

제 출 문

한국도로공사 강원본부장 귀하

귀 본부와 2016년 6월 17일자로 계약을 체결한 “2016년도 백운1교 등 7개소 정밀안전진단 용역”을 성실히 수행하고 백운1교(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) 정신이엔시
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 백운1교(부산)	7
1.4.2 백운1교(춘천)	25
1.5 사용장비 및 시험기기 현황	47
1.6 교량기호의 정의	51
 제 2 장 자료수집 및 분석	 53
2.1 자료수집 현황	55
2.1.1 백운1교(부산)	55
2.1.2 백운1교(춘천)	56
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약	57
2.2.1 백운1교(부산)	57
2.2.2 백운1교(춘천)	113
2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약	114
2.3.1 점검 및 진단이력	114
2.3.2 전차 정밀안전진단 결과 요약	119
2.4 보수·보강 이력	137
2.4.1 백운1교(부산)	137
2.4.2 백운1교(춘천)	137

2.5 시설물 내진설계 여부	137
2.5.1 백운1교(춘천)	137
2.5.2 백운1교(부산)	137
2.6 자료분석 결과요약	143

제 3 장 현장조사 및 시험 149

3.1 개 요	151
3.1.1 대상구조물의 개요	151
3.1.2 현장조사 개요	151
3.1.3 현장조사 진행방향	152
3.1.4 교량 점검 및 접근방법	153
3.1.5 일반적 부재별, 손상별 발생원인 및 조사방향	154
3.1.6 부재제원 확인	155
3.2 백운1교(부산) 외관조사	157
3.2.1 상부구조	157
3.2.2 하부구조	179
3.2.3 교량받침	189
3.2.4 신축이음장치	197
3.2.5 교면포장	205
3.2.6 기타부재	207
3.3 백운1교(춘천) 외관조사	215
3.3.1 상부구조	215
3.3.2 하부구조	232
3.3.3 교량받침	250
3.3.4 신축이음장치	259
3.3.5 교면포장	267
3.3.6 기타부재	272
3.4 콘크리트 내구성조사	280
3.4.1 개 요	280
3.4.2 시험내용 및 평가기준	284
3.4.3 시험결과 및 분석	290

3.5 강재 내구성조사	305
3.5.1 개 요	305
3.5.2 시험내용 및 평가기준	306
3.5.3 시험결과 및 분석	307
3.6 현장조사 및 시험 결과요약	308
3.6.1 외관조사 결과요약	308
3.6.2 내구성조사 결과요약	314

제 4 장 시설물의 상태평가319

4.1 개 요	321
4.1.1 경간(지점)별 부재 상태평가 산정	321
4.1.2 전체 시설물의 상태평가 결과 결정	321
4.1.3 상태평가 결과 산정 방법	321
4.1.4 구조형식에 따른 부재별 가중치	322
4.2 상태평가 항목 및 기준	323
4.2.1 부재별 상태평가 적용 범위	323
4.2.2 부재별 상태평가 기준	324
4.3 상태평가 결과	330
4.3.1 백운1교(부산)	330
4.3.2 백운1교(춘천)	335

제 5 장 시설물의 안전성평가341

5.1 개 요	343
5.1.1 안전성평가의 방법	344
5.1.2 기본내하율(RF) 및 기본내하력(Po) 산정	344
5.2 백운1교(부산) 안전성평가	345
5.2.1 개 요	345
5.2.2 상부구조 안전성평가	350
5.2.3 내하력 평가	448
5.2.4 하부구조 안전성평가	449
5.2.5 안전성평가 결과 요약	461

5.3 백운1교(춘천) 안전성평가	464
5.3.1 개 요	464
5.3.2 상부구조 안전성평가	468
5.3.3 내하력 평가	493
5.3.4 하부구조 구조검토	494
5.3.5 안전성평가 결과 요약	500
제 6 장 종합평가 및 안전등급지정	503
6.1 종합평가 산정절차	505
6.2 종합평가 결과	506
6.2.1 백운1교(부산)	506
6.2.2 백운1교(춘천)	507
6.3 안전등급 지정	508
6.3.1 백운1교(부산) 안전등급 지정	509
6.3.2 백운1교(춘천) 안전등급 지정	509
제 7 장 보수·보강 및 유지관리방안	511
7.1 개 요	513
7.1.1 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항	513
7.1.2 보수·보강 필요성 판단	514
7.1.3 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정	514
7.1.4 보수·보강 재료의 선정	515
7.1.5 보수·보강 우선순위 결정	516
7.2 보수·보강 방안	518
7.2.1 부재별 보수·보강방안	518
7.2.2 주요결합 및 손상에 대한 보수·보강 방법	522
7.3 보수·보강 개략공사비	544
7.3.1 백운1교(부산)	544
7.3.2 백운1교(춘천)	546
7.4 유지관리방안	548
7.4.1 개 요	548
7.4.2 부재별 일반 유지관리 사항	568

7.4.3 진단결과에 따른 중점 유지관리 사항	563
7.4.4 현장조사 현황사항	566
7.4.5 유지관리 개선 방안	568
제 8 장 종합결론	569
8.1 개 요	571
8.2 정밀안전진단 실시결과의 종합결론	571
8.2.1 백운1교(부산)	571
8.2.2 백운1교(춘천)	576
8.3 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항	582

□ 부 록

1. 심의지적사항 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 등)

표 목 차

【표 1.1】 과업의 내용	4
【표 1.2】 과업수행 공정표	6
【표 1.3】 백운1교(부산) 현황표	7
【표 1.4】 백운1교(춘천) 현황표	25
【표 1.5】 사용장비 및 시험기기	47
【표 1.6】 부재별 사용기호	51
【표 1.7】 지점, 경간의 분류	51
【표 2.1】 백운1교(부산) 자료수집 현황	55
【표 2.2】 백운1교(춘천) 자료수집 현황	56
【표 2.3】 백운1교(부산) 실시설계 기간	57
【표 2.4】 백운1교(부산) 실시설계 공구별 현황	58
【표 2.5】 백운1교(부산) 지형 및 지질	59
【표 2.6】 백운1교(부산) 토질조사	60
【표 2.7】 백운1교(부산) 구조물 설계기준	60
【표 2.8】 백운1교(부산) 설계조건	67
【표 2.9】 백운1교(부산) 슬래브 설계	74
【표 2.10】 백운1교(부산) 중형설계	75
【표 2.11】 백운1교(부산) 횡형설계(지간 12.6m)	76
【표 2.12】 백운1교(부산) 주형설계	77
【표 2.13】 백운1교(부산) 교대설계	89
【표 2.14】 백운1교(부산) 교각설계	109
【표 2.15】 백운1교(부산) 주요 점검 및 진단이력	114
【표 2.16】 백운1교(춘천) 주요 점검 및 진단이력	116
【표 2.17】 백운1교(부산) 정밀안전진단(2011) 결과요약	119
【표 2.18】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2008) 결과요약	126
【표 2.19】 백운1교(춘천) 정밀안전진단(2013) 결과요약	129
【표 2.20】 백운1교(춘천) 보수·보강 이력	137
【표 2.21】 백운1교(춘천) 전단키 및 블록 제원표	141
【표 2.22】 백운1교(춘천) 전단키 설치 현황	142
【표 2.23】 백운1교(부산, 춘천) 자료분석 결과요약	143

【표 3.1】 현장조사 진행방향	152
【표 3.2】 현장조사 기간	152
【표 3.3】 일반적 부재별, 손상별 발생원인 및 조사방향	154
【표 3.4】 부재제원 확인	155
【표 3.5】 백운1교(부산) 바닥판 외관조사 결과	158
【표 3.6】 백운1교(부산) 바닥판의 기 진단과의 비교, 검토	161
【표 3.7】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 외관조사 결과	164
【표 3.8】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 용접두께 측정값	168
【표 3.9】 백운1교(부산) 도막두께 측정	169
【표 3.10】 백운1교(부산) 도막두께 측정결과	171
【표 3.11】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브의 기 진단과의 비교, 검토	172
【표 3.12】 백운1교(부산) 가로보, 세로보, 브레이싱, 행거의 손상현황	176
【표 3.13】 백운1교(부산) 가로보, 세로보, 브레이싱, 행거의 기 진단과의 비교, 검토	178
【표 3.14】 백운1교(부산) 교대의 손상현황	180
【표 3.15】 백운1교(부산) 교대의 기 진단과의 비교, 검토	183
【표 3.16】 백운1교(부산) 교각의 손상현황	185
【표 3.17】 백운1교(부산) 교각의 기 진단과의 비교, 검토	187
【표 3.18】 백운1교(부산) 교대 및 교각 측량 결과	189
【표 3.19】 백운1교(부산) 받침장치의 손상현황	190
【표 3.20】 백운1교(부산) 받침장치의 기 진단과의 비교, 검토	192
【표 3.21】 백운1교(부산) 최소 연단거리 산정결과	193
【표 3.22】 백운1교(부산) 연단거리 측정결과	194
【표 3.23】 백운1교(부산) 교량받침 가동량 평가기준	194
【표 3.24】 백운1교(부산) 계산가동량 산정결과	195
【표 3.25】 백운1교(부산) 계산가동량 산정결과	196
【표 3.26】 백운1교(부산) 교량받침 가동여유량 검토결과	196
【표 3.27】 백운1교(부산) 신축이음장치 손상 발생 현황	197
【표 3.28】 백운1교(부산) 신축이음장치의 기 진단과의 비교, 검토	199
【표 3.29】 백운1교(부산) 계산 신축량 산정	200
【표 3.30】 백운1교(부산) 계산 신축량 산정결과	201
【표 3.31】 백운1교(부산) 신축이음 유간거리 측정결과(단위 : mm)	201
【표 3.32】 백운1교(부산) 신축이음 유간거리 검토결과	202
【표 3.33】 백운1교(부산) 신축이음장치(A1) 손상 발생 현황	203
【표 3.34】 백운1교(부산) 일평균 최고 기온(원주기상대)	203
【표 3.35】 백운1교(부산) 계산 신축량 산정결과(최고온도 30.9℃)	204

【표 3.36】 백운1교(부산) 신축이음 유간거리 검토결과(최고온도 30.9℃)	204
【표 3.37】 백운1교(부산) 배수시설 손상 발생 현황	208
【표 3.38】 백운1교(부산) 배수시설의 기 진단과의 비교, 검토	210
【표 3.39】 백운1교(부산) 방호울타리 외관조사 결과	211
【표 3.40】 백운1교(부산) 방호울타리의 기 진단과의 비교, 검토	214
【표 3.41】 백운1교(춘천) 바닥판 외관조사 결과	215
【표 3.42】 백운1교(춘천) 바닥판의 기 진단과의 비교, 검토	220
【표 3.43】 백운1교(춘천) AR Girder 외관조사 결과	225
【표 3.44】 백운1교(춘천) AR Girder의 기 진단과의 비교, 검토	230
【표 3.45】 백운1교(춘천) 가로보의 손상현황	231
【표 3.46】 백운1교(춘천) 가로보의 기 진단과의 비교, 검토	232
【표 3.47】 백운1교(춘천) 교대의 손상현황	233
【표 3.48】 백운1교(춘천) 교대의 보수후 손상현황	238
【표 3.49】 백운1교(춘천) 교대의 기 진단과의 비교, 검토	239
【표 3.50】 백운1교(춘천) 교각의 손상현황	241
【표 3.51】 백운1교(춘천) 철근부식도 시험	244
【표 3.52】 백운1교(춘천) P1 철근부식도 시험결과 및 평가	245
【표 3.53】 백운1교(춘천) 교각의 보수후 손상현황	246
【표 3.54】 백운1교(춘천) 교각의 기 진단과의 비교, 검토	247
【표 3.55】 백운1교(춘천) 교대 및 교각 측량 결과	250
【표 3.56】 백운1교(춘천) 받침장치의 손상현황	251
【표 3.57】 백운1교(춘천) 받침장치의 기 진단과의 비교, 검토	254
【표 3.58】 백운1교(춘천) 최소 연단거리 산정결과	254
【표 3.59】 백운1교(춘천) 연단거리 측정결과	255
【표 3.60】 백운1교(춘천) 교량받침 가동량 평가기준	256
【표 3.61】 백운1교(춘천) 계산가동량 산정결과	257
【표 3.62】 백운1교(춘천) 계산가동량 산정결과	257
【표 3.63】 백운1교(춘천) 교량받침 가동여유량 검토결과	258
【표 3.64】 백운1교(춘천) 신축이음장치 손상 발생 현황	260
【표 3.65】 백운1교(춘천) 신축이음장치 보수후 손상현황	262
【표 3.66】 신축이음장치 유도배수시설 보수개요도	263
【표 3.67】 백운1교(춘천) 신축이음장치의 기 진단과의 비교, 검토	264
【표 3.68】 백운1교(춘천) 계산 신축량 산정	264
【표 3.69】 백운1교(춘천) 계산 신축량 산정결과	265
【표 3.70】 백운1교(춘천) 신축이음 유간거리 측정결과(단위 : mm)	266

【표 3.71】 백운1교(춘천) 신축이음 유간거리 검토결과	266
【표 3.72】 백운1교(춘천) 교면포장 손상 발생 현황	267
【표 3.73】 백운1교(춘천) 교면포장의 기 진단과의 비교, 검토	271
【표 3.74】 백운1교(춘천) 배수시설 손상 발생 현황	273
【표 3.75】 백운1교(춘천) 배수시설의 기 진단과의 비교, 검토	274
【표 3.76】 백운1교(춘천) 방호울타리 외관조사 결과	275
【표 3.77】 백운1교(춘천) 방호울타리의 기 진단과의 비교, 검토	277
【표 3.78】 백운1교(춘천) 전선관 보호덮개 외관조사 결과	278
【표 3.79】 백운1교(춘천) 전선관 보호덮개의 기 진단과의 비교, 검토	279
【표 3.80】 백운1교 현장시험 측정일자 및 조사자	280
【표 3.81】 백운1교(부산) 기준수량 및 실시수량	280
【표 3.82】 백운1교(부산) 조사위치 선정사유	281
【표 3.83】 백운1교(춘천) 기준수량 및 실시수량	282
【표 3.84】 백운1교(춘천) 조사위치 선정사유	283
【표 3.85】 반발경도시험	284
【표 3.86】 초음파시험	285
【표 3.87】 철근탐사시험	286
【표 3.88】 탄산화깊이 측정	287
【표 3.89】 염화물 함유량 시험	288
【표 3.90】 균열깊이 조사	289
【표 3.91】 백운1교(부산) 부재별 콘크리트 비파괴강도 시험결과	290
【표 3.92】 백운1교(부산) 비파괴강도 시험결과 분석	291
【표 3.93】 백운1교(부산) 비파괴강도 측정결과 전차 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석	291
【표 3.94】 백운1교(부산) 철근탐사 시험결과	292
【표 3.95】 백운1교(부산) 철근탐사결과 전차 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석	293
【표 3.96】 백운1교(부산) 탄산화 깊이 측정결과 및 평가	293
【표 3.97】 백운1교(부산) 탄산화 깊이 측정결과 전차 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석	294
【표 3.98】 백운1교(부산) 염화물 함유량 시험결과 및 평가	295
【표 3.99】 백운1교(부산) 염화물 함유량 시험결과 전차 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석	295
【표 3.100】 백운1교(춘천) 부재별 콘크리트 비파괴강도 시험결과	296
【표 3.101】 백운1교(춘천) 비파괴강도 시험결과 분석	297
【표 3.102】 백운1교(춘천) 비파괴강도 측정결과 전차 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석	297
【표 3.103】 백운1교(춘천) 철근탐사 시험결과	298
【표 3.104】 백운1교(춘천) 철근탐사결과 전차 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석	300
【표 3.105】 백운1교(춘천) 탄산화 깊이 측정결과 및 평가	301

【표 3.106】 백운1교(춘천) 탄산화 깊이 측정결과 전차 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석	302
【표 3.107】 백운1교(춘천) 염화물 함유량 시험결과 및 평가	302
【표 3.108】 백운1교(춘천) 염화물 함유량 시험결과 전차 정밀안전진단(2013년)과의 비교·분석	303
【표 3.109】 백운1교(춘천) 균열깊이 조사결과 및 평가	304
【표 3.110】 백운1교(부산) 강재 재료시험항목 및 조사 전경	305
【표 3.111】 초음파탐상시험	306
【표 3.112】 백운1교(부산) 초음파탐상 시험결과	307
【표 3.113】 백운1교(부산) 초음파탐상 시험결과 전차 정밀안전진단(2011년)과의 비교·분석	307
【표 3.114】 백운1교(부산) 외관조사 결과요약	308
【표 3.115】 백운1교(춘천) 외관조사 결과요약	310
【표 3.116】 백운1교(부산) 내구성조사 결과요약	314
【표 3.117】 백운1교(춘천) 내구성조사 결과요약	316
【표 4.1】 결함도 점수 범위에 따른 기준	321
【표 4.2】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치	322
【표 4.3】 부재별 상태평가 적용 범위	323
【표 4.4】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준	324
【표 4.5】 Steel Box Girder 상태평가 기준	324
【표 4.6】 철근콘크리트 상태평가 기준	325
【표 4.7】 콘크리트 가로보 상태평가 기준	325
【표 4.8】 강 가로보, 세로보 상태평가 기준	326
【표 4.9】 교대 상태평가 기준	326
【표 4.10】 교각 상태평가 기준	327
【표 4.11】 교량받침 상태평가 기준	327
【표 4.12】 신축이음 상태평가 기준	328
【표 4.13】 교면포장 상태평가 기준	328
【표 4.14】 배수시설 상태평가 기준	328
【표 4.15】 난간 및 연석 상태평가 기준	329
【표 4.16】 탄산화 상태평가 기준	329
【표 4.17】 염화물 상태평가 기준	329
【표 4.18】 백운1교(부산) 콘크리트 바닥판 상태평가 결과	330
【표 4.19】 백운1교(부산) 거더(Steel Box Girder) 상태평가 결과	330
【표 4.20】 백운1교(부산) 강 가로보와 세로보 상태평가 결과	330
【표 4.21】 백운1교(부산) 콘크리트 교대 상태평가 결과	330
【표 4.22】 백운1교(부산) 콘크리트 교각 상태평가 결과	331

【표 4.23】 백운1교(부산) 기초 상태평가 결과	331
【표 4.24】 백운1교(부산) 교량받침 상태평가 결과	331
【표 4.25】 백운1교(부산) 신축이음 상태평가 결과	331
【표 4.26】 백운1교(부산) 교면포장 상태평가 결과	331
【표 4.27】 백운1교(부산) 배수시설 상태평가 결과	332
【표 4.28】 백운1교(부산) 난간 및 연석 상태평가 결과	332
【표 4.29】 백운1교(부산) 탄산화 상태평가 결과	332
【표 4.30】 백운1교(부산) 염화물 상태평가 결과	332
【표 4.31】 백운1교(부산) 상태평가 결과	333
【표 4.32】 백운1교(부산) 상태평가 전회 점검 및 진단 결과와의 비교·분석	334
【표 4.33】 백운1교(춘천) 콘크리트 바닥판 상태평가 결과	335
【표 4.34】 백운1교(춘천) 철근콘크리트 거더 상태평가 결과	335
【표 4.35】 백운1교(춘천) 콘크리트 가로보 상태평가 결과	335
【표 4.36】 백운1교(춘천) 콘크리트 교대 상태평가 결과	335
【표 4.37】 백운1교(춘천) 콘크리트 교각 상태평가 결과	336
【표 4.38】 백운1교(춘천) 기초 상태평가 결과	336
【표 4.39】 백운1교(춘천) 교량받침 상태평가 결과	336
【표 4.40】 백운1교(춘천) 신축이음 상태평가 결과	336
【표 4.41】 백운1교(춘천) 교면포장 상태평가 결과	336
【표 4.42】 백운1교(춘천) 배수시설 상태평가 결과	337
【표 4.43】 백운1교(춘천) 난간 및 연석 상태평가 결과	337
【표 4.44】 백운1교(춘천) 탄산화 상태평가 결과	337
【표 4.45】 백운1교(춘천) 염화물 상태평가 결과	337
【표 4.46】 백운1교(춘천) 상태평가 결과	338
【표 4.47】 백운1교(춘천) 상태평가 전회 진단 결과와의 비교·분석	339
【표 5.1】 구조물의 안전성평가 기준	343
【표 5.2】 기본내하율(RF) 및 기본내하력(Po) 산정	344
【표 5.3】 백운1교(부산) 구조검토 조건 비교	345
【표 5.4】 백운1교(부산) 부재 제원 확인 결과	346
【표 5.5】 백운1교(부산) 사용재료 및 강도	348
【표 5.6】 백운1교(부산) 단면제원 및 철근량	349
【표 5.7】 적용하중의 강도 및 산정근거	358
【표 5.8】 응력 검토 시 사용하중 조합경우	359
【표 5.9】 극한강도 검토 시 계수하중 조합경우	359

【표 5.10】 부재별 단면 제원	362
【표 5.11】 단면 제상수 산정 결과	363
【표 5.12】 백운1교(부산) 강재 자중	365
【표 5.13】 백운1교(부산) 방호울타리 및 포장하중 산정 결과	365
【표 5.14】 백운1교(부산) 이동하중 해석 시 기본 설정내용	366
【표 5.15】 백운1교(부산) 2주구 트러스에 작용하는 풍하중	368
【표 5.16】 백운1교(부산) 부재별 최대 단면력 산출 결과	373
【표 5.17】 백운1교(부산) 응력 검토 시 사용하중조합 경우	374
【표 5.18】 백운1교(부산) 보강거더 적용 사용하중	376
【표 5.19】 백운1교(부산) 보강거더 허용휨인장응력(f_{ta})	376
【표 5.20】 백운1교(부산) 보강거더 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(f_{ca})	377
【표 5.21】 백운1교(부산) 보강거더 상부플랜지 허용휨압축응력(f_{bagy})	378
【표 5.22】 백운1교(부산) 보강거더 하부플랜지 허용휨압축응력(f_{bagy})	378
【표 5.23】 백운1교(부산) 보강거더 좌측 복부 허용휨압축응력(f_{bagy})	379
【표 5.24】 백운1교(부산) 보강거더 우측 복부 허용휨압축응력(f_{bagy})	379
【표 5.25】 백운1교(부산) 보강거더 허용 오일러 좌굴응력	379
【표 5.26】 백운1교(부산) 보강거더 허용전단응력(V_a)	380
【표 5.27】 백운1교(부산) 보강거더 자유돌출판(Top Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	380
【표 5.28】 백운1교(부산) 보강거더 자유돌출판(Top Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	381
【표 5.29】 백운1교(부산) 보강거더 자유돌출판(Left Web(B))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	381
【표 5.30】 백운1교(부산) 보강거더 자유돌출판(Right Web(B))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	381
【표 5.31】 백운1교(부산) 보강거더 보강된 판(Top Flange)의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	382
【표 5.32】 백운1교(부산) 보강거더 보강된 판(Left Web)의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	383
【표 5.33】 백운1교(부산) 보강거더 보강된 판(Right Web)의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	383
【표 5.34】 백운1교(부산) 보강거더 허용응력 요약	383
【표 5.35】 백운1교(부산) 아치리브 적용 사용하중	386
【표 5.36】 백운1교(부산) 아치리브 허용휨인장응력(f_{ta})	386
【표 5.37】 백운1교(부산) 아치리브 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(f_{ca})	387
【표 5.38】 백운1교(부산) 아치리브 상부플랜지 허용휨압축응력(f_{bagy})	388
【표 5.39】 백운1교(부산) 아치리브 하부플랜지 허용휨압축응력(f_{bagy})	388
【표 5.40】 백운1교(부산) 아치리브 좌측 복부 허용휨압축응력(f_{bagy})	389
【표 5.41】 백운1교(부산) 아치리브 우측 복부 허용휨압축응력(f_{bagy})	389
【표 5.42】 백운1교(부산) 아치리브 허용 오일러 좌굴응력	389
【표 5.43】 백운1교(부산) 아치리브 허용전단응력(V_a)	390
【표 5.44】 백운1교(부산) 아치리브 자유돌출판(Bottom Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	390

【표 5.45】 백운1교(부산) 아치리브 자유돌출판(Bottom Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ····	391
【표 5.46】 백운1교(부산) 아치리브 보강된 판(Top Flange)의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ····	391
【표 5.47】 백운1교(부산) 아치리브 보강된 판(Left Web)의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ······	392
【표 5.48】 백운1교(부산) 아치리브 보강된 판(Right Web)의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ······	392
【표 5.49】 백운1교(부산) 아치리브 허용응력 요약 ···	393
【표 5.50】 백운1교(부산) 행거 적용 사용하중 ···	397
【표 5.51】 백운1교(부산) 행거 허용휨인장응력(fta) ·······································	397
【표 5.52】 백운1교(부산) 행거 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(fca) ···········	398
【표 5.53】 백운1교(부산) 행거 Top Flange 허용휨압축응력(fbagy) ························	399
【표 5.54】 백운1교(부산) 행거 Bottom Flange 허용휨압축응력(fbagy) ····················	399
【표 5.55】 백운1교(부산) 행거 Left Web 허용휨압축응력(fbagy) ························	400
【표 5.56】 백운1교(부산) 행거 Right Web 허용휨압축응력(fbagy) ·······················	400
【표 5.57】 백운1교(부산) 행거 허용 오일러 좌굴응력 ····································	400
【표 5.58】 백운1교(부산) 행거 허용전단응력(Va) ·······································	401
【표 5.59】 백운1교(부산) 행거 자유돌출판(Left Web(T))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ·····	401
【표 5.60】 백운1교(부산) 행거 자유돌출판(Left Web(B))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ·····	402
【표 5.61】 백운1교(부산) 행거 자유돌출판(Left Web(T))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ·····	402
【표 5.62】 백운1교(부산) 행거 자유돌출판(Left Web(B))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ·····	402
【표 5.63】 백운1교(부산) 행거 Top Flange 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ······	403
【표 5.64】 백운1교(부산) 행거 Bottom Flange 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ·····	403
【표 5.65】 백운1교(부산) 행거 보강된 판의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ··············	404
【표 5.66】 백운1교(부산) 행거 허용응력 요약 ··	404
【표 5.67】 백운1교(부산) 상부가로보 적용 사용하중 ····································	408
【표 5.68】 백운1교(부산) 상부가로보 허용휨인장응력(fta) ····························	408
【표 5.69】 백운1교(부산) 행거 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(fca) ··········	409
【표 5.70】 백운1교(부산) 상부가로보 상부플랜지 허용휨압축응력(fbagy) ················	410
【표 5.71】 백운1교(부산) 상부가로보 하부플랜지 허용휨압축응력(fbagy) ···············	410
【표 5.72】 백운1교(부산) 상부가로보 좌측 복부 허용휨압축응력(fbagy) ················	411
【표 5.73】 백운1교(부산) 상부가로보 허용 오일러 좌굴응력 ····························	411
【표 5.74】 백운1교(부산) 상부가로보 허용전단응력(Va) ································	411
【표 5.75】 백운1교(부산) 상부가로보 자유돌출판(Top Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ···	412
【표 5.76】 백운1교(부산) 상부가로보 자유돌출판(Top Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ···	412
【표 5.77】 백운1교(부산) 상부가로보 자유돌출판(Bottom Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ···	412
【표 5.78】 백운1교(부산) 상부가로보 자유돌출판(Bottom Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ···	413
【표 5.79】 백운1교(부산) 상부가로보 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal) ········	413

【표 5.80】 백운1교(부산) 상부가로보 허용응력 요약	413
【표 5.81】 백운1교(부산) 하부가로보 적용 사용하중	416
【표 5.82】 백운1교(부산) 하부가로보 허용휨인장응력(fta)	416
【표 5.83】 백운1교(부산) 하부가로보 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(fca)	417
【표 5.84】 백운1교(부산) 하부가로보 상부플랜지 허용휨압축응력(fbagy)	418
【표 5.85】 백운1교(부산) 하부가로보 하부플랜지 허용휨압축응력(fbagy)	418
【표 5.86】 백운1교(부산) 하부가로보 좌측 복부 허용휨압축응력(fbagy)	419
【표 5.87】 백운1교(부산) 하부가로보 허용 오일러 좌굴응력	419
【표 5.88】 백운1교(부산) 하부가로보 허용전단응력(Va)	419
【표 5.89】 백운1교(부산) 하부가로보 자유돌출판(Left Web(T))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	420
【표 5.90】 백운1교(부산) 하부가로보 자유돌출판(Left Web(B))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	420
【표 5.91】 백운1교(부산) 하부가로보 자유돌출판(Right Web(T))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	420
【표 5.92】 백운1교(부산) 하부가로보 자유돌출판(Right Web(B))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	421
【표 5.93】 백운1교(부산) 하부가로보 양연지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	421
【표 5.94】 백운1교(부산) 하부가로보 허용응력 요약	421
【표 5.95】 백운1교(부산) 브레이싱 적용 사용하중	424
【표 5.96】 백운1교(부산) 브레이싱 허용휨인장응력(fta)	424
【표 5.97】 백운1교(부산) 브레이싱 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(fca)	425
【표 5.98】 백운1교(부산) 브레이싱 상부플랜지 허용휨압축응력(fbagy)	426
【표 5.99】 백운1교(부산) 브레이싱 하부플랜지 허용휨압축응력(fbagy)	426
【표 5.100】 백운1교(부산) 브레이싱 좌측 복부 허용휨압축응력(fbagy)	427
【표 5.101】 백운1교(부산) 브레이싱 허용 오일러 좌굴응력	427
【표 5.102】 백운1교(부산) 브레이싱 허용전단응력(Va)	427
【표 5.103】 백운1교(부산) 브레이싱 자유돌출판(Top Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	428
【표 5.104】 백운1교(부산) 브레이싱 자유돌출판(Top Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	428
【표 5.105】 백운1교(부산) 브레이싱 자유돌출판(Bottom Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	428
【표 5.106】 백운1교(부산) 브레이싱 자유돌출판(Bottom Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	429
【표 5.107】 백운1교(부산) 브레이싱 양연지지판(Left Web)의 국부좌굴에 대한 허용응력(fcal)	429
【표 5.108】 백운1교(부산) 브레이싱 허용응력 요약	429
【표 5.109】 백운1교(부산) 세로보 적용 사용하중	433
【표 5.110】 백운1교(부산) 세로보 허용휨인장응력(fta)	433
【표 5.111】 백운1교(부산) 세로보 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력(fca)	434
【표 5.112】 백운1교(부산) 세로보 상부플랜지 허용휨압축응력(fbagy)	435
【표 5.113】 백운1교(부산) 세로보 하부플랜지 허용휨압축응력(fbagy)	435
【표 5.114】 백운1교(부산) 세로보 좌측 복부 허용휨압축응력(fbagy)	436

【표 5.115】 백운1교(부산) 세로보 허용 오일러 좌굴응력	436
【표 5.116】 백운1교(부산) 세로보 허용전단응력(V_a)	436
【표 5.117】 백운1교(부산) 세로보 자유돌출판(Top Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal}) ...	437
【표 5.118】 백운1교(부산) 세로보 자유돌출판(Top Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal}) ...	437
【표 5.119】 백운1교(부산) 세로보 자유돌출판(Bottom Flange(L))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal}) ...	437
【표 5.120】 백운1교(부산) 세로보 자유돌출판(Bottom Flange(R))의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal}) ...	438
【표 5.121】 백운1교(부산) 세로보 양면지지판(Left Web)의 국부좌굴에 대한 허용응력(f_{cal})	438
【표 5.122】 백운1교(부산) 세로보 허용응력 요약	438
【표 5.123】 백운1교(부산) 도로종류에 따른 응력반복횟수	441
【표 5.124】 백운1교(부산) 허용피로응력범위	441
【표 5.125】 백운1교(부산) 고정하중 산정 결과(단위폭당)	443
【표 5.126】 백운1교(부산) 바닥판 하중 산정 결과	444
【표 5.127】 백운1교(부산) 하중조합 결과	445
【표 5.128】 백운1교(부산) 바닥판 안전성검토 결과	445
【표 5.129】 백운1교(부산) 받침반력 산출 결과	447
【표 5.130】 백운1교(부산) 바닥판 내하력 평가	448
【표 5.131】 백운1교(부산) 거더(Steel-Arch) 내하력 평가	448
【표 5.132】 백운1교(부산) 교각1(P1) 받침반력 산출 결과	450
【표 5.133】 백운1교(부산) 하부구조에 작용하는 단위 풍하중	450
【표 5.134】 백운1교(부산) 하부구조 하중조건 모델링	451
【표 5.135】 백운1교(부산) 하중조건별 단면력 산출 결과	454
【표 5.136】 백운1교(부산) 극한강도 검토 시 하중조합 경우	455
【표 5.137】 백운1교(부산) 기둥 계수하중 산출 결과	457
【표 5.138】 백운1교(부산) 단면력 산정 결과 요약	458
【표 5.139】 백운1교(부산) 임계하중 산정 결과	458
【표 5.140】 백운1교(부산) 세장비 검토 결과	458
【표 5.141】 백운1교(부산) 확대모멘트계수 산정 결과	459
【표 5.142】 백운1교(부산) 확대모멘트 산정 결과	459
【표 5.143】 백운1교(부산) 확대모멘트 산정 결과 요약	459
【표 5.144】 백운1교(부산) 상부구조 강아치(Steel-Arch) 안전성평가 결과	462
【표 5.145】 백운1교(부산) 상부구조 바닥판 안전성평가 결과	462
【표 5.146】 백운1교(부산) 하부구조 교각 안전성평가 결과	462
【표 5.147】 백운1교(부산) 안전성평가 결과 비교·분석	463
【표 5.148】 백운1교(춘천) 구조검토 조건 비교	464
【표 5.149】 백운1교(춘천) 부재 제원 확인 결과	465

【표 5.150】 백운1교(춘천) 사용재료 및 강도	467
【표 5.151】 백운1교(춘천) 단면제원 및 철근량	467
【표 5.152】 백운1교(춘천) 단면상수	472
【표 5.153】 적용하중의 강도 및 산정근거	473
【표 5.154】 백운1교(춘천) 계수하중 하중조합	474
【표 5.155】 백운1교(춘천) 사용하중 하중조합	474
【표 5.156】 백운1교(춘천) 부재별 단면력 집계표	481
【표 5.157】 백운1교(춘천) 교대부 상부바닥판 단면검토	482
【표 5.158】 백운1교(춘천) 교대부 연직재 단면검토	483
【표 5.159】 백운1교(춘천) 교대부 하부거더(아치리브) 단면검토	484
【표 5.160】 백운1교(춘천) 교각부 상부바닥판 단면검토	485
【표 5.161】 백운1교(춘천) 교각부 연직재 단면검토	486
【표 5.162】 백운1교(춘천) 교각부 하부거더(아치리브) 단면검토	487
【표 5.163】 백운1교(춘천) 중앙부 상부바닥판 단면검토	488
【표 5.164】 백운1교(춘천) 중앙부 연직재 단면검토	489
【표 5.165】 백운1교(춘천) 중앙부 하부거더(아치리브) 단면검토	490
【표 5.166】 백운1교(춘천) 바닥판의 단면력 검토결과	491
【표 5.167】 백운1교(춘천) 연직재의 단면력 검토결과	491
【표 5.168】 백운1교(춘천) 거더의 단면력 검토결과	491
【표 5.169】 백운1교(춘천) 받침 검토결과	492
【표 5.170】 백운1교(춘천) 바닥판 내하력 평가	493
【표 5.171】 백운1교(춘천) 거더(RC-Arch) 내하력 평가	493
【표 5.172】 백운1교(춘천) 교각(P1) 사용하중 요약	494
【표 5.173】 백운1교(춘천) 교각(P1) 안정검토 요약	494
【표 5.174】 백운1교(춘천) 교각(P1) 기초단면검토 요약	495
【표 5.175】 백운1교(춘천) 교각(P2) 말뚝제원 및 사용계수	495
【표 5.176】 백운1교(춘천) 교각(P2) 말뚝 검토결과	496
【표 5.177】 백운1교(춘천) 교대 해석 일반조건	496
【표 5.178】 백운1교(춘천) 교대 해석 사용재료 및 강도	496
【표 5.179】 백운1교(춘천) 시점교대 하중조건	497
【표 5.180】 백운1교(춘천) 종점교대 하중조건	497
【표 5.181】 백운1교(춘천) 시점교대 안정조건	498
【표 5.182】 백운1교(춘천) 종점교대 말뚝제원 및 사용계수	498
【표 5.183】 백운1교(춘천) 종점교대 말뚝 검토결과	499
【표 5.184】 백운1교(춘천) 종점교대 단면검토를 위한 부재력 산정	499

【표 5.185】 백운1교(춘천) 종점교대 단면검토	499
【표 5.186】 백운1교(춘천) 상부구조 안전성평가 결과	501
【표 5.187】 백운1교(춘천) 하부구조 교대 안전성평가 결과	501
【표 5.188】 백운1교(춘천) 하부구조 교각 안전성평가 결과	501
【표 5.189】 백운1교(춘천) 안전성평가 결과 비교·분석	502
【표 6.1】 백운1교(부산) 종합평가 결과	506
【표 6.2】 백운1교(부산) 기 점검 종합평가 결과와 비교	506
【표 6.3】 백운1교(춘천) 종합평가 결과	507
【표 6.4】 백운1교(춘천) 기 점검 종합평가 결과와 비교	507
【표 6.5】 안전등급 기준	508
【표 6.6】 백운1교(부산) 안전등급 지정	509
【표 6.7】 백운1교(춘천) 안전등급 지정	509
【표 7.1】 보수·보강 방안 수립에 따른 검토사항	513
【표 7.2】 보수·보강 우선순위 선정기준	516
【표 7.3】 균열 보수·보강 우선순위 선정기준	516
【표 7.4】 박리 및 박락 보수·보강 우선순위 선정기준	517
【표 7.5】 누수 및 백태 보수·보강 우선순위 선정기준	517
【표 7.6】 백운1교(부산) 부재별 보수·보강 방안	518
【표 7.7】 백운1교(춘천) 부재별 보수·보강 방안	520
【표 7.8】 콘크리트 단면보수 비교표	524
【표 7.9】 보수공법 재료 선정시 유의사항(균열폭 0.3mm 이상의 경우)	526
【표 7.10】 보수공법 재료 선정시 유의사항(균열폭 0.3mm 미만의 경우)	526
【표 7.11】 균열보수 재료의 종류와 보수공법	527
【표 7.12】 주입보수의 종류	529
【표 7.13】 저압·저속식 주입방법	530
【표 7.14】 균열폭에 알맞은 수지의 점성도	530
【표 7.15】 균열폭에 따른 주입파이프의 간격	530
【표 7.16】 주입재의 특징	532
【표 7.17】 주입보수 작업 종료 후의 검사 항목	535
【표 7.18】 주입보수 비교표	536
【표 7.19】 채도장시 고려사항	539
【표 7.20】 외부도장 종류	540
【표 7.21】 내부도장 종류	540

【표 7.22】 백운1교(부산) 부재별 보수·보강 개략공사비	544
【표 7.23】 백운1교(춘천) 부재별 보수·보강 개략공사비	546
【표 7.24】 바닥판 일반 유지관리 사항	551
【표 7.25】 Steel Box Girder 일반 유지관리 사항	553
【표 7.26】 철근콘크리트 거더 일반 유지관리 사항	554
【표 7.27】 교대 일반 유지관리 사항	555
【표 7.28】 교각 일반 유지관리 사항	556
【표 7.29】 교량받침 일반 유지관리 사항	557
【표 7.30】 신축이음 일반 유지관리 사항	558
【표 7.31】 교면포장 일반 유지관리 사항	560
【표 7.32】 배수시설 일반 유지관리 사항	561
【표 7.33】 방호벽, 중앙분리대 일반 유지관리 사항	562
【표 7.34】 주요 손상별 중점 유지관리 사항	563
【표 7.35】 백운1교(부산) 중점유지관리 균열 현황	565
【표 7.36】 백운1교(춘천) 중점유지관리 균열 현황	565
【표 7.37】 백운1교(부산) 현장조사 현안사항	566
【표 7.38】 백운1교(춘천) 현장조사 현안사항	567
【표 8.1】 백운1교(부산) 상태평가 결과	574
【표 8.2】 백운1교(부산) 상부구조 강아치(Steel-Arch) 안전성평가 결과	575
【표 8.3】 백운1교(부산) 상부구조 바닥판 안전성평가 결과	575
【표 8.4】 백운1교(부산) 하부구조 교각 안전성평가 결과	575
【표 8.5】 백운1교(부산) 안전등급 지정	576
【표 8.6】 백운1교(춘천) 상태평가 결과	580
【표 8.7】 백운1교(춘천) 상부구조 안전성평가 결과	580
【표 8.8】 백운1교(춘천) 하부구조 교대 안전성평가 결과	581
【표 8.9】 백운1교(춘천) 하부구조 교각 안전성평가 결과	581
【표 8.10】 백운1교(춘천) 안전등급 지정	581

그림 목 차

【그림 1.1】 과업수행 흐름도	5
【그림 1.2】 백운1교(부산) 평면 및 종단면도	9
【그림 1.3】 백운1교(부산) 슬래브 일반도	11
【그림 1.4】 백운1교(부산) 슬래브 배근도	13
【그림 1.5】 백운1교(부산) 교대(A1) 일반도	15
【그림 1.6】 백운1교(부산) 교대(A1) 배근도	17
【그림 1.7】 백운1교(부산) 교대(A2) 일반도	19
【그림 1.8】 백운1교(부산) 교대(A2) 배근도	21
【그림 1.9】 백운1교(춘천) 평면 및 종단면도	27
【그림 1.10】 백운1교(춘천) 구조물 일반도	29
【그림 1.11】 백운1교(춘천) 상부 배근도	33
【그림 1.12】 백운1교(춘천) 교대 구조도	39
【그림 1.13】 백운1교(춘천) 교각 구조도	43
【그림 1.14】 상부구조의 명칭	52
【그림 1.15】 부재 명명 순서	52
【그림 2.1】 백운1교(부산) 실시설계 공구별 현황	58
【그림 2.2】 백운1교(부산) 단면가정 JOINT & COORDNNATE	70
【그림 2.3】 백운1교(부산) 단면가정 MEMBER	71
【그림 2.4】 백운1교(부산) 단면특성 부재별 SECTION TYPE	72
【그림 2.5】 백운1교(부산) 단면특성 부재별 SECTION TYPE	73
【그림 2.6】 전단기 받침 설치 상세도	140
【그림 3.1】 백운1교(부산) 포장부 손상 발생부와 바닥판 하면 손상 발생부 개요도	161
【그림 3.2】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 일반도 및 단면도	162
【그림 3.3】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 용접두께	168
【그림 3.4】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 용접두께 측정위치	169
【그림 3.5】 백운1교(부산) 강재부 우수유입 경로	178
【그림 3.6】 백운1교(부산) 강재부 우수유입 차단 제안사항(2011년도)	179
【그림 3.7】 백운1교(부산) 교대 일반도	179
【그림 3.8】 백운1교(부산) 교대 측량 타켓 위치도 및 설치현황	188

【그림 3.9】 백운1교(부산) 교각 측량 타켓 위치도	188
【그림 3.10】 백운1교(부산) 연단거리 측정 개요도	193
【그림 3.11】 백운1교(부산) 신축이음장치 배치도	197
【그림 3.12】 백운1교(부산) 방호울타리 일반도 및 전경	210
【그림 3.13】 백운1교(춘천) 아치 거더 구조도	221
【그림 3.14】 백운1교(춘천) 교대 구조도	232
【그림 3.15】 백운1교(춘천) 교각 구조도	240
【그림 3.16】 백운1교(춘천) 교대부 측량 타켓 위치도 및 설치현황	249
【그림 3.17】 백운1교(춘천) 교각 측량 타켓 위치도 및 설치현황	249
【그림 3.18】 백운1교(춘천) 연단거리 측정 개요도	255
【그림 3.19】 백운1교(춘천) 신축이음장치 배치도	259
【그림 3.20】 백운1교(부산) 현장시험 전경	281
【그림 3.21】 백운1교(부산) 재료시험 조사 위치도	281
【그림 3.22】 백운1교(춘천) 현장시험 전경	282
【그림 3.23】 백운1교(춘천) 재료시험 조사 위치도	283
【그림 3.24】 백운1교(부산) 콘크리트 강도시험 결과	291
【그림 3.25】 백운1교(부산) 탄산화깊이 측정결과	294
【그림 3.26】 백운1교(춘천) 콘크리트 강도시험 결과	297
【그림 3.27】 백운1교(춘천) P1 배면 철근탐사	299
【그림 3.28】 백운1교(춘천) 탄산화깊이 측정결과	301
【그림 3.29】 백운1교(부산) 강재 재료시험 조사 위치도	305
【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예	321
【그림 4.2】 백운1교(부산) 상태평가 결과	334
【그림 4.3】 백운1교(춘천) 상태평가 결과	339
【그림 5.1】 안전성평가의 방법	344
【그림 5.2】 백운1교(부산) 종 · 평면도	356
【그림 5.3】 백운1교(부산) 슬래브 일반도	357
【그림 5.4】 백운1교(부산) 절점과 좌표	360
【그림 5.5】 백운1교(춘천) 절점별 단면도	361
【그림 5.6】 구조해석 모델링	364
【그림 5.7】 백운1교(부산) 하중조건 모델링	369
【그림 5.8】 백운1교(부산) 하중조건별 단면력도	371
【그림 5.9】 백운1교(부산) 응력 검토 위치	374

【그림 5.10】 백운1교(부산) 보강거더 단면조건	376
【그림 5.11】 백운1교(부산) 아치리브 단면조건	386
【그림 5.12】 백운1교(부산) 행거 단면조건	397
【그림 5.13】 백운1교(부산) 상부가로보 단면조건	408
【그림 5.14】 백운1교(부산) 하부가로보 단면조건	416
【그림 5.15】 백운1교(부산) 브레이싱 단면조건	424
【그림 5.16】 백운1교(부산) 세로보 전단연결재 배치도	432
【그림 5.17】 백운1교(부산) 세로보 하중조건별 단면력도	432
【그림 5.18】 백운1교(부산) 세로보 단면조건	433
【그림 5.19】 백운1교(부산) 활하중에 의한 최대·최소 응력도	442
【그림 5.20】 백운1교(부산) 고정하중에 의한 받침반력도	446
【그림 5.21】 백운1교(부산) 활하중에 의한 받침반력도	446
【그림 5.22】 백운1교(부산) 하부구조 해석단면 제원(교각 P1)	449
【그림 5.23】 백운1교(부산) 교각 해석모델	451
【그림 5.24】 백운1교(부산) 하부구조 하중조건별 단면력도	453
【그림 5.24】 백운1교(부산) 하부구조 하중조건별 단면력도(계속)	454
【그림 5.25】 백운1교(부산) 계수하중에 의한 축력(F_x)도	455
【그림 5.26】 백운1교(부산) 계수하중에 의한 교축방향 휨모멘트(M_y)도	456
【그림 5.27】 백운1교(부산) 계수하중에 의한 교축직각방향 휨모멘트(M_z)도	456
【그림 5.28】 백운1교(부산) P-M 상관도에 의한 기둥 안전성 검토 결과	460
【그림 5.29】 백운1교(춘천) 중·평면도	469
【그림 5.30】 백운1교(춘천) 구조물 일반도	470
【그림 5.31】 백운1교(춘천) 단면제원	472
【그림 5.32】 백운1교(춘천) 해석단면	475
【그림 5.33】 백운1교(춘천) 하중재하도	475
【그림 5.34】 백운1교(춘천) 상부바닥판 휨모멘트도(M_{xx})	476
【그림 5.35】 백운1교(춘천) 상부바닥판 전단력도(S_{xx})	476
【그림 5.36】 백운1교(춘천) 상부바닥판 사용휨모멘트(M_{xx})	477
【그림 5.37】 백운1교(춘천) 연직재 휨모멘트도(M_{xx})	477
【그림 5.38】 백운1교(춘천) 연직재 계수휨모멘트도(M_{yy})	478
【그림 5.39】 백운1교(춘천) 연직재 전단력도(S_{yy})	478
【그림 5.40】 백운1교(춘천) 하부거더(아치리브) 계수휨모멘트도(M_{xx})	479
【그림 5.41】 백운1교(춘천) 하부거더(아치리브) 계수휨모멘트도(M_{yy})	479
【그림 5.42】 백운1교(춘천) 하부거더(아치리브) 전단력도(S_{yy})	480
【그림 5.43】 백운1교(춘천) 하부거더(아치리브) 사용휨모멘트도(M_{yy})	480

【그림 5.44】 백운1교(춘천) 받침 반력검토 결과	492
【그림 5.45】 백운1교(춘천) 교각(P1) 기초제원	494
【그림 5.46】 백운1교(춘천) 교각(P2) 말두배치도 및 제원	495
【그림 5.47】 백운1교(춘천) 교대 해석 단면	497
【그림 5.48】 백운1교(춘천) 종점교대 말뚝 배치도 및 제원	498
【그림 6.1】 종합평가 결과 산정 흐름도	505
【그림 7.1】 보수·보강 범위의 결정	514
【그림 7.2】 단면보수 시공순서 및 개요도	522
【그림 7.3】 표면처리보수 시공 흐름도	528
【그림 7.4】 균열부 표면처리보수 개요도	529
【그림 7.5】 주입파이프 설치도	530
【그림 7.6】 주입보수 시공상세도	531
【그림 7.7】 주입보수 시공 흐름도	531
【그림 7.8】 철근이 부식되지 않는 경우의 충전보수 및 시공흐름	533
【그림 7.9】 철근이 부식된 경우의 충전보수 및 시공흐름	534
【그림 7.10】 교량받침 부식 및 도장박리 시공방법	538
【그림 7.11】 도장보수 비교표	541
【그림 7.12】 거더단부 스켈럽 및 스프라이스 틈새 실런트 주입	543
【그림 7.13】 백운1교(부산) 부재별 명칭	548
【그림 7.14】 백운1교(춘천) 부재별 명칭	550
【그림 7.15】 백운1교(부산) 상태평가 현황도 및 손상 위치도	564
【그림 7.16】 백운1교(춘천) 상태평가 현황도 및 손상 위치도	564

사 진 목 차

【사진 1.1】 과업수행에 사용된 측정장비	49
【사진 3.1】 외관조사 전경	153
【사진 3.2】 부재제원 확인	155
【사진 3.3】 백운1교(부산) 바닥판 전경	157
【사진 3.4】 백운1교(부산) 바닥판 손상발생 현황	158
【사진 3.5】 백운1교(부산) 포장부 코어채취 현황	160
【사진 3.6】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 전경	163
【사진 3.7】 백운1교(부산) 거더내부 조사 전 이산화탄소 농도 측정	163
【사진 3.8】 백운1교(부산) 거더 내부 공기 유입 장치	164
【사진 3.9】 백운1교(부산) 보강거더 및 아치리브 외관조사 결과	165
【사진 3.10】 백운1교(부산) 도막두께 측정 전경	172
【사진 3.11】 백운1교(부산) 가로보 및 세로보 전경	173
【사진 3.12】 백운1교(부산) 브레이싱 전경	174
【사진 3.13】 백운1교(부산) 행거 전경	175
【사진 3.14】 백운1교(부산) 가로보, 세로보, 브레이싱, 행거 손상발생 현황	176
【사진 3.15】 백운1교(부산) 교대 전경	180
【사진 3.16】 백운1교(부산) 교대의 손상현황	181
【사진 3.17】 백운1교(부산) 교각 일반도 및 전경	184
【사진 3.18】 백운1교(부산) 교각의 손상현황	185
【사진 3.19】 백운1교(부산) 측량기준점 및 측량 전경	187
【사진 3.20】 백운1교(부산) 교량받침 전경	189
【사진 3.21】 백운1교(부산) 받침장치의 손상현황	190
【사진 3.22】 백운1교(부산) 신축이음장치 손상 현황	198
【사진 3.23】 백운1교(부산) 신축이음(A1) 손상 전경	203
【사진 3.24】 백운1교(부산) 교면포장 전경	205
【사진 3.25】 백운1교(부산) 재포장 공사 전·후 전경	205
【사진 3.26】 백운1교(부산) 포장코어 채취 전경	206
【사진 3.27】 백운1교(부산) 재포장 전경	207
【사진 3.28】 백운1교(부산) 배수시설 설치 현황 및 전경	208
【사진 3.29】 백운1교(부산) 배수시설 손상발생 현황	209

【사진 3.30】 백운1교(부산) 방호울타리 손상발생 현황	211
【사진 3.31】 백운1교(춘천) 바닥판 전경	215
【사진 3.32】 백운1교(춘천) 바닥판 손상발생 현황	216
【사진 3.33】 백운1교(춘천) 포장 손상부 코어채취 현황	219
【사진 3.34】 백운1교(춘천) 포장 양호부 코어채취 현황	219
【사진 3.35】 백운1교(춘천) AR Girder 전경	225
【사진 3.36】 백운1교(춘천) AR Girder 손상발생 현황	226
【사진 3.37】 백운1교(춘천) 가로보 전경	231
【사진 3.38】 백운1교(춘천) 가로보 손상발생 현황	231
【사진 3.39】 백운1교(춘천) 교대 전경	233
【사진 3.40】 백운1교(춘천) 교대 손상발생 현황	234
【사진 3.41】 백운1교(춘천) 교대부 내시경 카메라 활용 조사	237
【사진 3.42】 백운1교(춘천) 교대 A2 흥벽부 백태 보수 현황	239
【사진 3.43】 백운1교(춘천) 교각 전경	240
【사진 3.44】 백운1교(춘천) 교각 손상발생 현황	241
【사진 3.45】 백운1교(춘천) P1배면 철근노출 손상현황	243
【사진 3.46】 백운1교(춘천) 철근부식도시험 전경	245
【사진 3.47】 백운1교(춘천) 교각 P1 0.3mm이상 균열 보수 현황	246
【사진 3.48】 백운1교(춘천) 교각 P1 철근노출 및 박락 보수 현황	247
【사진 3.49】 백운1교(춘천) 측량기준점 및 측량 전경	248
【사진 3.50】 백운1교(춘천) 교량받침 전경	250
【사진 3.51】 백운1교(춘천) 받침장치 손상발생 현황	251
【사진 3.52】 백운1교(춘천) 신축이음장치 손상 현황	260
【사진 3.53】 백운1교(춘천) 교대 신축이음장치 후타재균열 보수 현황	262
【사진 3.54】 백운1교(춘천) 교대 신축이음 유도배수시설 보수 현황	263
【사진 3.55】 백운1교(춘천) 교면포장 전경	267
【사진 3.56】 백운1교(춘천) 교면포장 손상발생 현황	268
【사진 3.57】 백운1교(춘천) 재포장 공사 전·후 전경	269
【사진 3.58】 백운1교(춘천) 포장 코어채취 현황	270
【사진 3.59】 백운1교(춘천) 배수시설 설치 현황 및 전경	272
【사진 3.60】 백운1교(춘천) 배수시설 손상발생 현황	273
【사진 3.61】 백운1교(춘천) 방호울타리 전경	275
【사진 3.62】 백운1교(춘천) 방호울타리 손상발생 현황	276
【사진 3.63】 백운1교(춘천) 전선관 보호덮개 손상발생 현황	278
【사진 3.64】 백운1교(춘천) P1 배면 철근 배근간격 실측	299

【사진 5.1】 백운1교(부산) 부재 제원 측정	346
【사진 5.2】 백운1교(춘천) 부재 제원 측정	465

백운1교(부산) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2016년도 백운1교 등 7개소 정밀안전진단 용역	진단기간	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		
관리 주체명	한국도로공사 강원본부 제천시사	대표자	지사장 조병대		
공동수급	(주)한국시설안전연구원, (주)정신이앤시 (주)회덕기술공사, (주)회덕	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	도로	종류	도로교량	종별	1종
준공일	2000년 03월 11일	진단금액 (천원)	20,977	안전 등급	B
시설물 위치	강원도 원주시 판부면 금대리 (중앙선 301.8km)	시설물 규모	L=180.93m, B=12.60m(2차로)		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	▪ 정밀안전진단 결과 시설물의 중대결함은 없는 상태임.				
진단 주요결과	▪ 상, 하부구조에 비구조적인 균열, 시공미흡 또는 경년열화에 의한 손상이 관찰되나 구조적 안전성을 저해할 만한 심각한 결함이나 손상 또는 시급한 보수·보강 대상은 없는 상태이며 내구성저하 방지를 위해 보수를 필요로 하는 손상이 일부 존재함. ▪ 콘크리트의 품질상태와 내구성을 평가한 결과 제기준을 만족하는 것으로 평가되어 내구성저하 우려는 없는 것으로 판단됨. ▪ 외관조사 상태 및 내구성 평가결과는 “b”로 나타났으며, 안전성 평가결과는 “a”로 산정됨.				
주요 보수·보강	▪ 보수 : 균열 및 파손, 재료분리, 철근노출, 강재의 부식 등 ▪ 보강 : 보강대상 없음				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업참여기간		기술등급	
사업책임	안과현	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (재료시험)	공영이	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (자료분석)	이기태	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
참여기술자 (재료시험)	우현정의 8인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
참여기술자 (자료분석)	이상민의 7인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
라. 참고사항					
▪ 차기 점검시 중점 점검부위 : A1 신축이음 유간폐쇄 여부, 콘크리트 균열 및 단면손상부의 손상 증가 여부					

백운1교(부산) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
- 구조적 안전성을 저해할 만한 심각한 결함이나 손상은 없으며 시급한 보수·보강의 필요성은 없는 상태이나 내구성저하 방지를 위해 균열, 파손, 재료분리, 철근노출 등의 단면결손부에 대한 복구와 강재의 부식 등 보수를 필요로 하는 손상이 일부 존재함. - 상태평가 결과는 “b”로 평가됨. - 교량은 안전성을 확보하고 있으며 안전성 평가 결과는 “a”로 평가됨. - 종합평가결과 안전등급은 B등급으로 평가됨. - 발생된 손상에 대한 내구성 확보차원의 보수 및 지속적인 유지관리를 수행하면 1등급교로서 기능을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.	
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	거더 바닥판 브레이싱 행거	b	- 부식, 도장박리, 볼트부식 등 - 데크플레이트 부식, 브레이싱 변형 - 백태 - 팍아웃	- 재도장 - 주의관찰 - 표면처리 - 단면보수
하부 구조	교대	b~c	- 균열(cw=0.3mm미만) - 균열(cw=0.3mm이상)	- 주의관찰 - 주입보수
	교각	a~b	- 균열(cw=0.3mm미만)	- 주의관찰
교량받침		a~b	- 받침본체 및 슬플레이트 부식	- 재도장
기타 부재	신축이음	c	- 본체부식 - 토사퇴적 - 균열(cw=0.3mm미만) 및 백태	- 재도장 - 청소 - 주의관찰
	교면포장	a	- 상태양호	-
	배수시설	b	- 막힘 - 배수관 부식	- 청소 - 주의관찰
	방호벽	b	- 균열(cw=0.3mm미만) - 균열(cw=0.3mm이상) - 강판부식, 덮개판 변형 - 균열백태, 백태 - 철근노출	- 표면처리 - 주입보수 - 재도장, 재설치 - 표면처리 - 단면보수(방청)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결 과
상부구조	강도설계법, 허용응력설계법	• 사용 및 계수하중에 대한 안전성 확보	1.227	a
하부구조	강도설계법	• 계수하중에 대한 안전성확보	4.572	

다. 내진성능 검토 수행 여부

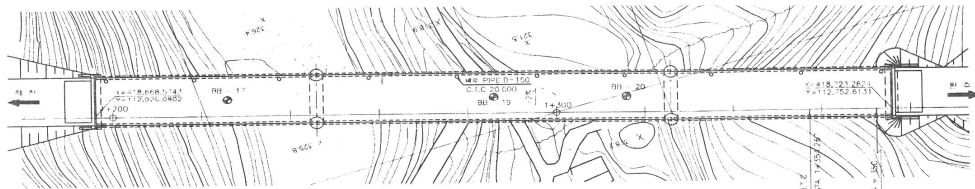
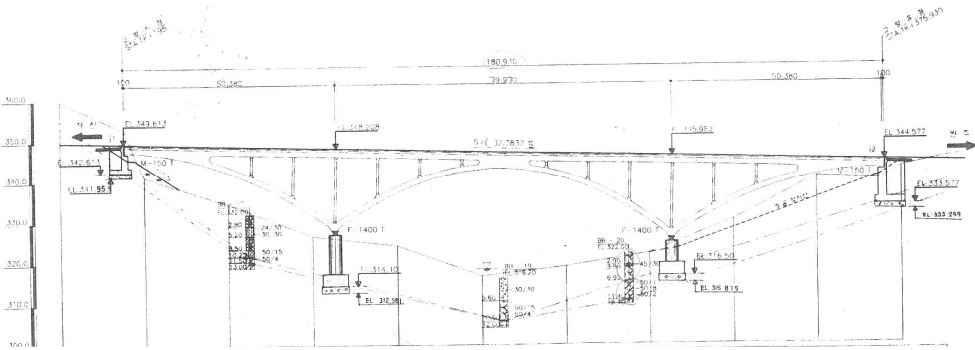
검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
하부구조	Y	내진 2등급교 적용	지진하중 고려 안정
받침장치	N		지진하중 미고려

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명		시험 부위	시험결과	책임기술자 의견
콘 크 리 트	비파괴강도 (MPa)	상부구조	▪ 설계기준 강도(27.0MPa)의 102.2%~122.6%로 설계기준강도를 상회하고 있음.	양호
		하부구조	▪ 설계기준 강도(24.0MPa)의 105.4%~126.7%로 설계기준강도를 상회하고 있음.	
	철근탐사 (mm)	상부구조	▪ 배근간격 및 피복두께가 전반적으로 설계값과 유사함.	전반적으로 양호
		하부구조		
	탄산화 잔여깊이(mm)	상부구조	▪ 탄산화 잔여깊이 : 30mm 이상(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
		하부구조		
강 재	염화물함유량 (kg/m³)	상부구조	▪ 상부구조 0.106kg/m³, 하부구조 0.158~ 0.581kg/m³로 분석되어 상태평가 a~b로 부식 발생 가능성이 낮은 것으로 평가됨.	양호
		하부구조		
	초음파 탐상(UT)	상부구조	• 맞대기 용접부에 대해 거더별로 6개소씩 총 12 개소에 대해 검사를 실시하였으며, 탐사결과 조사된 모든 위치에서 용접부에 대한 결함지 시가 발생하지 않아 구조물의 용접상태는 양 호한 것으로 평가됨.	양호
	강재도막 두께(μm) 등	상부구조	• 도로교 표준시방서의 기준값을 상회하는 것으 로 조사됨.	양호

백운1교(부산) 현황표

작성일 : 2016년 12월 26일

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		백운1교(부산)		시설물번호		BR2000-0000081	
준공년월일		2000년 05월 31일		관리번호		제천교-21-1	
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리 251-5					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명(이정)		중양선 (301.8km)	
제원	연장	L=180.93m, (50.48+79.97+50.48m)					
	폭	B=12.60m, (차도: 11.700m) 2차로					
구조 형식	상부	아치교(강교)		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형(2기) 교각 : 구주식(2기)			교각	직접기초	
교량받침		교대 : 고력황동받침 교각 : 편받침		신축이음		레일식	
교차시설물		회룡동길		통과높이		5.0m 이상	
설 계 사		삼안엔지니어링		시 공 사		극동건설(주)	
내진설계유무		하부구조 적용		관리주체		한국도로공사 강원본부 제천지사	
부착시설내용		-					
기 타							
		【평면도】					
기 타							
		【종단면도】					
		▪ 중점 점검 사항 : A1 신축이음 유간폐쇄 여부, 콘크리트 균열 및 단면손상부의 손상증가 여부					

백운1교(춘천) 정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	2016년도 백운1교 등 7개소 정밀안전진단 용역	진단기간	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		
관리 주체명	한국도로공사 강원본부 제천시사	대표자	지사장 조병대		
공동수급	(주)한국시설안전연구원, (주)정신이앤시 (주)회덕기술공사, (주)회덕	계약방법	일반경쟁		
시설물 구분	도로	종류	도로교량	종별	1종
준공일	1995년 10월 01일	진단금액 (천원)	20,977	안전 등급	B
시설물 위치	강원도 원주시 판부면 금대리 (중앙선 301.9km)	시설물 규모	L=151.40m, B=12.50m(2차로)		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	▪ 정밀안전진단 결과 시설물의 중대결함은 없는 상태임				
진단 주요결과	▪ 바닥판 하면 균열(0.3mm미만), 누수흔적(백태), 표면열화, 철근노출(녹물흔적) 등 ▪ AR 거더 균열, 재료분리(불량), 재료분리(철근노출), 탈락(열화), 거푸집 미제거 등 ▪ 교대/교각의 건조수축 균열(0.3mm미만) 및 국부적인 콘크리트 손상, 누수흔적(백태) 등 ▪ 교량받침 상부 플레이트 부식 및 국부 변형, 몰탈 탈락 ▪ 신축이음장치 본체 부식 및 토사퇴적, 표면마모, 단차 ▪ 교면포장 균열, 망상균열, 마모, 소성변형, 포트홀 등 ▪ 배수관 부식				
주요 보수·보강	▪ 콘크리트 내구성 저하방지를 위해 균열보수(0.3mm이상) 및 단면복구 실시 ▪ 받침 부식 등의 손상 발생 부위에 대한 방청 및 도장보수 실시 ▪ 전선관 보호커버 재설치 등				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업참여기간		기술등급	
사업책임	안과현	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (재료시험)	공영이	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
분야별책임 (자료분석)	이기태	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급(기술사)	
참여기술자 (재료시험)	우현정의 8인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
참여기술자 (자료분석)	이상민의 7인	2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26.		특급기술자 등	
라. 참고사항					
▪ 차기 점검시 중점 점검부위 : 교대A1·A2 누수부 염화물에 의한 철근손상 발생여부(교대, 바닥판 등), 콘크리트 균열 및 단면손상부의 손상증가 여부 ▪ 2009년 내진보강공사 실시					

백운1교(춘천) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
- 백운1교는 1995년 10월에 준공된 교량으로, 금회 진단시 전차 용역(2013년도)에 비하여 전반적인 손상물량이 증가된 상태임. - 주요 손상으로 내측 바닥판은 영구거푸집(Deck Plate)으로 시공되어 전반적으로 양호한 상태이며, 캔틸레버 하면은 누수흔적 및 경미한 백태가 전 경간에 발생하였다. 아치리브의 중앙부에 발생한 균열은 균열위치와 형태가 연속적이지 않고 균열폭이 대부분 0.1mm 내외의 허용균열폭 이내로 이는 아치구조의 특성상 발생하는 비구조적인 균열로 판단되므로 현 상태에서의 보수보다는 주기적인 점검을 통한 유지관리가 요구된다. 기타 손상으로 공용중 발생 가능한 콘크리트 부재의 균열 및 열화(누수흔적(백태), 박리/박락, 철근노출)와 교면포장 들뜸(망상균열), 신축이음 본체 부식 및 단차, 배수관 부식 등이 조사되었음. - 콘크리트 내구성 조사결과 설계값을 만족하는 것으로 측정되었음. - 안전성평가 결과, 최소 안전율이 1.0이상이며, 기본내하력이 설계내하력(DB-24)를 만족하므로 안전성평가결과는 “a”로 평가됨. - 백운1교(춘천)의 상태평가(b) 및 구조검토(a)에 의한 종합평가결과, 안전등급은 “B등급”로 평가됨. - 발생된 손상에 대한 내구성 확보차원의 보수 및 지속적인 유지관리를 수행하면 1등교로서 기능을 확보할 수 있을 것으로 판단됨.	
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	- 균열(0.3mm미만), 균열부 백태, 백태(열화) - 누수흔적(경미한 백태), 망상균열 - 박리, 탈락, 재료분리 - 철근노출(녹물흔적) - 물끊기홈 시공불량 - 거푸집 미제거	- 표면보수 - 주의관찰 - 단면보수 - 단면보수(방청) - 물끊기홈 설치 - 주의관찰
	AR 거더	- 콘크리트 균열(0.2mm미만), 망상균열 - 콘크리트 균열(0.3mm이상) - 재료분리(철근노출), 탈락(열화) - 거푸집 및 결속선 미제거, 누수흔적	- 주의관찰 - 균열주입보수 - 단면보수(방청) - 주의관찰
하부 구조	교대 및 교각	- 콘크리트 균열(0.2mm미만) - 망상균열, 백태 - 탈락, 박리(철근노출), 파손 - 표면보호재 박리, 재료분리 등	- 주의관찰 - 표면보수 - 단면보수(방청) - 주의관찰

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : b
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
교량받침		b	- 몰탈 탈락 및 플레이트 국부변형 - 받침(볼트) 부식	- 주의관찰 - 도장보수
기타 부재	신축이음	b	- 본체 토사퇴적 - 후타재 균열(0.3mm미만) - 후타재 탈락 및 표면마모(경미) - 본체 부식, 단차	- 유지관리(청소) - 주의관찰 - 주의관찰 - 주의관찰
	교면포장	c	- 포장균열, 시공이음 균열 - 포장들뜸(망상균열), 소성변형, 마모 - 접속포장 균열(탈락), 보수부 탈락	- 셀링재 주입 - 팻칭보수 - 팻칭보수
	배수시설	b	- 배수관 부식	- 주의관찰
	방호벽	b~c	- 균열(0.3mm미만) - 균열(0.3mm이상) - 망상균열 - 콘크리트 파손 및 굽힘	- 표면처리 - 표면처리 - 주의관찰 - 주의관찰
	점검시설	-	- 전선관 커버 부식 - 전선관 커버 파손	- 주의관찰 - 재설치

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재		해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과
상부 구조	바닥판	강도설계법	• 단면 휨 검토 양호 • 설계내하력 확보(DB24 이상)	1.0이상	a
	아치리브	강도설계법	• 단면 휨 검토 양호 • 설계내하력 확보(DB24 이상)	1.0이상	
하부 구조	교대	강도설계법	• 단면 휨 설계검토 양호 • 기초의 안정성 양호	1.0이상	
	교각	허용응력설계법	• 기둥의 단면검토 양호 • 기초의 안정성 양호	1.0이상	

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결 과	검토결과 요약
받침	Y	내진보강(전단키) 완료(2009년)	내진1등급
교대	Y	-	내진1등급
교각	Y	-	내진1등급

※ 내진성능향상 대상교량 세부조사 및 보강설계(1공구) 구조계산서(제천지사, 2009) 참고

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명		시험 부위	시험결과	책임기술자 의견
콘크리트	비파괴강도(MPa)	상부구조	▪ 설계기준 강도(27.0MPa)의 101.9%~113.3%로 설계기준강도를 상회하고 있음.	양호
		하부구조	▪ 설계기준 강도(24.0MPa)의 102.5%~130.0%로 설계기준강도를 상회하고 있음.	
	철근탐사(mm)	상부구조	▪ 배근간격 및 피복두께가 전반적으로 설계값과 유사함.	전반적으로 양호
		하부구조		
	탄산화 잔여깊이(mm)	상부구조	▪ 탄산화 잔여깊이 : 30mm 이상(상태평가 : a)	부식발생 우려 없음
		하부구조		
	염화물함유량(kg/m³)	상부구조	• 1차 조사(상부구조 4.378kg/m³, 하부구조 0.321~4.338kg/m³), 2차 조사(상부구조 0.377kg/m³, 하부구조1.443kg/m³)로 조사되었으며, 측정값의 차이는 신축이음부와 접하는 바닥판하면 및 교대 구체의 경우 강설시 제설대책인 동결방지제(염화칼슘)의 영향으로 염화물 측정치가 크게 분석된 것으로 판단됨. 노면수 유입이 되는 부위에 대해서는 염화물에 의한 철근부식 등의 구조물 손상 발생여부를 지속적으로 주의 관찰 필요함.	주의관찰 필요함
		하부구조		

백운1교(춘천) 현황표

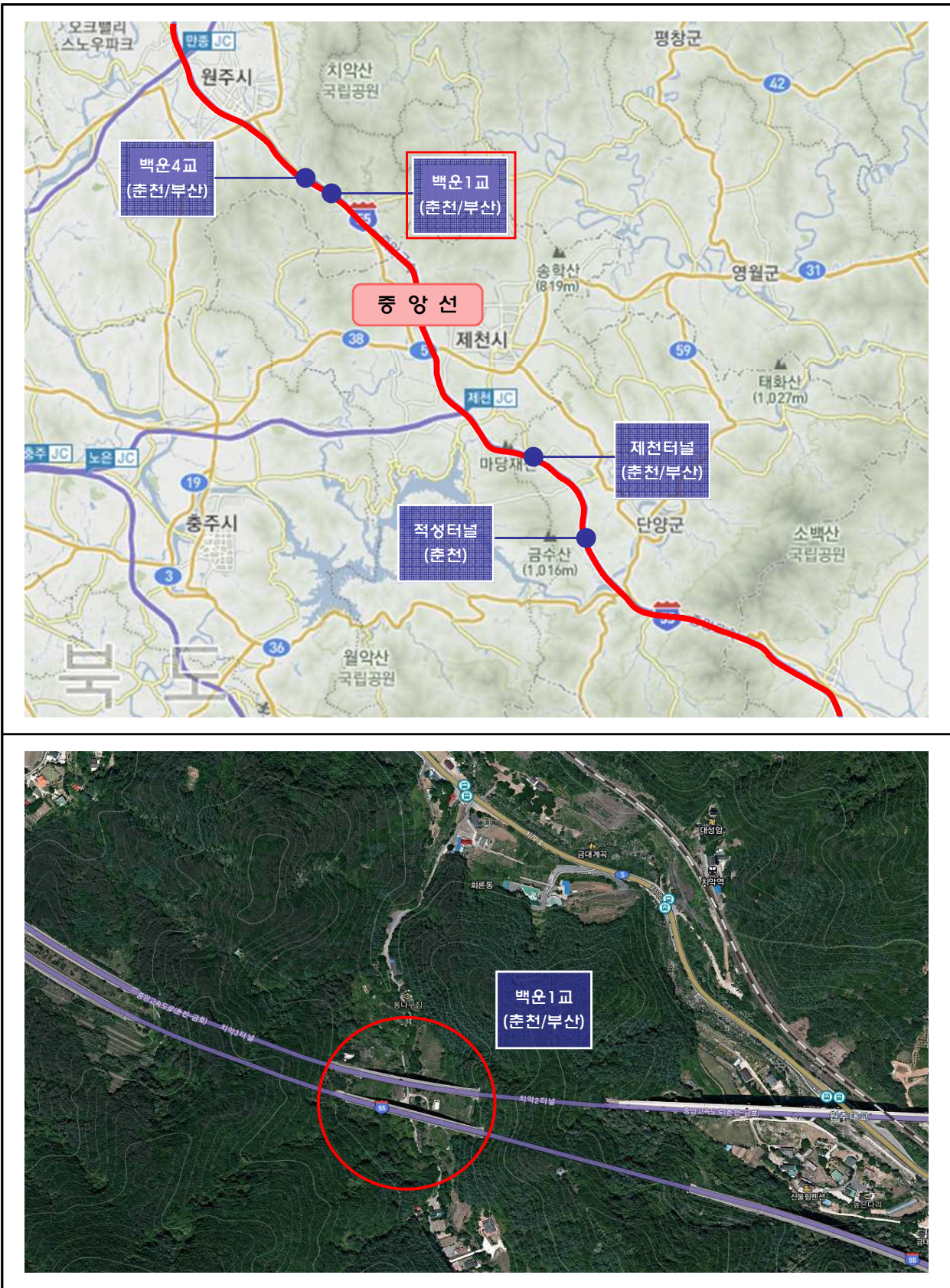
작성일 : 2016년 12월 26일

구 분		내 용	
시설물명		백운1교(춘천)	시설물번호
준공년월일		1995년 10월 01일	관리번호
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리 245	
설계하중		DB-24/DL-24	노선명(이정)
제원	연장	L=151.4m, (1@35.7+1@80.0+1@35.7)	
	폭	B = 12.5m, 2차로(보도0+차도2)	
구조 형식	상부	AR Girder	기초 형태
	하부	교각 : 구형, 교대 : 역T형	교대 교각
교량받침		교대 : 스페리칼받침 교각 : 콘크리트받침	직접기초(A1), 강판파일기초(A2) 직접기초(P1), 강판파일기초(P2)
교차시설물		회룡동길	신축이음
설 계 사		삼안엔지니어링	통과높이
내진설계유무		유 (준공도면, 내진보강관련)	시 공 사
부착시설내용		-	극동건설(주) 한국도로공사 강원본부 제천시사
기 타		【평면도】	
		【종단면도】 - 중점 점검 사항: 교대A1·A2 누수부 염화물에 의한 철근손상 발생여부(교대, 바닥판 등), 콘크리트 균열 및 단면손상부의 손상증가 여부 2009년 내진보강공사 실시	

정밀안전진단 참여기술진

참여구분	참여분야	소 속	직 위	성 명	참여기간	서 명
책임기술자	사업책임	(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 (2일)	
	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 (2일)	
	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 지내(중앙선 301.8km)

시설물의 전경사진(부산)



백운1교(부산) 상부 전경



백운1교(부산) 측면 전경

부위별 전경사진[부산]



백운1교(부산) 거더외부 및 브레이싱



백운1교(부산) 거더내부



백운1교(부산) 바닥판하면



백운1교(부산) 교대(A1)



백운1교(부산) 교각(P1)



백운1교(부산) 교면포장

부위별 전경사진(부산)



백운1교(부산) 신축이음



백운1교(부산) 받침장치(A2)



백운1교(부산) 받침장치(P2)



백운1교(부산) 방호벽



백운1교(부산) 교명판



백운1교(부산) 설명판

시설물의 전경사진(춘천)



백운1교(춘천) 상부 전경



백운1교(춘천) 측면 전경

부위별 전경사진(춘천)



백운1교(춘천) 거더하면



백운1교(춘천) 2차부재(가로보)



백운1교(춘천) 바닥판하면



백운1교(춘천) 교대(A1)



백운1교(춘천) 교각(P1)



백운1교(춘천) 교각(P2)

부위별 전경사진(춘천)



백운1교(춘천) 교면포장



백운1교(춘천) 신축이음



백운1교(춘천) 받침장치(A1)



백운1교(춘천) 받침장치(P1)



백운1교(춘천) 중앙분리대



백운1교(춘천) 설명판

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, 염화물 함유량시험 - 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 : 초음파탐상 시험
상태평가	- 외관조사 결과분석 - 현장시험 및 재료시험 결과분석 - 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 - 상태평가 결과에 대한 소견	좌동
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
보수보강 방법	보수·보강 방법 제시	좌동
보고서작성	CAD 도면 작성 등 보고서 작성	좌동

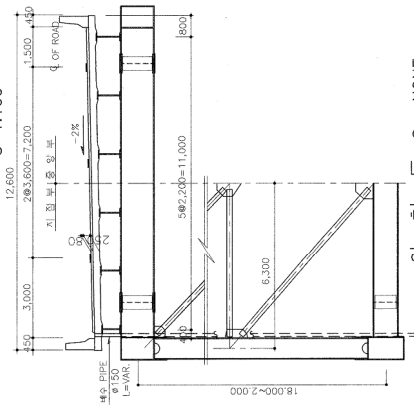
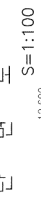
나. 과업수행 기간

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

1.3 시설물의 개요

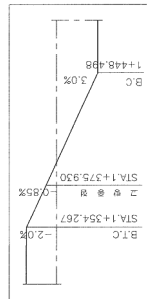
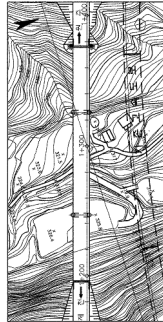
가. 백운1교(부산)

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		백운1교(부산)		시설물번호		BR2000-0000081	
준공년월일		2000년 05월 31일		관리번호		제천교-21-1	
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리 245					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명		고속국도 55호선(중앙선)	
제원	연장	L=180.93m, (50.48+79.97+50.48m)					
	폭(유효폭)	12.60m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	아치교(강교)		기초 형식	교대	직접기초(A1, A2)	
	하부	교대 : 역T형(2기) 교각 : 구주식(2기)			교각	직접기초(P1, P2)	
교량받침		교대 : 고력활동받침 교각 : 편받침		신축이음		레일식(A1,A2)	
평면선형		직 교		경 간 수		3경간	
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		유 (준공도면, 내진보강관련)		관리주체		한국도로공사 강원본부 제천지사	
부착시설내용		-					
기 타		-					



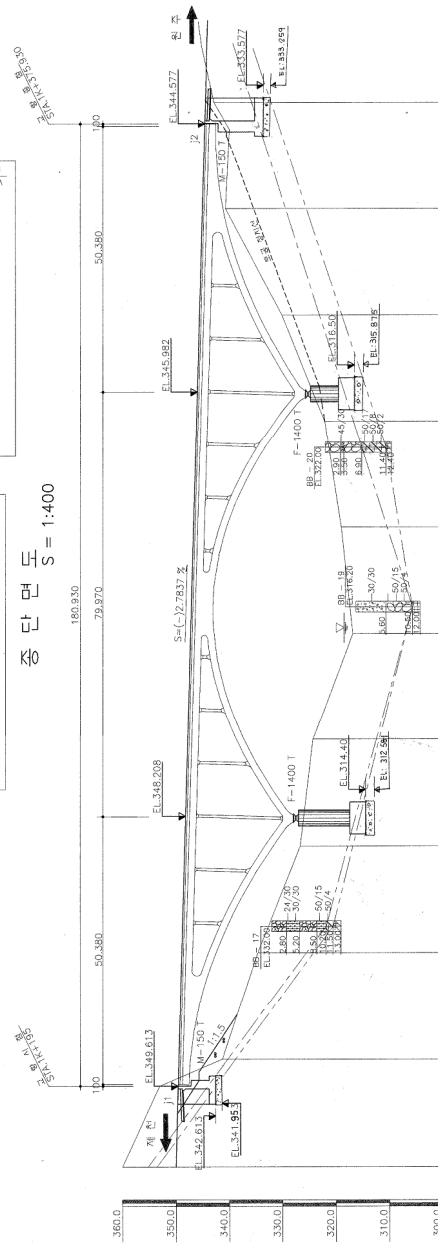
상
하
부
S = NONE

Figure 1 is a schematic diagram of a two-stage gas turbine engine. The diagram illustrates the flow of air and fuel through the engine components, including the intake, compressor, combustion chamber, turbine, and exhaust. Key performance parameters are indicated at various stages: Inlet (P₀, T₀), Compressor exit (P₂, T₂), Combustor exit (P₃, T₃), Turbine exit (P₄, T₄), and Exhaust (P₅, T₅). The diagram also shows the relationship between the compressor and turbine, with the turbine driving the compressor. The exhaust gas temperature (T₅) is shown to be higher than the inlet temperature (T₀).


$$\frac{M}{S} = 1:400$$


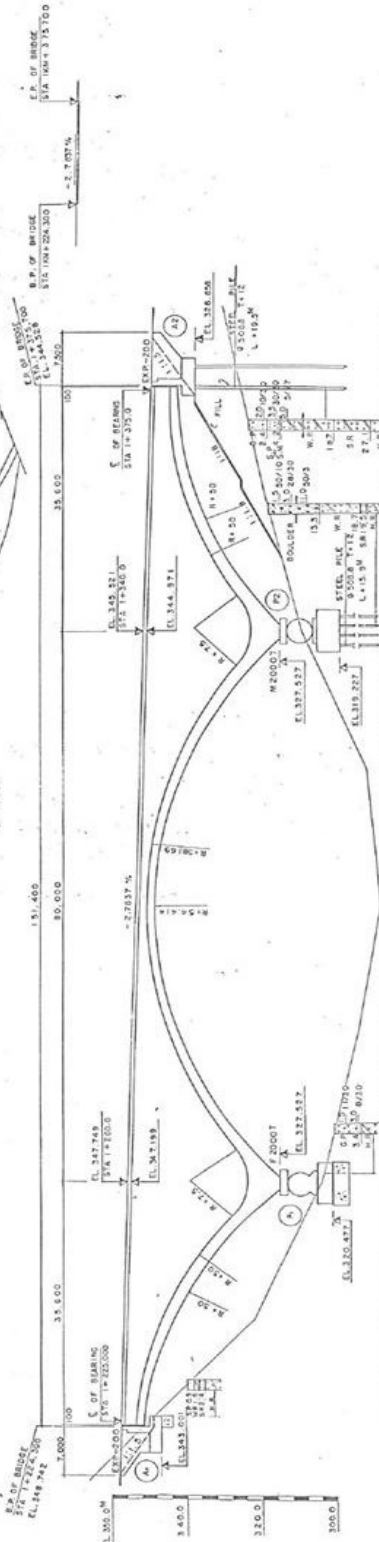
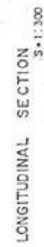
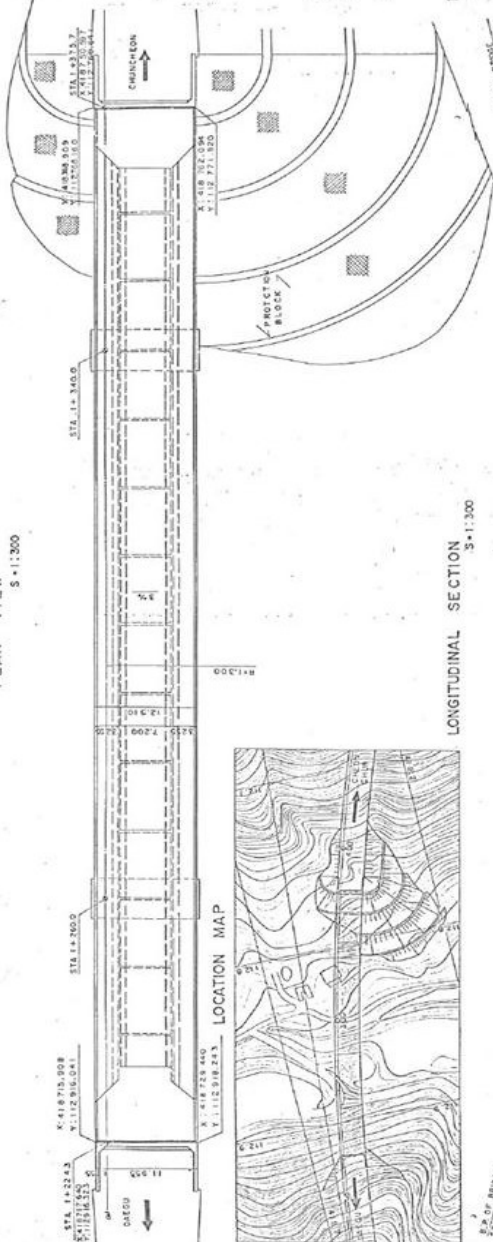
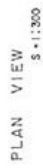
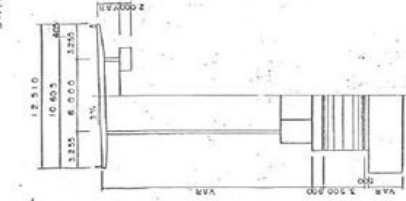
- [illegible]

五 	四 	三 	二 	一 
五 	四 	三 	二 	一 

[illegible][illegible]

나. 백운1교(춘천)

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		백운1교(춘천)		시설물번호		BR1995-0000134	
준공년월일		1995년 10월 01일		관리번호		제천교-21-2	
시설물위치		강원도 원주시 판부면 금대리 245					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명		고속국도 55호선(중앙선)	
제원	연장	L=151.4m(1@35.7+1@80.0+1@35.7)					
	폭(유효 폭)	12.50m, 편도 2차로					
구조 형식	상부	AR Girder	기초 형식	교대	직접기초(A1), 강관파일기초(A2)		
	하부	역T형식 교대(RTA) T형 교각(TP)		교각	직접기초(P1), 강관파일기초(P2)		
교량받침		교대 : 스페리칼받침 교각 : 콘크리트받침		신축이음		A1 : Rail Joint A2 : New 모노셀	
평면선형		직 교		경 간 수		3경간	
설 계 사		삼안엔지니어링		시 공 사		극동건설(주)	
감 리 사		(주)유신설계공단		교차시설물		회론동길	
난 간		콘크리트(방호벽)		배 수 구		주철관(백관)	
내진설계유무		유 (준공도면, 내진보강관련)		관리주체		한국도로공사 강원본부 제천지사	
부착시설내용		-					
기 타							



STA.	DIST.	GROUND ELEV.	GROUND ELEV.	51.00PC
22.00	0.0	-3.0052		
24.00	2.00	-3.8305		
26.00	2.00	-3.8749		
28.00	2.00	-3.7752		
30.00	2.00	-3.6635		
32.00	2.00	-3.4876		
34.00	2.00	-3.248		
36.00	2.00	-2.985		
38.00	2.00	-2.6409		

MINISTRY OF CONSTRUCTION		SAEWA-CORPORATION EXPRESSWAY CONST. PROJECTS	
BAEKWUN 1 st BRIDGE			
GENERAL ARRANGEMENT			
& LOCATION PLAN			
SIGNATURE			
SCALE	DRAWING NO.	2 - 1	

2. 자료수집 및 분석

금회 진단대상시설물인 백운1교(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 발생되었으나, 향후 문제가 발생할 가능성이 있는 부분에 대하여 구조검토를 실시하여 안전성을 여부를 평가하고자 한다.

구 분	자료분석 결과요약	비 고
설계 관련자료 검토	◆ 백운1교(부산) “중앙고속도로(제천~원주간) 4차로 확장공사 구조 및 수리계산서(Ⅲ)(최종본) 제16공구(판부~원주) 2000.9”를 참조함. → 검토결과, 상부 구조계산, 하부 구조계산, 부대공, 부대공, 웅벽공 등에 대한 구조계산 및 검토에 있어 설계조건, 모델링, 설계 및 검토 등 항목별 검토사항은 적정한 것으로 확인됨. “중앙고속도로 제천~원주간 확장공사 실시설계도 제16공구(판부~원주) 2000.9”를 참조함. → 검토결과, 설계도면은 당시 설계기준에 적합하게 작성된 거승로 검토되었으며, 종·평면도, 단면도, 상부 구조물도, 강상형 구조도, 강종 상세도가 적정하게 작성된 것으로 검토됨.	설계도서관리 시스템
	◆ 백운1교(춘천) “대구~춘천간 고속도로 건설공사 구조도(준공도) 제7공구(Ⅲ-1, Ⅱ) 1995.”를 참조함. → 검토결과, 설계도면은 당시 설계기준에 적합하게 작성된 것으로 검토되었으며, 종·평면도, 단면도, 상부 구조물도, 강상형 구조도, 강종 상세도가 적정하게 작성된 것으로 검토됨.	
시공 관련자료 검토	백운1교(부산, 춘천)은 유지관리기관 보관자료와 시설물유지관리시스템(FMS)에 보유자료가 없는 것으로 확인됨.	설계도서관리 시스템
기 정밀안전진단 유지관리방안	◆ 백운1교(부산) - 교량 주부재 및 보조부재 국부적 강재 부식 및 도장박리 → 손상의 진전여부 및 2차 손상여부 - 우수유입으로 인한 강재의 부식발생 유발 → 동판설치를 제안했으므로, 설치상태 확인 및 손상 진전여부	설계도서관리 시스템
	◆ 백운1교(춘천) - AR 콘크리트 거더(S2) 중앙부 균열(0.2mm미만) 발생부 → 손상의 진전여부 및 2차 손상여부 - 거더 복부 수직균열(0.3mm이상) 발생부 → 손상의 진전여부 및 2차 손상여부 - 신축이음장치(A2) 누수 여부 → 보수 후 누수흔적(열화) 및 2차 손상여부 - 갓길측 포장열화(망상균열, 소성변형, 들뜸 등) 발생부 → 포장열화에 따른 누수/백태의 진전여부 및 2차(강재부식) 손상여부	

구 분	자료분석 결과요약(백운1교(부산))	비 고
사전 답사	• 강재 부식 및 볼트체결부 부식   → 손상원인(우수유입경로 등) 및 손상의 진전여부 확인	
	• 선단부 부식 및 볼트체결부 부식   → 손상원인(우수유입경로 등) 및 손상의 진전여부 확인	
	• 홍벽부 누수 및 백태, 코핑부 चे수, 압성토 사면 기울기 적정성   → 우수유입 경로 및 보수방안 검토, 압성토 사면 기울기 적정성 검토	
	• 받침장치 부식 및 도장박리   → 손상의 진전여부 및 부식에 의한 받침 가동 불량 여부 확인	

구 분	자료분석 결과요약(백운1교(부산))	비 고
사전 답사	• 신축이음부 토사퇴적 및 길어깨부 체수  → 하절기 고온시 유간폐쇄 여부 및 체수에 의한 바닥판 하면 누수 여부 확인	
	• 포장부 백태, 균열  → 포장부 코어채취를 통한 포장 상태 및 방수층 상태 확인	
	• 교면포장 배수구 토사퇴적  → 토사퇴적에 의한 배수불량부 포장부 들뜸 등 손상 확인	
	• 보수부 재손상 및 박리  → 기보수 이력 확인 및 보수 필요성 검토	

구 분	자료분석 결과요약(백운1교(춘천))	비 고
사전 답사	바닥판 • 데크플레이트 마감  → 데크플레이트 마감부 부식 및 누수 손상 발생여부 확인	
	AR거더 • 복부 철근노출 및 재료분리  → 철근노출 및 재료분리에 의한 추가적인 손상 진전여부 확인	
	교대 및 교각 • 홍벽부 누수 및 백태, 코핑부 체수, 압성토 사면 기울기 적정성  → 우수유입 경로 및 보수방안 검토, 압성토 사면 기울기 적정성 검토	
	받침 장치 • 받침장치 부식  → 손상의 진전여부 및 부식에 의한 받침 가동 불량 여부 확인	

구 분		자료분석 결과요약(백운1교(부산))	비 고
사전 답사	신축 이음 장치	• 신축이음부 토사퇴적 및 강재부식  → 하절기 고온시 유간폐쇄 여부 및 바닥판 하면 누수 여부 확인	
	교면 포장	• 길어깨 소성변형 및 들뜸  → 포장부 코어채취를 통한 포장 상태 및 방수층 상태 확인	
	배수 시설	• 교면포장 배수구 스틸그레이팅 파손, 토사퇴적  → 배수시설 손상에 의한 포장부 및 바닥판 추가손상 여부 확인	
	방호 울타리	• 보수부 재손상  → 기보수 이력 확인 및 보수 필요성 검토	
	기타 시설	• 전선관 보호 커버 부식 및 파손  → 재설치 필요성 검토	

3. 현장조사 및 시험

3.1 백운1교(부산)

가. 외관조사 결과요약

부재	손상내용	단위	기 진단 (2011년)	금회 진단 (2016년)	손상원인	대책	증·감 (▲·▽)		증감사유
바닥판	박리	m²	-	0.20	우수유입 재질열화	단면보수	▲	0.20	공용 중 발생한 추가 손상
	백태	m²	19.20	19.64	우수유입 재질열화	표면처리	▲	0.44	공용 중 발생한 추가 손상
	부식	m²	22.90	69.52	우수유입	재도장	▲	46.62	공용 중 발생한 추가 손상
	철근노출	m²	-	0.08	시공미흡	단면보수 (방청)	▲	0.08	상세조사에 의한 신규 손상
	파손	m²	0.16	0.16	우수유입	단면보수	-	-	-
보강거더 및 아치리브	부식	m²	7.63	33.55	장기공용 우수접촉	재도장	▲	25.92	공용 중 발생한 추가손상
	SP볼트 부식	m²	16.99	20.37	장기공용 우수접촉	재도장	▲	3.38	공용 중 발생한 추가손상
	도장박리	m²	0.03	20.13	장기공용 우수접촉	재도장	▲	20.10	공용 중 발생한 추가손상
	점검구주위 볼트 부식	m²	0.04	0.05	장기공용 우수접촉	재도장	▲	0.01	공용 중 발생한 추가손상
	PIT	개소	-	15	용접불량	유지관리	▲	15	내부 조사를 통한 추가 손상
	실리콘 마감 불량	개소	-	152	시공불량	실링보수	▲	152	내부 조사를 통한 추가 손상
	언더컷	m	-	0.10	용접불량	유지관리	▲	0.10	내부 조사를 통한 추가 손상
	이물질 퇴적	m²	-	6.05	환기구 유입	청소	▲	6.05	내부 조사를 통한 추가 손상
가로보 세로보 브레이싱 행거	볼트부식	m²	7.33	13.01	장기공용 우수접촉	재도장	▲	5.68	공용 중 발생한 추가손상
	도장박리	m²	0.29	7.51	장기공용 우수접촉	재도장	▲	7.22	공용 중 발생한 추가손상
	변형	m	1.50	1.50	시공불량	유지관리	-	-	-
	부식	m²	39.31	49.59	장기공용 우수접촉	재도장	▲	10.28	공용 중 발생한 추가손상

부재	손상내용	단위	기 진단 (2011년)	금회 진단 (2016년)	손상원인	대책	증·감 (▲·▽)		증감사유
교대	계단침하	m²	-	1.00	사면안정화	유지관리	▲	1.00	상세조사에 의한 물량 변경
	균열 (cw=0.2mm 이하)	m	2.30	20.50	건조수축	유지관리	▲	18.20	상세조사에 의한 물량 변경
	균열 (cw=0.3mm 이상)	m	4.20	4.10	건조수축	주입보수	▽	0.10	손상범위 수정
	마감불량	m²	-	0.30	시공미흡	유지관리	▲	0.30	상세조사에 의한 물량 변경
	망상균열	m²	-	6.56	건조수축	유지관리	▲	6.56	상세조사에 의한 물량 변경
	박리	m²	-	0.61	시공미흡	유지관리	▲	0.61	상세조사에 의한 물량 변경
	백태	m²	-	22.29	신축이음부 누수	표면처리	▲	22.29	상세조사에 의한 추가 손상
	체수	m²	-	3.75	신축이음부 누수	유도배수	▲	3.75	상세조사에 의한 추가 손상
	파손	m²	-	1.39	외부충격	단면보수	▲	1.39	상세조사에 의한 추가 손상
교각	균열 (cw=0.2mm 이하)	m	-	17.30	건조수축	유지관리	▲	17.30	상세조사에 의한 추가 손상
	망상균열	m²	-	0.85	건조수축	유지관리	▲	0.85	상세조사에 의한 추가 손상
	박리	m²	-	50.16	재질열화	유지관리	▲	50.16	상세조사에 의한 추가 손상
	재료분리	m²	-	0.21	시공불량	유지관리	▲	0.21	상세조사에 의한 추가 손상
	파손	m²	-	0.20	외부충격	유지관리	▲	0.20	상세조사에 의한 추가 손상
받침장치	받침부식	m²	2.42	3.00	장기공용 우수접촉	재도장	▲	0.58	공용 중 발생한 추가손상
	솔플레이트 부식	m²	1.96	1.96	장기공용 우수접촉	재도장	-	-	-
	받침콘크리트 균열 (cw=0.2mm 이하)	m	6.80	8.20	건조수축	유지관리	▲	1.40	상세조사에 의한 추가 손상
	받침콘크리트 백태	m	-	0.20	건조수축 수분접촉	표면처리	▲	0.20	상세조사에 의한 추가 손상
	망상균열	m²	-	9.43	건조수축	유지관리	▲	9.43	상세조사에 의한 추가 손상
	거푸집 미제거	m²	-	0.60	시공미흡	유지관리	▲	0.60	상세조사에 의한 추가 손상

[illegible]

나. 내구성조사 결과요약

구 분	시험위치		전차 정밀안전진단(2011년)		금회 정밀안전진단		설계강도 (MPa)	
			반발경도시험(MPa)	초음파시험(MPa)	반발경도시험(MPa)	초음파시험(MPa)		
비파괴 강도	상부구조		26.1~30.4	27.7~31.6	27.6~33.1	29.1~30.7	27.0	
	하부구조		30.2~34.2	24.1~30.5	25.3~30.4	26.0~28.2	24.0	
	고 찰		• 상부구조 반발경도시험 27.6~33.1MPa, 초음파시험 29.1~30.7MPa로 설계기준 강도(27.0MPa)를 상회하는 것으로 추정되었으며, 하부구조 반발경도시험 25.3~30.4MPa, 초음파시험 26.0~28.2MPa로 설계기준강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 추정됨. • 전차 정밀안전진단(2011년)과 금회 측정한 비파괴 압축강도 측정값을 비교·분석한 결과, 측정위치에 따라 다소 차이는 발생하고 있으나 전반적으로 전차 정밀안전진단 결과와 유사한 경향을 보이고 있으며, 측정개소 모두 설계기준 강도를 상회하는 것으로 추정되어 콘크리트 강도는 전반적으로 양호하며, 강도저하는 발생되지 않은 것으로 판단됨.					
구 분	시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
철근 탐사	상부 구조 캔틸 레버	S1	횡방향철근	112.5	41.0~43.0	125.0	42.0	양호
		S2 A1측	횡방향철근	107.5~112.5	40.0~41.0	125.0	42.0	양호
		S2 A2측	횡방향철근	127.5~132.5	43.0~46.0	125.0	42.0	양호
		S3	횡방향철근	110.0~135.0	43.0~48.0	125.0	42.0	양호
	하부 구조	A1 구체	수직철근	115.0~120.0	96.0~97.0	125.0	90.5	양호
			수평철근	150.0~155.0	110.0~111.0	150.0	109.5	양호
		A2 구체	수직철근	95.0~110.0	85.0~92.0	100.0	87.5	양호
			수평철근	140.0	110.0~111.0	150.0	112.5	양호
		P1 기둥	수직철근	90.0~110.0	87.0~88.0	100.0	87.5	양호
			수평철근	145.0~155.0	113.0~116.0	150.0	112.5	양호
		P2 기둥	수직철근	105.0~115.0	86.0~91.0	100.0	87.5	양호
			수평철근	140.0~145.0	113.0	150.0	112.5	양호
	고 찰		• 상부구조(캔틸레버)의 철근배근간격은 종방향철근의 경우 측정부재의 길이부족으로 인해 미 실시하였으며, 횡방향철근 107.5~135.0mm 및 피복두께 40.0~48.0mm로 조사되었으며, 하부구조의 철근배근간격은 수직철근 90.0~120.0mm, 수평철근 140.0~155.0mm 및 피복두께 85.0~116.0mm로 조사됨. • 동일 부재여도 측정부위에 따른 설계 배근간격이 상이하여 직접적인 비교·분석이 가능하지 않은 측정개소가 발생하였으나, 전차 정밀안전진단(2011년)과 금회 측정한 철근탐사결과 배근간격 및 피복두께가 설계기준에 따라 적절하게 배근된 것으로 검토됨.					

구 분	시험위치	전차 정밀안전진단(2011년)		금회 정밀안전진단		비 고
		탄산화깊이(mm)	잔여깊이(mm)	탄산화깊이(mm)	잔여깊이(mm)	
탄산화 깊이 측정	상부구조	2.0~4.0	29.0~52.0	2.0	39.0~41.0	철근부식 우려 없음
	하부구조	12.0~18.0	63.0~104.0	1.0~12.0	74.0~95.0	
	고 찰	• 전차 정밀안전진단(2011년) 결과 상부구조(S2)에서 b등급으로 평가된 1개소는 탄산화깊이 2.0mm로 측정되었으나, 실측 피복두께가 31.0mm로 탄산화 진행 정도에 비해 잔여깊이(29.0mm)가 부족한 상태로 평가되었으나 탄산화 속도계수에 의한 잔존수명이 100년 이상을 나타내어 탄산화에 의한 철근부식 우려가 없는 것으로 평가됨. • 기 진단 결과와 비교·분석한 결과, 측정위치 차이에 의해 측정 결과 값에 다소 차이가 있으나, 측정개소 모두 탄산화에 의한 철근부식 및 콘크리트 내구성 저하의 영향은 적을 것으로 판단됨.				
구 분	시험위치	전차 정밀안전진단(2011년)		금회 정밀안전진단		비 고
		Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)	Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)	
염화물 함유량 시험	상부구조	0.0311	0.705	0.0047	0.106	
	하부구조	0.0138~0.0261	0.313~0.592	0.0070~0.0257	0.158~0.581	
	고 찰	• 염화물 함유량은 상부구조 0.106kg/m ³ , 하부구조 0.158~0.581kg/m ³ 로 분석되어 상태평가 “a~b”로 부식발생 가능성이 낮은 것으로 평가됨. 금회 현장조사 결과 철근부식에 의한 박락은 발생되지 않은 상태로 염화물에 의한 구조물의 손상은 없는 것으로 조사됨. • 전차 정밀안전진단(2011년)과 금회 측정한 염화물 함유량 시험결과를 비교·분석한 결과, 재료시험 특성 및 시험위치의 차이 등에 의해 미소한 차이가 발생하였으나, 측정개소 모두 염화물 함유량 1.2kg/m ³ 이하로 염화물에 의한 부식발생 가능성이 낮은 것으로 분석됨.				
구 분	시험위치	전차 정밀안전진단(2011년)		금회 정밀안전진단		비 고
		초음파 이상유무		초음파 이상유무		
강재 내구성 조사	상부구조	합격 : 6개소		합격 : 6개소		
	하부구조	합격 : 6개소		합격 : 6개소		
	고 찰	• 강거더의 용접상태를 검사하기 위해 맞대기 용접부에 대해 거더별로 6개소씩 총 12개소에 대해 검사를 실시하였으며, 검사결과 총 12개소 모두 합격 판정되어 맞대기이음부의 용접상태는 양호한 것으로 나타남 • 전차 정밀안전진단(2011년) 결과와 금회 맞대기 용접부 결함 유무 측정 결과, 용접부의 결함지시가 없는 상태로서 결함이 발생되지 않은 것으로 판단됨.				

3.2 백운1교(춘천)

가. 외관조사 결과요약

부재	손상내용	단위	기 진단 (2013년)	금회 진단 (2016년)	손상원인	대책	증·감 (▲·▽)	증감사유
바닥판	균열 (cw=0.2mm 이하)	m	48.70	62.80	건조수축	유지관리	▲ 14.10	상세조사에 의한 추가 손상
	균열부 백태	m	3.00	6.10	건조수축 수분침투	표면처리	▲ 3.10	공용 중 발생한 추가손상
	누수흔적	m²	399.30	396.00	우수유입	유지관리	▽ 3.30	손상범위 수정
	망상균열	m²	3.10	3.10	건조수축	유지관리	- -	-
	박리	m²	0.42	0.51	우수유입	유지관리	▲ 0.09	상세조사에 의한 추가 손상
	백태	m²	4.30	0.83	미세균열부 수분침투	표면처리	▽ 3.47	손상범위 수정
	재료분리	m²	5.80	6.76	시공미흡	유지관리	▲ 0.96	상세조사에 의한 추가 손상
	철근노출 (녹물흔적)	m²	2.61	2.87	시공미흡 및 수분접촉	단면보수 (방청)	▲ 0.26	상세조사에 의한 추가 손상
	거푸집 미제거	m	2.00	2.00	시공불량	유지관리	- -	-
	물끊기흙 미설치	m	1.50	1.50	시공미흡	물끊기흙 설치	- -	-
	파손	m²	-	1.50	시공불량	단면보수	▲ 1.5	상세조사에 의한 추가 손상
AR Girder	거푸집 미제거	m²	3.60	3.60	시공미흡	유지관리	- -	-
	균열 (cw=0.2mm 이하)	m	276.00	310.80	건조수축	유지관리	▲ 34.80	상세조사에 의한 추가 손상
	균열 (cw=0.3mm 이상)	m	235.50	248.10	건조수축	주입보수	▲ 12.60	상세조사에 의한 추가 손상
	균열부 백태	m	-	0.30	건조수축 수분접촉	표면처리	▲ 0.30	공용 중 발생한 추가손상
	누수흔적	m²	9.00	4.00	우수접촉	유지관리	▽ 5.00	손상범위 수정
	망상균열	m²	14.50	61.50	건조수축	유지관리	▲ 47.00	상세조사에 의한 추가 손상
	박리	m²	-	2.45	시공미흡 재질열화	단면보수	▲ 2.45	상세조사에 의한 추가 손상
	볼트미제거	개소	5	5	시공미흡	유지관리	- -	-
	파손	m²	0.25	0.40	시공미흡	단면보수	▲ 0.15	상세조사에 의한 추가 손상
	철근미제거	개소	12	12	시공미흡	유지관리	- -	-
	재료분리	m²	10.81	96.15	시공미흡	단면보수	▲ 85.34	상세조사에 의한 추가 손상
	철근노출	m²	14.74	23.99	시공미흡 피복부족	단면보수 (방청)	▲ 9.25	상세조사에 의한 추가 손상
	이물질삽입	m²	-	1.80	시공미흡	유지관리	▲ 1.80	상세조사에 의한 추가 손상
	가로보	m²	-	0.08	시공미흡	유지관리	▲ 0.08	상세조사에 의한 추가 손상

부재	손상내용	단위	기 진단 (2013년)	금회 진단 (2016년)	손상원인	대책	증·감 (▲·▽)		증감사유
교대	균열 (cw=0.2mm 이하)	m	19.00	26.50	건조수축	유지관리	▲	7.50	상세조사에 의한 추가 손상
	균열 (cw=0.3mm 이상)	m	0.80	0.80	건조수축	주입보수	-	-	-
	녹물흔적 및 이물질 삽입	m²	0.75	1.71	시공미흡 재질열화	단면보수 (방청)	▲	0.96	상세조사에 의한 추가 손상
	망상균열	m²	31.61	43.20	건조수축	유지관리	▲	11.59	상세조사에 의한 추가 손상
	박리	m²	1.44	1.38	시공미흡 재질열화	유지관리	▽	0.06	손상범위 수정
	백태	m²	2.45	0.20	신축이음부 누수	표면처리	▲	2.25	공용 중 발생한 추가손상
	재료분리	m²	-	0.92	시공미흡	유지관리	▲	0.92	상세조사에 의한 추가 손상
	파손	m²	1.02	2.36	외부충격	단면보수	▲	1.34	상세조사에 의한 추가 손상
	와이어매쉬노출	m²	3.30	3.30	시공미흡	단면보수	-	-	-
	접합부 이격	m²	29.00	21.00	사면안정화	실링보수	▽	8.00	손상범위 수정
	체수 및 누수흔적	m²	25.59	15.48	신축이음부 누수	유도배수	▽	10.11	손상범위 수정
	토사퇴적	m²	0.28	0.28	공용 중 이물질 퇴적	유지관리	-	-	-
교각	거푸집 미제거	m²	-	0.01	시공미흡	유지관리	▲	0.01	상세조사에 의한 추가 손상
	균열 (cw=0.2mm 이하)	m	23.60	87.20	건조수축	유지관리	▲	63.60	상세조사에 의한 추가 손상
	망상균열	m²	4.75	24.68	건조수축	유지관리	▲	19.93	상세조사에 의한 추가 손상
	재료분리	m²	10.75	48.18	시공미흡	유지관리	▲	37.43	상세조사에 의한 추가 손상
	철근노출	m²	0.06	0.38	시공미흡 피복부족	단면보수 (방청)	▲	0.32	상세조사에 의한 추가 손상
	파손	m²	0.26	1.02	시공미흡 외부충격	유지관리	▲	0.76	상세조사에 의한 추가 손상
	이물질노출	m²	-	1.64	시공미흡	단면보수 (방청)	▲	1.64	상세조사에 의한 추가 손상
받침장치	받침 부식	m²	1.85	8.60	우수접촉	채도장	▲	6.75	공용 중 발생한 추가손상
	볼트 부식	m²	0.015	0.37	우수접촉	채도장	▲	0.355	공용 중 발생한 추가손상
	상부 플레이트 변형	개소	1	1	시공미흡	유지관리	-	-	-
	받침콘크리트 균열	m	-	5.30	건조수축	유지관리	▲	5.30	상세조사에 의한 추가 손상
	망상균열	m²	-	0.48	건조수축	유지관리	▲	0.48	상세조사에 의한 추가 손상
	탈락	m²	0.0059	0.0018	시공미흡	유지관리	▽	0.0041	손상범위 수정
	파손	m²	-	0.02	시공미흡 외부충격	유지관리	▲	0.02	상세조사에 의한 추가 손상
	이물질 노출	m²	-	0.16	시공미흡	단면보수 (방청)	▲	0.16	상세조사에 의한 추가 손상
	재료분리	m²	-	3.04	시공미흡	유지관리	▲	3.04	상세조사에 의한 추가 손상

[illegible]

나. 내구성조사 결과 요약

구 분	시험위치		전차 정밀안전진단(2013년)		금회 정밀안전진단		설계강도 (MPa)	
			반발경도시험(MPa)	초음파시험(MPa)	반발경도시험(MPa)	초음파시험(MPa)		
비파괴 강도	상부구조		28.2~30.6	28.3~33.2	27.5~30.6	28.1~30.1	27.0	
	하부구조		26.6~27.9	25.3~27.3	25.4~31.2	24.6~25.7	24.0	
	고 찰		• 상부구조 반발경도시험 27.5~30.6MPa, 초음파시험 28.1~30.1MPa로 설계기준 강도(27.0MPa)를 상회하는 것으로 측정되었으며, 하부구조 반발경도시험 25.4~31.2MPa, 초음파시험 24.6~25.7MPa로 설계기준강도(24.0MPa)를 상회하는 것으로 측정됨. • 전차 정밀안전진단(2013년)과 금회 측정한 비파괴 압축강도 측정값을 비교·분석한 결과, 측정위치에 따라 다소 차이는 발생하고 있으나 전반적으로 전차 정밀안전진단 결과와 유사한 경향을 보이고 있으며, 측정개소 모두 설계기준 강도를 상회하는 것으로 측정되어 콘크리트 강도는 전반적으로 양호하며, 강도저하는 발생되지 않은 것으로 판단됨.					
구 분	시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
				배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
철근 탐사	상부 구조	바닥 판 하면	종방향철근	110.0~144.0	31.0~40.0	125.0	37.5	양호
			횡방향철근	180.0~222.0	60.0~70.0	200.0	62.5	양호
		가더	수직철근	134.0~149.0	37.0~48.0	149.0	39.0	양호
			수평철근	265.0~320.0	58.0~67.0	300.0	61.0	양호
	하부 구조	교대	수직철근	185.0~221.0	90.0~97.0	200.0	90.5	양호
			수평철근	190.0~210.0	108.0~117.0	200.0	109.5	양호
		P1 기둥	수직철근	215.0~220.0	90.0~92.0	200.0	89.0	양호
			수평철근	210.0	110.0	200.0	111.0	양호
		P2 지점 롤러	수직철근	190.0~205.0	92.0~96.0	200.0	92.0	양호
			수평철근	195.0~210.0	105.0~108.0	200.0	108.0	양호
	고 찰		• 상부구조 바닥판하면 종방향철근 110.0~144.0mm, 횡방향철근 180.0~222.0mm 및 피복두께 31.0~70.0mm로 조사되었으며, 거더 수직철근 134.0~149.0mm, 수평철근 265.0~320.0mm 및 피복두께 37.0~67.0mm로 조사되었다. 하부구조의 철근배근 간격은 수직철근 185.0~221.0mm, 수평철근 190.0~210.0mm 및 피복두께 90.0~117.0mm로 조사됨. • 전차 정밀안전진단(2013년)과 금회 측정한 철근배근상태를 비교·분석한 결과, 동일 부재여도 측정부위에 따른 설계 배근간격이 상이하여 직접적인 비교·분석이 가능하지 않은 상태로 금회 측정한 철근배근상태를 기준으로 평가를 실시한 결과 배근간격 및 피복두께가 설계기준에 따라 적정하게 배근된 것으로 검토됨.					

구 분	시험위치		전차 정밀안전진단(2011년)		금회 정밀안전진단		비 고	
			탄산화깊이(mm)	잔여깊이(mm)	탄산화깊이(mm)	잔여깊이(mm)		
탄산화 깊이 측정	상부구조		4.2~5.3	26.8~53.7	4.5~6.1	31.5~34.9	철근부식 우려 없음	
	하부구조		3.4~3.6	43.6~98.4	4.0~4.3	86.0~86.7		
	고 찰		• 전차 정밀안전진단(2013년) 결과 상부구조(S1)에서 b등급으로 평가된 1개소는 탄산화깊이 4.2mm로 측정되었으나, 실측 피복두께가 31.0mm로 탄산화 진행 정도에 비해 잔여깊이(26.8mm)가 부족한 상태로 평가되었으나 탄산화 속도계수에 의한 잔존수명이 100년 이상을 나타내어 탄산화에 의한 철근부식 우려가 없는 것으로 평가됨. • 기 진단 결과와 비교·분석한 결과, 측정위치 차이에 의해 측정 결과 값에 다소 차이가 있으나, 측정개소 모두 탄산화에 의한 철근부식 및 콘크리트 내구성 저하의 영향은 적을 것으로 판단됨.					
구 분	시험위치		전차 정밀안전진단(2011년)		금회 정밀안전진단		비 고	
			Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)	Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		
염화물 함유량 시험	상부구조		0.002	0.071	0.1935	4.378		
	하부구조		0.001~0.003	0.024~0.047	0.0142~0.1917	0.321~4.338		
	고 찰		• 바닥판하면(S3), 교대(A2)의 경우 염화물 함유량 값 2.5kg/m ³ 이상으로 염화물에 의한 철근 손상 가능성이 높은 것으로 나타남. 바닥판하면 및 교대 구체의 경우 강설시 제설대책인 동결방지제(염화칼슘)의 영향을 받아 염화물 측정치가 크게 분석된 것으로 판단됨. 하지만 현장조사 결과 철근노출이나 철근부식에 의한 박락은 발생되지 않은 상태로 염화물에 의한 구조물의 손상은 없으므로 손상발생에 대한 지속적인 관찰이 필요함. • 전차 정밀안전진단(2013년)과 금회 측정한 염화물 함유량 시험결과를 비교·분석한 결과, 재료시험 특성 및 시험위치, 공용기간 증가에 의한 동결방지제인 염화칼슘의 영향으로 염화물 함유량의 증가가 있는 것으로 분석됨.					
구 분	시험위치		균열폭 (mm)	초음파 전달시간(×10 ⁻⁶ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비 고
				건전부(To)	균열부(Tc)			
균열 깊이 조사	하부 구조	P1	0.2	45.2	47.7	33.7	90.0	
			0.3	43.2	45.6	33.8	92.0	
		P2	0.2	41.1	43.2	32.4	92.0	
	고 찰		• 하부구조 균열폭 0.2~0.3mm에 대하여 균열깊이 조사를 실시한 결과, 균열깊이는 32.4mm~33.8mm로 측정됨. 균열깊이는 하부구조 피복두께(90.0~92.0mm)에 미치지지는 않은 것으로 측정되어 철근부식에 의한 내구성 저하는 미미할 것으로 판단됨.					

4. 시설물의 상태평가

4.1 백운1교(부산)

가. 상태평가 결과표

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침 교량 받침	하부구조		내구성 요소			
번호	구조 형식	바닥 판	거더		포장	배수	난간 연석	신축 이음		하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)	염화물 (상)	염화물 (하)
S1 (A1)	강아치교	b	b	b	a	b	c	c	b	c	q	a	a	×	b
S2 (P1)	강아치교	b	b	b	a	b	c	×	b	b	q	a	a	a	a
S3 (P2)	강아치교	b	b	b	a	b	c	×	b	b	q	×	a	×	×
A2	강아치교							c	b	c	q	×	a	×	×
평균		0.200	0.200	0.200	0.100	0.200	0.400	0.400	0.200	0.300	0.000	0.100	0.100	0.100	0.150
가중치		15	23	5	7	3	2	9	9	20	0	2	2	2	1
(평균×가중치) /가중치 합		0.030	0.046	0.010	0.007	0.006	0.008	0.036	0.018	0.060	0.000	0.002	0.002	0.002	0.002
등급	a		b		c		d		e		환산결합도점수				
결합도 범위	0≤x <0.13		0.13≤x <0.26		0.26≤x <0.49		0.49≤x <0.79		0.79≤x		상태평가 결과				
											0.229				
											b				

나. 기 진단결과와의 비교

구분	일자	전체		바닥판		거더		2차 부재		교면포장		배수시설		난간/연석		신축이음	
		결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과
안전진단	2011.11	0.235	b	0.200	b	0.200	b	0.200	b	0.400	c	0.200	b	0.200	b	0.400	c
안전진단	2016.12	0.229	b	0.200	b	0.200	b	0.200	b	0.100	a	0.200	b	0.400	c	0.400	c

구분	일자	교량받침		교대/교각		기초		탄산화(상부)		탄산화(하부)		염화물(상부)		염화물(하부)	
		결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과
안전진단	2011.11	0.175	b	0.225	b	N	Q	0.200	b	0.200	b	0.200	b	0.200	b
안전진단	2016.12	0.200	b	0.300	c	N	Q	0.100	a	0.100	a	0.100	a	0.150	b

상태평가 결과 분석	
- 백운1교(부산)은 정밀안전진단(2011)을 시행하였으며, 상태평가 결과 “b”로 분류된 교량으로 금회 실시된 정밀안전진단에서도 상태평가 “b”로 평가됨. - 금회 정밀안전진단 시 신규손상이 조사되었지만 구조물의 안전성에 영향을 미치는 손상이 아니므로 신규손상에 따른 결함도 영향은 미미함. - 금회 정밀안전진단 결함도 점수의 증감 사유는 다음과 같음. - 결함도 점수 증가 사유 ⇒ 공용년수 증가에 따른 신규손상 발생 및 배수시설 고정핀 파손 및 탈락 발생 - 결함도 점수 감소 사유 ⇒ 2016.09 교면포장(전면 재포장) 실시로 인해 결함도 점수 감소	

가. 상태평가 결과표

나. 기 진단결과와의 비교

구분	일자	교량받침		교대/교각		기초		탄산화(상부)		탄산화(하부)		염화물(상부)		염화물(하부)	
		결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과	결합 점수	평가 결과
안전진단	2013.12	0.180	b	0.250	b	N	Q	0.150	b	0.100	a	0.100	a	0.100	a
안전진단	2016.12	0.175	b	0.200	b	N	Q	0.100	a	0.100	a	0.700	d	0.450	c

- 백운1교(춘천)는 정밀안전진단(2008, 2013)을 시행하였으며, 상태평가결과 “b”로 분류된 교량으로 급회 실시된 정밀안전진단에서는 상태평가 “b”로 평가됨.
- 금회 정밀안전진단시 상세조사에 따른 주요부재(하부구조)의 신규손상 발생 및 신축이음 하부누수 반영으로 상태저하가 발생한 것으로 판단됨.
- 금회 정밀안전진단 결함도 점수의 증감 사유는 다음과 같음.
 - 결함도 점수 증가 사유
 - ⇒ 교대(A1), 교각(P1) 신규손상 발생, 철근콘크리트구간 전염화물량 증가.
 - 결함도 점수 감소 사유
 - ⇒ 2016.10 : 교면포장(부분 재포장) 실시 및 배수구 막힘(청소), 2016.11 : 교각 0.3mm 균열, 교각 철근노출, 교대 백태, 신축이음부 유도배수관, 후타재 균열의 보수로 인해 결함도 점수 감소.

5. 시설물의 안전성 평가

5.1 백운1교(부산)

가. 상부구조 안전성평가 결과

1) 상부구조 안전성평가 결과

단위 : MPa

구 분	축방향력 및 휨모멘트 응력			전단응력			안전성 평가등급
	검토응력	허용응력	안전율	검토응력	허용응력	안전율	
보강거더	172.413	215.000	1.00이상	12.716	125.000	1.00이상	a
아치리브	34.572	215.000	1.00이상	9.820	125.000	1.00이상	a
행거	13.772	140.000	1.00이상	-0.124	80.000	1.00이상	a
상부가로보	114.541	215.000	1.00이상	0.030	125.000	1.00이상	a
하부가로보	-6.516	215.000	1.00이상	-0.086	125.000	1.00이상	a
브레이싱	-3.182	112.591	1.00이상	0.121	80.000	1.00이상	a
세로보	44.653	140.000	1.00이상	0.169	80.000	1.00이상	a

2) 바닥판

구 분		Mu(kN·m)	ΦMn(kN·m)	안전율	안전성 평가등급
바닥판	캔틸레버	37.398	127.569	1.00이상	a
	중양부	67.724	105.961	1.00이상	a

나. 하부구조 안전성평가 결과

단 면	축력 검토		안전율	모멘트 검토		안전율	안전성 평가 등급
	Pu(kN)	ΦPn(kN)		Mu(kN·m)	ΦMn(kN·m)		
교각	19,987.396	91,935.160	1.00이상	70,826.692	326,210.033	1.00이상	a

다. 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	2011년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단
해석조건	- 상부 3차원 격자해석 - 준공도에 근거하여 보강거더와 아치리브, 브레이싱의 연결은 강결로 고려하였으며 행거는 양단 힌지로 취급함. - 바닥판과 세로보의 연결은 전단연결재가 1.0m간격으로 배치되어 있어 합성효과를 일부 발휘할 것으로 판단되나 기본적으로 비합성구조로 설계된 교량이므로 구조해석 시 이를 고려하여 안전측의 해석이 되도록 비합성으로 모델링함. - 하중조건은 고정하중과 설계활하중 외 온도변화와 풍하중의 영향을 고려하였으며, 활하중의 재하방법은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용함. - 지점경계조건은 교량받침의 현장 배치상태를 고려하여 교각 지점을 고정단으로, 교대지점을 가동단으로 설정함.	- 상부 3차원 격자해석 - 준공도에 근거하여 보강거더와 아치리브, 브레이싱의 연결은 강결로 고려하였으며 행거는 양단 힌지로 취급함. - 바닥판과 세로보의 연결은 전단연결재가 1.0m간격으로 배치되어 있어 합성효과를 일부 발휘할 것으로 판단되나 기본적으로 비합성구조로 설계된 교량이므로 구조해석 시 이를 고려하여 안전측의 해석이 되도록 비합성으로 모델링함. - 하중조건은 고정하중과 설계활하중 외 온도변화와 풍하중의 영향을 고려하였으며, 활하중의 재하방법은 해석프로그램 내의 이동하중해석 기능을 사용함. - 지점경계조건은 교량받침의 현장 배치상태를 고려하여 교각 지점을 고정단으로, 교대지점을 가동단으로 설정함. - 풍하중 고려
안전율	거더 최소 안전율 : 1.320 바닥판 최소 안전율 : 1.565 하부구조 최소 안전율 : 4.600	거더 최소 안전율 : 1.247 바닥판 최소 안전율 : 1.565 하부구조 최소 안전율 : 4.600
안전성평가 결과	A	A
총 평	- 금회 정밀안전진단은 자료분석, 현장조사 및 시험을 통한 분석결과, 제원 및 품질저하요인이 조사되지 않아 전차 진단인 2011년 정밀안전진단의 안전성 평가를 인용하여 평가하였음. - 공용 내하력은 DB-24 이상으로 나타나 설계활하중에 대한 안전성을 확보한 것으로 판단됨. - 기존 정밀안전진단(2011)에 비해 안전율과 내하율이 하향으로 나타난 이유는 금회 진단에서 변경된 포장하중 적용으로 인한 고정하중이 증가되어 안전율과 내하율이 하향된 것으로 판단됨. - 또한, 하부구조에 대한 검토는 금회 상부구조의 적용된 포장하중으로는 하부구조에 수직력이 미미한 것으로 판단되어 전차 진단보고서(2011년)를 내용을 인용함.	

5.2 백운1교(춘천)

가. 상부구조 안전성평가 결과

구 분	모 멘 트 (kN·m)			전 단 력 (kN)			안전성 평가등급
	Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전율	Vu (kN)	ΦVn (kN)	안전율	
바 닥 판	97.211	624.581	7.912	169.447	292.284	1.725	a
연 직 재	194.122	347.945	1.792	2,613.728	4,684.842	1.792	a
아치리브	905.136	3,273.146	3.616	480.914	2,698.752	5.612	a

나. 하부구조 안전성평가 결과

1) 교 대

단 면		Mu (kN · m/m)	ΦMn (kN · m/m)	안전율	안전성 평가 등급
A1	앞 굽 판	108.833	1,889.988	17.366	a
	뒷 굽 판	189.997	957.029	5.037	a
	벽 체	139.874	569.070	4.068	a
A2	앞 굽 판	160.459	2,019.196	12.584	a
	뒷 굽 판	287.589	1,086.237	3.777	a
	벽 체	133.500	569.070	4.263	a

2) 교 각

단 면			Qmax (MPa)	Qa (MPa)	안전율	안전성 평가 등급
교각	P1	기 초	760.871	800.000	1.05	a
	P2	기 초	1351.556	1585.900	1.17	a

다. 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	2008년 정밀안전진단	2013년 정밀안전진단	2016년 정밀안전진단
해석조건	- 상부 2차원 격자해석 - 바닥판, 연직재, 아치리브가 하나의 부재로 모델링	- 상부 3차원 판해석 - 바닥판, 연직재, 아치리브를 개별적으로 모델링	- 상부 3차원 판해석 - 바닥판, 연직재, 아치리브를 개별적으로 모델링 - 풍하중 고려
안전율	거더 최소 안전율 1.003	거더 최소 안전율 1.221	거더 최소 안전율 1.792
특이사항	교각(P2) 말뚝지지력 부족 $Q_a = 1,301\text{MPa} < Q_{\max} = 1,758\text{MPa}$	교각(P2) 말뚝지지력 만족 $Q_a = 1,585\text{MPa} > Q_{\max} = 1,351\text{MPa}$	교각(P2) 말뚝지지력 만족 $Q_a = 1,585\text{MPa} > Q_{\max} = 1,351\text{MPa}$
안전성평가 결과	A	A	A
총 평	- 금회 정밀안전진단은 자료분석, 현장조사 및 시험을 통한 분석결과, 제원 및 품질저하 요인이 조사되지 않아 전차 진단인 2013년 정밀안전진단의 안전성 평가를 인용하여 평가하였음. - 공용 내하력은 DB-24 이상으로 나타나 설계활하중에 대한 안전성을 확보한 것으로 판단됨. - 기존 정밀안전진단(2013)에 비해 안전율과 내하율이 상향으로 나타난 이유는 전차 진단에서 누락된 풍하중 적용으로 인한 연직재 및 하부거더의 수평력 증가로 축력이 감소되어 안전율과 내하율이 상향된 것으로 판단됨. - 또한, 교각(P2)에 대한 지지력 검토결과, 금회 상부구조의 적용된 풍하중으로는 하부구조에 수직력 및 수평력이 미미한 것으로 판단되어, 하부구조 검토는 전차 진단보고서(2013년)를 내용을 인용하였으며, 교대 및 교각의 안전성과 말뚝기초에 지지력은 확보된 것으로 검토됨.		

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도 점수	평가결과	최소안전율	평가결과	
백운1교(부산)	0.229	b	1.0이상	a	b
백운1교(춘천)	0.247	b	1.0이상	a	c
종합평가	백운1교(부산) : b, 백운1교(춘천) : b				

6.2 안전등급 지정

안전등급	구조물명	안전등급
	백운1교(부산)	B
	백운1교(춘천)	B

7. 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 보수·보강방안 및 개략공사비

가. 백운1교(부산)

구 분	손상내용	보수·보강 공법	보수깊이·폭 (mm)	보수		단가 (원)	공사비 (원)	비 고
				물량	단위			
바닥판	박리	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	0.30	m ²	212,097	63629	3순위
	백태	표면처리공법	-	29.46	m ²	33,361	982,815	3순위
	부식	강재 재도장	-	104.28	m ²	16,208	1,690,170	3순위
	철근노출	단면보수공법(Ⅱ)	-	0.12	m ²	240,899	28,908	2순위
	파손	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	0.24	m ²	212,097	50,903	3순위
보강거더 및 아치리브	부식	강재 재도장	-	50.33	m ²	20,110	1,012,136	3순위
	SP볼트 부식	강재 재도장	-	30.56	m ²	20,110	614,562	3순위
	도장박리	강재 재도장	-	30.20	m ²	20,110	607,322	3순위
	실리콘 마감 불량	실리콘 재시공	-	152.00	ea	2,000	304,000	3순위
	이물질 퇴적	청소	-	9.08	m ²	20,110	181,600	3순위
	점검구 볼트 부식	강재 재도장	-	0.08	m ²	20,110	1,609	3순위
2차부재 (가로보, 세로보, 행거, 브레이싱)	볼트 부식	강재 재도장	-	19.52	m ²	20,110	392,547	3순위
	도장박리	강재 재도장	-	11.27	m ²	20,110	226,640	3순위
	부식	강재 재도장	-	74.39	m ²	20,110	1,495,983	3순위
교대	백태	표면처리공법	-	33.44	m ²	33,361	1,115,592	3순위
	파손	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	2.09	m ²	212,097	443,283	3순위
	균열	주입공법	cw=0.3이상	6.15	m	69,938	430,119	2순위
	체수	유도배수로 설치	-	25.20	m	145,000	3,654,000	3순위
받침장치	받침부식	강재 재도장	-	4.50	m ²	20,110	90,495	3순위
	받침콘크리트 백태	표면처리공법	-	0.30	m ²	33,361	10,008	3순위
	슬플레이트 부식	강재 재도장	-	2.94	m ²	20,110	59,123	3순위
신축이음	토사퇴적	청소	-	1.44	m ²	20,000	28,800	3순위
	후타재 파손	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	0.08	m ²	212,097	16,968	3순위
배수시설	배수구 막힘	청소	-	9.00	ea	20,000	180,000	3순위
방호벽	강판부식	강재 재도장	-	4	ea	20,110	80,440	3순위
	균열	표면처리공법	cw=0.2이하	2.40	m ²	33,361	80,066	3순위
	균열	주입공법	cw=0.3이상	2.40	m	69,938	167,851	2순위
	균열백태	표면처리공법	cw=0.2이하	29.63	m ²	33,361	988,486	3순위
	덮개판 변형	재설치	-	0.08	m ²	10,000	800	3순위
	망상균열	표면처리공법	cw=0.2이하	0.74	m ²	33,361	24,687	3순위
	박리	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	2.25	m ²	10,000	22,500	3순위
	백태	표면처리공법	-	1.41	m ²	33,361	47,039	3순위
	보호덮개 탈락	재설치	-	3.00	ea	10,000	30,000	3순위
	철근노출	단면보수공법(Ⅱ)	-	0.08	m ²	240,899	19,272	2순위
	파손	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	0.15	m ²	212,097	31,815	3순위
순공사비		공사비 합계		15,174,168원				
순위별 순공사비	단기 중장기	(1순위)		-				
		(2순위)		646,150원				
		(3순위)		14,528,019원				
제경비		(순공사비×50%)		7,587,084원				
개략공사비		순공사비+제경비		22,761,000원(늑이천이백칠십만원)				

나. 백운1교(춘천)

구 분	손상내용	보수·보강 공법	보수깊이·폭 (mm)	보수		단가 (원)	공사비 (원)	비고
				물량	단위			
바닥판	균열백태	표면처리공법	cw=0.2이하	9.15	m²	33,361	305,253	3순위
	물끓기흙 미설치	설치	-	2.25	m	10,000	22,500	3순위
	백태	표면처리공법	-	1.25	m²	33,361	41,701	3순위
	철근노출 및 녹물흔적	단면보수공법(Ⅱ)	-	4.31	m²	240,899	1,038,275	2순위
	파손	단면복구공법(Ⅰ)	t=10미만	2.25	m²	212,097	477,218	3순위
거더	균열	주입공법	cw=0.3이상	372.15	m	69,938	26,027,427	1순위
	균열백태	표면처리공법	cw=0.2이하	0.45	m²	33,361	15,012	3순위
	박리	단면보수공법(Ⅰ)	-	3.68	m²	212,097	780,517	3순위
	파손	단면보수공법(Ⅰ)	-	0.60	m²	212,097	127,517	3순위
	재료분리	단면보수공법(Ⅰ)	-	144.23	m²	212,097	30,590,750	3순위
	철근노출	단면보수공법(Ⅱ)	-	35.99	m²	240,899	8,669,955	2순위
교대	균열	주입공법	cw=0.3이상	1.20	m	69,938	83,926	2순위
	백태	표면처리공법	-	0.30	m²	33,361	10,008	3순위
	파손	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	3.54	m²	212,097	750,823	3순위
	접합부 이격	실링보수	-	31.50	m	20,000	630,000	3순위
교각	철근노출	단면보수공법(Ⅱ)	-	1.605	m²	240,899	386,643	2순위
받침장치	받침부식	강재 재도장	-	12.90	m²	16,208	209,083	3순위
	볼트부식	강재 재도장	-	0.56	m²	16,208	9,076	3순위
신축이음	토사퇴적	청소	-	24.00	m²	20,000	480,000	3순위
	후타재 박리	단면보수공법(Ⅰ)	-	0.03	m²	212,097	6,363	3순위
교면포장	아스콘 균열	실링보수	-	35.25	m	6,765	238,466	3순위
	망상균열	소파보수	-	23.10	m²	20,395	471,125	3순위
	포장마모	소파보수	-	13.88	m²	20,395	283,083	3순위
	시공이음부 균열	실링보수	-	261.90	m	6,765	1,771,754	3순위
	포트홀	소파보수	-	0.15	m²	20,395	3,059	3순위
방호벽	균열	표면처리공법	cw=0.2이하	32.03	m²	33,361	1,068,553	3순위
	균열	주입공법	cw=0.3이상	99.75	m	69,938	6,976,316	2순위
	균열백태	표면처리공법	cw=0.2이하	14.10	m²	33,361	470,390	3순위
	망상균열	표면처리공법	cw=0.2이하	1.88	m²	33,361	62,719	3순위
	긁힘	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	0.15	m²	212,097	31,812	3순위
	철근노출	단면보수공법(Ⅱ)	-	0.11	m²	240,097	26,411	2순위
	파손	단면보수공법(Ⅰ)	t=10미만	0.18	m²	212,097	38,177	3순위
기타부재	전선관 보호커버 부식	교체	-	11.55	m	50,000	577,500	3순위
	전선관 보호커버 파손	교체	-	15.45	m	50,000	772,500	3순위
순공사비		공사비 합계		83,453,656원				
순위별 순공사비	단기 중장기	(1순위)		26,027,427원				
		(2순위)		17,181,524원				
		(3순위)		40,244,705원				
제경비		(순공사비×50%)		41,726,827원				
개략공사비		순공사비+제경비		125,180,000원(≒일억이천오백만원)				

7.2 유지관리방안

가. 중점 유지관리 사항

본 대상터널의 정밀안전진단 결과 구조의 안전과 직접적인 관련이 있는 결함, 손상 및 열화는 발견되지 않았으나, 유지관리의 효율성과 반복적으로 발생 가능한 현상은 주기적인 점검이 필요하며, 점검 시 확인하여야 할 사항은 다음과 같다.

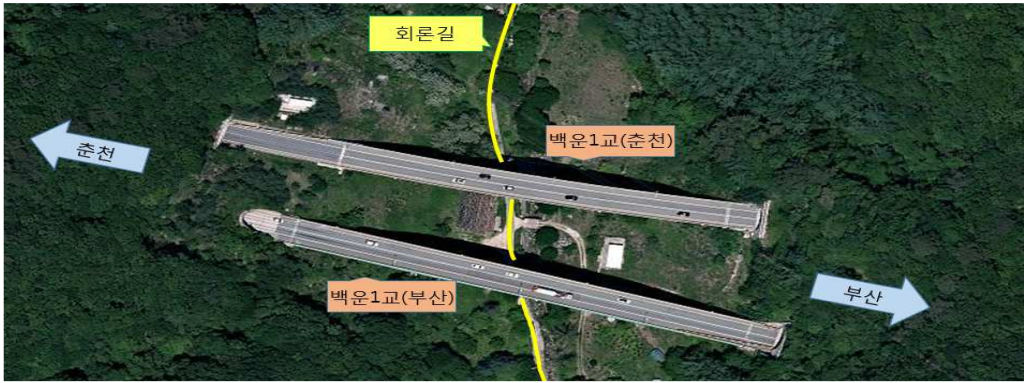
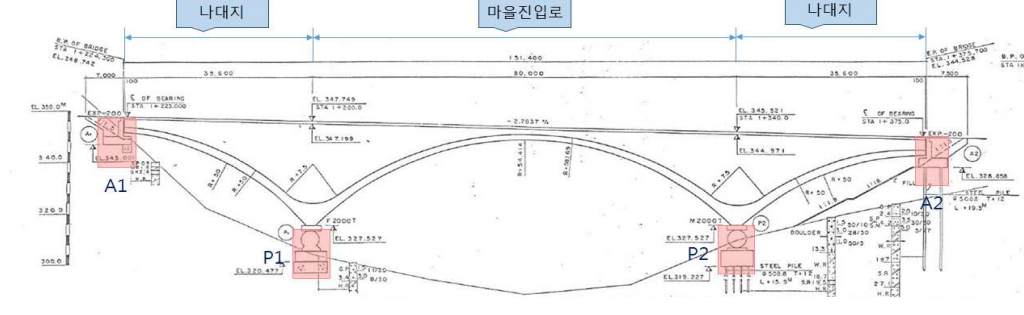
부재	손상유형	손상위치	유지관리내용	비고
바닥판	백태 및 부식	백운1교(부산) S3	• 재포장 보수 후 손상 진전 여부 관찰	
거더	실리콘 마감불량	백운1교(부산) S2	• 우수유입으로 인한 2차 손상 방지를 위한 실링보수 필요	
거더	맞대기 용접 이음부	백운1교(부산) 단면변화부	• 용접부 부식 및 균열 발생 여부	
교대	백태	백운1교(부산) A1	• 표면처리 후 재손상 여부 관찰	
교각	철근노출	백운1교(춘천)	• 철근노출부 손상 진전 여부	
받침장치	부식	백운1교(춘천) A2	• 신축이음 누수에 따른 받침장치 부식 진전 및 가동상태	
신축이음부	유간부족	백운1교(부산) A1	• 온도신축에 의한 손상 발생 여부	

나. 중점유지관리항목 및 점검 흐름도

1) 백운1교(부산)

구 분	세 부 내 용			
위치도				
형하공간 이용현황				
	구분	S1	S2	S3
	이용현황	나대지(급경사)	마을진입로	나대지(급경사)
		S1	S2	S3
조사방법	- 바닥판하면 및 거더 외부 : 바닥판하면 중앙부는 점검통로를 이용하여 조사를 실시하고, 외측부는 고소점검차 및 굴절점검차를 이용한 조사를 실시함 - 교대 및 교각 하부 : 교대(A1) 및 교각(P1, P2)는 도보 접근이 용이하였으나, 교대(A2)는 점검로 미설치로 인해 도보 접근시 어려움이 있어 각별한 주의가 필요함			

2) 백운1교(춘천)

구 분	세 부 내 용			
위치도				
형하공간 이용현황				
	구 분	S1	S2	S3
	이용현황	나대지(급경사)	마을진입로	나대지(급경사)
				
	S1	S2	S3	
조사방법	- 바닥판하면 및 거더 외부 : 바닥판하면 점검통로 미설치로 인해 고소점검차 및 굴절점검차를 이용한 조사를 실시함 - 교대 및 교각 하부 : 교각(P1, P2)는 도로 접근이 용이하였으나, 교대(A1, A2)는 점검로 미설치로 인해 도로 접근시 어려움이 있어 각별한 주의가 필요함 - 하부 고소점검차 접근시 S2(P2측) 일부 구간 임의 경작으로 고소점검차 진입이 불가능한 구간은 디지스코프를 이용한 조사 실시			

8. 종합결론

본 과업대상 시설물인 백운1교(부산, 춘천)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정한 자료를 활용하여 시설물 평가를 실시한 결과 대표등급은 백운1교(부산)은 B등급으로 대체로 양호한 상태이며, 백운1교(춘천)은 C등급으로 일부 발생한 비구조적인 손상을 제외한 대부분의 상태가 특별한 문제점이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 지속적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 시설물의 안전성 및 차량의 안전운행을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.