제9장 종합결론

9.1 개 요

9.2 점검결과

9.3 종합결론 및 건의사항

제9장 종합결론

9.1 개 요

신계1교는 일반국도 21호선상의 도로교로 천안시 목천읍 신계리에 위치하는 1종 시설물로써 2004년에 준공(공용기간 11년)되었다. 상부형식은 STB 형식으로 총 연장 130.0m이며, 폭은 20.5m(상・하행 각 2차선) 시설물이다.

9.2 점검결과

9.2.1 외관조사 결과

신계1교 외관조사 결과 발생 손상 및 물량, 보수방안은 다음과 같다.

<표 9.1> 외관조사 결과

부 재	손상 내용	손상물량	단위	보수방안	우선순위
교면포장	아스콘 균열	4	m	아스콘 팻칭	2
	아스콘 함몰, 패임	1.2	㎡	아스콘 팻칭	2
방호벽	방호벽 균열	63.6	m	표면처리	2
	델리네이터 파손	3	ea	정비(교체)	3
	차광판파손	2	ea	정비(교체)	3
	박락 및 철근노출	10.5	㎡	단면보수(t=30)(방청)	1
신축이음	후타재균열	16.25	m	표면처리	2
	망상균열	0.7	㎡	표면처리	2
	토사퇴적	5.5	㎡	정비(청소)	2
배수시설	배수구막힘	7	ea	정비(청소)	3
	배수관길이부족	1	ea	지속적관찰	3
바닥판 하면	cw=0.3㎜미만 균열	16.5	m	표면처리	2
	Deck plate 부식	0.3	㎡	재도장	3
	박락	1.5	㎡	단면보수(t=20)(몰탈)	1
	망상균열	0.2	㎡	표면처리	2
	백태	0.3	㎡	표면처리	2
거더 내부	이물질퇴적	33.5	㎡	정비(청소)	3
	도장불량	1.49	㎡	재도장	2
	우수유입흔적	51	㎡	정비(청소)	3
거더 외부	긁힘	7.15	㎡	재도장	2
	도장탈락	0.06	㎡	재도장	2
	부식	0.02	㎡	재도장	2
받침장치	받침콘크리트균열 cw=0.3mm미만	2.4	㎡	표면처리	2
	PLATE 부식	1	개소	재도장	2
교대 교각	균열	25.5	m	표면처리	2
	누수흔적	3.0	㎡	정비(청소)	3
	망상균열	2.25	㎡	표면처리	2
	파손	0.01	㎡	단면보수(t=10)(몰탈)	2

9.2.2 외관조사 결과분석

가. 교면포장 및 보도부

외관조사결과 아스콘 균열, 아스콘 함몰, 패임 등이 발생된 것으로 조사되었다.

2014년 정밀점검 이후 일부 재포장이 실시된 것으로 추정되며, 현재 발생된 손상부는 재포장시 충분한 다짐이 시행되지 않은 것으로 손상은 경미한 정도이며, 지속적인 관찰 후 진전시 아스콘 팻칭 등의 조치가 필요하다.

바닥판하면에 포장부 누수로 인한 손상(균열부 백태) 등의 손상은 없는 것으로 보아, 재포장시 방수층 등이 양호하게 시공 되어진 것으로 판단된다.

나. 난간 및 연석

외관조사결과 방호벽 균열 및 재균열, 델리네이트 파손이 조사되었고, 중분대 차광판 파손 및 철근노출, 박락이 조사되었다.

발생된 균열은 전차에 비해 신규손상이 일부 발생하였다. 균열 구간은 건조수축 및 수화열에 의해 시공초기에 발생한 비구조적 균열이며 그 정도가 경미한 미세균열이므로, 즉각적인 보수조치 보다는 향후 손상 진전 정도에 따라 일괄적인 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 델리네이트 파손은 외부충격에 의한 것으로 사용성 확보를 위하여 교체가 필요하다. 중분대에 발생한 기존 손상인 철근노출 구간은 피복두께 부족, 외부충격으로 인하여 발생한 손상으로 단면보수 등의 조치가 필요하며, 차광판 파손은 교체가 요망된다.

다. 배수시설

외관조사결과 배수구 막힘과 배수관 길이부족이 조사되었으며, 배수구 막힘(전개소)은 공용중 토사퇴적에 의한 것으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성을 저하시키므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이고, 시공불량에 의한 배수관 길이부족은 하부구조의 콘크리트 열화를 유발시킬 수 있으므로, 길이연장이 필요한 상태이다.

라. 신축이음장치

외관조사결과 후타재 균열이 발생된 상태로 조사되었다.

후타재 균열은 건조수축에 의한 시공초기 균열로서 그 정도가 경미한 상태이므로 현 상태에서의 보수조치 보다는 지속적 관찰을 실시한 후, 손상의 진전시 표면처리 등 보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

신축이음 유간(신축이음, 슬래브, 거더) 측정결과를 토대로 온도변화에 따른 유간 변화량 검토결과, 하절기 최대 신장시 유간 여유량이 충분한 상태였으며, 동절기 최대 수축시 역시 허용 이동량 범위 내로 유간에 따른 교량의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

마. 바닥판

외관조사결과, 균열 및 망상균열, 백태, 콘크리트 박락 등이 발생된 상태로 조사되었다.

균열 및 망상균열은 기존 점검시 누락된 손상으로 시공초기 건조수축에 의해 발생된 미세균열로 지속적인 관찰 후 진전시 표면처리 등의 조치가 요망되며, 콘크리트 박락 구간은 시공불량에 의한 손상으로 단면보수가 필요하다.

콘크리트 백태는 켄틸레버 측면과 방호벽 사이에 발생한 손상으로 강우시 우수유입에 의하여 발생하였고, 손상이 미미하므로 지속적인 관찰 후 표면처리 등의 조치가 요망된다.

바. 거더 및 가로보

외관조사결과 거더외부 도장긁힘, 도장탈락, 부식이 조사되었으며, 거더내부 이물질퇴적, 도장불량, 우수유입흔적이 조사되었다.

가로보 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

기 발생된 도장손상(도장긁힘, 도장부식, 도장탈락)은 시공미흡 및 외부 충격에 의한 손상으로 지속적인 관찰 후 진전시 재도장을 실시하고, 거더내부에 발생한 우수유입흔적, 이물질퇴적은 청소 및 시건장치를 실시하여 유지관리를 하는 것이 바람직하다.

신계1교 하부에 시도(충절로)가 지나고 있으며, 도로에서 거더까지의 거리가 4.8m로 조사되었다. 하부 중차량 통행이 잦아 높이제한 구조물 또는 높이제한 표지판 등의 설치가 필요할 것으로 사료된다.

사. 받침장치

외관조사결과 본체 파손, 편기, 신축기능 불량 등 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 국부적인 받침장치 부식, 받침콘크리트 균열 등이 조사되었다. 기 손상부는 공용기간 증가 및 시공초기 건조수축에 의한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 표면처리, 재도장을 실시하는 것이 바람직하다.

받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

연단거리 분석결과, 전 구간 모두 실측 연단거리가 도로교 설계기준 최소 연단거리 이상으로 측정되어, 연단거리에 따른 구조물의 안전성의 문제는 없을 것으로 판단된다.

아. 교대 및 교각

외관조사결과 교대 및 교각은 미세균열 및 망상균열, 누수흔적, 콘크리트 파손이 발생된 상태로, 균열 및 망상균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 현 상태에서의 보수조치 보다는 향후 일괄적인 균열 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 교각 코핑부 하면에 발생한 균열은 휨균열로 판단되며, 주의관찰 후 손상의 진전시 주입보수 등의 조치가 필요하다.

기존 손상인 누수흔적, 콘크리트 파손은 경미하므로 주의관찰 후 보수가 요망된다.

9.2.3 내구성시험 결과

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내구성 조사 결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td>콘크리트 압축 강도</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">시험 종류</th><th colspan="2">측정결과 (㎫)</th></tr>
<tr><th>상부구조</th><th>하부구조</th></tr>
<tr><td>반발경도</td><td>27.1～27.8</td><td>24.7～25.3</td></tr>
<tr><td>초음파 강도</td><td>28.9～32.7</td><td>24.3～26.6</td></tr>
<tr><td>설계기준강도</td><td>27.0</td><td>24.0</td></tr>
</table>
</td><td>· 설계기준강도 상회</td></tr>
<tr><td>코어 강도</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">시험 종류</th><th colspan="2">측정결과 (㎫)</th></tr>
<tr><th>상부구조</th><th>하부구조</th></tr>
<tr><td>코어강도</td><td>29.4</td><td>30.1～36.2</td></tr>
<tr><td>설계기준강도</td><td>27.0</td><td>24.0</td></tr>
</table>
</td><td>· 설계기준강도 이상 건전함</td></tr>
<tr><td>철근 탐사</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">철근종류</th><th colspan="2">측정 (㎜)</th><th colspan="2">설계 (㎜)</th></tr>
<tr><th>배근</th><th>피복</th><th>배근</th><th>피복</th></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판</td><td>주철근</td><td>125～140</td><td>52～57</td><td>120</td><td>55</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>122～127</td><td>46～48</td><td>125</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 대
흉 벽</td><td>수직근</td><td>140</td><td>55</td><td>100</td><td>67</td></tr>
<tr><td>수평근</td><td>142</td><td>67</td><td>150</td><td>50</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 각
코 핑</td><td>주철근</td><td>114</td><td>100</td><td>125</td><td>120</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>127</td><td>86</td><td>150</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 각
기 둥</td><td>주철근</td><td>104</td><td>105</td><td>100</td><td>122</td></tr>
<tr><td>띠철근</td><td>150</td><td>96</td><td>150</td><td>100</td></tr>
</table>
</td><td>· 배근간격
교대 수직근은 다소 부족(71%)
그 외 설계간격과 유사
설계간격 대비
86%～118%(평균:100%)
· 피복두께 설계피복과 유사
설계피복 대비
86%～142%(평균:116%)</td></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>탄산화깊이 (㎜)</th><th>실측피복두께 (㎜)</th><th>탄산화 잔여깊이(㎜)</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>0.2～4.3</td><td>82.0～89.0</td><td>77.7～88.8</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>6.2～9.9</td><td>52.0~121.0</td><td>48.3～111.1</td></tr>
</table>
</td><td>· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음</td></tr>
<tr><td>염화물 함유량 시험</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>측정결과 (kgf/㎥)</th><th>평가기준(kgf/㎥)</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>0.160</td><td rowspan="2">b등급
0.3kg/㎥<염화물<1.2kg/㎥
c등급
1.2kg/㎥ < 염화물≤2.5kg/㎥</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>0.192, 0.984</td></tr>
</table>
</td><td>· a등급 2개소, b등급 1개소로 부식발생 가능성 낮음</td></tr>
<tr><td>균열깊이</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>균열 깊이 (㎜)</th><th>피복두께 (㎜)</th><th>균열폭 (㎜)</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>8.7</td><td>52.0</td><td>0.3</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>8.5～11.8</td><td>50.0</td><td>0.3</td></tr>
</table>
</td><td>·3개소 피복두께 이하</td></tr>
<tr><td>철근부식 도조사</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>검사개소</th><th>등급</th></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>3</td><td>Ⅰ</td></tr>
</table>
</td><td>· 90%이상의 확률로 부식없음</td></tr>
<tr><td>강재초음 파탐상</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>검사개소</th><th>등급</th></tr>
<tr><td>상부구조 (거더내부)</td><td>24</td><td>Ⅰ</td></tr>
</table>
</td><td>· 1등급으로 양호함</td></tr>
<tr><td>강재자분 탐상</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>검사개소</th><th>등급</th></tr>
<tr><td>상부구조 (거더내부)</td><td>3</td><td>1 급</td></tr>
</table>
</td><td>· 1등급으로 양호함</td></tr>
</table>

9.2.4 상태평가 결과

0 보수 불필요 0.13	부분 보수 0.26	보수 0.49	보강 0.79	재가설
A(최상)	B(양호)	C(보통)	D(불량)	E(위험)
B등급 (0.217)	금회 정밀안전진단 상태평가 등급			
B등급 (0.225)	전회(2014년 정밀점검) 상태평가 등급			

본 과업대상 구조물의 상태평가 등급 산정결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태 인 “B”(결함도 지수:0.217)인 상태로 평가되었다.

전회(2014년) 정밀점검 결과(결함도 지수:0.225)와 비교시 일부 부재(교면포장, 바닥판하면)에서 보수를 실시하여 결함도 점수가 다소 하향된 것으로 평가되었다.

9.2.5 구조해석 및 안전성평가 결과

부 재	SF(안전율)	등 급
강 거 더	1.294	A
세 로 보	1.812	A
가 로 보	4.463	A
콘크리트 바닥판	1.189	A

강박스 거더 형식의 신계1교에 대한 구조검토 및 내하력 평가 결과, 전 부재에서 설계활하중 DB-24에 대한 안전성을 확보하고 있으며 재하시험 결과를 고려한 기본 및 공용 내하력도 측정된 전 부재에서 설계 기준인 DB-24이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

9.2.6 종합평가 및 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	결과	안전율	결과
	0.217	B	1.189	A
종합평가 결과	1. 종합평가 결과 = Min(상태평가 결과, 안전성평가 결과) 2. 시설물의 종합평가 등급은 상태평가 등급과 안전성 검토에 근거한 안전성 평가등급 중 낮은 등급을 시설물의 종합평가 등급으로 결정한다. 종합평가 결과 : B등급			

9.3 종합결론 및 건의사항

신계1교는 2004년 준공 후 지금까지 약 11년 동안 공용중인 구조물로써, 주요 손상으로는 바닥판하면의 망상균열, 백태, 주거더 도장손상, 하부구조 균열 등이 확인되었으며, 구조적인 손상은 없는 것으로 조사되었다.

금회 외관조사 및 내구성조사 결과를 기초한 상태평가의 B등급과 안전성평가 A등급으로 종합평가는 “본 시설물은 현재 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 안전등급 B등급”으로 지정됨. 손상에 대한 보수 및 유지관리가 지속된다면 시설물의 기능을 유지하는데 문제가 없을 것으로 판단됨

신계1교는 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로서 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행하면 사용재료의 건전성, 구조물의 기능성과 안전성을 더욱 확보할 수 있으므로 현재는 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.