제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요
3.2 외관조사 결과(부산방향)
3.3 외관조사 결과(춘천방향)
3.4 콘크리트 내구성조사
3.5 강재 내구성조사
3.6 현장조사 결과요약

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

남조천교(부산, 춘천)는 설계하중 DB-24(DL-24)의 고속국도 교량으로서, 2001년 12월에 준공되어 약 15년 정도 공용 중에 있으며, 충북 제천시 대강면 당동리(중앙선, 이정 247.55㎞)에 위치하고 있는 방향별 편도 2차로 교량이다.

본 교량은 총폭 12.20m, 총연장 380.0m [STB : 1@40 + 6@50 + 1@40]이며, 상부구조는 8경간의 STB형으로써, 교각의 형식은 벽식이고 기초는 직접기초로 이루어져 있으며, 교대의 형식은 역T형이고 기초는 직접기초로 시공되어 있다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

현장조사 방법은 상부구조는 교량상부 2차선(주행선)과 길어깨(갓길)를 차단 후 교량점검차를 사용하여 점검을 실시하였고, 하부구조는 고소작업차를 이용하여 구조물에 최대한 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였으며, 고소작업차의 진입이 불가한 구간은 고성능 망원캠(사진촬영, 동영상촬영 가능)을 이용하여 외관조사를 실시하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고, 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

【표 3-1】 부재별 조사항목

구 분		조 사 항 목	비 고
상부 구조	바닥판	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 • 누수, 백태, 표면오염	
	강재 거더	• 균열, 파손, 변형 • 연결부 부식, 이완, 이상음, 볼트 파손 • 표면상태 오염, 부식, 가로보 연결불량 • 강박스 거더 내부로의 우수 유입	
하부 구조	교대	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 누수, 백태, 박락, 파손, 재료분리 • 교대의 이동 및 회전 유무 • 거더 또는 바닥판과 협착 유무	
	교각	• 콘크리트 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 재료분리	
	기초	• 세굴, 침하, 파손, 침식	
교면포장		• 균열, 요철, 단차, 포트홀, 물고임(체수)	
배수시설		• 파손, 배수관 길이 부족, 배수관 주변 및 연결부 누수, 배수구 위치불량	
연석 및 난간		• 균열, 철근부식, 철근노출, 박락, 파손, 백태	
교량 받침	강재 받침	• 균열, 부식, 변형, 파손	
	고무 받침	• 부풀음 및 갈라짐 • 고무판의 과도한 변형	
	기타	• 유간 부족, 편기, 수평불량, 가동불량, 교량받침 설치오류, 앵커볼트 파손	
신축이음		• 본체의 파손, 부식, 누수, 이상음 및 진동, 유간 부족 • 후타재의 균열, 파손, 단차 • 후타재와 포장면 사이 이격	

금회 정밀안전진단용역 수행 중 남조천교(부산, 춘천)의 현장조사 및 시험 일정 및 내용은 다음과 같다.

【표 3-2】 현장조사 기간

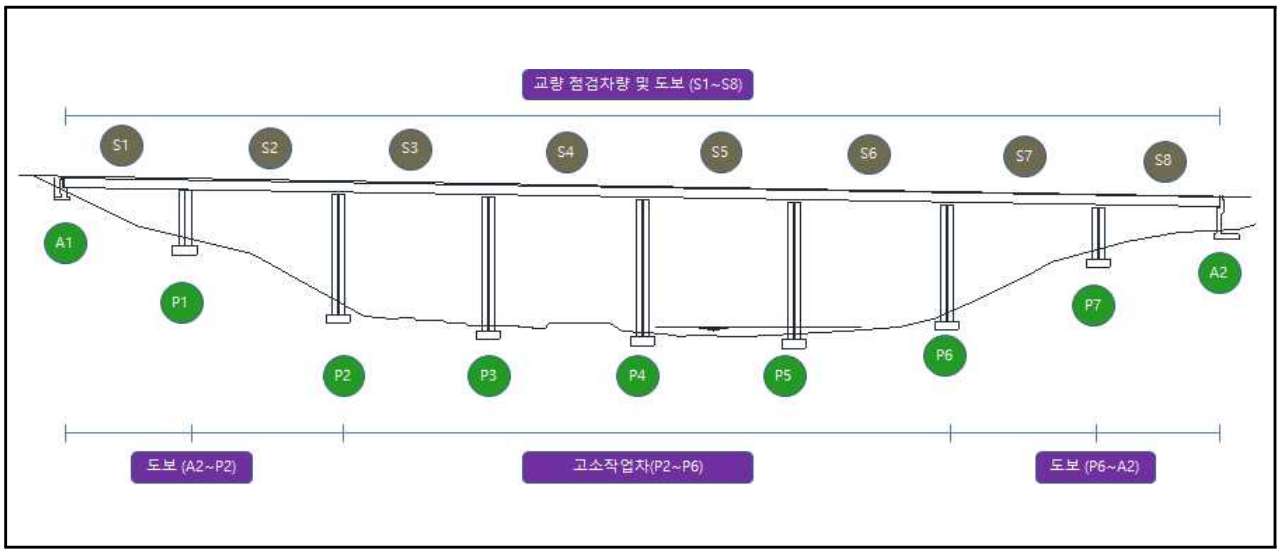
구 분	일 시	조사내용	수행자
사전답사	2016.06.20 ~ 06.24	현장답사, 구조물 현황조사	박정용 외 14명
1차 현장조사	2016.07.12 ~ 09.28	외관조사, 비파괴시험	
2차 현장조사	2016.11.10 ~ 11.14	추가조사 (이동량 2차 측정, 균열 진행성 확인 등)	

【표 3-3】 남조천교(부산, 춘천)의 일반현황, 하부 주변현황 및 접근장비

일반현황				주변현황 (교차시설물 등)	조사방법
시설물명	형식	연장 (m)	경간구성		
남조천교 (부산, 춘천)	STB	380.0	1@40+6@50 +1@40	지방도 927호선	교량점검차, 고소작업차

구분	수행방법	구분	수행방법
S1	교량점검차+도보	A1	도보+사다리
S2	교량점검차	P1	도보+사다리
S3	교량점검차	P2	고소작업차+도보
S4	교량점검차	P3	고소작업차+도보
S5	교량점검차	P4	고소작업차+도보
S6	교량점검차	P5	고소작업차+도보
S7	교량점검차	P6	고소작업차+도보
S8	교량점검차+도보	P7	도보+사다리
-	-	A2	도보+사다리

남조천교의 하부현황은 소하천과 지방도 927호선이 횡단하고 있으며, 접근이 용이한 부재의 외관조사는 도보로 실시하였고, Steel Box Girder 외부, 외측 바닥판 하면, 기둥 등 접근이 난이한 부재는 교량점검차, 고소작업차, 사다리 등을 이용하여 실시하였다.



【그림 3-1】 구간별 근접장비 활용방법

점검로를 이용한 받침장치 외관조사(부산방향) 통풍 안전모 특허 제10-0816556호	점검로를 이용한 받침장치 외관조사(춘천방향)
교량점검차를 이용한 외관조사(부산방향)	교량점검차를 이용한 외관조사(춘천방향)
고소작업차를 이용한 외관조사(부산방향)	고소작업차를 이용한 외관조사(춘천방향)

【그림 3-2】 남조천교(부산, 춘천) 조사 전경

3.2 외관조사(부산방향)

3.2.1 상부구조

가. 바닥판

- 남조천교(부산)은 총 8경간(40.0m+6@50.0m+40.0m=380.0m)으로 구성되어 있으며, 상부구조는 강박스 거더(Steel Box Girder)로 시공되어있으며, 남조천교(부산)의 바닥판하면의 경우 내측부는 데크 플레이트가 시공되어 있다.
- 외관조사는 교량 점검차량 및 고소작업차를 이용하여 근접조사를 실시하였으며, 공용중 발생할 수 있는 손상(균열 및 백태, 누수 등)을 중점적으로 조사하였다.

바닥판하면 내측부

바닥판하면 외측부

【그림 3-3】 남조천교(부산) 바닥판하면 전경

1) 외관조사 결과

- 금회 진단 시 바닥판하면 손상으로는 데크 플레이트 부식, 균열, 부식, 박락, 백태, 열화, 볼트천공불량 등의 손상이 발생하였다.
- 균열은 바닥판하면이 아닌 외측면에 발생하였으며, 콘크리트가 타설되는 표면적이 큰 바닥판의 습윤 감소로 인한 콘크리트 체적변화에 따른 건조수축, 수화열에 의한 시공초기 균열로 판단된다. 발생한 균열의 내구성 확보를 위해 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대하여 주입보수를 실시하고, 균열폭 0.3㎜미만의 균열은 표면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 전 구간 바닥판 측면에 손상규모가 작은 백태가 발생하였으며, 이는 콘크리트 표면에 발생한 미세균열부에 외부 우수유입으로 인해 발생된 것으로 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.

- 바닥판하면 종방향 조인트 구간은 전체적으로 백태가 발생하였다. 이는 춘천방향과 접하는 중앙분리대 하면측으로 우기 시 우수유입으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 현장조사 시 확인결과, 종방향으로 물끊기공(ㄱ앵글)이 설치되어 있어 박리 및 박락과 같은 단면손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 지속적인 점검으로 통해 물끊기공 손상, 추가손상 발생여부 확인이 필요할 것으로 판단된다.
- 내측 바닥판하면은 데크 플레이트로 시공되어 있으며, 전반적으로 변형없이 양호한 상태이나, 일부 데크 플레이트 부식과 볼트천공불량 등이 조사되었다. 데크 플레이트 부식은 장기공용으로 인해 발생된 것으로 단면감소는 없는 것으로 확인되었다. 또한 볼트천공불량은 가로보 및 세로보 시공 시 누락된 것으로 판단된다. 발생한 부식, 볼트천공불량은 보수를 실시하기 보다는 추가적인 손상발생 여부를 지속적으로 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.

【표 3-4】 부산방향 - 바닥판하면 외관조사 결과

구분	균열				열화 및 손상			
	균열 Cw=0.3㎜미만(m)		균열 Cw=0.3㎜이상(m)		데크플레이트부식(㎡)		박락(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	-	-	1.65	11	0.50	2
S2	0.60	2	-	-	0.22	2	-	-
S3	2.70	3	1.20	1	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	0.40	1	0.50	1	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	0.61	4	-	-
합계	3.30	5	1.60	2	2.98	18	0.50	2

【표 3-4】 부산방향 - 바닥판하면 외관조사 결과(계속)

구분	열화 및 손상					
	균열 및 백태(m)		백태(㎡)		열화(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-
S3	0.80	1	0.72	3	0.48	2
S4	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	0.15	1	-	-
합계	0.80	1	0.87	4	0.48	2

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S2-G2 데크 플레이트 부식</td><td>현 황</td><td>◦S3 바닥판 측면 균열(0.3㎜/0.8m)</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦장기공용 증가</td><td>원 인</td><td>◦건조수축 및 온도변화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦주의관찰</td><td>대 책</td><td>◦주입보수</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S3 바닥판 하면 콘크리트열화</td><td>현 황</td><td>◦S6 바닥판 측면 균열(0.3㎜/0.4m)</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦외부우수 유입</td><td>원 인</td><td>◦건조수축 및 온도변화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦단면보수</td><td>대 책</td><td>◦주입보수</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S6 바닥판 하면 백태</td><td rowspan="3">현 황</td><td rowspan="3">◦S6 데크플레이트 상태양호
(지속적인 점검을 통해 주의관찰)</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦종조인트부에 우수유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦표면보수</td></tr>
</table>

현 황	◦S3 바닥판 하면 콘크리트열화	현 황	◦S6 바닥판 측면 균열(0.3㎜/0.4m)
원 인	◦외부우수 유입	원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦단면보수	대 책	◦주입보수
현 황	◦S6 바닥판 하면 백태	현 황	◦S6 데크플레이트 상태양호 (지속적인 점검을 통해 주의관찰)
원 인	◦종조인트부에 우수유입		
대 책	◦주의관찰		

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기존 진단결과 조사된 손상은 균열, 부식, 박락, 백태, 열화, 볼트천공불량 등으로 조사되었다. 금회 진단에 따른 손상은 전반적으로 동일하나, 일부 장기공용 및 외부 우수유입 등에 의해 바닥판측면에 백태손상이 증가하였다.

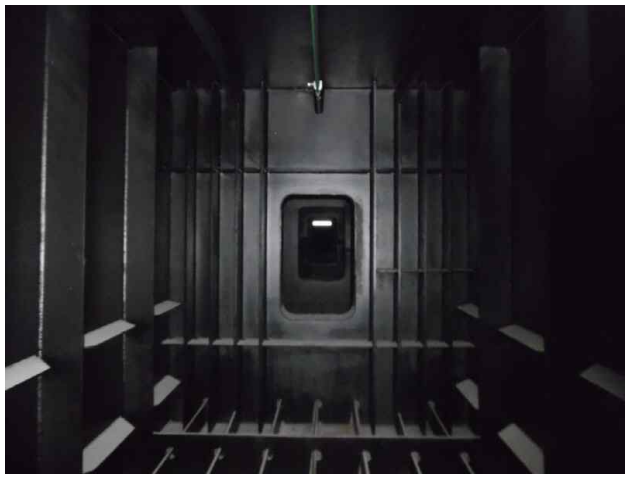
4) 검토의견

- 바닥판하면 조사결과, 바닥판 측면의 백태가 신규로 조사되었으며, 미세균열 발생 후 외부 우수의 영향으로 백태가 발생한 것으로 판단되며, 표면보수를 실시하여 콘크리트 열화를 방지하여야 할 것으로 판단된다.
- 그 외 손상들은 대부분 기존의 손상들로 데크 플레이트 부식, 볼트천공불량은 주기적인

유지관찰을 통한 손상의 진전여부 확인이 필요할 것으로 판단된다.

나. Steel Box Girder 내부

- 바닥판으로부터 전달되는 하중을 지지하고 교량받침을 통하여 하부구조로 하중을 전달해 주는 역할을 하는 거더는 휨과 전단 및 비틀림에 대한 저항력이 큰 Steel Box Girder 형식으로 시공되었다.
- Steel Box Girder 내부에 대해서는 헤드랜턴 및 서치랜턴 등을 이용하여 도보로 외관조사를 실시하였다. Steel Box Girder 조사 시 주요 용접 결함 조사, 리브 변형, 체수현상, 볼트 부식 등을 중점적으로 조사하였다.



Steel Box Girder 내부 전경

【그림 3-4】 남조천교(부산) 거더 내부 전경

1) 외관조사 결과

- Steel Box Girder 내부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 도장박리, 부식, 볼트 녹발생, 이물질퇴적, 실링재 미처리 등의 손상이 조사되었다.
- 거더 내부(S1)에 발생한 볼트녹발생과 S8 하부플랜지에 발생한 부식은 도장 전처리 불량과 Splice, 하단부와 신축이음부를 통한 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 재도장이 적절할 것으로 판단된다.
- 발생한 Splice 실링재 미처리로 인해 외부에서 우수가 유입되어 도장박리, 강재부식 등을 발생시킬 수 있으므로 실링처리가 필요한 것으로 판단된다.
- 이물질퇴적은 장기공용으로 인한 발생한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 범위가 다소 작으며, 지속적인 주의관찰이 필요하다.

【표 3-5】 부산방향 - Steel Box Girder 내부 외관조사 결과

구분	열화 및 손상							
	도장박리(㎡)		부식(㎡)		우수유입흔적	실링재미처리	이물질퇴적(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	개소	개소	물량	개소
S1	-	-	-	-	1	12	4.80	1
S2	-	-	-	-	-	16	-	-
S3	-	-	-	-	1	-	0.25	1
S4	-	-	-	-	2	16	-	-
S5	-	-	-	-	-	16	-	-
S6	-	-	-	-	1	16	-	-
S7	0.01	1	-	-	1	16	1.04	1
S8	-	-	0.24	1	1	12	-	-
합계	0.01	1	0.24	1	7	104	6.09	3

① 손상별 원인분석

현 황	◦S1-G1 SP-1 이물질퇴적
원 인	◦장기공용
대 책	◦주의관찰

현 황	◦S4-G2 SP17 실링재 미처리
원 인	◦시공불량
대 책	◦실링재 설치

현 황	◦S7-G2 도장박리	현 황	◦S8-G1 강재부식
원 인	◦도장전 바탕처리 미흡	원 인	◦Splice측으로 우수유입
대 책	◦재도장	대 책	◦녹제거 후 재도장
현 황	◦S8-G1 통풍구 상태양호 (지속적인 유지관찰)	현 황	◦S8-G2 SP27 실링재 미처리
		원 인	◦시공불량
		대 책	◦실링재 재설치

2) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단결과 조사된 손상은 도장박리/부식, 볼트부식 등으로 조사되었으며, 금회 진단에 따른 손상은 실링재 미처리를 제외하고 대체적으로 동일한 것으로 확인되었다.

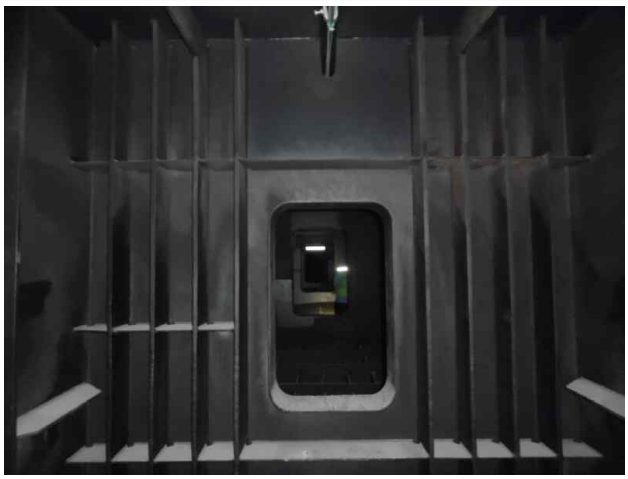
3) 검토의견

- Steel Box Girder 내부에 발생한 도장박리 및 박락, 강재부식은 추가적인 손상이 발생하지 않도록 적절한 보수를 통하여 향후 유지관리 해야 할 것으로 판단된다.
- 거더 내부에 발생한 강재부식은 손상정도가 경미하나, 부식의 진전을 방지하기 위한 녹제거 후 재도장을 실시하여야 할 것으로 판단된다.
- Splice 실링재 미처리로 인한 외부 우수유입으로 인해 강재의 부식을 발생 시킬 수

있으므로 실링처리가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

다. Steel Box Girder 내부 격벽

- 격벽은 Steel Box 단면이 뒤틀림에 의한 응력을 억제하기 위해 설치한 구조물로서 Steel Box Girder 내부와 동일한 방법으로 근접하여 외관조사를 실시하였다.



Steel Box Girder 내부 격벽 전경

【그림 3-5】 남조천교(부산) 거더 내부 격벽 전경

1) 외관조사 결과

- Steel Box Girder 내부의 격벽은 특이 손상이 없이 전체적으로 손상없이 양호한 것으로 조사되었으나, 강재부식 2개소가 조사되었다.
- 발생한 강재부식은 장기공용 및 외부 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 녹제거 후 재도장이 적절할 것으로 판단된다.

【표 3-6】 부산방향 - Steel Box Girder 격벽 외관조사 결과

구분	표면열화 부식(㎡)	
	물량	개소
S1	0.01	1
S2		
S3		
S4		
S5		
S6		
S7	0.03	1
S8		
합계	0.04	2

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="3">현 황</td><td rowspan="3">◦S6-G1 D11 격벽 상태양호</td><td>현 황</td><td>◦S7-G2 D10 강재부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦장기공용에 따른 노후화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦녹제거 후 재도장</td></tr>
</table>

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

- 기 점검결과 조사된 손상은 강재부식 등으로 조사되었으며, 금회 진단 시 조사된 손상은 대체적으로 동일한 것으로 확인되었다.

4) 검토의견

- Steel Box Girder 내부 격벽은 구조적 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 발생한 강재부식에 대한 녹제거 후 재도장 등이 적절하게 이루어진다면 교량의 목표 수명까지 이상이 없을 것으로 판단된다.

라. Steel Box Girder 외부

- Steel Box Girder 외부에 대해서는 교량점검차 및 도보를 이용하여 근접 조사하였으며, Steel Box Girder 조사 시 주요 Splice부 볼트부식, 부식, 도장박리 등을 중점적으로 조사하였다.

Steel Box Girder 외부 전경

【그림 3-6】 남조천교(부산) 거더 외부 전경

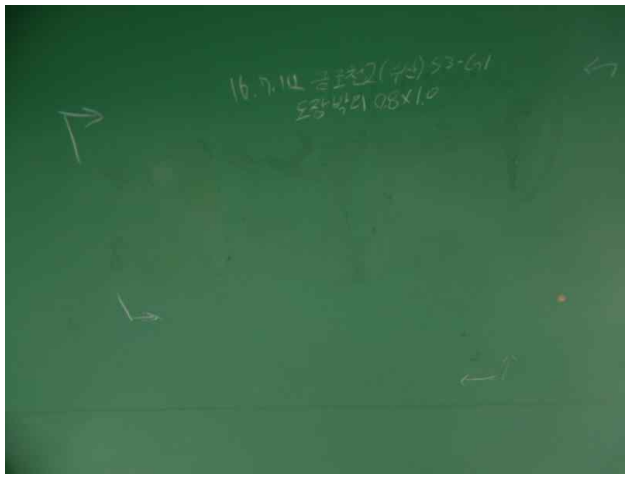
1) 외관조사 결과

- Steel Box Girder 외부에 대한 외관조사결과, 구조적인 손상은 없으나 리브변형, 도장박리, 부식, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.
- 발생한 리브변형은 공용 중 발생한 손상이 아니며, 거더 제작 및 거치 시 발생한 시공불량으로 판단되며, 추가적인 손상발생 여부를 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.
- 거더 외부에 발생한 도장박리, 강재부식은 공용기간 증가로 인해 교량의 노후화 및 외부 영향에 의한 열화, 도장전 바탕처리 불량 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 녹제거 후 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 3-7】 부산방향 - Steel Box Girder 외부 외관조사 결과

구분	모재손상		열화 및 손상			
	변형(m)		도장박리(㎡)		부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	0.20	1	-	-	1.53	2
S2	-	-	-	-	0.86	10
S3	0.50	2	1.23	4	6.60	2
S4	-	-	0.25	1	0.46	4
S5	-	-	1.20	2	1.05	2
S6	-	-	0.09	1	4.58	2
S7	-	-	-	-	0.88	2
S8	-	-	-	-	0.60	6
합계	0.70	3	2.77	8	16.56	30

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td colspan="2">  </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦S3-G1 거더외부 도장박리</td><td>현 황</td><td>◦S5-G2 거더외부 부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦시공미흡 및 장기공용에 따른 노후화</td><td>원 인</td><td>◦외부 우수유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦재도장</td><td>대 책</td><td>◦녹제거 후 재도장</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td rowspan="3">현 황</td><td rowspan="3">◦S6-G1 SP22 상태양호
(지속적인 주의관찰)</td><td>현 황</td><td>◦S7-G1 거더외부 부식</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦외부 우수유입</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦녹제거 후 재도장</td></tr>
</table>

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

- 기 진단결과 조사된 손상은 리브변형, 도장박리 및 부식 등으로 조사되었으며, 금회 진단 시 조사된 손상 역시 대체로 동일한 것으로 나타났다.

4) 검토의견

- Steel Box Girder 외부는 구조적 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 경미한 도장박리, 강재부식 등이 발생하였다. 녹제거 후 재도장 등 적절한 보수를 통하여 향후 유지관리 해야 할 것으로 판단된다.

마. 강 가로보 및 세로보

- 공용 기간 중 거더의 횡변형(좌굴)을 방지해 주며 상부에 작용하는 하중을 횡분배 시켜주는 역할을 하는 가로보 및 세로보는 강재로 시공되어 있다.

강 가로보 및 세로보 전경

【그림 3-7】 남조천교(부산) 강 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

- 강 가로보 및 세로보에 대한 외관조사결과, 특이 손상이 없는 대체적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 기 점검결과와의 비교 · 분석

- 기 진단결과 가로보 외관 조사결과는 도장손상이나 부식, 각종 변형 및 균열, 이상음 발생 등의 손상이 없는 대체적 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 금회 진단 시 역시 양호한 상태로 조사되었다.

3) 검토의견

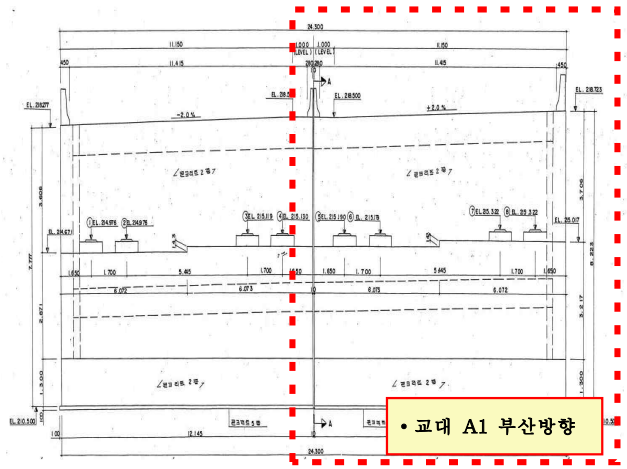
- 금회 가로보 및 세로보의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 향후 주기적인 점검을 통한 구조물의 유지관리를 실시한다면 교량의 목표수명까지 이상이 없을 것으로 판단된다.

3.2.2 하부구조

가. 교대

- 교대는 교량 상부구조 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다.
- 남조천교(부산)의 교대형식은 역T형식이고, 직접기초 형식으로 시공되어 있으며 금회 현장 조사 시 교대의 외관상태 및 법면사면(압성토)를 중점적으로 조사하였다.

교대(A1) 전경



교대(A1) 일반도

【그림 3-8】 남조천교(부산) 교대 전경 및 일반도

1) 외관조사 결과

- 교대 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열, 박리 및 박락, 체수 등의 손상이 조사되었다.
- 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(박리 및 박락)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다.
- 발생한 체수는 흉벽측으로 설치되어 있는 수직 배수관 불량으로 인해 우기 시 발생한 것으로 판단되며, 추가적인 손상이 발생하지 않도록 배수관 재설치가 필요하다.
- 교대 전면부 압성토는 대체로 양호한 상태이나, 우기 시 침식 및 침하 등이 발생할 우려가 있는 것으로 보호 블록공 설치가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3-8】 부산방향 - 교대 외관조사 결과

구분	균열				열화 및 손상							
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		박리(㎡)		박락(㎡)		체수(㎡)		강판부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.90	1	-	-	0.06	1	-	-	1.96	2	0.50	1
A2	0.50	1	1.10	2	-	-	0.02	2	-	-	0.46	2
합계	1.40	2	1.10	2	0.06	1	0.02	2	1.96	2	0.96	3

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A1 상단부 체수
원 인	◦배수관 설치불량
대 책	◦배수관 재설치

현 황	◦A1 흉벽 균열(0.3㎜/0.8m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦주입보수

현 황	◦A2 전면 균열(0.1㎜/0.5,)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면보수

현 황	◦A2 흉벽측 수직배수관 길이부족
원 인	◦시공불량
대 책	◦배수관 재설치

현 황	◦교대 A1 압성토 돌, 자갈 등 노출 ◦일부 토사침식 발생
원 인	◦우기 시 우수유입으로 인해 발생
대 책	◦토사유출, 침식 및 침하 방지를 위해 보호 블록공 설치

3) 기 진단결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과, 균열, 박리 및 박락 등이 조사되었으며, 금회 진단에 따른 손상은 체수를 제외하고 대체적으로 동일한 것으로 확인되었다.
- 교대 A1 압성토는 기 진단 시 결과보다 다소 토사유출, 골재 및 자갈 노출 등이 추가적으로 발생된 것으로 조사되었다.

4) 검토의견

- 교대 검토결과, 균열 cw=0.3㎜이상은 내구성확보를 위해 주입보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 교대 A1 압성토는 기 진단 시 보다 다소 토사유출, 골재 미치 자갈 노출 등이 추가적으로 발생하였으며, 2차적인 손상이 발생하지 않도록 지속적인 점검과 보호 블록공 설치가 필요할 것으로 판단된다.

나. 교각

- 상부구조를 지지하는 구조물인 교각형식은 벽식 교각이고, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있다. 남조천교(부산)은 8경간 교량으로 교각이 7개소로 유지관리를 용이하게 하기 위한 출입사다리 및 점검통로가 시공되어 있어 도보점검 및 고소점검차를 이용하여 조사하였다.

교각(P4) 전경	교각(P6) 전경

【그림 3-9】 남조천교(부산) 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열 및 망상균열, 박리 및 박락, 재료분리, 철근노출, 표면오염, 앵커볼트 미제거 등의 손상이 조사되었다.
- 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(박리 및 박락, 재료분리)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다.
- 일부 기둥부에 철근노출이 발생하였으며, 이는 시공초기 콘크리트 타설 시 피복두께 부족으로 인해 발생된 손상으로 철근부식 등으로 인해 추가적인 손상이 발생하지 않도록 방청을 동반한 단면보수가 필요하다.
- 발생한 표면오염은 교각측으로 설치되어 있는 수직 배수관 연결 이음부에서 누수로 인해 발생한 것으로 확인되었으며, 이로 인해 콘크리트열화, 단면결함 등의 손상은 발생하지 않아 지속적으로 주위관찰이 필요한 것으로 판단된다.

【표 3-9】 부산방향 - 교각 외관조사 결과

구분	균열						열화 및 손상			
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)		박리(㎡)		박락(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
P1	3.30	7	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	38.60	27	12.30	5	6.00	1	-	-	0.06	3
P3	46.70	29	4.70	3	10.20	4	1.57	4	-	-
P4	23.60	17	1.20	1	75.00	1	1.69	2	2.00	1
P5	3.00	8	-	-	54.95	3	1.00	1	-	-
P6	4.60	8	-	-	6.00	1	1.52	6	-	-
P7	1.20	3	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	121.00	99	18.20	9	152.15	10	5.78	13	2.06	4

【표 3-9】 부산방향 - 교각 외관조사 결과(계속)

구분	열화 및 손상						
	재료분리(㎡)		철근노출(㎡)		표면오염(㎡)		앵커볼트 미제거
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소
P1	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	1.60	1	35.00	1	-
P3	2.85	4	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	-	1
P5	-	-	-	-	52.50	1	-
P6	-	-	-	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	10.50	1	-
합계	2.85	4	1.60	1	98.00	3	1

2) 손상별 원인분석

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td>◦P4 교각 상단부 균열(0.2㎜/0.8m)</td><td>현 황</td><td>◦P6 교각 균열(0.1~0.2㎜)</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td>◦건조수축 및 온도변화</td><td>원 인</td><td>◦건조수축 및 온도변화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>◦표면보수</td><td>대 책</td><td>◦표면보수</td></tr>
<tr><td colspan="4"> </td></tr>
<tr><td>현 황</td><td colspan="3">◦P4 교각 상단부 균열(0.2㎜/0.8m)</td></tr>
<tr><td>원 인</td><td colspan="3">◦건조수축 및 온도변화</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td colspan="3">◦표면보수</td></tr>
</table>

3) 기 점검결과와의 비교· 분석

- 기 진단 결과, 균열 및 망상균열, 재료분리, 표면오염 등이 발생하였으나, 금회 진단 시 확인결과 공용년수의 증가와 반복적인 동결융해로 인해 박리 및 박락 등이 추가 조사되었다.

4) 검토의견

- 교각에 발생한 단면결함과 철근노출은 내구성확보를 위해 단면보수, 방청을 동반한 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.

→ 교각에 발생한 철근노출은 구조물의 주철근이 아닌 부속철근으로 조사되었으며, 구조적 안전성에는 이상이 없을 것으로 판단된다. 방청을 동반한 단면보수를 실시하여 철근부식 진전 및 단면파손 등의 미연에 방지하여 구조물의 내구성을 확보해야 할 것이다.

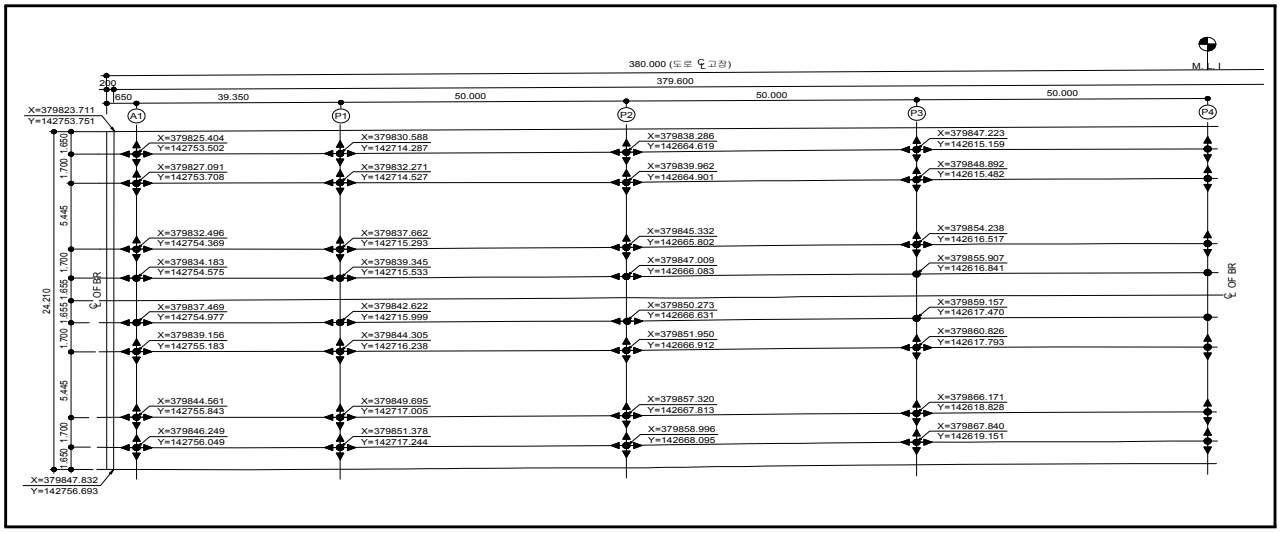
3.2.3 교량받침

- 교량 받침장치는 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 교량의 부속장치로서 하중에 의해서 상부구조에 발생되는 변위와 온도변화 및 크리프에 의해 발생되는 교량의 변위, 변형에 대해서도 흡수 또는 저항하는 구조 요소이므로 받침본체의 기능상태, 편기상태, 부식, 몰탈 및 콘크리트의 균열 파손 등에 대하여 점검을 실시 하였다.
- 본 교량의 받침은 전 구간 Pot Bearing으로 교대 및 교각에 거더당 2개소씩 총 36개소가 시공되어 있으며, 고정단 3개소, 일방향 가동단 15개소, 양방향 가동단 18개소로 구성되어 있다. 교량받침 배치현황은 다음 그림과 같다.
- 전단키 설치 및 현황은【그림 3-11】과 같으며, 외관조사 결과 용접부에 대한 용접상태는 불량없이 양호한 상태이며, 피로균열 등의 손상이 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

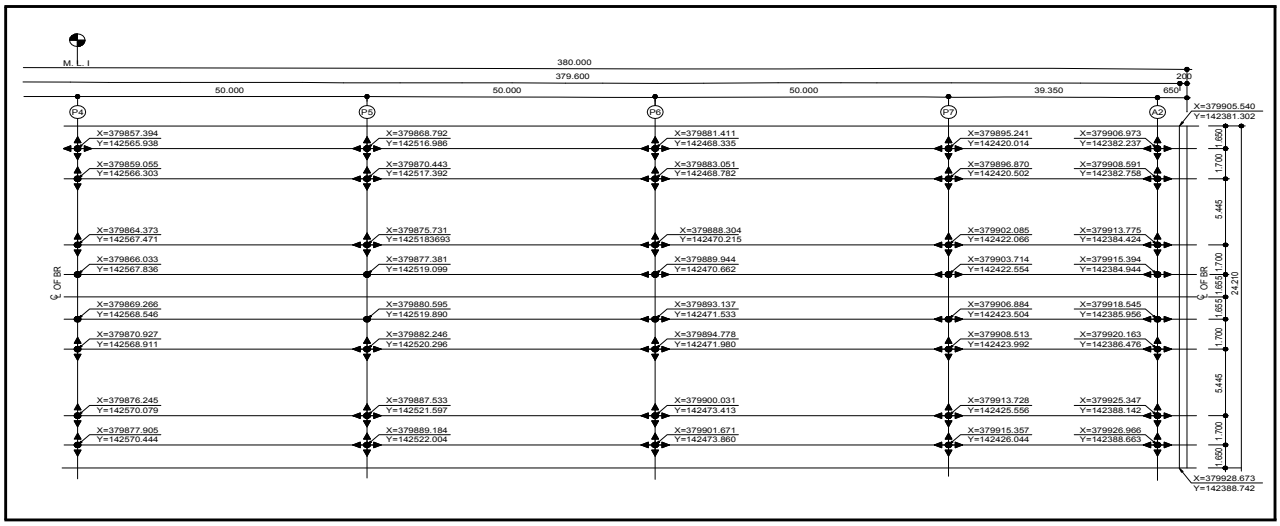
교량받침 전경(P6-Sh4, 양방향)

받침 전단키 전경(교대 A1)

교량받침 전경(P6-Sh1, 일방향)



【그림 3-10】남조천교(부산) 교량받침 배치도



【그림 3-10】 남조천교(부산) 교량받침 배치도(계속)

전단키 설치위치			받침용량 (ton)	전단키 설치 전경
구분	교축직각	교축방향		
A1	G1,G2	-	160	
P1	G1,G2	-	350	
P2	G1,G2	-	350	
P3	G1,G2	G1,G2	350	
P4	G1,G2	G1,G2	350	
P5	G1,G2	G1,G2	350	
P6	G1,G2	-	350	
P7	G1,G2	-	350	
A2	G1,G2	-	160	

【그림 3-11】 부산방향 - 전단키 설치 현황

가. 외관조사

1) 외관조사 결과

- 교량받침 조사결과, 받침본체 부식, 도장박리, 받침콘크리트 및 몰탈 균열, 받침 콘크리트 박리 등의 손상이 조사되었다.
- 교량 받침에 부식이 전반적으로 조사되었으며, 이는 외측면을 통한 우수유입이 가장 주요한 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 적절할 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트, 받침 몰탈에 발생한 0.3㎜미만의 균열은 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으나, 내구성 확보를 위해 표면처리보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
- 받침 콘크리트에 발생한 파손, 박락은 우수유입에 따른 동결융해로 인한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위하여 단면보수가 적절할 것으로 판단된다.

【표 3-10】 부산방향 - 교량받침 외관조사 결과

구분	받침본체					
	받침부식(㎡)		도장박리(㎡)		Soleplate부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.25	1	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	1.06	4	0.34	7
P3	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	0.12	2	0.04	1
P5	-	-	0.03	1	-	-
P6	-	-	0.11	2	1.60	3
P7	-	-	0.03	1	0.21	3
A2	0.02	2	-	-	0.06	1
합계	0.27	3	1.35	10	2.25	15

【표 3-10】 부산방향 - 교량받침 외관조사 결과(계속)

구분	받침콘크리트						받침모르타르	
	균열 Cw=0.3㎜미만(m)		균열 Cw=0.3㎜이상(m)		보수부박리(㎡)		균열 Cw=0.3㎜미만(m)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	-	-	-	-	-	-	-	-
P1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	1.44	1	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	0.10	1
P6	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	0.50	1	0.20	1	-	-	-	-
A2	-	-	0.30	1	-	-	-	-
합계	0.5	1	0.5	2	1.44	1	0.1	1

2) 손상별 원인분석

현 황	◦교대 A1 Sh-1 받침부식	현 황	◦교각 P5-Sh4 몰탈균열
원 인	◦외부 우수유입	원 인	◦건조수축
대 책	◦녹제거 후 재도장	대 책	◦표면보수

3) 기 점점결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 받침부식, 몰탈 및 콘크리트 균열, 박리 등의 손상이 조사되었으며, 금회 진단 시 대부분 동일한 손상이 발생되었다.

4) 검토의견

- 받침장치에 발생한 부식은 내구성확보를 위해 녹제거 후 재도장이 필요 할 것으로 판단된다.

→ 받침장치 및 Sole plate에 발생한 부식은 진전 시 받침장치 가동불량이 발생 할 수 있으므로 녹제거 후 재도장을 실시하여 주기적인 점검을 통해 유지관리를 실시한다면 교량의 안전성과 내구성은 확보할 것으로 판단된다.

나. 연단거리 검토

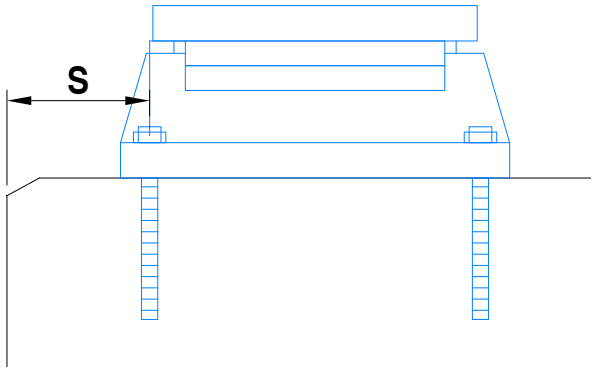
- 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2010, 국토교통부)' 에서는 최소값을 규정하고 있다.
  - 거더의 경간길이 100m 이하 : S(㎜) = 200 + 5L
  - 거더의 경간길이 100m 이상 : S(㎜) = 300 + 4L

여기서, L은 경간길이(m)

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)
- 거더 경간길이(L=90.0m) : 200+5×90.0 = 650(㎜)

2) 연단거리 측정방법



연단거리 측정 개요도

연단거리 실측 전경

【그림 3-12】 부산방향 - 연단거리 측정방법

3) 연단거리 측정결과

- 각 지점별 받침에 대한 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교설계기준 연단거리 최소규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 연단거리의 부족으로 인한 교량받침의 손상 및 낙교 문제가 없다고 판단되므로 지속적인 유지관찰이 필요한 것으로 판단된다.

【표 3-11】 부산방향 - 연단거리 측정결과

구 분		경간장 (m)	계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
				G1		G2		
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1	종점측	40	400	480	470	470	460	O.K
P1	시점측	40	450	760	800	790	780	O.K
	종점측	45	450	950	940	970	970	O.K
P2	시점측	45	450	1470	1490	1490	1530	O.K
	종점측	45	450	1520	1530	1520	1460	O.K
P3	시점측	45	450	1490	1570	1530	1520	O.K
	종점측	45	450	1540	1510	1480	1480	O.K
P4	시점측	45	450	1470	1480	1470	1460	O.K
	종점측	45	450	1520	1540	1510	1520	O.K
P5	시점측	45	450	1540	1500	1500	1500	O.K
	종점측	45	450	1570	1500	1540	1540	O.K
P6	시점측	45	450	1550	1550	1550	1540	O.K
	종점측	45	450	1450	1450	1450	1460	O.K
P7	시점측	45	450	1410	1420	1430	1430	O.K
	종점측	40	400	1570	1570	1560	1540	O.K
A2	시점측	40	400	480	490	470	490	O.K

다. 교량받침 이동량 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축 시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 이동량 검토 결과, 받침장치의 경우 신축 여유량 및 수축여유량이 부족하지 않은 양호한 상태로 평가되었고, 사용성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

받침장치 이동위치 측정	받침장치 가동흔적

【표 3-12】 부산방향 - 교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	50(A1)	13(A1)	37	27.9	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	50(A1)	13(A1)	37		
	Sh3	50(A1)	13(A1)	37		
	Sh4	50(A1)	18(A1)	37		
P1	Sh1	20(A1)	0	20	20.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	20(A1)	0	20		
	Sh3	20(A1)	0	20		
	Sh4	20(A1)	0	20		
P2	Sh1	20(A1)	10(A1)	20	10.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	28(A1)	10(A1)	28		
	Sh3	20(A1)	20(A1)	0		
	Sh4	20(A1)	10(A1)	10		
P3	고정단					
P4	고정단					
P5	고정단					
P6	Sh1	20(A2)	10(A2)	10	10.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	50(A2)	15(A2)	35		
	Sh3	45(A2)	14(A2)	31		
	Sh4	50(A2)	10(A2)	40		

【표 3-12】 부산방향 - 교량받침 가동상태 검토결과(계속)

구 분		실측이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
P7	Sh1	65(A2)	0	65	20.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	60(A2)	0	65		
	Sh3	62(A2)	0	65		
	Sh4	62(A2)	0	65		
A2	Sh1	35(A2)	20(A2)	15	27.9	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	35(A2)	25(A2)	10		
	Sh3	35(A2)	25(A2)	10		
	Sh4	35(A2)	25(A2)	10		
※ 1차 측정 : 2016년 08월 01일(25.6℃) / 2차 측정 : 2016년 11월 10일(9.0℃)						

【표 3-13】 부산방향 - 교량받침 이동량 산정

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 가동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	140	76.6	24.2	12.44	76.6	36.6
	2차	29.0	31.0			48.7	52.1		48.7	64.5
P1	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	100	54.7	17.3	-	54.7	17.3
	2차	29.0	31.0			34.8	37.2		34.8	37.2
P2	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	50	27.4	8.6	-	27.4	8.6
	2차	29.0	31.0			17.4	18.6		17.4	18.6
P3	1차	고정단								
	2차									
P4	1차	고정단								
	2차									
P5	1차	고정단								
	2차									
P6	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	50	27.4	8.6	-	27.4	8.6
	2차	29.0	31.0			17.4	18.6		17.4	18.6
P7	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	100	54.7	17.3	-	54.7	17.3
	2차	29.0	31.0			34.8	37.2		34.8	37.2
A2	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	140	76.6	24.2	12.44	76.6	36.6
	2차	29.0	31.0			48.7	52.1		48.7	64.5

1) 조사당시 온도 : 1차조사 : 25.6℃ (조사일 : 2016년 08월 01일, 25.6℃)
2차조사 : 9.0℃ (조사일 : 2016년 11월 10일, 9.0℃)

2) 검토온도 : -20℃ ~ +40℃ (한랭한지방)

3) 지점의 회전변위에 의한 신축량 $\Delta \ell r = \Sigma(hi \cdot \theta i)$

여기서, hi : 받침의 회전중심에서 보의 중립축 까지의 높이 (거더높이의 2/3)

θi : 보의 회전각(강교: 1/150) $\Delta \ell r = \Sigma(hi \cdot \theta i) = 2/3\times2800\times1/150 = 12.44mm$

h : 주형높이 2,800mm, θ : 1/150 (강교)

* 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

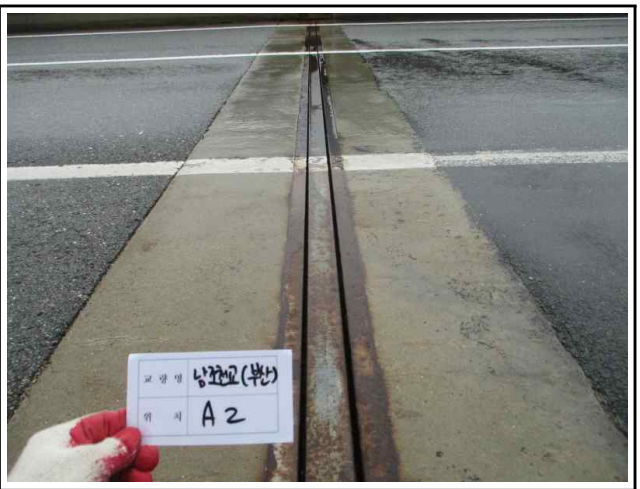
【표 3-14】 부산방향 - 교량받침 가동여유량 검토결과

구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	50(A1)/13(A1)	76.6/48.7	36.6/64.5	250/213	150/137	±200	O.K
	Sh2	50(A1)/13(A1)			250/213	150/137		O.K
	Sh3	50(A1)/13(A1)			250/213	150/137		O.K
	Sh4	50(A1)/18(A1)			250/213	150/137		O.K
P1	Sh1	20(A1)/0	54.7/34.8	17.3/37.2	170/150	130/150	±150	O.K
	Sh2	20(A1)/0			170/150	130/150		O.K
	Sh3	20(A1)/0			170/150	130/150		O.K
	Sh4	20(A1)/0			170/150	130/150		O.K
P2	Sh1	20(A1)/10(A1)	27.4/17.4	8.6/18.6	120/110	80/90	±100	O.K
	Sh2	28(A1)/10(A1)			128/110	72/90		O.K
	Sh3	20(A1)/20(A1)			120/120	80/80		O.K
	Sh4	20(A1)/10(A1)			120/110	80/90		O.K
P3	고정단							
P4	고정단							
P5	고정단							
P6	Sh1	20(A2)/10(A2)	27.4/17.4	8.6/18.6	120/60	80/40	±100	O.K
	Sh2	50(A2)/15(A2)			150/65	50/35		O.K
	Sh3	45(A2)/14(A2)			145/64	55/36		O.K
	Sh4	50(A2)/10(A2)			150/60	50/40		O.K
P7	Sh1	65(A2)/0	54.7/34.8	17.3/37.2	215/150	85/150	±150	O.K
	Sh2	60(A2)/0			210/150	90/150		O.K
	Sh3	62(A2)/0			212/150	88/150		O.K
	Sh4	62(A2)/0			212/150	88/150		O.K
A2	Sh1	35(A2)/20(A2)	76.6/48.7	36.6/64.5	235/220	165/180	±200	O.K
	Sh2	35(A2)/25(A2)			235/225	265/175		O.K
	Sh3	35(A2)/25(A2)			235/225	165/175		O.K
	Sh4	35(A2)/25(A2)			235/225	165/175		O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K								

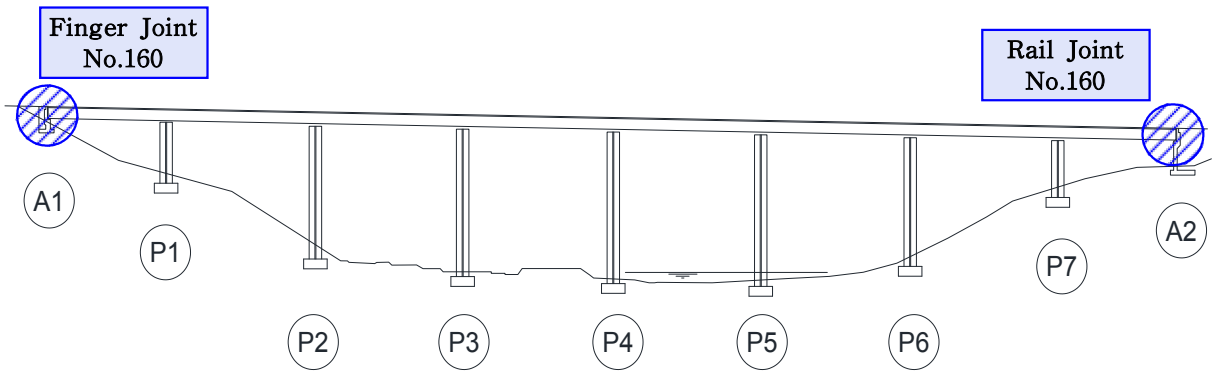
3.2.4 신축이음장치

- 신축이음 장치는 온도변화에 의한 신축거동, 교면수의 하부유입을 막는 차수기능을 하는 부재로써 현장 조사 시 이러한 기능성 저하여부, 내구성 측면, 차량 주행 안전성 등에 대해 중점적으로 조사하였다.
- 남조천교(부산)의 신축이음장치는 A1, A2에 강핑거 조인트 및 레일 조인트로 설치되어 있다.

신축이음장치 전경(A1)



신축이음장치 전경(A2)



【그림 3-13】 부산방향 - 신축이음 배치도

가. 외관조사

1) 외관조사 결과

- 신축이음장치 외관조사 결과 강재부식, 후타재 균열, 파손 및 콘크리트 열화, 차수판 볼트탈락, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.
- 후타재에 발생한 균열, 파손은 건조수축과 지속적인 중차량 통행 등에 의해 발생된 손상으로 폭 0.3㎜미만 후타재 균열에 대해서는 표면보수, 후타재 파손은 단면보수가

필요할 것으로 판단된다.

- 발생한 신축이음장치 강재부식, 이물질퇴적은 공용기간 증가와 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 강재부식은 신축이음장치 사용성에 문제가 없을 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한 신축이음장치 유간사이의 이물질퇴적으로 인해 신축거동에 영향을 받지 않도록 주기적인 청소가 필요할 것으로 판단된다.
- 차수판에 발생한 볼트 탈락은 공용기간 증가와 지속적인 중차량 통행에 의해 발생된 손상으로 구조물에 미치는 영향은 적은 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다.

【표 3-15】 부산방향 - 신축이음장치 외관조사 결과

구분	본체		후타재								차수판	
	부식(㎡)		균열 Cw=0.3㎜ 미만(m)		파손(㎡)		열화(㎡)		이물질퇴적 (m)		덮개볼트 탈락	덮개파손
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	개소
A1	0.25	1	17.05	39	0.83	3	0.98	2	4.00	2	7	1
A2	0.84	2	18.56	43	-	-	-	-	2.00	2	5	-
합계	1.09	3	35.61	82	0.83	3	0.98	2	6	4	12	1

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A1 신축이음장치 후타재 균열	현 황	◦A1 신축이음장치 후타재 파손
원 인	◦건조수축 및 온도변화	원 인	◦지속적인 중차량 통행, 신축여유량 부족
대 책	◦표면보수	대 책	◦단면보수

현 황	◦A2 신축이음장치 부식	현 황	◦A2 신축이음장치 차수판 볼트탈락
원 인	◦공용기간 증가	원 인	◦공용 중 발생
대 책	◦주의관찰	대 책	◦주의관찰

3) 기 점점결과와의 비교 · 분석

- 기 진단 외관조사 결과, 신축이음장치 부식과 후타재 균열, 차수판 볼트탈락, 차수판 파손, 이물질퇴적 등이 조사되었으며, 금회 진단 시 동일하게 조사되었으나, 중차량 통행으로 인해 후타재 파손 등이 추가적으로 조사되었다.

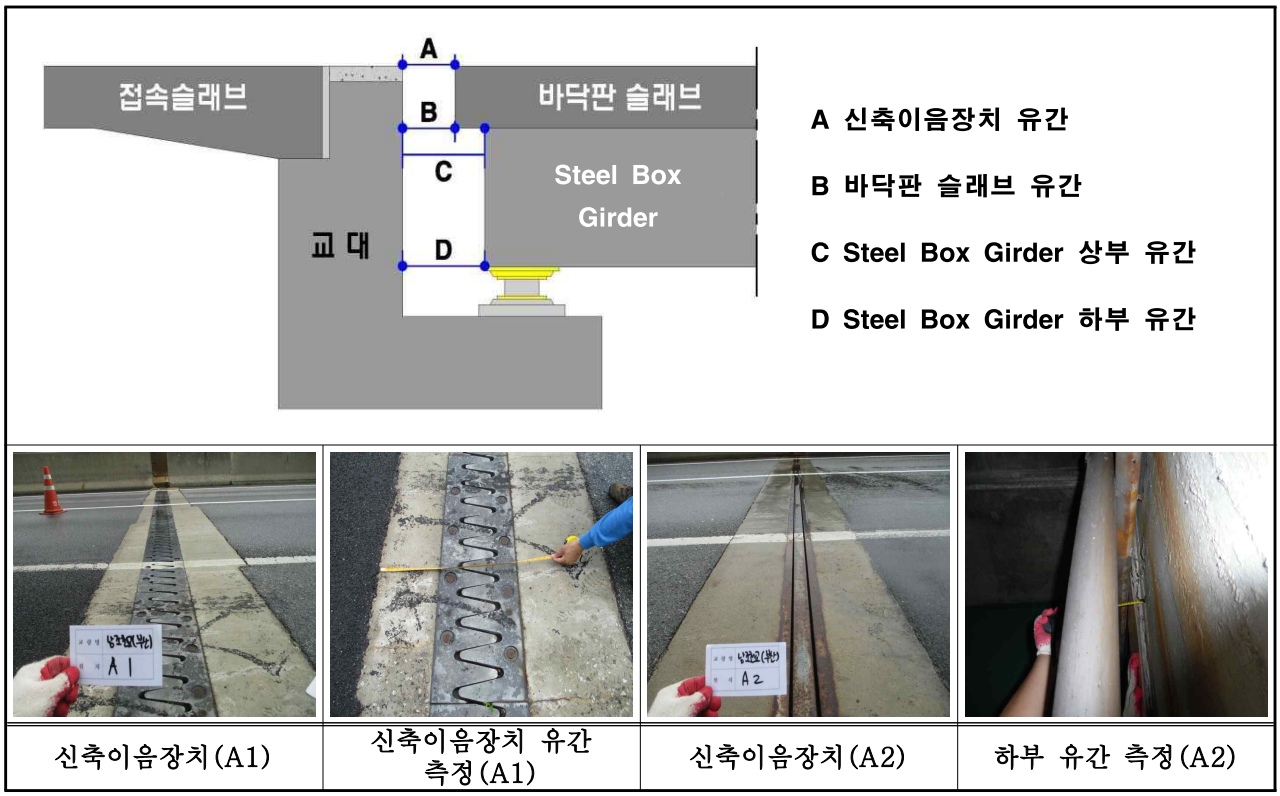
4) 검토의견

- 신축이음장치에 발생한 부식은 지속적인 주의관찰이 필요하며, 후타재 균열 및 파손은 내구성확보를 위해 적절한 보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치, 바닥판 및 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승 시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

1) 신축이음 유간 측정방법



【그림 3-14】 부산방향 - 신축이음 유간 측정방법

2) 신축이음 유간 측정결과

【표 3-16】 부산방향 - 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측정값(mm)								비고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더상부(C)		거더하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
Finger Joint (A1)	25	60	140	200	130	180	130	180	
Rail Joint (A2)	40	70	140	200	140	195	130	180	
※ 1차 측정 : 16년 7월 13일(26.3℃) / 2차 측정 : 16년 11월 10일(6.6℃)									

- 7월(26.3℃)과 11월(6.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 차이는 보이고 있으나, 교량의 신축거동상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.

【표 3-17】 부산방향 - 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

구 분		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	신축이음장치	25	60	35	33.1	1차:26.3℃ 2차:6.6℃ 온도차:19.7℃
	바닥판 단부	140	200	60		
	거더 상부	130	180	50		
	거더 하부	130	180	50		
A2	신축이음장치	40	70	30	33.1	1차:26.3℃ 2차:6.6℃ 온도차:19.7℃
	바닥판 단부	140	200	60		
	거더 상부	140	195	55		
	거더 하부	130	180	50		

3) 신축이음 신축이동량 산정

【표 3-18】 부산방향 - 신축이음 신축이동량 산정

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	1차	46.3	13.7	1.2×10^{-5}	140	77.8	23.0	12.44	77.8	35.4
	2차	26.6	33.4			44.7	56.1		44.7	68.5
A2	1차	46.3	13.7	1.2×10^{-5}	140	77.8	23.0	12.44	77.8	35.4
	2차	26.6	33.4			44.7	56.1		44.7	68.5

1) 조사당시 온도 : 1차조사 : 26.3℃ (조사일 : 2016년 07월 13일, 26.3℃)
2차조사 : 6.6℃ (조사일 : 2016년 11월 10일, 6.6℃)
2) 검토온도 : -20℃ ~ +40℃ (한랭한지방)
* 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3-19】 부산방향 - 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(1차)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
A1	신축이음장치	77.8	35.4	25	160	57.2	-10.4	N.G
	바닥판 단부			140	-	-	104.6	O.K
	거더 상부			130		-	94.6	O.K
	거더 하부			130		-	94.6	O.K
A2	신축이음장치	77.8	35.4	40	160	42.2	4.6	O.K
	바닥판 단부			140	-	-	104.6	O.K
	거더 상부			140		-	104.6	O.K
	거더 하부			130		-	9436	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

【표 3-20】 부산방향 - 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(2차)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
A1	신축이음장치	44.7	68.5	60	160	42.9	-8.5	N.G
	바닥판 단부			200	-	-	131.5	O.K
	거더 상부			180		-	111.5	O.K
	거더 하부			180		-	111.5	O.K
A2	신축이음장치	44.7	68.5	70	160	40.7	1.5	O.K
	바닥판 단부			200	-	-	131.5	O.K
	거더 상부			195		-	126.5	O.K
	거더 하부			180		-	111.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

다. 검토의견

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치, 바닥판 및 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하기 위하여 7월(26.3℃), 11월(6.6℃)에 2회 측정하였다.
- 상부구조의 온도변화에 의한 신축거동에 따른 신축유간의 여유량 확보여부 검토결과, 교대 A2은 신축유간의 여유량은 충분한 것으로 검토되었으나, A1의 신축이음장치 유간이 부족한 것으로 평가되었다.
- A1 신축이음장치 발생한 유간 부족은 시공불량(설치 시 온도 미 반영), 공용기간 증가에 따른 이물질퇴적으로 인해 거동 미흡 등 복합적인 원인으로 발생된 것으로 판단된다.
- 신장 여유량이 부족하여 온도에 의한 바닥판 팽창 시 신축이음장치에 응력집중으로 후타재, 교대 흉벽, 바닥판 단부에도 2차적인 손상이 발생 할 수 있으며, 금회 현장조사 시 후타재 파손, 교대 흉벽측에 배수관 탈락 등의 손상이 발생하였다. 교대 A2 신축이음장치는 교량의 내구성확보를 위해 교체가 필요 할 것으로 판단된다.
- 기 진단 시 신축이음장치 가동 여유량 검토결과, 활하중에 의한 영향을 고려하지 않아 가동상태가 양호한 것으로 평가 되었으나, 금회 진단 시 활하중에 의한 영향을 고려하여 유간부족으로 평가되었다. 이는 도로설계요령 2009를 기준하여 평가하였다.(신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려)

(기 진단 신축이음 및 바닥판 단부 가동여유량 점검내용-부산방향)

위 치		측정유간 (mm)		신장량(mm)				수축량(mm)			
				최대 온도상승시		여유량		최저 온도하강시		여유량	
		6월(25℃)	9월(30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)
A1	신축이음	37	30	25.2	16.8	11.8	13.2	75.6	84.0	112.6	114
	바닥판	175	170			149.8	153.2			250.6	254
	거더	175	165			149.8	148.2			250.6	249
A2	신축이음	34	28	25.2	16.8	8.8	11.2	75.6	84.0	109.6	112
	바닥판	183	175			157.8	158.2			258.6	259
	거더	160	155			134.8	138.2			235.6	239

* 점검당시 온도 : 25℃('12년 6월)
* 강교 : 온도변화(한랭한지방) = −20~+40℃ 선팽창계수 = 1.2×10^{-5}
* 신축장(L) = 140m(A1,A2)
* 신장량 : 140m구간=(40−25)×1.2×10^{-5}×140≒25.2mm
* 수축량 : 140m구간=(25−(−20))×1.2×10^{-5}×140≒75.6mm
* 점검당시 온도 : 30℃('12년 9월)
* 강교 : 온도변화(한랭한지방) = −20~+40℃ 선팽창계수 = 1.2×10^{-5}
* 신축장(L) = 140m(A1,A2)
* 신장량 : 140m구간=(40−30)×1.2×10^{-5}×140≒16.8mm
* 수축량 : 140m구간=(25−(−30))×1.2×10^{-5}×140≒84.0mm

3.2.5 교면포장

- 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 시공되어 있다. 아스콘 포장은 연성포장으로서 승차감 및 진동소음에 좋으나, 유지 관리 시 손상에 따라 보수보강 비용이 증가되는 단점을 가지고 있다.

교면포장 전경	교면포장 현황(상태양호)

【그림 3-15】 남조천교(부산) 교면포장 전경

1) 외관조사 결과

- 교면포장 외관조사 결과, 전체적으로 교면부는 아스콘 재포장이 완료된 상태로 손상이 없는 양호한 것으로 양호한 것으로 조사되었다.

2) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과, 일부 아스콘 망상균열, 소성변형 등의 손상이 조사되었으나, 금회 진단 시 보수가 완료된 상태로 확인되었다.

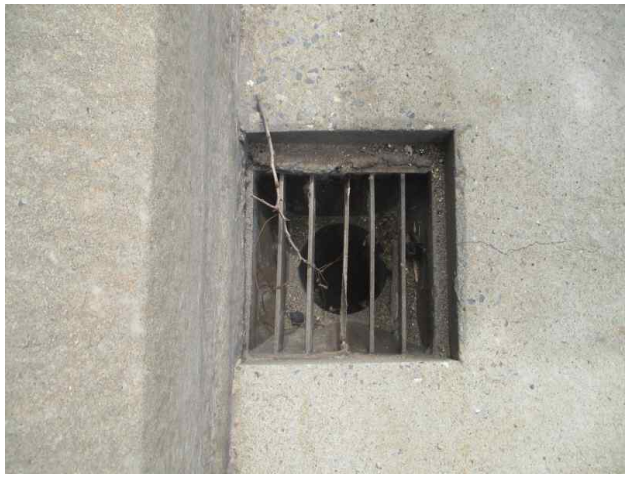
3) 검토의견

- 교면포장은 주행차량에 발생하는 진동을 흡수하고 분산시키는 부재로서 현 상태가 특이 손상 없이 양호한 상태이며, 지속적인 주의관찰을 통해 손상 발생여부 확인이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.6 기타부재

가. 배수시설

- 배수시설은 우수 유입에 따른 열화방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설로서, 남조천교(부산)의 배수시설은 각각의 경간 상부에 설치된 집수구를 통하여 STEEL Pipe 배수관을 따라 하부로 배수되도록 설치되어 있다.



배수구 전경

배수관 전경

【그림 3-16】 남조천교(부산) 배수시설 전경

1) 외관조사 결과

- 배수시설 외관조사 결과 배수관 부식, 누수, 설치불량 및 길이부족, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.
- 배수관에 발생된 손상은 공용기간 증가와 재료적 특성, 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 지속적인 주의관찰이 필요하다. 특히, 교대 A1 흉벽측에 설치된 배수관은 시공불량, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생된 손상으로 추가적인 손상이 발생하지 않도록 배수관 재설치가 필요할 것으로 판단된다.
- 이물질 퇴적은 공용기간 증가로 인해 발생한 손상으로 우기 시 원활한 배수가 이루어지도록 주기적인 청소가 필요하다.

【표 3-21】 부산방향 - 배수시설 외관조사 결과

구분	열화 및 손상		
	부식	길이부족	누수
	개소	개소	개소
S1	2	1	-
S2	8	-	-
S3	9	-	-
S4	-	-	3
S5	8	-	-
S6	8	1	-
S7	8	-	-
S8	7	-	-
합계	50	2	3

2) 손상별 원인분석

현 황	◦바닥판하면 S1 배수관 설치 불량	현 황	◦바닥판하면 S6 수직배수관 상단 부식
원 인	◦공용기간 증가 및 시공불량	원 인	◦공용기간 증가
대 책	◦배수관 재설치	대 책	◦주의관찰

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과, 배수관 부식, 누수, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었으며, 금회 진단 시에 동일한 배수시설의 손상이 조사되었다.

4) 검토의견

- 배수시설에 발생한 손상은 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 아니며, 배수기능에 문제가 없으므로 주기적인 청소를 실시한다면 문제가 없을 것으로 판단된다.
- 교대 A1 흉벽측에 발생한 배수관 설치불량에 대하여 추가적인 손상이 발생하지 않도록 배수관 재설치가 요구된다.

나. 방호벽 및 중앙분리대

자동차의 차도이탈 방지, 사고 시 완충작용 등의 기능을 하는 방호벽은 철근콘크리트 구조로 신축이음부에는 차수판이 설치되어 있다.

방호벽 전경

중앙분리대 전경

【그림 3-17】 남조천교(부산) 방호벽 전경 및 단면도

1) 외관조사 결과

- 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과 균열, 균열 및 백태, 파손, 망상균열, 박리 등의 손상이 조사되었다.
- 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생된 손상으로 판단되며, 전반적으로 균열 폭이 0.3㎜미만으로 조사되어 균열보수인 표면보수가 필요할 것으로 판단된다,
- 외측부에 발생한 균열 및 백태, 망상균열(백태동반)은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 균열부에 지속적인 외부 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 추가적인 손상(박리 및 박락)이 발생하지 않도록 표면보수가 필요하다.
- 국부적으로 발생한 박리 및 파손은 외부충격에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 특히 파손은 신축이음부 갓길에 설치된 차수판측에 발생하였으며, 차수판 설치 시 발생한 손상으로 구조물에 미치는 영향은 작은 것으로 지속저인 주의관찰이 필요하다.

【표 3-22】 부산방향 - 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	콘크리트									
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)		백태(㎡)		파손(㎡)		박리(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	21.20	7	-	-	-	-	0.04	1	-	-
S2	42.90	29	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	27.70	34	15.00	1	-	-	-	-	-	-
S4	28.00	2	50.00	1	-	-	-	-	-	-

【표 3-22】 부산방향 - 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과(계속)

구분	콘크리트									
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)		백태(㎡)		파손(㎡)		박리(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S5	27.20	29	50.24	3	0.10	1	0.25	1	0.25	1
S6	36.50	43	5.00	1	-	-	-	-	0.05	2
S7	30.40	33	-	-	-	-	-	-	0.05	2
S8	35.70	41	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	249.60	218	120.24	4	0.10	1	0.25	1	0.35	5

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S1 방호벽 균열(0.1㎜/0.5m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면보수

현 황	◦S2 중앙분리대 균열(0.2㎜/1.2m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면보수

현 황	◦S5 방호벽 망상균열(백태동반)
원 인	◦균열부에 지속적인 우수유입
대 책	◦표면보수

현 황	◦S1 방호벽 파손
원 인	◦외부충격(차수판 설치 시)
대 책	◦주의관찰

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과 균열, 파손, 박리 및 박락 등이 조사되었으며 금회 진단 시 발생한 손상과 대체로 동일하나, 장기공용 증가와 외부 우수유입에 의한 균열 및 백태, 망상균열(백태동반)이 추가적으로 조사되었다.

4) 검토의견

- 교량 부재에서 방호벽 및 중앙분리대 주요부재가 아닌 기타시설이며, 교량의 미치는 영향은 작은 것으로 판단되나, 주행차량 차도이탈 방지, 사고 시 완충작용 등 2차적인 사고 발생 우려가 있으므로 발생한 손상은 적절한 보수가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

다. 기타 부대시설

1) 점검시설 및 낙하물 방지 안전휀스

- 본 교량의 점검시설은 교대를 제외한 전 구간의 교각 코핑부 및 교량받침에 대해서 점검이 가능하도록 점검로와 바닥판 하면 및 거더외부 점검을 위해 교축방향으로 가로보에 지지된 점검로가 설치되어 있다.

교각 점검시설 전경	낙하물 방지 안전휀스 전경

【그림 3-18】 남조천교(부산) 기타 부대시설 전경

2) 외관조사 결과

- 교차시설물인 지방도 927 주행차량에 영향을 미치지 않기 위해 S4 좌측 방호벽에 낙하물 방지 안전휀스가 설치되어 있다.
- 점검로 발판부식 2개소, 사다리 망실 1개소가 조사되었다. 발생한 점검로 발판 부식은 공용기간 증가와 외부환경적인 영향에 의해 발생한 손상이며, 사다리 망실은 시공 시

미 설치된 것으로 판단된다.

- 안전휀스 설치 상태는 양호하나, 일부 강재부식이 발생하였다. 이는 장기공용과 환경적인 요인으로 인해 발생된 손상으로 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 지속적인 유지관찰이 필요하다.

【표 3-23】 부산방향 - 기타 부대시설 외관조사 결과

구분	점검시설	
	점검로 부식	사다리 망실
	개소	개소
S1/A1	-	-
S2/P1	-	-
S3/P2	-	-
S4/P3	1	-
S5/P4	-	1
S6/P5	1	-
S7/P6	-	-
S8/P7	-	-
A2	-	-
합계	2	1

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과 점검로 발판부식 2개소, 사다리 망실 1개소 조사되었으며, 금회 진단 시 동일하게 확인되었으나, 손상규모 및 범위가 미세하며, 구조물에 미치는 영향은 다소 적은 것으로 판단된다.

4) 검토의견

- 부대시설인 점검로는 점검 시 작업자의 안전과 근접상세 조사가 가능한 시설물로서 강재변형 및 파손이 발생하지 않도록 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

3.3 외관조사(춘천방향)

3.3.1 상부구조

가. 바닥판

- 남조천교(춘천)은 총 8경간(40.0m+6@50.0m+40.0m=380.0m)으로 구성되어 있으며, 상부구조는 강박스 거더(Steel Box Girder)로 시공되어있으며, 남조천교(춘천)의 바닥판하면의 경우 내측부는 데크 플레이트가 시공되어 있다.
- 외관조사는 교량 점검차 및 고소작업차를 이용하여 근접조사를 실시하였으며, 공용 중 발생할 수 있는 손상(균열 및 백태, 누수 등)을 중점적으로 조사하였다.

콘크리트 바닥판하면 내측부	콘크리트 바닥판하면 외측부

【그림 3-19】 남조천교(춘천) 바닥판하면 전경

1) 외관조사 결과

- 금회 진단 시 바닥판하면 손상으로는 데크 플레이트 부식, 박락, 백태, 재료분리 등의 손상이 발생하였다.
- 전 구간 바닥판 측면에 손상규모가 작은 백태가 발생하였으며, 이는 콘크리트 표면에 발생한 미세균열부에 외부 우수유입으로 인해 발생된 것으로 표면보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 일부 구간에 발생한 박락 및 재료분리는 시공초기 콘크리트 다짐불량에 의해 발생된 손상으로 손상규모는 작으나, 내구성확보를 위해 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.
- 내측 바닥판하면은 데크 플레이트로 시공되어 있으며, 전반적으로 변형없이 양호한 상태이나, 일부 데크 플레이트 부식이 조사되었다. 데크 플레이트 부식은 장기공용으로 인해 발생된 것으로 단면감소는 없는 것으로 확인되었다.

【표 3-24】 춘천방향 - 바닥판하면 외관조사 결과

구분	열화 및 손상									
	데크플레이트부식(㎡)		박리(㎡)		박락(㎡)		백태(㎡)		재료분리(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	1.24	16	-	-	-	-	-	-	0.16	1
S2	3.23	26	-	-	-	-	-	-	0.20	1
S3	7.56	33	-	-	-	-	-	-	0.24	1
S4	4.87	32	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	12.89	70	-	-	-	-	0.01	2	-	-
S6	10.51	64	-	-	-	-	5.00	1	-	-
S7	13.31	72	-	-	-	-	5.00	1	-	-
S8	0.74	7	0.05	1	0.09	1	-	-	0.80	1
합계	54.35	320	0.05	1	0.09	1	10.01	4	1.40	4

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S1 데크플레이트 부식
원 인	◦장기공용
대 책	◦주의관찰

현 황	◦S1 바닥판측면 재료분리
원 인	◦콘크리트 다짐불량
대 책	◦단면보수

현 황	◦S5 데크플레이트 부식
원 인	◦장기공용
대 책	◦주의관찰

현 황	◦S6 데크플레이트 부식
원 인	◦장기공용
대 책	◦주의관찰

현 황	◦S7 바닥판하면 박리	현 황	◦S7 바닥판측면 재료분리
원 인	◦외부 우수유입으로 인해 동결융해	원 인	◦콘크리트 다짐불량
대 책	◦단면보수	대 책	◦단면보수

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기존 진단결과 조사된 손상은 데크 플레이트 부식, 박리, 재료분리 등으로 조사되었다. 금회 진단에 따른 손상은 전반적으로 동일하나, 일부 장기공용 및 외부 우수유입 등에 의해 바닥판 측면에 백태손상이 증가하였다.

4) 검토의견

- 바닥판하면 조사결과, 바닥판 측면의 백태가 신규로 조사되었으며, 미세균열 발생 후 외부 우수의 영향으로 백태가 발생한 것으로 판단되며, 표면보수를 실시하여 콘크리트 열화를 방지하여야 할 것으로 판단된다.
- 그 외 손상들은 대부분 기존의 손상들로 데크 플레이트 부식은 주기적인 유지관찰을 통한 손상의 진전여부 확인이 필요할 것으로 판단된다.

나. Steel Box Girder 내부

- 바닥판으로부터 전달되는 하중을 지지하고 교량받침을 통하여 하부구조로 하중을 전달해 주는 역할을 하는 거더는 휨과 전단 및 비틀림에 대한 저항력이 큰 Steel Box Girder 형식으로 시공되었다.
- Steel Box Girder 내부에 대해서는 헤드랜턴 및 서치랜턴 등을 이용하여 도보로 외관조사를 실시하였다. Steel Box Girder 조사 시 주요 용접 결함 조사, 리브 변형, 체수현상, 볼트 부식 등을 중점적으로 조사하였다.

Steel Box Girder 내부 전경

【그림 3-20】 남조천교(춘천) 거더 내부 전경

1) 외관조사 결과

- Steel Box Girder 내부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 도장박리, 부식, 볼트 부식, 결로흔적, 볼트체결불량, 이물질퇴적, 유수유입흔적, 실링재 미처리 등의 손상이 조사되었다.
- 거더 내부에 발생한 도장박리, 부식은 도장 전처리 불량과 Splice, 하단부와 신축이음부를 통한 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 재도장이 적절할 것으로 판단된다.
- 발생한 Splice 실링재 미처리로 인해 외부에서 우수가 유입되어 도장박리, 강재부식 등을 발생시킬 수 있으므로 실링처리가 필요한 것으로 판단된다.
- 이물질퇴적은 장기공용으로 인한 발생한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 범위가 다소 적으며, 지속적인 주의관찰이 필요하다.
- 일부 상부플랜지에 결로 흔적이 발생하였으며, 이는 외부 온도차에 의해 발생된 손상으로 추가적인 강재부식 등이 발생하지 않은 상태로 확인되었다. 추후 지속적인 주의관찰을 통해 추가손상 발생여부 확인이 필요할 것으로 판단된다.

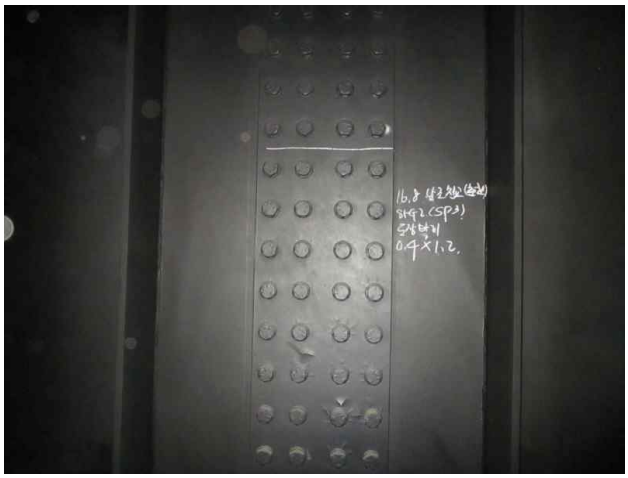
【표 3-25】 춘천방향 - Steel Box Girder 내부 외관조사 결과

구분	열화 및 손상									
	도장박리(㎡)		도장불량(㎡)		부식(㎡)		볼트부식	결로흔적(㎡)		볼트체결불량
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	개소	물량	개소	개소
S1	3.12	5	-	-	-	-	34	2.40	1	-
S2	10.42	13	1.25	1	0.04	2	1	-	-	13
S3	9.88	5	-	-	-	-	-	0.96	1	-
S4	14.74	5	-	-	1.55	2	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	0.02	2	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	38.18	30	1.25	1	1.59	4	35	3.36	2	13

【표 3-25】 춘천방향 - Steel Box Girder 내부 외관조사 결과(계속)

구분	열화 및 손상			
	유수유입흔적	체수(㎡)		실링재미처리
	개소	물량	개소	개소
S1	-	-	-	12
S2	-	0.90	1	12
S3	8	-	-	16
S4	3	0.36	1	16
S5	4	-	-	16
S6	4	-	-	16
S7	4	-	-	16
S8	3	-	-	12
합계	26	1.26	2	116

2) 손상별 원인분석

			
현 황	◦S1-G2 SP3 하부플랜지 도장박리	현 황	◦S1-G2 SP3 복부판 도장박리
원 인	◦도장전 바탕처리 불량	원 인	◦도장전 바탕처리 불량
대 책	◦재도장	대 책	◦재도장
현 황	◦S3-G2 SP8 실링재 미처리	현 황	◦S5-G2 우수유입 흔적
원 인	◦시공불량	원 인	◦Splice측으로 우수유입
대 책	◦실링재 재설치	대 책	◦주의관찰

3) 점검결과와의 비교・분석

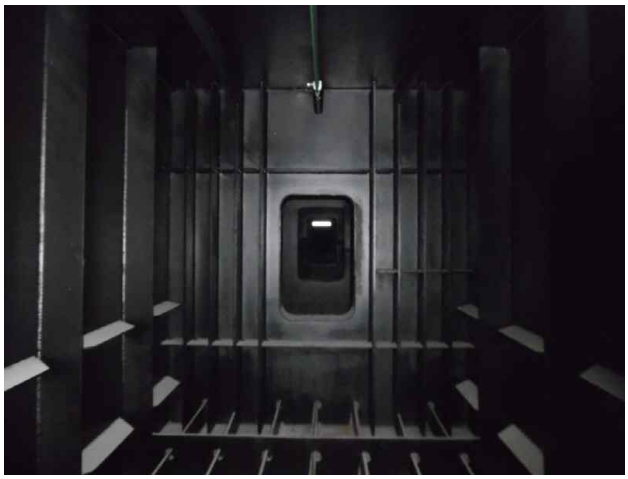
- 기 진단결과 조사된 손상은 도장박리/부식, 볼트부식 등으로 조사되었으며, 금회 진단에 따른 손상은 실링재 미처리를 제외하고 대체적으로 동일한 것으로 확인되었다.

4) 검토의견

- Steel Box Girder 내부에 발생한 도장박리 및 박락, 강재부식은 추가적인 손상이 발생하지 않도록 적절한 보수를 통하여 향후 유지관리 해야 할 것으로 판단된다.
- 거더 내부에 발생한 강재부식은 손상정도가 경미하나, 부식의 진전을 방지하기 위한 녹제거 후 재도장을 실시하여야 할 것으로 판단된다.

다. Steel Box Girder 내부 격벽

- 격벽은 Steel Box 단면이 뒤틀림에 의한 응력을 억제하기 위해 설치한 구조물로서 Steel Box Girder 내부와 동일한 방법으로 근접하여 외관조사를 실시하였다.



Steel Box Girder 내부 격벽 전경

【그림 3-21】 남조천교(춘천) 거더 내부 격벽 전경

1) 외관조사 결과

- Steel Box Girder 내부의 격벽은 특이 손상이 없이 전체적으로 손상없이 양호한 것으로 조사되었으나, 강재부식 1개소가 조사되었다.
- 발생한 강재부식은 장기공용 및 외부 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 녹제거 후 재도장이 적절할 것으로 판단된다.

【표 3-26】 춘천방향 - Steel Box Girder 격벽 외관조사 결과

구분	표면열화	
	부식(㎡)	
	물량	개소
S1	0.01	1
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
합계	0.01	1

2) 기 점검결과와의 비교 · 분석

- 기 점검결과 조사된 손상은 강재부식 등으로 조사되었으며, 금회 진단 시 조사된 손상은 대체적으로 동일한 것으로 확인되었다.

3) 검토의견

- Steel Box Girder 내부 격벽은 구조적 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 일부 발생한 강재부식에 대한 녹제거 후 재도장 등이 적절하게 이루어진다면 교량의 목표 수명까지 이상이 없을 것으로 판단된다.

라. Steel Box Girder 외부

- Steel Box Girder 외부에 대해서는 교량점검차를 이용하여 근접 조사하였으며, Steel Box Girder 조사 시 주요 Splice부 볼트부식, 부식, 도장박리 등을 중점적으로 조사하였다.

Steel Box Girder 외부 전경

【그림 3-22】 남조천교(춘천) 거더 외부 전경

1) 외관조사 결과

- Steel Box Girder 외부에 대한 외관조사결과, 구조적인 손상은 없으나 리브변형, 도장박리, 부식, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.
- 발생한 리브변형은 공용 중 발생한 손상이 아니며, 거더 제작 및 거치 시 발생한 시공불량으로 판단되며, 추가적인 손상발생 여부를 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.
- 거더 외부에 발생한 도장박리, 강재부식은 공용기간 증가로 인해 교량의 노후화 및 외부

영향에 의한 열화, 도장전 바탕처리 불량 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 녹제거 후 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 3-27】 춘천방향 - Steel Box Girder 외부 외관조사 결과

구분	모재손상		열화 및 손상			
	변형(m)		도장박리(㎡)		부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	0.20	1	-	-	1.05	3
S2	-	-	0.20	2	0.02	1
S3	0.50	2	0.33	4	-	-
S4	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	0.5	14
S6	-	-	0.05	1	0.18	3
S7	-	-	-	-	0.88	2
S8	-	-	-	-	0.16	4
합계	0.70	3	0.58	7	2.29	27

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S1-G2 거더외부 강재변형	현 황	◦S2-G2 거더외부 부식
원 인	◦거더 제작 및 거치 시 발생	원 인	◦외부 우수유입
대 책	◦주의관찰	대 책	◦재도장

현 황	◦S2-G2 거더외부 도방박리	현 황	◦S6-G2 거더외부 Splice 상태양호 (지속적인 주의관찰)
원 인	◦도장전 바탕처리 불량		
대 책	◦재도장		

3) 기 점검결과와의 비교 · 분석

- 기 진단결과 조사된 손상은 리브변형, 도장박리 및 부식 등으로 조사되었으며, 금회 진단 시 조사된 손상 역시 대체로 동일한 것으로 나타났다.

4) 검토의견

- Steel Box Girder 외부는 구조적 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 경미한 도장박리, 강재부식 등이 발생하였다. 녹제거 후 재도장 등 적절한 보수를 통하여 향후 유지관리 해야 할 것으로 판단된다.

마. 강 가로보 및 세로보

- 공용 기간 중 거더의 횡변형(좌굴)을 방지해 주며 상부에 작용하는 하중을 횡분배 시켜 주는 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있다.

강 가로보 및 세로보 전경

【그림 3-23】 남조천교(춘천) 강 가로보 및 세로보 전경

1) 외관조사 결과

- 강 가로보 및 세로보에 대한 외관조사결과, 특이 손상이 없는 대체적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.

2) 기 점검결과와의 비교 · 분석

- 기 진단결과 가로보 및 세로보 외관 조사결과는 도장손상이나 부식, 각종 변형 및 균열, 이상음 발생 등의 손상이 없는 대체적 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 금회 진단 시 역시 양호한 상태로 조사되었다.

3) 검토의견

- 금회 가로보 및 세로보의 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 향후 주기적인 점검을 통한 구조물의 유지관리를 실시한다면 교량의 목표수명까지 이상이 없을 것으로 판단된다.

3.3.2 하부구조

가. 교대

- 교대는 교량 상부구조 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다.
- 남조천교(춘천)의 교대형식은 역T형식이고, 직접기초 형식으로 시공되어 있으며 금회 현장 조사 시 교대의 외관상태 및 법면사면(압성토)를 중점적으로 조사하였다.

교대(A1) 전경	교대(A2) 전경

【그림 3-24】 남조천교(춘천) 교대 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열, 박리, 파손, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.
- 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(파손, 박리)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다.
- 교대 A1 전면부에 발생한 철근노출은 시공초기 콘크리트 타설 시 피복두께 부족으로 인해 발생된 손상으로 철근부식 등으로 인해 추가적인 손상이 발생하지 않도록 방청을 동반한 단면보수가 필요하다.

【표 3-28】 춘천방향 - 교대 외관조사 결과

구분	균열		열화 및 손상									
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		박리(㎡)		파손(㎡)		철근노출(㎡)		강판부식(㎡)		표면오염(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	4.50	4	0.52	1	-	-	0.16	2	1.5	2	-	-
A2	0.6	2	0.32	1	0.01	1	-	-	0.4	1.0	1.40	2
합계	5.1	6	0.84	2	0.01	1	0.16	2	1.9	3	1.4	2

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A1 좌측 날개벽 균열(0.2㎜/3.0m)	현 황	◦A1 흉벽 철근노출
원 인	◦건조수축 및 온도변화	원 인	◦콘크리트 피복두께 부족
대 책	◦표면보수	대 책	◦단면보수(방청)

현 황	◦A1 상단부 보수부 박리	현 황	◦A2 보수부 재균열
원 인	◦시공불량	원 인	◦시공불량
대 책	◦단면보수	대 책	◦표면보수

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과, 균열, 박리 및 박락 등이 조사되었으며, 금회 진단에 따른 손상은 체수를 제외하고 대체적으로 동일한 것으로 확인되었다.

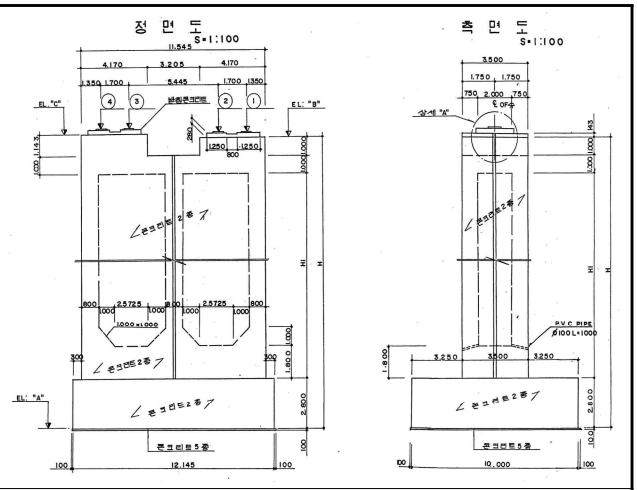
4) 검토의견

- 교대 검토결과, 교대 전면부에 발생한 철근노출은 내구성확보를 위해 방청을 동반한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. 교각

- 상부구조를 지지하는 구조물인 교각형식은 벽식 교각이고, 기초형식은 직접기초로 시공되어 있다. 남조천교(춘천)은 8경간 교량으로 교각이 7개소로 유지관리를 용이하게 하기 위한 출입사다리 및 점검통로가 시공되어 있어 도보점검 및 고소점검차를 이용하여 조사하였다.

교각(P4) 전경



교각 일반도

【그림 3-25】 남조천교(춘천) 교각 전경

1) 외관조사 결과

- 교대에 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열 및 망상균열, 박리 및 박락, 재료분리, 철근노출, 표면오염, 앵커볼트 미제거 등의 손상이 조사되었다.
- 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
- 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(박리 및 박락, 재료분리)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다.
- 일부 기둥부에 철근노출이 발생하였으며, 이는 시공초기 콘크리트 타설 시 피복두께 부족으로 인해 발생된 손상으로 철근부식 등으로 인해 추가적인 손상이 발생하지 않도록 방청을 동반한 단면보수가 필요하다.
- 발생한 표면오염은 교각측으로 설치되어 있는 수직 배수관 연결 이음부에서 누수로 인해 발생한 것으로 확인되었으며, 이로 인해 콘크리트열화, 단면결함 등의 손상은 발생하지 않아 지속적으로 주위관찰이 필요한 것으로 판단된다.

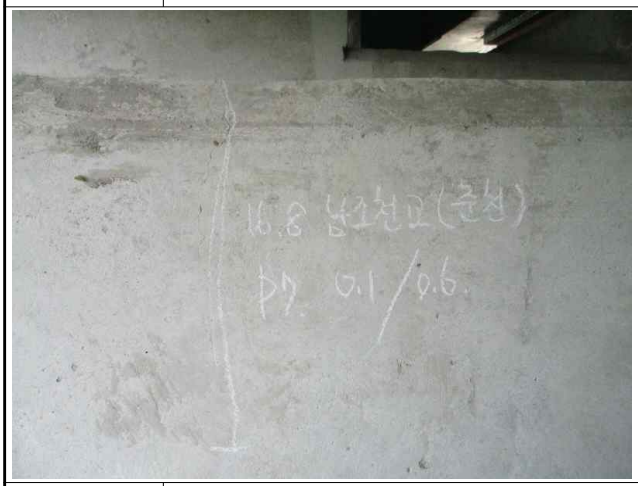
【표 3-29】 춘천방향 - 교각 외관조사 결과

구분	균열									
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)		보수부재균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		보수부 망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
P1	8.10	7	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	5.40	5	-	-	14.00	1	-	-	6.00	1
P3	46.20	25	1.20	1	-	-	-	-	-	-
P4	12.90	10	1.00	1	107.89	3	-	-	6.00	1
P5	11.90	26	-	-	5.25	2	-	-	6.00	1
P6	8.70	5	-	-	-	-	0.10	1	-	-
P7	0.60	1	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	93.80	79	2.20	2	127.14	6	0.10	1	18.00	3

【표 3-29】 춘천방향 - 교각 외관조사 결과(계속)

구분	열화 및 손상													
	박리(㎡)		보수부박리 (㎡)		보수재박리 (㎡)		박락(㎡)		파손(㎡)		철근노출 (㎡)		재료분리 (㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
P1	-	-	0.40	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2.32	6
P2	-	-	8.00	1	-	-	0.01	1	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	0.30	1	0.03	3	-	-	-	-	0.64	1
P4	6.12	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	1	0.02	1	-	-
P6	0.18	1	-	-	-	-	-	-	0.16	4	-	-	-	-
P7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	6.30	3	8.40	2	0.30	1	0.04	4	0.17	5	0.02	1	2.96	7

2) 손상별 원인분석

현 황	◦P2 교각 상단부 균열(0.3㎜/1.5m)	현 황	◦P5 교각 배면 보수부균열(0.1㎜/1.0m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화	원 인	◦시공불량
대 책	◦주입보수	대 책	◦표면보수
			
현 황	◦P7 교각 균열(0.1㎜/0.6m)	현 황	◦P7 교각 상단부 균열(0.1㎜,0.2m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화	원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면보수	대 책	◦표면보수

3) 기 점검결과와의 비교· 분석

- 기 진단 결과, 균열 및 망상균열, 재료분리, 표면오염 등이 발생하였으나, 금회 진단 시 확인결과 공용년수의 증가로 박리 및 박락 등이 추가 조사되었다.

4) 검토의견

- 교각에 발생한 단면결함과 철근노출은 내구성확보를 위해 단면보수, 방청을 동반한 단면보수가 필요한 것으로 판단된다.

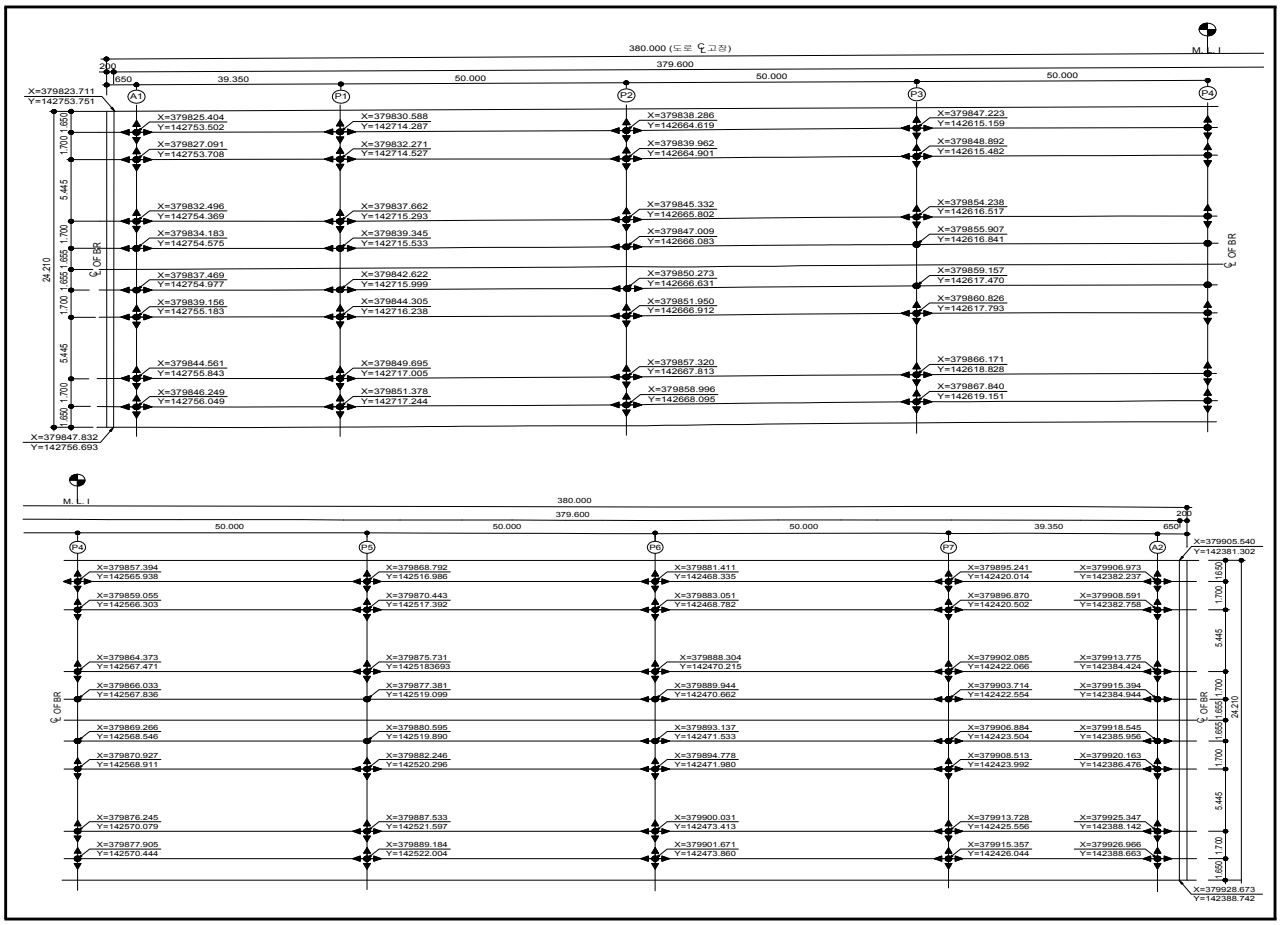
3.3.3 교량받침

- 교량 받침장치는 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 교량의 부속장치로서 하중에 의해서 상부구조에 발생되는 변위와 온도변화 및 크리프에 의해 발생되는 교량의 변위, 변형에 대해서도 흡수 또는 저항하는 구조 요소이므로 받침본체의 기능상태, 편기상태, 부식, 몰탈 및 콘크리트의 균열 파손 등에 대하여 점검을 실시 하였다.
- 본 교량의 받침은 전구간 Pot Bearing으로 교대 및 교각에 거더당 2개소씩 총 36개소가 시공되어 있으며, 고정단 3개소, 일방향 가동단 15개소, 양방향 가동단 18개소로 구성되어 있다. 교량받침 배치현황은 다음 그림과 같다.

교량받침 전경(A1-Sh1, 양방향)

교량받침 전경(P4-Sh3, 고정단)

교량받침 전경(A1-Sh2, 일방향)



【그림 3-26】 남조천교(춘천) 교량받침 배치도

전단키 설치위치			받침용량 (ton)	전단키 설치 전경
구분	교축직각	교축방향		
A1	G1,G2	-	160	
P1	G1,G2	-	350	
P2	G1,G2	-	350	
P3	G1,G2	G1,G2	350	
P4	G1,G2	G1,G2	350	
P5	G1,G2	G1,G2	350	
P6	G1,G2	-	350	
P7	G1,G2	-	350	
A2	G1,G2	-	160	

【그림 3-27】 춘천방향 - 전단키 설치 현황

가. 외관조사

1) 외관조사 결과

- 교량받침 조사결과, 받침본체 부식, 도장박리, 받침콘크리트 및 몰탈 균열, 받침 콘크리트 박리 등의 손상이 조사되었다.
- 교량 받침에 부식이 전반적으로 조사되었으며, 이는 외측면을 통한 우수유입이 가장 주요 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 적절한 것으로 판단된다.
- 받침콘크리트, 받침 몰탈에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으나, 내구성 확보를 위해 균열 폭에 따라 0.3㎜미만은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

【표 3-30】 춘천방향 - 교량받침 외관조사 결과

구분	받침본체							
	받침부식(㎡)		도장박리(㎡)		도장박락(㎡)		Soleplate부식(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.50	2	-	-	0.03	1	0.22	2
P1	-	-	0.03	1	-	-	-	-
P2	-	-	0.04	1	-	-	0.9	6
P3	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	0.10	1	-	-	-	-
P5	-	-	0.18	3	-	-	0.16	2
P6	-	-	0.46	4	-	-	0.45	3
P7	-	-	0.22	3	-	-	0.05	1
A2	-	-	0.40	1	-	-	-	-
합계	0.50	2	1.43	14	0.03	1	1.78	14

【표 3-30】 춘천방향 - 교량받침 외관조사 결과(계속)

구분	받침콘크리트										받침모르타르	
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		보수부재균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)		보수부망상균열 Cw=0.3㎜미만 (㎡)		균열 Cw=0.3㎜미만 (m)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
A1	0.04	1	-	-	-	-	0.20	1	0.20	1	0.40	1
P1	1.20	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1.20	1
P2	-	-	-	-	4.50	3	-	-	-	-	-	-
P3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	0.20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	1.60	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	0.30	2	0.30	1	-	-	0.64	1	-	-	-	-
합계	**3.34**	**8**	**0.3**	**1**	**4.50**	**3**	**0.84**	**2**	**0.20**	**1**	**1.60**	**2**

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A1-Sh4 받침장치 부식	**현 황**	◦A1 전단키 부식
원 인	◦외부 우수유입	**원 인**	◦외부 우수유입
대 책	◦녹제거 후 재도장	**대 책**	◦녹제거 후 재도장

현 황	◦P6 전단키 도장박리	현 황	◦P7-Sh2 받침콘크리트 균열(0.2㎜/0.8m)
원 인	◦도장전 바탕처리 불량	원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦재도장	대 책	◦표면보수

3) 기 점점결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 받침부식, 몰탈 및 콘크리트 균열, 박리 등의 손상이 조사되었으며, 금회 진단 시 대부분 동일한 손상이 발생되었다.

4) 검토의견

- 받침장치에 발생한 부식은 내구성확보를 위해 녹제거 후 재도장이 필요 할 것으로 판단된다.

→ 받침장치 및 Sole plate에 발생한 부식은 진전 시 받침장치 가동불량이 발생 할 수 있으므로 녹제거 후 재도장을 실시하여 주기적인 점검을 통해 유지관리를 실시한다면 교량의 안전성과 내구성은 확보할 것으로 판단된다.

나. 연단거리 검토

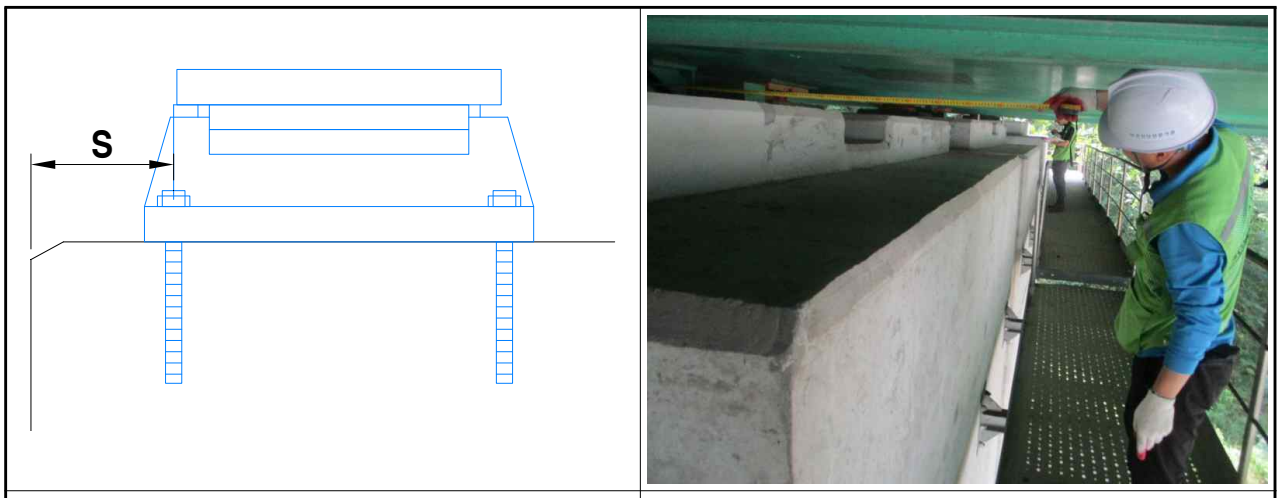
- 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 '도로교설계기준(2010, 국토교통부)' 에서는 최소값을 규정하고 있다.
  - 거더의 경간길이 100m 이하 : S(㎜) = 200 + 5L
  - 거더의 경간길이 100m 이상 : S(㎜) = 300 + 4L

여기서, L은 경간길이(m)

1) 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)
- 거더 경간길이(L=90.0m) : 200+5×90.0 = 650(㎜)

2) 연단거리 측정방법



연단거리 측정 개요도	연단거리 실측 전경

【그림 3-28】 춘천방향 - 연단거리 측정방법

3) 연단거리 측정결과

- 각 지점별 받침에 대한 연단거리 측정 결과, 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 도로교설계기준 연단거리 최소규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.
- 연단거리의 부족으로 인한 교량받침의 손상 및 낙교 문제가 없다고 판단되므로 지속적인 유지관찰이 필요한 것으로 판단된다.

【표 3-31】 춘천방향 - 연단거리 측정결과

구 분		경간장 (m)	계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
				G1		G2		
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1	종점측	40	400	470	470	500	490	O.K
P1	시점측	40	400	740	740	720	720	O.K
	종점측	45	450	970	920	970	1,020	O.K
P2	시점측	45	450	1,380	1,400	1,430	1,430	O.K
	종점측	45	450	1,650	1,950	1,540	1,530	O.K
P3	시점측	45	450	1,430	1,430	1,430	1,430	O.K
	종점측	45	450	1,630	1,570	1,560	1,540	O.K

【표 3-31】 춘천방향 - 연단거리 측정결과(계속)

구 분		경간장 (m)	계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
				G1		G2		
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
P4	시점측	45	450	1,370	1,425	1,460	1,470	O.K
	종점측	45	450	1,620	1,592	1,540	1,520	O.K
P5	시점측	45	450	1,400	1,430	1,430	1,460	O.K
	종점측	45	450	1,680	1,620	1,620	1,580	O.K
P6	시점측	45	450	1,480	1,500	1,560	1,580	O.K
	종점측	45	450	1,540	1,540	1,480	1,480	O.K
P7	시점측	45	450	1,450	1,450	1,460	1,490	O.K
	종점측	40	450	1,650	1,580	1,580	1,580	O.K
A2	시점측	40	400	520	530	550	540	O.K

다. 교량받침 이동량 검토

- 교량받침은 포트받침으로 현재 여유량을 실측함으로써 온도 변화와 활하중에 의한 거더의 처짐에 따른 신축시 이동량 부족으로 인한 받침의 기능 저하 여부를 검토하고자 하였다.
- 이동량 검토 결과, 받침장치의 경우 신축 여유량 및 수축여유량이 부족하지 않은 양호한 상태로 평가되었고, 사용성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

받침장치 이동위치 측정

받침장치 가동흔적

【표 3-32】 춘천방향 - 교량받침 가동상태 검토결과

구 분		실측이동량(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	Sh1	40(A1)	10(A1)	-30	27.9	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	35(A1)	13(A1)	-22		
	Sh3	50(A1)	10(A1)	-40		
	Sh4	60(A1)	15(A1)	-45		
P1	Sh1	40(A1)	0(A1)	-40	20.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	21(A1)	0(A1)	-21		
	Sh3	20(A1)	0(A1)	-20		
	Sh4	19(A1)	0(A1)	-19		
P2	Sh1	15(A1)	25(A2)	-40	10.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	20(A1)	28(A2)	-48		
	Sh3	16(A1)	25(A2)	-41		
	Sh4	20(A1)	28(A2)	-48		
P3	고정단					
P4	고정단					
P5	고정단					
P6	Sh1	30(A2)	0	-30	10.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	25(A2)	0	-25		
	Sh3	28(A2)	0	-28		
	Sh4	20(A2)	0	-20		
P7	Sh1	45(A2)	0	-45	20.0	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	45(A2)	0	-45		
	Sh3	46(A2)	0	-46		
	Sh4	46(A2)	0	-46		
A2	Sh1	82(A2)	25(A2)	-57	27.9	1차:25.6℃ 2차:9.0℃ 온도차:16.6℃
	Sh2	80(A2)	20(A2)	-60		
	Sh3	80(A2)	20(A2)	-60		
	Sh4	82(A2)	25(A2)	-57		
※ 1차 측정 : 2016년 08월 01일(25.6℃) / 2차 측정 : 2016년 11월 10일(9.0℃)						

【표 3-33】 춘천방향 - 교량받침 이동량 산정

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	최대 받침 가동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	140	76.6	24.2	12.44	76.6	36.6
	2차	29.0	31.0			48.7	52.1		48.7	64.5
P1	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	100	54.7	17.3	-	54.7	17.3
	2차	29.0	31.0			34.8	37.2		34.8	37.2
P2	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	50	27.4	8.6	-	27.4	8.6
	2차	29.0	31.0			17.4	18.6		17.4	18.6
P3	1차	고정단								
	2차									
P4	1차	고정단								
	2차									
P5	1차	고정단								
	2차									
P6	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	50	27.4	8.6	-	27.4	8.6
	2차	29.0	31.0			17.4	18.6		17.4	18.6
P7	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	100	54.7	17.3	-	54.7	17.3
	2차	29.0	31.0			34.8	37.2		34.8	37.2
A2	1차	45.6	14.4	1.2×10^{-5}	140	76.6	24.2	12.44	76.6	36.6
	2차	29.0	31.0			48.7	52.1		48.7	64.5

1) 조사당시 온도 : 1차조사 : 25.6℃ (조사일 : 2016년 08월 01일, 25.6℃)
2차조사 : 9.0℃ (조사일 : 2016년 11월 10일, 9.0℃)
2) 검토온도 : -20℃ ~ +40℃ (한랭한지방)
3) 지점의 회전변위에 의한 신축량 $\Delta \ell r = \Sigma(hi \cdot \theta i)$
여기서, hi : 받침의 회전중심에서 보의 중립축 까지의 높이 (거더높이의 2/3)
θi : 보의 회전각(강교: 1/150) $\Delta \ell r = \Sigma(hi \cdot \theta i) = 2/3 \times 2800 \times 1/150 = 12.44mm$
h : 주형높이 2,800mm, θ : 1/150 (강교)
* 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

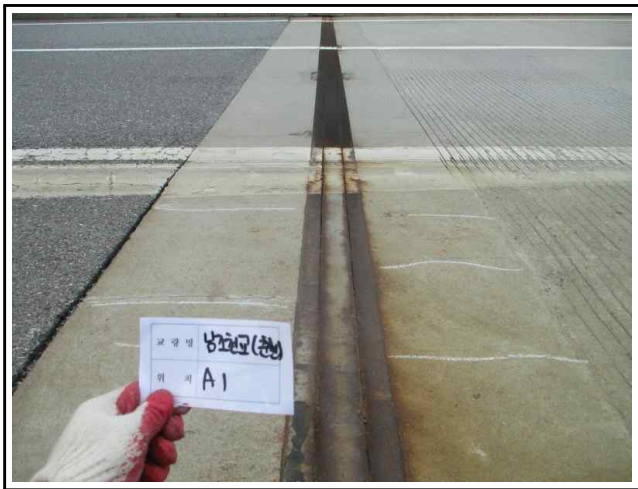
【표 3-34】 춘천방향 - 교량받침 가동여유량 검토결과

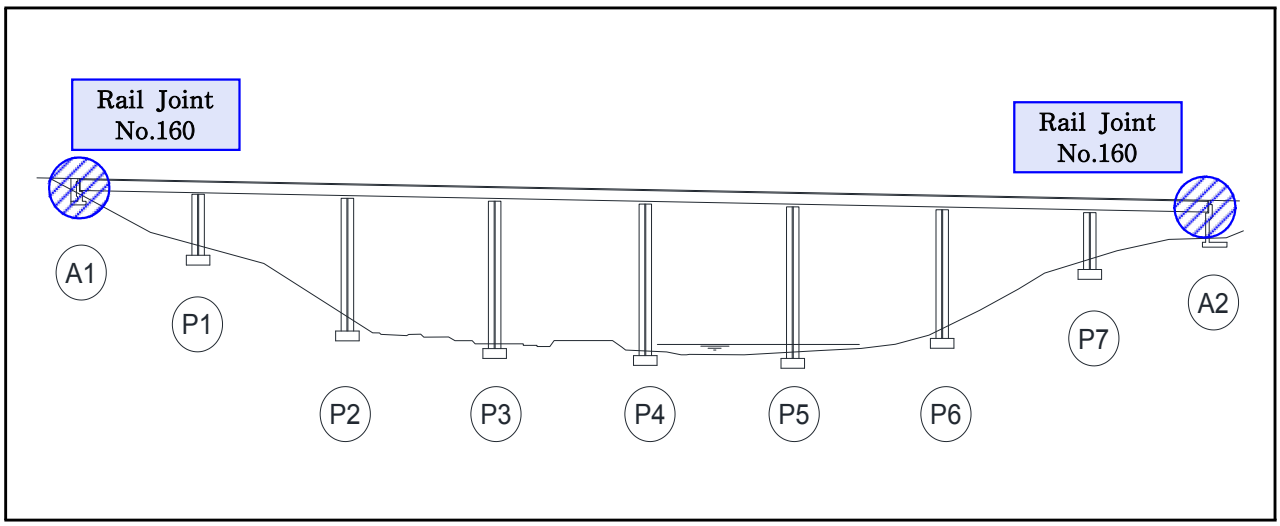
구 분		점검당시 실측이동량(㎜)	최대 받침 이동량(㎜)		실측 받침 가동여유량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
			최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	40(A1)/10(A1)	76.6/48.7	36.6/64.5	240/210	160/190	±200	O.K
	Sh2	35(A1)/13(A1)			235/213	175/187		O.K
	Sh3	50(A1)/10(A1)			250/210	150/190		O.K
	Sh4	60(A1)/15(A1)			260/215	140/185		O.K
P1	Sh1	40(A1)/0	54.7/34.8	17.3/37.2	190/150	110/150	±150	O.K
	Sh2	21(A1/0			171/150	129/150		O.K
	Sh3	20(A1)/0			170/150	130/150		O.K
	Sh4	19(A1)/0			169/150	131/150		O.K
P2	Sh1	15(A1)/25(A2)	27.4/17.4	8.6/18.6	115/75	85/125	±100	O.K
	Sh2	20(A1)/28(A2)			120/72	80/128		O.K
	Sh3	16(A1)/25(A2)			116/75	84/125		O.K
	Sh4	20(A1)/28(A2)			120/72	80/128		O.K
P3	고정단							
P4	고정단							
P5	고정단							
P6	Sh1	30(A2)/0	27.4/17.4	8.6/18.6	130/100	70/100	±100	O.K
	Sh2	25(A2)/0			125/100	75/100		O.K
	Sh3	28(A2)/0			128/100	72/100		O.K
	Sh4	20(A2)/0			120/100	80/100		O.K
P7	Sh1	45(A2)/0	54.7/34.8	17.3/37.2	195/150	105/150	±150	O.K
	Sh2	45(A2)/0			195/150	105/150		O.K
	Sh3	46(A2)/0			196/150	104/150		O.K
	Sh4	46(A2)/0			196/150	104/150		O.K
A2	Sh1	82(A2)/25(A2)	76.6/48.7	36.6/64.5	282/225	118/175	±200	O.K
	Sh2	80(A2)/20(A2)			280/220	120/180		O.K
	Sh3	80(A2)/20(A2)			280/220	120/180		O.K
	Sh4	82(A2)/25(A2)			282/225	118/175		O.K

주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

3.3.4 신축이음장치

- 신축이음 장치는 온도변화에 의한 신축거동, 교면수의 하부유입을 막는 차수기능을 하는 부재로써 현장 조사 시 이러한 기능성 저하여부, 내구성 측면, 차량 주행 안전성 등에 대해 중점적으로 조사하였다.
- 남조천교(춘천)의 신축이음장치는 A1, A2에 레일 조인트로 설치되어 있으며, 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.

	
신축이음장치 전경(A1)	신축이음장치 전경(A2)



【그림 3-29】 춘천방향 - 신축이음 배치도

가. 외관조사

1) 외관조사 결과

- 신축이음장치 외관조사 결과 강재부식, 후타재 균열, 파손 및 콘크리트 열화, 차수판 볼트 탈락, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다.

- 후타재에 발생한 균열, 파손은 건조수축과 지속적인 중차량 통행 등에 의해 발생된 손상으로 폭 0.3㎜미만 후타재 균열에 대해서는 표면보수, 후타재 파손은 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 발생한 신축이음장치 강재부식, 이물질퇴적은 공용기간 증가와 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 강재부식은 신축이음장치 사용성에 문제가 없을 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한 신축이음장치 유간사이의 이물질퇴적으로 인해 신축거동에 영향을 받지 않도록 주기적인 청소가 필요할 것으로 판단된다.
- 차수판에 발생한 볼트 탈락은 공용기간 증가와 지속적인 중차량 통행에 의해 발생된 손상으로 구조물에 미치는 영향은 적은 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다.

【표 3-35】 춘천방향 - 신축이음장치 외관조사 결과

구분	본체					후타재				
	부식(㎡)		이물질퇴적(m)		치수판볼트 탈락	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)	균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		파손(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	개소	물량	물량	개소	물량	개소
A1	1.40	2	2.50	2	4	14.56	-	28	0.11	4
A2	1.44	2	3.00	2	2	8.20	0.90	18	0.07	2
합계	2.84	4	5.50	4	6	22.76	0.90	46	0.18	6

2) 손상별 원인분석

현 황	◦A1 신축이음장치 후타재 균열
원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦표면보수

현 황	◦A1 신축이음장치 후타재 파손
원 인	◦지속적인 중차량 통행
대 책	◦단면보수

현 황	◦A2 신축이음장치 부식	현 황	◦A2 신축이음장치 이물질퇴적
원 인	◦공용기간 증가	원 인	◦공용기간 증가
대 책	◦주의관찰	대 책	◦청소

3) 기 점점결과와의 비교 · 분석

- 기 진단 외관조사 결과, 신축이음장치 부식과 후타재 균열, 이물질퇴적 등이 조사되었으며, 금회 진단 시 동일하게 조사되었으나, 공용기간 증가와 중차량 통행으로 인해 차수판 볼트탈락이 추가적으로 조사되었다.

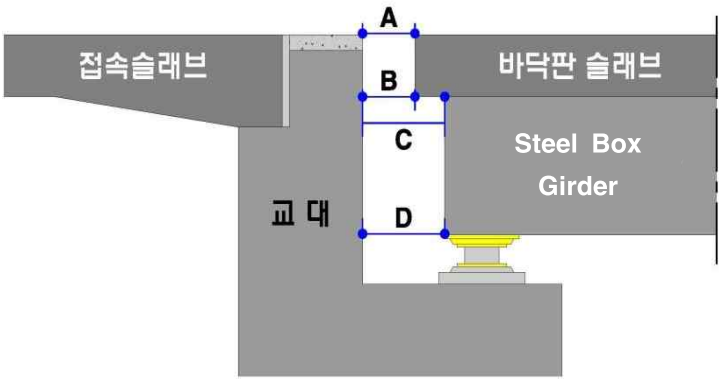
4) 검토의견

- 신축이음장치에 발생한 부식은 지속적인 주의관찰이 필요하며, 후타재 균열 및 파손은 내구성확보를 위해 적절한 보수가 필요할 것으로 판단된다.

나. 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치, 바닥판 및 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승 시 신장량과 최저 온도 하강 시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

1) 신축이음 유간 측정방법

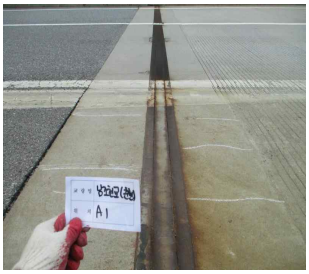


A 신축이음장치 유간

B 바닥판 슬래브 유간

C Steel Box Girder 상부 유간

D Steel Box Girder 하부 유간

			
신축이음장치(A1)	신축이음 유간 측정(A1)	신축이음장치(A2)	신축이음 유간 측정(A2)

【그림 3-30】 춘천방향 - 신축이음 유간 측정방법

2) 신축이음 유간 측정결과

【표 3-36】 춘천방향 – 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측정값(mm)								비고
	신축이음장치(A)		바닥판(B)		거더상부(C)		거더하부(D)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
Rail Joint (A1)	30	45	180	195	190	210	190	210	
Rail Joint (A2)	42	70	160	200	190	230	190	230	
※ 1차 측정 : 16년 7월 14일(25.4℃) / 2차 측정 : 16년 11월 10일(6.6℃)									

- 7월(25.4℃)과 11월(6.6℃)의 온도 변화에 따른 변동량 측정결과, 이론 변동량과 차이는 보이고 있으나, 교량의 신축거동상태는 전반적으로 양호한 것으로 판단된다.
- 거더와 바닥판 단부는 거의 동일 하였으며, 신축이음장치와의 차이는 신축이음장치 이물질 퇴적으로 인한 이격차이 및 다소의 측정 오차인 것으로 판단되며, 기 진단 결과와 비교·분석 결과 금회 조사와 비슷한 패턴으로 측정된 것으로 확인되었다.

【표 3-37】 춘천방향 - 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동상태 검토결과

구 분		측정유간(㎜)		변동량(㎜)		비 고
		1차	2차	실측치	이론치	
A1	신축이음장치	30	45	15	31.6	1차:25.4℃ 2차:6.6℃ 온도차:18.8℃
	바닥판 단부	180	195	15		
	거더 상부	190	210	200		
	거더 하부	190	210	20		
A2	신축이음장치	42	70	28	31.6	1차:25.4℃ 2차:6.6℃ 온도차:18.8℃
	바닥판 단부	160	200	40		
	거더 상부	190	230	40		
	거더 하부	190	230	40		

3) 신축이음 신축이동량 산정

【표 3-38】 춘천방향 - 신축이음 신축이동량 산정

구 분		온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (㎜)	계산 이동량(㎜)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
A1	1차	45.4	14.6	1.2×10^{-5}	140	76.2	24.5	12.44	76.2	36.9
	2차	26.6	33.4			44.7	56.1		44.7	68.5
A2	1차	45.4	14.6	1.2×10^{-5}	140	76.2	24.5	12.44	76.2	36.9
	2차	26.6	33.4			44.7	56.1		44.7	68.5

1) 조사당시 온도 : 1차조사 : 25.4℃ (조사일 : 2016년 07월 14일, 25.4℃)
2차조사 : 6.6℃ (조사일 : 2016년 11월 10일, 6.6℃)
2) 검토온도 : -20℃ ~ +40℃ (한랭한지방)
* 신축장 100m 이상 교량의 경우 신장시에만 고려(도로설계요령, 2009)

【표 3-39】 춘천방향 - 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(1차)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
A1	신축이음장치	76.2	36.9	30	160	53.8	-6.9	N.G
	바닥판 단부			180	-	-	143.1	O.K
	거더 상부			190		-	153.1	O.K
	거더 하부			190		-	153.1	O.K
A2	신축이음장치	76.2	36.9	42	160	41.8	5.1	O.K
	바닥판 단부			160	-	-	123.1	O.K
	거더 상부			190		-	153.1	O.K
	거더 하부			190		-	153.1	O.K

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

【표 3-40】 춘천방향 - 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과(2차)

구 분		계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량 (㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
A1	신축이음장치	44.7	68.5	45	160	70.3	-23.5	N.G
	바닥판 단부			195	-	-	126.5	O.K
	거더 상부			210		-	141.5	O.K
	거더 하부			210		-	141.5	O.K
A2	신축이음장치	44.7	68.5	70	160	45.3	1.5	O.K
	바닥판 단부			200	-	-	131.5	O.K
	거더 상부			230		-	161.5	O.K
	거더 하부			230		-	161.5	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K								

다. 검토의견

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 신축이음장치, 바닥판 및 거더 상·하부에 대한 유간을 측정하기 위하여 7월(25.4℃), 11월(6.6℃)에 2회 측정하였다.
- 상부구조의 온도변화에 의한 신축거동에 따른 신축유간의 여유량 확보여부 검토결과, 교대 A2은 신축유간의 여유량은 충분한 것으로 검토되었으나, A1의 신축이음장치 유간이 부족한 것으로 평가되었다.
- A1 신축이음장치 발생한 유간 부족은 시공불량(설치 시 온도 미 반영), 공용기간 증가에 따른 이물질퇴적으로 인해 거동 미흡 등 복합적인 원인으로 발생된 것으로 판단된다. 신장 여유량이 부족하여 온도에 의한 바닥판 팽창 시 신축이음장치에 응력집중으로 후타재, 교대 흉벽, 바닥판 단부에도 2차적인 손상이 발생 할 수 있으며, 교량의 내구성확보를 위해 교체가 필요 할 것으로 판단된다.
- 기 진단 시 신축이음장치 가동 여유량 검토결과, A1신축이음장치의 최대온도 상승시(40℃) 8.8~15.2mm의 가동 여유량이 부족한 것으로 조사되었다. 하지만 현재 받침장치의 가동이 비교적 양호하고 여유량 부족으로 인한 추가적인 손상이 발생되지 않은 상태이므로 신축이음장치의 즉각적인 교체는 불필요하며 향후 유지관리시(점검 및 진단시)지속적인 관찰 후 교체여부를 검토해야 할 것이다.

(기 진단 신축이음 및 바닥판 단부 가동여유량 점검내용-부산방향)

위 치		측정유간 (mm)		신장량(mm)				수축량(mm)			
				최대 온도상승시		여유량		최저 온도하강시		여유량	
		6월(25℃)	9월(30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)	6월 (25℃)	9월 (30℃)
A1	신축이음	10	8	25.2	16.8	-15.2	-8.8	75.6	84	85.6	92
	바닥판	185	180			159.8	163.2			260.6	264
	거더	185	183			159.8	166.2			260.6	267
A2	신축이음	38	34	25.2	16.8	12.8	17.2	75.6	84	113.6	118
	바닥판	175	160			149.8	143.2			250.6	244
	거더	204	187			178.8	170.2			279.6	271

* 점검당시 온도 : 25℃('12년 6월)
* 강교 : 온도변화(한랭한지방) = -20~+40℃ 선팽창계수 = 1.2×10^{-5}
* 신축장(L) = 140m(A1,A2)
* 신장량 : 140m구간=(40-25)$\times1.2\times10^{-5}\times140$≒25.2mm
* 수축량 : 140m구간=(25-(-20))$\times1.2\times10^{-5}\times140$≒75.6mm
* 점검당시 온도 : 30℃('12년 9월)
* 강교 : 온도변화(한랭한지방) = -20~+40℃ 선팽창계수 = 1.2×10^{-5}
* 신축장(L) = 140m(A1,A2)
* 신장량 : 140m구간=(40-30)$\times1.2\times10^{-5}\times140$≒16.8mm
* 수축량 : 140m구간=(25-(-30))$\times1.2\times10^{-5}\times140$≒84.0mm

3.3.5 교면포장

- L.M.C(Latex Modified Concrete) 교면포장공법은 교량구조물을 보호하기 위하여 고무성질의 라텍스와 콘크리트를 혼합하는 특수공법으로 염분과 수분으로 인한 균열을 방지하고 강도가 증가하는 효과가 있다. 남조천교(춘천) 교면포장은 바닥판 누수문제로 인해 2006년 콘크리트 포장(LMC)으로 재포장이 이루어진 상태이다.

교면포장 전경	교면포장 상태양호

【그림 3-31】 남조천교(춘천) 교면포장 전경

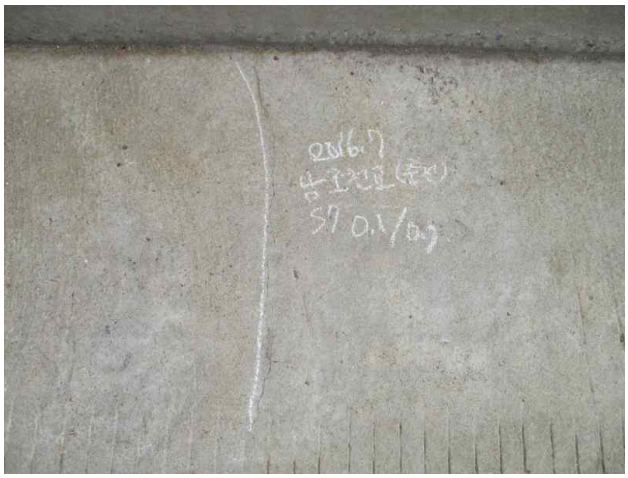
1) 외관조사 결과

- 교면포장 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 구간에 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손 등의 손상이 조사되었다.
- 발생한 균열 및 망상균열 건조수축, 온도변화 및 시공 초기 다짐미흡(온도관리) 등의 복합적인 원인에 의해 균열 이 발생된 것으로 판단된다. 이들 손상은 부분적으로 발생된 상태로 손상에 의해 차량 주행성 저하는 미미한 상태이므로 균열은 지속적인 유지관찰 후 일괄적으로 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.
- S8 교면포장부에 발생한 콘크리트 파손은 중차량 통행에 의해 발생된 손상으로 차량 주행성에 영향을 미치지 않도록 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3-41】 춘천방향 - 교면포장 외관조사 결과

구분	균열			
	균열 Cw=0.3㎜미만(m)		망상균열 Cw=0.3㎜미만(㎡)	
	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	-	-
S2	-	-	-	-
S3	0.3	1	200.00	1
S4	-	-	123.00	3
S5	1.0	1	100.00	1
S6	1.5	3	-	-
S7	0.7	1	-	-
S8	-	-	-	-
합계	3.5	6	423	5

2) 손상별 원인분석

			
현 황	◦S4 교면포장 망상균열	현 황	◦S7 교면포장 균열(0.1㎜/0.7m)
원 인	◦건조수축 및 온도변화	원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦주의관찰	대 책	◦주의관찰

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과 균열, 망사균열 등의 손상이 조사되었다. 금회 진단 시 발생된 손상은 대체적으로 동일하나, 공용기간 증가와 중차량 통행으로 인한 콘크리트 파손이 추가적으로 조사되었다.

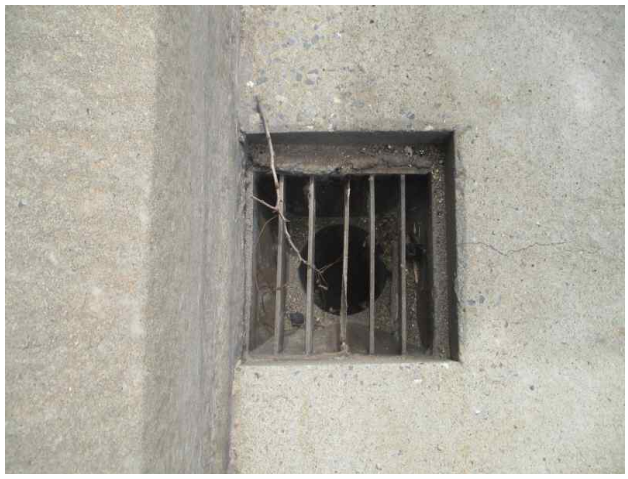
4) 검토의견

- 교면포장부에 국부적으로 발생한 균열은 시공초기에 발생한 손상으로 차량 주행성 저하는 미미한 상태이므로 균열은 지속적인 유지관찰 후 일괄적인 보수가 요구된다.

3.3.6 기타부재

가. 배수시설

- 배수시설은 우수 유입에 따른 열화방지를 위해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위한 시설로서, 남조천교(춘천)의 배수시설은 각각의 경간 상부에 설치된 집수구를 통하여 STEEL Pipe 배수관을 따라 하부로 배수되도록 설치되어 있다.

	
배수구 전경	배수관 전경

【그림 3-32】 남조천교(춘천) 배수시설 전경

1) 외관조사 결과

- 배수시설 외관조사 결과 배수관 부식, 배수구 막힘, 누수, 파손, 배수관 길이부족 등의 손상이 조사되었다.
- 배수관에 발생된 손상은 공용기간 증가와 재료적 특성, 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 지속적인 주의관찰이 필요하다. 특히, 배수구 막힘은 공용기간 증가에 따른 이물질퇴적으로 인한 발생된 손상으로 우기 시 원활한 배수가 이루어지도록 주기적인 청소가 필요하다.
- S8 바닥판에 설치된 배수관의 배수관 길이부족은 우기 시 교각에 표면오염을 발생시키고 있는 것으로 조사되었으며, 이는 배수관 설치 시 시공불량으로 판단된다. 또한 교각에 표면오염이 발생하였지만 금회 외관조사 시 콘크리트 열화 등의 손상은 발생하지 않았다.
- 배수관에 발생한 파손은 배수관 이음부에서 발생하였으며, 장기공용 및 누후화에 의해 발생된 것으로 손상규모 및 범위는 작지만 우기 시 배수관 통해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위해서 배수관 교체가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3-42】 춘천방향 - 배수시설 외관조사 결과

구분	열화 및 손상					
	부식	막힘	파손	누수	길이부족	이물질퇴적
	개소	개소	개소	개소	개소	개소
S1	-	1	1	-	-	1
S2	3	1	-	1	-	-
S3	2	-	2	-	-	-
S4	1	2	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-
S6	2	-	-	-	-	1
S7	2	-	-	-	-	-
S8	1	-	-	-	1	1
합계	11	4	3	1	1	3

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S2 배수구막힘	현 황	◦S3 배수관 연결부 파손
원 인	◦이물질 퇴적	원 인	◦공용기간 증가 및 노후화
대 책	◦청소	대 책	◦재설치

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과, 배수구 막힘, 배수관 부식, 이물질 퇴적, 이음부 누수, 배수관 길이부족 등의 손상이 조사되었으며, 금회 진단 시에도 동일한 배수시설의 손상이 조사되었다.

4) 검토의견

- 배수구 막힘의 유형은 이물질 퇴적에 의해 우수받이 부위가 막힌 것으로 확인되었고, 연결형 배수관은 이물질 및 토사 등이 퇴적되어 있지 않은 것으로 조사되었다. 전반적으로

배수구 및 배수관은 배수기능에는 문제가 없으므로 주기적으로 청소를 실시한다면 문제가 없을 것으로 판단된다.

나. 방호벽 및 중앙분리대

자동차의 차도이탈 방지, 사고 시 완충작용 등의 기능을 하는 방호벽은 철근콘크리트 구조로 신축이음부에는 차수판이 설치되어 있다.

방호벽 전경	방호벽 제원 측정 현황

1) 외관조사 결과

- 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과 균열, 보수부 재균열, 백태, 박리 및 박락, 철근노출, 재료분리, 파손 등의 손상이 조사되었다.
- 발생한 균열은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생된 손상으로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 필요할 것으로 판단된다. 또한 보수 후 지속적인 유지관찰하여 보수부 재손상 발생여부 확인이 필요하다.
- 내측 방호벽에서 일부 보수부 재균열이 발생하였다. 이는 시공 시 면처리가 적절하게 이루어지지 않아 보수부 재균열이 발생된 것으로 판단된다.
- 국부적으로 발생한 박리 및 박락, 철근노출, 재료분리는 콘크리트 피복두께 및 치밀성 부족, 콘크리트 다짐불량, 지속적인 우수유입 등으로 인해 발생된 손상으로 내구성확보를 위해 단면보수와 방청을 동반한 단면보수가 필요하다.
- 방호벽(날개벽-접속부) 구간에 일부 파손이 발생하였으며, 이는 안정화 단계 중 구조물의 부분변위로 추정되며, 현 상태에서 구조물에 영향을 미칠만한 손상은 발생하지 않았으나, 지속적인 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

① 부등침하 여부 확인

날개벽의 부등침하 여부를 파악하기 위하여 기울기 측정을 실시하였다. 측정결과, 부등침하로 인하여 발생한 손상은 아닌 것으로 판단되며, 방호벽에 발생한 파손은 자료조사 결과, 정확한 손상발생 시기를 알 수 없으나, 2012.12~2015. 사이에 발생된 것으로 판단되며, 최소 1년 6개월 동안 손상의 진행은 없는 것으로 판단된다.

따라서, 진행성 손상은 아닌 것으로 판단되며, 금회 조사 시 기울기 측정을 기준으로 주기적인 확인을 필요할 것으로 판단된다.

방호벽(날개벽-접속부) 파손 현황

기울기 측정 현황

구 분	초기값(1차 측정) (2016. 08)	2차측정 (2016. 11)	변위값 (초기값-2차)	비 고
A1 날개벽	1.4°	1.38°	0.02°	양 호
A1 접속옹벽	0.7°	0.7°	-	양 호

기울기 측정은 과업기간 중 2회에 걸쳐 측정하였으며, 측정결과 측정오차로 인해 미소한 차이는 있지만 기울기 변화는 없는 것으로 판단된다.

【표 3-43】 춘천방향 - 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	콘크리트									
	균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		보수부재균열 Cw=0.3㎜미만 (m)		보수부재균열 Cw=0.3㎜이상 (m)		균열 및 백태 (m)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	2.10	6	2.00	1	-	-	-	-	41.00	2
S2	6.60	8	1.20	2	-	-	2.00	1	56.30	7
S3	4.00	8	1.60	3	-	-	1.20	1	53.60	5
S4	3.30	5	1.00	1	1.00	1	-	-	51.00	2
S5	4.10	8	-	-	-	-	1.20	1	51.80	14
S6	1.10	3	-	-	3.00	4	-	-	51.20	2
S7	2.40	4	-	-	1.80	3	0.50	1	50.00	1
S8	3.80	5	-	-	2.00	2	3.40	2	50.00	1
합계	27.4	47	5.8	7	7.8	10	8.3	6	404.9	34

【표 3-43】 춘천방향 - 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과(계속)

구분	콘크리트									
	박리(㎡)		박락(㎡)		철근노출(㎡)		재료분리(㎡)		파손(㎡)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	1
S2	-	-	-	-	-	-	0.08	1	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	0.01	1	-	-	-	-
S8	0.72	2	0.02	1	-	-	-	-	-	-
합계	0.72	2	0.02	1	0.01	1	0.08	1	0.2	1

2) 손상별 원인분석

현 황	◦S2 외측 방호벽 균열 및 백태	현 황	◦S4 방호벽 보수부 재균열
원 인	◦균열부에 지속적인 우수유입	원 인	◦보수공사 시 면처리 불량
대 책	◦표면보수	대 책	◦표면보수
현 황	◦S4 중앙분리대 철근노출	현 황	◦S7 중앙분리대 (0.2㎜/1.2m)
원 인	◦콘크리트 피복두께 및 치밀성 부족	원 인	◦건조수축 및 온도변화
대 책	◦단면보수(방청)	대 책	◦표면보수

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과 균열, 균열 및 백태, 철근노출, 박리 및 박락, 파손 등이 조사되었으며 금회 진단 시 재료분리를 제외하고 발생한 손상은 동일한 것으로 조사되었다.

4) 검토의견

- 교량 부재에서 방호벽 및 중앙분리대는 주요부재가 아닌 기타시설이며, 교량의 미치는 영향은 작은 것으로 판단되나, 주행차량 차도이탈 방지, 사고 시 완충작용 등 2차적인 사고 발생 우려가 있으므로 발생한 손상은 적절한 보수가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

다. 기타 부대시설

1) 점검시설 및 낙하물 방지 안전휀스

- 본 교량의 점검시설은 교대를 제외한 전 구간의 교각 코핑부 및 교량받침에 대해서 점검이 가능하도록 점검로와 바닥판 하면 및 거더외부 점검을 위해 교축방향으로 가로보에 지지된 점검로가 설치되어 있다.

낙하물 방지 안전휀스 전경

교각 P4 점검용 사다리 전경

【그림 3-33】 남조천교(춘천) 기타 부대시설 전경

2) 외관조사 결과

- 교차시설물인 927 일반도로에 주행차량에 영향을 미치지 않기 위해 S4 우측 방호벽에 낙하물 방지 안전휀스가 설치되어 있다.
- 안전휀스 설치 상태는 양호하나, 일부 강재부식이 발생하였다. 이는 장기공용과 환경적인 요인으로 인해 발생된 손상으로 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 지속적인 유지관찰이 필요하다.
- 교축방향으로 설치된 점검로 중 S4 구간에 점검로 발판 파손이 조사되었으며, 이는 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생된 손상으로 지속적인 유지관찰 후 일괄적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 교각 P4측에 설치된 점검용 사다리는 작동불량인 상태인 것으로 확인되었으며, 이는 일부 부식 및 노후화로 인해 작동불량인 것으로 판단되며, 작동노후화 및 일부 부식으로 인한가 오랜공용 및 노후화로 인해 사용불량인 것으로 조사되었다.

【표 3-44】 춘천방향 - 기타 부대시설 외관조사 결과

구분	점검시설	
	점검로 파손	사다리 망실
	개소	개소
S1/A1	-	-
S2/P1	-	-
S3/P2	-	-
S4/P3	1	-
S5/P4	-	1
S6/P5	-	-
S7/P6	-	-
S8/P7	-	-
A2	-	-
합계	1	1

3) 기 점검결과와의 비교・분석

- 기 진단 시 외관조사 결과 교각 P3 점검로 파손 1개소, 교각 P4 사다리 망실 1개소 조사되었으며, 금회 진단 시 동일하게 확인되었으나, 손상규모 및 범위가 미세하며, 구조물에 미치는 영향은 다소 적은 것으로 판단된다.

4) 검토의견

- 부대시설인 점검로는 점검 시 작업자의 안전과 근접상세 조사가 가능한 시설물로서 추가적인 강재변형 및 파손이 발생하지 않도록 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개 요

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

가. 현장시험 항목 및 실시수량

본 구조물에 대한 현장시험은 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (교량편 한국시설안전공단, 2010.12)”에 근거하여 조사 위치 및 수량을 결정하였다.

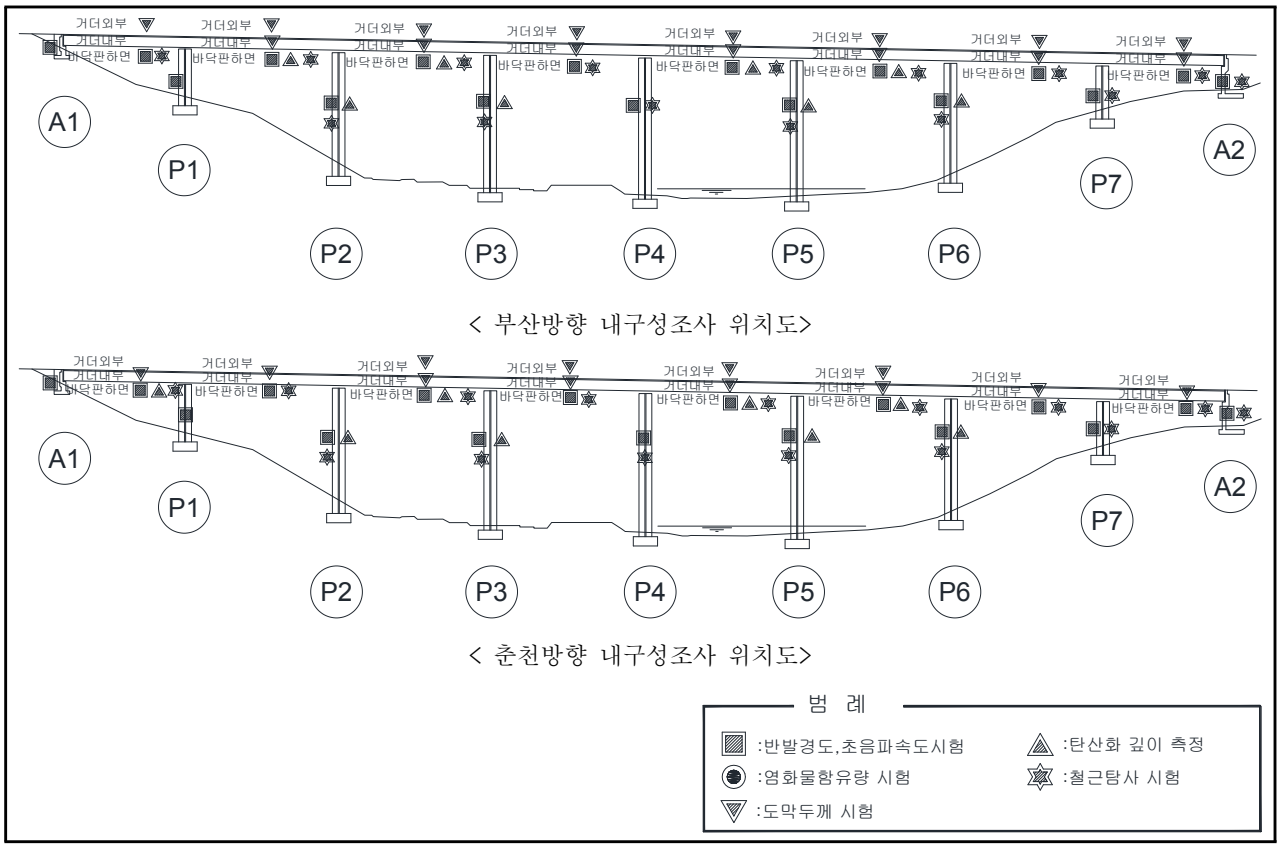
【표 3-45】 현장시험 항목

구 분	조 사 내 용
반발경도 시험	■ 반발경도시험을 통하여 구조물의 압축강도를 비파괴로 추정하여 결과 도출
초음파 전달속도 시험	■ 콘크리트 초음파 전달속도 시험은 콘크리트의 구성 성분, 다짐 정도, 숙성도 등을 파악하여 콘크리트의 품질 평가 및 분석
철근탐사 시험	■ 철근탐사시험은 철근의 간격 및 피복두께를 측정하여 설계도면에 부합되는지 분석함.
탄산화 깊이 측정	■ 콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위하여 페놀프탈레인용액의 분무에 의한 탄산화 깊이를 측정함
염화물함유량 시험	■ 주변한경(해안) 및 시공시 해사 사용에 따른 염화물함유량 검토
균열깊이 조사	■ 균열 관통여부 및 철근까지 도달하는지 여부 조사
초음파탐상시험(U.T)	■ 강재 맞대기 용접부 초음파 탐상시험
도막두께 측정	■ 도막두께 측정기를 이용하여 강재의 도막두께 조사

【표 3-46】 비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준		기준수량		금회 시험수량	
	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조	상부구조	하부구조
반발경도시험	▪ 강합성교 : 1개소/50m	▪ 1개소/연장50m ▪ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	15개소	15개소	16개소	18개소
초음파 전달속도시험			15개소	15개소	16개소	18개소
철근탐사시험			15개소	15개소	16개소	15개소
탄산화 깊이 측정	▪ 5경간 이내 4~6개소 ▪ 5경간 이상 6~9개소 (상부구조에서 최소 2개소 이상 실시)		6개소~9개소		8개소	8개소
염화물함유량 시험	▪ 3개소 이상 (상부구조에서 최소 1개소 이상 실시)		3개소		2개소	4개소
균열깊이 조사	▪ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-		2개소	4개소
강재초음파탐상	▪ Steel Box Girder : 2개소/경간별 거더		64개소		64개소	-
도막두께 측정	▪ 책임기술자 판단		-		40개소	-

나. 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3-34】 콘크리트 내구성조사 위치도

다. 콘크리트 내구성조사 전경

반발경도 시험	초음파 전달속도 시험
철근탐사 시험	탄산화 깊이 측정
도막두께 측정	염화물 함유량 시험

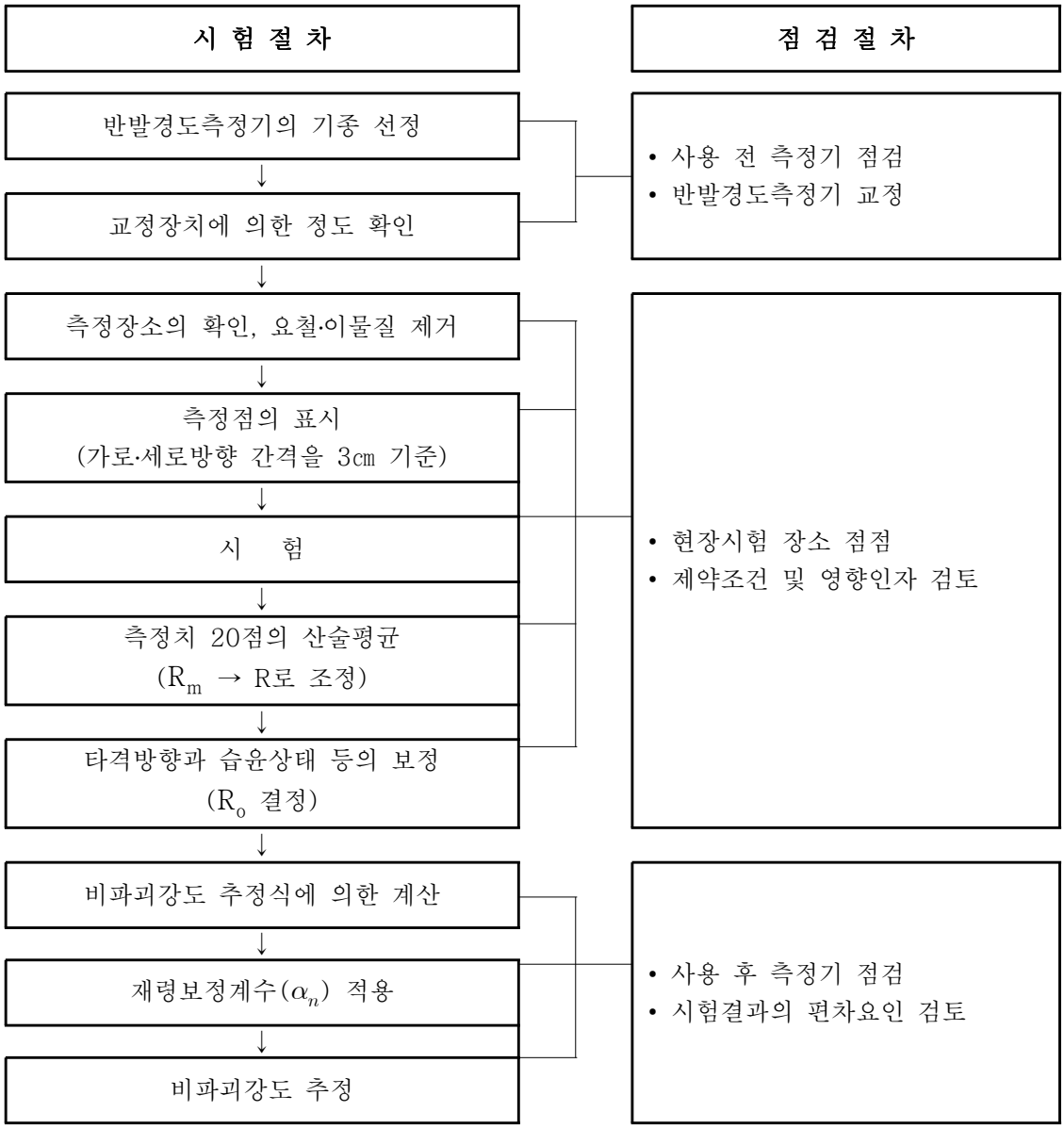
3.4.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3-35】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3㎝를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3-47】 보정반발경도(R_0)

◈ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함
  - ⇒ 하향 타격(−90°)의 경우 : (+)값으로 보정
    상향 타격(+90°)의 경우 : (−)값으로 보정

R \ α	보 정 값			
	+90°	+45°	−45°	−90°
10	−	−	+2.4	+3.2
20	−5.4	−3.5	+2.5	+3.4
30	−4.7	−3.1	+2.3	+3.1
40	−3.9	−2.6	+2.0	+2.7
50	−3.1	−2.1	+1.5	+2.2
60	−2.2	−1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨
  - ⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : ΔR_2 = +3으로 보정
    측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3-48】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분		추 정 식(MPa)	비 고
보통 콘크리트	일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용
	동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	-
	일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용
	U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-
고강도 콘크리트	한국시설안전공단	$F_c = (17.2R_o - 214) \times 0.098$	-
	과학기술부	$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.098$	금회 적용

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α는 아래【표 3-48】 과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

【표 3-49】 재령계수 α값

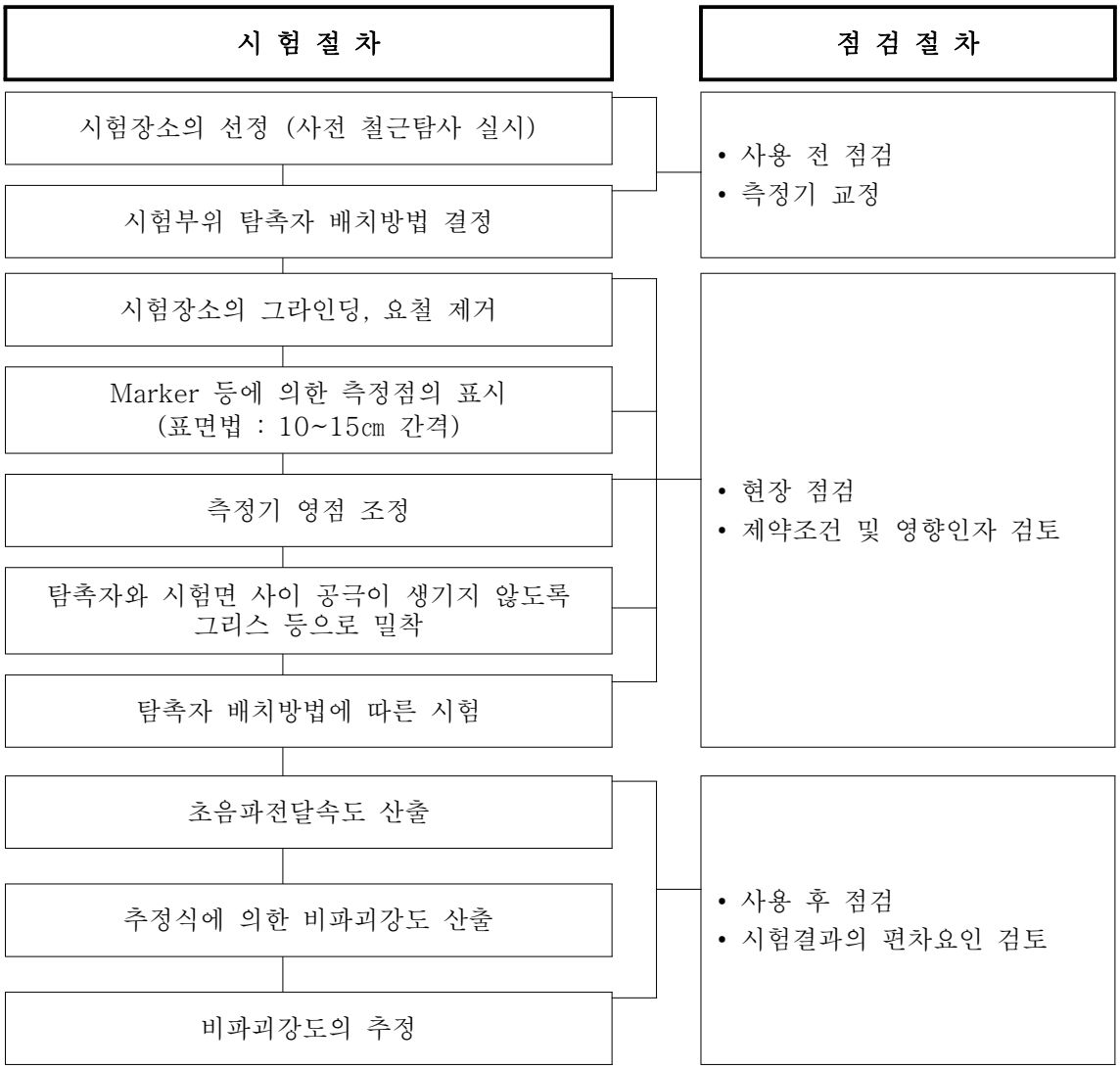
재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

단, 과학기술부 Ro = R ×a (a=6.36/t+0.7, t:28일보다 큰 재령일수)

2) 초음파 전달속도시험

초음파법은 초음파(콘크리트의 경우 보통 주파수가 50~100kHz 정도의 초음파 이용)의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화되는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나 강도추정시 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 널리 사용하고 있다. 강도 추정에 적용할 경우에는 이 방법을 단독적으로 사용하지 않고 반발경도법과 초음파법의 조합식을 이용하는 것이 바람직하다.

① 초음파 전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



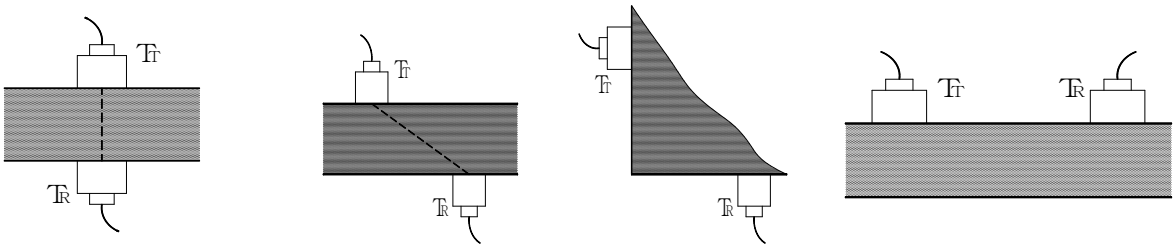
【그림 3-36】 초음파 전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파 전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파 전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



(a)직접법 (b)간접법 (C)표면법

【그림 3-37】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

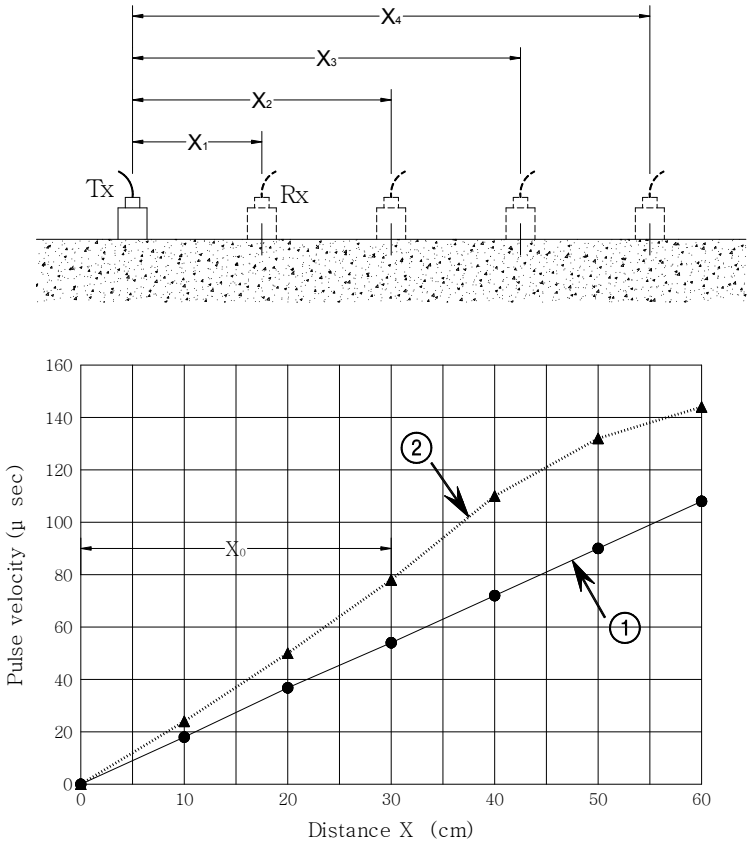
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100~150㎜)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3-38】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\Sigma(X_i - \overline{X})(T_i - \overline{T}))^2}{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 \Sigma(T_i - \overline{T})^2}$$

여기서, $\overline{X}$, $\overline{T}$는 거리 및 전달시간의 평균값

③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3-50】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215\,V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용
일본재료학회	$F_c = (102\,V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용
한전기술연구원	$F_c = (339.1\,V_d - 1107) \times 0.098$	-
谷川의 제안식	$F_c = (172.5\,V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(㎞/s)
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/한국시설안전공단) 참조
※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전공단) 참조

3) 조합법

조합법은 콘크리트강도와 밀접한 상관관계를 갖는 반발경도와 초음파 전달속도를 병용하여 보다 합리적으로 콘크리트의 비파괴강도를 추정하기 위해 제안된 것으로써, 본 과업에서는 다음과 같은 식을 이용하여 각각의 평균값을 측정지점의 압축강도로 적용하였다.

【표 3-51】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(조합법)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
RIMEM 식	$\log_{10}F_c = 0.3794V_d + 0.01149R_O + 0.4332$ $F_c' = 0.85F_c \times 0.1(\mathrm{MPa})$	-
일본건축학회	Fc' = (8.2(K・Ro) + 269Vd - 1094)×0.1(MPa)	-

※여기서, F_c' : 콘크리트 강도(MPa)
R_O : Schmidt hammer에 의한 보정 반발경도
V_d : 직접법에 의한 초음파 전달속도 (km/sec)
K : 0.9

나. 철근탐사시험

1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철

근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래 【그림 3-0】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

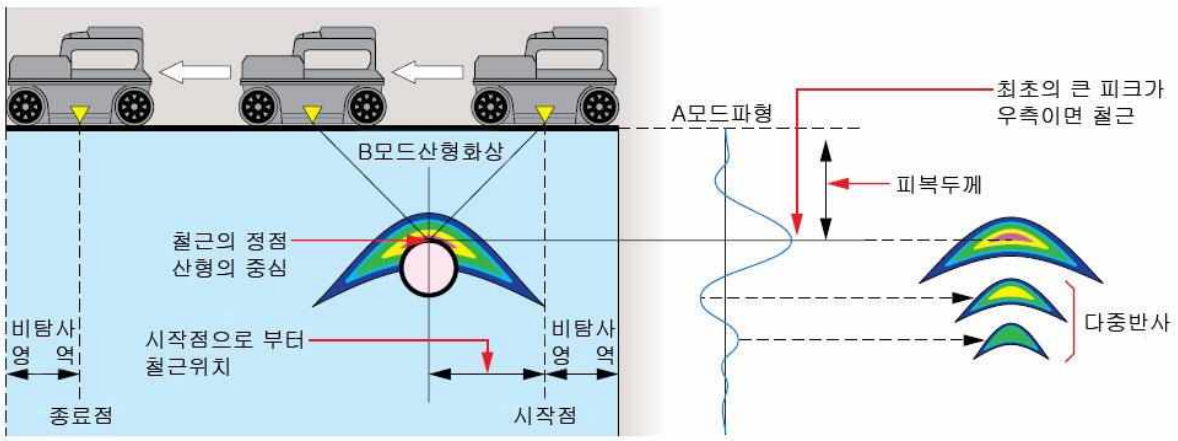
$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (m/sec)$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ε_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

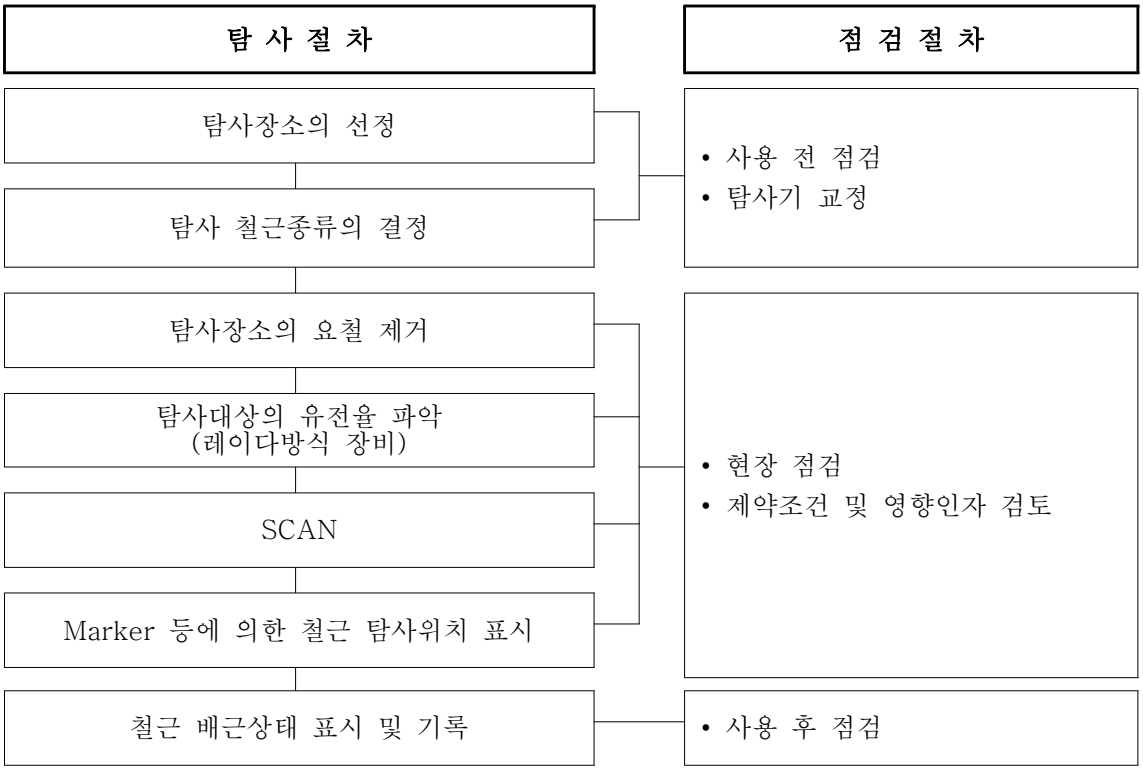
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (m)$$



【그림 3-39】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



【그림 3-40】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
  - 탐사심도 200㎜이내
  - 탐사대상 철근지름이 ϕ6㎜이상
  - 콘크리트의 질이 균일한 곳
  - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
  - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
  - 100㎜이하의 피치로 배근되어 있는 경우
  - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

② 적용한계

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우

- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

다. 탄산화깊이 측정

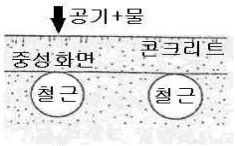
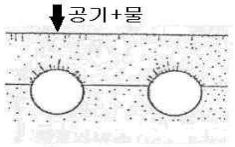
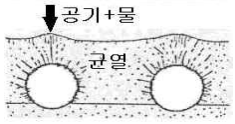
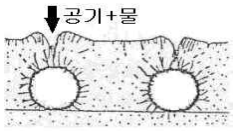
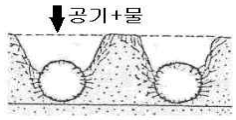
1) 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생되는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.

$$\underset{\text{수산화칼슘}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{탄산가스}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{탄산칼슘}}{CaCo_3} + \underset{\text{물}}{H_2O}$$

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6}㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	STEP 1 • 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 • 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 • 철근의 윗면이 팽창함 • 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 부산 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 • 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 • 철근단면적이 감소함
	STEP 5 • 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 • 내구성능은 없음

【그림 3-41】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3-52】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구 분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	• 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 • 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	• 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	• 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	• 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	• 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름

【표 3-52】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구 분	영향인자	탄산화 속도
외적 요인	온도	• 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 • 20~50 ˚C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	• 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 • 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	• 상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	• 실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3-53】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30㎜이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10㎜이상 ~ 30㎜미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0㎜이상 ~ 10㎜미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0㎜미만	• 철근부식 발생
e	-	-

라. 염화물함유량 시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘($CaCl_2$)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘($CaCl_2$)의 사용, ③ 염화칼슘($CaCl_2$)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl)을 주로 함유한 것)의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화 콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로써 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 0.3~1.2kg/m^3 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에

따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 0.3~0.6kg/m³ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 1.2~2.4kg/m³ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험시 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조사편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m³ 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m³ 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/㎥이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/㎥까지 허용

② 콘크리트구조기준(2012)

【표 3-54】 염화물 평가기준(콘크리트구조기준, 2012)

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl^-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트	1.00
기타 철근콘크리트	0.30

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3-55】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 2010.12)

기 준	전염화물 이온량(kg/m³)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 < 0.3kg/m³	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• 0.3kg/m³ < 염화물 ≤ 1.2kg/m³	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• 1.2kg/m³ < 염화물 ≤ 2.5kg/m³	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 ≥ 2.5kg/m³	• 철근 부식발생
e	-	-

마. 균열깊이 측정

1) 개 요

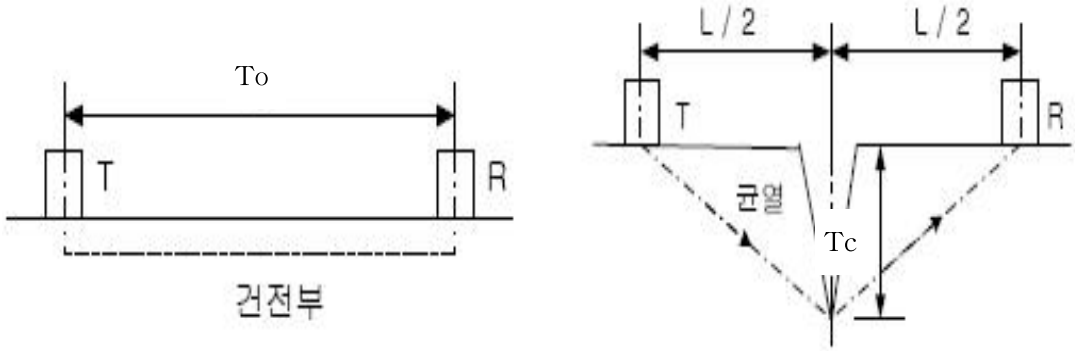
본 시험은 콘크리트에 발생된 균열 부위에서 건전부와 균열부의 측정된 초음파 전달시간의 차이를 이용하여 균열깊이를 평가하여 부재의 관통균열 여부 확인 및 철근의 부식조건 등에 대해 평가한다.

2) 시험방법

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 Tc-To법으로 구한다. 이 방법은 종파용 발·수신자를 균열 개구부를 중심으로 등간격 L/2(=X)로 설치하여 균열선단부를 회절한 초음파의 전파시간 Tc를 구한다. 또한 부근의 균열이 없는 부분에서 발·수진자를 동일한 거리 L(=2X)만큼 떨어진 곳에 설치하여 전파시간 To를 구한다. 측정된 Tc-To로 부터 다음과 같은 식을 적용하여 균열의 깊이를 구한다. 본 시험에서는 X=10cm를 적용하였다.

$$C = \frac{L}{2}\sqrt{\frac{(T_C^2)}{(T_O^2)} - 1}$$

위 식은 균열면이 콘크리트의 표면과 직각으로 발생되어 있으며, 균열주위의 콘크리트는 어느 정도 균질한 것이라고 가정하여 유도한 것이다.



【그림 3-42】 Tc - To법에 의한 균열깊이 측정방법

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 부산방향

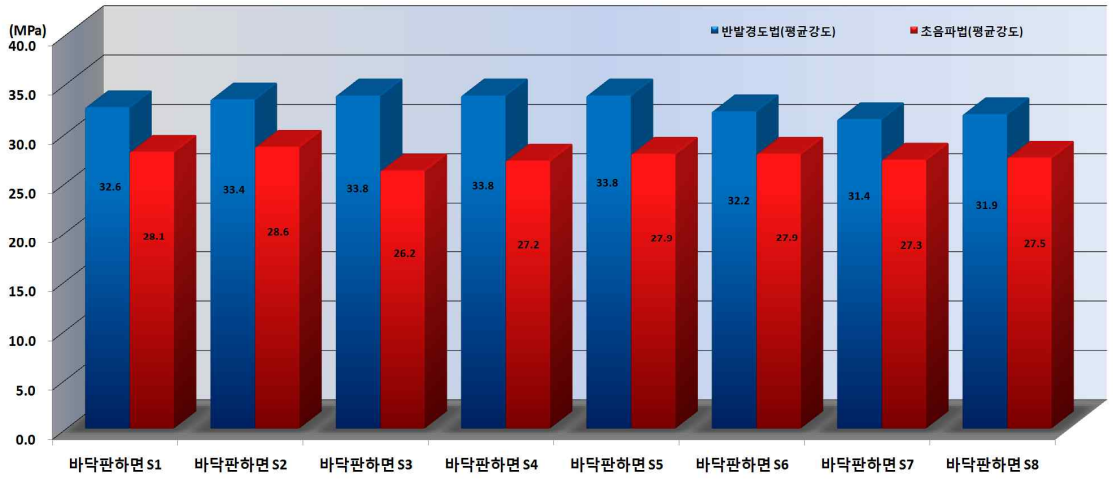
1) 콘크리트 강도시험

본 교량의 콘크리트 비파괴강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험)은 총 17개소(상부구조 8개소, 하부구조 9개소)에서 실시하였으며 검토결과, 상부구조는 26.2~33.8MPa로 설계기준강도(27MPa)의 97~125%, 하부구조는 24.4~29.4MPa로 설계기준강도(24MPa)의 103~123%로 나타나 허용기준치(JICE, 설계기준강도의 90% 이상)를 만족하는 양호한 상태로 조사되었다.

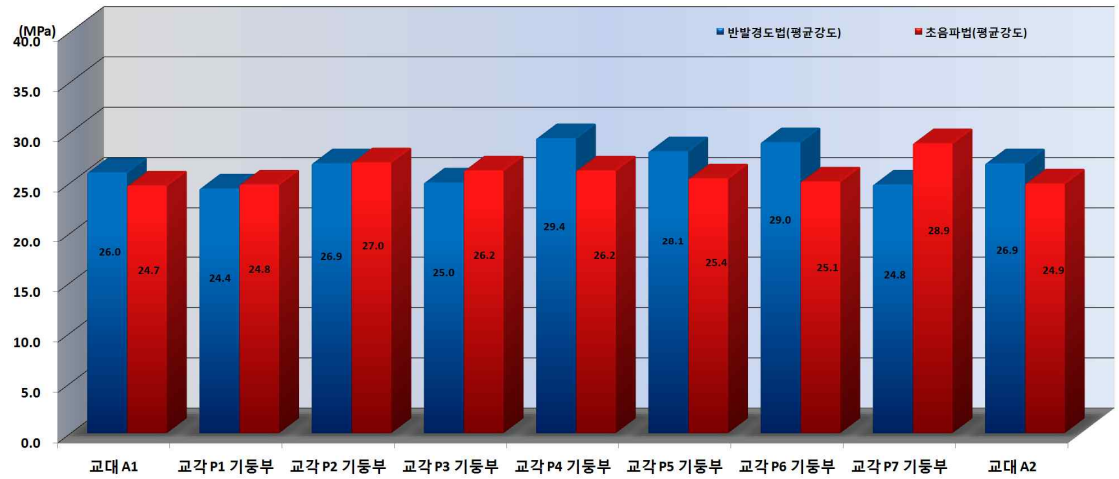
① 측정결과

【표 3-56】 부산방향 - 콘크리트 비파괴 강도시험 결과

시험 위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파 전달속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (RO)	초음파속도 (km/sec)	일본 재료학회	일본 건축학회	평균	일본 건축학회	일본 재료학회	평균	
상부구조	바닥판하면 S1	55.8	4.131	33.3	31.9	32.6	29.8	26.3	28.1	27
	바닥판하면 S2	57.0	4.167	34.3	32.5	33.4	30.2	27.0	28.6	27
	바닥판하면 S3	57.7	4.010	34.8	32.8	33.8	28.6	23.7	26.2	27
	바닥판하면 S4	57.6	4.077	34.7	32.8	33.8	29.3	25.1	27.2	27
	바닥판하면 S5	57.7	4.121	34.8	32.8	33.8	29.7	26.1	27.9	27
	바닥판하면 S6	55.1	4.122	32.7	31.6	32.2	29.7	26.1	27.9	27
	바닥판하면 S7	53.8	4.082	31.7	31.1	31.4	29.3	25.2	27.3	27
	바닥판하면 S8	54.6	4.094	32.4	31.4	31.9	29.5	25.5	27.5	27
하부구조	교대 A1	45.2	3.912	24.8	27.1	26.0	27.6	21.7	24.7	24
	교각 P1기둥부	42.8	3.922	22.9	26.0	24.4	27.7	21.9	24.8	24
	교각 P2기둥부	46.7	4.062	26.0	27.8	26.9	29.1	24.8	27.0	24
	교각 P3기둥부	43.6	4.014	23.6	26.3	25.0	28.7	23.8	26.2	24
	교각 P4기둥부	50.7	4.010	29.2	29.6	29.4	28.6	23.7	26.2	24
	교각 P5기둥부	48.6	3.957	27.5	28.6	28.1	28.1	22.6	25.4	24
	교각 P6기둥부	50.0	3.944	28.7	29.3	29.0	28.0	22.3	25.1	24
	교각 P7기둥부	43.4	4.184	23.4	26.3	24.8	30.4	27.4	28.9	24
	교대 A2	46.7	3.931	26.0	27.8	26.9	27.8	22.1	24.9	24



< 상부구조 – 측정강도와 설계기준강도 비교 >



< 하부구조 – 측정강도와 설계기준강도 비교 >

【그림 3-43】 부산방향 – 측정강도와 설계기준강도 비교

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-57】 부산방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분	2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
상부구조	27.4~34.5MPa	26.2~33.8MPa
하부구조	27.3~34.2MPa	24.4~29.4MPa

2) 철근탐사시험

RC-Radar에 의한 철근탐사시험은 총 15개소(상부구조 8개소, 하부구조 7개소)에서 실시하였다. 철근 콘크리트 부재에 RC-Radar을 이용한 국부적인 철근탐사 시험 결과, 철근 간격 및 피복두께는 대체적으로 설계도와 일치하여, 전반적인 배근 및 피복두께 상태는 양호한 것으로 판단된다.

① 측정결과

【표 3-58】 부산방향 - 철근탐사 결과

시험위치		배근종류	설계값(㎜)		실측값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	바닥판하면 S1	주철근	125	40	118	40~41	
		배력철근	150	40	153	54~56	
	바닥판하면 S2	주철근	125	40	116	37~39	
		배력철근	150	40	145	48~50	
	바닥판하면 S3	주철근	125	40	117	39~42	
		배력철근	150	40	150	55~56	
	바닥판하면 S4	주철근	125	40	120	39~40	
		배력철근	150	40	148	48~50	
	바닥판하면 S5	주철근	125	40	116	45~49	
		배력철근	150	40	147	48~52	
	바닥판하면 S6	주철근	125	40	127	46~48	
		배력철근	150	40	143	55~57	
	바닥판하면 S7	주철근	125	40	124	43~47	
		배력철근	150	40	152	51~54	
	바닥판하면 S8	주철근	125	40	124	44~45	
		배력철근	150	40	148	50~55	
하부구조	교각 P2 기둥부	수직철근	100	100	123	102~110	
		수평철근	300	100	323	90~95	
	교각 P3 기둥부	수직철근	100	100	120	85~90	
		수평철근	300	100	288	95~100	
	교각 P4 기둥부	수직철근	100	100	114	105~115	
		수평철근	300	100	285	105~110	
	교각 P5 기둥부	수직철근	100	100	93	72~79	
		수평철근	300	100	288	70~75	
	교각 P6 기둥부	수직철근	100	100	105	100~110	
		수평철근	300	100	282	105~110	
	교각 P7 기둥부	수직철근	100	100	117	105~110	
		수평철근	300	100	286	100~101	
	교대 A2	수직철근	125	100	134	91~98	
		수평철근	300	100	300	85~90	

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-59】 부산방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분		2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
상부구조	배근간격	230~270mm	116~153mm
	피복두께	52~75mm	37~57mm
하부구조	배근간격	90~125mm	93~323mm
	피복두께	66~115mm	70~115mm

3) 탄산화 깊이 측정

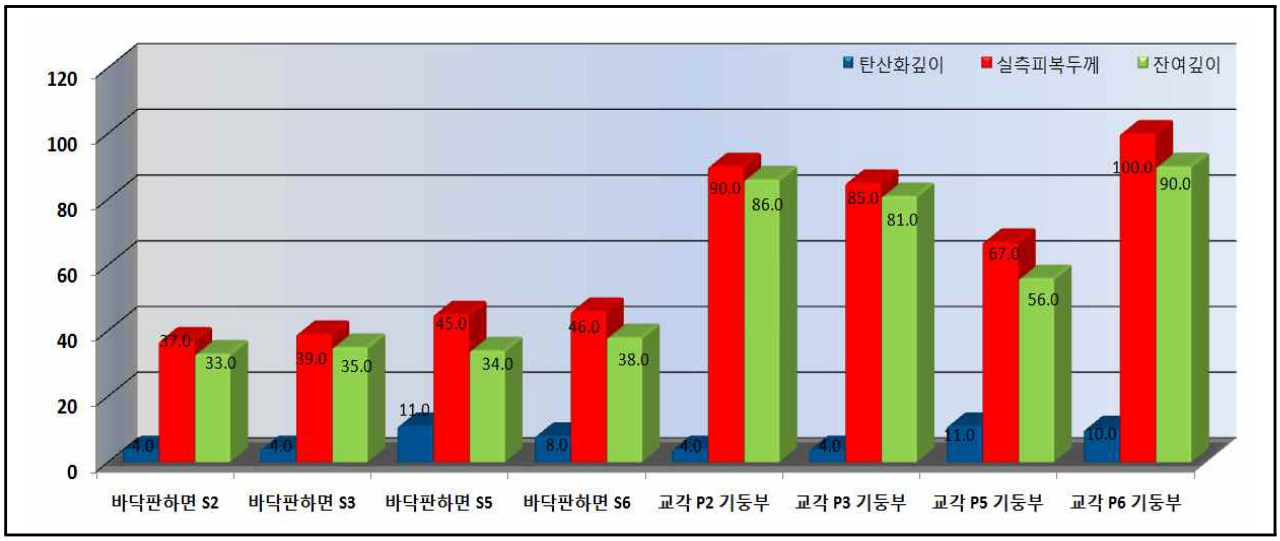
탄산화 깊이 측정은 상부구조 4개소, 하부구조 4개소에서 실시하였으며, 측정위치에서 철근의 피복두께 측정을 실시하였다.

측정 결과, 탄산화 깊이가 상부구조에서 4.0~11.0mm, 하부구조에서 4.0~11.0mm로 나타나 측정위치에서의 철근피복두께를 고려할 때, “a” 와 “b” 로 평가되었다. 탄산화 잔여깊이가 대부분 30mm이상으로 나타나 탄산화에 의한 철근부식의 가능성은 적은 것으로 평가되며, 시험위치에서 실측피복두께와 탄산화 속도계수를 이용하여 탄산화가 철근위치까지 도달하는 잔여내구수명을 산정한 결과 모두 100년 이상을 확보하고 있어 현재 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 평가된다.

① 측정결과

【표 3-60】 부산방향 - 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	탄산화 깊이 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	상태 평가	잔존수명
상부 구조	바닥판하면 S2	37	4.0	33.0	1.033	a	100년이상
	바닥판하면 S3	39	4.0	35.0	1.033	a	100년이상
	바닥판하면 S5	45	11.0	34.0	2.840	b	100년이상
	바닥판하면 S6	46	8.0	38.0	2.066	a	100년이상
하부 구조	교각 P2 기둥부	90	4.0	86.0	1.033	a	100년이상
	교각 P3 기둥부	85	4.0	81.0	1.033	a	100년이상
	교각 P5 기둥부	67	11.0	56.0	2.840	a	100년이상
	교각 P6 기둥부	100	10.0	90.0	2.582	a	100년이상



【그림 3-44】 부산방향 - 탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-61】 부산방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분		2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
상부구조	탄산화깊이	9.3~15.0mm	4.0~11.0mm
	잔여깊이	45.0~65.0mm	33.0~36.0mm
하부구조	탄산화깊이	2.0~11.0mm	4.0~11.0mm
	잔여깊이	61.0mm~93.0mm	59.0~90.0mm

4) 염화물 함유량 시험

구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다. 본 과업에서의 염화물 함유량시험은 상부 1개소 하부 2개소 총 3개소에서 수행하였다.

① 측정결과

【표 3-62】 부산방향 - 염화물 함유량과 시험결과

시험위치		전염화물함유량		상태평가 결과	상태평가 기준((kg/㎥)
		Cl-(%)	Cl-(kg/㎥)		
상부구조	바닥판하면 S1	0.0022	0.0498	a	a : 염화물 〈 0.3 b : 0.3 〈염화물≤1.2 c : 1.2 〈염화물≤2.5 d : 2.5≤염화물
하부구조	교대 A1	0.0029	0.0656	a	
	교각 P2	0.0439	0.9935	b	

※ 콘크리트 중의 환산 염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2.300㎏/㎥을 적용
※ 철근부식 방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율(기타철근콘크리트) 0.3%을 적용

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-63】 부산방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분		2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
부산 방향	상부구조	0.141~0.235kg/㎥	0.0498kg/㎥
	하부구조	0.188~0.212kg/㎥	0.0656~0.9935kg/㎥

5) 균열깊이 조사

균열깊이 측정은 책임기술자의 판단에 따라 철근까지의 진행여부를 판단하기 위해 철근이 배근되어 있는 구간에서 폭 0.3㎜ 이상의 균열 및 균열깊이가 다소 깊게 예상되는 개소를 선정하여 시험을 실시하였다.

본 구조물에 대하여 상부구조 2개소, 하부구조 2개소에서 균열깊이를 측정한 결과, 바닥판하면 S6, 교대 A2, 교각 P2는 철근깊이까지 균열이 도달하지 않은 상태이나, 바닥판하면 S3 구간에서 균열깊이가 최소피복두께를 넘어선 것으로 측정되었다. 향후 균열의 진전으로 철근부식이 우려가 있으므로 내구성확보 차원에서 균열보수(주입보수) 및 주기적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

【표 3-64】 부산방향 - 균열깊이 측정 결과

시험위치		균열폭/길이 (㎜/m)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$sec)		균열 깊이 (㎜)	최소 피복두께 (㎜)
			건전부 (To)	균열부 (Tc)		
상부 구조	바닥판하면 S3	0.3/1.2	61.4	70.5	56.4	35
	바닥판하면 S6	0.3/0.4	65.5	69.3	34.6	41
하부 구조	교대 A2	0.3/0.8	62.5	81.4	83.4	85
	교각 P2	0.3/5.0	67.8	90.1	87.5	90

※ 피복두께는 철근탐사를 통한 실제 조사 피복두께임

나. 춘천방향

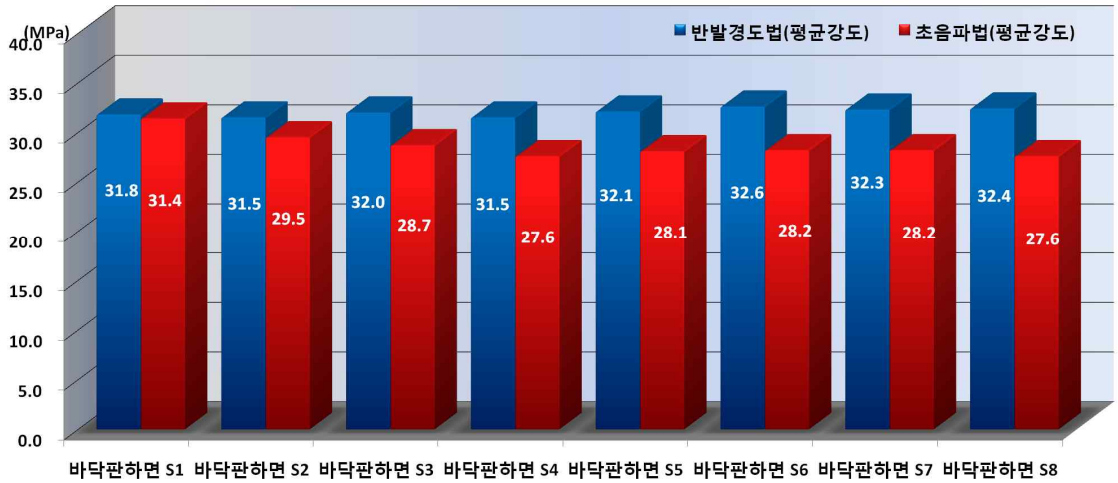
1) 콘크리트 강도시험

본 교량의 콘크리트 비파괴강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험)은 총 17개소(상부구조 8개소, 하부구조 9개소)에서 실시하였으며 검토결과, 상부구조는 27.6~32.6MPa로 설계기준강도(27MPa)의 102~120%, 하부구조는 24.9~31.8MPa로 설계기준강도(24MPa)의 104~133%로 나타나 허용기준치(JICE, 설계기준강도의 90% 이상)를 만족하는 양호한 상태로 조사되었다.

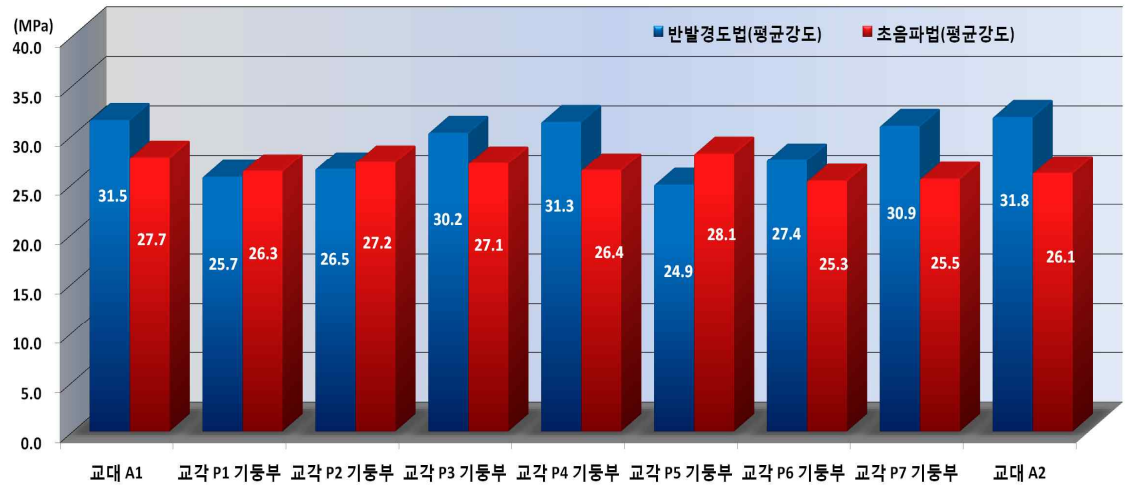
① 측정결과

【표 3-65】 춘천방향 - 콘크리트 비파괴 강도시험 결과

시험 위치		비파괴시험		반발경도법(MPa)			초음파 전달속도법(MPa)			설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (RO)	초음파속도 (km/sec)	일본 재료학회	일본 건축학회	평균	일본 건축학회	일본 재료학회	평균	
상부구조	바닥판하면 S1	54.5	4.347	32.2	31.3	31.8	32.0	30.8	31.4	27
	바닥판하면 S2	54.0	4.226	31.8	31.1	31.5	30.8	28.3	29.5	27
	바닥판하면 S3	54.8	4.175	32.5	31.5	32.0	30.3	27.2	28.7	27
	바닥판하면 S4	54.0	4.099	31.8	31.1	31.5	29.5	25.6	27.6	27
	바닥판하면 S5	54.9	4.132	32.6	31.5	32.1	29.8	26.3	28.1	27
	바닥판하면 S6	55.8	4.141	33.3	32.0	32.6	29.9	26.5	28.2	27
	바닥판하면 S7	55.3	4.142	32.9	31.7	32.3	29.9	26.5	28.2	27
	바닥판하면 S8	55.4	4.103	33.0	31.8	32.4	29.5	25.7	27.6	27
하부구조	교대 A1	54.0	4.111	31.8	31.1	31.5	29.6	25.9	27.7	24
	교각 P1기둥부	44.9	4.016	24.5	26.9	25.7	28.7	23.9	26.3	24
	교각 P2기둥부	46.0	4.075	25.5	27.5	26.5	29.3	25.1	27.2	24
	교각 P3기둥부	52.0	4.070	30.3	30.2	30.2	29.2	25.0	27.1	24
	교각 P4기둥부	53.7	4.023	31.6	31.0	31.3	28.7	24.0	26.4	24
	교각 P5기둥부	43.5	4.136	23.5	26.3	24.9	29.9	26.4	28.1	24
	교각 P6기둥부	47.5	3.955	26.6	28.1	27.4	28.1	22.6	25.3	24
	교각 P7기둥부	53.0	3.967	31.1	30.7	30.9	28.2	22.8	25.5	24
	교대 A2	54.5	4.004	32.2	31.3	31.8	28.6	23.6	26.1	24



< 상부구조 – 측정강도와 설계기준강도 비교 >



< 하부구조 – 측정강도와 설계기준강도 비교 >

【그림 3-45】 춘천방향 – 측정강도와 설계기준강도 비교

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-66】 춘천방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분	2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
상부구조	27.1~34.4MPa	27.6~32.6MPa
하부구조	27.4~34.6MPa	24.9~31.8MPa

2) 철근탐사시험

RC-Radar에 의한 철근탐사시험은 총 15개소(상부구조 8개소, 하부구조 7개소)에서 실시하였다. 철근 콘크리트 부재에 RC-Radar을 이용한 국부적인 철근탐사 시험 결과, 철근 간격 및 피복두께는 피복두께는 대체적으로 설계도와 일치하여, 전반적인 배근 및 피복두께 상태는 양호한 것으로 판단된다.

① 측정결과

【표 3-67】 춘천방향 - 철근탐사 결과

시험위치		배근종류	설계값(㎜)		실측값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부구조	바닥판하면 S1	주철근	125	40	124	41~43	
		배력철근	150	40	145	50~52	
	바닥판하면 S2	주철근	125	40	121	47~48	
		배력철근	150	40	148	48~50	
	바닥판하면 S3	주철근	125	40	116	40~41	
		배력철근	150	40	145	48~49	
	바닥판하면 S4	주철근	125	40	125	38~40	
		배력철근	150	40	144	50~52	
	바닥판하면 S5	주철근	125	40	123	43~45	
		배력철근	150	40	144	45~47	
	바닥판하면 S6	주철근	125	40	125	36~38	
		배력철근	150	40	147	37~39	
	바닥판하면 S7	주철근	125	40	125	35~38	
		배력철근	150	40	143	48~50	
	바닥판하면 S8	주철근	125	40	123	39~41	
		배력철근	150	40	145	47~49	
하부구조	교각 P2 기둥부	수직철근	100	100	95	108~118	
		수평철근	300	100	287	96~101	
	교각 P3 기둥부	수직철근	100	100	113	95~105	
		수평철근	300	100	333	75~86	
	교각 P4 기둥부	수직철근	100	100	110	99~100	
		수평철근	300	100	288	95~100	
	교각 P5 기둥부	수직철근	100	100	120	105~110	
		수평철근	300	100	295	92~103	
	교각 P6 기둥부	수직철근	100	100	95	100~105	
		수평철근	300	100	303	75~90	
	교각 P7 기둥부	수직철근	100	100	105	110~115	
		수평철근	300	100	295	95~100	
	교대 A2	수직철근	125	100	123	95~105	
		수평철근	300	100	315	75~86	

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-68】 춘천방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분		2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
상부구조	배근간격	220~290mm	116~148mm
	피복두께	47~60mm	35~52mm
하부구조	배근간격	90~145	95~333mm
	피복두께	54~125	75~118mm

3) 탄산화 깊이 측정

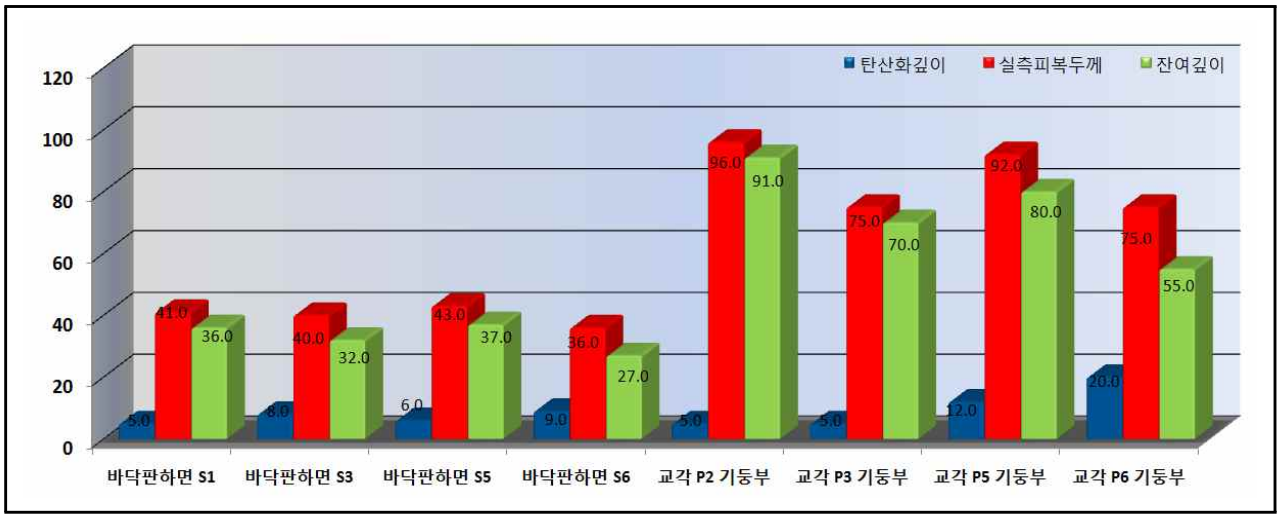
탄산화 깊이 측정은 상부구조 4개소, 하부구조 4개소에서 실시하였으며, 측정위치에서 철근의 피복두께 측정을 실시하였다.

측정 결과, 탄산화 깊이가 상부구조에서 5.0~9.0mm, 하부구조에서 5.0~20.0mm로 나타나 측정위치에서의 철근피복두께를 고려할 때, “a” 와 “b” 로 평가되었다. 탄산화 잔여깊이가 대부분 30mm이상으로 나타나 탄산화에 의한 철근부식의 가능성은 적은 것으로 평가되며, 시험위치에서 실측피복두께와 탄산화 속도계수를 이용하여 탄산화가 철근위치까지 도달하는 잔여내구수명을 산정한 결과 모두 100년 이상을 확보하고 있어 현재 탄산화에 의한 철근부식의 우려는 없는 것으로 평가된다.

① 측정결과

【표 3-69】 춘천방향 - 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (㎜)	탄산화 깊이 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	탄산화 속도계수 (A)	상태 평가	잔존수명
상부 구조	바닥판하면 S1	41.0	5.00	36.0	1.291	a	100년이상
	바닥판하면 S3	40.0	8.00	32.0	2.066	a	100년이상
	바닥판하면 S5	43.0	6.00	37.0	1.549	a	100년이상
	바닥판하면 S6	36.0	9.00	27.0	2.324	b	100년이상
하부 구조	교각 P2 기둥부	96.0	5.00	91.0	1.291	a	100년이상
	교각 P3 기둥부	75.0	5.00	70.0	1.291	a	100년이상
	교각 P5 기둥부	92.0	12.00	80.0	3.098	a	100년이상
	교각 P6 기둥부	75.0	20.00	55.0	5.164	a	100년이상



【그림 3-46】 춘천방향 - 탄산화 깊이 측정결과

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-70】 춘천방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분		2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
상부구조	탄산화깊이	6.4~8.2mm	5.0~9.0mm
	잔여깊이	44.0~53.0mm	27.0~36.0mm
하부구조	탄산화깊이	3.2~11.1mm	5.0~20.0mm
	잔여깊이	48.0~80.0mm	55.0~91.0mm

4) 염화물 함유량 시험

구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다. 본 과업에서의 염화물 함유량시험은 상부 1개소 하부 2개소 총 3개소에서 수행하였다.

염화물함유량시험 결과, 염화물 상태평가 기준인 "a"로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근부식이 발생할 우려가 없는 상태로 철근부식과 내구성 저하는 없는 것으로 분석되었다.

① 측정결과

【표 3-71】 춘천방향 - 염화물 함유량과 시험결과

시험위치		전염화물함유량		상태평가 결과	상태평가 기준((kg/㎥)
		Cl-(%)	Cl-(kg/㎥)		
상부구조	바닥판하면 S4	0.0021	0.0475	a	a : 염화물 〈 0.3 b : 0.3 〈염화물≤1.2 c : 1.2 〈염화물≤2.5 d : 2.5≤염화물
하부구조	교대 A1	0.007	0.0158	a	
	교각 P2	0.0033	0.0747	a	

※ 콘크리트 중의 환산 염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2.300㎏/㎥을 적용
※ 철근부식 방지를 위한 최대 수용성 염소이온 비율(기타철근콘크리트) 0.3%을 적용

② 기 진단 결과와의 비교 · 분석

【표 3-72】 춘천방향 - 기 진단 결과와 비교 · 분석

구 분		2012년 정밀안전진단	금회 정밀안전진단 (2016년)
춘천 방향	상부구조	0.212~0.235kg/㎥	0.0485kg/㎥
	하부구조	0.188~0.235kg/㎥	0.0158~0.0747kg/㎥

5) 균열깊이 조사

균열깊이 측정은 책임기술자의 판단에 따라 철근까지의 진행여부를 판단하기 위해 철근이 배근되어 있는 구간에서 폭 0.3㎜ 이상의 균열 및 균열깊이가 다소 깊게 예상되는 개소를 선정하여 시험을 실시하였다.

남조천교(춘천) 상부구조는 전체적으로 0.3㎜이상 균열이 발생하지 않았으며, 전반적으로 0.3㎜ 미만의 비구조적인 균열들이 조사되어 하부구조인 교각에서 2개소에서 균열깊이를 측정하였다. 측정결과, 균열깊이가 철근깊이까지 균열이 도달하지 않은 상태로 확인되었으나, 향후 균열의 진전으로 철근부식이 우려가 있으므로 내구성확보 차원에서 균열보수(주입보수) 및 주기적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

【표 3-73】 춘천방향 - 균열깊이 측정 결과

시험위치		균열폭/길이 (㎜/m)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$sec)		균열 깊이 (㎜)	최소 피복두께 (㎜)
			건전부 (To)	균열부 (Tc)		
하부 구조	교각 P3	0.3/1.2	69.8	86.2	72.5	75
	교각 P4	0.4/1.0	69.2	87.7	77.9	95

※ 피복두께는 철근탐사를 통한 실제 조사 피복두께임

3.5 강재 내구성조사

3.5.1 개 요

공용 중 교량에 있어서 강재 비파괴조사는 강구조의 주요 부재에 대한 제작상태 및 결함의 분포 현황을 조사하고, 그 결과를 분석하여 교량 전체의 내구성평가에 요구되는 기초자료를 제공하기 위하여 실시한다.

가. 시험현황

1) 시험현황 및 선정사유

본 과업에서 강재 비파괴조사를 위해 초음파탐상시험(UT), 도막두께 측정을 실시하였다. 본 교량의 초음파탐상시험은 강재 비파괴시험에 앞서 강재 용접부에 대한 외관조사 결과를 토대로 용접결함 및 결함 의심부위가 없는 경우 타부위에 비해 구조적 취약부위인 맞대기용접부에 대해서 시험을 실시하도록 되어 있다.(과업지시서와『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침_교량편(2010.12, 국토교통부/한국시설안전공단)』참조)

남조천교(부산, 춘천)는 약 15년 정도의 공용기간이 경과한 상태로 각 부재별 강재 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3-74】 부산방향 - 강재 비파괴시험 현황

시험위치		초음파탐상 시험	도막두께 측정	비 고
거더 내·외부	G1	16	10	
	G2	16	10	
합 계		32	20	
세부지침 상 기준수량		32	-	

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 상 기준수량(강재 초음파탐상시험)
: 2개소/경간별 거더(맞대기 용접부)

【표 3-75】 춘천방향 - 강재 비파괴시험 현황

시험위치		초음파탐상 시험	도막두께 측정	비 고
거더 내·외부	G1	16	10	
	G2	16	10	
합 계		32	20	
세부지침 상 기준수량		32	-	

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 상 기준수량(강재 초음파탐상시험)
: 2개소/경간별 거더(맞대기 용접부)

2) 조사사진

초음파탐상시험 (부산방향 G1-S8-2)

초음파탐상시험 (춘천방향 G1-S5-2)

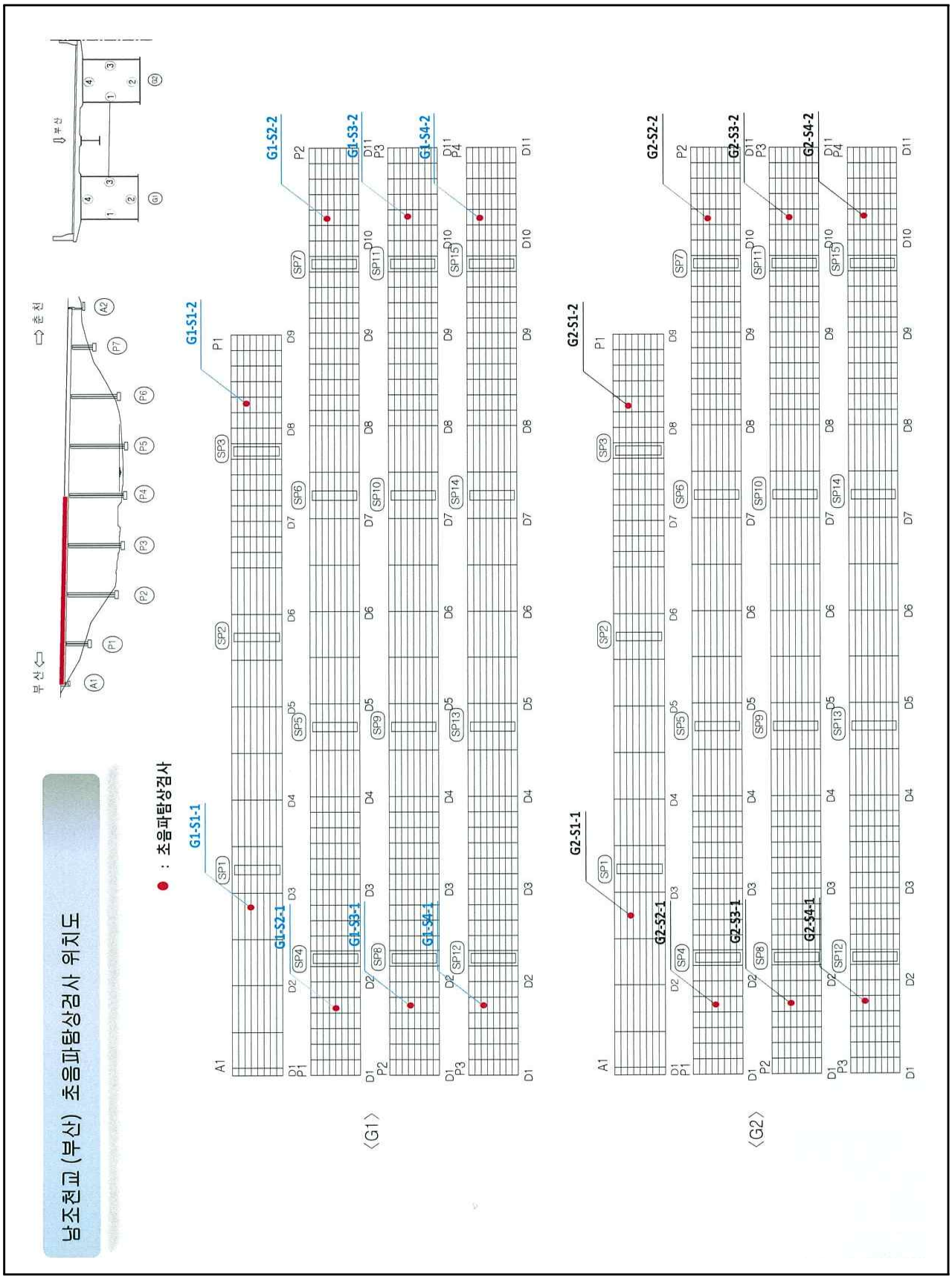
초음파탐상시험 (부산방향 G2-S1-1)

초음파탐상시험 (춘천방향 G2-S4-2)

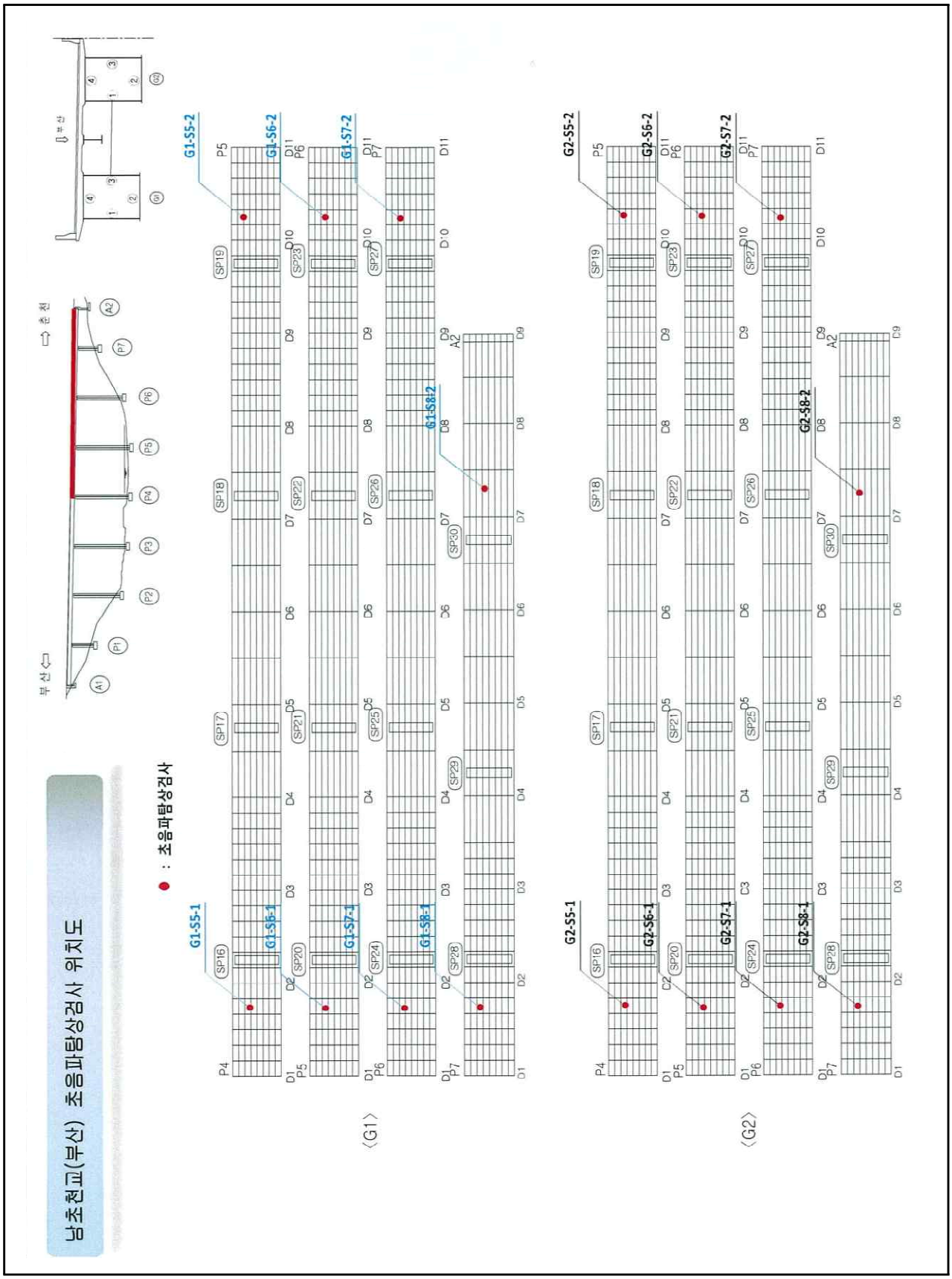
도막두께 측정 (부산방향)

도막두께 측정 (춘천방향)

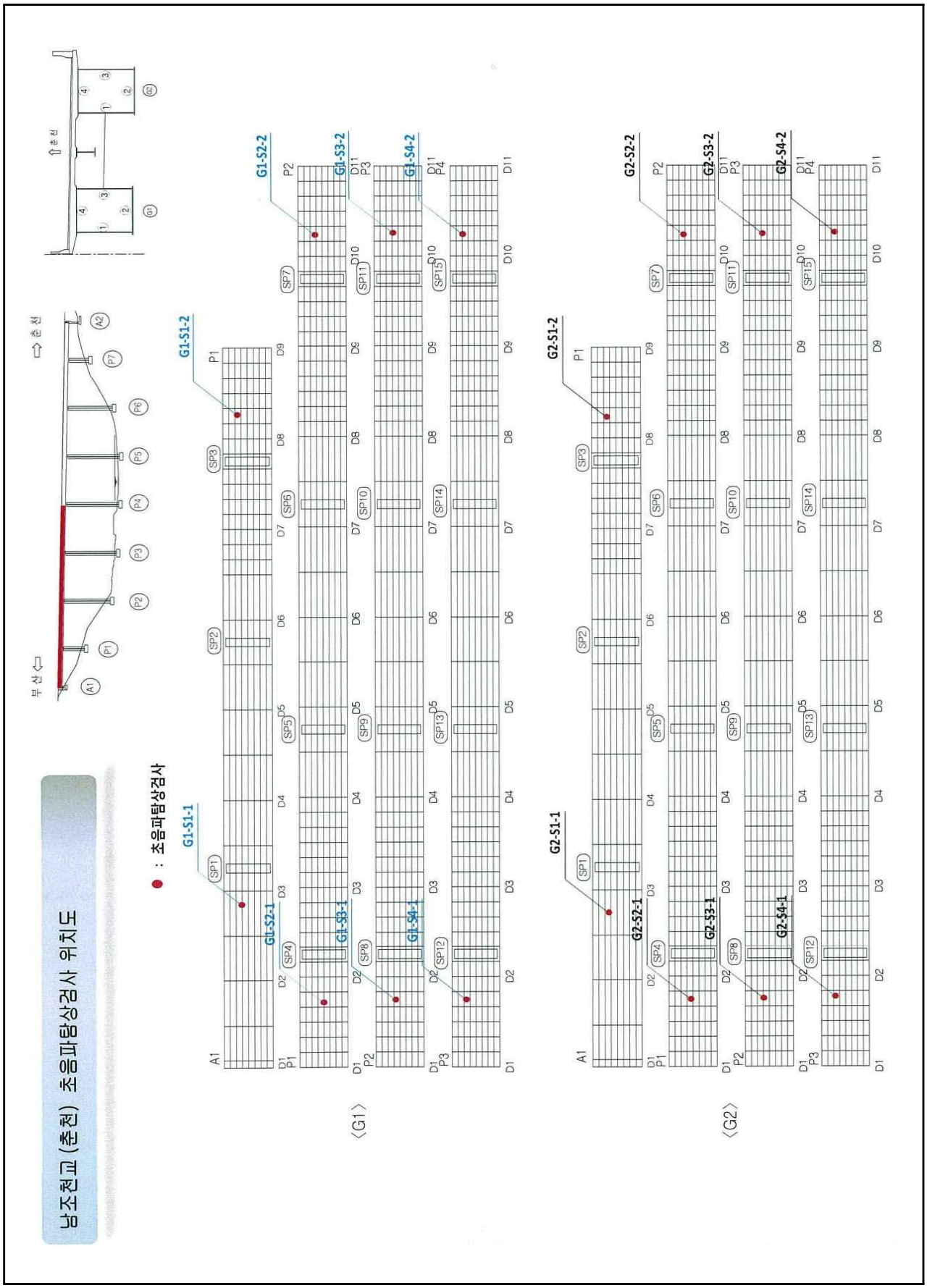
3) 강재 비파괴시험 위치도



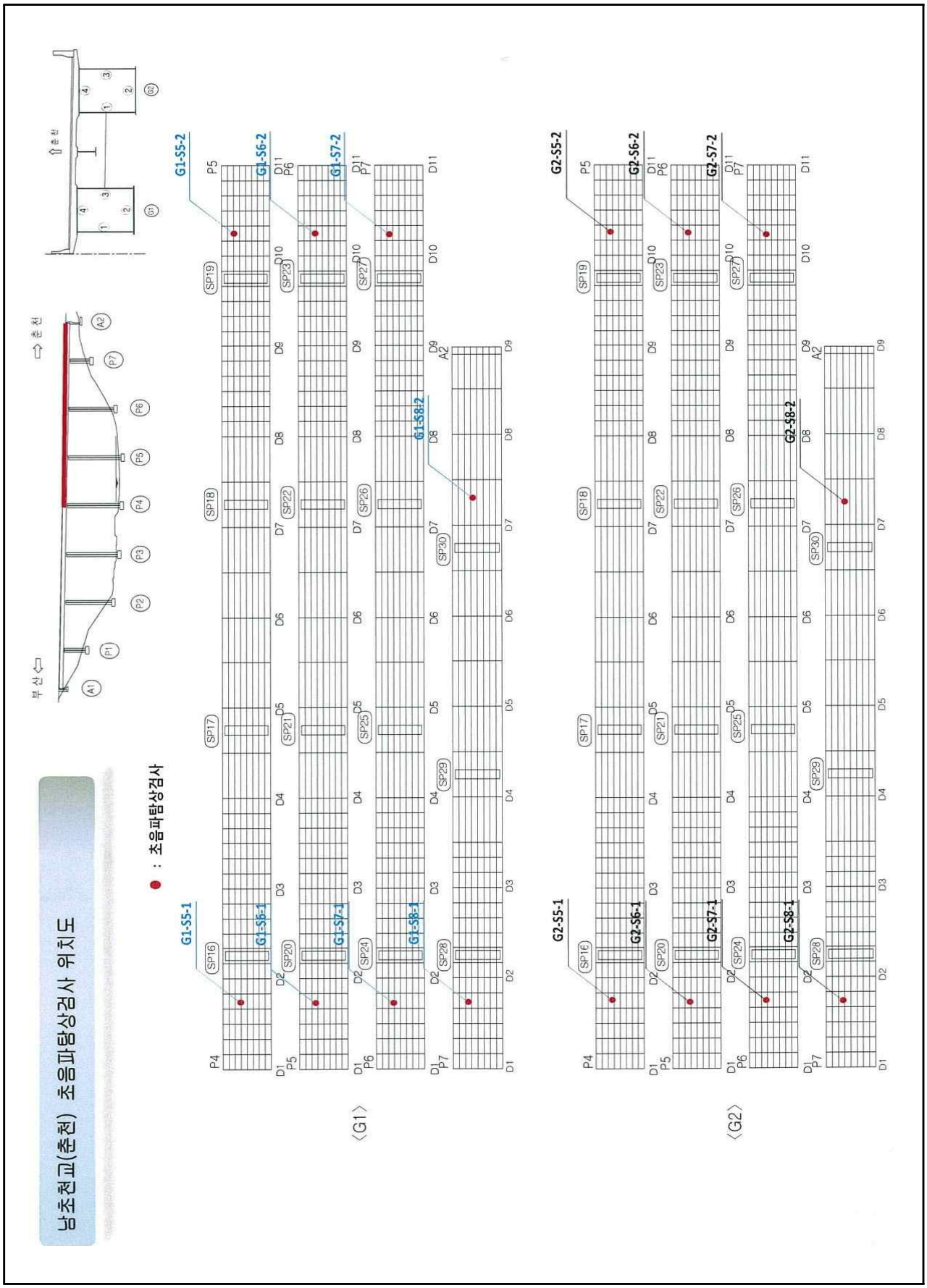
【그림 3-47】 부산방향 - 강재비파괴시험 위치도



【그림 3-47】 부산방향 - 강재비파괴시험 위치도(계속)



【그림 3-48】 춘천방향 - 강재비파괴시험 위치도



【그림 3-48】 춘천방향 - 강재비파괴시험 위치도(계속)

3.5.2 시험내용 및 평가기준

가. 초음파탐상시험 (UT : Ultrasonic Testing)

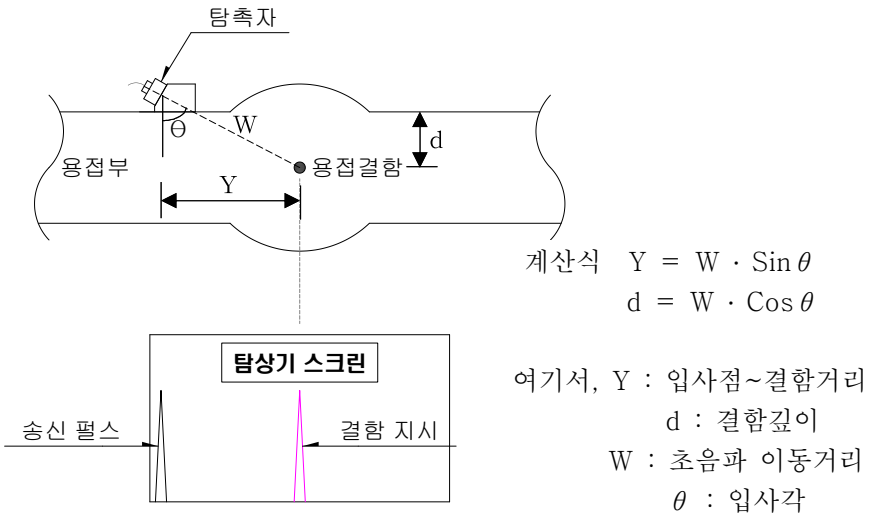
1) 개 요

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20,000㎐이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린 상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재 여부 및 결함 정보를 알아내는 검사방법이다.

초음파의 종류는 크게 수직법과 사각법으로 대별되며, 수직법은 탐촉자를 시험체에 접촉하여 시험체에 수직으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 통상적으로 판재 및 봉재, 주·단강품 결함 검사와 부재의 부식두께 측정 등에 이용되며, 사각법은 시험체에 임의의 일정각으로 초음파를 전파시켜 검사하는 방법으로 주로 강구조물 용접부 검사에 적용된다.

2) 방법(사각법)

일반적으로 강교 용접부의 사각탐상에서는 주로 용접부 내부에 존재하는 기공, 슬래그, 융합불량, 용입부족 등의 결함과 균열에 대한 조사가 실시되고 있으며, 각각의 결함부로부터 반사한 에코파형의 펄스형태(펄스폭&높이), 반사체(결함)까지의 진행거리, 초음파 입사각도, 에코의 반사패턴 등을 종합적으로 분석하여 결함의 입체적인 위치를 산출하고 결함종류 및 길이 등을 측정한다.



【그림 3-49】 초음파탐상(사각법)시험 개요도

3) 특 성

① 시험체가 두꺼워도 검사가 가능하다.

② 불연속의 위치를 정확히 알 수 있다.

③ 검사 결과를 바로 알 수 있다.

④ 균열 등의 면상 결함의 검출에는 방사선투과검사보다 유리하다.

⑤ 시험체 한면에서의 탐상이 가능하다.

⑥ 결함의 종류 및 형상, 크기를 식별하기 어렵다.

⑦ 금속 조직의 영향을 많이 받는다.

⑧ 검사자의 기량에 의해 검사 결과가 영향을 받는다.

⑨ 검사 결과의 기록 보존이 어렵다.

4) 평가기준

초음파탐상검사 방법 및 결함지시에 대한 등급 분류는 아래 표와 같다.

【표 3-76】 결함의 등급 분류

영 역	M검출 레벨은 Ⅲ L검출 레벨은 Ⅱ와 Ⅲ			Ⅳ		
판두께(㎜) 등급	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과
1급	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하	4㎜ 이하	t/4 이하	15㎜ 이하
2급	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하
3급	18㎜ 이하	t 이하	60㎜ 이하	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하
4급	3급을 초과하는 것					

※ 강도로교 용접 및 도장요령(1998, 국토교통부) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전공단) 참조

5) 합·부 판정기준

강도로교 용접 및 도장요령(1998, 국토교통부)에 의거하여 합·부를 판정하였다.

【표 3-77】 용접부 결함의 합·부 판정기준

검 사 부 위	합 격 기 준	비 고
인장 및 교번하중이 작용하는 부재의 용접부	2급 이상	KS-B-0896
압축 및 전단응력이 작용하는 부재의 용접부	3급 이상	

나. 도막두께 측정(Dry Film Thickness Measurement)

1) 개 요

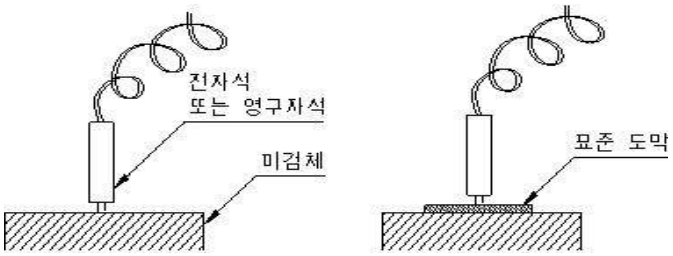
도막두께는 도막두께 측정기를 사용하여 일정한 두께를 가진 표준판에 교정한 후 강재에 기도장된 도막의 두께를 측정하는 것이다. 측정결과는 기존에 적용한 두께를 기준하여 정상적으로 도장작업이 수행되었는지의 여부 및 감소 여부를 판단한다.

2) 시험규정

- 평균도막 두께는 표준 도장막 두께의 75%이상이어야 한다.
- 1회의 측정값이 도장값 두께의 60%이상이어야 한다.
- 최소값 이하의 측정값이 측정수의 10%미만인 경우에는 도장막 두께를 재확인하여 부분적인 재도장을 한다.
- 최소값 이하의 측정값 개수가 측정수의 30%이상인 경우에는 최종 도장한 도료를 추가로 재도장을 한다.
- 최소값 이하의 측정값 개수가 측정수(n)의 10~30%미만인 경우에는 또 다시 n개수를 측정하여 측정수를 2n으로 한다. 30%미만일 때는 그 부근을 부분적인 도장을 하고 30%이상이 될 때는 전면구조에 추가로 1회 더 도장한다.

3) 측정방법

- 도막두께 측정은 전자석 또는 영구자석을 이용하여 피검체(자성체)에 도포된 도막의 두께를 측정하는 검사방법으로 페인트 도막 및 기타 코팅에 적용된다. 도막이 도포되지 않은 피검체(자성체)에 전자석 또는 영구자석을 접촉시켜 지시계의 눈금을 영점(Zero) 조정한다. 영점 조정 후 확인하고자 하는 두께와 유사한 표준도막을 이용하여 각 도막의 두께에 따른 자력차를 이용하여 검사하는 방법이다.
- 도막두께를 교정 후 측정부위에 접촉시켜 전자석 또는 영구자석의 자력차를 수치로 나타내어 측정부위의 도막두께를 확인한다. 이러한 원리를 이용하여 검사하는 것이 도막두께 측정이다. 위의 도막두께 측정법은 자성체에 한하여 실시하며 피검체가 비자성체일 경우는 측정이 불가능하므로 다른 측정법이 요구된다.



(도막두께 측정방법)

4) 평가기준

【표 3-78】 일반환경용 중방식 도장 도막두께 기준

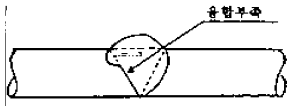
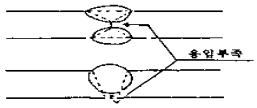
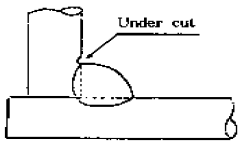
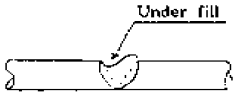
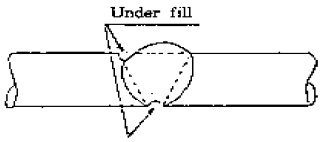
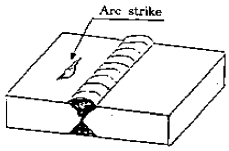
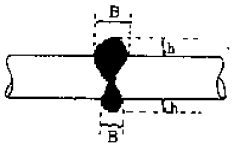
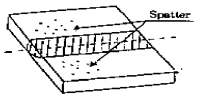
구분	도장 계열	공정		도료명칭 또는 방법	도막두께 (㎛)	도장 횟수	비고
교량 내부	GIB	1차 표면처리		SSPC-SP10			
		샵 프라이머		무기질 아연말 샵프라이머	20	1	
		2차 표면처리		SSPC-SP10			
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1	
			제2층	미스트 코트	100	1	
			제3층	고고형분 에폭시계도료		1	
		계			175		
연결판 (내·외부)	SJ	표면처리		SSPC-SP10			
		공장도장	제1층	무기질 아연말도료	50	1	
		계			50		
교량 외부볼트 및 연결판	GEC	표면 처리	연결판	SSPC-SP3			
			볼트	화성피막처리			
		현장 도장	제1층	에폭시계도료	75	1	
			제2층	후막형 에폭시계도료	80	1	
			제3층	폴리 우레탄계도료	30	1	
			제4층	폴리 우레탄계도료	30	1	
		계			215		
교량 내부볼트 및 연결판	GIC	표면 처리	연결판	SSPC-SP3			
			볼트	화성피막처리			
		현장 도장	제1층	에폭시계도료	75	1	
			제2층	고고형분 에폭시계도료	100	1	
		계			175		
콘크티트 접합부위	DK	표면처리		SSPC-SP10			
		공장 도장	제1층	무기질 아연말도료	75	1	
		계			75		

※ 도로교표준시방서(국토교통부, 2005년(제6장 도장)) 참조

※ 콘크리트 및 강재비파괴 시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조

3.5.3 용접부에 발생하는 대표적인 결함

【표 3-79】 용접부에 발생하는 대표적인 결함

결 함 내 용	설 명	비 고
• 균열 Crack	• 용접부의 작은 단면에 걸리는 하중이 금속의 응력값을 초과할 때 발생함. 균열은 모재 또는 용접금속에서도 나타나며 다른 결함, Notch 등과 함께 나타나기도 함	
• 융합부족(LF) Lack of fusion	• 그림과 같이 용접금속과 모재 사이가 완전하게 융합이 되지 아니한 상태	
• 용입부족(IP) Incomplete Penetration	• 그림과 같이 용융금속의 두께가 모재두께 보다 적게 용입이 이루어진 상태	
• 언더 컷 Under cut	• 용접사 기량 또는 용접조건 불량 등의 원인에 의하여 그림과 같이 움푹 패인 형상으로, 도로교 표준시방서 15.3.3의 (12)에 의하면 0.3~0.8mm 까지 허용됨	
• 언더 필 Under fill	• 용융금속이 덜 채워진 형상 	
• 아크 스트라이크 Arc strike	• 용접을 시작할 때 용접봉을 모재쪽에 대고 Arc를 발생시킴으로 인하여 모재가 움푹 패인 현상으로 응력집중의 원인이 됨	
• 기공 Porosity	• 이물질이나 수분에 의해 용접부 내부에 가스가 발생되어 용접금속 외부로 빠져 나오지 못하고 내부에서 기포를 형성한 상태	
• 블로 홀 Blow hole (Pit)	• 이물질이나 수분에 의해 발생된 가스가 용접 비드 표면에 빠져 나오면서 발생된 작은 구멍	
• 용접Bead 상태불량 -과대한 용접 덧붙임 -Bead 표면의 과대한 요철	• 도·시(표 15.3.7)에 의하면 용접 Bead 폭 B에 따라 용접 덧붙임 높이 h값이 규정되어 있으며, 이 규정을 초과하는 덧붙임, 용접 Bead 표면의 과대한 요철 등이 발생	
• 스패터 Spatter	• 용접시 용융 Pool로부터 모재쪽으로 튀겨 나온 조그마한 금속 알갱이	
• 슬래그 혼입 Slag Inclusion	• 용접봉 피복 등이 용접금속 내에 혼입된 상태. 용접 내부의 슬래그는 강도를 저하시키며, 표면의 슬래그는 도장박리의 원인이 됨	

3.5.4 시험결과 및 분석(부산방향)

가. 초음파탐상 시험결과

UT 시험은 하부플랜지 맞대기 용접부 32개소에서 용접상태를 검사한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 1급(합격)으로 조사되었다.

【표 3-80】 부산방향 - 초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치		시험개소	결함등급	검사길이	결함발생 현황	비 고
G1	S1-1	1	1급	600mm	결함사항없음	
	S1-2	1	1급	600mm		
	S2-1	1	1급	600mm		
	S2-2	1	1급	600mm		
	S3-1	1	1급	600mm		
	S3-2	1	1급	600mm		
	S4-1	1	1급	600mm		
	S4-2	1	1급	600mm		
	S5-1	1	1급	600mm		
	S5-2	1	1급	600mm		
	S6-1	1	1급	600mm		
	S6-2	1	1급	600mm		
	S7-1	1	1급	600mm		
	S7-2	1	1급	600mm		
	S8-1	1	1급	600mm		
	S8-2	1	1급	600mm		
G2	S1-1	1	1급	600mm		
	S1-2	1	1급	600mm		
	S2-1	1	1급	600mm		
	S2-2	1	1급	600mm		
	S3-1	1	1급	600mm		
	S3-2	1	1급	600mm		
	S4-1	1	1급	600mm		
	S4-2	1	1급	600mm		
	S5-1	1	1급	600mm		
	S5-2	1	1급	600mm		
	S6-1	1	1급	600mm		
	S6-2	1	1급	600mm		
	S7-1	1	1급	600mm		
	S7-2	1	1급	600mm		
	S8-1	1	1급	600mm		
	S8-2	1	1급	600mm		

주) 합격기준 : 2급 이상

나. 도막두께 측정결과

시공당시 도장시방으로 『도로교 표준시방서(2013, 국토교통부)』의 일반환경용 중방식 도장을 평가기준으로 정하였으며, 도막두께 측정결과, 전 개소의 실측도막두께가 기준치(외부 215㎛, 내부 175㎛)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 판단된다.

【표 3-81】 부산방향 - 도막두께 측정결과

시험위치				실측 도막두께(㎛)					평균(㎛)		평가
				1회	2회	3회	4회	5회			
G1	내부	S5 좌측면	1 Spot	202	212	230	222	202	214	222	O.K
			2 Spot	211	253	232	203	263	232		
			3 Spot	222	215	205	201	231	215		
			4 Spot	215	222	207	262	225	226		
		S6 하면	1 Spot	198	201	202	201	208	202	201	O.K
			2 Spot	198	203	190	209	206	201		
			3 Spot	195	198	185	202	205	197		
			4 Spot	198	195	203	208	205	202		
		S7 우측면	1 Spot	218	209	226	224	232	222	232	O.K
			2 Spot	213	207	222	226	216	217		
			3 Spot	216	218	228	216	228	221		
			4 Spot	206	311	298	320	209	269		
		S8 좌측면	1 Spot	202	216	218	225	214	215	214	O.K
			2 Spot	227	223	221	218	213	220		
			3 Spot	216	202	219	228	215	216		
			4 Spot	204	203	201	207	217	206		
	외부	S1 좌측면	1 Spot	235	203	206	218	400	252	280	O.K
			2 Spot	228	248	251	239	288	251		
			3 Spot	242	243	398	247	363	299		
			4 Spot	276	307	342	357	309	318		
		S2 하면	1 Spot	288	248	304	362	347	310	302	O.K
			2 Spot	209	359	273	274	328	289		
			3 Spot	284	351	394	286	346	332		
			4 Spot	223	234	292	362	276	277		
		S4 하면	1 Spot	321	253	361	373	292	320	294	O.K
			2 Spot	205	319	387	286	228	285		
			3 Spot	268	395	387	308	203	312		
			4 Spot	232	253	288	262	265	260		
		S5 좌측면	1 Spot	233	220	231	265	238	237	236	O.K
			2 Spot	235	229	235	235	238	234		
			3 Spot	235	252	235	235	239	239		
			4 Spot	235	232	236	215	239	231		

【표 3-81】 부산방향 - 도막두께 측정결과(계속)

시험위치				실측 도막두께(㎛)					평균(㎛)		평가
				1회	2회	3회	4회	5회			
G2	내부	S2 좌측면	1 Spot	334	245	265	303	325	296	296	O.K
			2 Spot	274	311	334	352	224	299		
			3 Spot	334	337	325	245	276	303		
			4 Spot	334	338	312	248	212	289		
		S3 하면	1 Spot	203	206	218	214	378	244	296	O.K
			2 Spot	248	251	239	378	320	287		
			3 Spot	243	398	247	368	382	328		
			4 Spot	307	342	357	377	251	327		
		S4 우측면	1 Spot	248	304	362	240	219	275	305	O.K
			2 Spot	359	273	274	384	353	329		
			3 Spot	351	394	286	260	352	329		
			4 Spot	234	292	362	290	261	288		
		S5 좌측면	1 Spot	225	392	342	214	347	304	272	O.K
			2 Spot	203	240	240	245	215	229		
			3 Spot	289	224	253	245	231	248		
			4 Spot	351	394	286	244	254	306		
	외부	S1 좌측면	1 Spot	234	292	362	265	255	282	258	O.K
			2 Spot	225	392	342	262	235	291		
			3 Spot	203	240	240	252	235	234		
			4 Spot	216	220	220	235	236	225		
		S2 하면	1 Spot	289	224	253	232	215	243	285	O.K
			2 Spot	245	297	246	294	289	274		
			3 Spot	268	311	300	298	325	300		
			4 Spot	303	325	334	338	312	322		
		S3 우측면	1 Spot	352	224	351	314	362	321	277	O.K
			2 Spot	265	253	268	288	235	262		
			3 Spot	268	295	265	253	238	264		
			4 Spot	265	268	246	265	268	262		
		S6 하면	1 Spot	255	223	265	234	238	243	271	O.K
			2 Spot	207	314	397	253	234	281		
			3 Spot	225	318	389	249	234	283		
			4 Spot	328	280	281	264	234	277		

3.5.5 시험결과 및 분석(춘천방향)

가. 초음파탐상 시험결과

UT 시험은 하부플랜지 맞대기 용접부 32개소에서 용접상태를 검사한 결과, 전 개소에서 균열, 기공, 슬래그 및 용입부족 등의 내부결함이 없는 1급(합격)으로 조사되었다.

【표 3-82】 춘천방향 - 초음파탐상(UT) 시험결과

시험위치		시험개소	결함등급	검사길이	결함발생 현황	비 고
G1	S1-1	1	1급	600mm	결함사항없음	
	S1-2	1	1급	600mm		
	S2-1	1	1급	600mm		
	S2-2	1	1급	600mm		
	S3-1	1	1급	600mm		
	S3-2	1	1급	600mm		
	S4-1	1	1급	600mm		
	S4-2	1	1급	600mm		
	S5-1	1	1급	600mm		
	S5-2	1	1급	600mm		
	S6-1	1	1급	600mm		
	S6-2	1	1급	600mm		
	S7-1	1	1급	600mm		
	S7-2	1	1급	600mm		
	S8-1	1	1급	600mm		
	S8-2	1	1급	600mm		
G2	S1-1	1	1급	600mm		
	S1-2	1	1급	600mm		
	S2-1	1	1급	600mm		
	S2-2	1	1급	600mm		
	S3-1	1	1급	600mm		
	S3-2	1	1급	600mm		
	S4-1	1	1급	600mm		
	S4-2	1	1급	600mm		
	S5-1	1	1급	600mm		
	S5-2	1	1급	600mm		
	S6-1	1	1급	600mm		
	S6-2	1	1급	600mm		
	S7-1	1	1급	600mm		
	S7-2	1	1급	600mm		
	S8-1	1	1급	600mm		
	S8-2	1	1급	600mm		

주) 합격기준 : 2급 이상

나. 도막두께 측정결과

시공당시 도장시방으로 『도로교 표준시방서(2013, 국토교통부)』의 일반환경용 중방식 도장을 평가기준으로 정하였으며, 도막두께 측정결과, 전 개소의 실측도막두께가 기준치(외부 215㎛, 내부 175㎛)를 모두 상회하는 것으로 조사되어 양호한 상태로 판단된다.

【표 3-83】 춘천방향 - 도막두께 측정결과

시험위치				실측 도막두께(㎛)					평균(㎛)		평가
				1회	2회	3회	4회	5회			
G1	내부	S1 좌측면	1 Spot	202	212	230	222	202	214	222	O.K
			2 Spot	211	253	232	203	263	232		
			3 Spot	222	215	205	201	231	215		
			4 Spot	215	222	207	262	225	226		
		S2 하면	1 Spot	198	220	230	230	218	219	218	O.K
			2 Spot	208	203	221	231	230	219		
			3 Spot	192	198	250	238	231	222		
			4 Spot	190	191	216	225	235	211		
		S3 우측면	1 Spot	210	200	198	220	230	212	212	O.K
			2 Spot	208	202	208	203	221	208		
			3 Spot	205	235	192	198	250	216		
			4 Spot	205	206	198	220	230	212		
		S4 좌측면	1 Spot	198	220	208	203	221	210	207	O.K
			2 Spot	208	203	192	198	250	210		
			3 Spot	192	198	190	191	216	197		
			4 Spot	190	191	216	228	232	211		
	외부	S3 좌측면	1 Spot	235	223	285	202	203	230	226	O.K
			2 Spot	229	228	265	222	205	230		
			3 Spot	229	229	235	215	206	223		
			4 Spot	228	227	227	221	205	222		
		S4 하면	1 Spot	255	265	303	265	265	271	260	O.K
			2 Spot	267	235	223	285	275	257		
			3 Spot	285	229	228	265	268	255		
			4 Spot	297	229	229	235	295	257		
		S5 우측면	1 Spot	211	228	227	235	223	225	233	O.K
			2 Spot	251	235	223	285	228	244		
			3 Spot	201	229	228	265	229	230		
			4 Spot	233	229	229	235	227	231		
		S6 하면	1 Spot	235	223	285	227	208	236	228	O.K
			2 Spot	229	228	265	228	232	236		
			3 Spot	229	229	235	202	203	220		
			4 Spot	228	227	227	222	205	222		

【표 3-83】 춘천방향 - 도막두께 측정결과(계속)

시험위치				실측 도막두께(㎛)					평균(㎛)		평가
				1회	2회	3회	4회	5회			
G2	내부	S1 좌측면	1 Spot	186	196	206	196	206	198	200	O.K
			2 Spot	198	201	208	201	208	203		
			3 Spot	195	203	209	203	209	204		
			4 Spot	186	196	206	186	196	194		
		S2 하면	1 Spot	198	201	208	198	201	201	200	O.K
			2 Spot	195	203	209	195	203	201		
			3 Spot	195	203	209	201	198	201		
			4 Spot	208	186	196	206	196	198		
		S3 우측면	1 Spot	198	198	201	208	205	202	201	O.K
			2 Spot	186	195	203	209	211	201		
			3 Spot	185	195	203	209	213	201		
			4 Spot	166	188	231	206	212	201		
		S4 좌측면	1 Spot	196	203	205	198	197	200	207	O.K
			2 Spot	199	205	206	205	201	203		
			3 Spot	199	201	202	203	212	203		
			4 Spot	201	201	203	228	265	220		
	외부	S3 시점부	1 Spot	239	235	223	229	235	232	239	O.K
			2 Spot	248	229	228	223	285	243		
			3 Spot	249	229	229	228	265	240		
			4 Spot	246	228	228	265	229	239		
		S4 하면	1 Spot	235	223	229	235	229	230	236	O.K
			2 Spot	229	228	223	285	228	239		
			3 Spot	235	228	228	265	265	244		
			4 Spot	229	229	229	235	235	231		
		S5 우측면	1 Spot	229	223	223	285	235	239	241	O.K
			2 Spot	228	228	228	265	229	236		
			3 Spot	235	229	235	223	285	241		
			4 Spot	229	223	285	228	265	246		
		S6 하면	1 Spot	229	228	265	229	265	243	237	O.K
			2 Spot	228	265	229	229	235	237		
			3 Spot	229	235	229	227	227	229		
			4 Spot	223	285	228	235	223	239		

3.6 현장조사 결과요약

3.6.1 외관조사 결과요약

가. 부산방향

【표 3-84】부산방향 - 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
바닥판	• 금회 진단 시 바닥판하면 손상으로는 데크 플레이트 부식, 균열, 부식, 박락, 백태, 열화, 볼트천공불량 등의 손상이 발생하였다. • 균열은 바닥판하면이 아닌 외측면에 발생하였으며, 콘크리트가 타설되는 표면적이 큰 바닥판의 습윤 감소로 인한 콘크리트 체적변화에 따른 건조수축, 수화열에 의한 시공초기 균열로 판단된다. 발생한 균열의 내구성 확보를 위해 균열폭 0.3㎜이상의 균열에 대하여 주입보수를 실시하고, 균열폭 0.3㎜미만의 균열은 표면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. • 전 구간 바닥판 측면에 손상규모가 작은 백태가 발생하였으며, 이는 콘크리트 표면에 발생한 미세균열부에 외부 우수유입으로 인해 발생된 것으로 표면보수가 필요한 것으로 판단된다. • 바닥판하면 종방향 조인트 구간은 전체적으로 백태가 발생하였다. 이는 춘천방향과 접하는 중앙분리대 하면측으로 우기 시 우수유입으로 인해 발생된 손상으로 판단된다. 현장조사 시 확인결과, 종방향으로 물끊기공(ㄱ앵글)이 설치되어 있어 박리 및 박락과 같은 단면손상은 발생하지 않은 것으로 확인되었으며, 지속적인 점검으로 통해 물끊기공 손상, 추가손상 발생 여부 확인이 필요할 것으로 판단된다. • 내측 바닥판하면은 데크 플레이트로 시공되어 있으며, 전반적으로 변형없이 양호한 상태이나, 일부 데크 플레이트 부식과 볼트천공불량 등이 조사되었다. 데크 플레이트 부식은 장기공용으로 인해 발생된 것으로 단면감소는 없는 것으로 확인되었다. 또한 볼트천공불량은 가로보 및 세로보 시공 시 누락된 것으로 판단된다. 발생한 부식, 볼트천공불량은 보수를 실시하기 보다는 추가적인 손상발생 여부를 지속적으로 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다.
Steel Box 내부	• Steel Box Girder 내부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 도장박리, 부식, 볼트 녹발생, 이물질퇴적, 실링재 미처리 등의 손상이 조사되었다. • Steel Box Girder 내부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 도장박리, 부식, 볼트 녹발생, 이물질퇴적, 실링재 미처리 등의 손상이 조사되었다. • 거더 내부(S1)에 발생한 볼트녹발생과 S8 하부플랜지에 발생한 부식은 도장 전처리 불량과 Splice, 하단부와 신축이음부를 통한 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 재도장이 적절할 것으로 판단된다. • 발생한 Splice 실링재 미처리로 인해 외부에서 우수가 유입되어 도장박리, 강재부식 등을 발생시킬 수 있으므로 실링처리가 필요한 것으로 판단된다. • 이물질퇴적은 장기공용으로 인한 발생한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 범위가 다소 작으며, 지속적인 주의관찰이 필요하다.
Steel Box 외부	• Steel Box Girder 외부에 대한 외관조사결과, 구조적인 손상은 없으나 리브변형, 도장박리, 부식, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다. • 발생한 리브변형은 공용 중 발생한 손상이 아니며, 거더 제작 및 거치 시 발생한 시공불량으로 판단되며, 추가적인 손상발생 여부를 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다. • 거더 외부에 발생한 도장박리, 강재부식은 공용기간 증가로 인해 교량의 노후화 및 외부 영향에 의한 열화, 도장전 바탕처리 불량 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 녹제거 후 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

【표 3-84】 부산방향 - 금회 진단 외관조사 결과요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
Steel Box 외부(계속)	• 강 가로보 및 세로보에 대한 외관조사결과, 특이 손상이 없는 대체적으로 양호한 상태인 것으로 조사되었다.
교대	• 교대 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열, 박리 및 박락, 체수 등의 손상이 조사되었다. • 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. • 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(박리 및 박락)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다. • 발생한 체수는 흉벽측으로 설치되어 있는 수직 배수관 불량으로 인해 우기 시 발생한 것으로 판단되며, 추가적인 손상이 발생하지 않도록 배수관 재설치가 필요하다. • 교대 전면부 압성토는 대체로 양호한 상태이나, 우기 시 침식 및 침하 등이 발생할 우려가 있는 것으로 보호 블록공 설치가 필요할 것으로 판단된다.
교각	• 교대에 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열 및 망상균열, 박리 및 박락, 재료분리, 철근노출, 표면오염, 앵커볼트 미제거 등의 손상이 조사되었다. • 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. • 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(박리 및 박락, 재료분리)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다. • 일부 기둥부에 철근노출이 발생하였으며, 이는 시공초기 콘크리트 타설 시 피복두께 부족으로 인해 발생된 손상으로 철근부식 등으로 인해 추가적인 손상이 발생하지 않도록 방청을 동반한 단면보수가 필요하다. • 발생한 표면오염은 교각측으로 설치되어 있는 수직 배수관 연결 이음부에서 누수로 인해 발생한 것으로 확인되었으며, 이로 인해 콘크리트열화, 단면결함 등의 손상은 발생하지 않아 지속적으로 주위관찰이 필요한 것으로 판단된다.
교량받침	• 교량받침 조사결과, 받침본체 부식, 도장박리, 받침콘크리트 및 몰탈 균열, 받침 콘크리트 박리 등의 손상이 조사되었다. • 교량 받침에 부식이 전반적으로 조사되었으며, 이는 외측면을 통한 우수유입이 가장 주요한 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 적절할 것으로 판단된다. • 받침콘크리트, 받침 몰탈에 발생한 0.3㎜미만의 균열은 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으나, 내구성 확보를 위해 표면처리보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. • 받침 콘크리트에 발생한 파손, 박락은 우수유입에 따른 동결융해로 인한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위하여 단면보수가 적절할 것으로 판단된다.
신축이음	• 신축이음장치 외관조사 결과 강재부식, 후타재 균열, 파손 및 콘크리트 열화, 차수판 볼트 탈락, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다. • 후타재에 발생한 균열, 파손은 건조수축과 지속적인 중차량 통행 등에 의해 발생된 손상으로 폭 0.3㎜미만 후타재 균열에 대해서는 표면보수, 후타재 파손은 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.

【표 3-84】 부산방향 - 금회 진단 외관조사 결과요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
신축이음 (계속)	• 발생한 신축이음장치 강재부식, 이물질퇴적은 공용기간 증가와 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 강재부식은 신축이음장치 사용성에 문제가 없을 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한 신축이음장치 유간사이의 이물질퇴적으로 인해 신축거동에 영향을 받지 않도록 주기적인 청소가 필요할 것으로 판단된다. • 차수판에 발생한 볼트 탈락은 공용기간 증가와 지속적인 중차량 통행에 의해 발생된 손상으로 구조물에 미치는 영향은 적은 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다.
교면포장	• 교면포장 외관조사 결과, 전체적으로 교면포장이 완료된 상태로 손상없이 양호한 것으로 조사되었다. • 기 진단 시 외관조사 결과, 일부 아스콘 망상균열, 소성변형 등의 손상이 조사되었으나, 금회 진단 시 보수가 완료된 상태로 확인되었다.
배수시설	• 배수시설 외관조사 결과 배수관 부식, 누수, 설치불량 및 길이부족, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다. • 배수관에 발생된 손상은 공용기간 증가와 재료적 특성, 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 지속적인 주의관찰이 필요하다. 특히, 교대 A1 흉벽측에 설치된 배수관은 시공불량, 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생된 손상으로 추가적인 손상이 발생하지 않도록 배수관 재설치가 필요할 것으로 판단된다. • 이물질 퇴적은 공용기간 증가로 인해 발생한 손상으로 우기 시 원활한 배수가 이루어지도록 주기적인 청소가 필요하다.
방호벽 및 중앙분리대	• 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과 균열, 균열 및 백태, 파손, 망상균열, 박리 등의 손상이 조사되었다. • 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생된 손상으로 판단되며, 전반적으로 균열 폭이 0.3㎜미만으로 조사되어 균열보수인 표면보수가 필요할 것으로 판단된다, • 외측부에 발생한 균열 및 백태, 망상균열(백태동반)은 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 균열부에 지속적인 외부 우수유입으로 인해 발생한 손상으로 추가적인 손상(박리 및 박락)이 발생하지 않도록 표면보수가 필요하다. • 국부적으로 발생한 박리 및 파손은 외부충격에 의해 발생된 손상으로 판단되며, 특히 파손은 신축이음부 갓길에 설치된 차수판측에 발생하였으며, 차수판 설치 시 발생한 손상으로 구조물에 미치는 영향은 작은 것으로 지속저인 주의관찰이 필요하다.
기타 부대시설	• 본 교량의 점검시설은 교대를 제외한 전 구간의 교각 코핑부 및 교량받침에 대해서 점검이 가능하도록 점검로와 바닥판 하면 및 거더외부 점검을 위해 교축방향으로 가로보에 지지된 점검로가 설치되어 있다. • 교차시설물인 지방도 927 주행차량에 영향을 미치지 않기 위해 S4 좌측 방호벽에 낙하물 방지 안전휀스가 설치되어 있다. • 점검로 발판부식 2개소, 사다리 망실 1개소가 조사되었다. 발생한 점검로 발판 부식은 공용기간 증가와 외부환경적인 영향에 의해 발생한 손상이며, 사다리 망실은 시공 시 미설치된 것으로 판단된다. • 안전휀스 설치 상태는 양호하나, 일부 강재부식이 발생하였다. 이는 장기공용과 환경적인 요인으로 인해 발생된 손상으로 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 지속적인 유지관찰이 필요하다.

나. 춘천방향

【표 3-85】 춘천방향 - 금회 진단 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
바닥판	• 금회 진단 시 바닥판하면 손상으로는 데크 플레이트 부식, 박락, 백태, 재료분리 등의 손상이 발생하였다. • 전 구간 바닥판 측면에 손상규모가 작은 백태가 발생하였으며, 이는 콘크리트 표면에 발생한 미세균열부에 외부 우수유입으로 인해 발생된 것으로 표면보수가 필요한 것으로 판단된다. • 일부 구간에 발생한 박락 및 재료분리는 시공초기 콘크리트 다짐불량에 의해 발생된 손상으로 손상규모는 작으나, 내구성확보를 위해 단면보수가 필요한 것으로 판단된다. • 내측 바닥판하면은 데크 플레이트로 시공되어 있으며, 전반적으로 변형없이 양호한 상태이나, 일부 데크 플레이트 부식과 볼트천공불량 등이 조사되었다. 데크 플레이트 부식은 장기공용으로 인해 발생된 것으로 단면감소는 없는 것으로 확인되었다.
Steel Box 내부	• Steel Box Girder 내부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 도장박리, 부식, 볼트 부식, 결로흔적, 볼트체결불량, 이물질퇴적, 유수유입흔적, 실링재 미처리 등의 손상이 조사되었다. • 거더 내부에 발생한 도장박리, 부식은 도장 전처리 불량과 Splice, 하단부와 신축이음부를 통한 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 재도장이 적절할 것으로 판단된다. • 발생한 Splice 실링재 미처리로 인해 외부에서 우수가 유입되어 도장박리, 강재부식 등을 발생시킬 수 있으므로 실링처리가 필요한 것으로 판단된다. • 이물질퇴적은 장기공용으로 인한 발생한 손상으로 구조물에 영향을 미치는 범위가 다소 적으며, 지속적인 주의관찰이 필요하다. • 일부 상부플랜지에 결로 흔적이 발생하였으며, 이는 외부 온도차에 의해 발생된 손상으로 추가적인 강재부식 등이 발생하지 않은 상태로 확인되었다. 추후 지속적인 주의관찰을 통해 추가손상 발생여부 확인이 필요할 것으로 판단된다. • Steel Box Girder 내부의 격벽은 특이 손상이 없이 전체적으로 손상없이 양호한 것으로 조사되었으나, 강재부식 1개소가 조사되었다. • 발생한 강재부식은 장기공용 및 외부 우수유입이 주요 원인으로 판단되며, 보수방안으로 재도장이 적절할 것으로 판단된다.
Steel Box 외부	• Steel Box Girder 외부에 대한 외관조사결과, 구조적인 손상은 없으나 리브변형, 도장박리, 부식, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다. • 발생한 리브변형은 공용 중 발생한 손상이 아니며, 거더 제작 및 거치 시 발생한 시공불량으로 판단되며, 추가적인 손상발생 여부를 지속적인 주의관찰이 필요한 것으로 판단된다. • 거더 외부에 발생한 도장박리, 강재부식은 공용기간 증가로 인해 교량의 노후화 및 외부 영향에 의한 열화, 도장 전 바탕 처리불량 등에 의해 발생한 것으로 판단되며, 구조물의 내구성 확보를 위해 표면처리 후 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. • 가로보 및 세로보 외관 조사결과는 도장손상이나 부식, 각종 변형 및 균열, 이상음 발생 등의 손상이 없는 대체적 양호한 상태인 것으로 조사되었으며, 금회 진단 시 역시 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3-85】 춘천방향 - 금회 진단 외관조사 결과요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
교대	• 교대에 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열, 박리, 파손, 철근노출 등의 손상이 조사되었다. • 교대에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. • 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(파손, 박리)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다. • 교대 A1 전면부에 발생한 철근노출은 시공초기 콘크리트 타설 시 피복두께 부족으로 인해 발생된 손상으로 철근부식 등으로 인해 추가적인 손상이 발생하지 않도록 방청을 동반한 단면보수가 필요하다.
교각	• 교각에 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없으며, 균열 및 망상균열, 박리 및 박락, 재료분리, 철근노출, 표면오염, 앵커볼트 미제거 등의 손상이 조사되었다. • 교각에 발생한 균열의 형상 및 발생 위치 등을 검토한 결과, 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 비구조적인 균열로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. • 기타 손상으로 시공미흡이나 공용 중 발생 가능한 국부적인 단면결함(박리 및 박락, 재료분리)이 조사되었다. 단면결함은 공용 중 내구성 저하의 우려가 있으므로 단면보수가 요구된다. • 일부 기둥부에 철근노출이 발생하였으며, 이는 시공초기 콘크리트 타설 시 피복두께 부족으로 인해 발생된 손상으로 철근부식 등으로 인해 추가적인 손상이 발생하지 않도록 방청을 동반한 단면보수가 필요하다. • 발생한 표면오염은 교각측으로 설치되어 있는 수직 배수관 연결 이음부에서 누수로 인해 발생한 것으로 확인되었으며, 이로 인해 콘크리트열화, 단면결함 등의 손상은 발생하지 않아 지속적으로 주위관찰이 필요한 것으로 판단된다.
교량받침	• 교량받침 조사결과, 받침본체 부식, 도장박리, 받침콘크리트 및 몰탈 균열, 받침 콘크리트 박리 등의 손상이 조사되었다. • 교량 받침에 부식이 전반적으로 조사되었으며, 이는 외측면을 통한 우수유입이 가장 주요 원인으로 판단되어, 녹제거 후 재도장이 적절한 것으로 판단된다. • 받침콘크리트, 받침 몰탈에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 판단되며, 손상정도가 경미하여 보수의 긴급성은 없으나, 내구성 확보를 위해 균열 폭에 따라 0.3㎜미만은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
신축이음	• 신축이음장치 외관조사 결과 강재부식, 후타재 균열, 파손 및 콘크리트 열화, 차수판 볼트 탈락, 이물질퇴적 등의 손상이 조사되었다. • 후타재에 발생한 균열, 파손은 건조수축과 지속적인 중차량 통행 등에 의해 발생된 손상으로 폭 0.3㎜미만 후타재 균열에 대해서는 표면보수, 후타재 파손은 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. • 발생한 신축이음장치 강재부식, 이물질퇴적은 공용기간 증가와 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 강재부식은 신축이음장치 사용성에 문제가 없을 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다. 또한 신축이음장치 유간사이의 이물질퇴적으로 인해 신축거동에 영향을 받지 않도록 주기적인 청소가 필요할 것으로 판단된다. • 차수판에 발생한 볼트 탈락은 공용기간 증가와 지속적인 중차량 통행에 의해 발생된 손상으로 구조물에 미치는 영향은 적은 것으로 지속적인 주의관찰이 필요하다.

【표 3-85】 춘천방향 - 금회 진단 외관조사 결과요약(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
교면포장	• 교면포장 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태이나 일부 구간에 균열 및 망상균열, 콘크리트 파손 등의 손상이 조사되었다. • 발생한 균열 및 망상균열 건조수축, 온도변화 및 시공 초기 다짐미흡(온도관리) 등의 복합적인 원인에 의해 균열 이 발생된 것으로 판단된다. 이들 손상은 부분적으로 발생된 상태로 손상에 의해 차량 주행성 저하는 미미한 상태이므로 균열은 지속적인 유지관찰 후 일괄적으로 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. • S8 교면포장부에 발생한 콘크리트 파손은 중차량 통행에 의해 발생된 손상으로 차량 주행성에 영향을 미치지 않도록 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
배수시설	• 배수시설 외관조사 결과 배수관 부식, 배수구 막힘, 누수, 파손, 배수관 길이부족 등의 손상이 조사되었다. • 배수관에 발생된 손상은 공용기간 증가와 재료적 특성, 외부 환경적 영향에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 지속적인 주의관찰이 필요하다. 특히, 배수구 막힘은 공용기간 증가에 따른 이물질퇴적으로 인한 발생된 손상으로 우기 시 원활한 배수가 이루어지도록 주기적인 청소가 필요하다. • S8 바닥판에 설치된 배수관의 배수관 길이부족은 우기 시 교각에 표면오염을 발생시키고 있는 것으로 조사되었으며, 이는 배수관 설치 시 시공불량으로 판단된다. 또한 교각에 표면오염이 발생하였지만 금회 외관조사 시 콘크리트 열화 등의 손상은 발생하지 않았다. • 배수관에 발생한 파손은 배수관 이음부에서 발생하였으며, 장기공용 및 누후화에 의해 발생된 것으로 손상규모 및 범위는 작지만 우기 시 배수관 통해 일정한 곳으로 물을 배출하기 위해서 배수관 교체가 필요할 것으로 판단된다.
방호벽 및 중앙분리대	• 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과 균열, 보수부 재균열, 백태, 박리 및 박락, 철근노출, 재료분리, 파손 등의 손상이 조사되었다. • 발생한 균열은 건조수축 및 온도변화에 따른 콘크리트 신축으로 인하여 발생된 손상으로 판단되며, 발생한 균열폭에 따라 0.3㎜미만 균열은 표면보수, 0.3㎜이상 균열은 내구성확보를 위해 주입보수를 필요할 것으로 판단된다. 또한 보수 후 지속적인 유지관찰하여 보수부 재손상 발생여부 확인이 필요하다. • 내측 방호벽에서 일부 보수부 재균열이 발생하였다. 이는 시공 시 면처리가 적절하게 이루어지지 않아 보수부 재균열이 발생된 것으로 판단된다. • 국부적으로 발생한 박리 및 박락, 철근노출, 재료분리는 콘크리트 피복두께 및 치밀성 부족, 콘크리트 다짐불량, 지속적인 우수유입 등으로 인해 발생된 손상으로 내구성확보를 위해 단면보수와 방청을 동반한 단면보수가 필요하다.
기타 부대시설	• 교차시설물인 927 일반도로에 주행차량에 영향을 미치지 않기 위해 S4 우측 방호벽에 낙하물 방지 안전휀스가 설치되어 있다. • 안전휀스 설치 상태는 양호하나, 일부 강재부식이 발생하였다. 이는 장기공용과 환경적인 요인으로 인해 발생된 손상으로 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 지속적인 유지관찰이 필요하다. • 교축방향으로 설치된 점검로 중 S4 구간에 점검로 발판 파손이 조사되었으며, 이는 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생된 손상으로 지속적인 유지관찰 후 일괄적인 보수가 필요할 것으로 판단된다. • 교각 P4측에 설치된 점검용 사다리가 오랜공용으로 인해 사용불량인 것으로 조사되었다.

다. 기 진단결과 비교

1) 부산방향

【표 3-86】 부산방향 - 기 진단결과 비교표

구 분	손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
			수량	개소	수량	개소	
바닥판 하면	균열(0.3㎜미만)	m	-	-	3.30	5	신규손상
	균열(0.3㎜이상)	m	-	-	1.60	2	
	데크플레이트 부식	㎡	7.31	18	2.98	18	기 진단 오차 및 기존손상 수량조정
	망상균열	㎡	0.16	1	-	-	망상균열이 백태로 진전
	균열 및 백태	m	-	-	0.80	1	신규손상
	백태	㎡	0.19	2	1.13	6	일부 추가손상
	파손, 박락	㎡	0.50	2	0.50	2	-
	철근노출	㎡	-	-	2.30	1	신규손상
	볼트천공불량	EA	16	16	16	16	-
	내측 캔틸레버 백태(누수)	m	380.00	전경간	380.00	전경간	-
Steel Box 내부 (격벽 포함)	도장박리	㎡	0.04	2	0.01	1	기 진단오차 및 기존손상 수량조정
	부식	㎡	0.40	6	0.28	3	기존손상 수량조정
	이물질 퇴적	EA	4	2	6.09	3	
	벌레사체 과다	EA	3	3	-	-	보수
	공사 잔재물	㎡	5.00	1	5.00	1	-
	시건장치 망실	EA	1	1	1	1	-
	우수유입흔적	EA	11	11	7	7	기존손상 수량조정
	실링재 미처리	EA	-	-	104	104	누락손상
Steel Box 외부	도장박리	㎡	0.60	4	2.77	8	기존손상 수량조정 및 추가손상
	부식	㎡	1.70	19	16.56	30	
	변형	m	0.70	3	0.70	3	-
	이물질 퇴적	㎡	-	-	0.20	1	신규손상
	벌집	EA	2	2	-	-	보수
교량 받침	받침부식	㎡	0.79	9	2.52	18	일부 추가손상
	도장박리	㎡	0.48	13	1.35	10	기존손상 수량조정
	받침콘크리트균열 (0.3㎜미만)	m	-	-	0.50	1	신규손상
	받침콘크리트균열 (0.3㎜이상)	m	0.30	1	0.50	2	일부 추가손상
	받침몰탈 균열	m	-	-	0.10	1	신규손상
	받침콘크리트 박리	㎡	-	-	1.44	1	

【표 3-86】 부산방향 - 기 진단결과 비교표(계속)

구 분	손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
			수량	개소	수량	개소	
하부구조	균열(0.3㎜미만)	m	117.50	99	122.40	101	일부 균열 0.3㎜이상으로 진전 일부 추가손상
	균열(0.3㎜이상)	m	18.50	10	19.30	11	기존손상 수량조정 및 추가손상
	망상균열	㎡	22.50	4	152.15	10	
	백태	㎡	21.00	14	-	-	망상균열로 변경
	표면오염	㎡	66.68	8	101.60	5	기존손상 수량조정
	박리, 박락, 파손	㎡	3.60	13	7.92	20	기존손상 수량조정 및 추가손상
	재료분리	㎡	1.50	4	2.85	4	기 진단 오표기 및 기존손상 수량조정
	철근노출	㎡	1.60	1	1.60	1	-
	앵커볼트 미제거	EA	1	1	1	1	-
	강판부식	㎡	0.96	3	0.96	3	-
	토사유출	㎡	-	-	150.00	1	추가손상
신축이음	후타재균열(0.3㎜미만)	m	32.29	75	35.61	82	일부 추가손상
	본체 부식	㎡	3.40	4	1.09	3	기존손상 수량조정
	차수덮개 볼트탈락	EA	1	1	12	12	일부 추가손상
	차수덮개 파손	EA	1	1	1	1	-
	이물질 퇴적	m	60.00	4	60.00	4	-
교면포장	망상균열/포트홀	㎡	16.20	11	-	-	보수
	포장불량	㎡	14.11	13	-	-	
	코어체취부 미보수	㎡	0.40	10	-	-	
	접합부 포장열화	㎡	10.00	1	-	-	
배수시설	배수관 이음부 백태	EA	45	45	45	45	-
	배수관 이음부 부식	EA	2	2	2	2	-
	배수관 이음부 누수	EA	3	3	3	3	-
	배수관 하단부식	EA	41	41	48	48	일부 추가손상
	배수관 길이부족	EA	1	1	2	2	
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	205.70	222	249.60	186	기존손상 수량조정 및 추가손상
	균열(0.3㎜이상)	m	2.00	2	-	-	기존손상 수량조정
	망상균열	㎡	-	-	120.24	6	방호벽 외측 정밀조사로 신규손상
	파손	㎡	0.16	2	0.29	2	기존손상 수량조정
	박리, 박락	㎡	0.11	6	0.35	5	
기타부대시설	낙교방지 부식	㎡	1.00	3	1	3	-
	낙교방지 도장박리	㎡	0.08	3	0.08	3	-
	점검로 발판 부식	㎡	0.30	2	0.30	2	-
	점검로 사다리 없음	EA	1	1	1	1	-
검토의견	→ 보수이력 및 현장조사 결과, 교면포장은 보수가 완료 되었고 보수상태 또한 전반적으로 양호한 상태이나 대부분의 손상은 미보수된 상태로 확인됨 → 기 진단과 비교결과, 미세균열 및 콘크리트의 일반적인 손상들로 기존손상 수량조정 및 신규손상이 조사되었고 바닥판에 망상균열이 백태로 진전되고 하부구조의 일부 균열이 0.3㎜로 진전된 것으로 손상물량이 소폭 증가됨						

2) 춘천방향

【표 3-87】 춘천방향 - 기 진단결과 비교표

구 분	손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
			수량	개소	수량	개소	
바닥판	데크플레이트 부식	㎡	53.46	311	54.35	320	일부 추가손상
	재료분리	㎡	0.35	3	1.40	4	기존손상 수량조정 및 추가손상
	백태	㎡	0.02	2	0.02	2	-
	박리, 박락	㎡	0.04	1	0.14	2	일부 추가손상
	내측 캔틸레버 백태(누수)	m	380.00	전경간	380.00	전경간	-
Steel Box 내부 (격벽 포함)	도장불량	㎡	1.25	1	1.25	1	-
	도장박리	㎡	0.65	10	38.18	30	기존손상 수량조정 및 추가손상
	볼트부식	EA	47	47	35	35	
	부식	㎡	0.57	4	1.60	5	
	볼트체결불량	EA	13	13	13	13	-
	우수유입흔적	ea	-	-	26	26	신규손상
	실링재미처리	ea	-	-	116	116	누락손상
Steel Box 외부	변형	m	-	-	0.70	3	신규손상
	도장박리	㎡	0.40	4	0.58	7	일부 추가손상
	부식	㎡	1.51	10	2.29	27	
교각	균열(0.3㎜미만)	m	71.20	69	94.80	80	일부 추가손상
	균열(0.3㎜이상)	m	4.70	3	2.20	2	기존손상 수량조정
	망상균열	㎡	25.81	6	145.14	9	
	박리,박락,파손	㎡	9.00	13	15.21	15	기존손상 수량조정 및 추가손상
	백태	㎡	25.50	1	-	-	표면처리, 단면보수
	재료분리	㎡	2.96	7	2.96	7	-
	철근노출	㎡	0.02	1	0.02	1	-
	표면오염	㎡	27.00	1	27.00	1	-
교대	철근노출	㎡	0.06	2	0.16	2	기존손상 수량조정
	박리,박락,파손	㎡	0.65	3	0.85	3	기존손상 수량조정 및 추가손상
	강판부식	㎡	0.30	1	1.90	3	일부 추가손상
	표면오염	㎡	1.00	1	1.40	2	
신축 이음	후타재균열(0.3㎜미만)	m	9.08	31	22.76	46	
	후타재균열(0.3㎜이상)	m	7.30	16	0.90	2	기존손상 수량조정 및 추가손상
	본체 부식	㎡	2.84	4	2.84	4	-
	후타재파손	㎡	0.04	1	0.18	6	일부 추가손상
	이물질퇴적	m	6.00	4	5.50	4	기존손상 수량조정

【표 3-87】 춘천방향 - 기 진단결과 비교표(계속)

구 분	손상내용	단위	2012년 전차진단		2016년 금회진단		비 고
			수량	개소	수량	개소	
교량 받침	콘크리트균열(0.3㎜미만)	m	0.40	1	3.64	9	일부 추가손상
	콘크리트균열(0.3㎜이상)	m	-	-	4.50	3	신규손상
	모르타르균열(0.3㎜미만)	m	-	-	1.60	2	신규손상
	콘크리트 망상균열	㎡	0.84	2	1.04	3	신규손상
	도장박리	㎡	1.24	15	1.43	14	기존손상 수량조정 및 추가손상
	받침장치 및 Soleplate 부식	㎡	1.15	8	2.28	16	기존손상 수량조정 및 추가손상
교면 포장	균열(0.3㎜미만)	m	1.00	1	3.50	6	일부 추가손상
	망상균열	㎡	120	2	423.00	5	일부 추가손상
배수 시설	배수구 막힘	EA	2	2	2	2	-
	배수관 이음부 백태	EA	1	1	1	1	-
	배수관 이음부 부식	EA	9	9	11	11	일부 추가손상
	배수관 이음부 누수	EA	1	1	1	1	-
	배수관 길이부족	EA	1	1	1	1	-
	배수관 이물질 퇴적	EA	3	3	3	3	-
	우수유입흔적	EA	20	20	20	20	-
	배수관 매립	EA	1	1	1	1	-
	파손	EA	-	-	3	3	신규손상
방호벽	균열(0.3㎜미만)	m	202.50	261	172.60	264	일부 손상 보수 및 일부 추가손상
	균열(0.3㎜이상)	m	21.80	22	17.70	16	일부 손상 보수
	박리, 박락, 파손	㎡	0.95	5	0.95	5	-
	철근노출	㎡	1.88	3	1.89	4	일부 추가손상
	균열 및 백태	m	5.80	4	404.90	34	방호벽 외측 정밀조사로 신규손상
	재료분리	㎡	-	-	0.08	1	신규손상
기타 부대 시설	낙교방지 부식	㎡	0.81	4	0.81	4	-
	낙교방지 도장박리	㎡	0.01	1	0.01	1	-
	점검통로 부식	㎡	1	1	1	1	-
	점검로 사다리 없음	EA	1	1	1	1	-
검토 의견	→ 보수이력 및 현장조사 결과, 방호벽은 일부 보수가 완료되었으며, 보수상태 또한 양호한 상태이나 대부분의 손상은 미 보수된 상태로 조사됨 → 기 진단과 비교결과, 대부분의 손상은 미세균열 및 콘크리트의 일반적인 손상들로 추가손상이 발생되었으며 일부 정밀조사와 누락손상 등으로 손상물량이 소폭 증가됨						

3.6.2 내구성조사 결과요약

가. 부산방향

【표 3-88】 부산방향 - 내구성조사 결과 요약

<table>
<tr><th colspan="2">시 험 명</th><th colspan="2">시험부위</th><th>시험 결과</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="10">콘크리트</td><td rowspan="2">비파괴 강도시험 (MPa)</td><td colspan="2">상부구조</td><td>26.2~33.8</td><td>• 설계기준강도(27MPa)를 상회함.</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td>24.4~29.4</td><td>• 설계기준강도(24MPa)를 상회함.</td></tr>
<tr><td rowspan="4">철근탐사 시험(㎜)</td><td rowspan="2">상부 구조</td><td>배근간격</td><td>238~263</td><td rowspan="4">• 전반적으로 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 거의 일치함.</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>33~57</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td>배근간격</td><td>93~134</td></tr>
<tr><td>피복두께</td><td>72~115</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화 잔여깊이 (㎜)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td>33.0~36.0</td><td rowspan="2">• 상태평가 a</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td>59.0~90.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">염화물 함유량 시험 (kg/m³)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td>0.0498</td><td>• 상태평가 a</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td>0.0656~0.9935</td><td>• 상태평가 a~b</td></tr>
<tr><td rowspan="2">균열깊이 (㎝)</td><td colspan="2">상부 구조</td><td>3.46~5.64</td><td>• 주입보수 필요</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부 구조</td><td>8.34~8.75</td><td>• 주입보수 필요</td></tr>
<tr><td rowspan="3">강재</td><td>초음파 탐상(UT)</td><td colspan="2">거더 내부
(맞대기 용접부)</td><td>시험 32개소
(32개소 합격)</td><td>• 1급</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도막두께 (㎛)</td><td colspan="2">거더 내부</td><td>197~329</td><td>• 도막두께(175㎛) 상회</td></tr>
<tr><td colspan="2">거더 외부</td><td>225~332</td><td>• 도막두께(215㎛) 상회</td></tr>
<tr><td>종합 평가</td><td colspan="5">▪ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 부재별로 측정 위치가 달라 다소 차이가 있지만, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨.
▪ 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a” 로 판정됨. 염화물 함유량 시험결과 상부구조는 "a"로 평가되었고, 하부구조는 “a~b"로 평가됨.
▪ 하부구조의 탄산화 깊이는 전차진단과 비교할 때, 다소 증가한 사유는 측정위치가 동일하지 않은 결과에 의한 편차로 판단됨.
▪ 균열깊이 측정결과, 전반적으로 피복두께를 초과하여 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구됨.
▪ 금회 진단결과, 비파괴 강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨.
▪ 강재에 대한 내구성 조사결과 전 개소에서 합격 판정된 것으로 나타나며, 도막두께 측정치도 측정개소 모두 기준치를 상회하는 양호한 상태인 것으로 측정됨.</td></tr>
</table>

나. 춘천방향

【표 3-89】 춘천방향 - 내구성조사 결과 요약

시 험 명		시험부위		시험 결과	비 고
콘크리트	비파괴 강도시험 (MPa)	상부구조		27.6~32.6	• 설계기준강도(27MPa)를 상회함.
		하부구조		24.9~31.8	• 설계기준강도(24MPa)를 상회함.
	철근탐사 시험(㎜)	상부 구조	배근간격	116~153	• 전반적으로 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 거의 일치함.
			피복두께	35~57	
		하부 구조	배근간격	93~333	
			피복두께	70~118	
	탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부 구조		27.0~36.0	• 상태평가 a
		하부 구조		55.0~91.0	
	염화물 함유량 시험 (kg/㎥)	상부 구조		0.0475	• 상태평가 a
		하부 구조		0.0158~0.0747	• 상태평가 a
	균열깊이 (㎝)	상부 구조		-	-
		하부 구조		7.25~7.79	• 주입보수 필요
강재	초음파 탐상(UT)	거더 내부 (맞대기 용접부)		시험 32개소 (32개소 합격)	• 1급
	도막두께 (㎛)	거더 내부		207~222	• 도막두께(175㎛) 상회
		거더 외부		226~260	• 도막두께(215㎛) 상회
종합 평가	■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 부재별로 측정 위치가 달라 다소 차이가 있지만, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a” 로 판정됨. 염화물 함유량 시험결과 상부구조는 "a"로 평가되었고, 하부구조는 “a"로 평가됨. ■ 하부구조의 탄산화 깊이는 전차진단과 비교할 때, 다소 증가한 사유는 측정위치가 동일하지 않은 결과에 의한 편차로 판단됨. ■ 균열깊이 측정결과, 전반적으로 피복두께를 초과하여 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구됨. ■ 금회 진단결과, 비파괴 강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨. ■ 강재에 대한 내구성 조사결과 전 개소에서 합격 판정된 것으로 나타나며, 도막두께 측정치도 측정개소 모두 기준치를 상회하는 양호한 상태인 것으로 측정됨.				