

목 차

- ◎제출문
- ◎정밀안전진단 결과표
- ◎정밀안전진단 실시결과 요약표
- ◎현황표
- ◎과업참여자명단
- ◎위치도 및 전경사진, 부위별사진

제1장 서론	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 과업내용	3
1.2.1 과업의 범위	3
1.2.2 과업의 기간	3
1.2.3 과업의 내용	4
1.3 과업수행방법	5
1.3.1 과업수행 흐름도	5
1.3.2 과업수행 공정표	6
1.4 대상시설물의 개요	7
1.5 사용장비 및 시험기기 현황	8
1.6 교량 기호의 정의	9
1.7 과업 적용 기준	10
제2장 자료수집 및 분석	11
2.1 관련자료 검토	13
2.1.1 설계도면 검토	14
2.2 기존 정밀안전점검 실시결과	19
2.2.1 주요 점검이력	19
2.2.2 2019년 물곡2교(상, 청평방향) 정밀안전점검 요약	20
2.2.3 전회차 점검 자료분석	21
2.3 보수·보강이력 및 용도변경	21
2.3.1 보수·보강 이력사항	21
2.4 내진 설계 여부확인	21

제3장 현장조사 및 시험	23
3.1 현장조사	25
3.1.1 부위별 주요 항목조사	25
3.1.2 외관조사방향 설정	28
3.1.3 외관조사망도 작성방향	28
3.1.4 부재별 외관조사 결과	31
3.1.5 외관조사 결과분석	66
3.2 내구성 시험	69
3.2.1 개요	69
3.2.2 반발경도	71
3.2.3 초음파 강도	77
3.2.4 철근탐사	81
3.2.5 탄산화	84
3.2.6 염화물 함유량	90
3.2.7 균열깊이 측정	92
3.2.8 도장두께 측정 시험	94
3.2.9 강재비파괴 시험(UT)	96
3.2.10 내구성시험 결과	102
제4장 상태평가	103
4.1 개 요	105
4.2 상태평가 기준	105
4.3 상태평가 항목 및 절차	105
4.3.1 부재별 상태평가 적용범위	105
4.3.2 부재별 상태평가 기준	106
4.3.3 상태평가 절차	112
4.3.4 구조형식별 부재별 가중치	113
4.4 상태평가 결과	114
제5장 재하시험	117
5.1 개요	119
5.1.1 정적 재하시험	120
5.1.2 동적 재하시험	120
5.2 재하시험 계획 및 실행	121
5.2.1 재하시험 장비	121
5.2.2 시험차량 제원 및 축중	121
5.2.3 시험경간의 선정	122
5.2.4 측정 센서의 부착위치	122
5.3 정적재하시험	124

5.3.1 시험방법 및 결과	124
5.4 동적주행시험	129
5.4.1 시험방법 및 결과	129
5.5 재하시험 결과분석	135
5.5.1 재하시험 결과	135
5.5.2 결과 고찰	136
5.6 성능시험(진동 사용성 평가)	137
5.6.1 개요	137
5.6.2 진동 사용성 등급 결정	137
5.6.3 진동 사용성 측정방법	138
5.6.4 측정결과	139
제6장 구조해석 및 안전성평가	141
6.1 개요	143
6.2 구조해석 및 안전성검토	144
6.2.1 구조해석 모델	144
6.2.2 구조해석 조건	145
6.2.3 검토단면	148
6.2.4 거더특성	151
6.2.5 구조해석 결과	156
6.2.6 바닥판 안전성 검토	162
6.3 내하력 평가	168
6.3.1 개요	168
6.3.2 응답비	170
6.3.3 이론 고유진동수	173
6.3.4 응답보정계수	174
6.3.5 공용내하력 평가	175
6.3.6 고찰	175
6.4 안전성 평가등급 산정	176
6.4.1 구조해석에 따른 안전성 평가	176
6.4.2 안전성 평가결과	176
제7장 내진성능평가	177
7.1 내진성능평가 기준	179
7.1.1 개요	179
7.1.2 내진성능평가 지침분석	180
7.1.3 내진성능평가 절차	181
7.1.4 지진해석방법	183
7.1.5 지진력의 조합	183

7.1.6 콘크리트의 재료모델	185
7.1.7 철근의 재료모델	185
7.1.8 소성힌지부의 축방향 철근 겹이음 적용	186
7.1.9 지진구역 및 지진위험도	188
7.2 물곡2교(상, 청평방향) 내진성능평가	190
7.2.1 교량제원	190
7.2.2 구조해석 모델	192
7.2.3 모멘트-곡률 해석	194
7.2.4 지진해석결과	197
7.2.5 교각 기둥부 내진성능평가	200
7.2.6 받침부 내진성능평가	202
7.2.7 기초부 내진성능평가	206
7.2.8 받침 지지길이 평가 결과	207
7.2.9 결론	208
7.3 내진성능보강방안	209
7.3.1 개요	209
7.3.2 내진보강방안 선정기준 및 절차	210
7.3.3 일반적인 보강방법	211
7.4 내진보강공법	218
7.4.1 물곡2교(상, 청평방향)	218
7.4.2 내진보강공법제안	220
7.4.3 내진보강방안 개요도	221
7.4.4 기존 내진설계기준에 따른 내진성능평가	222
7.5 개략공사비	224
7.5.1 전단키 설치시	224
7.5.2 탄성받침 교체시	224
7.6 내진성능평가 결과	225

제8장 종합평가 및 안전등급 지정 227

8.1 종합평가	229
8.1.1 개요	229
8.1.2 종합평가 기준	229
8.1.3 종합평가 결과 산정방법	229
8.1.4 종합평가 결과	231
8.2 안전등급 지정	233
8.2.1 개요	233
8.2.2 안전등급 지정결과	233

제9장 보수·보강 및 유지관리방안	235
9.1 개요	237
9.1.1 일반사항	237
9.1.2 용어의 정의	237
9.2 보수·보강방안	238
9.2.1 개요	238
9.2.2 보수·보강방안	240
9.2.3 손상별 보수·보강방안 및 우선순위 선정	262
9.2.4 개략공사비	263
9.3 유지관리 방안	265
9.3.1 유지관리 업무	265
9.3.2 점검 주기 및 주요 조사내용	266
9.3.3 유지관리 방안	269
제10장 종합결론	273
10.1 개요	275
10.2 점검결과	275
10.2.1 외관조사 결과	275
10.2.2 외관조사 결과분석	276
10.2.3 내구성시험 결과	279
10.2.4 상태평가 결과	280
10.2.5 구조해석 및 안전성평가 결과	280
10.2.6 내진성능평가 결과	280
10.2.7 종합평가 및 안전등급 지정	281
10.3 종합결론 및 건의사항	282

부록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 구조해석 모델링 및 수치해석 자료
4. 측정, 시험, 계측 성과표
5. 상태평가 및 안전성평가 결과자료
6. 내진성능평가 자료
7. 시설물관리대장 사본
8. 사용장비 및 기기의 사진
9. 현황조사 및 외관조사 사진첩
10. 사전조사 자료 일체

표 목 차

【표 1.1】 정밀안전진단 과업의 내용	4
【표 1.2】 예정공정표	6
【표 1.3】 대상 시설물 현황	7
【표 1.4】 투입장비 목록	8
【표 1.5】 교량 기호의 정의	9
【표 2.1】 유지관리자료 보유현황	13
【표 2.2】 정밀안전점검 이력	19
【표 2.3】 전차 정밀안전점검 이력	20
【표 2.4】 금회 진단시 중점조사 항목	21
【표 2.5】 보수·보강 이력사항	21
【표 2.6】 내진설계 여부 확인	21
【표 3.1】 부위별 주요 조사항목	25
【표 3.2】 외관조사 방향	28
【표 3.3】 교면포장 물량표	31
【표 3.4】 교면포장 전차 물량 비교	31
【표 3.5】 방호벽 물량표	34
【표 3.6】 방호벽 전차 물량 비교	34
【표 3.7】 배수시설 물량표	37
【표 3.8】 배수시설 전차 물량 비교	38
【표 3.9】 신축이음 물량표	39
【표 3.10】 신축이음 전차 물량 비교	40
【표 3.11】 지역별 온도변화 범위	43
【표 3.12】 유간 측정결과	44
【표 3.13】 바닥판하면 물량표	45
【표 3.14】 바닥판하면 전차 물량 비교	45
【표 3.15】 거더 물량표	48
【표 3.16】 거더 전차 물량 비교	48
【표 3.17】 가로보 물량표	53
【표 3.18】 가로보 전차 물량 비교	53
【표 3.19】 받침장치 물량표	54
【표 3.20】 받침장치 전차 물량 비교	54
【표 3.21】 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선폭창 계수	56

【표 3.22】 받침장치 검토조건	56
【표 3.23】 받침장치 여유량 조사 결과	57
【표 3.24】 연단거리 검토결과	58
【표 3.25】 교대 및 교각 물량표	59
【표 3.26】 교대 및 교각 전차 물량 비교	60
【표 3.27】 부대시설 물량표	63
【표 3.28】 전차 점검결과 비교	64
【표 3.29】 내구성조사 항목 및 계획	69
【표 3.30】 내구성조사 현황	70
【표 3.31】 슈미트 햄머의 종류	72
【표 3.32】 타격방향에 따른 보정치	72
【표 3.33】 채령에 의한 보정표	73
【표 3.34】 반발경도에 의한 압축강도 추정식 제안	73
【표 3.35】 반발경도 시험결과	73
【표 3.36】 기존자료 비교 분석-반발경도법	75
【표 3.37】 초음파강도 시험결과	80
【표 3.38】 철근탐사 결과	83
【표 3.39】 콘크리트의 종류별 탄산화 비율	85
【표 3.40】 탄산화 속도 영향 인자	86
【표 3.41】 탄산화 상태평가 기준	87
【표 3.42】 탄산화 시험 결과	88
【표 3.43】 기존자료 비교 분석-탄산화시험	89
【표 3.44】 염화물 상태평가 기준	90
【표 3.45】 염화물 함유량 시험 결과	91
【표 3.46】 균열 깊이 측정결과	93
【표 3.47】 도장두께 측정결과	95
【표 3.48】 기존자료 비교 분석-도장두께측정	95
【표 3.49】 결함의 등급분류	97
【표 3.50】 용접부 결함의 합·부 판정기준	97
【표 3.51】 강재 초음파탐상 시험결과	99
【표 4.1】 콘크리트 바닥판 상태평가 기준	106
【표 4.2】 강 거더 상태평가 기준	106
【표 4.3】 강 가로보와 세로보 상태평가 기준	107
【표 4.4】 교대 상태평가 기준	107
【표 4.5】 콘크리트 교각 상태평가 기준	108
【표 4.6】 기초 상태평가 기준	108
【표 4.7】 교량받침 상태평가 기준	109

【표 4.8】 신축이음 상태평가 기준	109
【표 4.9】 교면포장 상태평가 기준	110
【표 4.10】 배수시설 상태평가 기준	110
【표 4.11】 난간 및 연석 상태평가 기준	110
【표 4.12】 탄산화 상태평가 기준	111
【표 4.13】 염화물 상태평가 기준	111
【표 4.14】 결함도 점수 범위에 따른 기준	112
【표 4.15】 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치	113
【표 4.16】 구조별 상태평가 결과표	114
【표 4.17】 개별교량 상태평가 결과표	114
【표 4.18】 전체 상태평가 결과	115
【표 4.19】 기 점검 상태평가 결과 비교	115
【표 5.1】 재하시험 측정기기	121
【표 5.2】 센서의 종류	121
【표 5.3】 재하차량 제원	121
【표 5.4】 재하시험 대상경간	122
【표 5.5】 재하시험 구간 Gauge 번호, 부착위치 및 목적	123
【표 5.6】 정적재하시험 하중 재하 경우	124
【표 5.7】 내측 경간(S2)의 정모멘트부 측정 결과 - 변형률	125
【표 5.8】 외측 경간(S3)의 정모멘트부 측정 결과 - 변형률	125
【표 5.9】 P2의 부모멘트부 측정 결과 - 변형률	125
【표 5.10】 내측 경간(S2)의 정모멘트부 측정 결과 - 변위	126
【표 5.11】 외측 경간(S3)의 정모멘트부 측정 결과 - 변위	126
【표 5.12】 횡방향 거동분포	127
【표 5.13】 속도별 변위 측정결과	131
【표 5.14】 내측 경간(S2) 실측 충격계수	132
【표 5.15】 외측 경간(S3) 실측 충격계수	133
【표 5.16】 실측 고유진동수	134
【표 5.17】 재하시험 결과분석	135
【표 5.18】 진동 사용성의 성능평가 기준	137
【표 5.19】 측정 결과표	139
【표 6.1】 바닥판 하중	146
【표 6.2】 합성후 고정하중	146
【표 6.3】 강박스 거더의 단면성질	151
【표 6.4】 단면력집계	160
【표 6.5】 응력집계	160
【표 6.6】 하중조합에 의한 안전성 검토	161

【표 6.7】 바닥판의 안전성 검토결과	167
【표 6.8】 처짐에 대한 응답비	172
【표 6.9】 변형률에 대한 응답비	172
【표 6.10】 응답보정계수	174
【표 6.11】 공용내하력	175
【표 6.12】 구조물의 안전성 평가기준	176
【표 6.13】 안전성 평가결과	176
【표 7.1】 지진해석 방법	183
【표 7.2】 철근의 강도 및 변형률	185
【표 7.3】 가속도표준설계응답스펙트럼(암반지반S1)	189
【표 7.4】 가속도표준설계응답스펙트럼(토사지반 S2~S5)	189
【표 7.5】 지진보강공법 비교안	220
【표 7.6】 내진보강방안 개요도	221
【표 8.1】 구조별 상태평가 결과표	231
【표 8.2】 전체교량 상태평가 결과표	231
【표 8.3】 안전성 검토결과	232
【표 8.4】 종합평가 결과	232
【표 8.5】 안전등급	233
【표 9.1】 보수·보강 재료 및 공법 선정시 고려사항	239
【표 9.2】 균열 보수재료	241
【표 9.3】 구체처리재의 종류	242
【표 9.4】 단면복구재의 종류	243
【표 9.5】 철근방천처리재의 종류	243
【표 9.6】 철근방청처리재의 특성	243
【표 9.7】 보수재료 선정시 고려사항	244
【표 9.8】 각 항목별 우수 보수재료 선정	244
【표 9.9】 균열 보수(주입공법) 종류	246
【표 9.10】 균열 보수공법 비교안	248
【표 9.11】 주입공법 비교안	249
【표 9.12】 단면복구 사용재료 비교	251
【표 9.13】 폴리머 모르타 최소 품질 기준	251
【표 9.14】 열화부위 치핑 방안 비교	252
【표 9.15】 단면복구 비교표	253
【표 9.16】 기계 및 공구에 의한 SSPS-Sa 2.5 이상 표면처리기준	255
【표 9.17】 보수·보강방안 및 우선순위 선정	262
【표 9.18】 3순위 개략공사비	263
【표 9.19】 개략공사비 합계 (제경비 50% 포함)	264

【표 9.20】 시설물의 안전점검시기	267
【표 9.21】 예방적 유지관리 수준	267
【표 9.22】 각 구조부재별 중요도 및 점검항목	267
【표 9.23】 유지관리시 점검항목	269
【표 10.1】 외관조사 결과	275

그 립 목 차

【그림 1.1】 과업수행 흐름도	5
【그림 1.2】 교량받침장치 기호 예	9
【그림 2.1】 종 · 평면도	14
【그림 2.2】 슬래브 일반도 1	15
【그림 2.3】 교대 A1 일반도	16
【그림 2.4】 교대 A2 일반도	17
【그림 2.5】 교각 일반도	18
【그림 3.1】 외관조사 작성 예 (바닥판 상면)	29
【그림 3.2】 교면포장 전차 물량 비교	32
【그림 3.3】 방호벽 전차 물량 비교	34
【그림 3.4】 배수시설 전차 물량 비교	38
【그림 3.5】 신축이음 전차 물량 비교	40
【그림 3.6】 유간거리 측정방법	42
【그림 3.7】 바닥판하면 전차 물량 비교	46
【그림 3.8】 거더내부 전차 물량 비교	48
【그림 3.9】 거더외부 전차 물량 비교	49
【그림 3.10】 교량받침 상세도	54
【그림 3.11】 받침장치 전차 물량 비교	55
【그림 3.12】 연단거리 측정방법	57
【그림 3.13】 교대 및 교각 전차 물량 비교	60
【그림 3.14】 내구성조사 위치	70
【그림 3.15】 반발경도시험 데이터 분포도(상부)	75
【그림 3.16】 반발경도시험 데이터 분포도(하부)	75
【그림 3.17】 간접법(indirect method)에 의한 초음파 속도의 추정	79
【그림 3.18】 초음파 강도시험 데이터 분포도	80
【그림 3.19】 RC-Radar 원리	81
【그림 3.20】 RC-Radar 탐사절차	82
【그림 3.21】 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘	84
【그림 3.22】 탄산화와 철근콘크리트 수명과의 관계	85
【그림 3.23】 탄산화시험 결과분석	88
【그림 3.24】 염화물 함유량 그래프	91
【그림 3.25】 Tc-To법에 의한 균열깊이의 측정방법	92
【그림 3.26】 Gauge 영점조정	94

【그림 3.27】 Gauge 초기화(Calibration)	94
【그림 3.28】 초음파탐상(사각법)시험 개요도	96
【그림 3.29】 강제 초음파탐상시험 위치도	98
【그림 4.1】 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예	112
【그림 5.1】 정·동적 재하시험 측정체계	119
【그림 5.2】 재하시험의 절차	120
【그림 5.3】 재하차량 제원	121
【그림 5.4】 게이지 부착위치	122
【그림 5.5】 Load Case별 재하위치	124
【그림 5.6】 중립축 위치분석	128
【그림 5.7】 동적 주행 방향 및 위치	129
【그림 5.8】 응답 이력곡선	130
【그림 5.9】 해석 고유진동수	134
【그림 6.1】 물곡2교(상, 청평방향) 중평면도	143
【그림 6.2】 구조해석 모델링(중평면도)	144
【그림 6.3】 구조해석 모델링(중단면도)	144
【그림 6.4】 검토단면	148
【그림 6.5】 합성전 고정하중에 의한 단면력도	156
【그림 6.6】 합성후 고정하중에 의한 단면력도	157
【그림 6.7】 활하중에 의한 단면력도	158
【그림 6.8】 단위모멘트 하중에 의한 모멘트도(영향계수 K)	159
【그림 6.9】 Load Case별 재하도	170
【그림 6.10】 Mode Shape	173
【그림 7.1】 내진성능평가 흐름도	181
【그림 7.2】 Mander 등의 콘크리트 압축응력 변형률 모델	185
【그림 7.3】 철근의 강도 및 변형률	185
【그림 7.4】 물곡2교(상, 청평방향) 평면도	190
【그림 7.5】 물곡2교(상, 청평방향) 중단면도도	190
【그림 7.6】 물곡2교(상, 청평방향) 횡단면도	191
【그림 7.7】 물곡2교(상, 청평방향) 상부 일반도(1)	191
【그림 7.8】 물곡2교(상, 청평방향) 상부 일반도(2)	192
【그림 7.9】 물곡2교(상, 청평방향) 상부 일반도(3)	192
【그림 7.10】 물곡2교(상, 청평방향) 교각	193
【그림 7.11】 물곡2교(상, 청평방향) 교량받침 배치도	193
【그림 7.12】 물곡2교(상, 청평방향) 교량 구조해석 모델링	194
【그림 7.13】 내진보강방안 선정 흐름도	210
【그림 8.1】 종합평가 결과의 산정 흐름도	230

【그림 9.1】 보수·보강방안 선정의 요건	239
【그림 9.2】 보수재료 선정흐름도	240
【그림 9.3】 보수재료의 요건	241
【그림 9.4】 균열 보수(표면처리) 보수개념도	245
【그림 9.5】 균열보수 (표면처리) 시공 순서도	245
【그림 9.6】 균열 보수(주입공법) 개념도	246
【그림 9.7】 균열 보수(주입공법) 시공 순서도 및 상세도	246
【그림 9.8】 균열 보수(충전공법) 개념도	247
【그림 9.9】 균열 보수(충전공법) 시공 순서도	247
【그림 9.10】 단면복구공법 시공개요도	250
【그림 9.11】 시설물의 유지관리 절차	265

사 진 목 차

【사진 3.1】 외관조사 현황	30
【사진 3.2】 교면포장 전경	31
【사진 3.3】 교면포장 외관조사결과	32
【사진 3.4】 방호벽 전경	33
【사진 3.5】 방호벽 외관조사결과	35
【사진 3.6】 배수시설 전경	37
【사진 3.7】 배수시설 외관조사결과	38
【사진 3.8】 신축이음 전경	39
【사진 3.9】 신축이음 외관조사결과	40
【사진 3.10】 신축 유간 조사현황	42
【사진 3.11】 바닥판하면 전경	45
【사진 3.12】 바닥판 외관조사결과	46
【사진 3.13】 거더 전경	47
【사진 3.14】 거더 외관조사결과	49
【사진 3.15】 가로보 전경	53
【사진 3.16】 가로보 외관조사결과	53
【사진 3.17】 받침장치 외관조사결과	55
【사진 3.18】 연단 측정	57
【사진 3.19】 교대 및 교각 전경	59
【사진 3.20】 교대 및 교각 외관조사결과	60
【사진 3.21】 부대시설 전경	63
【사진 3.22】 부대시설 외관조사결과	63
【사진 3.23】 반발경도 측정 현황	64
【사진 3.24】 초음파시험 측정 현황	79
【사진 3.25】 철근탐사 현황	82
【사진 3.26】 탄산화 현황	88
【사진 3.27】 염화물 함유량시험 현황 (시험실 제공)	91
【사진 3.28】 균열 깊이 측정현황	93
【사진 3.29】 도장두께 측정현황	94
【사진 3.30】 강제 초음파탐상시험 현황	99
【사진 3.31】 강제 초음파탐상 output date	100