

제 출 문

한국도로공사 강원본부장 귀하

귀 본부와 2016년 6월 17일자로 계약을 체결한 “2016년도 백운1교 등 7개 소 정밀안전진단 용역”을 성실히 수행하고 백운4교(부산,춘천)의 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2016년 12월 26일

서울특별시 성동구 성수동2가 300-4
(주) 한국시설안전연구원
대표이사 안평기 (인)

부산광역시 부산진구 중앙대로 702번길 43
(주) 정신이앤시
대표이사 김종출 (인)

경상남도 김해시 김해대로 2315
(주) 회덕기술공사
대표이사 노경배 (인)

부산광역시 동래구 미남로 36-1
(주) 회덕
대표이사 이철수, 공영이 (인)

보고서 목차

제 1 장 정밀안전진단 개요	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 내용	3
1.2.1 과업의 범위	3
1.2.2 과업수행 기간	3
1.2.3 과업의 내용	4
1.3 과업수행 일정	5
1.3.1 과업수행절차	5
1.3.2 과업수행 일정	6
1.4 대상 교량의 현황	7
1.4.1 백운4교(부산)	7
1.4.2 백운4교(춘천)	15
1.5 사용장비 및 시험기기 현황	23
1.6 교량기호의 정의	27
제 2 장 자료수집 및 분석	31
2.1 자료수집 현황	33
2.1.1 백운4교(부산)	33
2.1.2 백운4교(춘천)	34
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약	35
2.2.1 백운4교(부산)	35
2.2.2 백운4교(춘천)	46
2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약	47
2.3.1 점검 및 진단이력	47
2.3.2 전회 정밀안전진단 결과 요약	51
2.4 보수·보강 이력	64
2.4.1 백운4교(부산)	64

2.4.2 백운4교(춘천)	64
2.5 구조물 용도, 하중 및 구조 변경 여부	64
2.6 시설물 내진설계 여부	65
2.6.1 백운4교(부산)	65
2.6.2 백운4교(춘천)	66
2.7 자료분석 결과요약	72

제 3 장 현장조사 및 시험77

3.1 개 요	79
3.1.1 대상구조물의 개요	79
3.1.2 현장조사 개요	79
3.1.3 현장조사 진행방향	80
3.1.4 교량 점검 및 접근방법	81
3.1.5 일반적 부재별, 손상별 발생원인 및 조사방향	82
3.1.6 부재제원 확인	83
3.2 백운4교(부산) 외관조사	84
3.2.1 상부구조	84
3.2.2 하부구조	94
3.2.3 교량받침	103
3.2.4 신축이음장치	114
3.2.5 교면포장	120
3.2.6 기타부재	123
3.3 백운4교(춘천) 외관조사	129
3.3.1 상부구조	129
3.3.2 하부구조	145
3.3.3 교량받침	153
3.3.4 신축이음장치	163
3.3.5 교면포장	169
3.3.6 기타부재	172
3.4 콘크리트 내구성 조사	177
3.4.1 개 요	177

3.4.2	현장시험 개요	182
3.4.3	시험결과 및 분석	189
3.5	강재 내구성조사	203
3.5.1	개 요	203
3.5.2	현장시험 개요	207
3.5.3	시험결과 및 분석	209
3.6	현장조사 및 시험 결과요약	213
3.6.1	외관조사 결과요약	213
3.6.2	내구성조사 결과요약	225
제 4 장	시설물의 상태평가	229
4.1	개 요	231
4.1.1	경간(지점)별 부재 상태평가 산정	231
4.1.2	전체 시설물의 상태평가 결과 결정	231
4.1.3	상태평가 결과 산정 방법	231
4.1.4	구조형식에 따른 부재별 가중치	232
4.2	상태평가 항목 및 기준	233
4.2.1	부재별 상태평가 적용 범위	233
4.2.2	부재별 상태평가 기준	234
4.3	상태평가 결과	239
4.3.1	부산방향	239
4.3.2	충전방향	244
제 5 장	시설물의 안전성평가	249
5.1	개 요	251
5.1.1	안전성평가의 방법	252
5.1.2	기본내하율(RF) 및 기본내하력(Po) 산정	252
5.2	백운4교(부산) 안전성평가	253
5.2.1	개요	253
5.2.2	상부구조 안전성평가	256
5.2.3	하부구조 안전성평가	288

5.2.4	내하력평가	300
5.2.5	고유진동수 검토	301
5.2.6	안전성평가 결과	302
5.3	백운4교(춘천) 안전성평가	303
5.3.1	개요	303
5.3.2	상부구조 안전성평가	306
5.3.3	하부구조 안전성검토	323
5.3.4	내하력평가	339
5.3.5	안전성평가 결과	342

제 6 장 종합평가 및 안전등급 지정345

6.1	종합평가 산정절차	347
6.2	종합평가 결과	348
6.2.1	백운4교(부산)	348
6.2.2	백운4교(춘천)	349
6.3	안전등급 지정	350
6.3.1	백운4교(부산) 안전등급 지정	351
6.3.2	백운4교(춘천) 안전등급 지정	351

제 7 장 보수·보강 및 유지관리방안353

7.1	개 요	355
7.1.1	보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항	355
7.1.2	보수·보강 필요성 판단	356
7.1.3	보수·보강 공법 선정 및 수준 결정	356
7.1.4	보수·보강 재료의 선정	357
7.1.5	보수·보강 우선순위 결정	358
7.2	보수·보강 방안	360
7.2.1	부재별 보수·보강방안	360
7.2.2	주요결합 및 손상에 대한 보수·보강 방법	364
7.3	보수·보강 개략공사비	386
7.3.1	보수·보강 공법별 적용 단가	386

7.3.2 백운4교(부산)	387
7.3.3 백운4교(춘천)	388
7.4 유지관리 방안	389
7.4.1 개 요	389
7.4.2 부재별 일반 유지관리 사항	389
7.4.3 진단결과에 따른 중점 유지관리 사항	403
7.4.4 형하공간 이용 현황	408
7.4.5 유지관리 개선 방안	410
제 8 장 종합결론	411
8.1 개 요	413
8.2 정밀안전진단 실시결과의 종합결론	413
8.2.1 백운4교(부산)	413
8.2.2 백운4교(춘천)	416
8.3 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항	419

□ 부 록

1. 심의 지적사항 및 조치결과
2. 과업지시서
3. 외관조사망도
4. 측정, 시험, 계측 성과표
5. 상태평가 결과자료
6. 안전성평가 결과자료
7. 시설물관리대장 사본
8. 현황조사 및 외관조사 사진첩
9. 사용장비 및 기기의 사진
10. 사전조사 자료 일체
11. 기타 참고자료(설계도면, 내진보강자료 등)

표 목 차

【표 1.1】	과업의 내용	4
【표 1.2】	과업수행 공정표	6
【표 1.3】	백운4교(부산) 현황표	7
【표 1.4】	백운4교(춘천) 현황표	15
【표 1.5】	사용장비 및 시험기기	23
【표 1.6】	사용장비 및 시험기기(계속)	24
【표 1.7】	교량기호의 정의	27
【표 2.1】	백운4교(부산) 자료수집 현황	33
【표 2.2】	백운4교(춘천) 자료수집 현황	34
【표 2.3】	백운4교(부산) 실시설계 기간	35
【표 2.4】	백운4교(부산) 실시설계 공구별 현황	36
【표 2.5】	백운4교(부산) 지형 및 지질	36
【표 2.6】	백운4교(부산) 토질조사	37
【표 2.7】	백운4교(부산) 구조물 설계기준①	37
【표 2.8】	백운4교(부산) 구조물 설계기준②	38
【표 2.9】	백운4교(부산) 구조물 설계기준③	39
【표 2.10】	백운4교(부산) 구조물 설계기준④	40
【표 2.11】	백운4교(부산) 구조물 설계기준⑤	41
【표 2.12】	백운4교(부산) 구조물 설계기준⑥	42
【표 2.13】	백운4교(부산) 구조물 설계기준⑦	43
【표 2.14】	백운4교(부산) 설계조건①	44
【표 2.15】	백운4교(부산) 설계조건(계속)	45
【표 2.16】	백운4교(부산) 주요 점검 및 진단이력(1)	47
【표 2.17】	백운4교(부산) 주요 점검 및 진단이력(2)	48
【표 2.18】	백운4교(춘천) 주요 점검 및 진단이력(1)	49
【표 2.19】	백운4교(춘천) 주요 점검 및 진단이력(2)	50
【표 2.20】	백운4교(부산) 정밀안전진단(2011년) 결과요약①	51
【표 2.21】	백운4교(부산) 정밀안전진단(2011년) 결과요약②	52
【표 2.22】	백운4교(부산) 정밀안전진단(2011년) 결과요약③	53
【표 2.23】	백운4교(부산) 정밀안전진단(2011년) 결과요약④	54
【표 2.24】	백운4교(부산) 정밀안전진단(2011년) 결과요약⑤	55

【표 2.25】 백운4교(부산) 정밀안전진단(2011년) 결과요약⑥	56
【표 2.26】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약①	57
【표 2.27】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약②	58
【표 2.28】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약③	59
【표 2.29】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약④	60
【표 2.30】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약⑤	61
【표 2.31】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약⑥	62
【표 2.32】 백운4교(춘천) 정밀안전진단(2013년) 결과요약⑦	63
【표 2.33】 백운4교(부산) 보수·보강 이력	64
【표 2.34】 백운4교(춘천) 보수·보강 이력	64
【표 2.35】 백운4교(춘천) 진단키 설치 현황	71
【표 2.36】 백운4교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약	72
【표 2.37】 백운4교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)	73
【표 2.38】 백운4교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)	74
【표 2.39】 백운4교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)	75
【표 2.40】 백운4교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약(계속)	76
【표 3.1】 현장조사 진행방향	80
【표 3.2】 현장조사 기간	80
【표 3.3】 일반적 부재별, 손상별 발생원인 및 조사방향	82
【표 3.4】 부재제원 확인	83
【표 3.5】 바닥판의 손상현황(부산)	84
【표 3.6】 바닥판의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	86
【표 3.7】 거더의 손상현황(부산)	87
【표 3.8】 거더의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	89
【표 3.9】 가로보 및 세로보의 손상현황(부산)	90
【표 3.10】 가로보 및 세로보의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	91
【표 3.11】 브레이싱의 손상현황(부산)	92
【표 3.12】 브레이싱의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	94
【표 3.13】 교대 손상발생 현황(부산)	95
【표 3.14】 교대의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	98
【표 3.15】 교각 손상발생 현황(부산)	100
【표 3.16】 교각의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	102
【표 3.17】 교량받침의 손상발생 현황(부산)	103
【표 3.18】 받침장치의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	106

【표 3.19】	연단거리 측정결과(부산)	107
【표 3.20】	교량받침 가동량 평가기준	108
【표 3.21】	계산가동량 산정결과(부산)	109
【표 3.22】	계산가동량 산정결과(부산)	110
【표 3.23】	교량받침 가동여유량 검토결과(부산)	111
【표 3.24】	신축이음 손상 발생 현황(부산)	114
【표 3.25】	신축이음장치의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	116
【표 3.26】	계산 신축량 산정	117
【표 3.27】	계산 신축량 산정결과	118
【표 3.28】	신축이음 유간거리 측정결과(단위 : mm)	118
【표 3.29】	신축이음 유간거리 검토결과	119
【표 3.30】	교면포장의 손상현황(부산)	120
【표 3.31】	교면포장의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	122
【표 3.32】	배수시설의 손상현황(부산)	124
【표 3.33】	배수시설의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	125
【표 3.34】	방호벽의 손상발생 현황(부산)	126
【표 3.35】	방호벽의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	128
【표 3.36】	바닥판의 손상현황(춘천)(1)	129
【표 3.37】	바닥판의 손상현황(춘천)(2)	130
【표 3.38】	바닥판의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	134
【표 3.39】	거더의 손상현황(춘천)(1)	135
【표 3.40】	거더의 손상현황(춘천)(2)	136
【표 3.41】	거더의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	139
【표 3.42】	가로보 및 세로보의 손상현황(춘천)	140
【표 3.43】	가로보 및 세로보의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	142
【표 3.44】	브레이싱의 손상현황(춘천)	143
【표 3.45】	브레이싱의 기 진단과의 비교, 검토(부산)	144
【표 3.46】	교대 손상발생 현황(춘천)	146
【표 3.47】	교대의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	149
【표 3.48】	교각 손상발생 현황(춘천)	150
【표 3.49】	교각의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	152
【표 3.50】	교량받침의 손상발생 현황(춘천)	153
【표 3.51】	받침장치의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	156
【표 3.52】	연단거리 측정결과(춘천)	158
【표 3.53】	교량받침 가동량 평가기준	158

【표 3.54】	계산가동량 산정결과(부산)	160
【표 3.55】	계산가동량 산정결과(춘천)	160
【표 3.56】	교량받침 가동여유량 검토결과(춘천)	161
【표 3.57】	신축이음 손상 발생 현황(춘천)	164
【표 3.58】	신축이음장치의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	165
【표 3.59】	계산 신축량 산정	166
【표 3.60】	계산 신축량 산정결과	167
【표 3.61】	신축이음 유간거리 측정결과(단위 : mm)	167
【표 3.62】	신축이음 유간거리 검토결과	168
【표 3.63】	교면포장의 손상현황(춘천)	169
【표 3.64】	교면포장의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	171
【표 3.65】	배수시설의 손상현황(춘천)	173
【표 3.66】	배수시설의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	174
【표 3.67】	방호벽의 손상발생 현황(춘천)	175
【표 3.68】	방호벽의 기 진단과의 비교, 검토(춘천)	176
【표 3.69】	현장시험 측정일자 및 조사자	177
【표 3.70】	재료시험 항목	177
【표 3.71】	재료시험 기준수량 및 실시수량	178
【표 3.72】	백운4교(부산) 조사위치 선정사유	181
【표 3.73】	백운4교(춘천) 조사위치 선정사유	181
【표 3.74】	부재별 콘크리트 비파괴강도 시험결과(부산)	189
【표 3.75】	비파괴강도 시험결과 분석(부산)	190
【표 3.76】	비파괴강도 측정결과 전회 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석(부산)	190
【표 3.77】	철근탐사시험 결과(부산)	191
【표 3.78】	철근탐사결과 전회 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석(부산)	192
【표 3.79】	탄산화 깊이 측정결과 및 평가(부산)	193
【표 3.80】	탄산화 깊이 측정결과 전회 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석(부산)	194
【표 3.81】	염화물함유량 시험결과(부산)	194
【표 3.82】	염화물 함유량 시험결과 전회 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석(부산)	195
【표 3.83】	균열깊이 측정 결과(부산)	195
【표 3.84】	부재별 콘크리트 비파괴강도 시험결과(춘천)	196
【표 3.85】	비파괴강도 시험결과 분석(춘천)	197
【표 3.86】	비파괴강도 측정결과 전회 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석(춘천)	197
【표 3.87】	철근탐사시험 결과(춘천)	198
【표 3.88】	철근탐사결과 전회 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석(춘천)	199

【표 3.89】	탄산화 깊이 측정결과 및 평가(춘천)	200
【표 3.90】	탄산화 깊이 측정결과 전회 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석(춘천)	201
【표 3.91】	염화물함유량 시험결과(춘천)	201
【표 3.92】	염화물 함유량 시험결과 전회 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석(춘천)	202
【표 3.93】	균열깊이 측정 결과(춘천)	202
【표 3.94】	현장시험 측정일자 및 조사자	203
【표 3.95】	강재 재료시험 및 측정 조사 내용	203
【표 3.96】	강재 재료시험 측정 기준 및 실시 수량	203
【표 3.97】	강재 재료시험별 적용 기준 및 근거	204
【표 3.98】	초음파탐상시험 결과(부산)	209
【표 3.99】	초음파탐상 시험결과 전회 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석(부산)	210
【표 3.100】	도막두께 측정 결과(부산)	210
【표 3.101】	초음파탐상시험 결과(춘천)	211
【표 3.102】	초음파탐상 시험결과 전회 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석(춘천)	211
【표 3.103】	도막두께 측정 결과(춘천)	212
【표 3.104】	도막두께 측정결과 전회 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석(춘천)	212
【표 4.1】	결함도 점수 범위에 따른 기준	231
【표 4.2】	구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치	232
【표 4.3】	부재별 상태평가 적용 범위	233
【표 4.4】	콘크리트 바닥판 상태평가 기준	234
【표 4.5】	강 거더 상태평가 기준	234
【표 4.6】	강 가로보, 세로보 상태평가 기준	235
【표 4.7】	교대 상태평가 기준	235
【표 4.8】	교각 상태평가 기준	236
【표 4.9】	교량받침 상태평가 기준	236
【표 4.10】	신축이음 상태평가 기준	237
【표 4.11】	교면포장 상태평가 기준	237
【표 4.12】	배수시설 상태평가 기준	237
【표 4.13】	난간 및 연석 상태평가 기준	238
【표 4.14】	탄산화 상태평가 기준	238
【표 4.15】	염화물 상태평가 기준	238
【표 4.16】	콘크리트 바닥판 상태평가 결과(부산)	239
【표 4.17】	강 거더 상태평가 결과(부산)	239
【표 4.18】	강 가로보와 세로보, 브레이싱 상태평가 결과(부산)	239

【표 4.19】 콘크리트 교대 상태평가 결과(부산)	240
【표 4.20】 콘크리트 교각 상태평가 결과(부산)	240
【표 4.21】 기초 상태평가 결과(부산)	240
【표 4.22】 교량받침 상태평가 결과(부산)	240
【표 4.23】 신축이음 상태평가 결과(부산)	240
【표 4.24】 교면포장 상태평가 결과(부산)	241
【표 4.25】 배수시설 상태평가 결과(부산)	241
【표 4.26】 난간 및 연석 상태평가 결과(부산)	241
【표 4.27】 탄산화 상태평가 결과(부산)	241
【표 4.28】 염화물 상태평가 결과(부산)	242
【표 4.29】 상태평가 결과(부산)	242
【표 4.30】 상태평가 결과 전회 정밀안전진단과의 비교·분석(부산)	243
【표 4.31】 콘크리트 바닥판 상태평가 결과(춘천)	244
【표 4.32】 강 거더 상태평가 결과(춘천)	244
【표 4.33】 강 가로보와 세로보, 브레이싱 상태평가 결과(춘천)	244
【표 4.34】 콘크리트 교대 상태평가 결과(춘천)	245
【표 4.35】 콘크리트 교각 상태평가 결과(춘천)	245
【표 4.36】 기초 상태평가 결과(춘천)	245
【표 4.37】 교량받침 상태평가 결과(춘천)	245
【표 4.38】 신축이음 상태평가 결과(춘천)	245
【표 4.39】 교면포장 상태평가 결과(춘천)	246
【표 4.40】 배수시설 상태평가 결과(춘천)	246
【표 4.41】 난간 및 연석 상태평가 결과(춘천)	246
【표 4.42】 탄산화 상태평가 결과(춘천)	246
【표 4.43】 염화물 상태평가 결과(춘천)	247
【표 4.44】 상태평가 결과(춘천)	247
【표 4.45】 상태평가 결과 전회 정밀안전진단과의 비교·분석(춘천)	248
【표 5.1】 구조물의 안전성평가 기준	251
【표 5.2】 기본내하율(RF) 및 기본내하력(Po) 산정	252
【표 5.3】 백운4교(부산) 구조검토 조건 비교	253
【표 5.4】 백운4교(부산) 부재 제원 확인 결과	254
【표 5.5】 백운4교(부산) 사용재료 및 강도	254
【표 5.6】 백운4교(부산) 단면제원 및 철근량	255
【표 5.7】 단면제원	259

【표 5.8】 합성단면 유효폭 산정 결과	262
【표 5.9】 단면특성 산정 결과	262
【표 5.10】 합성전 고정하중 횡분배 결과	263
【표 5.11】 방호울타리 고정하중 산정 결과	263
【표 5.12】 합성후 고정하중 횡분배 결과	264
【표 5.13】 활하중 검토	264
【표 5.14】 상부구조의 풍하중(단위:kN/m)	265
【표 5.15】 상부 풍하중에 의한 반력산출 결과	265
【표 5.16】 하중조건 모델링	267
【표 5.17】 휨모멘트 산출 결과(단위:kN·m)	269
【표 5.18】 휨모멘트 산출 결과(계속) (단위:kN·m)	270
【표 5.19】 전단력 산출 결과(단위:kN)	270
【표 5.20】 전단력 산출 결과(계속) (단위:kN)	271
【표 5.21】 비틀림모멘트 산출 결과(단위:kN·m)	272
【표 5.22】 영향계수 k값 산출 결과 요약(단위 : kN·m)	273
【표 5.23】 반침반력 산출 결과(단위:kN)	274
【표 5.24】 응력 산정 시 입력자료	275
【표 5.25】 적용 하중조합	277
【표 5.26】 사용재료의 허용응력	277
【표 5.27】 정모멘트부(S5 중앙부) 응력 검토 결과(단위:MPa)	277
【표 5.28】 응력 산정 시 입력자료	278
【표 5.29】 적용 하중조합	280
【표 5.30】 사용재료의 허용응력	280
【표 5.31】 부모멘트부(P4 지점부) 응력 검토 결과(단위:MPa)	280
【표 5.32】 면별 뒤틀림비틀림 고려여부 판정결과	282
【표 5.33】 S5 중앙부 합성응력검토 결과	282
【표 5.34】 S4 지점부 합성응력검토 결과	282
【표 5.35】 상부 고정하중에 의한 반력 산출 결과	289
【표 5.36】 활하중에 의한 반력산출 결과	289
【표 5.37】 하부구조에 작용하는 풍하중(단위:MPa)	289
【표 5.38】 하중조건 모델링	290
【표 5.39】 교각3(P3)요소 하중조건별 작용하중 산출 결과	291
【표 5.40】 교각3(P3)요소 상하단 단면력 산출 결과	292
【표 5.41】 골조구조해석을 위한 단면특성	296
【표 5.42】 하중조합에 따른 장주여부 검토	296

【표 5.43】 단면력 산출결과 요약	297
【표 5.44】 임계하중 산정 결과	297
【표 5.45】 확대모멘트계수 산정 결과	297
【표 5.46】 확대모멘트 산정 결과 요약	298
【표 5.47】 거더의 내하율 및 기본 내하력평가 결과	300
【표 5.48】 바닥판의 내하율 및 기본 내하력평가 결과	300
【표 5.49】 이론 고유진동수 검토 결과(단위:Hz)	301
【표 5.50】 허용응력법에 의한 안전성평가 결과(휨응력)	302
【표 5.51】 강도설계법에 의한 안전성평가 결과(휨강도)	302
【표 5.52】 강도설계법에 의한 안전성평가 결과(축강도)	302
【표 5.53】 강도설계법에 의한 안전성평가 결과(휨강도)	302
【표 5.54】 안전성평가 결과	302
【표 5.55】 백운4교(춘천) 구조검토 조건 비교	303
【표 5.56】 백운4교(춘천) 부재 제원 확인 결과	304
【표 5.57】 백운4교(춘천) 사용재료 및 강도	304
【표 5.58】 백운4교(춘천) 단면제원 및 철근량	305
【표 5.59】 단면력 집계	314
【표 5.60】 콘크리트와 철근의 물성치	317
【표 5.61】 차도부분의 바닥판의 최소두께(mm)	317
【표 5.62】 상부구조 안전성 평가결과	342
【표 5.63】 하부구조 안전성평가 결과	344
【표 5.64】 안전성평가 등급산정 결과	344
【표 6.1】 백운4교(부산) 종합평가 결과	348
【표 6.2】 전회 점검 종합평가 결과와 비교	348
【표 6.3】 백운4교(부산) 종합평가 결과	349
【표 6.4】 전회 점검 종합평가 결과와 비교	349
【표 6.5】 안전등급 기준	350
【표 6.6】 백운4교(부산) 안전등급 지정	351
【표 6.7】 백운4교(춘천) 안전등급 지정	351
【표 7.1】 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항	355
【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정기준	358
【표 7.3】 균열 보수·보강 우선순위 선정기준 및 허용균열폭	358
【표 7.4】 박리 및 박락 보수·보강 우선순위 선정기준	359

【표 7.5】 누수 및 백태 보수·보강 우선순위 선정기준	359
【표 7.6】 백운4교(부산) 부재별 보수·보강 방안	360
【표 7.7】 백운4교(부산) 부재별 보수·보강 방안(계속)	361
【표 7.8】 백운4교(춘천) 부재별 보수·보강 방안	362
【표 7.9】 백운4교(춘천) 부재별 보수·보강 방안(계속)	363
【표 7.10】 콘크리트 단면보수 비교표	366
【표 7.11】 콘크리트 단면보수 비교표(계속)	367
【표 7.12】 보수공법 재료 선정시 유의사항(균열폭 0.3mm 이상의 경우)	368
【표 7.13】 보수공법 재료 선정시 유의사항(균열폭 0.3mm 미만의 경우)	368
【표 7.14】 균열보수 재료의 종류와 보수공법	369
【표 7.15】 주입보수의 종류	371
【표 7.16】 저압·저속식 주입방법	372
【표 7.17】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도	372
【표 7.18】 균열폭에 따른 주입파이프의 간격	372
【표 7.19】 주입재의 특징	374
【표 7.20】 주입보수 작업 종료 후의 검사 항목	377
【표 7.21】 주입보수 비교표	378
【표 7.22】 채도장시 고려사항	381
【표 7.23】 외부도장 종류	382
【표 7.24】 내부도장 종류	382
【표 7.25】 도장보수 비교표(1)	383
【표 7.26】 도장보수 비교표(2)	384
【표 7.27】 백운4교(부산) 부재별 보수·보강 개략공사비	387
【표 7.28】 백운4교(춘천) 부재별 보수·보강 개략공사비	388
【표 7.29】 바닥판 일반 유지관리 사항	392
【표 7.30】 바닥판 일반 유지관리 사항(계속)	393
【표 7.31】 Steel Plate Girder 일반 유지관리 사항	394
【표 7.32】 교대 일반 유지관리 사항	395
【표 7.33】 교각 일반 유지관리 사항	396
【표 7.34】 교량받침 일반 유지관리 사항	397
【표 7.35】 교량받침 일반 유지관리 사항(계속)	398
【표 7.36】 신축이음 일반 유지관리 사항	398
【표 7.37】 신축이음 일반 유지관리 사항(계속)	399
【표 7.38】 교면포장 일반 유지관리 사항	400
【표 7.39】 배수시설 일반 유지관리 사항	401

【표 7.40】	방호벽 일반 유지관리 사항	402
【표 7.41】	백운4교(부산) 부재별 주요 점검 사항	403
【표 7.42】	백운4교(춘천) 부재별 주요 점검 사항	404
【표 7.43】	백운4교(부산) 형하공간 이용 현황	408
【표 7.44】	백운4교(춘천) 형하공간 이용 현황	409

그림 목 차

【그림 1.1】	과업수행 흐름도	5
【그림 1.2】	백운4교(부산) 중·평면도	9
【그림 1.3】	백운4교(부산) 슬래브 일반도	10
【그림 1.4】	백운4교(부산) 교대 A1 일반도	11
【그림 1.5】	백운4교(부산) 교대 A2 일반도	12
【그림 1.6】	백운4교(부산) 교각 일반도	13
【그림 1.7】	백운4교(춘천) 중·평면도	17
【그림 1.8】	백운4교(춘천) 슬래브 배근도	18
【그림 1.9】	백운4교(춘천) 교대 일반도	19
【그림 1.10】	백운4교(춘천) 교대 A1 배근도	20
【그림 1.11】	백운4교(춘천) 교대 A2 배근도	21
【그림 1.12】	백운4교(춘천) 교각 일반도	22
【그림 1.13】	과업수행에 사용된 측정장비	25
【그림 1.14】	과업수행에 사용된 측정장비(계속)	26
【그림 1.15】	반침장치 기호 산정 예	27
【그림 3.1】	A2-SH1 제원 실측 개요도	113
【그림 3.2】	백운4교(부산) 신축이음 배치도	114
【그림 3.3】	백운4교(부산) 배수시설 현황	123
【그림 3.4】	콘크리트 박락 발생 개요도 및 현황	133
【그림 3.5】	A1-SH1 제원 실측 개요도	162
【그림 3.6】	백운4교(춘천) 신축이음 배치도	163
【그림 3.7】	백운4교(춘천) 배수시설 현황	172
【그림 3.8】	콘크리트 재료시험(부산)	179
【그림 3.9】	콘크리트 재료시험(춘천)	179
【그림 3.10】	재료시험위치도	180
【그림 3.11】	콘크리트 강도시험 결과(부산)	190
【그림 3.12】	탄산화깊이 측정결과(부산)	193
【그림 3.13】	콘크리트 강도시험 결과(춘천)	197
【그림 3.14】	탄산화깊이 측정결과(춘천)	200
【그림 3.15】	강재 재료시험 위치도(부산방향)	205

【그림 3.16】 강재 재료시험 위치도(춘천방향)	206
【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예	231
【그림 4.2】 백운4교(부산) 상태평가 결과	243
【그림 4.3】 백운4교(춘천) 상태평가 결과	248
【그림 5.1】 안전성평가의 방법	252
【그림 5.2】 백운4교(부산) 부재 제원 측정	254
【그림 5.3】 백운4교(부산) 종 · 평면도	258
【그림 5.4】 상부구조 단면형상	259
【그림 5.5】 연속거더의 등가시간장 및 유효폭 변화	260
【그림 5.6】 구조해석 모델링	266
【그림 5.7】 하중조건별 부재력도	268
【그림 5.8】 하중조건별 부재력도(계속)	269
【그림 5.9】 하중조건별 받침반력도	273
【그림 5.10】 백운4교(부산) 해석단면(교각 P3)	288
【그림 5.11】 하중조합(계수하중)별 부재력도	293
【그림 5.12】 안전성검토 흐름도	294
【그림 5.13】 안전성검토 흐름도 (계속)	295
【그림 5.14】 백운4교(춘천) 부재 제원 측정	304
【그림 5.15】 백운4교(춘천) 종 · 평면도	307
【그림 5.16】 받침부 경계조건	310
【그림 5.17】 구조해석 모델링	311
【그림 6.1】 종합평가 결과 산정 흐름도	347
【그림 7.1】 보수 · 보강 범위의 결정	356
【그림 7.2】 단면보수 시공순서 및 개요도	364
【그림 7.3】 춘천방향 바닥판 강판 파손 및 콘크리트 박락 발생 현황	365
【그림 7.4】 표면처리보수 시공 흐름도	370
【그림 7.5】 균열부 표면처리보수 개요도	371
【그림 7.6】 주입파이프 설치도	372
【그림 7.7】 주입보수 시공상세도	373
【그림 7.8】 주입보수 시공 흐름도	373
【그림 7.9】 철근이 부식되지 않는 경우의 충전보수 및 시공흐름	375

【그림 7.10】	철근이 부식된 경우의 충전보수 및 시공흐름	376
【그림 7.11】	교량받침 부식 도장보수 시공방법	380
【그림 7.12】	팻칭보수 시공흐름	385
【그림 7.13】	백운4교(부산) 부재별 명칭	389
【그림 7.14】	백운4교(부산) 부재별 명칭(계속)	390
【그림 7.15】	백운4교(춘천) 부재별 명칭	391
【그림 7.16】	백운4교(춘천) 부재별 명칭(계속)	392
【그림 7.17】	백운4교(부산) 상태평가 현황도 및 손상 위치도	405
【그림 7.18】	백운4교(춘천) 상태평가 현황도 및 손상 위치도	405
【그림 7.19】	백운4교(춘천) A2/홍벽 균열(0.3mm이상) 현황	406
【그림 7.20】	백운4교(춘천) 가로등 기초부 강판부식 및 콘크리트 박락 현황	407

백운4교(부산) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2016년도 백운1교 등 7개소 정밀안전진단 용역	진단기간	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		
관리 주체명	한국도로공사 강원본부 제천시	대표자	지사장 조병대		
공동수급	(주)한국시설안전연구원, (주)정신이앤시 (주)회덕기술공사, (주)회덕	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	고속도로	종류	도로교량	종별	1종
준공일	2000년 05월 31일	진단금액 (천원)	31,602	안전 등급	B
시설물 위치	강원도 원주시 판부면 금대리 (중앙선 303.7km)	시설물 규모	연장 : 300.0m 교폭 : 12.60m		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	▪ 정밀안전진단 결과 시설물의 중대결함은 없는 상태임				
진단 주요결과	▪ 바닥판 : 균열(0.3mm미만), 백태, 들뜸, 녹물, 잡철근노출 등 ▪ 거터 : 도장박리 및 부식, 볼트부식, 변형 ▪ 2차부재 : 도장박리 및 부식 ▪ 교대 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 백태, 재료분리, 들뜸, 파손, 사면유실 등 ▪ 교각 : 균열(0.3mm미만), 표면불량, 보수재 박리, 들뜸, 박락, 파손, 잡철근노출 등 ▪ 받침장치 : 본체 부식, 가동여유량 부족, 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 들뜸 등 ▪ 신축이음 : 본체부식, 토사퇴적, 후타재 균열(0.3mm미만), 파손 등 ▪ 교면포장 : 아스콘 망상균열, 패임, 융기, 침하 ▪ 배수시설 : 배수관 부식, 용접부 부식 및 누수, 고정핀 부식 및 탈락 ▪ 방호벽 : 균열(0.3mm미만), 백태, 파손, 들뜸				
주요 보수·보강	▪ 주요보수 : 표면처리, 주입보수, 단면복구, 단면복구(방청), 도장보수, 용접보수, 사면정비, 팻칭보수, 배수관고정핀 재설치, 전선관덮개 재설치, 청소 ▪ 주요보강 : 보강부 없음				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업참여기간		기술등급	
사업책임	안과현	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (재료시험)	이기태	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (자료분석)	공영이	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
참여기술자 (재료시험)	우현정 외 5인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
참여기술자 (자료분석)	이상민 외 5인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
라. 참고사항					
▪ 차기 점검시 중점 점검부위 : 콘크리트 균열 및 단면손상부의 손상증가 여부, A2측 받침장치 가 동량 부족에 따른 구조적 결함 및 신축거동 지장 여부					

백운4교(부산) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
- 정밀안전진단 결과, 구조적 안전성을 저해할 만한 심각한 결함이나 손상 및 열화는 발생하지 않았으나, 콘크리트 균열, 백태, 단면손상, 잡철근노출, 강재 부재의 부식, 도장손상, 변형, 배수시설의 배수관 부식, 용접부 부식 및 누수, 고정핀 부식 및 탈락 등의 결함이 국부적으로 발생하였으며, 일부 결함은 내구성확보를 위한 보수가 필요한 상태임. - 콘크리트 강도, 탄산화 등의 내구성 조사결과, 설계기준을 만족하는 것으로 측정되었음. - 시설물에 대한 평가결과, 상태평가 결과 “B”, 안전성평가 결과 “A”로 평가되어 안전등급은 “B”등급으로 지정하였다. - 긴급을 요하는 문제점은 없는 상태로서, 발생된 손상에 대한 내구성 확보차원의 보수 및 지속적인 주의관찰을 수행하면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 안 과 현 (서명)	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부 구조	바닥판	b	- 균열, 들뜸, 백태, 녹물, 잡철근노출	- 표면처리, 단면복구 물끊기힘 설치
	거더	b	- 도장박리, 부식, 볼트부식, 변형	- 도장보수
	가로보 세로보 브레이싱	b	- 도장박리, 부식	- 도장보수
하부 구조	교대 교각	b~c	- 균열, 백태, 들뜸, 박락, 파손, 철근노출, 재료분리, 사면유실	- 표면처리, 주입보수, 단면복구, 몰탈보수, 사면정비
교량받침		b	- 본체 부식, 가동여유량 부족 받침콘크리트 균열, 들뜸, 박리	- 도장보수
기타 부재	신축이음	c	- 본체 부식, 토사퇴적, 후타재 균열 망상균열, 파손	- 표면처리, 단면복구, 청소
	교면포장	a	- 접속부 아스콘 망상균열, 패임	- 팻칭보수
	배수시설	c	- 배수관 부식, 용접부 부식 및 누수 고정핀 부식 및 탈락	- 용접보수, 고정핀 재설치
	방호벽 및 중분대	b	- 균열, 백태, 파손, 들뜸, 전선덮개판 탈락	- 표면처리, 단면복구, 전선덮개판 재설치

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
바닥판	강도설계법	· 시설물의 구조적 안전성을 평가한 결과, 검토부재 전체에서 안전율이 1.0이상으로 계산되어 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨	1.0이상	A
거 더	허용응력법		1.0이상	
교대, 교각	강도설계법		1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
받침장치	Y	내진 2등급교 적용	상부 사하중의 20%의 수평력을 지지할 수 있는 스페리컬 받침 적용
하부구조	N		지진하중 미고려

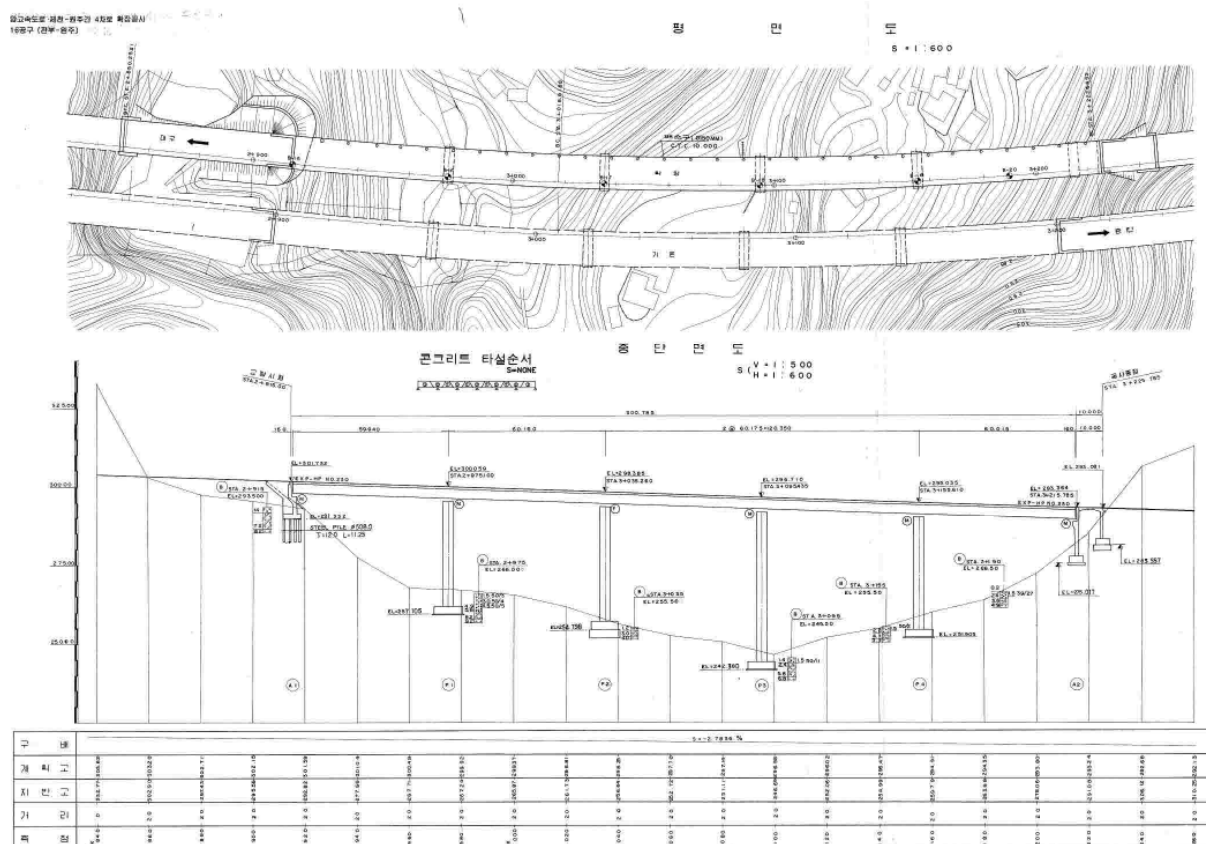
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명		시험 부위	시험결과	책임기술자 의견
콘크리트 강도시험	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	▪ 설계기준 강도의 95.2%~116.9%로 설계기준 강도의 90%를 상회하고 있음	양호
		하부구조	▪ 설계기준 강도의 93.3%~120.8%로 설계기준 강도의 90%를 상회하고 있음	양호
철근탐사 (mm)		상부구조	▪ 준공도면을 비교·검토한 결과 피복두께가 설계치 보다 다소 두꺼운 것으로 나타났으나 외관조사결과 이로 인한 손상은 조사되지 않았으며 배근간격 등이 준공도면과 유사함	전반적으로 양호
		하부구조	▪ 준공도면을 비교·검토한 결과 배근간격, 피복 두께 등이 준공도면과 유사함	양호
탄산화 잔여깊이(mm)		상부구조	▪ 탄산화 잔여깊이 : 30mm이상(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
		하부구조	▪ 탄산화 잔여깊이 : 30mm이상(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
염화물함유량 (kg/m³)		상부구조	▪ $0.3\text{kg/m}^3 \geq$ 염화물함유량(상태평가결과 : a)	부식발생 우려 없음
		하부구조	▪ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물함유량} \leq 1.2\text{kg/m}^3$ (상태평가결과 : b)	부식발생 가능성 낮음
균열깊이 측정		하부구조	▪ 균열심도(39.3mm) < 철근피복두께(107.0mm)	양호
강재 비파괴시험	초음파 탐상	거 더	▪ I 류등급 : 20개소	양호
도막두께 측정		거 더	▪ 건전부(230~549 μm) > 시방기준두께(215 μm)	건전부 양호

백운4교(부산) 현황표

작성일 : 2016년 12월 26일

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		백운4교(부산)		시설물번호		BR2000-0000083	
준 공 일		2000년 05월 31일		관리번호		제천교-24-1	
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리(중앙선 303.7km)					
설계하중		DB-24 / DL-24		노선명		고속국도 55호선(중앙선)	
제원	연장	L=300.785m(5@60.0)					
	폭	12.60m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	강판형교(SPG)		기초 형식	교대 교각	강판파일기초(A1) 전면(확대)기초(A2)	
	하부	교대 : 역T형식(2기) 교각 : 벽식(4기)				직접기초(P1~P4)	
교량받침		스페리컬 받침		신축이음		레일식 조인트(A1, A2)	
교차시설물		마을진입도로		통과높이		25m이상	
부착시설		-					
시 공 사		극동건설(주), 유성종합건설(주)		설 계 사		삼안엔지니어링	



- 중점 점검 사항 : 콘크리트 균열 및 단면손상부의 손상증가 여부, A2측 받침장치 가동량 부족에 따른 구조적 결합 및 신축거동 지장 여부

백운4교(춘천) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2016년도 백운1교 등 7개소 정밀안전진단 용역	진단기간	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		
관리 주체명	한국도로공사 강원본부 제천시	대표자	지사장 조병대		
공동수급	(주)한국시설안전연구원, (주)정신이앤시 (주)회덕기술공사, (주)회덕	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	고속도로	종류	도로교량	종별	1종
준공일	1995년 10월 01일	진단금액 (천원)	31,602	안전 등급	B
시설물 위치	강원도 원주시 판부면 금대리 (중앙선 303.7km)	시설물 규모	연장 : 299.421m 교폭 : 13.70m		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	▪ 정밀안전진단 결과 시설물의 중대결함은 없는 상태임				
진단 주요결과	▪ 바닥판 : 테크플레이트 부식, 콘크리트 박락, 망상균열 및 백태, 강판 부식 등 ▪ 거터 : 도장손상 및 부식, 볼트부식, 볼트누락, 변형, 천공홀, 기공 등 ▪ 2차부재 : 도장박리 및 부식, 볼트부식, 볼트풀림, 변형, 누수오염 등 ▪ 교대 : 균열(0.3mm미만), 백태, 재료분리, 들뜸 및 파손, 잡철근노출 등 ▪ 교각 : 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 파손, 들뜸, 표면불량, 잡철근노출 등 ▪ 받침장치 : 본체 부식, 받침콘크리트 균열(0.3mm미만), 잡철근노출 ▪ 신축이음 : 토사퇴적, 후타재 균열(0.3mm미만), 덮개판 고정볼트 탈락 ▪ 교면포장 : 아스콘 망상균열, 코어채취부 마감불량 ▪ 배수시설 : 배수구 이물질퇴적, 배수관 용접연결부 누수 및 탈락, 고정핀 부식 및 탈락 ▪ 방호벽 : 균열(0.3mm미만), 파손, 표면박리				
주요 보수·보강	▪ 주요보수 : 표면처리, 주입보수, 단면복구, 단면복구(방청), 도장보수, 용접보수, 몰탈보수, 볼트 재설치, 배수관고정핀 재설치, 전선관덮개 재설치, 청소 ▪ 주요보강 : 보강부 없음				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업참여기간		기술등급	
사업책임	안과현	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (재료시험)	이기태	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (자료분석)	공영이	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
참여기술자 (재료시험)	우현정 외 5인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
참여기술자 (자료분석)	이상민 외 5인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
라. 참고사항					
▪ 차기 점검시 중점 점검부위 : 캔틸레버 강판부식부 파손 및 콘크리트 박락 추가발생 여부, 교대측 받침장치 가동량 부족에 따른 구조적 결함 및 신축거동 지장 여부					

백운4교(춘천) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
- 정밀안전진단 결과, 구조적 안전성을 저해할 만한 심각한 결함이나 손상 및 열화는 발생하지 않았으나, 교각의 Cw=0.3mm이상의 균열, 거더의 도장박리 및 부식, 배수시설 고정핀 파손 및 탈락의 결함이 주요 손상으로 발생하였으며, 그 외 콘크리트 부재의 단면손상, 테크플레이트 및 2차부재 부식 및 도장박리, 교대 받침장치 가동량부족 등의 결함이 조사되어 일부 손상은 내구성확보를 위한 보수가 필요한 상태임. - 콘크리트 강도, 탄산화 등의 내구성 조사결과, 설계기준을 만족하는 것으로 측정되었음. - 시설물에 대한 평가결과, 상태평가 결과 “B”, 안전성평가 결과 “A”로 평가되어 안전등급은 “B”등급으로 지정하였다. - 긴급을 요하는 문제점은 없는 상태로서, 발생한 손상에 대한 내구성 확보차원의 보수 및 지속적인 주의관찰을 수행하면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 안 과 현 (서명)	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부 구조	바닥판	b	- 망상균열, 백태, 테크플레이트 부식 강판 및 전선보호덮개 부식	- 표면처리, 단면복구
	거더	b~c	- 도장박리, 부식, 볼트부식, 변형	- 도장보수
	가로보 세로보 브레이싱	b~c	- 도장박리, 부식, 볼트부식, 변형	- 도장보수
하부 구조	교대 교각	b~c	- 균열, 백태, 들뜸, 파손, 체수 잡철근노출, 재료분리, 표면불량	- 표면처리, 주입보수, 단면복구, 몰탈보수
교량받침		b	- 본체 부식, 전단키 부식, 받침콘크리트 균열, 잡철근노출	- 도장보수
기타 부재	신축이음	b	- 토사퇴적, 후타재 균열, 덮개판 고정볼트 탈락	- 표면처리, 청소 - 볼트 재설치
	교면포장	b	- 아스콘 망상균열, 코어채취부 마감불량	- 팻칭보수
	배수시설	c	- 이물질 퇴적, 배수관 용접 연결부 누수 및 탈락, 고정핀 부식 및 탈락	- 용접보수, 고정핀 재설치, 청소
	방호벽 및 중분대	b	- 균열, 망상균열, 파손, 표면박리	- 표면처리

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결 과
바닥판	강도설계법	· 시설물의 구조적 안전성을 평가한 결과, 검토부재 전체에서 안전율이 1.0이상으로 계산되어 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가됨	1.0이상	A
거 더	허용응력법		1.0이상	
교대, 교각	강도설계법		1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
받침	N	기존 설계 미 실시 (2009년 내진성능평가 실시)	내진보강(전단키 설치)
교대	N		안 전
교각	N		안 전

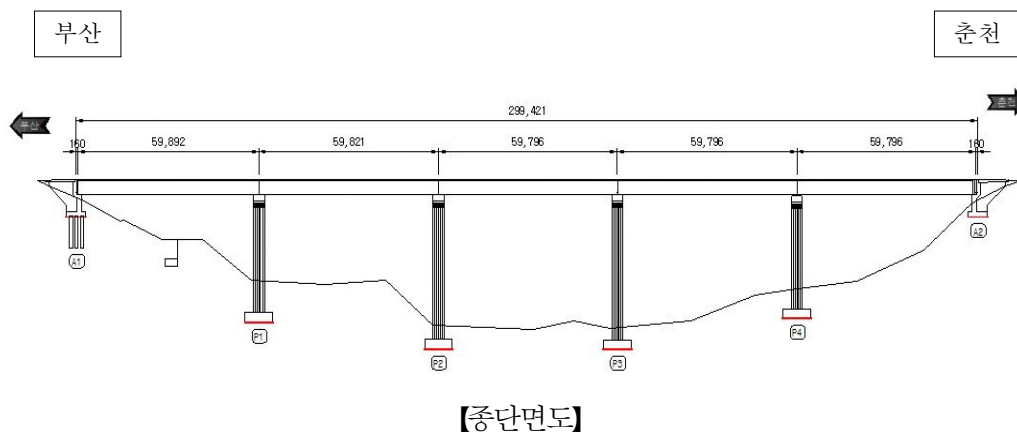
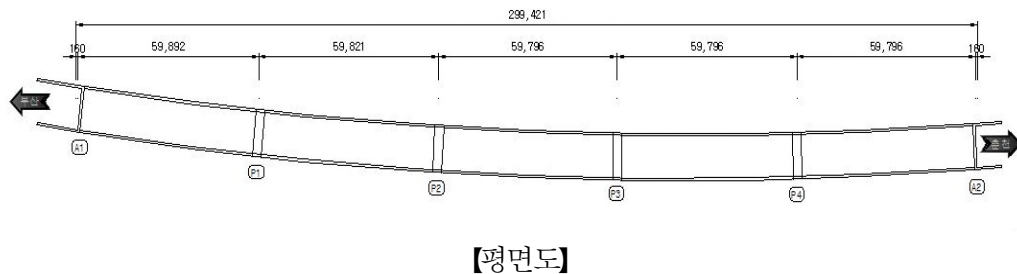
라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명		시험 부위	시험결과	책임기술자 의견
콘크리트 강도시험	비파괴 강도 (MPa)	상부구조	▪ 설계기준 강도의 102.3%로 조사되어 설계기준 강도를 상회하고 있음	양호
		하부구조	▪ 설계기준 강도의 91.9%~132.6%로 설계기준 강도의 90%를 상회하고 있음	양호
철근탐사 (mm)		상부구조	▪ 데크플레이트 및 강판 설치에 의해 측정불가	-
		하부구조	▪ 배근간격은 설계도면과 일치하며, 피복두께는 시방기준을 상회하고 있음	양호
탄산화 잔여깊이(mm)		상부구조	▪ 탄산화 잔여깊이 : 30mm이상(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
		하부구조	▪ 탄산화 잔여깊이 : 30mm이상(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
염화물함유량 (kg/m³)		상부구조	▪ 건전부 : 염화물함유량 ≤ 0.3kg/m³(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
		하부구조	▪ 건전부 : 0.3kg/m³ ≤ 염화물 ≤ 1.2kg/m³(상태평가 : b)	부식발생 가능성 낮음
균열깊이 측정		하부구조	▪ 균열심도(25.2~177.7mm) < 철근피복두께(65.0~109.0mm)	부식발생 가능성 높음
강재 비파괴시험	초음파 탐상	거 더	▪ I 류등급 : 10개소	양호
도막두께 측정		거 더	▪ 건전부(216~311μm) > 시방기준두께(215μm)	건전부 양호

백운4교(춘천) 현황표

작성일 : 2016년 12월 26일

구 분		내 용	
시설물명		백운4교(춘천)	시설물번호
BR1995-0000137		준공일	1995년 10월 01일
관리번호		제천교-24-2	시설물위치
강원도 원주시 관부면 금대리(중앙선 303.7km)		설계하중	DB-24 / DL-24
노선명		고속국도 55호선(중앙선)	제원
연장	폭	L=299.421m(5@60.0)	
	폭	13.70m, 편도 2차로	
구조형식	상부	강관형교(SPG)	기초형식
	하부	교대 : 역T형식(2기) 교각 : 벽식(4기)	
교대		교대	교각
강관파일기초기초(A1) 직접기초(A2)		직접기초(P1~P4)	
교량받침		포트받침	신축이음
강팽거조인트(A1) 리프렉션조인트(A2)		교차시설물	통과높이
마을진입도로		42.7m	
부착시설		-	
시공사		극동건설(주)	설계사
삼안엔지니어링			

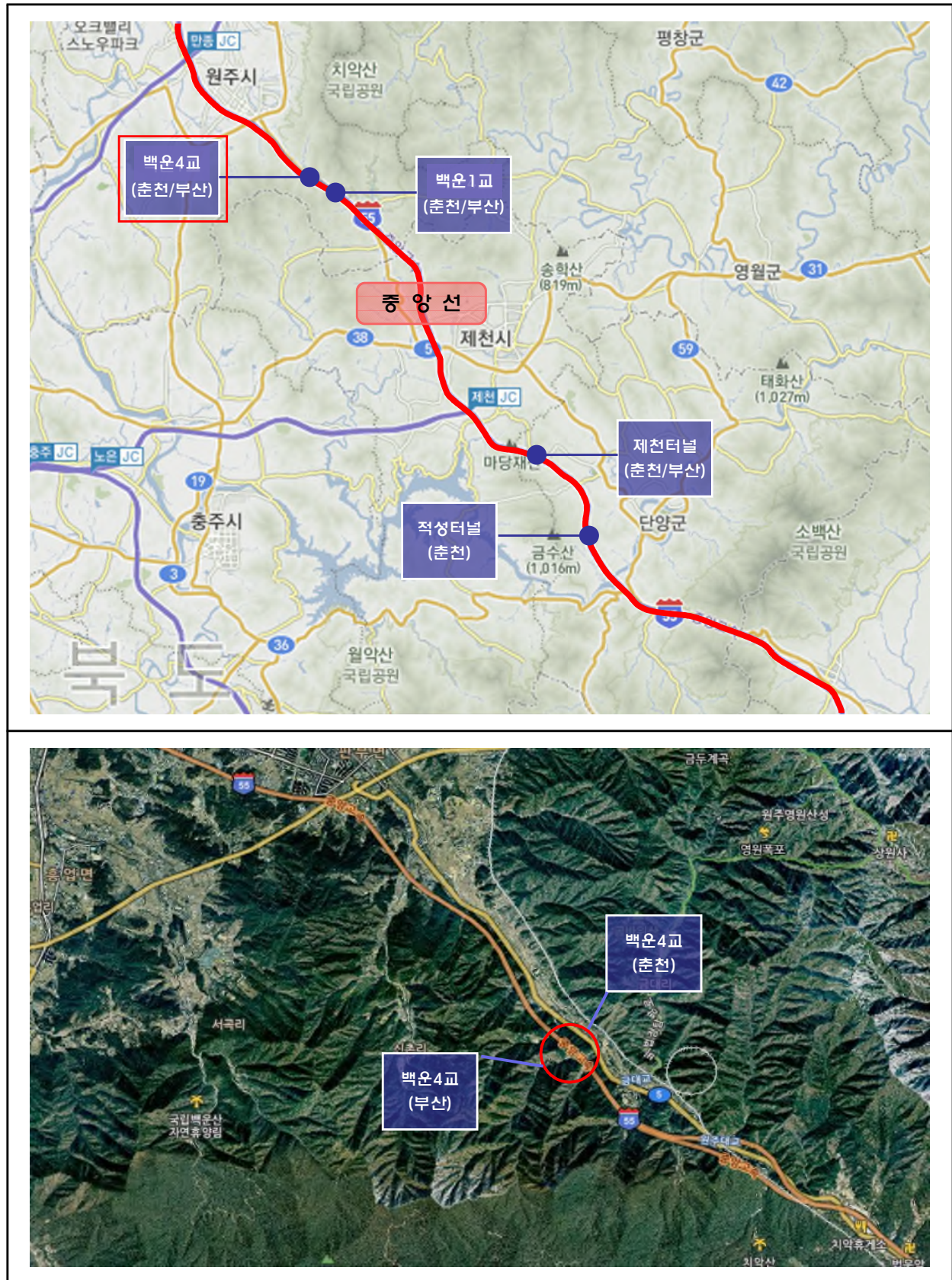


- 중점 점검사항 : 캔틸레버 강관부식부 파손 및 콘크리트 박락 추가발생 여부, 교대측 받침장치 가동량 부족에 따른 구조적 결함 및 신축거동 지장 여부, 교대/홍벽 균열 진전여부

정밀안전진단 참여기술진

참여구분	참여분야	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
계				15명	674일	
책임기술자	사업 책임	(주)한국시설 안전연구원	부원장	안 과 현	2016.06.20~12.26 (152일)	
분야별 책임기술자	자료분석분야	(주)회덕기술공사	부사장	공 영 이	2016.06.20~12.26 (152일)	
	재료시험분야	(주)한국시설 안전연구원	부원장	이 기 태	2016.06.20~12.26 (152일)	
분야별 참여기술자	자료분석분야	(주)정신이앤시	이사	이 상 민	2016.06.20~12.26 (95일)	
	재료시험분야	(주)회덕	차장	우 현 정	2016.06.20~12.26 (95일)	
기타 참여기술자	자료분석	(주)한국시설 안전연구원	부장	김 대 석	2016.06.20~12.26 (3일)	
	자료분석	(주)한국시설 안전연구원	차장	공 병 무	2016.06.20~12.26 (3일)	
	재료시험	(주)한국시설 안전연구원	과장	오 형 택	2016.06.20~12.26 (3일)	
	자료분석	(주)한국시설 안전연구원	사원	장 계 영	2016.06.20~12.26 (3일)	
	자료분석	(주)정신이앤시	부장	윤 승 주	2016.06.20~12.26 (3일)	
	재료시험	(주)정신이앤시	과장	이 상 동	2016.06.20~12.26 (3일)	
	재료시험	(주)정신이앤시	사원	강 연 상	2016.06.20~12.26 (3일)	
	자료분석	(주)회덕기술공사	상무	허 택 영	2016.06.20~12.26 (3일)	
	자료분석	(주)회덕기술공사	부장	장 용 근	2016.06.20~12.26 (2일)	
	재료시험	(주)회덕	주임	김 형 환	2016.06.20~12.26 (2일)	

시설물의 위치도



○ 시설물 위치 : 강원도 원주시 판부면 금대리(중양선 303.70km)

시설물의 전경사진



백운4교(부산) 상면 전경



백운4교(부산) 측면 전경

부위별 전경사진



바닥판 전경



거더 및 브레이싱 전경



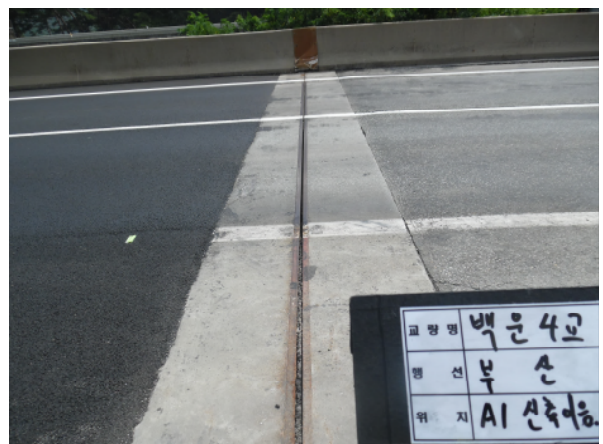
교대 전경



교각 전경



받침장치 전경



신축이음 전경

부위별 전경사진



교면포장 전경



방호벽 전경



배수구 전경



배수관 전경



교명판



교량설명판

시설물의 전경사진



백운4교(춘천) 상면 전경

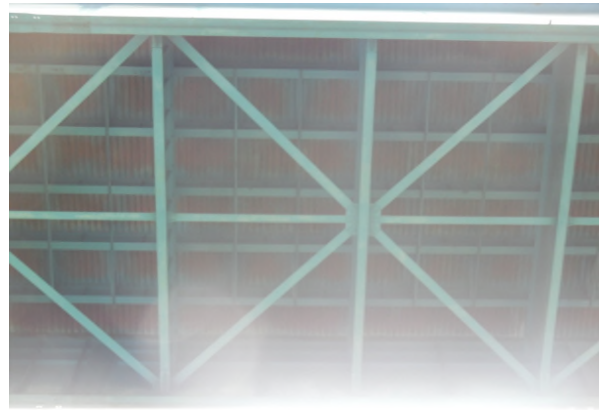


백운4교(춘천) 측면 전경

부위별 전경사진



바닥판 전경



거더 및 브레이싱 전경



교대 전경



교각 전경



받침장치 전경



신축이음 전경

부위별 전경사진



교면포장 전경



방호벽 전경



배수구 전경



배수관 전경



교명판



교량설명판

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 “시특법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리 방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

가. 과업의 범위

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용
자료 수집 및 분석	• 설계도서 • 시설물관리대장 • 시공관련자료 • 안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 • 보수·보강이력 검토·분석	• 좌동
현장조사 및 시험	• 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 • 현장 재료시험 등 - 콘크리트 시험: 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달속도시험 등), 탄산화 깊이 측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험: 강재 비파괴시험	• 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 • 콘크리트 시험 - 반발경도 시험 - 초음파전달속도 시험 - 탄산화깊이 측정 - 균열깊이 조사 - 염화물함유량 시험 • 철근탐사 시험 • 강재 시험 - 초음파탐상시험(UT)
상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장시험 및 재료시험 결과분석 • 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 • 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견	• 좌동

과업 항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용
안전성평가	- 조사, 시험, 측정 결과의 분석 - 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 - 내하력 및 구조 안전성평가 - 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	좌동
종합평가	- 시설물의 안전상태 종합평가 결과에 대한 소견 - 안전등급 지정	좌동
보수·보강 방법	보수·보강 방법 제시	좌동
보고서작성	CAD 도면 작성 등 보고서 작성	좌동

나. 과업수행 기간

2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26. (착수일로부터 190일)

1.3 시설물의 개요

가. 백운4교(부산)

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		백운4교(부산)		시설물번호		BR2000-0000083	
준공년월일		2000년 05월 31일		관리번호		제천교-24-1	
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리(중앙선 303.7km)					
설계하중		DB-24 / DL-24		노선명		고속국도 55호선(중앙선)	
제원	연장	L=300.785m(5@60.0)					
	폭(유효폭)	12.60m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	강판형교(SPG)		기초 형식	교대	강판파일기초(A1) 전면(확대)기초(A2)	
	하부	교대 : 역T형식(2기) 교각 : 벽식(4기)			교각	전면(확대)기초(P1~P4)	
교량받침		스페리컬 받침		신축이음		레일식(A1,A2)	
평면선형		곡선교		경 간 수		5경간	
설 계 사		삼안엔지니어링		시 공 사		극동건설(주), 유성종합건설(주)	
감 리 사		-		교차시설물		-	
난 간		콘크리트(방호벽)		배 수 구		주철관(백관)	
내진설계유무		받침장치만 적용 (내진 2등급교)		관리주체		한국도로공사 강원본부 제천지사	

나. 백운4교(춘천)

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		백운4교(춘천)		시설물번호		BR1995-0000137	
준공년월일		1995년 10월 01일		관리번호		제천교-24-2	
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리(중앙선 303.7km)					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명		고속국도 55호선(중앙선)	
제원	연장	L=299.421m(5@60.0)					
	폭(유효폭)	13.70m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	강관형교(SPG)		기초 형식	교대	강관파일기초기초(A1) 직접기초(A2)	
	하부	교대 : 역T형식(2기) 교각 : 벽식(4기)			교각	직접기초(P1~P4)	
교량받침		포트받침		신축이음		강평거조인트(A1) 리프렉션조인트(A2)	
평면선형		곡선교		경 간 수		5경간	
설 계 사		삼안엔지니어링		시 공 사		극동건설(주)	
감 리 사		(주)유신설계공단		교차시설물		-	
난 간		콘크리트(방호벽)		배 수 구		주철관(백관)	
내진설계유무		기존 설계 적용 : 무 2009년 내진성능평가 실시 (P2, P3 전단키 설치)		관리주체		한국도로공사 강원본부 제천지사	

2. 자료수집 및 분석

금회 진단대상시설물인 백운4교(부산, 춘천)에 대하여 수집된 자료 및 기초자료를 검토한 결과, 중앙고속도로에 시공된 시설물로서 운행은 원활한 상태이고, 시설물에 대해 유지관리가 잘 이루어지고 있는 상태이다. 따라서 금회 진단 시에는 2011년, 2013년 정밀안전진단에서 제시한 중점 유지관리 사항에 대하여 점검을 실시하고, 상세조사 및 현장시험을 실시한 후 현재 구조적으로 문제가 발생되었거나, 향후 문제가 발생할 가능성이 있는 부분에 대하여 구조검토를 실시하여 안전성을 여부를 평가하고자 한다.

구 분	자료분석 결과요약	비 고
설계 관련자료 검토	◆ 백운4교(부산) • 『중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 구조 및 수리계산서(I) (최종분) 제16공구(판부~원주) 2000.9』를 참조함. → 검토결과, 바닥판, 거더, 교대, 교각 등에 대한 구조계산 및 검토에 있어 설계조건, 모델링, 설계 및 검토 등 항목별 검토사항은 적절한 것으로 확인됨. • 『중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 설계도 제16공구(판부~원주) 2000.9』를 참조함. → 검토결과, 설계도면은 당시 설계기준에 적합하게 작성된 것으로 검토되었으며, 종·평면도, 단면도, 상부 구조물도, 하부 구조물도, 각종 상세도가 적절하게 작성된 것으로 검토됨.	설계도서 관리 시스템
	◆ 백운4교(춘천) • 『대구~춘천간 고속도로 건설공사 구조도(준공도) 제7공구(Ⅲ-1) 1995.』를 참조함. → 검토결과, 설계도면은 당시 설계기준에 적합하게 작성된 것으로 검토되었으며, 종·평면도, 단면도, 상부 구조물도, 하부 구조물도, 각종 상세도가 적절하게 작성된 것으로 검토됨.	
시공 관련자료 검토	• 백운4교(부산, 춘천)은 유지관리기관 보관자료와 시설물정보관리종합시스템(FMS)에 보유자료가 없는 것으로 확인됨.	설계도서 관리 시스템
전회 정밀안전진단 유지관리방안	◆ 백운4교(부산) • 교량받침 A2 Sh1~Sh4 신장여유량 부족 → 신장여유량 부족으로 인한 받침상태 변화 및 결함발생 여부	
	◆ 백운4교(춘천) • 갯길측 교면포장 열화(망상균열, 들뜸, 포장파쇄부) 발생부 → 포장열화에 따른 누수·백태의 진전여부 및 2차(강재부식) 손상여부 • Deck Plate 누수(S5) 및 하부플랜지 볼트 부식 발생부 → 보수 후 누수흔적(열화) 진전 및 2차 손상여부 • 교량받침(A1/A2) 최대 신장시 허용변위량 초과 → 최대 신장시(하절기) 받침 가동상태 및 2차 손상여부	

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과 요약

가. 백운4교(부산)

① 외관조사 결과요약

부재		외관조사 결과분석
바닥판		바닥판은 내측은 데크플레이트가 설치되어 있으며, 데크플레이트는 양호한 상태이나 콘크리트 부재에서 일부 건조수축에 의한 균열, 백태 및 녹물, 들뜸, 거푸집 미세거, 잡철근노출의 결함이 조사되었으며, 조사된 손상은 비구조적 결함으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없으나 내구성 확보를 위해 표면처리 및 단면복구가 필요할 것으로 판단된다.
거더		거더는 플레이트 거더 형식으로 현장조사 결과, 공용장기화에 따른 도장열화로 도장박리, 부식, 볼트부식과 시공시 설치과정에 따른 인위적인 변형의 결함이 조사되어 장기적인 내구성 확보를 위해 도장박리 및 부식은 도장보수가 필요하며, 변형은 주의관찰이 적합할 것으로 판단된다.
가로보 및 세로보		2차 부재인 가로보 및 세로보는 볼트 체결 상태는 양호하나 가로보에서 공용장기화에 따른 도장열화로 일부 부식이 경미한 규모로 조사되어 장기적인 내구성 확보를 위해 도장보수가 필요하며, 세로보는 결함이 없는 양호한 상태이다.
브레이싱		브레이싱은 거더의 변형을 보강하기 위해 설치된 부재로 시공 상태는 양호하나 공용장기화에 따른 도장열화로 국부적인 도장박리 및 부식이 조사되어 장기적인 내구성 확보를 위해 도장보수가 필요할 것으로 판단된다.
하부 구조	교대	교대에서 조사된 균열은 시공초기 건조수축에 의한 비구조적 균열로 구조적인 영향은 없으나 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm이상은 주입보수를 실시하고, 폭 0.3mm미만은 주의관찰토록 한다. 그 외 외부충격에 의한 단면손상, 피복부족에 의한 철근노출, 시공시 협제된 잡철근노출 및 앵커볼트노출, 백태, 일부 사면유실의 결함이 조사되어 단면복구, 표면처리, 몰탈보수의 보수방안이 필요할 것으로 판단된다.
	교각	교각에서는 건조수축에 의한 균열, 백태, 시공불량에 의한 표면불량, 보수재 박리, 외부충격에 의한 단면손상, 시공미흡에 의한 잡철근노출 및 앵커볼트노출의 결함이 조사되었으며, 단면손상부는 내구성 확보를 위해 단면복구가 필요하며, 그 외 결함은 손상 규모가 경미하며 내구성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

(계속)

부재	외관조사 결과분석
받침장치	• 받침장치에 대한 현장조사 결과, 부식, 볼트간섭 및 길이부족, 받침콘크리트 균열, 들뜸 및 박리의 손상이 조사되어 장기적인 내구성 및 기능성 확보를 위해 부식부는 도장보수가 필요하며, 그 외 결함은 손상규모가 경미하거나 내구성 및 기능성 저하 영향이 미미한 손상으로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다. • 받침장치의 연단거리 및 가동량 조사결과, A2측에서 설치불량에 의해 가동여유량 부족이 조사되었으나 1차 및 2차의 온도변화에 따른 신축거동 상태는 원활한 것으로 조사되어 주의관찰토록 하며, 향후 받침장치 교체 계획 시 보수하는 것이 적합할 것으로 판단된다.
신축이음장치	• 신축이음장치의 유간거리는 신축여유량을 확보한 상태이나 오랜 공용중 본체 부식, 토사퇴적, 후타재균열 및 파손, 덮개판 길이부족 및 변형의 결함이 조사되어 토사퇴적은 청소, 후타재 균열은 표면처리, 후타재 파손은 단면복구가 필요하며, 그 외 결함은 내구성 및 기능성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰토록 한다.
교면포장	• 교면포장은 재포장 보수가 실시되어 교량구간의 포장상태는 양호하나 시점측의 접속슬래브 구간은 미보수 구간으로 시공초기 다짐불량에 의한 아스콘 망상균열 및 침하, 후타재 접합부 전압부족에 의한 패임의 손상이 조사되어 장기적인 내구성 확보를 위해 부분 패칭보수가 필요할 것으로 판단된다.
배수시설	• 배수시설은 상부의 배수구와 하부의 배수관으로 구분되며, 배수구는 양호한 상태이나 배수관에서 용접부 부식 및 누수, 고정핀 부식 및 탈락의 결함이 조사되어 재용접 및 고정핀 재설치의 보수방안이 적합할 것으로 판단된다.
방호벽	• 방호벽의 주요결함은 시공초기 건조수축에 의한 균열(0.3mm미만) 및 백태, 시공미흡에 의한 들뜸 및 전선덮개판 탈락, 외부충격에 의한 파손의 결함이 조사되어 표면처리, 단면복구, 전선덮개판 재설치의 보수가 적합할 것으로 판단된다.

② 손상물량 총괄표

부재	손상명	손상물량			조치방안	비고
		단위	개소	물량		
바닥판	균열(0.3mm미만), 백태	m	1	0.20	표면처리	
	들뜸, 백태, 녹물	m ²	2	0.80	단면복구(방청)	t=30mm
	거푸집 미제거	m ²	3	0.45	주의관찰	
	잡철근노출	m ²	2	0.06	단면복구	t=10mm
거더	도장박리	m ²	17	4.44	도장보수	
	부식	m ²	142	70.33	도장보수	
	볼트부식	m ²	2	1.80	도장보수	
	변형	m	4	1.60	주의관찰	
가로보	부식	m ²	3	0.13	도장보수	
브레이싱	도장박리	m ²	2	0.02	도장보수	
	부식	m ²	51	3.19	도장보수	
교대	균열(0.3mm미만)	m	20	15.30	주의관찰	
	균열(0.3mm미만), 백태	m	2	2.70	표면처리	
	균열(0.3mm이상), 백태	m	1	3.50	주입보수	
	균열 및 녹물	m	1	3.00	단면복구(방청)	t=30mm
	들뜸, 박락, 파손	m ²	14	2.52	단면복구	t=30mm
	재료분리	m ²	3	0.89	주의관찰	
	철근노출	m ²	2	0.07	단면복구(방청)	t=30mm
	잡철근노출	m ²	29	0.29	주의관찰	
	앵커노출	m ²	36	0.36	주의관찰	
	사면유실	A1측	2	13.00	몰탈보수	폼타이흙
		A2측	1	0.50	사면정비	
교각	균열(0.3mm미만)	m	58	27.10	주의관찰	
	백태	m ²	1	0.24	주의관찰	
	표면불량	m ²	6	5.48	주의관찰	
	보수재 박리	m ²	5	0.46	주의관찰	
	재료분리	m ²	2	0.30	주의관찰	
	들뜸, 박락, 파손	m ²	18	3.35	단면복구	t=30mm
	잡철근노출	m ²	30	0.54	주의관찰	
	앵커노출	m ²	380	3.80	주의관찰	

(계속)

부재		손상명	손상물량			조치방안	비고
			단위	개소	물량		
받침장치	본체	부식	m ²	19	4.11	도장보수	
		볼트간섭 및 길이부족	EA	5	5.00	주의관찰	
		가동여유량 부족	EA	4	4.00	주의관찰	
	콘크리트	균열(0.2mm이하)	m	19	8.10	주의관찰	
		재균열(0.2mm이하)	m	40	22.30	주의관찰	
		들뜸	m ²	3	0.50	주의관찰	
		박리	m ²	1	0.06	주의관찰	
신축이음장치	본체	부식	m ²	5	0.95	주의관찰	
		토사퇴적	m ²	4	1.03	청소	
	후타재	균열(0.3mm미만)	m	55	27.50	표면처리	
		망상균열	m ²	1	0.60	표면처리	
		파손	m ²	2	0.41	단면복구	t=30mm
	덮개판	길이부족	EA	2	2.00	주의관찰	
		변형	EA	1	1.00	주의관찰	
교면포장		아스콘 망상균열	m ²	2	12.74	팻칭보수	
		아스콘 패임	m ²	1	0.75	팻칭보수	
		아스콘 융기, 침하	m ²	2	3.00	주의관찰	
배수시설		배수관 부식	m ²	13	0.46	주의관찰	
		용접부 부식 및 누수	m ²	5	0.20	용접보수	
		고정핀 부식	EA	44	44.00	재설치	
		고정핀 탈락	EA	26	26.00	재설치	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	25	20.00	표면처리	
		재균열(0.3mm미만)	m	5	4.50	표면처리	
		균열 및 백태	m	34	30.50	표면처리	
		백태	m ²	11	0.93	표면처리	
		파손	m ²	33	2.04	주의관찰	
		들뜸	m ²	8	5.45	단면복구	t=30mm
		전선덮개판 탈락	EA	10	10.00	재설치	

③ 기 진단(2011년)과의 손상물량 비교표

부재	손상명	단위	전회(2011년) 정밀안전진단	금회(2016년) 정밀안전진단	전회와 물량비교	비고
바닥판	균열(0.3mm미만), 백태	m	-	0.20	▲ 0.20	
	들뜸, 백태, 녹물	m ²	0.70	0.80	▲ 0.10	
	거푸집 미제거	m ²	-	0.45	▲ 0.45	
	잡철근노출	m ²	-	0.06	▲ 0.06	
거더	도장박리	m ²	3.21	4.44	▲ 1.23	
	부식	m ²	50.36	70.33	▲ 19.97	
	볼트부식	m ²	-	1.80	▲ 1.80	
	변형	m	1.20	1.60	▲ 0.40	
가로보	부식	m ²	-	0.13	▲ 0.13	
브레이싱	도장박리	m ²	0.01	0.02	▲ 0.01	
	부식	m ²	0.39	3.19	▲ 2.80	
교대	균열(0.3mm미만)	m	14.00	15.30	▲ 1.30	
	균열(0.3mm이상)	m	15.90	-	▽ 15.90	보수완료
	균열(0.3mm미만), 백태	m	-	2.70	▲ 2.70	
	균열(0.3mm이상), 백태	m	3.50	3.50	-	
	균열 및 녹물	m	-	3.00	▲ 3.00	
	들뜸, 박락, 파손	m ²	1.60	2.52	▲ 0.92	
	재료분리	m ²	0.80	0.89	▲ 0.09	
	철근노출	m ²	0.05	0.07	▲ 0.02	
	잡철근노출	m ²	-	0.29	▲ 0.29	
	앵커노출	m ²	-	0.36	▲ 0.36	
	사면유실	A1측 m ²	-	13.00	▲ 13.00	
		A2측 m ²	-	0.50	▲ 0.50	
교각	균열(0.3mm미만)	m	3.80	27.10	▲ 23.30	
	망상균열	m ²	0.06	-	▽ 0.06	보수완료
	백태	m ²	-	0.24	▲ 0.24	
	표면불량	m ²	104.20	5.48	▽ 98.72	일부보수
	보수재 박리	m ²	-	0.46	▲ 0.46	
	재료분리	m ²	1.91	0.30	▽ 1.61	일부보수
	들뜸, 박락, 파손	m ²	1.19	3.35	▲ 2.16	
	잡철근노출	m ²	-	0.54	▲ 0.54	
	앵커노출	m ²	-	3.80	▲ 3.80	

(계속)

부재		손상명	단위	전회(2011년) 정밀안전진단	금회(2016년) 정밀안전진단	전회와 물량비교	비고
받침 장치	본체	부식	m²	4.11	4.11	-	동일함
		볼트간섭 및 길이부족	EA	-	5.00	▲ 5.00	
		가동여유량 부족	EA	4.00	4.00	-	동일함
	콘크리트	균열(0.2mm이하)	m	53.30	8.10	▽ 45.20	일부보수
		균열(0.3mm이상)	m	22.20	-	▽ 22.20	보수완료
		재균열(0.2mm이하)	m	-	22.30	▲ 22.30	
		들뜸	m²	0.01	0.50	▲ 0.49	
		박리	m²	-	0.06	▲ 0.06	
신축 이음 장치	본체	부식	m²	0.95	0.95	-	동일함
		토사퇴적	m²	1.03	1.03	-	동일함
	후타재	균열(0.3mm미만)	m²	27.10	27.50	▲ 0.40	
		망상균열	m²	0.60	0.60	-	동일함
		파손	m²	-	0.41	▲ 0.41	
	덮개판	길이부족	EA	2	2.00	-	동일함
		변형	EA	1	1.00	-	동일함
교면포장		아스콘 균열	m	102.00	-	▽ 102.00	교량구간 보수완료
		시공이음 균열	m	540.00	-	▽ 540.00	
		아스콘 망상균열	m²	173.90	12.74	▽ 161.16	
		아스콘 들뜸	m²	431.88	-	▽ 431.88	접속슬래브구간 미보수
		아스콘 패임	m²	10.77	0.75	▽ 10.02	
		아스콘 융기, 침하	m²	-	3.00	▲ 3.00	
배수시설		배수관 부식	m²	-	0.46	▲ 0.46	
		용접부 부식 및 누수	m²	-	0.20	▲ 0.20	
		고정핀 부식	EA	-	44.00	▲ 44.00	
		고정핀 탈락	EA	-	26.00	▲ 26.00	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	10.80	20.00	▲ 9.20	
		재균열(0.3mm미만)	m	-	4.50	▲ 4.50	
		균열 및 백태	m	28.70	30.50	▲ 1.80	
		백태	m²	0.79	0.93	▲ 0.14	
		파손	m²	-	2.04	▲ 2.04	
		들뜸	m²	5.45	5.45	-	동일함
		전선덮개판 탈락	EA	4.00	10.00	▲ 6.00	

나. 백운4교(춘천 방향)

① 외관조사 결과요약

부재		외관조사 결과분석
바닥판		바닥판의 내측은 데크플레이트, 외측은 강판이 설치된 상태로 현장조사 결과, 데크플레이트 부식, 강판, 부식 및 도장박리, 콘크리트 망상균열 및 백태, 박락, 부착 시설물로 전선 보호덮개 부식 및 탈락의 결함이 조사되어 내구성 확보를 위해 콘크리트 망상균열 및 백태는 물끊기홈 설치 및 표면처리, 콘크리트 박락은 강판 제거 및 단면복구, 전선 보호덮개 탈락은 재설치가 필요하며, 그 외 결함은 내구성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.
거더		거더는 플레이트 거더 형식으로 현장조사 결과, 공용장기화에 의한 도장열화 및 우수접촉으로 도장박리, 부식, 볼트부식이 발생하였고, 시공미흡에 의한 볼트누락 및 천공홀, 기공, 외부충격에 의한 변형의 결함이 조사되어 장기적인 내구성 확보를 위해 도장박리 및 부식부는 도장보수가 필요하며, 그 외 결함은 주의관찰이 적합할 것으로 판단된다.
가로보 및 세로보		2차 부재인 가로보 및 세로보는 도장박리, 부식, 볼트부식, 누수오염, 볼트풀림, 변형의 결함이 조사되었으며, 내구성 확보를 위해 도장박리 및 부식부에 대한 도장보수가 필요하며, 그 외 누수오염, 볼트풀림, 변형의 결함은 손상규모가 경미하여 내구성 저하 영향이 미미하여 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.
브레이싱		브레이싱은 거더의 변형을 보강하기 위해 설치된 부재로 시공 상태는 양호하나 공용장기화에 의한 도장열화 및 수분접촉으로 부식 및 볼트부식이 일부 조사되어 장기적인 내구성 확보를 위해 도장보수가 필요할 것으로 판단되며, 그 외 볼트풀림 및 누수오염은 손상규모가 경미하며, 내구성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 적합할 것으로 판단된다.
하 부 구 조	교 대	교대에서 조사된 균열은 시공초기 건조수축 및 수화열에 의한 비구조적 균열로 구조적인 영향은 없으며, 폭 0.3mm이상의 균열은 진단 기간 중 보수가 완료되었다. 폭 0.3mm미만은 주의관찰토록 하며, 미세 균열부 수분접촉에 의한 백태는 표면처리, 신축이음 설치 시 외부충격에 의한 파손부는 단면복구가 필요할 것으로 판단된다. 그 외 시공미흡에 의한 재료분리, 잡철근노출 및 체수의 결함은 손상규모가 경미하거나 내구성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 적합할 것으로 판단된다.
	교 각	교각에서 발생한 균열은 대부분 교각 상단부에서 건조수축에 의한 비구조적 균열로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없으나 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm이상은 주입보수를 실시하고, 폭 0.3mm미만은 주의관찰토록 한다. 그 외 외부충격에 의한 파손은 단면복구, 상면 몰탈 들뜸 및 박락은 몰탈보수가 필요하며, 시공시 협재된 잡철근노출은 손상 규모가 경미하며 내구성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

(계속)

부재	외관조사 결과분석
받침장치	• 받침장치에 대한 현장조사 결과, 본체 부식, 받침콘크리트 균열(0.2mm이하), 망상 균열, 압철근노출의 손상이 조사되어 장기적인 내구성 및 기능성 확보를 위해 부식부는 도장보수가 필요하며, 그 외 결함은 손상규모가 경미하거나 내구성 및 기능성 저하 영향이 미미한 손상으로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다. • 받침장치의 연단거리 및 가동량 조사결과, 교대(A1, A2)측에서 허용 가동량 자체 부족 및 온도변화에 따른 설치오류에 의해 가동여유량 부족이 조사되었으나 1차 및 2차의 온도변화에 따른 신축거동 상태는 원활하며, 가동여유량 부족에 의한 결함은 관찰되지 않았으므로 현 상태에서 주의관찰토록 하며, 향후 받침장치 교체 계획 시 보수하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 그 외 연단거리는 전 개소 최소 연단거리를 상회하는 것으로 검토되었다.
신축이음장치	• 신축이음장치의 유간거리는 신축여유량을 확보한 상태이나 공용중 적치된 토사퇴적, 건조수축에 의한 후타재균열 및 외부충격에 의한 덮개판 고정볼트 탈락의 결함이 조사되어 토사퇴적은 청소, 덮개판 고정볼트 탈락은 재설치가 필요하며, 후타재 균열은 동절기 제설재 살포 등에 의한 염화물 침투가 우려되므로 표면처리하는 것이 적합할 것으로 판단된다.
교면포장	• 교면포장은 길어깨 및 갓길측은 기존 손상에 대한 재포장 보수가 실시되었으며, 아스콘 표면 및 방수층의 보수 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 차선구간의 일부 포장 망상균열이 조사되어 동절기 제설재 살포 등에 의한 염화물 침투가 우려되므로 부분 패칭보수가 적합할 것으로 판단된다. 그 외 코어채취부 마감불량의 결함이 조사되었으나 손상규모가 경미하여 차량 주행성 및 포장 기능성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.
배수시설	• 배수시설은 상부의 배수구와 하부의 배수관으로 구분되며, 배수구는 전 개소 교체 보수되어 양호한 상태이나 배수관에서 용접 연결부 누수(부식) 및 탈락과, 고정핀 부식 및 탈락의 결함이 조사되어 재용접 및 고정핀 재설치의 보수방안이 필요할 것으로 판단된다.
방호벽	• 방호벽의 주요결함은 시공초기 건조수축에 의한 균열(0.3mm미만) 및 망상균열, 시공불량에 의한 표면박리, 외부충격에 의한 파손의 결함이 조사되었으며, 기조사된 결함 중 균열 및 망상균열은 동절기 제설재 살포 등에 의한 염화물 침투가 우려되므로 표면처리하는 것이 적합할 것으로 판단되며, 표면박리 및 파손의 결함은 손상규모가 경미하여 방호벽의 기능성 및 내구성 저하 영향이 미미하므로 보수방안보다는 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

② 손상물량 총괄표

부재		손상명	손상물량			조치방안	비고
			단위	개소	물량		
바닥판	데크 플레이트	부식	m ²	331	2462.35	주의관찰	
		처짐	m ²	1	3.00	주의관찰	
	강판	부식	m ²	206	336.51	주의관찰	
		도장박리	m ²	4	0.61	주의관찰	
	콘크리트	망상균열, 백태	m ²	1	2.40	표면처리 및 물끓기힘 설치	
		박락	m ²	5	2.25	강판제거, 단면복구 및 물끓기힘 설치	t=50mm
	전선 보호덮개	부식	m ²	65	14.59	주의관찰	
		탈락	m	13	35.00	재설치	
거더		도장박리	m ²	58	13.08	도장보수	
		부식	m ²	107	260.75	도장보수	
		볼트부식	m ²	40	203.00	도장보수	
		녹물흔적	m ²	5	6.55	도장보수	
		볼트누락	EA	1	1.00	주의관찰	
		변형	EA	2	2.00	주의관찰	
		천공홀	EA	48	48.00	주의관찰	
		기공	EA	20	20.00	주의관찰	
가로보 및 세로보		도장박리	m ²	50	3.16	도장보수	
		부식	m ²	8	1.33	도장보수	
		볼트부식	m ²	14	4.94	도장보수	
		누수오염	m ²	2	3.20	주의관찰	
		볼트풀림	EA	1	1.00	주의관찰	
		변형	EA	5	5.00	주의관찰	
브레이싱		부식	m ²	37	21.20	도장보수	
		볼트부식	m ²	81	1.62	도장보수	
		볼트풀림	EA	1	1.00	주의관찰	
		누수오염	m ²	1	3.00	주의관찰	
교대		균열(0.3mm 미만)	m	20	18.40	주의관찰	
		망상균열	m ²	5	51.28	주의관찰	
		망상균열 및 백태	m ²	1	1.40	표면처리	
		백태	m ²	2	2.29	표면처리	
		재료분리	m ²	3	0.89	주의관찰	
		들뜸 및 파손	m ²	17	2.39	단면복구	t=30mm
		채수	m ²	3	33.50	주의관찰	
		잡철근노출	m ²	68	0.73	주의관찰	

(계속)

부 제		손상명	손상물량			조치방안	비 고
			단 위	개 소	물 량		
교각		균열(0.3mm미만)	m	119	115.90	주의관찰	
		균열(0.3mm이상)	m	22	26.00	주입보수	
		망상균열	m ²	5	18.79	주의관찰	
		파손	m ²	38	0.99	단면복구	
		들뜸	m ²	16	18.59	몰탈보수	
		표면불량	m ²	4	0.53	단면복구	
		잡철근노출	m ²	10	0.24	주의관찰	
받침 장치	본체	부식	m ²	7	3.09	도장보수	
		전단키 부식	m ²	4	4.00	도장보수	
	콘크리트	균열(0.2mm이하)	m	2	0.80	주의관찰	
		망상균열(0.2mm이하)	m ²	4	1.59	주의관찰	
		잡철근노출	m ²	1	0.01	주의관찰	
신축 이음 장치	본체	토사퇴적	m	1	3.00	청소	
	후타재	균열(0.3mm미만)	m	82	28.00	표면처리	
	덮개판	고정볼트 탈락	EA	7	7.00	볼트 재설치	
교면포장		포장 망상균열	m ²	2	1.79	팻칭보수	
		코어채취부 마감불량	m ²	2	0.07	주의관찰	
배수 시설	배수구	이물질퇴적	EA	3	3.00	청소	
	배수관	용접 연결부 누수 및 탈락	EA	3	3.00	용접보수	
		고정핀 부식	EA	50	50.00	고정핀 재설치	
		고정핀 탈락	EA	15	15.00	고정핀 재설치	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	2261	757.50	표면처리	
		망상균열	m ²	9	156.59	표면처리	
		파손	m ²	3	0.21	주의관찰	
		표면박리	m ²	16	220.47	주의관찰	

③ 기 진단(2013년)과의 손상물량 비교표

부재		손상명	단위	전회(2013년) 정밀안전진단	금회(2016년) 정밀안전진단	전회와 물량비교	비고
바 닥 판	데크 플레이트	부식	m ²	2,456.50	2,462.35	▲ 5.85	
		처짐	m ²	-	3.00	▲ 3.00	
	강판	부식	m ²	328.84	336.51	▲ 7.67	
		도장박리	m ²	0.60	0.61	▲ 0.01	
	콘크리트	망상균열, 백태	m ²	-	2.40	▲ 2.40	
		열화	m ²	504.00	-	▽ 504.00	보수완료
		박락	m ²	-	2.25	▲ 2.25	
	전선 보호덮개	부식	m ²	9.86	14.59	▲ 4.73	
		탈락	m	9.00	35.00	▲ 24.00	
거 더		도장박리	m ²	8.53	13.08	▲ 4.55	
		부식	m ²	214.30	260.75	▲ 46.45	
		볼트부식	m ²	159.00	203.00	▲ 44.00	
		녹물흔적	m ²	-	6.55	▲ 6.55	
		볼트누락	EA	1.00	1.00	-	동일함
		변형	EA	2.00	2.00	-	동일함
		천공홀	EA	48.00	48.00	-	동일함
		기공	EA	-	20.00	▲ 20.00	
가 로 보 및 세 로 보		도장박리	m ²	1.08	3.16	▲ 0.13	
		부식	m ²	-	1.33	▲ 1.33	
		볼트부식	m ²	0.74	4.94	▲ 4.20	
		누수오염	m ²	3.20	3.20	-	동일함
		볼트풀림	EA	1.00	1.00	-	동일함
		변형	EA	3.00	5.00	▲ 2.00	
브 레이 싱		부식	m ²	9.80	21.20	▲ 11.40	
		볼트부식	m ²	1.32	1.62	▲ 0.30	
		볼트풀림	EA	1.00	1.00	-	동일함
		누수오염	m ²	3.00	3.00	-	동일함
교 대		균열(0.3mm미만)	m	2.00	18.40	▲ 16.40	
		균열(0.3mm이상)	m	17.20	-	▽ 17.20	보수완료
		망상균열	m ²	49.00	51.28	▲ 2.28	
		망상균열 및 백태	m ²	-	1.40	▲ 1.40	
		백태	m ²	2.25	2.29	▲ 0.04	
		재료분리	m ²	2.23	0.89	▽ 1.34	일부보수
		들뜸 및 파손	m ²	1.58	2.39	▲ 0.81	
		체수	m ²	3.00	33.50	▲ 30.50	
		잡철근노출	m ²	0.24	0.73	▲ 0.49	

(계속)

부재		손상명	단위	진회(2013년) 정밀안전진단	금회(2016년) 정밀안전진단	진회와 물량비교	비고
교각		균열(0.3mm미만)	m	58.50	115.90	▲ 57.40	
		균열(0.3mm이상)	m ²	24.50	26.00	▲ 1.50	
		망상균열	m ²	20.79	18.79	▲ 2.00	
		파손	m ²	0.71	0.99	▲ 0.28	
		들뜸	m ²	12.91	18.59	▲ 5.68	
		표면불량	m ²	0.08	0.53	▲ 0.45	
		잡철근노출	m ²	-	0.24	▲ 0.24	
받침 본체	본체	본체 부식	m ²	4.45	3.09	▽ 1.36	일부보수
		전단키 부식	m ²	-	4.00	▲ 4.00	
		가동여유량 부족	EA	4.00	4.00	-	
	콘크리트	균열(0.2mm이하)	m	0.40	0.80	▲ 0.40	
		망상균열	m ²	1.59	1.59	-	
		잡철근노출	m ²	0.01	0.01	-	
신축이음		토사퇴적	m	11.00	3.00	▽ 8.00	일부보수
		후타재 균열(0.3mm미만)	m	6.60	28.00	▲ 21.40	
		덮개판 고정볼트 탈락	EA	7	7	-	동일함
교면포장		아스콘 균열	m	110.50	-	▽ 110.50	갓길 및 길어깨 재포장 보수완료
		아스콘 망상균열	m ²	92.14	1.79	▽ 90.35	
		아스콘 들뜸	m ²	2.85	-	▽ 2.85	
		아스콘 불량	m ²	4.60	-	▽ 4.60	
		아스콘 파손	m ²	1.40	-	▽ 1.40	
		코어채취부 마감불량	m ²	-	0.07	▲ 0.07	
배수시설		배수구 그레이팅 파손	EA	30.00	-	▽ 30.00	보수완료
		배수구 이물질퇴적	EA	-	3.00	▲ 3.00	
		용접부 누수 및 탈락	EA	-	3.00	▲ 3.00	
		배수관 고정핀 부식	EA	-	50.00	▲ 50.00	
		배수관 고정핀 탈락	EA	-	15.00	▲ 15.00	
방호벽		균열(0.3mm미만)	m	860.40	757.50	▽ 102.90	일부보수
		망상균열	m	11.30	156.59	▲ 145.29	
		파손	m ²	-	0.21	▲ 0.21	
		표면박리	m ²	132.78	220.47	▲ 87.69	

3.2 내구성조사 결과 요약

가. 백운4교(부산)

① 현장시험 결과 요약(부산)

시 험 명		시험부위	시험결과	평 가
콘크리트 강도시험	반발 경도 시험	상부구조	▪ 바닥판 설계기준강도(27.0MPa)의 95.2~116.9%로 나타나 설계기준강도 대비 90%이상의 강도가 측정되어 비교적 양호한 것으로 평가되었다.	양호
		하부구조	▪ 교대 설계기준강도(24.0MPa)의 106.9~115.5%로 나타나 설계기준강도를 상회하고 있음 ▪ 교각 설계기준강도(24.0MPa)의 94.5~120.8%로 나타나 설계기준강도 대비 90%이상의 강도가 측정되어 비교적 양호한 것으로 평가되었다.	양호
	초음파 전달 속도 시험	상부구조	▪ 거더 설계기준강도(27.0MPa)의 98.6~114.5%로 나타나 설계기준강도 대비 90%이상의 강도가 측정되어 비교적 양호한 것으로 평가되었다.	양호
		하부구조	▪ 교대 설계기준강도(24.0MPa)의 106.1~111.5%로 나타나 설계기준강도를 상회하고 있음 ▪ 교각 설계기준강도(24.0MPa)의 93.3~118.3%로 나타나 설계기준강도 대비 90%이상의 강도가 측정되어 비교적 양호한 것으로 평가되었다.	양호
철근탐사시험		상부구조	▪ 준공도면을 비교·검토한 결과 피복두께가 설계치보다 다소 두꺼운 것으로 나타났으나 외관조사결과 이로 인한 손상은 조사되지 않았으며 배근간격 등이 준공도면과 유사함	양호
		하부구조	▪ 준공도면을 비교·검토한 결과 배근간격 , 피복두께 등이 준공도면과 유사함	양호
탄산화 깊이 측정		상부구조	▪ 철근까지의 잔여깊이가 30mm이상 확보되어 “a”로 평가됨	부식발생 우려 없음
		하부구조	▪ 철근까지의 잔여깊이가 30mm이상 확보되어 “a”로 평가됨	부식발생 우려 없음
염화물함유량 시험		상부구조	▪ 전개소 : 염화물함유량 ≤ 0.3kg/m ³ 이하로 (상태평가결과 : a)	부식발생 우려없음
		하부구조	▪ 전개소 : 0.3kg/m ³ ≤ 염화물함유량 ≤ 1.2kg/m ³ 이하로 (상태평가결과 : b)	부식발생 가능성 낮음
균열깊이 측정		하부구조	▪ 균열심도(39.3mm) < 철근피복두께(107.0mm)	양호
초음파탐상시험(UT)		거더	▪ I 류등급 : 20개소	양호
도막두께 측정		거더	▪ 건전부(230~549μm) > 시방기준두께(215μm)	건전부 양호
평가 의견		▪ 본 시설물은 특이사항이 없는 양호한 상태로 구조물을 대표할 수 있는 부위에서 현장시험을 실시하였으며, 측정 및 시험 결과, 콘크리트 강도, 탄산화 깊이, 염화물 함유량 시험, 균열깊이 측정, 초음파탐상시험(UT), 도막두께 측정은 관련기준을 만족하는 양호한 상태임		

② 전회 진단과의 비교·분석(부산)

구 분		2011년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단	기준값
비파괴 강도 (MPa)	상부	26.9~28.1	25.7~31.6	27.0
	하부	24.6~29.2	22.7~29.0	24.0
철근배근탐사		- 국부적인 철근탐사 시험 결과, 대부분 설계도와 일치하여 철근배근상태는 양호함 - 일부 피복두께 및 배근간격의 부분적인 차이는 있으나 외관조사결과 이에 따른 부재의 손상은 없는 상태임		
탄산화 깊이 (mm)	상부	3.0~5.0	1.6~3.0	잔여피복 30mm이상
	하부	3.0~18.0	3.1~14.2	잔여피복 30mm이상
염화물 함유량시험 (kg/m ³)	상부	0.990	0.190~0.205	염화물 < 0.3 (평가결과: a)
	하부	0.387~0.405	0.128~0.448	0.3 < 염화물 < 1.2 (평가결과: b)
강재초음파시험		결함도 없음	결함도 없음	
총 평		본 교량에 대한 내구성조사 결과는 측정위치 및 기술자 숙련도, 현장 기상조건 등에 의하여 차이가 있기 때문에 정확한 산술적 비교는 어려운 상태이나 금회 측정된 내구성 평가 결과값과 기 진단시 측정된 결과값에서 큰 차이가 없으며, 전반적으로 허용기준값을 만족하는 것으로 평가됨		

나. 백운4교(춘천 방향)

① 현장시험 결과요약(춘천)

시 험 명		시험부위		시험결과		평 가
콘크리트 강도시험	반발 경도 시험	상부구조		▪ 바닥판, 방호벽 설계기준강도(27.0MPa)의 102.3~121.8%로 나타나 설계기준강도를 상회하고 있음		양호
		하부구조		▪ 교대 설계기준강도(24.0MPa)의 91.9~109.9%로 나타나 설계기준강도 대비 90%이상의 강도가 측정되어 비교적 양호한 것으로 평가되었다. ▪ 교각 설계기준강도(27.0MPa)의 108.7~132.6%로 나타나 설계기준강도를 상회하고 있음		양호
	초음파 전달 속도 시험	상부구조		▪ 방호벽 설계기준강도(27.0MPa)의 104.8~115.6%로 나타나 설계기준강도를 상회하고 있음		양호
		하부구조		▪ 교대 설계기준강도(24.0MPa)의 91.9~104.8%로 나타나 설계기준강도 대비 90%이상의 강도가 측정되어 비교적 양호한 것으로 평가되었다. ▪ 교각 설계기준강도(30.35MPa)의 106.7~126.2%로 나타나 설계기준강도를 상회하고 있음		양호
철근탐사시험		상부구조		▪ 배근간격은 설계도면과 일치하며, 피복두께는 방호벽 단면증설로 인해 피복두께가 깊게 측정된 것으로 판단됨		-
		하부구조		▪ 배근간격은 설계도면과 일치하며, 피복두께는 시방기준을 상회하고 있음		양호
탄산화 깊이 측정		상부구조		▪ 철근까지의 잔여깊이가 30mm이상 확보되어 “a”로 평가됨		부식발생 우려 없음
		하부구조		▪ 철근까지의 잔여깊이가 30mm이상 확보되어 “a”로 평가됨		부식발생 우려 없음
염화물 함유량 시험	상부구조	S5	건전부	▪ 염화물함유량 ≤ 0.3kg/m³이하로 (상태평가결과 : a)		부식발생 우려 없음
	하부구조	A1	건전부	▪ 0.3kg/m³ ≤ 염화물함유량 ≤ 1.2kg/m³이하로 (상태평가결과 : b)		부식발생 가능성 낮음
		A2-2	건전부	▪ 염화물함유량 ≤ 0.3kg/m³이하로 (상태평가결과 : a)		부식발생 우려 없음
균열깊이 측정		하부 구조	A1	▪ 균열심도(49.1mm) < 철근피복두께(65.0mm)		양호
			A2	▪ 균열심도(177.7mm) > 철근피복두께(86.0mm)		불량
			P3	▪ 균열심도(25.2mm) < 철근피복두께(109.0mm)		양호
초음파탐상시험(UT)		거더		▪ I 류등급 : 10개소		양호
도막두께 측정		거더		▪ 건전부(216.0~311.4μm) > 시방기준두께(215μm) ▪ 손상부(23.0μm) < 시방기준두께(215μm)		건전부 양호
평가 의견		▪ 본 시설물은 특이사항이 없는 양호한 상태로 구조물을 대표할 수 있는 부위에서 현장시험을 실시하였으며, 측정 및 시험 결과, 콘크리트 강도, 탄산화 깊이, 염화물 함유량 시험, 초음파탐상시험(UT)은 관련기준을 만족하는 양호한 상태이다. A2홍벽의 균열깊이는 철근피복두께를 관통한 상태이나 진단 기간중 균열보수가 실시되어 차기 진단 시 재손상 여부에 대한 확인이 필요하며, 두께 손상부는 기준 미만으로 주의 관찰 및 보수가 필요한 상태임				

② 전회 진단과의 비교·분석(추천)

구 분			2013년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단	기준값
비파괴강도(MPa)	상부		-	27.6~32.9	27.0
	하부		28.1~29.6	22.6~31.8	24.0
철근배근탐사			• 기 진단 시 상부구조는 데크플레이트 및 강판 설치에 의해 미설시하였고, 금회 진단 시에는 강판 절취부 1개소 및 방호벽 4개소에서 측정하여 비교·분석이 불가능하며, 하부구조는 준공도면과 비교 시 단위 m 당 철근수량은 설계도면과 동일하며, 피복두께는 시방기준을 다소 상회하고 있음		
탄산화깊이(mm)	상부		-	0.4~5.8	잔여피복 30mm이상
	하부		6.3~11.9	2.7~15.1	잔여피복 30mm이상
염화물 함유량시험(kg/m³)	상부	건전부	0.071	0.167	염화물 < 0.3 (평가결과: a)
	하부	건전부	0.047~0.165	0.131~0.251	염화물 < 0.3 (평가결과: a)
강재초음파시험			결함도 없음	결함도 없음	-
총 평			■ 본 교량에 대한 내구성조사 결과는 측정위치 및 기술자 숙련도, 현장 기상조건 등에 의하여 차이가 있기 때문에 정확한 산술적 비교는 어려운 상태이나 금회 측정된 내구성 평가 결과값과 기 진단시 측정된 결과값에서 큰 차이가 없으며, 전반적으로 허용기준값을 만족하는 것으로 평가됨 ■ 상부 바닥판은 데크플레이트 및 강판이 설치되어 기 진단 시 비파괴강도 및 탄산화깊이 측정은 미설시되어 비교는 불가능한 상태이나 금회 진단 시에는 방호벽 및 캔틸레버 강판 절단부에서 측정하였으며, 측정결과가 기준치를 만족하고 있으므로 공용기간 증가에 따른 내구성 저하는 없는 것으로 평가됨		

4. 시설물의 상태평가

4.1 백운4교(부산)

가. 상태평가 결과

부재의 번호	분류 구조 형식	상부구조			하부구조		교량 받침	기타부재				탄산화		염화물	
		바닥 판	거더	가로 보	교대 교각	기초		신축 이음	교면 포장	배수 시설	난간 연석	상부	하부	상부	하부
A1	SPG	-	-	-	c	Q	b	c	-	-	-	-	a	-	b
S1(P1)	SPG	b	b	b	b	Q	b	-	a	c	b	a	-	a	-
S2(P2)	SPG	a	b	b	b	Q	b	-	a	c	b	-	a	-	-
S3(P3)	SPG	a	b	b	b	Q	b	-	a	c	b	a	-	-	-
S4(P4)	SPG	b	b	b	b	Q	b	-	a	c	b	-	a	-	-
S5(A2)	SPG	b	b	b	c	Q	b	c	a	c	b	a	a	-	a
평균		0.160	0.200	0.200	0.267	-	0.200	0.400	0.100	0.400	0.200	0.100	0.100	0.100	0.150
가중치		18	20	5	20	-	9	9	7	3	2	2	2	2	1
(평균×가중치) / 가중치합		0.029	0.040	0.010	0.053	-	0.018	0.036	0.007	0.012	0.0074	0.002	0.002	0.002	0.002
												환산결함도 점수		0.217	
												상태평가 결과		B	

나. 전회 진단 결과와의 비교

구 분	상태평가 결과 분석		
	구 분	2011년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단
상태평가 결과분석	결함도 점수	0.252	0.217
	상태평가 결과	B	B
	- 백운4교(부산)는 정밀안전진단(2011년)을 시행하였으며, 상태평가결과 『B』으로 분류된 교량으로 금회 실시된 정밀안전진단에서도 상태평가 『B』으로 평가됨 - 금회 정밀안전진단 시 신규손상이 조사되었지만 구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상이 아니므로 신규손상에 따른 결함도 영향은 미미함		
	전회 진단결과와의 비교 <전회 정밀안전진단 결과와의 비교> - 금회 정밀안전진단 결함도 점수의 증감 사유는 다음과 같다. - 결함도 점수 증가 사유 - 공용년수 증가에 따른 신규손상 발생 및 배수시설 고정핀 파손 및 탈락 발생 - 결함도 점수 감소 사유 - 교면포장(전면 재포장) 및 하부구조 표면보수 실시로 인해 결함도 점수 감소		

4.2 백운4교(춘천)

가. 상태평가 결과

부재의 분류		상부구조			하부구조		교량 반침	기타부재				탄산화		염화물	
번호	구조 형식	바닥 판	거터	가로 보	교대 교각	기초		신축 이음	교면 포장	배수 시설	난간 연석	상부	하부	상부	하부
A1	SPG	-	-	-	b	Q	b	b	-	-	-	-	a	-	b
S1(P1)	SPG	b	c	b	c	Q	b	-	b	c	b	a	-	-	-
S2(P2)	SPG	b	c	b	c	Q	b	-	b	c	b	-	a	-	-
S3(P3)	SPG	b	c	b	c	Q	b	-	b	c	b	-	-	-	-
S4(P4)	SPG	b	b	c	c	Q	b	-	a	c	b	-	a	-	-
S5(A2)	SPG	b	c	b	b	Q	b	b	a	c	b	a	a	a	a
평균		0.200	0.360	0.240	0.333	-	0.200	0.200	0.160	0.400	0.200	0.100	0.100	0.100	0.150
가중치		18	20	5	20	-	9	9	7	3	2	2	2	2	1
(평균×가중치) / 가중치합		0.036	0.072	0.012	0.067	-	0.018	0.018	0.011	0.012	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002
												환산결합도 점수		0.257	
												상태평가 결과		B	

나. 전회 진단결과와의 비교

구 분		상태평가 결과 분석	
상태평가 결과분석	구 분	2013년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단
	결합도 점수	0.397	0.257
	상태평가 결과	C	B
	- 백운4교(춘천)는 정밀안전진단(2013년)을 시행하였으며, 상태평가 결과 『C』로 분류된 교량으로 금회 실시된 정밀안전진단에서는 상태평가 결과 『B』로 상향 평가됨 - 금회 정밀안전진단 시 신규손상이 조사되었지만 구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상이 아니므로 신규손상에 따른 결합도 영향은 미미함		
	전회 진단결과와의 비교 <전회 정밀안전진단 결과와의 비교> - 금회 정밀안전진단 결합도 점수의 증감 사유는 다음과 같다. - 결합도 점수 증가 사유 ⇒ 공용년수 증가에 따른 신규손상 발생 및 상세조사에 의한 손상물량 증가 - 결합도 점수 감소 사유 ⇒ 교면포장 및 바닥판 열화부, 교대 균열(폭 0.3mm이상) 보수 실시로 인해 결합도 점수 감소		

5. 시설물의 안전성평가

5.1 백운4교(부산)

가. 상부구조

① 거더의 안전성 평가 (허용응력법)

구 분		검토결과(MPa)		안전율(SF)	비 고
		f_a	$f(d+l)$		
정모멘트부	거더4 상연	200.000	86.909	2.301	LCB3
	거더4 하연	200.000	134.157	1.491	LCB2
부모멘트부	거더4 상연	200.000	145.755	1.372	LCB1
	거더4 하연	180.900	156.469	1.156	LCB1

② 바닥판의 안전성 평가 (강도설계법)

구 분		검토결과(kN·m)		안전율(SF)	비 고
		ϕM_n	M_u		
바닥판	외측 바닥판	132.943	17.390	7.645	
	중앙부 바닥판	132.943	89.961	1.478	

나. 하부구조

① 기둥

< 강도설계법에 의한 안전율 산정 결과(축강도) >

구 분		검토결과(kN)		안전율(SF)	비 고
		ϕP_n	P_u		
기둥	최대 축력	280175.3	52938.9	5.292	
	최대 휨모멘트	263506.5	50257.7	5.243	교축방향
	최대 휨모멘트	267461.3	50257.7	5.322	교축직각방향

< 강도설계법에 의한 안전율 산정 결과(휨강도) >

구 분		검토결과(kN·m)		안전율(SF)	비 고
		ϕM_n	M_u		
기둥	최대 축력	113076.0	7629.7	14.82	
	최대 휨모멘트	428934.7	57920.7	7.406	교축방향
	최대 휨모멘트	131635.5	22129.4	5.948	교축직각방향

5.2 백운4교(춘천)

가. 상부구조

① 거더의 안전성 평가 (허용응력법)

구 분		휨 응 력				안 전 율		안 전 성 평 가 결 과
		작 용 응 력(MPa)		허 용 응 력(MPa)				
		상 연	하 연	상 연	하 연	상 연	하 연	
정 모 멘 트 부	단면2	106.9	154.7	210	210	1.97	1.36	a
	단면3	64.5	115.1	210	210	3.26	1.82	a
	단면7	62.7	140.0	210	210	3.35	1.50	a
	단면11	100.3	169.5	210	210	2.09	1.24	a
부 모 멘 트 부	단면5	102.2	125.0	-195	184.5	1.91	1.48	a
	단면10	119.3	149.0	-200	181.4	1.68	1.22	a

주) 압축응력을 정(+), 인장응력을 부(-)로 하였음.

② 바닥판의 안전성 평가 (강도설계법)

구분	$\phi M_n(\text{kN} \cdot \text{m})$	$M_u(\text{kN} \cdot \text{m})$	안전율	안전성 평가결과
캔틸레버부	122.167	63.678	1.92	a
중앙부	106.000	60.262	1.76	a

나. 하부구조

① 교각기둥

구 분		ϕP_n (kN)	P_u (kN)	M_u (kN·M)	안전율	안전성 평가결과
P1	축력최대	344,069	53,203	107	6.467	a
	모멘트최대	343,025	43,760	67,489	7.839	a
	탄성설계	344,069	33,661	65	10.222	a
	편심최대	316,271	30,295	62,278	10.440	a
P2	축력최대	298,396	56,348	224	5.296	a
	모멘트최대	331,252	47,233	83,461	7.013	a
	탄성설계	344,069	36,333	102	9.470	a
	편심최대	300,895	32,700	77,071	9.202	a
P3	축력최대	298,396	56,782	150	5.255	a
	모멘트최대	331,430	47,661	84,054	6.954	a
	탄성설계	344,069	36,662	41,184	9.385	a
	편심최대	301,155	32,996	77,600	9.127	a
P4	축력최대	344,069	58,848	109	5.847	a
	모멘트최대	344,069	41,581	55,405	8.275	a
	탄성설계	344,069	31,985	76	10.757	a
	편심최대	330,790	28,787	51,120	11.491	a

② 교각확대기초

단 면		Mu (kN · m/m)	ϕ Mn (kN · m/m)	안전율	안전성 평가결과
P1	교축방향	36,693	56,079	1.528	a
	교직-지점부	2,176	28,788	13.229	a
P2	교축방향	38,652	61,288	1.586	a
	교직-지점부	2,129	31,449	14.769	a
P3	교축방향	38,990	61,288	1.572	a
	교직-지점부	2,145	31,449	14.659	a
P4	교축방향	28,259	56,079	1.984	a
	교직-지점부	1,960	28,788	14.689	a

③ 교대 기초 및 구체

단 면		Mu (kN · m/m)	ϕ Mn (kN · m/m)	안전율	안전성 평가결과
A1	후면저판	1,525.95	1,631.57	1.069	a
	벽 체	1,294.23	1,494.52	1.155	a
	홍 벽	352.907	579.776	1.643	a
A2	후면저판	1,025.74	1631.571	1.591	a
	벽 체	879.774	1,494.52	1.699	a
	홍 벽	380.095	579.776	1.525	a

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 백운4교(부산)

가. 종합평가

평가구분	평가내용	평가결과	비 고
상태평가	F=0.217	B	상태평가와 안전성평가 중 낮은 결과 적용
안전성평가	SF=1.0이상	A	
종합평가	B		

나. 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	결합도 점수	평가기준	최소 안전율	평가기준
평가결과	0.217	B	1.0이상	A
안전등급 지 정	▶ 백운4교(부산)의 안전등급은 양호한 상태인 B등급으로 지정함			
	상태평가 B		안전성평가 A	
	안전등급 B			

6.2 백운4교(춘천)

가. 종합평가

평가구분	평가내용	평가결과	비 고
상태평가	F=0.257	B	상태평가와 안전성평가 중 낮은 결과 적용
안전성평가	SF=1.0이상	A	
종합평가	B		

나. 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	결합도 점수	평가기준	최소 안전율	평가기준
평가결과	0.257	B	1.0이상	A
안전등급 지 정	▶ 백운4교(춘천)의 안전등급은 양호한 상태인 B등급으로 지정함			
	상태평가 B		안전성평가 A	
	안전등급 B			

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강방안 및 개략공사비

가. 백운4교(부산)

구 분	손상내용		보수·보강 공법	보수깊이·폭 (mm)	보수		단가 (원)	공사비 (원)	비고
					물량	단위			
바닥판	균열, 백태	표면처리	Cw=0.3mm미만		0.08	m ²	33,361	2,502	3순위
	들뜸, 백태, 녹물	단면복구(방청)	t=30mm		1.20	m ²	240,899	289,079	2순위
	잡철근노출	단면복구	t=30mm		0.09	m ²	212,097	19,089	3순위
거더	도장박리	도장보수			6.66	m ²	18,259	123,383	3순위
	부식	도장보수			105.50	m ²	30,325	3,199,136	3순위
	볼트부식	도장보수			2.70	m ²	30,325	81,878	3순위
가로보	부식	도장보수			0.20	m ²	30,325	5,913	3순위
브레이싱	도장박리	도장보수			0.03	m ²	18,259	556	3순위
	부식	도장보수			4.79	m ²	30,325	145,105	3순위
교대	균열, 백태	표면처리	Cw=0.3mm미만		1.01	m ²	33,361	33,778	3순위
	균열, 백태	주입보수	Cw=0.3mm이상		5.25	m	69,938	367,175	2순위
	균열 및 녹물	단면복구(방청)	t=30mm		1.13	m ²	240,899	271,011	2순위
	들뜸, 박락, 파손	단면복구	t=30mm		3.78	m ²	212,097	801,727	3순위
	철근노출	단면복구(방청)	t=30mm		0.11	m ²	240,899	25,294	2순위
	사면유실	A1측 몰탈보수	폼타이홈 누수		0.06	m ²	25,000	1,500	3순위
		A2측 사면정비			0.75	m ²	7,400	5,550	3순위
교각	들뜸, 박락, 파손	단면복구	t=30mm		5.03	m ²	217,000	1,090,425	3순위
받침장치	부식	도장보수			6.17	m ²	57,065	351,806	3순위
신축이음	토사퇴적	청소			1.55	m ²	20,000	30,900	3순위
	후타재 균열	표면처리	Cw=0.3mm미만		10.31	m ²	33,361	344,035	3순위
	후타재 망상균열	표면처리			0.90	m ²	33,361	30,025	3순위
	후타재 파손	단면복구	t=30mm		0.62	m ²	212,097	130,440	3순위
교면포장	망상균열 및 패임	팻칭보수			1.00	일	707,554	707,554	3순위
배수시설	용접부 부식, 누수	용접보수			0.30	m ²	43,000	12,900	1순위
	고정핀 부식	재설치			44.00	EA	20,000	880,000	1순위
	고정핀 탈락	재설치			26.00	EA	20,000	520,000	1순위
방호벽	균열	표면처리	Cw=0.3mm미만		7.50	m ²	33,361	250,208	3순위
	보수부 재균열	표면처리	Cw=0.3mm미만		1.69	m ²	33,361	56,297	3순위
	균열 및 백태	표면처리			11.44	m ²	33,361	381,566	3순위
	백태	표면처리			1.40	m ²	33,361	46,539	3순위
	들뜸	단면복구	t=30mm		8.18	m ²	212,097	1,733,893	1순위
	전선덮개관 탈락	재설치			10.00	EA	10,000	100,000	3순위
순공사비(원)			공사비 합계		12,039,000				
순위별 순공사비(원)			단기(1순위)		3,147,000				
			중장기	(2순위)	959,000				
				(3순위)	7,933,000				
제경비(원)			(순공사비×50%)		6,020,000				
개략공사비(원)			순공사비+제경비		18,059,000				

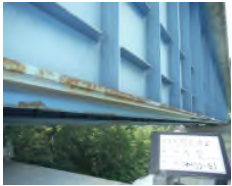
나. 백운4교(춘천)

구 분	손상내용	보수·보강 공법	보수깊이·폭 (mm)	보수		단가 (원)	공사비 (원)	비고
				물량	단위			
바닥판	망상균열, 백태	표면처리	Cw=0.3mm미만	3.60	m ²	33,361	120,100	3순위
		물끊기흙 설치		22.50	m	10,000	225,000	1순위
	콘크리트 박락	강판제거 및 단면복구	t=50mm	3.38	m ²	380,000	1,282,500	1순위
		물끊기흙 설치		15.00	m	10,000	150,000	1순위
	전선보호덮개 탈락	재설치		52.50	m	50,000	2,625,000	3순위
거더	도장박리	도장보수		19.62	m ²	18,259	363,480	3순위
	부식	도장보수		391.13	m ²	30,325	11,860,866	3순위
	볼트부식	도장보수		304.50	m ²	30,325	9,233,963	3순위
	녹물흔적	도장보수		9.83	m ²	18,259	182,018	3순위
가로보	도장박리	도장보수		4.74	m ²	18,259	87,813	3순위
	부식	도장보수		2.00	m ²	30,325	60,498	3순위
	볼트부식	도장보수		7.41	m ²	30,325	224,708	3순위
브레이싱	부식	도장보수		31.80	m ²	30,325	964,335	3순위
	볼트부식	도장보수		2.43	m ²	30,325	73,690	3순위
교대	균열	주입보수	Cw=0.3mm이상	26.70	m	69,938	1,867,345	2순위
	망상균열 및 백태	표면처리	Cw=0.3mm미만	2.10	m ²	33,361	70,058	3순위
	백태	표면처리		3.44	m ²	33,361	114,595	3순위
	들뜸 및 파손	단면복구	t=30mm	3.59	m ²	212,097	760,368	3순위
교각	균열	주입보수	Cw=0.3mm이상	39.00	m	69,938	2,727,582	2순위
	파손	단면복구	t=30mm	1.49	m ²	212,097	314,964	3순위
	들뜸	물탈보수		27.89	m ²	25,000	697,125	3순위
	표면불량	단면복구	t=30mm	0.80	m ²	212,097	168,617	3순위
받침장치	부식	도장보수		4.64	m ²	57,065	264,496	3순위
	진단키 부식	도장보수		6.00	m ²	57,065	342,390	3순위
신축이음	토사퇴적	청소		4.50	m	20,000	90,000	2순위
	후타재 균열	표면처리	Cw=0.3mm미만	10.50	m ²	33,361	350,291	3순위
	덮개판 볼트탈락	볼트 재설치		7.00	EA	3,000	21,000	1순위
교면포장	망상균열	팻칭보수		1.00	일	707,554	707,554	3순위
배수시설	배수구 이물질퇴적	청소		3.00	EA	20,000	60,000	2순위
	용접연결부 누수	용접보수		3.00	EA	43,000	129,000	1순위
	고정핀 부식	고정핀 재설치		50.00	EA	20,000	1,000,000	1순위
	고정핀 탈락	고정핀 재설치		15.00	EA	20,000	300,000	1순위
방호벽	균열	표면처리	Cw=0.3mm미만	284.06	m ²	33,361	9,476,609	3순위
	망상균열	표면처리		234.89	m ²	33,361	7,835,998	3순위
순공사비(원)		공사비 합계		54,751,000				
순위별 순공사비(원)		단기(1순위)		3,107,000				
		중장기	(2순위)	4,655,000				
			(3순위)	46,989,000				
제경비(원)		(순공사비×50%)		27,376,000				
개략공사비(원)		순공사비+제경비		82,127,000				

7.2 유지관리방안

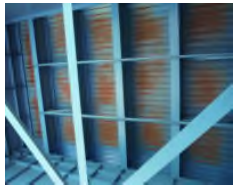
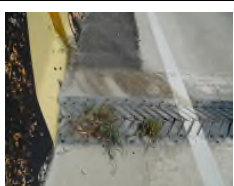
가. 백운4교(부산)

< 부재별 주요 점검 사항 >

부재	손상유형	손상위치	유지관리내용	비고
바닥판	들뜸, 백태 및 녹물	S5/A2지점	- 철근부식 팽창에 의한 손상진전 여부 - 보수 후 재손상 여부	
거더 및 2차 부재	부식	S1~S5	- 부식부 모재 손상 여부 - 보수 후 재손상 여부	
하부구조	균열 (0.3mm이상)	A1/홍벽	- 균열부 손상진전 여부 - 균열부 백태 및 누수 여부	
받침장치	가동여유량 부족	A2측 SH1~SH4	- 가동여유량 부족에 따른 신축 거동 이상 유무 - 고정단 받침콘크리트 파손 여부	
신축이음부	후타재 파손	A2	- 손상진전에 의한 차량 주행성 저하 여부 - 보수 후 재손상 여부	
배수시설	배수관 고정핀 탈락	S1~S5	고정핀 탈락 추가손상 및 배수관 탈락 여부	
방호벽	배면 들뜸	S1~S4	- 들뜸부 손상진전에 의한 탈락 여부 - 보수 후 재손상 여부	

나. 백운4교(춘천)

< 부재별 주요 점검 사항 >

부재	손상유형	손상위치	유지관리내용	비고
바닥판	강판파손 및 콘크리트 박락	가로등 기초 설치부	•박락부 손상진전 여부 •보수 후 재손상 여부	
	데크플레이트 및 강판 부식	S1~S5	•데크플레이트 박리 및 누수 발생 여부 •부식 심화에 의한 모재 손상 여부	
거더 및 2차 부재	부식	S1~S5	•부식부 모재 손상 여부 •보수 후 재손상 여부	
하부구조	균열 (0.3mm이상)	A2/홍벽	•균열부 손상진전 여부 •균열부 백태 및 누수 여부	
받침장치	가동여유량 부족	A1, A2측 SH1~SH2	•가동여유량 부족에 따른 신축 거동 이상 유무 •고정단 받침콘크리트 파손 여부	
신축이음부	토사퇴적	A2	•토사퇴적에 의한 신축거동 이상 여부	
배수시설	배수관 고정핀 부식 및 탈락	S1~S5	•고정핀 탈락 추가손상 및 배수관 탈락 여부	
	배수관 용접부 누수 및 탈락	S1, S4	•배수관 용접부 누수 및 탈락에 의한 추가손상 여부 •보수 후 누수 진행 여부	

8. 종합결론

8.1 백운4교(부산)

백운4교(부산)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 콘크리트 부재는 균열, 망상균열, 백태, 단면손상, 앵커볼트노출, 잡철근노출, 강재 부재는 도장박리, 부식, 볼트부식, 변형 등의 비구조적인 손상이 발생되어 부분적 보수가 필요하나 비파괴 시험결과, 공용기간 증가에 따른 내구성 저하 영향은 없는 것으로 조사되었고, 받침장치 및 신축이음장치는 일부 결함이 있으나 교량 신축거동에 지장이 없는 상태이다. 또한 안전성검토 결과, 상·하부구조의 안전율은 1.0이상으로 안전성을 확보하였으며, 기본내하력은 설계내하력(DB-24)을 만족하는 것으로 평가되어 교량의 전체적인 상태는 특별한 문제점이 없는 건전한 상태로 시설물의 사용성 제한의 필요성은 없는 것으로 평가되었다.

상태평가 및 안전성평가를 종합적으로 분석한 결과, 백운4교(부산)의 안전등급은 “양호한 상태” B등급으로 지정되었으며, 조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 주기적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성은 확보될 것으로 판단된다.

8.2 백운4교(춘천)

백운4교(춘천)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 콘크리트 부재에서 균열, 백태, 재료분리, 표면불량, 단면손상, 앵커볼트노출, 잡철근노출 등과 강재 부재에서 도장박리, 부식, 볼트부식 및 누락, 기공, 변형 등의 비구조적인 손상이 발생하여 부분적 보수가 필요하며, 교각의 폭 0.3mm이상의 균열은 보수 후에도 재손상 여부에 대한 중점관리가 필요할 것으로 판단된다. 비파괴 시험결과, 공용기간 증가에 따른 내구성 저하 영향은 없는 것으로 조사되었고, 받침장치 및 신축이음장치는 일부 결함이 있으나 교량 신축거동에 문제점은 없는 상태이다. 또한 안전성검토 결과, 상·하부구조의 안전율은 1.0이상으로 안전성을 확보하였으며, 기본내하력은 설계내하력(DB-24)을 만족하는 것으로 평가되어 교량의 전체적인 상태는 특별한 문제점이 없는 건전한 상태로 시설물의 사용성 제한의 필요성은 없는 것으로 평가되었다.

상태평가 및 안전성평가를 종합적으로 분석한 결과, 백운4교(춘천)의 안전등급은 “양호한 상태” B등급으로 지정되었으며, 조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 주기적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성은 확보될 것으로 판단된다.