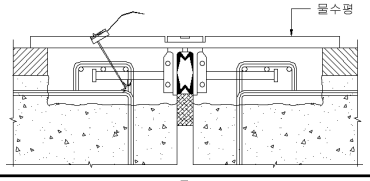
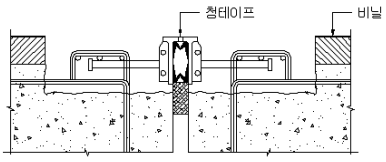
감곡IC교에 대한 바닥판 유간 맞붙음(협착), 신축이음 장치 단차 및 노후화(양평 A2), 교대 이동 제어대책이 필요하다. 교대 이동은 유간이 폐쇄된 현 상태에서 단기간에 진행성 여부를 판단하기 어렵다. 1차적(단기)으로 내구성 확보를 위해 단면보수, 2차적(중기)으로 교대 이동을 완전하게 수렴하도록 영구앵커공법, 3차(장기)으로 신축이음장치 교체 및 바닥판 하면 절취가 병행한 공법으로 적정유간을 확보하여야 한다. 단 교체시기가 된 양평방향 A2의 신축이음장치는 단차 및 노후가 조사되어 3차(장기)를 먼저 시행하고 2차적(중기)를 실시 할 수 있다.

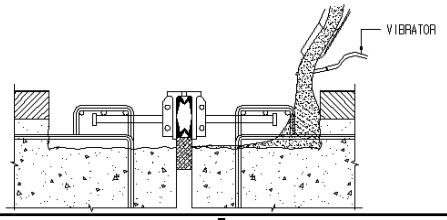
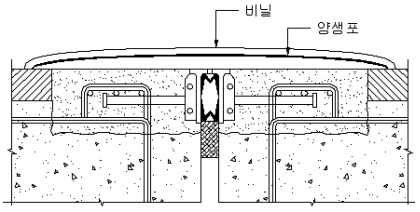
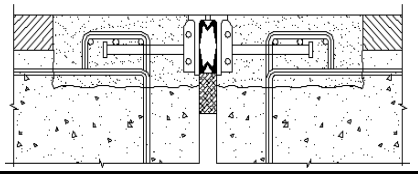
구분	보수·보강안	유의사항
단기	단면보수공법	· 철근노출부 방청처리 실시
단기	영구앵커공법	· 교대변위 제어대책 시행(교대 진행성 여부 관찰)
장기	신축이음장치 및 절취	· 바닥판 절취하여 병행 공으로 적정유간의 확보

사. 신축이음장치 교체

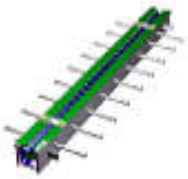
금회 감곡IC교는 양평방향 A2에 대한 노후화 및 단차로 인해 신축이음장치 교체시 바다판 하면 유간이 없는 상태이므로 바닥판 하면을 절취하여 유간을 확보하여야 한다.

【표 7-19】 신축이음장치 시공 순서도

① Cutter를 사용하여 포장면 절단	
② Breaker를 이용하여 기존 신축이음장치 철거 및 단면확보	
③ 슬래브 절단 및 콘크리트 제거 후 제품상부의 프리세팅 장치을 사용하여 프리세팅으로 실시한 후 볼트로 고정	
④ 물수평 레벨링 후 신축이음장치와 기존 철근 결속 및 철근 보강 작업	
⑤ 신축이음장치 윗부분에 콘크리트 유입방지를 위한 청테이프 덮기	

⑥ 초속경 및 초조강 콘크리트 타설	
⑦ 양생포 덮은 후 습윤 양생	
⑧ 설치 완료 후 차량 통행	

【표 7-20】 신축이음장치 비교표

구 분	뉴모노셀 조인트	레일 조인트	강핑거 조인트
개요도			
공 법 특 징	▪상판이 강재로 되어있어 고무계보다는 내구성이 강함 ▪상판의 형상이 S자형으로 횡조인트에 사용 ▪철근 배근이 정밀하지 못함 ▪앵커부 철근 용접이 가접이므로 콘크리트 타설시 철근 용접부 탈락 가능성이 높음 ▪철근 탈락으로 콘크리트 후타부 크랙이 발생 ▪강재와 접착된 고무가 노면으로 노출되어 통과 차륜의 마찰로 인해 고무 분리로 누수가 발생	▪상판이 강재로 되어 있어 고무제의 제품에 비해 수명이 김 ▪신축량이 커서 장대교량에 많이 사용 ▪곡교에 사용이 가능 ▪PSC BEAM교량에 적용이 불가 ▪차량 주행소음이 매우 크며, 진동이 주변 바닥판에 전달되어 주변 콘크리트를 노화시킴 ▪제작기간이 많이 소요 ▪보수공사시 전구간 교통통제로 인해 작업에 어려움	▪상판이 강재로 되어 있어 고무제의 제품에 비해 수명이 김 ▪신축량이 커서 장대교량에 많이 사용 ▪차량 주행소음이 큼 ▪곡선교 및 사교의 경우 별도의 검토를 통해 적용 여부를 판단해야 함 ▪연약지반은 사용 지양 ▪종단경사가 심한 교량은 가동단에서 수평이동으로 인한 핑거간 단차발생을 고려하여 적용가능여부 시공전 검토
신축량	60㎜이하	100㎜이하	100㎜초과 강핑거 적용이 불가한 경우 레일조인트 적용 가능
공사비	587,000 원/m(No.60)	3,287,000 원/m(NO.160)	2,300,000 원/m(No.160)

※신축이음장치 개선 적용방안 (2009.8)

아. 신축이음 유도배수로 설치

1) 개 요

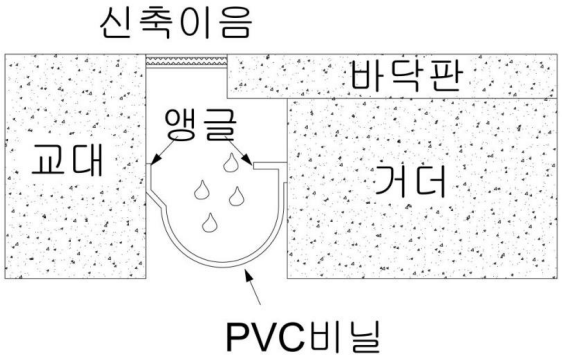
본 교량은 신축이음장치 하부 교대 흉벽 누수흔적이 발생된 구간에 대하여 받침장치 부식 등의 추가손상이 우려되므로, 신축이음 하부에 유도배수로의 설치가 필요하다.

교대와 바닥판하면 또는 가로보 사이 경질염화비닐(PVC)로 양측단부를 연결하여 낙수 및 누수를 차단하는 방안을 제안한다. (한국도로공사 구조물처-1326(2012.6.26.))

2) 신축이음 장치 유도배수로 설치 개요도

마산방향-교대(A2)흉벽 누수흔적

양평방향-교대(A1)흉벽 누수흔적



신축이음 하부누수 (동해방향, A2)

유도배수시설 설치 사례

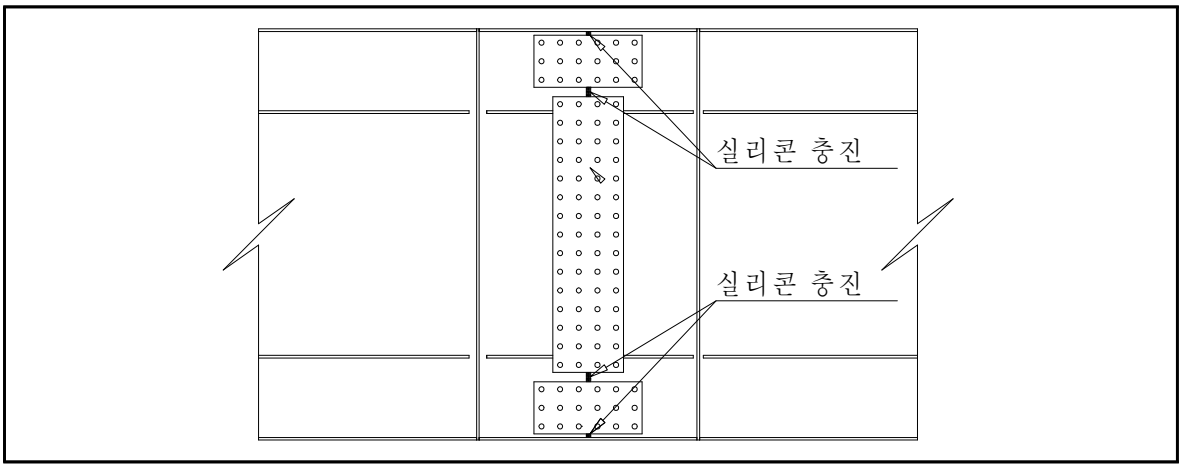
【그림 7-6】 유도배수로 설치 개요도

자. Steel Box Girder 스플라이스 틈새 실런트 주입

1) 개 요

거더 내부에 Scallop 및 Splice 틈으로 우수가 유입하여 하부플랜지에 누수흔적, 강재 및 볼트 부식이 발생한 상태이므로 장기적인 유지관리 및 내구성 확보 차원에서 보수가 필요하다.

2) 보수 개요도



【그림 7-7】 스플라이스 틈새 실런트 주입

7.3 보수·보강 개략공사비

가. 마산방향

【표 7-21】 마산방향 - 보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	•백태	표면처리보수	0.05	0.08	㎡	33	3	3
	•박락	단면복구 1안)	1.64	2.46	㎡	212	522	3
	•녹발생	방청 후 단면복구	0.40	0.60	㎡	241	145	2
Steel Box Girder 내부	•도장박리	재도장	1.06	1.59	㎡	32	52	2
	•부식	녹제거 후 재도장	0.29	0.44	㎡	32	15	2
	•실링누락	실링재 시공	7.00	7.00	EA	4	28	3
	•인분배설	청소	1.00	1.00	EA	13	14	3
격벽	•도장박리	재도장	0.20	0.30	㎡	32	10	2
Steel Box Girder 외부	•도장박리	재도장	0.02	0.03	㎡	32	1	2
	•부식	녹제거 후 재도장	0.28	0.42	㎡	32	14	2
	•오염	재도장	0.72	1.08	㎡	32	35	2
교대	•누수흔적	표면처리보수	4.64	6.96	㎡	33	233	3
	•백태	표면처리보수	0.68	1.02	㎡	33	35	3
	•박리	표면처리보수	1.58	2.37	㎡	33	80	3
교량 받침	•볼트부식	녹제거 후 재도장	1.00	1.00	EA	57	58	2
	•도장박리	재도장	1.00	1.00	EA	57	58	2
	•균열(Cw=0.3㎜이상)	주입보수	0.30	0.45	m	70	32	2
	•파손	방청 후 단면복구	0.20	0.30	㎡	241	73	1

【표 7-21】 마산방향 - 보수 · 보강 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
신축이음	•덮개볼트 탈락	볼트 재체결	0.04	0.04	EA	6	1	3
	•균열(Cw=0.3㎜미만)	표면처리보수	8.20	3.08	m	33	103	3
방호벽	•균열(Cw=0.3㎜미만)	표면처리보수	79.00	29.63	m	33	959	3
	•균열(Cw=0.3㎜이상)	주입보수	54.70	82.05	m	70	5,739	2
	•망상균열 (Cw=0.3㎜미만)	표면처리보수	6.94	10.41	㎡	33	348	3
	•박락	단면복구	0.08	0.12	㎡	212	26	3
	•재료분리	단면복구	0.06	0.09	㎡	212	20	3
	•철근노출	방청 후 단면복구	1.01	1.52	㎡	241	365	2
	•파손	단면복구	0.03	0.05	㎡	212	10	3
	•녹발생	방청 후 단면복구	0.11	0.17	㎡	241	40	2
순공사비 합계(천원)								9,049
제경비(순공사비×50%)								4,525
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위						110
		2순위						9,846
		3순위						3,618
개략공사비(천원)								13,574

※ 손상물량의 할증(50%)은 보수공사 및 재료에 대한 손실과『토목표준품셈 제1장 적용기준 중 "1-16 품의 할증 - 14.기타할증(작업능력 저하가 현저할 때-위험, 소음, 협소)』을 적용하였음.

※ 일부 손상은 보수물량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
(용접부부식 : 폭 0.1m 고려, m→㎡, 볼트부식 : 1EA당 0.1㎡, EA→㎡ 등)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

1) 교대제어 보수보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)
바닥판	•협착 및 파손	영구앵커공법	11	11	공	4000	44000
		신축이음장치 +바닥판하면 절취	22.0	m	m	2300	50600
			2	2	식	1500	3000

주) 지반 보강 그라우팅은 보수보강 공사시 별도 공사비 적용하여 산출함.

나. 양평방향

【표 7-22】 양평방향 - 보수·보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판	•백태	표면처리보수	0.10	0.15	㎡	33	6	3
	•박락	단면복구 1안)	3.19	4.79	㎡	212	1,015	3
	•박락/녹발생	단면복구	0.15	0.23	㎡	241	55	2
	•재료분리	단면복구	0.08	0.12	㎡	212	26	3
Steel Box Girder 내부	•도장박리	재도장	0.01	0.02	㎡	32	1	2
	•부식	녹제거 후 재도장	0.32	0.48	㎡	241	116	2
	•실링누락	실링재 시공	4.00	4.00	EA	4	16	3
	•소변배설	청소	1.00	1.00	EA	13	14	3
격벽	•도장박리	재도장	0.08	0.12	㎡	32	4	2
	•부식	녹제거 후 재도장	0.01	0.02	㎡	32	1	2
Steel Box Girder 외부	•도장박리	재도장	1.01	1.52	㎡	32	49	2
	•부식	녹제거 후 재도장	0.62	0.93	㎡	32	31	2
	•오염	재도장	16.50	24.75	㎡	32	801	2
가로보 및 세로보	•부식	녹제거 후 재도장	0.01	0.02	㎡	32	1	2
교대	•누수흔적	표면처리보수	3.44	5.16	㎡	33	173	3
	•백태	표면처리보수	0.84	1.26	㎡	33	43	3
	•박리	표면처리보수	5.22	7.83	㎡	33	262	3
	•재료분리	단면복구	0.52	0.78	㎡	212	166	3
	•녹발생	방청 후 단면복구	0.47	0.71	㎡	241	170	2
	•파손	단면복구	0.02	0.03	㎡	212	7	3
	•이물질퇴적	청소	2.52	3.78	㎡	13	51	3
	•실링재열화	실링재 시공	0.25	0.38	m	4	2	3

【표 7-22】 양평방향 - 보수 · 보강 개략공사비(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교각	•녹발생	방청 후 단면복구	0.11	0.17	㎡	241	40	2
교량받침	•부식	녹제거 후 재도장	3.22	4.83	㎡	57	276	2
	•도장박리	재도장	0.12	0.18	㎡	57	11	2
	•박락	방청 후 단면복구	0.06	0.09	㎡	241	22	1
신축이음	•균열(Cw=0.3㎜미만)	표면처리보수	6.32	2.37	m/㎡	33	80	3
	•파손	단면복구	4.50	6.75	㎡	212	1,432	3
	•덮개볼트 탈락	볼트 재체결	3.00	3.00	EA	6	18	3
방호벽	•균열(Cw=0.3㎜미만)	표면처리보수	43.70	16.39	m/㎡	33	547	3
	•균열(Cw=0.3㎜이상)	주입보수	78.80	118.20	m	70	8,267	2
	•망상균열(Cw=0.3㎜미만)	표면처리보수	4.06	6.09	㎡	33	204	3
	•철근노출	방청 후 단면복구	0.01	0.02	㎡	241	4	2
	•파손	단면복구	0.24	0.36	㎡	212	77	3
순공사비 합계(천원)								13,988
제경비(순공사비×50%)								6,994
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위						33
		2순위						14,741
		3순위						6,209
개략공사비(천원)								20,982

※ 손상물량의 할증(50%)은 보수공사 및 재료에 대한 손실과『토목표준품셈 제1장 적용기준 중 "1-16 품의 할증 - 14.기타할증(작업능력 저하가 현저할 때-위험, 소음, 협소)』을 적용하였음.

※ 일부 손상은 보수물량 산정시 보수단가 및 방법을 고려하여 단위 및 물량 변경.
(용접부부식 : 폭 0.1m 고려, m→㎡, 볼트부식 : 1EA당 0.1㎡, EA→㎡ 등)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 부대공의 추가 등으로 변동될 수 있음.

1) 교대 제어 보수보강 개략공사비

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)
바닥판	•협착 및 파손	영구앵커공법	47	47	공	4000	188000
		신축이음장치 +바닥판하면 절취	30	m	m	2300	69000
			2	2	식	1500	3000

7.4 유지관리 방안

교량의 유지관리는 교량의 공용수명 동안 교량의 안전성과 기능성을 유지하기 위하여 행하는 행위로써 손상발생의 징후 또는 그 원인을 사전에 발견해 조치를 취하는 예방 유지관리와 손상발생 후 조치를 취하는 사후 유지관리로 나눌 수 있으나 유지관리의 주안점은 구조적 특성이나 손상유형을 고려하여 사전에 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하며 그 원인을 미리 해소하는 예방 활동에 목표를 두어야 한다.

7.4.1 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

감곡IC교(마산, 양평)에 대한 정밀안전진단 결과에 따라 본 절에서는 향후 실시할 점검 및 정밀안전진단시 교량의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여 수행하여야 할 중점 유지관리 항목을 설정하여 제시하였다. 이러한 항목들은 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰함으로, 향후 더 크게 발전할 가능성이 있는 결함부위에 대한 원인을 분석하여 사전에 예방하자는 차원에서 중점적인 유지관리 항목을 다음 표에 제시하였다.

나. 주요 손상별 중점 유지관리 사항

1) 마산방향

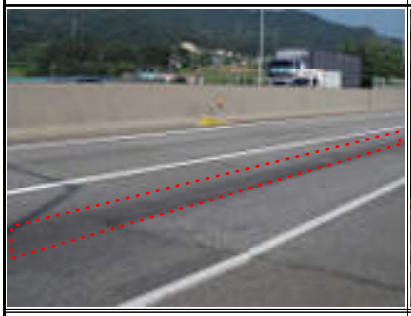
향후 감곡IC교(마산)의 공용년수 증가시 내구성 및 사용성을 저하시킬 수 있는 손상들에 대해서는 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰하는 등 중점유지관리 항목으로 선정하여 구조물의 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 7-23】 마산방향-주요 손상별 중점 유지관리 사항

구 분	NO.	위 치		내 용	상태평가	대 책	비 고
외관조사 중요결함	-	-	-	-	-	-	-
상태평가	①	교량받침	A2	받침콘크리트 파손	c	단면보수	보수 후 관찰
	②	신축이음 바닥판하면	A1, A2	바닥판 협착	d	1안) 단면보수 2안)영구앵커공법	-
	③	교면포장	S1	포장불량(면적율)	c	지속관찰	-
	④	교면포장	S2	포장불량(면적율)	d	지속관찰	-

【표 7-23】 마산방향-주요 손상별 중점 유지관리 사항(계속)

구 분	NO.	위 치		내 용	상태평가	대 책	비 고
상태평가	⑤	방호벽, 중앙분리대	S1~S2	표면열화 (박리, 파손 등)	c	단면보수 등	보수 후 관찰
안전성평가	-	-	-	-	-	-	-
기타	-	-	-	-	-	-	-

① A2 받침콘크리트 파손	② 바닥판 단부협착(A1, A2)	③ S1 교면포장 포장불량(면적율)
		-
④ S2 교면포장 포장불량(면적율)	⑤ 방호벽, 중앙분리대 표면열화	-

2) 양평방향

향후 감곡IC교(양평)의 공용년수 증가시 내구성 및 사용성을 저하시킬 수 있는 손상들에 대해서는 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰하는 등 중점유지관리 항목으로 선정하여 구조물의 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 7-24】 양평방향-주요 손상별 중점 유지관리 사항

구 분	NO.	위 치		내 용	상태평가	대 책	비 고
외관조사 중요결함	-	-	-	-	-	-	-
상태평가	①	교 대	A1	표면열화	c	단면보수 등	보수 후 관찰
	②	바닥판하면	A1, A2	바닥판 협착	d	1안) 단면보수 2안)영구앵커공법	-
	③	방호벽, 중앙분리대	S1~S2	표면열화 (박리, 파손 등)	c	단면보수 등	보수 후 관찰

【표 7-24】 양평방향-주요 손상별 중점 유지관리 사항(계속)

구 분	NO.	위 치		내 용	상태평가	대 책	비 고
안전성평가	-	-	-	-	-	-	-
기타	④	교량받침	A1	여유량 부족	-	지속관찰	-
	⑤	신축이음	A2	단차	-	1안)지속관찰 2안)신축이음장치교체 +바닥판하며 절취	-
	⑥	방호벽	A2	단차	-	지속관찰	H=6.0㎝

① A1 표면열화(면적율)

② 바닥판 단부협착(A1, A2)

③ 방호벽, 중앙분리대 표면열화

④ A1 받침장치 여유량 부족

⑤ 신축이음부 단차

⑥ 방호벽 단차(H=6.0㎝)

다. 부재별 중점유지관리 사항

본 교량에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

【표 7-25】 부재별 유지관리 중점사항

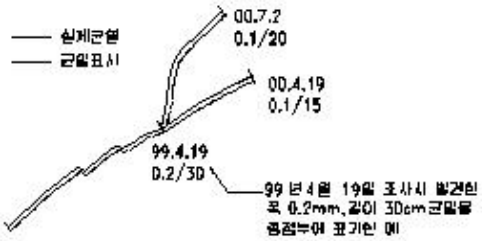
부재구분	중 점 점 검 내 용
교면포장	◦주요점검 대상 · 균열 및 망상균열 포트 홀 발생여부 · 재포장구간의 보수상태 점검 및 신규손상 발생 여부
배수시설	◦주요점검 대상 · 배수관 막힘
방호벽	◦주요점검 대상 · 콘크리트 파손/박락, 철근노출 · 전경간에서 균열이 조사됨 : 손상진전여부
바닥판	◦주요점검 대상 · 0.2mm 미세균열 진전여부 · 균열부 백태 진전여부 · 배수관 주변 백태 진전여부
강박스거더	◦ 쵸킹부의 열화 심화 여부 확인 ◦ 도장박리부 보수 후 재손상 발생 여부 확인 ◦ 언더컷, 피트 등의 손상 주변에 피로 균열, 변형 등의 발생 여부 확인 ◦ 인장응력을 받고 있는 하부플랜지와 보강재 용접부의 피로균열 발생 여부 ◦ 갭 발생 부위 주변 강재 녹발생, 부식, 접합부 녹물자국 등의 손상 발생 여부 확인
교량받침	◦신축이음부 누수여부(받침 도장박리, 부식, 몰탈/콘크리트 열화) ◦받침 몰탈/콘크리트 균열의 발생과 진전여부 ◦가동받침의 이동량 점검
신축이음장치	◦주요점검 대상 · 본체부식의 진전으로 인한 단면손실 발생 여부 · 하부 콘크리트 받침Plate 열화여부 · 후타재 균열 및 파손 등 손상심화에 따른 차량주행의 안전성 저해여부 · 바닥판 유간 확보여부
하부구조	◦교각의 수직균열 · 0.2mm이상 균열 진전여부 · 미세균열 진전여부 · 신축이음 누수로 인한 콘크리트 열화 여부 ◦전단키 설치부 박락 ◦흉벽 백태, 철근노출

7.4.2 유지관리시 점검요령

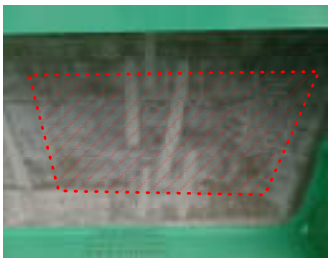
교량의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서, 정밀안전진단 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방하자는 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

가. 바닥판

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 공통</td><td>•박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손
•백태(유리석회), 오염
•재료분리</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 거더교</td><td>•균열(거더사이, 헌치부 종방향 균열)
•망상균열</td></tr>
<tr><td rowspan="2">▷ 슬래브, 라멘교 상부</td><td>· 단부</td><td>•부스러짐
•사인장균열</td></tr>
<tr><td>· 중앙부</td><td>•휨균열</td></tr>
<tr><td>주요부위</td><td colspan="2">
<바닥판 – 마산방향>

<바닥판 – 양평방향></td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="2">○ 점검방법
· 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검
· 슬래브의 중앙부 횡방향 균열과 받침부 사인장균열은 단면부족 등과 같은 구조적 균열의 형태로써 균열폭, 진전사항 등을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시하여 정기적으로 진전여부 관찰
 

(a) 균열표시 예 (b) 균열경 조사 예</td></tr>
</table>

점검요령	· 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 상부에서 하부로, 정모멘트가 발생하는 중앙부 구간은 하부에서 상부 순서로 점검을 진행 · 균열로부터 녹물 유출 여부 조사(철근 부식) · 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재여부를 추정한다. 내부에 결함 존재 시 외관상 건전한 부위에서도 펀칭 전단파괴의 우려가 있다. ※ 점검용 망치 : 내부의 공동이나 층분리 여부를 소리로 판단. 즉 건전한 부분을 두들기면 "핑" 하는 맑 은 소리가 나지만 내부결함이 있는 부분은 "퍽" 하는 소리가 난다. ◦점검시 유의사항 · 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사 · 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 점검 시 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의 · 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식환경을 확인하기 위하여 탄산화시험을 실시
주요손상	 <마산방향-S1 균열(0.2㎜)>  <양평방향-S2 망상균열> <양평방향-S1 박락>
원인	◦ 공용 중 우수가 장기간 동안에 치밀성이 부족한 부위로 침투하여 발생 ◦ 시공초기 건조수축 및 강선 긴장시 응력에 의한 미세균열
중점점검사항	◦ 바닥판 · 균열발생부의 손상진전 여부 · 캔틸레버부측 누수여부(배수구 주변, 신축이음부) · 바닥판(상부플랜지) 하면 콘크리트 열화(파손 및 철근노출 등) 발생여부
점검도구	◦사진기 ◦줄자 ◦균열자 ◦필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) ◦점검용 망치 ◦점검야장 ◦확대경 ◦필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기

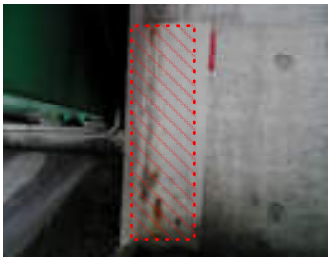
나. 강박스 거더

점 검 부 위	점 검 항 목
▷공통	■ 변형, 균열, 파손 ■ 표면(도장)상태 오염, 부식 ■ 이상처짐 ■ 연결부 볼트 이완, 파손, 이상음
▷받침부	■ 복부판 부식 및 국부좌굴 ■ 박스내부 출입구 개폐 ■ 거더와 받침연결부 부식
▷중앙부	■ 맞대기 용접부 균열 ■ 플랜지 변형 및 처짐 ■ 다이아프램 연결부 균열
▷2차부재	■ 거더와의 연결부 균열
▷보수부위	■ 용접부 및 용접부 주변 균열
주요부위	 <강박스 거더 내부> <강박스 거더 외부>
점검요령	○ 점검방법 · 점검로에서 육안점검 혹은 교량하부에서 육안 또는 망원경으로 점검 · 중앙부 처짐은 점검로에서 하부플랜지 정도로 눈높이를 낮추어 점검하거나 교대 옆 혹은 교량에서 조금 떨어진 거리에서 하부플랜지의 전체적인 선형 점검 · 누수에 취약한 신축이음 하부, 배수구 주변 혹은 외측거더의 도장손상 및 녹발생 개략조사 · 차량통과시 삐걱거리는 소리 등 이상음이 들리면 소음발생 부위를 추정하여 기록 유지 ○ 손상발생시 조치 · 눈에 띌 정도의 처짐이나 충돌에 의한 손상으로 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ○ 점검시 유의사항 · 박스내부 출입구 잠금장치가 망가져 있는 경우 부랑인들이 거주하고 있는 경우가 있으므로 2인 이상이 1조가 되어 내부점검. · 박스내부에 환기부족으로 유해가스가 있을 수 있으므로 환기를 시킨 후 점검하고 인화성 물질을 휴대하지 않도록 하며 특히 흡연은 삼가하여야 함

주요손상	 <마산방향 S1-G1(내부) 부식> <양평방향 S1-G3(내부) 도장박리> <마산방향 S2-G2(외부) 부식>
원인	◦ 시공미흡 및 도장열화 ◦ 시공미흡
중점점검사항	◦ 거더외부 · 도장박리 및 부식부의 추가손상 및 심화여부 · 용접부 및 볼트부식부 손상 심화여부 ◦ 거더내부 · 도장박리 추가손상 및 심화여부 · 현장이음부 갭으로 우수유입 및 우수유입에 의한 강재거더 부식여부
점검도구	•사진기(망원렌즈) •점검용 망치 •줄자(5m자) •손전등(박스내부) •점검야장 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)

다. 교대

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열(시공이음부 횡방향 균열) •박리, 박락, 층분리, 백태(유리석회), 파손, 철근노출 •교대 회전(기울음), 침하(연직이동)
▷ 두부	•두부 물고임 •두부와 흉벽 경계부 균열(후면으로 기울음) •거더와 흉벽 신축유간 부족
▷ 벽체	•균열(수직균열) •벽체와 날개벽 분리(이동)
▷ 날개벽	•날개벽 이동, 전도
주요부위	 <교 대 A1> <교 대 A1>

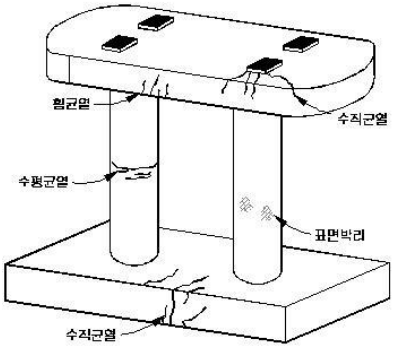
점검요령	○ 점검방법 · 접근 장비에 의해 근접 육안점검 · 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러울 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인(날개벽, 옹벽 포함) · 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부위이므로 탄산화 시험에 의한 탄산화 깊이 확인 ○ 점검시 유의사항 · 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 닫혀 있을 경우 거더 상·하부와 흉벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 전도 여부도 확인 · 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 흉벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 함 · 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검 · 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1㎜ 이상이면 교대기초의 부등침하도 의심하여야 함	
주요손상	 <교대(A1) 구체 균열(0.1㎜)>  <교대(A1) 흉벽 망상균열(0.1㎜)> <교대(A2) 흉벽 백태> <교대(A2) 구체 파손>	
원인	◦ 시공초기 건조수축 및 온도변화 ◦ 지반의 장기안정화 과정에서의 계단부에 국한된 침하	
중점점검사항	◦ 교대의 수직균열 · 수직균열의 진전여부 ◦ 점검계단의 침하진전 여부	
점검도구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치	•점검추 – 기울음 측정 •탄산화 시험기 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

라. 교각

점 검 부 위	점 검 항 목
▷공통	•균열, 박리, 철근노출, 파손 •침하
▷두부	•두부 물고임 •받침 하부 균열 및 파손(박리, 박락)
▷구체	•수직균열 •이동 또는 기울음
▷수면접촉부	•수중구간의 경우 침식

주요부위	 <마산방향-교각(P1)>	 <양평방향-교각(P3)>

점검요령



○ 점검방법
· 접근장비 및 점검로에서 점검
· 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인

○ 손상발생시 조치
· 교각두부 받침하부에 폭 0.3㎜이상 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고 및 대책수립

○ 점검시 유의사항
· 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검 시 참고해야 할 항목임

주요손상	 <양평방향-교각(P1) 교각부 균열>	 <양평방향-교각(P1) 코핑부 녹발생>
원인	◦ 시공초기 건조수축 및 수화열 등 ◦ 외부충격 등	
중점점검사항	◦ 교각의 수직균열 및 수평균열 · 균열의 진전여부 및 보수부 재균열 여부 ◦ 단면손상(철근노출, 박리, 파손)의 진전여부 ◦ 보수부 재손상 발생여부	
점검도구	•사진기 •균열자 •줄자(5m자) •점검용 망치	•점검추 - 기울음 측정 •탄산화 시험기 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

마. 교량받침

점 검 부 위		점 검 항 목
▷본체	· 공통	•부식(오물퇴적), 변형 •균열, 파손(균열발생으로 파손진행) •가동받침의 유간부족 및 가동 장애요소 •받침과 거더의 밀착상태(분리) •앵커볼트 파손(절단) •가동방향 오류, 편기설치
	· 강재받침	•가동면 부식 •부속물 파손
	· 고무받침	•고무재 부풀음 및 갈라짐 •고무판의 과도한 변형
▷받침대		•균열, 파손(하부공동) •부분 침하
▷이동제한장치		•용접부 균열 •파손

주요부위	 <받침장치 (양방향)> <받침장치(고정단)> <받침장치(일방향)>
점검요령	○ 점검방법 · 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검 · 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인 가능함 · 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 헝겊으로 잘 닦고 유성펜으로 상부받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있음 · 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 부반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태 점검 · 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 가동장애요소 점검 · 수직보강재와 받침이 10cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부 확인 · 받침하부에 공동이 의심되면 긴드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인 · 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인분석
점검요령	○ 손상발생시 조치 · 받침하부 교각 두부에 0.3㎜ 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고, 안전성 검토 및 대책 수립 필요 ○ 점검시 유의사항 · 받침점검을 위한 교각 점검통로 이동시 항상 2인1조로 하여 신호유도를 실시하여 안전사고에 유의가 필요함
중점점검사항	◦ 받침주요손상 점검 · 신축이음 누수 및 받침부식 · 몰탈 균열 및 파손, 받침콘크리트 균열 및 파손 등 · 연단거리 확보여부 ◦ 가동받침의 이동량 점검 · $\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l$ 여기서, Δl : 이동량(mm), α : 선팽창계수(강거더교:1.2×10^{-5}) ΔT : 온도 이동량(콘크리트교, 보통지방 −10~+40℃ l : 신축 주형길이(m)
점검도구	•사진기 •줄자 •균열자 •온도계 •유성펜(매직) 및 청소용 걸레 •점검용 망치 •드라이버(driver) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검야장

바. 신축이음장치

<table>
<tr><th colspan="2">점 검 부 위</th><th>점 검 항 목</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">▷ 본체</td><td>· 공통</td><td>•누수, 오염(배수시설 누락, 유간의 오물퇴적)
•유간(부족 및 과다)
•이상진동(충격음)
•본체 유동 및 파손(충격음, 흔들림)</td></tr>
<tr><td>· 고무재</td><td>•고무판 마모, 강판노출 및 부식</td></tr>
<tr><td>· 강재</td><td>•방수재(씰링재) 파손 – 노면수 유입</td></tr>
<tr><td colspan="2">▷ 후타재</td><td>•균열, 파손(패임 및 요철)</td></tr>
<tr><td>주요부위</td><td colspan="3">
<마산방향–신축이음장치 A1>

<양평방향–신축이음장치 A1></td></tr>
<tr><td>점검요령</td><td colspan="3">○ 점검방법
· 보도에서 점검
· 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생 여부 점검
· 고무재의 마모, 파손, 충진 씰링재 노출로 차량운행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브상태 점검
· 방호울타리부 신축이음의 방수기능 점검
· 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인 점검

○ 손상발생시 조치
· 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립

○ 점검시 유의사항
· 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검수행
· 신축유간 점검시 차량에 유의</td></tr>
<tr><td>주요손상</td><td colspan="3">
<마산방향–A2 후타재 균열>

<양평방향–A2 후타재 파손></td></tr>
</table>

원인	◦ 시공당시의 건조수축, 차량의 반복하중 및 충격 등 ◦ 주행차량의 충격 등
중점점검사항	◦ 주요점검 대상구간 · Rail Joint : A1, A2 ◦ 본체 · 방수기능저하로 인한 누수 · 신축이음 표면마모, 부식 · 유간부족 및 과다, 파손, 단차, 볼트탈락으로 인한 충격음 발생 및 본체 유동 · 유간부족 및 과다로 인한 본체 및 기타부재 파손 ◦ 후타재 · 구조물 경계부 포장침하로 인한 단차 · 콘크리트 품질불량, 열화에 의한 균열, 파손
점검도구	•사진기 •드라이버(driver) – 유간오물 확인 •줄자 •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검용 망치 •점검야장

사. 교면포장

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 공통	•균열, 요철, 단차, 포트홀, 소성변형
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부	•단차, 침하
▷ 배수구 주변	•물고임, 이물질 퇴적
주요부위	 <마산방향–교면포장> <양평방향–교면포장>
점검요령	◦점검방법 · 방호벽측 갓길에서 도보점검 · 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상 점검 · 신축이음 전후 및 경계부의 단차 점검 · 교면위 물고임 및 포트홀 점검(가급적 비온 직후 점검) · 포장의 노후화에 따른 종방향균열의 진전여부, 망상균열의 진전여부 ◦손상발생시 조치 · 손상이 확연한 부분은 위치, 규모에 대하여 기록 후 사진 촬영 · 포트홀의 직경이 20cm이상 혹은 종방향 단차가 30㎜이상 발생하여 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립 ◦점검시 유의사항 · 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검

주요손상	 <양평방향-교면포장 균열> <양평방향-교면포장 망상균열> <마산방향-교면포장 소성변형>
원인	◦공용기간의 경과에 의한 노후화 ◦중차량 통행 등
중점점검사항	◦ 교면포장 · 균열 및 마모발생 여부 확인 · 포트홀 및 포장파손 진전여부 · 접속부 단차로 인한 2차손상여부
점검도구	•사진기 •줄자(5m) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) 및 점검야장

아. 배수시설

점 검 부 위	점 검 항 목
▷ 배수관	•파손(연결 고정부 탈락) •배수관 길이 부족(거더에 물 떨어짐) •유출구 위치 부적절 (도로상이나 구조물 위에 위치)
주요부위	 <배수구> <배수관>

점검요령	○ 점검방법 · 배수관 ① 갓길 측에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근장비를 이용 ② 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검 ③ 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검 ④ 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지 점검 ⑤ 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검 ○ 손상발생시 조치 · 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거 ○ 점검시 유의사항 · 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 차량운행에 주의 · 접근장비 사용시 차량운행 및 안전에 유의
점검도구	•사진기 •줄자 •드라이버(driver) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •점검용 망치 •점검야장

자. 방호벽

점 검 부 위		점 검 항 목
▷ 난간, 방음벽	· 강재, 알루미늄	•변형 •파손
▷ 보도		•신축이음 접촉부 부스러짐(파손) •표면 부스러짐(동결융해)
▷ 연석	· 철근콘크리트	•박리, 박락, 부스러짐, 파손
주요부위	 <방호벽>	 <중앙분리대>

점검요령	○ 점검방법 · 교량 한쪽에서 눈을 난간높이 정도로 낮추어 난간의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검 · 안전난간 및 방음벽의 경우 안전난간 및 방음벽의 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인 · 연속 받침부 연석 및 자갈막이는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 폭 0.3㎜ 이상)을 점검 ○ 손상발생시 조치 · 난간의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록 유지 · 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 고려 ○ 점검시 유의사항 · 난간의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 추락 위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락 방지시설 등의 응급조치 필요
점검도구	•사진기 •줄자 •솔(브러쉬) •필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) •강재 부식부위 등 상세확인 •점검야장

7.4.3 붕괴유발부재 현황 및 관리요령

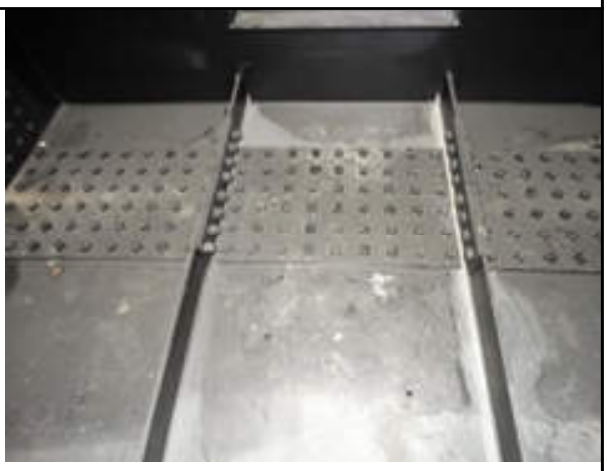
1) 강박스

점검부위		점검항목
받침부	외부	‣ 복부판 부식 및 국부좌굴 ‣ 거더와 받침연결부 부식
	내부	‣ 박스내부 충입구 개폐 ‣ 거더와 받침연결부 부식 ‣ 박스내부 바닥 물고임 및 부식
중앙부	외부	‣ 맞대기 용접부 균열 ‣ 플랜지 변형 및 처짐 ‣ 스플라이스 볼트 탈락
	내부	‣ 맞대기 용접부 균열 ‣ 플랜지 및 리브 변형 및 처짐 ‣ 스플라이스 볼트 탈락 ‣ 수평·수직보강재 용접 끝부분 균열 ‣ 곡선교 다이아프램부와 리브, 보강재, 복부판과의 용접부 균열

< 박스외부 >

< 박스 내부 >

< 중앙부 : 스플라이스(Splice) 볼트연결부 >



< 중앙부 : 보강재 >

2) 받침부

점검요령	① 신축이음 하면의 복부판 부식에 의한 단면감소 및 이로 인한 복부판의 좌굴(면외변형) 여부 확인 ② 복부판 좌굴은 일반적으로 보강재에 휨변형이 먼저 발생하게 되며, 또한 교량받침의 편기에 의해서도 발생함 ③ 받침부 복부판 변형정도는 거더높이 보다 약간 작은 막대기(알루미늄 샷시) 등을 하부플랜지 위에서 복부판에 수직으로 밀착시킨후 막대기와 복부판의 떨어진 거리를 측정

3) 중앙부

점검요령	① 중앙부 거더의 처짐은 전체적으로 차량방호울타리이나 거더의 선형이 급격하게 변화된 부분이 있는지 확인하며 특히 처짐의 과다발생 여부에 대해 점검 · 거더 부분의 처짐은 차량방호울타리의 선형을 변화시킬 수 있으며 또한 기초의 침하나 이동의 원인일 수도 있기 때문에 먼저 교량 상면에서 차량방호울타리의 전체선형을 확인하고, 교대 옹벽부나 교각위에서는 낮은 자세로 거더를 따라 바라보면서 거더의 변형 및 처짐, 교각의 기울음 등의 손상이 있는지 확인 ② 덧댐판 용접부 끝부분이나 맞대기 용접부, 단면급변부 및 날카롭게 각이 진 부분은 응력집중으로 균열 발생 확률 높음 ③ 스캘럽(Scallop), 좁은 틈 사이 등 육안으로 점검이 어려운 부분은 점검용 거울 사용 ④ 스플라이스(Splice)부 볼트체결 점검은 우선 육안으로 부재의 틈과 연결부를 따라서 노후화 및 활동의 흔적이 있는지 확인하고 육안으로 판단이 어려운 부분은 망치로 타격하는 방법을 사용. 망치사용 방법은 좌측 검지를 너트에 대고 우측 손에 망치를 들고 너트를 두드려 진동이 발생하면 덜 조여진 상태로 판단

※ 피로강도등급(응력범주) 적용기준 예

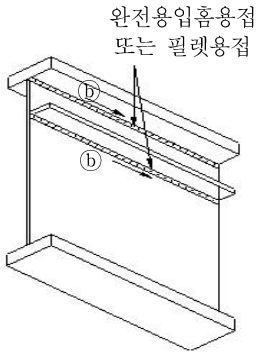
반복응력을 받는 부재와 용접부는 재료의 극한응력보다 아주 낮은 응력을 받는 경우에도 균열이 발생하기 쉬우며 이러한 균열을 “피로균열”이라 하며, 피로균열이 발생하기 쉬운 정도는 반복되는 활하중 응력의 크기, 용접형태 등에 따라 다르다. 도로교표준시방서는 피로균열이 발생하기 쉬운 정도에 따라 구조상세범주를 A~F(B', E')의 8가지로 구분하고 있다. 즉 상세범주에서 A보다는 C가 C보다는 E인 경우가 피로균열이 발생하기 쉬운 구조이며 특히 D~E'까지의 범주에 해당하는 부분은 허용피로응력이 상대적으로 낮으므로 점검시 주의를 기울여야 한다.

허용피로 응력범위는 응력의 방향, 용접상세부의 형태에 따라 다르지만 일반적으로 피로균열은 용접의 상태가 조잡하거나 부재가 많이 첨가되어 있는 부위일수록 발생하기 쉬우므로 관통용접부, 복부의 보강재가 많이 부착된 부분 등을 피로취약부로 취급하여 상세한 점검을 실시하는 것이 바람직하다.

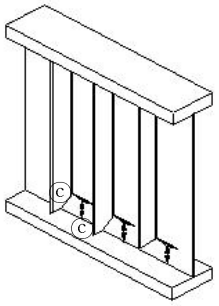
● 허용 피로응력 범위(단재하경로 구조물, 200만회 이상)

상 세 범 주	A	B	B'	C	D	E	E'	F
허용응력범위, * σsr(kg/㎜^{2})	16.8	11.2	7.7	7.7	3.5	1.6	0.9	4.2

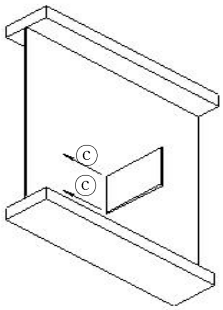
* 응력범위는 최대응력과 최소응력의 대수차를 의미함



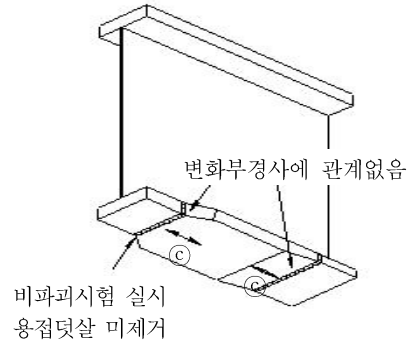
복부판과 수평보강재의 필렛용접부(응력범주 : B)



수직보강재의 용접단부(응력범주 : C)



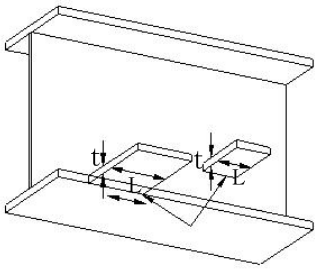
복부판에 부착된 수직거셋판의 용접단부(응력범주: C)



맞대기 이음부, 용접덧살을 제거하지 않은 경우(응력범주: C)

– 필렛용접, 홈용접된 부착물

※ 변화부반경, R을 갖는 경우는 이음길이와 관계없이 R에 의해 응력범주가 결정됨



필렛용접 또는 홈용접

응력방향 용접길이 L(cm)	부착물두께 t(cm)	응력범주
L≤5	–	C
5<L≤10 (단, 12t 이하)	–	D
L>12t 또는 L> 10	t<2.5	E
	t≥2.5	E'