

목 차

- 제출문
- 정밀안전점검 결과표
- 시설물 현황표
- 참여기술자 명단
- 시설물의 위치도 및 전경
- 요약문

제1장 정밀안전점검의 개요

1.1. 과업의 목적	3
1.2. 시설물의 개요	3
1.2.1. 대상시설물 현황	3
1.2.2. 대상시설물 위치도	4
1.2.3. 관련사진	5
1.3. 점검의 범위 및 내용	6
1.3.1. 과업의 범위	6
1.3.2. 과업수행 기간	6
1.3.3. 과업의 내용	6
1.3.4. 과업의 수행 흐름도	7
1.4. 사용장비 및 기기 현황	8
1.5. 과업의 수행일정	10
1.6. 시설물별 기호 정의	11

제2장 자료수집 및 분석

2.1. 사전조사	15
2.1.1. 개요	15
2.1.2. 대상시설물의 정밀안전점검 실시 범위	15

2.1.3. 유지관리자료 보유 현황	16
2.1.4. 과업의 범위	17
2.1.5. 재료시험 수량	17
2.1.6. 기타 법령, 지침 및 세부지침과의 부합여부	17
2.2. 건설관련 자료 검토	17
2.2.1. 준공도면	18
2.2.2. 구조계산서	29
2.3. 기존 점검 실시결과	31
2.3.1. 기존 점검 실시 현황	31
2.4. 보수·보강이력 및 용도변경 여부 확인	38
2.4.1. 보수 및 보강 이력	38
2.4.2. 용도 변경 여부	38
2.5. 시설물의 내진설계 여부 확인	38
2.5.1. 해석조건	38
2.5.2. 감쇄 경계조건	39
2.5.3. 입력지진파	39
2.5.4. 동적 지반 특성치	40
2.5.5. 콘크리트 라이닝 입력 특성치	40
2.5.6. 측정 위치	40
2.5.7. 해석결과	41
2.5.8. 해석결과물	44
2.6. 자료분석 결과 요약	46
2.6.1. 기초자료 활용	47

제3장 현장조사 및 시험

3.1. 현장조사 개요	51
3.1.1. 개요	51
3.1.2. 터널구조물의 주요 결함 발생원인	55
3.1.3. 측정분할	64

3.2. 현장조사	65
3.2.1. 터널 주변 현황	65
3.2.2. 본선 라이닝	68
3.2.3. 터널 부속시설	81
3.2.4. 능안터널(상) 손상물량 집계표	87
3.2.5. 외관조사 결과 분석	89
3.2.6. 기 점검 결과 비교 분석	91
3.3. 재료시험 및 측정	92
3.3.1. 개 요	92
3.3.2. 콘크리트 강도시험(반발경도시험)	95
3.3.3. 탄산화 깊이 측정	98
3.3.4. 재료시험 결과 분석	100

제4장 상태평가

4.1. 개 요	103
4.2. 상태평가 기준	103
4.2.1. 일반	103
4.2.2. 항목별 세부기준	105
4.2.3. 공중이 이용하는 부위의 상태평가 항목 및 기준	106
4.2.4. 기본시설 결함지수 산정기준	108
4.2.5. 상태평가 결과 산정방법	110
4.3. 상태평가 결과	113
4.3.1. 상태평가 산정 및 결과	114
4.3.2. 전체시설물 상태평가 결과	117
4.3.3. 기 점검결과 비교	120
4.4. 공중이 이용하는 부위 상태평가	122
4.4.1. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위	122
4.4.2. 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과	122

제5장 종합평가 및 안전등급

5.1. 종합평가	125
5.1.1. 개 요	125
5.1.2. 종합평가 결과 산정 방법	125
5.1.3. 종합평가 결과	126
5.2. 안전등급	128
5.2.1. 안전등급 기준	128
5.2.2. 안전등급 지정	128

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1. 개 요	131
6.1.1. 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항	131
6.1.2. 보수·보강 필요성 판단	132
6.1.3. 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정	132
6.1.4. 보수·보강 업무 흐름도	134
6.1.5. 보수재료의 선정	135
6.1.6. 보수·보강 우선순위	136
6.2. 보수·보강 방안	138
6.2.1. 하자보수 방안	139
6.3. 보수·보강공법	140
6.3.1. 균열 보수공법	140
6.3.2. 표면보수	149
6.3.3. 단면보수	151
6.4. 보수방안 및 개략공사비	153
6.4.1. 하자보수 방안 개략공사비	153
6.5. 유지관리 방안	154
6.5.1. 개 요	154
6.5.2. 유지관리 업무 및 흐름	154
6.5.3. 점검주기 및 주요조사항목	156
6.5.4. 점검장비 운용	157
6.5.5. 중점 유지관리 사항	158

7.1. 외관조사 결과	163
7.2. 재료시험 및 측정 결과	166
7.3. 상태평가 결과	166
7.3.1. 상태평가 결과	166
7.3.2. 공중이 이용하는 부위	167
7.4. 종합평가 및 안전등급 지정	167
7.5. 보수·보강 개략공사비	167
7.5.1. 하자보수 개략공사비	167
7.6. 중점유지관리 사항	167
7.7. 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부	167
7.8. 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항	168
7.9. 종합결론	168



부록

1. 과업지시서
2. 외관조사망도
3. 측정, 시험 성과표
4. 상태평가 결과 자료
5. 시설물 관리대장 사본
6. 현황조사 및 외관조사 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진, 검교정 성적서
8. 사전조사 자료일체

표 목 차

<표 1.1> 능안터널(상) 현황	3
<표 1.2> 과업의 내용	6
<표 1.3> 사용장비 및 기기현황	8
<표 1.4> 사용장비 및 기기현황(계속)	9
<표 1.5> 과업의 수행일정	10
<표 2.1> 대상시설물의 정밀안전점검 실시 범위	16
<표 2.2> 자료수집 목록	16
<표 2.3> 구조검토 조건(1)	29
<표 2.4> 구조검토 조건(2)	30
<표 2.5> 2019. 04. 초기안전점검 보고서 결과 요약	31
<표 2.6> 정기안전점검 결과 요약	32
<표 2.7> 정밀안전점검 실시 현황	32
<표 2.8> 정밀안전점검(2021년 06월) 결과 분석(1)	33
<표 2.9> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(2)	34
<표 2.10> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(3)	35
<표 2.11> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(4)	36
<표 2.12> 정밀안전점검(2021년 6월) 결과 분석(5)	37
<표 2.13> 능안터널(상) 보수·보강 이력현황	38
<표 2.14> 내진설계 해석조건	38
<표 2.15> 동적 지반 특성치	40
<표 2.16> 콘크리트 라이닝 입력 특성치	40
<표 2.17> 자료분석 결과요약	46
<표 2.18> 수집자료 활용 항목 및 목적	47
<표 2.19> 기초자료수집 분석결과	47
<표 2.20> 기초자료수집 분석결과	48
<표 3.1> 외관조사 기간 및 내용	52
<표 3.2> 균열의 발생원인 및 시기, 형태별 특징	56
<표 3.3> 균열의 발생원인 및 시기, 형태별 특징(계속)	57
<표 3.4> 균열의 발생원인 및 시기, 형태별 특징(계속)	58

<표 3.5> 균열의 발생원인 및 시기, 형태별 특징(계속)	59
<표 3.6> 터널 라이닝 콘크리트에 균열발생 원인	60
<표 3.7> 터널 라이닝 콘크리트에 균열발생 원인(계속)	61
<표 3.8> 측정분할	64
<표 3.9> 측정분할(계속)	65
<표 3.10> 균열 형태별 총 손상수량 집계	70
<표 3.11> 종방향 균열 손상수량 집계	72
<표 3.12> 횡방향 균열 손상집계	74
<표 3.13> 반원형 균열 손상집계	75
<표 3.14> 사방향 균열 손상집계	76
<표 3.15> 망상균열 손상집계	78
<표 3.16> 재질열화 손상수량 집계	79
<표 3.17> 기타손상 물량표	80
<표 3.18> 기타손상 기 점검 결과와 비교표	80
<표 3.19> 갯문 기 점검 결과와 비교표	82
<표 3.20> 공동구 및 배수시설 물량표	83
<표 3.21> 공동구 및 배수시설 기 점검 결과와 비교표	84
<표 3.22> 포장부 물량표	85
<표 3.23> 포장부 기 점검 결과와 비교표	86
<표 3.24> 손상물량 비교 집계표	87
<표 3.25> 기 점검 손상물량 비교표	88
<표 3.26> 외관조사 결과 분석(1)	89
<표 3.27> 외관조사 결과 분석(2)	90
<표 3.28> 외관조사 결과 분석(3)	91
<표 3.29> 재료시험 및 측정 내용	92
<표 3.30> 재료시험 및 측정항목 기준	92
<표 3.31> 재료시험 수량	93
<표 3.32> 반발경도시험 주요내용(1)	95
<표 3.33> 반발경도시험 주요내용(2)	96
<표 3.34> 콘크리트 강도시험 결과	96
<표 3.35> 기 점검 및 금회 콘크리트 강도시험 결과 비교	97
<표 3.36> 탄산화 깊이 측정 주요내용	98
<표 3.37> 탄산화 깊이 측정 결과	99

<표 3.38> 기 점검 및 금회 탄산화 잔여깊이 결과 비교	99
<표 3.39> 재료시험 및 측정 결과 분석	100
<표 4.1> 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류	104
<표 4.2> 터널 상태평가 항목	104
<표 4.3> 터널 라이닝의 항목별 상태평가 세부기준(1)	105
<표 4.4> 터널 라이닝의 항목별 상태평가 세부기준(2)	106
<표 4.5> 추락방지시설 상태평가기준	106
<표 4.6> 도로포장 상태평가기준	106
<표 4.7> 도로부 신축이음부 상태평가기준	107
<표 4.8> 환기구 등의 덮개 상태평가기준	107
<표 4.9> NATM터널(무근콘크리트 라이닝) 산정기준	108
<표 4.10> NATM터널(철근콘크리트 라이닝, 지하역사 포함) 산정기준	109
<표 4.11> 부대시설의 가충치	111
<표 4.12> 상태평가 결과 기준	113
<표 4.13> 개착구간 결합지수 산정	114
<표 4.14> NATM 구간 철근콘크리트 라이닝 결합지수 산정	114
<표 4.15> NATM 구간 무근콘크리트 라이닝 결합지수 산정	114
<표 4.16> 개착구간 상태평가 결과 산정	115
<표 4.17> NATM 구간 철근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정	115
<표 4.18> NATM 구간 무근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정	115
<표 4.19> 터널 주변상태 결합점수 산정	116
<표 4.20> 개착구간 상태평가 결과 산정	116
<표 4.21> 철근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정	117
<표 4.22> 무근콘크리트 라이닝 상태평가 결과 산정	117
<표 4.23> 상태평가 결과	118
<표 4.24> 전체 구간 상태평가 결과	120
<표 4.25> 무근 콘크리트 라이닝 결합점수 변경 및 사유	121
<표 4.26> 철근 콘크리트 라이닝 결합점수 변경 및 사유	121
<표 4.27> 공중이 이용하는 부위 상태평가 결과 산정	122
<표 5.1> 능안터널(상) 종합평가 결과(1)	126
<표 5.2> 능안터널(상) 종합평가 결과(2)	127
<표 5.3> 시설물의 안전등급	128
<표 5.4> 안전등급 지정	128

<표 6.1> 보수·보강 방안에 따른 검토사항	131
<표 6.2> 시설물안전법 시행령 제18조에 의한“대통령령으로 정하는 중대한 결함” 유무 ·	133
<표 6.3> 보수 · 보강 우선순위 선정 기준(서울특별시 도시안전실, 2014. 09)	136
<표 6.4> 보수 · 보강 우선순위 선정 기준(서울특별시 도시안전실, 2014. 09)(계속)	137
<표 6.5> 2순위 손상 내용	137
<표 6.6> 3순위 손상 내용	138
<표 6.7> 건설공사의 종류별 하자담보책임기간(제30조관련)	138
<표 6.8> 주요 손상 및 하자보수 방안	139
<표 6.9> 균열 $cw=0.3mm$ 이상 균열보수공법 선정 사항	140
<표 6.10> 균열 $cw=0.3mm$ 미만 균열보수공법 선정 사항	140
<표 6.11> 작업 종료 후의 검사 항목	141
<표 6.12> 주입공법 시공 개요	142
<표 6.13> 균열 보수재료의 종류와 보수공법	143
<표 6.14> 무기계 균열 주입재의 품질기준	144
<표 6.15> 수지계 균열 주입재의 품질기준(1)	145
<표 6.16> 수지계 균열 주입재의 품질기준(2)	146
<표 6.17> 균열폭에 따른 에폭시 주입재료의 품질	146
<표 6.18> 에폭시 주입수지의 소요점성도	146
<표 6.19> 표면처리재의 품질기준	147
<표 6.20> 표면보수공법 시공개요도	149
<표 6.21> 표면보수 재질에 따른 성능 비교표	151
<표 6.22> 하자보수 개략공사비	153
<표 6.23> 점검주기 및 주요조사항목	156
<표 6.24> 점검장비 종류	157
<표 6.25> 점검시 구조부재별 중점 유지관리 항목	158
<표 6.26> 점검시 구조부재별 중점 유지관리 항목	159
<표 6.27> 각 부재별 점검사항(1)	159
<표 6.28> 각 부재별 점검사항(2)	160
<표 7.1> 상태평가 결과	166
<표 7.2> 하자보수 개략공사비	167

그림 목 차

<그림 1.1> 능안터널(상) 위치도	4
<그림 1.2> 능안터널(상) 관련사진	5
<그림 1.3> 과업 수행 흐름도	7
<그림 1.4> 터널 시설물 기호의 정의	11
<그림 2.1> 능안터널(상) 종·평면도	18
<그림 2.2> 능안터널(상) 표준단면도(1)	19
<그림 2.3> 능안터널(상) 표준단면도(2)	20
<그림 2.4> 능안터널(상) 표준지보패턴도	21
<그림 2.5> 능안터널(상) 콘크리트 라이닝 구조도(1)	22
<그림 2.6> 능안터널(상) 콘크리트 라이닝 구조도(2)	23
<그림 2.7> 능안터널(상) 개착터널 표준단면도	24
<그림 2.8> 능안터널(상) 개착터널 구조도(1)	25
<그림 2.9> 능안터널(상) 개착터널 구조도(2)	26
<그림 2.10> 능안터널(상) 시점부 갯문 일반도	27
<그림 2.11> 능안터널(상) 종점부 갯문 일반도	28
<그림 2.12> 터널 경계조건 도해	39
<그림 2.13> 입력 지진파	39
<그림 2.14> 해석 측정위치	40
<그림 2.15> 천단변위 변위도	41
<그림 2.16> 내공변위 변위도	42
<그림 2.17> 라이닝 응력도	43
<그림 2.18> 지반 응력도	44
<그림 2.19> 라이닝 발생변위 및 지반 가속도	45
<그림 3.1> 현장조사 현황	52
<그림 3.2> 능안터널(상) 위치도	53
<그림 3.3> 능안터널(상) 구조물 현황	54
<그림 3.4> 박리·박락 발생원인	63
<그림 3.5> 능안터널(상) 지보패턴	68

<그림 3.6> 능안터널(상) 지보패턴(상세)	69
<그림 3.7> 능안터널(상) 라이닝 전경	69
<그림 3.8> 능안터널(상) 라이닝 균열발생 패턴	70
<그림 3.9> 터널구조물에서의 일반적인 균열 발생 원인	72
<그림 3.10> 횡방향 균열 발생 개요	73
<그림 3.11> 재료시험 및 측정 위치도	93
<그림 3.12> 재료시험 측정전경	94
<그림 3.13> 콘크리트 강도시험 결과	97
<그림 3.14> 탄산화깊이 측정 결과	99
<그림 4.1> 상태평가를 위한 라이닝 시공방법에 따른 터널의 기본시설 분류	103
<그림 4.2> 상태평가 결과 산정절차	112
<그림 4.3> 상태평가 라이닝 상태지수 분포도	119
<그림 5.1> 종합평가 결과의 산정 흐름도	125
<그림 6.1> 보수공법의 적용시기	133
<그림 6.2> 보수·보강의 업무 흐름도	134
<그림 6.3> 표면보수공법 시공순서도	150
<그림 6.4> 단면보수공법 시공개요도	152