

2007년 터널 실무자료집

순번	문서번호	날짜	제목	비고
1	설계처 - 527	2007. 02	육상부 암발파 설계 및 계측 적용기준 검토	
2	설계처 - 1106	2007. 04	터널 록볼트 정착기준 개선	
3	설계처 - 1428	2007. 05	개착터널 라이닝 설계기준(상시) 수립	
4	시설처 - 1628	2007. 06	터널 조명회로 개선 시행	
5	시설처 - 1822	2007. 07	터널내 표시등 시설개선 검토	
6	시설처 - 2022	2007. 08	터널내 비상조명등 개선 검토	
7	교통처 - 3107	2007. 08	터널 입출구 분리구간 조기개방시설 검토	
8	설계처 - 2311	2007. 08	각기비탈면 보강 록볼트 설계기준 검토	
9	설계처 - 2747	2007. 09	터널 입출구부 선형분리구간 중앙분리대용 가드레일 설치기준 검토	
10	기술심사실-1640	2007. 10	터널 피난연락갱 설치구간의 본선 교차부 굴착 보강방안	
11	시설처 - 2529	2007. 10	터널 소화전함 규격 변경	
12	설계처 - 2940	2007. 10	비탈면 보호용 슛크리트에 대한 뽑어붙이기 단가 적용 검토	
13	설계처 - 3076	2007. 10	터널 맹암거 유공관 설계기준 검토	
14	건설환경실-2409	2007. 11	터널 유출수 종합관리 대책	
15	설계처 - 3394	2007. 11	수해예방을 위한 산지부 도로설계 기준 개선	
16	설계처 - 3481	2007. 12	터널 갯문부 임시 비탈면 보강방안 검토	
17	시설처 - 3444	2007. 12	중규모 터널 방재시설 설치기준	

1. 검토배경

건설교통부에서 잠정적으로 적용했던 암발파 설계 및 시험발파 잠정지침(안)(‘03. 3)을 보완하여 「도로공사 노천발파 설계·시공 지침」(‘06.12)을 제정함에 따라 우리공사 육상부 암발파 설계 및 계측 적용기준을 검토코자 함

2. 추진경위

- ‘03. 2. : 암발파 설계 및 시험발파 잠정지침(안) 제정(건설교통부)
- ‘04. 4.22 : 육상부 암발파 설계 및 계측 기준 (설계구10201-122)
- ‘06.12. : 도로공사 노천발파 설계·시공 지침 제정(건설교통부)

3. 주요 개정사항

가. 표준발파공법 TYPE 1

기 준	변 경
암파쇄 굴착공법 · 미진동파쇄 · 브레이커 · 유압JACK 등	미진동 굴착공법 · 브레이커 · 최소단위이하 발파 · 미진동파쇄 · 유압JACK 등

나. 설계 발파진동 추정식

기 준	변 경
$v = 160 \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.60}$	$v = 200 \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.60}$

· v : 진동속도(cm/s)

· D : 폭원으로부터 이격거리(m)

· W : 지발당 최대장약량(kg)

다. 거리~지발당 장약량 조건표

: 설계 발파진동 추정식 변경에 따라 거리~지발당 장약량 조건표 변경

단 위 : kg

적용공법	진동속도 이격거리(m)	0.1 cm/s	0.2 cm/s	0.3 cm/s	0.5 cm/s	1.0 cm/s	5.0 cm/s	적용공법
TYPE I 미진동 굴착공법	5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.25	TYPE II
	10	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.99	TYPE III
	15	0.02	0.04	0.07	0.13	0.30	2.24	TYPE IV
	20	0.03	0.07	0.12	0.22	0.53	3.98	TYPE V
	25	0.05	0.11	0.18	0.35	0.83	6.21	일반발파
	30	0.07	0.16	0.27	0.50	1.20	8.95	일반발파
TYPE II 정밀진동 제어발파	40	0.12	0.28	0.47	0.89	2.13	15.9	TYPE VI 대규모발파
	50	0.19	0.44	0.74	1.40	3.32	24.9	
	60	0.27	0.64	1.06	2.01	4.79	35.8	
	70	0.37	0.87	1.45	2.74	6.51	48.7	
TYPE III 소 규모 진동제어	80	0.48	1.14	1.89	3.58	8.51	63.6	
	90	0.61	1.44	2.39	4.53	10.8	80.5	
	100	0.75	1.78	2.95	5.59	13.3	99.4	
	110	0.90	2.15	3.57	6.76	16.1	120	
	120	1.08	2.56	4.25	8.05	19.1	143	
	130	1.26	3.01	4.99	9.45	22.5	168	
TYPE IV 중 규모 진동제어	140	1.47	3.49	5.79	11.0	26.1	195	
	150	1.68	4.00	6.64	12.6	29.9	224	
	160	1.91	4.55	7.56	14.3	34.0	254	
	170	2.16	5.14	8.53	16.2	38.4	287	
	180	2.42	5.76	9.56	18.1	43.1	322	
	190	2.70	6.42	10.7	20.2	48.0	359	
	200	2.99	7.11	11.8	22.4	53.2	398	
	210	3.30	7.84	13.0	24.7	58.6	438	
	220	3.62	8.61	14.3	27.1	64.4	481	
	230	3.96	9.41	15.6	29.6	70.3	526	
TYPE V 일반발파	240	4.31	10.2	17.0	32.2	76.6	573	
	250	4.67	11.1	18.4	34.9	83.1	621	
	260	5.05	12.0	20.0	37.8	89.9	672	
	270	5.45	13.0	21.5	40.8	96.9	725	
	280	5.86	13.9	23.1	43.8	104	779	
TYPE VI	290	6.29	15.0	24.8	47.0	112	836	
	300	6.73	16.0	26.6	50.3	120	895	
TYPE VI	450	15.1	36.0	59.8	113	269	2013	

0.06	미진동 굴착공법	0.25	정밀진동제어발파	1.00	소규모 진동제어발파
3.00	중규모진동제어발파	7.50	일반발파	20.0	대규모발파

- 【주】 1. 위 발파공법별 적용거리 기준 및 지발당 장약량은 실제 발파진동 추정식 $v=200(D/\sqrt{W})^{-1.6}$ 에 의하여 설정한 것으로, 발파 대상 현장의 암반특성 및 관리 대상 보안물건의 특성에 따라 증·감될 수 있다.
2. 발파소음의 제어는 지반진동보다 훨씬 어려우므로 만약, 발파소음에 민감한 가축 사육시설 또는 요양원, 종교시설 등이 근접한 경우에는 별도 공법을 적용할 수 있다.
3. TYPE별 공법 설계는 상기기준에 맞게 하되 현장여건에 따라 조정할 수 있다.
4. 발파진동은 보안물건의 노후도나 상태, 암반상태, 진동주파수 등에 따라 달라지므로, 설계자 및 발파자는 보안물건상태, 현장 조건과 관련법규 등을 검토하여 발파진동 허용기준치를 설정하고 이에 대한 이격거리별 지발당장약량을 산정하여야 한다.

라. 표준발파공법별 분류기준

구분	TYPE I 미진동 굴착공법	TYPE II 정밀진동 제어발파	TYPE III-IV 진동제어발파		TYPE V 일반발파	TYPE VI 대규모 발파
			소규모	중규모		
공법개요	보안물건 주변에서 TYPE II 공법 이내 수준으로 진동을 저감시킬 수 있는 공법으로서 대형 브레이커로 2차 파쇄를 실시하는 공법	소량의 폭약으로 암반에 균열을 발생시킨 후, 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 존재하는 경우 “시험발파” 결과에 의해 발파설계를 실시하여 규제기준을 준수할 수 있는 공법		1공당 최대 장약량이 발파 규제기준을 충족시킬 수 있을 만큼 보안물건과 이격된 영역에 대해 적용하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 전혀 존재하지 않는 산간 오지 등에서 발파효율만을 고려하는 공법
주 사용폭약 또는 화공품	최소단위미만폭약 미진동파쇄기 미진동파쇄약 등	에멀전 계열 폭약	에멀전 계열 폭약		에멀전 계열 폭약	주폭약:초유폭약 기폭약:에멀전
지발당장약량범위 (kg)	폭약기준 0.125 미만	0.125 이상 0.5 미만	0.5 이상 1.6 미만	1.6 이상 5.0 미만	5.0 이상 15.0 미만	15.0 이상
천공직경	φ51mm 이내	φ51mm 이내	φ51mm 이내	φ76mm	φ76mm	φ76mm 이상
천공장비	공기압축기식 크롤러 드릴 또는 유압식 크롤러 드릴 선택 사용					
표준패턴	미진동 굴착공법	정밀진동 제어발파	진동제어발파		일반발파	대규모 발파
			소규모	중규모		
천공깊이 (m)*	1.5	2.0	2.7	3.4	5.7	8.7
최소저항선 (m)*	0.7	0.7	1.0	1.6	2.0	2.8
천공간격 (m)*	0.7	0.8	1.2	1.9	2.5	3.2
표준 지발당 장약량(kg)	-	0.25	1.0	3.0	7.5	20.0
파쇄 정도	균열만 발생 (보통암 이하)	파쇄 + 균열	파쇄 + 균열		파쇄 + 대괴	파쇄 + 대괴
계측관리	필수	필수	필수		선택	선택
발파보호공	필수	필수	필수		불필요	불필요
2차 파쇄	대형브레이커 적용	대형브레이커 적용	-		-	-

※ 천공 깊이, 최소저항선, 천공간격 지수 등은 평균적으로 제시한 수치이며, 공사시행 전에는 시험발파에 따라 현장별로 검토·적용할 것.

마. 발파설계- 장약량별 발파패턴 선정

보안물건에 대한 발파진동·소음 허용기준치 설정



보안물건과의 이격거리⇒사거리 기준



보안물건과의 이격거리와 진동수준에 적합한 지발당장약량 산출

설계발파 진동추정식

$$V=200(D/W^{\frac{1}{3}})^{-1.6}$$



발파설계(실시설계) : 장약량별 발파패턴 선정

구분	TYPE-I	TYPE-II	TYPE-III	TYPE-IV	TYPE-V	TYPE-VI
발파공법	미진동 굴착공법	정밀진동 제어발파	소규모 진동제어	중규모 진동제어	일반발파	대규모 발파
지발당 허용 장약량(kg/delay)	폭약기준 0.125미만	0.125이상 0.5미만	0.5이상 1.6미만	1.6이상 5.0미만	5.0이상 15.0미만	15.00이상



발파원과 보안물건과의 사거리 기준으로 발파물량을 구하여 공사비 산출

바. 시험발파방법 계측기 설치대수

기 준	변 경
계측기 3~4대 이상 설치	계측기 5대 이상 설치

사. 시험발파 결과분석

기 준	변 경(항목추가)
(1) 분석방법 (2) 시험발파에 대한 결과 분석내용 (3) 발파진동 추정식의 산출을 위해서는 통계적 의미가 있는 수의 측정자료가 필요하므로 적어도 30점 이상의 자료를 측정하여 회귀분석의 신뢰도를 높인다.	(1) 분석방법 (2) 시험발파에 대한 결과 분석내용 (3) 발파진동 추정식의 산출을 위해서는 통계적 의미가 있는 수의 측정자료가 필요하므로 적어도 30점 이상의 자료를 측정하여 회귀분석의 신뢰도를 높인다. (4) 계측결과 추정식의 상관계수가 0.70에 미치지 못하는 경우에는 시험발파를 다시 실시하여야 한다.

아. 발파소음·진동 규제기준 (관련법 개정)

: 「소음진동규제법 시행규칙」 개정에 따라 항목추가

기 준	변 경(항목추가)
	<비 고> 7. 공사장의 규제기준 중 다음 지역은 공휴일에 한하여 -5dB를 규제기준치에 보정한다. 가. 주거지역 나. 「의료법」에 따른 종합병원, 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교 및 「도서관 및 독서진흥법」에 따른 공공도서관의 부지경계로부터 직선거리 50m 이내의 지역

4. 지침 적용상 문제점

○ 계측비용의 설계반영 및 공사시 계측이 도공기준과 상이

구분		건교부지침('06.12)	도공기준('04. 4)	비 고
시험 발파 계측	실시 설계시 반영 기준	4km마다 1회씩 반영	각 공구당 1회를 기본적으로 반영하며, Type I, II, III, IV이 적용된 경우 보안물건까지의 거리, 지형 및 암반 특성을 고려하여 추가 적용함.	
	공사시 시행기준	시험발파후 설계변경 수행	1.설계시 반영한 시험발파수량의 적정성검토 후 조정 2.민원 발생시 추가 시험발파 수행 3.시험발파후 최적의 발파진동 추정식에 따라 경제성을 고려하여 설계변경시행	
관리 계측		매 발파시 계측	필요시 계측	

- 시험발파계측 : 발파시 30점이상의 계측결과를 이용하여 진동속도 측정식을 산출하기 위한 계측
- 관리계측 : 발파시 보안물건의 주요지점에서만 수행하는 계측

5. 검토결론

- 잠정지침을 보완한 「도로공사 노천발파 설계·시공 지침」(건교부)을 적용하되
 - 시험발파 계측에 대하여는 도공기준 적용 : TypeIV 추가반영
 - 각 공구당 1회를 기본적으로 반영하며, Type I, II, III, IV이 적용된 경우 보안물건까지의 거리, 지형 및 암반 특성을 고려하여 추가 적용함.
 - 관리계측에 대하여는 건교부 지침 적용
 - 매 발파시 계측

6. 적 용 방 안

- 설계중인 노선 : 적용
- 설계완료된 노선 : 보완 및 발주설계시 적용
- 공사중인 노선 : 공사 주관부서 및 시행부서에서 판단하여 적용

붙임 : 1. 계측관리 기준

2. 육상부 암발파 설계 및 계측방안

계측관리 기준

□ 계측 관리

발파시 지반의 진동속도 및 소음도는 발파방법, 기폭방법, 지반의 탄성계수, 발생한 파의 주파수, 지하수위, 각 지층의 감쇠특성 및 지형학적 조건 등에 따라 달리 나타나므로 계측비용의 설계반영 및 공사시 계측은 다음과 같이 수행함.

o 시험발파 계측

- 실시설계시

암발파가 설계에 반영되는 각 공구마다 1회를 기본적으로 반영하며, 암파쇄굴착공법(Type I), 정밀진동제어발파공법(Type II) 및 진동제어발파(소규모·중규모, Type III·Type IV)가 반영된 지점의 위치, 보안물건과의 거리, 지형 및 암질을 고려하여 추가 필요지점을 선정하여 반영함.

- 공사시

실시설계시 반영된 위치 및 횟수를 검토하여 적정위치에 시험계측을 수행하되 발파다입에 관계없이 민원이 예상되는 구간에 대하여는 추가 수행이 가능하며, 시험발파 결과에 산출된 최적의 진동 추정식에 따라 경제성을 고려하여 발파공법 및 임시방음시설 설계변경 여부를 결정함.

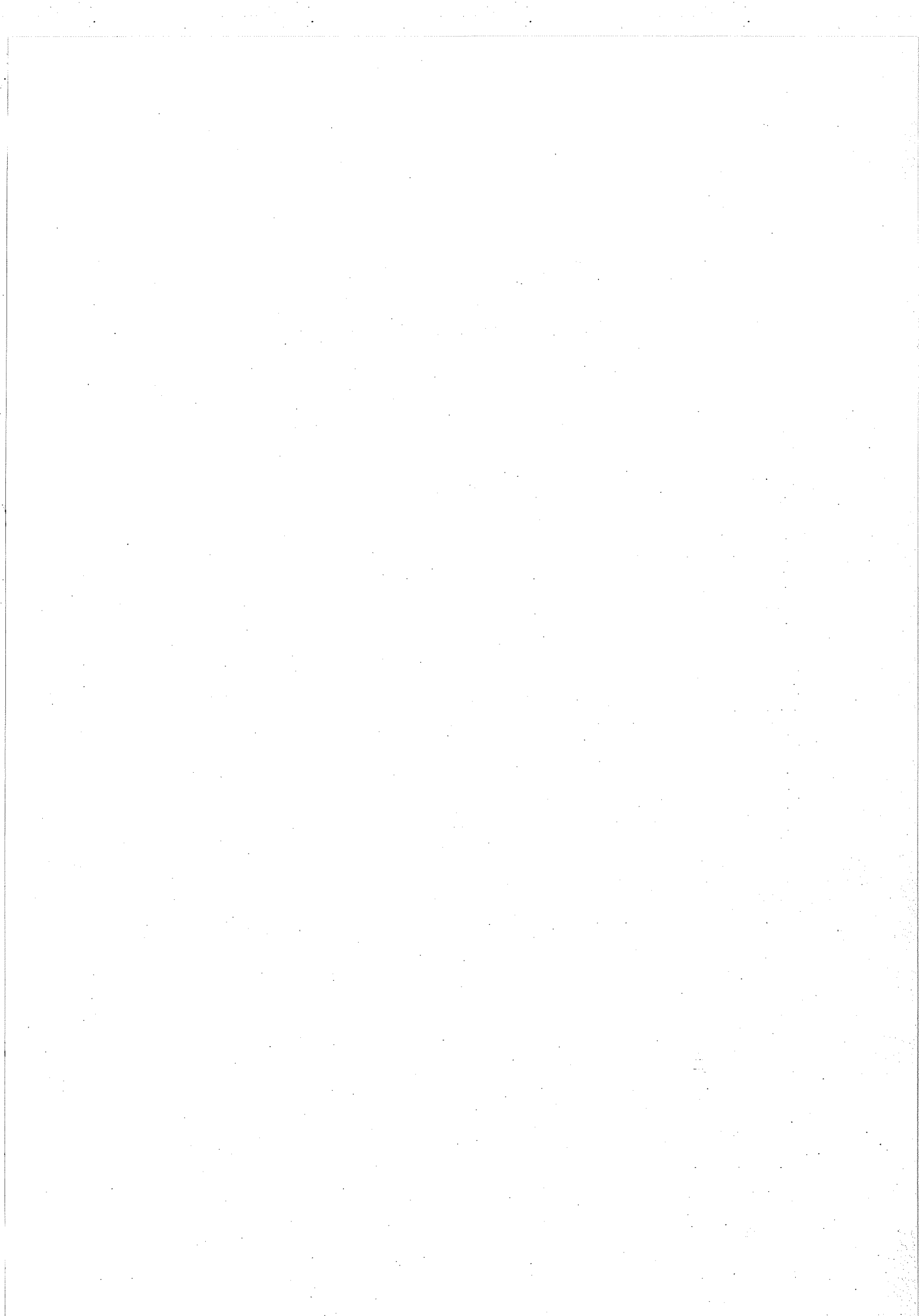
o 관리 계측

발파시 진동속도 및 소음을 확인하기 위하여 매 발파시 보안물건에서 계측을 수행함.

육상부 암발파 설계 및 계측방안

2007. 2

한국도로공사



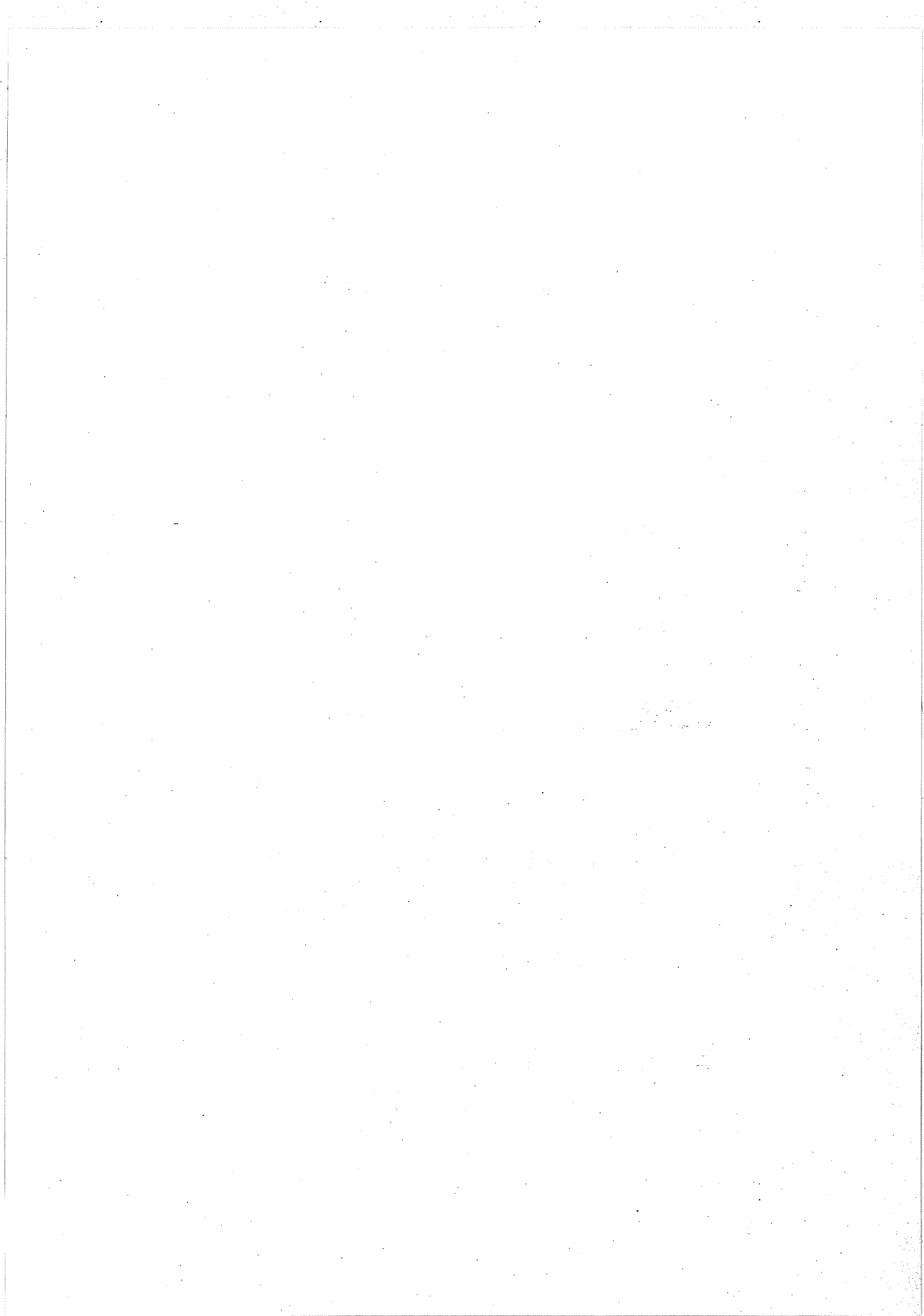
목 차

1. 적용범위

2. 암발파 설계방법

3. 시험 발파

4. 발파진동 및 소음 계측관리



1. 적용범위

본 기준은 노천에서 시행하는 암발파 설계와 시험발파시 적용하며, 발파영향권내의 학교, 종교시설등 정온시설물과 소음에 민감한 가축등에 대하여는 별도의 기준을 적용할 수 있다.

2. 암발파 설계방법

2.1 현장 조사와 발파진동 및 소음 허용기준

2.1.1 현장 조사

암발파 영향이 미칠 것으로 예상되는 보안물건에 대하여 다음과 같은 사항을 조사하여야 한다.

- (1) 건물과 구조물의 용도와 주거 및 문화재 지정 여부
- (2) 건물과 구조물의 구조형태, 노후정도, 균열발생 상태 등
- (3) 건물과 구조물의 기초 및 지반 상태
- (4) 건물내의 특수 시설물에 대한 용도 및 기종
- (5) 가축의 종류 및 사육 두수 등
- (6) 기타 발파작업으로 인한 피해 영향이 예상되는 시설물

2.1.2 보안물건별 발파진동속도 설계 적용기준

구분	가축류등	유적, 문화재, 컴퓨터시설물	새래 주택 (조식식, 목재)	주택, 아파트 (R.C조)	상업용 건축물	콘크리트 건물 및 공장
진동기준치 (cm/sec)	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.0~4.0

단, 발파 소음에 민감한 가축사육시설, 요양원 또는 종교시설 등 현장조사결과 상기의 기준을 적용하는 것이 곤란한 경우 별도의 설계기준을 적용한다.

2.1.3 환경부 소음·진동 규제법의 발파소음·진동 규제기준(제29조의 2제3항관련)

(1) 생활소음 규제기준 (2008년 12월 31일까지)

[단위:dB(A)]

대 상 지 역	시간별		아침, 저녁 (05:00-08:00, 18:00-22:00)	낮 (08:00- 18:00)	밤 (22:00- 05:00)
	소음원				
주거지역, 녹지지역, 관리지역중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥 지구, 자연환경보 전지역, 그밖의 지역 안에 소재한 학교· 병원·공공도서관	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장·사업장		50 이하	55 이하	45 이하
	공 사 장		65 이하	70 이하	55 이하
그 밖의 지역	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공장·사업장		60 이하	65 이하	55 이하
	공 사 장		70 이하	75 이하	55 이하

비 고

1. 소음의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
2. 대상지역의 구분은 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 의한다.
3. 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
4. 실외에 설치한 확성기의 사용은 1회 3분 이내로 하여야 하고, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.
5. 공사장의 소음규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간 이하일 때는 +10dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
6. 발파소음의 경우 주간에 한하여 규제기준치(광산의 경우 사업장 규제기준)에 +10dB을 보정한다.
7. 공사장의 규제기준 중 다음 지역은 공휴일에 한하여 -5dB를 규제기준치에 보정한다.
 - 가. 주거지역
 - 나. 「의료법」에 따른 종합병원, 「초·중등교육법」 및 「고등교육법」에 따른 학교 및 「도서관 및 독서진흥법」에 따른 공공도서관의 부지경계로부터 직선거리 50m 이내의 지역

(2) 생활진동 규제기준

[단위 : dB(V)]

대상지역 \ 시 간 별	주 간 (06:00-22:00)	심 야 (22:00-06:00)
주거지역, 녹지지역, 관리지역중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역안에 소재한 학교·병원·공공도서관	65 이하	60 이하
그 밖의 지역	70 이하	65 이하

비 고

1. 진동의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
2. 대상지역의 구분은 국토의계획및이용에관한법률에 의한다.
3. 규제기준치는 생활진동의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
4. 공사장의 진동규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간이하일 때는 +10dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.
5. 발파진동의 경우 주간에 한하여 규제기준치에 +10dB을 보정한다.

2.1.4 발파원과 보안물건간의 이격거리 조사

공사의 효율성과 민원발생 방지를 위하여 발파원에서부터 보안물건까지의 사거리를 기준으로 산출한다.

2.2 발파진동 추정식 및 거리~지발당장약량 조건표

2.2.1 설계 발파진동 추정식

- (1) 설계단계에서 적용하는 진동 추정식은 아래와 같다.

$$V = 200 \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6} \dots\dots\dots \text{발파진동추정식}$$

여기서, V : 진동속도 (cm/sec), D : 폭원으로부터 보안물건까지 이격거리(m)
 W : 지발당 장약량 (kg)

2.2.2 표준 발파공법별 분류 기준

구분	TYPE I 미진동 굴착공법	TYPE II 정밀진동 제어발파	TYPE III-IV 진동제어발파		TYPE V 일반발파	TYPE VI 대규모 발파
			소규모	중규모		
공법개요	보안물건 주변에서 TYPE II 공법 이내 수준으로 진동을 저감시킬 수 있는 공법으로서 대형 브레이커로 2차 파쇄를 실시하는 공법	소량의 폭약으로 암반에 균열을 발생시킨 후, 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 존재하는 경우 “시험발파” 결과에 의해 발파설계를 실시하여 규제기준을 준수할 수 있는 공법		1공당 최대 장약량이 발파 규제기준을 충족시킬 수 있을 만큼 보안물건과 이격된 영역에 대해 적용하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 전혀 존재하지 않는 산간 오지 등에서 발파효율만을 고려하는 공법
주 사용폭약 또는 화공품	최소단위미만폭약 미진동파쇄기 미진동파쇄약 등	에멀전 계열 폭약	에멀전 계열 폭약		에멀전 계열 폭약	주폭약:초유폭약 기폭약:에멀전
지발당장약량범위 (kg)	폭약기준 0.125 미만	0.125 이상 0.5 미만	0.5 이상 1.6 미만	1.6 이상 5.0 미만	5.0 이상 15.0 미만	15.0 이상
천공직경	φ51mm 이내	φ51mm 이내	φ51mm 이내	φ76mm	φ76mm	φ76mm 이상
천공장비	공기압축기식 크롤러 드릴 또는 유압식 크롤러 드릴 선택 사용					
표준패턴	미진동 굴착공법	정밀진동 제어발파	진동제어발파		일반발파	대규모 발파
			소규모	중규모		
천공깊이 (m)*	1.5	2.0	2.7	3.4	5.7	8.7
최소저항선 (m)*	0.7	0.7	1.0	1.6	2.0	2.8
천공간격 (m)*	0.7	0.8	1.2	1.9	2.5	3.2
표준 지발당 장약량(kg)	-	0.25	1.0	3.0	7.5	20.0
파쇄 정도	균열만 발생 (보통암 이하)	파쇄 + 균열	파쇄 + 균열		파쇄 + 대파	파쇄 + 대파
계측관리	필수	필수	필수		선택	선택
반파보호공	필수	필수	필수		불필요	불필요
2차 파쇄	대형브레이커 사용	대형브레이커 적용	-		-	-

※ 천공 깊이, 최소저항선, 천공간격 치수 등은 평균적으로 제시한 수치이며, 공사시행 전에는 시험발파에 따라 현장별로 검토·적용할 것.

2.2.3 거리~지발당 장약량 조건표

단 위 : kg

적용공법	진동속도 이격거리(m)	0.1 cm/s	0.2 cm/s	0.3 cm/s	0.5 cm/s	1.0 cm/s	5.0 cm/s	적용공법
TYPE I 미진동 굴착공법	5	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.25	TYPE II
	10	0.01	0.02	0.03	0.06	0.13	0.99	TYPE III
	15	0.02	0.04	0.07	0.13	0.30	2.24	TYPE IV
	20	0.03	0.07	0.12	0.22	0.53	3.98	
	25	0.05	0.11	0.18	0.35	0.83	6.21	TYPE V 일반발파
	30	0.07	0.16	0.27	0.50	1.20	8.95	
	40	0.12	0.28	0.47	0.89	2.13	15.9	TYPE VI 대규모발파
TYPE II 정밀진동 제어발파	50	0.19	0.44	0.74	1.40	3.32	24.9	
	60	0.27	0.64	1.06	2.01	4.79	35.8	
	70	0.37	0.87	1.45	2.74	6.51	48.7	
	80	0.48	1.14	1.89	3.58	8.51	63.6	
TYPE III 소규모 진동제어	90	0.61	1.44	2.39	4.53	10.8	80.5	
	100	0.75	1.78	2.95	5.59	13.3	99.4	
	110	0.90	2.15	3.57	6.76	16.1	120	
	120	1.08	2.56	4.25	8.05	19.1	143	
	130	1.26	3.01	4.99	9.45	22.5	168	
	140	1.47	3.49	5.79	11.0	26.1	195	
TYPE IV 중규모 진동제어	150	1.68	4.00	6.64	12.6	29.9	224	
	160	1.91	4.55	7.56	14.3	34.0	254	
	170	2.16	5.14	8.53	16.2	38.4	287	
	180	2.42	5.76	9.56	18.1	43.1	322	
	190	2.70	6.42	10.7	20.2	48.0	359	
	200	2.99	7.11	11.8	22.4	53.2	398	
	210	3.30	7.84	13.0	24.7	58.6	438	
	220	3.62	8.61	14.3	27.1	64.4	481	
	230	3.96	9.41	15.6	29.6	70.3	526	
	240	4.31	10.2	17.0	32.2	76.6	573	
TYPE V 일반발파	250	4.67	11.1	18.4	34.9	83.1	621	
	260	5.05	12.0	20.0	37.8	89.9	672	
	270	5.45	13.0	21.5	40.8	96.9	725	
	280	5.86	13.9	23.1	43.8	104	779	
	290	6.29	15.0	24.8	47.0	112	836	
TYPE VI	300	6.73	16.0	26.6	50.3	120	895	
	450	15.1	36.0	59.8	113	269	2013	

0.06

미진동 굴착공법

0.25

정밀진동제어발파

1.00

소규모 진동제어발파

3.00

중규모진동제어발파

7.50

일반발파

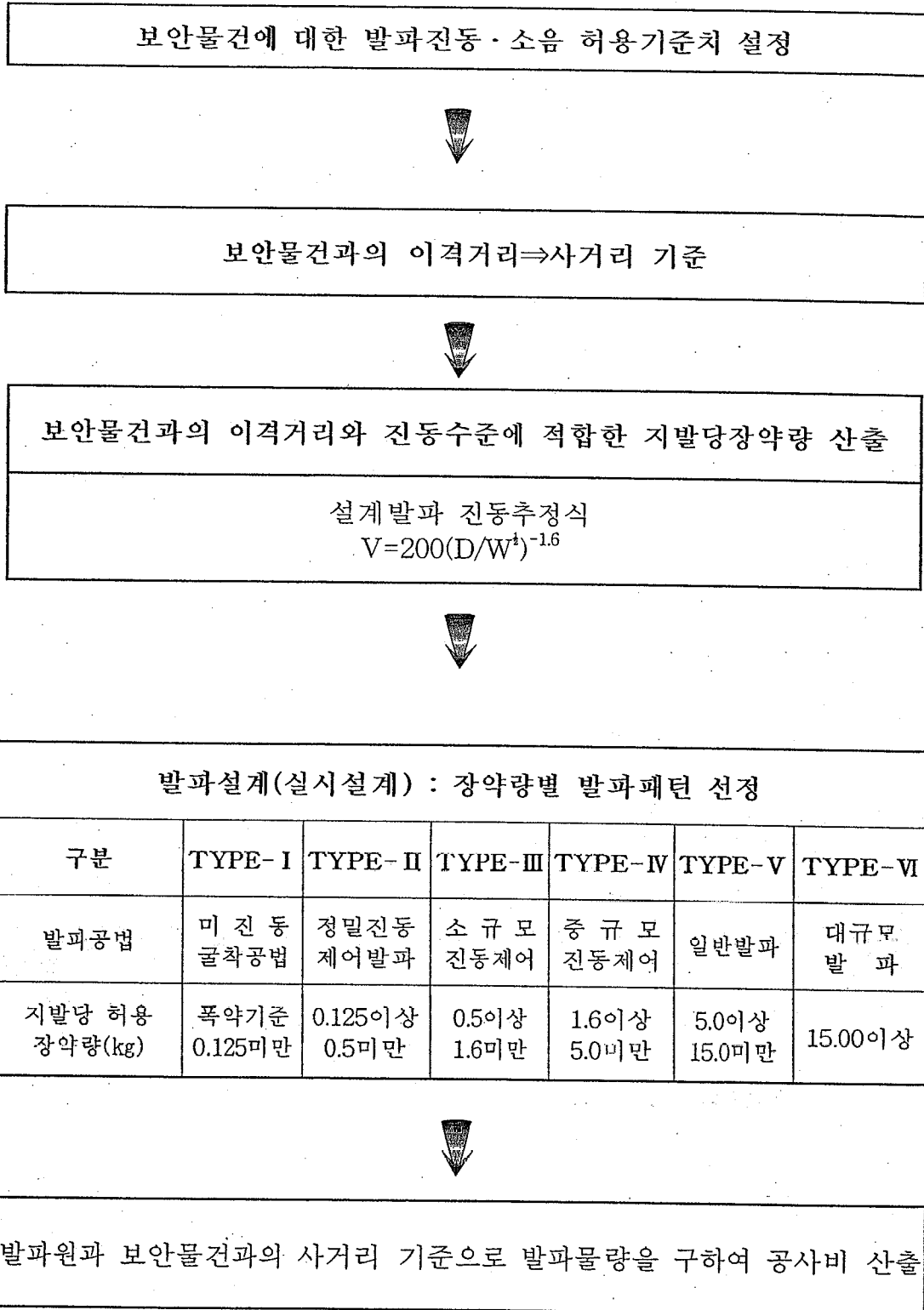
20.0

대규모발파

- 【주】 1. 위 발파공법별 적용거리 기준 및 지발당 장약량은 설계 발파진동 추정식 $v=200(D/\sqrt{W})^{-1.6}$ 에 의하여 설정한 것으로, 발파 대상 현장의 암반특성 및 관리 대상 보안물건의 특성에 따라 중·감될 수 있다.
2. 발파소음의 제어는 지반진동보다 훨씬 어려우므로 만약, 발파소음에 민감한 가축 사육시설 또는 요양원, 종교시설 등이 근접한 경우에는 별도 공법을 적용할 수 있다.
3. TYPE별 공법 설계는 상기기준에 맞게 하되 현장여건에 따라 조정할 수 있다.
4. 발파진동은 보안물건의 노후도나 상태, 암반상태, 진동주파수 등에 따라 달라지므로, 설계자 및 발파자는 보안물건상태, 현장 조건과 관련법규 등을 검토하여 발파진동 허용기준치를 설정하고 이에 대한 이격거리별 지발당장약량을 산정하여야 한다.

2.4 발파 설계절차

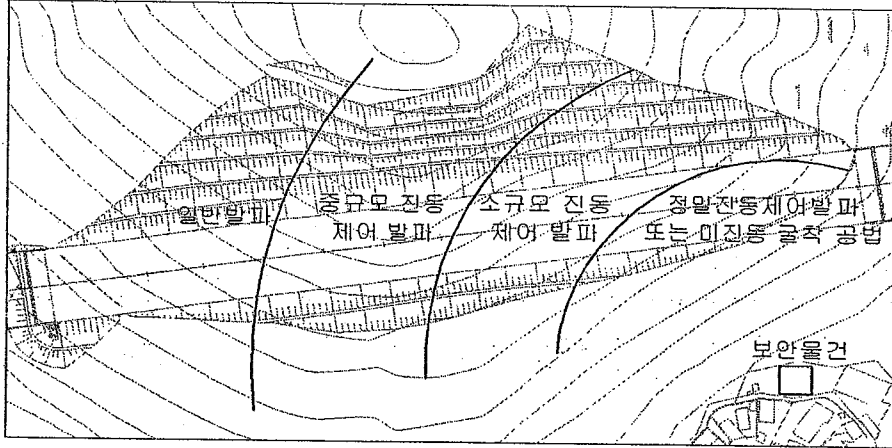
2.4.1 발파 실시설계 흐름도



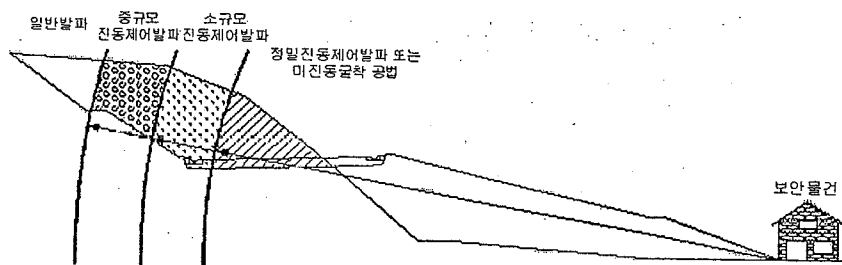
2.4.2 발파물량 산출기준

발파원과 보안물건과의 이격거리는 사거리를 기준으로 산출한다.

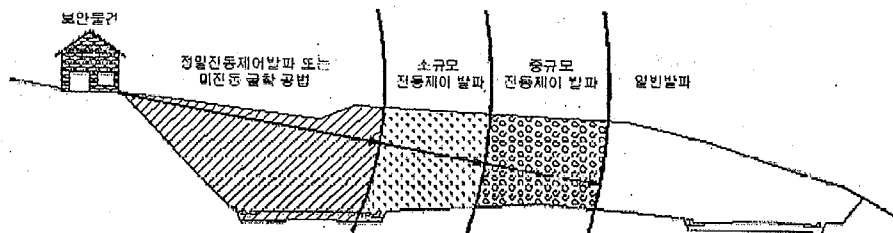
(1) 평면도상(○○~○○간 고속도로건설공사 STA.6+700지점 우측)



(2) 횡단면도상



[보안물건이 발파지역보다 낮은 경우]



[보안물건이 발파지역보다 높은 경우]

- ① 평면도상 발파공법별 기준에 따른 이격거리를 산출하여 횡단면도에 원호를 그린다.
- ② 원호로 그은 선에 의하여 발파공법별 암 발파량을 구분하여 수량을 산출한다.
- ③ 수량 산출을 용이하게 하기 위해 필요한 경우 원호와 계획선 및 지표선의 교차점을 잇는 현으로 직선화하여 수량을 산출할 수 있다.

3. 시험 발파

3.1 시공전 사전조사

일반적으로 건축물이나 기타 시설물에 발생하는 균열은 지반침하 및 온도변화 등 여러가지 요인에 의해 자연적으로 발생되고 있다. 그러나 발파작업이 인근에서 진행될 때 추가로 발생하는 균열이 진동으로 인한 피해인지의 여부를 판정하기에는 어려움이 있고, 많은 시간이 소요되며 민원 발생시 공사지연등 막대한 피해가 예상된다. 따라서 설명회 개최 등 주민들에 대한 홍보를 실시하고, 발파진동에 따른 피해여부를 파악하기 위해 주민들과 충분한 대화를 바탕으로 주민대표, 건물주 입회하에 사전조사를 실시하는 것이 바람직하다.

발파 착수전 주변 보안물건에 대해 건물현황과 균열상황을 파악하여 발파진동이 미칠 수 있는 현황을 조사하고, 발파영향권 내에 있는 모든 시설물에 발생된 균열을 사진과 비디오로 촬영하여 추후 민원 발생시 피해여부를 판단할 수 있는 근거자료로 확보해야 할 필요성이 있다.

3.1.1 조사 내용

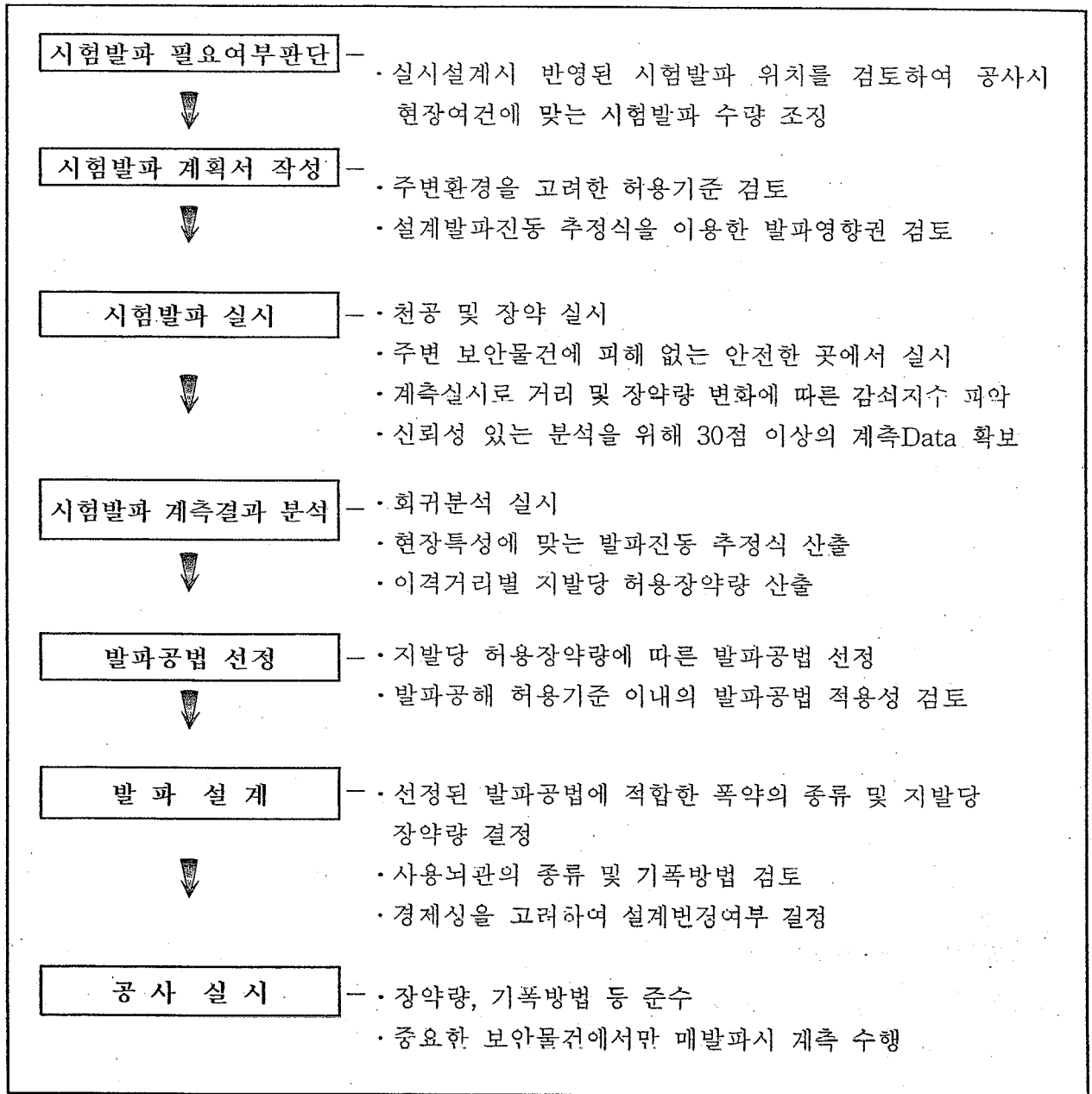
- (1) 건물의 구조형태, 노후정도, 균열발달 상태
- (2) 대표적 균열상태의 정량적 측정
- (3) 건물의 지반상태
- (4) 건물의 시설물 현황 등
- (5) 가축의 현황 및 축종 파악

3.1.2 조사 방법

- (1) 발파영향권 내에 있는 주변 보안물건에 대해 건물현황과 균열 발달 상태 및 측정결과치를 비디오와 카메라로 촬영하여 차후 민원 발생시 피해여부를 판단할 수 있는 증거자료로 활용하는 것이 바람직하다.
- (2) 조사시 날짜 등을 명시하기 위해 날짜가 기록된 간행물과 조사지역 현장에 시계와 달력 및 T.V, 라디오를 켜서 비디오에 삽입시키는 것이 좋다.

3.2 시험 발파

3.2.1 시험발파 수행시 암발파 설계 흐름도



3.2.2 시험발파 방법

시험발파는 발파공사에 대한 중요도 및 위험요인을 감안하여 발파전문기관에 의뢰하여 실시하고, 발파진동과 소음에 대한 계측결과는 전문기술자에 의해 검토와 검증절차를 거쳐 객관적인 자료를 유지한다. 시험발파 위치선정은 각종 시설물에 피해가 미치지 않는 원거리에서 실시한다. 또한, 시험발파시 신뢰성을 확보하기 위해 공사관계자, 관할 경찰관과

발파영향권내 시설물 소유자 또는 주민이 입회하여 합동으로 실시하는 것이 바람직하다. 발파진동의 크기는 궁극적으로 발파조건에 좌우되며, 발파조건의 주요 요소로는 다음과 같다.

- (1) 사용 화약류의 종류 및 특성
- (2) 지발당 장약량
- (3) 기폭방법 및 뇌관의 종류
- (4) 폭원과 보안물건(측점)과의 거리
- (5) 전색상태와 장전밀도
- (6) 자유면의 수
- (7) 전파경로와 지반 상태(지형, 암질, 지하수 상태)

발파진동을 예측할 수 있는 일반적인 발파진동식은 다음의 관계식을 사용한다.

$$V = K \left(\frac{D}{W^b} \right)^n \quad \text{--- (식 1)}$$

여기서, V : 진동 속도(cm/sec)

D : 폭원에서 보안물건까지 거리 (m)

W : 지발당 장약량 (kg)

K : 발파진동 상수

b : 장약 지수

n : 감쇠 지수

이 식에서 K, n 은 정량적으로 평가할 수 없는 인자에 의한 영향을 대표하는 값으로서 지질조건, 발파방법, 화약류의 종류에 따라 변화되므로, 시험발파에 의한 계측결과를 분석하여 그 현장에 적합한 발파진동 추정식을 구하는 것이다. 지발당 장약량을 고정시키고 계측점을 달리하여 측정함으로써 거리에 따른 감쇠지수를 파악한다. 따라서 계측기 5대 이상을 일정한 건축물이나 시설물에 대해 일직선상으로 거리를 달리하여 설치하고, 발파횟수등을 조정하여 30측점 이상의 계측 결과치를 얻어 분석을 실시하며, 거리를 고정시키고 지발당 장약량을 달리하여 측정함으로써 장약량 변화에 따른 발파상수와 장약지수 등을 파악하도록 한다. 암발파의 경우는 발파진동 지속시간과 발파 소음의 전파성향을 파악하기 위하여, 동시발파 공수(보통 5~20공정도)를 달리하고 뇌관의 기폭단차도 달리하여 실시한다. 이것은 지속시간에

다른 인체의 반응이 현저히 다르게 나타나므로, 이에 따른 분석으로 각종 민원을 예방하기 위함이다.

3.2.3 시험발파 결과분석

(1) 분석 방법

측정된 결과치를 거리별, 장약량별로 정리한 후 식(1)에서 변수 b 를 $1/2$ 과 $1/3$ 로 취하고, $\frac{D}{W^b}$ 를 SD(Scaled Distance)라 놓으면 식(2)와 같이 표현된다.

$$V = K(SD)^n \quad \text{-----} \quad \text{식(2)}$$

측정된 진동값에 대한 회귀분석(Regression analysis)을 실시하기 위해 대수눈금 그래프에 나타내면, 직선관계가 성립되어 K 값과 n 값이 최종적으로 결정되며, 각 현장에 적합한 진동 추정식을 얻게 된다. 이에 대한 회귀분석시 신뢰구간 약 95%범위에서 분석한다.

(2) 시험발파에 대한 결과 분석내용

- 발파진동에 대한 회귀분석
- 발파진동 전파추정식 산출
- 발파진동 허용기준치 적합성 여부
- 거리별 지발당 장약량 제시
- 공당장약량 및 시험발파 패턴의 적합성 여부
- 발파공해(진동, 비석, 소음등)에 대한 저감대책

(3) 발파진동 추정식의 산출을 위해서는 통계적 의미가 있는 수의 측정자료가 필요하므로 적어도 30점 이상의 자료를 측정하여 회귀분석의 신뢰도를 높인다.

(4) 계측결과 추정식의 상관계수가 0.70에 미치지 못하는 경우에는 시험발파를 다시 실시하여야 한다.

3.2.4 분석결과 검토 및 적용

(1) 시험발파 결과분석에 의해 가장 적합도가 높은 발파진동 추정식을 구하여, 주변 건축물이나 시설물에 미치는 피해 영향등을 검토하여 현장에 맞는 지발당 장약량을 구한다.

- (2) 발파이론과 경험에 입각해 발파공해 저감대책 및 발파작업시 제기된 문제점을 검토하여 현장에 가장 적합한 발파계획을 수립한다.

3.2.5 시험발파 보고서 주요 수록 내용

시험발파 보고서의 주요내용은 다음과 같은 사항을 예로 들 수 있다.

- (1) 시험발파의 목적
- (2) 시험발파 위치도 및 주변 현황
- (3) 발파원 지역의 지질 현황
- (4) 발파진동 허용기준치 검토
- (5) 시험발파 조건 및 방법
- (6) 발파진동 측정방법 및 결과
- (7) 발파진동 추정식 도출
- (8) 지발당 허용장약량 결정
- (9) 발파공해 저감 대책등

4. 발파진동 및 소음 계측관리

4.1 시험발파 진동계측

4.1.1 계측 항목

진동속도의 계측에는 직교하는 세 방향의 진동을 감지할 수 있고 문제가 되는 주요 진동수 대역의 진동에 대해 선형적으로 계측할 수 있는 진동센서와 진동 주파수를 측정하고 분석할 수 있는 적절한 장치가 필요하다. 지반의 운동은 진동속도, 가속도 또는 변위 중 어떠한 것으로도 측정할 수 있다. 그러나 진동으로 인하여 발생하는 구조물의 손상은 진동속도와 관련지어 평가하는 것이 합리적인 것으로 알려져 있으므로 진동 속도로 계측하는 것이 바람직하다. 가속도 정보가 필요한 경우 가능하면 진동속도 파형의 미분보다는 직접 가속도로 계측하는 것이 좋다. 진동의 주파수 특성은 구조물 영향에 대해 중요한 척도이므로 진동의 세 방향 성분에 대한 시간적 변화가 계측되어야 한다. 단순히 진동수준의 최대값을 기록하는 것은 탁월 주파수에 대한 정보를 알 수 없으며, 구조물의 반응이나 암반의 변형에 영향을 주는 상세한 정보를 주지 못한다. 일반적인 경우 적어도 진동의 최대값과 탁월주파수의 동시 기록은 반드시 필요하다. 측정위치에서 진동은 직교하는 세 성분인 진행방향의 성분, 진행방향과 수직 성분 및 진행방향과 접선성분으로 측정할 수 있다.

4.1.2 계측위치 선정

진동 측정기의 위치선정은 계측 목적에 따라 좌우된다. 특정 구조물의 반응에 대한 평가를 위해 구조물을 중심으로 배치하며, 진동전파 추정식의 도출을 위해서는 전체적인 감쇠 경향을 알 수 있는 지점의 선정이 필요하다. 방향에 대한 영향 및 지질조건 변화에 대한 영향을 결정할 수 있도록 측정하되, 단층과 같이 특수한 지질구조 변화가 있을 경우 그 영향을 별도로 파악할 수 있도록 측정한다.

시험 발파시 진동계측 위치는 현장의 암반 특성에 맞는 진동 추정식을 설정하기 위해 가능한 보안물건을 대상으로 거리에 따른 감쇠지수를 파악하기 위해 여러대(5대 이상)의 계측기를 이용하여 일직선상으로 20~50m정도(이격 거리는 현장 상황 및 발파 규모에 따라 설정) 이격하여 배치한다. 또 다른 방법으로는 주변 보안물건에 계측기를 설치하여 각 보안물건에 미치는 발파진동의 영향을 파악하기 위해 계측위치를 선정하기도 한다.

4.1.3 계측기 설치 및 계측 방법

(1) 계측기 설치 방법

계측기 설치는 보안 물건을 대상으로 진동 계측에 방해되지 않는 위치를 선정하여 설치한다. 진동계측에 있어서 매우 중요한 사항의 하나는 센서의 설치방법이다. 센서설치의 기본은 센서가 진동하는 지반 또는 구조 부재의 운동을 대표할 수 있도록 설치하여야 한다. 센서 설치의 각 센서의 특성에 적합하게 하되 일반적인 사항은 다음과 같다.

- ① 수직 최대입자가속도가 0.2g이하일 때 센서는 특별히 고정시키는 장치없이 편편한 면에 놓고 계측하여도 좋다.
- ② 수직 최대 입자 가속도가 0.2g~0.1g일 때 센서는 토질속에 완전히 묻거나 모래주머니를 올려놓아야 한다.
- ③ 계측지점이 암반이나 콘크리트, 아스팔트와 같은 경우 센서는 양면 테이프, 에폭시 또는 급결 접착제 등을 이용하여 단단히 고정될 수 있도록 한다.
- ④ 토사에 설치하는 경우 충분히 다져져 단단히 굳은 장소에 설치한다. 특이한 지형이거나 또는 센서와 인접하여 복잡한 반사 회절현상 등의 영향을 받을 수 있는 지점은 피한다.
- ⑤ 센서는 수평을 유지할 수 있도록 설치하고 진동원의 방향 및 진동원과의 접선방향의 위치를 정확히 잡아 설치한다.
- ⑥ 센서의 설치 방향은 센서에 표시된 방향표시와 발파원의 방향이 일치하도록 설치하고, 발파원의 장소가 다른 여러 발파의 경우는 센서의 방향과 일치하지 않기 때문에 그 상황을 기록해둔다.
- ⑦ 센서는 온도, 자기, 전기 등의 영향을 받을 수 있으므로 고압선과 같은 외부 영향을 받지 않는 장소를 선정하거나 불가피한 경우 영향을 차단할 수 있는 사전조치를 취한다.
- ⑧ 특별한 설치방법을 요하는 센서는 제작회사의 장비사양에 기술되어 있으므로 그 지침에 따르도록 한다.

(2) 센서의 설치 지점

진동원 특성을 고찰하기 위한 목적이라면 구조물 자체보다는 구조물이 위치해 있는 지반에 설치하는 것이 바람직하고, 구조물이 어떻게 반응하는가를 고찰하기 위한 목적이라면 구조물을 이루고 있는 부재에 설치하여 반응을 계측하는 것이 필요하다. 이 경우 기초나 기초 벽은 지반에 의해 구속받으므로 구조적으로 가장 민감하게 반응하는 곳에 설치하는 것이 바람직하다. 허용기준과 관련된 계측지점은 진동원의 부지 경계선 중 피해가 가장 우려되는 지점을 택한다. 시설물에 대한 영향평가의 경우 일반적으로 시설물이 위치한 바닥(base)에서 진동수준을 기준으로 하고 있으므로 센서는 시설물 기초 바닥면에 설치하여야 한다.

(3) 발파진동 계측 방법

발파에 의한 지반진동의 평가에 있어서 감쇠특성은 지질조건 뿐만 아니라 발파패턴, 기폭 등 발파 방법에 따라 영향을 받으므로 새로운 기폭 시스템이 도입되었을 때에는 이에 대한 영향을 추가로 검토하여야 할 필요가 있다.

4.2 시공시 계측관리

본 발파작업시 발파진동 계측은 모든 보안물건에 대해 계측을 실시하면 좋으나, 현장 여건상 어려우므로 폭원으로부터 가장 근접하며 중요한 보안물건에서만 매 발파시 계측을 실시한다.

4.3 발파소음 계측

발파소음의 측정은 보안물건의 특성상 소음이 중요한 영향을 미치는 경우에 수행한다.

4.3.1 계측 항목

발파진동 측정기를 이용하여 계측할 경우 건물에 대해 미치는 영향을 검토하기 위해 음압 단위인 dB(L)로 설정하여 측정하는 방법과, 인체에 미치는 영향을 검토하기 위해 소음단위인 dB(A)로 기능을 설정하여 측정하는 방법이 있으며, 현장조건을 고려하여 기능설정후 계측을 실시한다.

4.3.2 계측위치 선정

일반적으로 발파진동 계측위치와 동일하게 실시하며, 진동보다 소음에 의한 피해가 예상되거나 소음에 따른 민원 발생시 소음만을 별도로 계측할 수 있다.

I. 검토배경

터널 지보재로 적용하고 있는 록볼트의 수지(레진)형 전면접착방법이 용수구간에 정착기능이 미흡하여 설계기준, 정착 방법 및 재료별 검토를 통해 현장여건에 부합되는 내실있는 설계를 시행코자 함.

II. 추진경위

- '02. 2. 28 : 터널 록볼트 접착재료 적용방안 수립(건설기13105-29)
 - ☞ 정착재료를 수지(레진)형으로 변경
- '02. 10. 14 : 터널 지보공관련 품질기준 개정(잠정)(도연제15404-31906)
 - ☞ 용수가 많은구간은 시멘트계 등의 대체재료로 검토 시행
- '03. 11. 26 : 터널 록볼트 접착재료 설계 부적정 감사지적(감사가12108-30272)
 - ☞ 수지형 정착재료를 용수가 존재하는 경우 정착기능을 발휘하지 못하므로 접착재료 적용기준 수립

III. 관련기준

- 터널설계기준(건설교통부, 1999)
 - 록볼트 정착방법은 선단정착형, 전면접착형, 혼합형 등이 있으며, 사용목적, 지반조건, 시공성 등을 고려 선정
 - 록볼트 설계는 지반상태, 불연속면의 분포, 발생용수 등을 고려 록볼트 효과가 사용목적에 적합하도록 설계

- 적용범위

구분	적용범위	비고
선단정착형	절리 또는 균열발달이 비교적 적은 경암 또는 보통암 층에서 일부 사용	
전면접착형	경암, 보통암, 연암, 토사 원지반에서 팽창성 원지반까지 적용	
혼합형 (선단정착+전면접착)	팽창성 원지반 또는 프리스트레스를 도입하는 경우 유효	

○ 고속도로 건설공사 표준도(한국도로공사, 2003)

- 록볼트 천공시 용출수 발생시 감독원의 지시(수발공 설치, 용수 유도, 케미칼레진, 시멘트고착제 사용 등)에 따라야 한다.

○ 도로설계요령(한국도로공사, 2001)

- 록볼트의 형식(정착방식)은 그 사용목적, 지반조건, 시공성 등을 고려 선정.

○ 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사, 2004)

- 록볼트의 선정은 지반강도, 절리, 균열상태, 용수상태, 시공성, 정착의 확실성, 경제성 등을 고려 선택.
- 두 종류이상의 록볼트를 선정하여 시험시공, 인발시험 등을 실시하고, 그 결과를 제출하여 감독자의 승인을 받은 후 시공.

IV. 현 행 및 문제점

1. 현 행

구 분		정착방식	정착재료	비 고
도 로	기타공사	전 면 접착형	수지(레진)형	
	터키 맞 대안공사		수지(레진)형, 시멘트몰탈형	
지하철 · 철도			수지(레진)형, 시멘트몰탈형	

☞ 용수 및 암반불량 구간은 시멘트 고착제 및 시멘트 몰탈 등 사용

2. 문제점

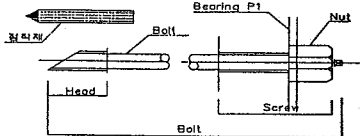
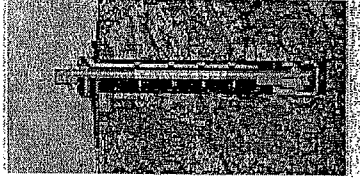
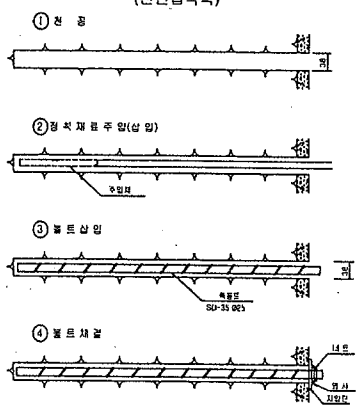
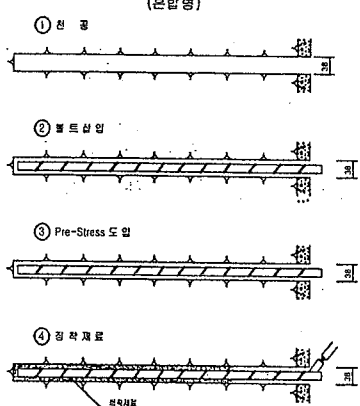
- 수지(레진)형 록볼트 정착재료는 용수구간에서 정착기능 미흡
- 용수발생시 수지형 충전 접착재 성능 비교 시험

구 분	발포 경과시간	인장력	변위	비 고
급결재+물(20g)	125분	8톤	8.65m/m	※ 기 준 - 인장력 : 15톤 - 변 위 : 5m/m
충진용1개	130분	4톤	4.03m/m	
충진용+물(20g)	130분	1톤	10m/m	

☞ 감사지적 “터널 록볼트 접착재료 설계부적정” (감사실12108-30272)참조

- 터널 록볼트 관련기준과 상이하게 정착재료 적용
- 터널설계기준 등 관련기준에서 록볼트는 사용 목적, 지반조건, 시공성 등을 고려 선정토록 하고 있으나 수진(레진)형으로 설계

V. 록볼트 정착방법별 검토

정착방법	선단정착식	전면접착식	혼합형
정착재료	썰기형, 확장형, 레진형	시멘트 몰탈, 고착제, 밀크 및 레진형 등	선단정착식 정착제 + 시멘트 밀크, 몰탈 등
개 요	록볼트의 선단을 정착 재료로서 정착	록볼트 전장에 걸쳐 정착재료로서 정착	선단정착식 + 전면접착식
개 요 도	☞ 캡슐(레진)형  ☞ 확장형 	(전면접착식) 	(혼합형) 
시 공 순 서	1. 천공 2. 볼트 삽입 3 Pre-Stress 도입	1. 천공 2. 레진 삽입 3. 볼트 삽입 4. 볼트 체결	1. 천공 2. 볼트 삽입 3. Pre-Stress 도입 4. 몰탈 주입
공 사 비 (P-3)	확장형 : 166,238원/조	레진형 : 150,015원/조 몰탈형 : 166,788원/조	몰탈형 : 171,938원/조
특 징	- 공사비 보통 - 암반불량구간 적용 곤란 - 록볼트 부식 우려 - 지반상태에 따라 이완 발생 - 현재 사용하지 않음	☞ 레진형 - 공사비 저가 - 용수구간 취약 - 조기강도 양호 ☞ 몰탈형 - 공사비 보통 - 지반보강 효과 - 장기강도 양호	- 공사비 고가 - 지반이 견고한 용수구간 양호 - 지반보강 효과 - 장기강도 양호 - 시보효과 확대 (저토피구간 적용 양호)

VI. 개선방안

터널 록볼트는 시공시 현장여건을 고려 선정

- 터널 록볼트 정착방법 및 정착재료는 시공시 지반조건, 사용목적, 시공성 등을 고려하여 선정
 - 시공시 록볼트 시험시공, 인발시험 등을 실시후 기준에 적합한 터널 록볼트 정착방법 및 정착재료 선정
 - 선단 정착식은 현재 사용하지 않고, 지반상태에 따라 정착력 감소, 록볼트 부식 우려 등으로 선정 제외
 - 수지(레진)형은 용수발생구간에서 정착기능이 미흡하므로 용수 발생구간은 선정 제외
- 설계단가는 전면접착식 레진형 및 몰탈형, 혼합형 평균단가 적용
 - 설계시 상세한 지반조건, 용수발생 여부 등의 토질조사 곤란
- 고속도로건설공사 표준도 변경
 - 정착방법 : 시멘트모르트식, 레진식 → 전면접착식, 혼합형
 - 정착재료 : 모르터 주입, 레진 삽입 → 정착재료 주입(삽입)

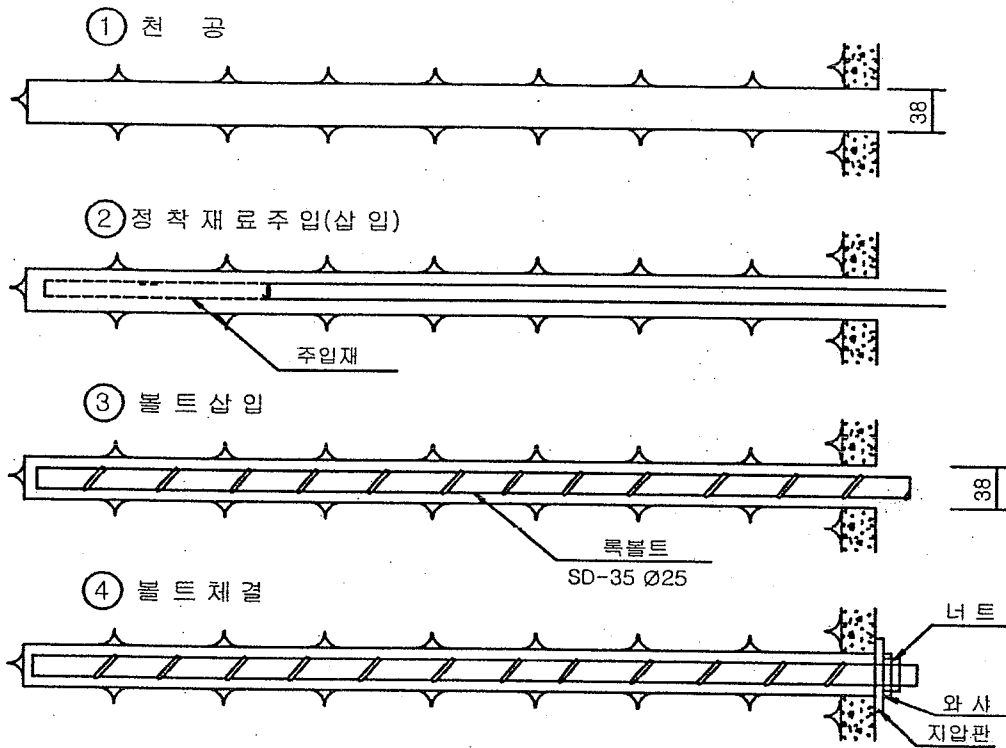
VII. 적용방안

- 설계중 및 설계완료후 미발주 노선 : 본 기준 적용
 - 공사중 노선 : 공사주관부서에서 현장여건을 고려하여 적용여부 판단
- 붙임 : 1. 고속도로 건설공사 표준도 1부.

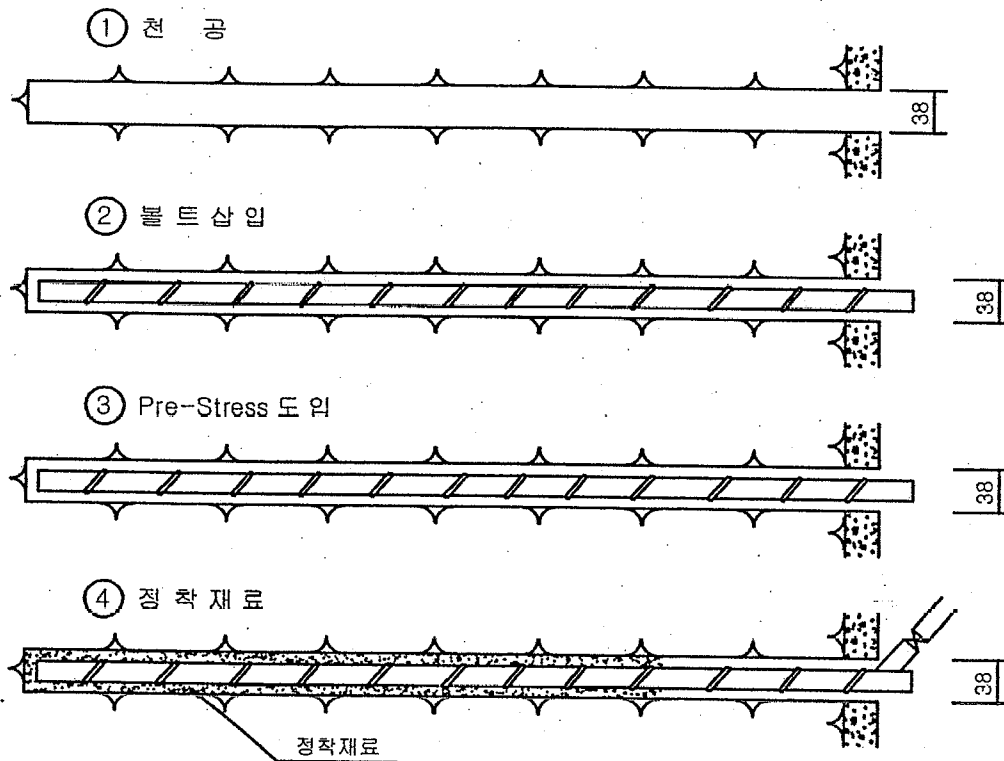
록볼트설치 및 포오플링 상세도(1)

록볼트 시공 순서도

(전면접착식)



(혼합형)



I. 검토배경

개착터널 구간¹⁾에 설치되는 철근콘크리트 라이닝의 단면산정 설계기준이 정립되지 않아 안정성, 경제성을 감안한 개착터널 라이닝 설계기준 (상시)을 수립코자 함.

☞ 개착터널 철근콘크리트 라이닝 단면은 상시와 지진시를 만족하여야 하며, 지진시는 『터널내 내진설계 적용방안 수립(설계처-3023, '06. 3.10)』 적용

II. 관련기준

1. 콘크리트 구조설계기준(건설교통부, 2003)

○ 하중조합

$$- U = 1.54 \times D + 1.7 \times L + 1.8 \times H$$

$$- U = 0.9 \times D + 1.8 \times H$$

$$- U = 1.155 \times D + 1.275 \times L + 1.125 \times T$$

$$- U = 1.54 \times D + 1.5 \times T$$

※ U : 소요강도, D : 고정하중(자중, 연직토압 등), L : 활하중,
H : 수평토압, 지하수압, T : 온도변화, 건조수축 등

1) 터널 갱구부 및 터널중간 계곡부 등에 터널로 연장시키기 위해 지반을 개착(開鑿, Open Cut)하고 터널 라이닝 콘크리트를 시공한 후 복개하는 모든 터널

2. 도로설계요령(한국도로공사, 2001)

○ 개착터널 설계시 다음과 같은 하중을 고려하여야 한다.

- 상재하중 : 상부에 구조물 또는 도로가 있는 경우 고려
- 토피하중 : 되메움되는 흙에 의해 작용하는 상부하중
- 토 압 : 되메움되는 흙에 의해 작용하는 수평하중
- 수 압 : 배수조건이 양호한 경우 고려하지 않음
- 자 중 : 라이닝 구조물에 의한 하중
- 터널 내부의 하중 : 터널내부에 설치되는 시설물 하중(제트팬 등)
- 온도변화 및 건조수축 : 구조물 내외면의 온도차에 의해 발생하는
단면력 및 건조수축에 의한 부정력
- 시공시 하중 : 되메움시 편토압이 발생하는 경우 고려

III. 현 행 및 문제점

1. 현 행

○ 하중조합

$$\textcircled{1} U = 1.54 \times D + 1.7 \times L + 1.8 \times H, \quad \textcircled{2} U = 0.9 \times D + 1.8 \times H$$

$$\textcircled{3} U = 1.155 \times D + 1.275 \times L + 1.125 \times T \quad \textcircled{4} U = 1.54 \times D + 1.5 \times T$$

※. U : 소요강도,

D : 고정하중(자중 및 연직토압),

L : 활하중(0),

H : 수평토압,

T : 계절별온도하중(T_1), 내외면온도차(T_2), 건조수축(T_3)

구 분		무안 ~ 광주	동충전 ~ 양양	88선 확장
comb. 1 : 식① ($a \times D + b \times H$)	a	1.54	1.54	1.54
	b	1.8	1.8	1.8
comb. 2 : 식② ($c \times D + b \times H$)	c	0.99	0.9	0.9
comb. 3 : 식①의 반수평토압 ($a \times D + b/2 \times H$)	b/2	0.9	0.9	0.9
comb. 4 : 식②의 반수평토압 ($d \times D + b/2 \times H$)	d	0.99	0.9	0.9
comb. 5 : 식③에 수평토압적용 ($e \times D + f \times H + g \times T_1 + h \times T_2$)	e	1.0	1.155	1.155
	f	1.0	1.155, 1.35	1.35
	g	0	1.125	1.125
	h	1.0	1.125	1.125
comb. 6 : 식③에 수평토압적용 ($e \times D + f \times H + g \times T_1 + h \times T_2 + i \times T_3$)	i	1.0	1.125	1.125
comb. 7 : comb.5의 반수평토압 ($e \times D + b/2 \times H + g \times T_1 + h \times T_2$)	b/2	×	0.9	0.9
comb. 8 : comb.6의 반수평토압 ($e \times D + b/2 \times H + g \times T_1 + h \times T_2 + i \times T_3$)	b/2	×	0.9	0.9
comb. 9 : 식③ ($a \times D + h \times T_2 + j \times T_3$)	j	1.5	×	×
comb.10 : 식③ ($a \times D + h \times T_2 + j \times T_3$)				
comb.11 : 식③ ($k \times D + k \times H + k \times T_1 + k \times T_2 + k \times T_3$)	k	1.0	1.0	1.0

※ “×” : 하중조합을 적용하지 않음

○ 라이닝 단면

구 분		무안 ~ 광주	동홍천 ~ 양양	88선 확장
토피고(m)		1.0 ~ 6.0	1.0 ~ 2.0	1.0 ~ 2.0
주철근	천 장 부	D19@125 ~ D25@150	D22@125	D22@125
	벽 체 부	D19@125 ~ D25@150	D22@125	D22@125
	측면하단	D19@125 ~ D25@150	D22@125	D22@125
라이닝두께(mm)		400 ~ 800	500	500
안전율		1.00 ~ 3.84	1.03 ~ 3.16	1.37 ~ 3.23

2. 문제점

○ 하중조합이 관련기준과 상이

- 콘크리트 구조설계기준(건교부, 2003)의 하중조합 일부 미적용
- 온도하중 및 수평토압 등의 하중조합이 일관성이 없음

○ 라이닝 단면설계 과다

- 라이닝 두께 과다(t : 최대 800mm)
- 소요강도가 가장 큰 단면을 기준으로한 일괄설계로 일부단면 안전율 과다

IV. 개착터널 라이닝 안정성 검토

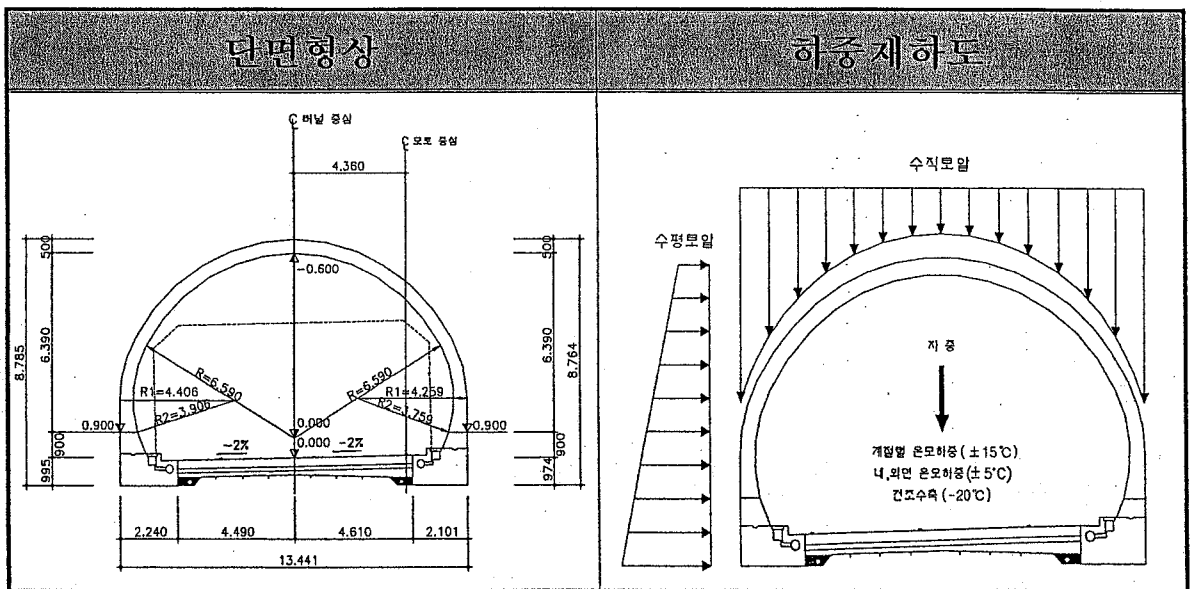
1. 검토방법

- 동일한 지반조건에서 관련기준에 제시한 다양한 하중조합과
- 라이닝 단면두께별 철근량 및 공사비 검토

2. 라이닝 안정성 검토

- 해석조건

- 단면형상 및 하중재하도



- 해석조건

구분	토피크	흙의특성			지반 변형계수
		단위중량	내부마찰각	정지토압	
개착터널	2.0m	19.0kN/m ³	30°	K ₀ = 0.5	5.0×10 ⁵ kN/m ²

○ 하중조합

① $U = 1.54 \times D + 1.8 \times H$, ② $U = 0.9 \times D + 1.8 \times H$

③ $U = 1.155 \times D + 1.125 \times (T_1 + T_2 + T_3)$

④ $U = 1.54 \times D + 1.5 \times (T_1 + T_2 + T_3)$

※ U : 소요강도, D : 고정하중(라이닝 자중 및 연직토압),

H : 수평토압, T₁ : 계절별온도하중(+15℃, -15℃)

T₂ : 내외면온도차(+5℃, -5℃), T₃ : 건조수축(-20℃)

※ 활하중, 터널내부 하중, 시공시 하중, 지하수압 : "0"

하중조합	고정하중		횡방향 토압	계절별 온도하중		내외면 온도차		건조 수축	비고
	자중	연직 토압		+15℃	-15℃	+5℃	-5℃	-20℃	
comb. 1	1.54		1.8	-	-	-	-	-	①
comb. 2	0.9		1.8	-	-	-	-	-	②
comb. 3	1.54		0.9	-	-	-	-	-	comb 1 반토압
comb. 4	0.9		0.9	-	-	-	-	-	comb 2 반토압
comb. 5	1.155		1.35	1.125	-	1.125	-	-	③의 T ₁ , T ₂
comb. 6	1.155		1.35	-	1.125	-	1.125	1.125	③의 T ₁ , T ₂ , T ₃
comb. 7	1.155		0.675	1.125	-	1.125	-	-	comb 5 반토압
comb. 8	1.155		0.675	-	1.125	-	1.125	1.125	comb 6 반토압
comb. 9	1.54		1.8	1.5	-	1.5	-	-	④의 T ₁ , T ₂
comb. 10	1.54		1.8	-	1.5	-	1.5	1.5	④의 T ₁ , T ₂ , T ₃
comb. 11	1.54		0.9	1.5	-	1.5	-	-	comb 9 반토압
comb. 12	1.155		0.9	-	1.5	-	1.5	1.5	comb10 반토압
comb. 13	1.54		-	-	1.5	-	1.5		④
comb. 14	1.54		-	-	1.5	-	1.5	1.5	④
comb. 15	1.0		1.0	-	1.0	-	1.0	1.0	사용성검토

○ 안정성 해석

- 하중조합별 단면력

하중조합	전장부			측벽부			바닥부		
	축력 (kN)	모멘트 (kN·m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	모멘트 (kN·m)	전단력 (kN)	축력 (kN)	모멘트 (kN·m)	전단력 (kN)
comb. 1	501.74	57.38	3.75	527.15	39.91	58.02	577.15	86.78	31.55
~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
comb.12	868.72	357.30	170.70	905.09	417.87	121.99	989.56	491.75	454.76
comb.13	787.15	593.13	236.45	940.06	669.06	13.35	971.04	193.21	231.94
comb.14	786.23	645.22	234.02	938.42	748.04	11.33	968.94	238.31	231.94
comb.15	426.61	67.78	24.37	586.46	86.23	65.85	641.84	142.91	159.87

- 결과검토

- 하중조합 13, 14는 수평토압 미반영으로 단면력 과다
- 라이닝 배면 되메움에 따른 연직토압을 고려하면서 수평토압 미고려는 하중조합에 바람직하지 않는 것으로 사료됨.

○ 단면설계

- 단면두께별 철근배근 및 공사비

(단 위 : 원/m')

단면 두께	전장부		측벽부		바닥부(변단면)	
	철근배근	공사비	철근배근	공사비	철근배근	공사비
400mm	D25@125	84,880	D29@125	101,840	D29@125	123,040
450mm	D22@125	72,490	D25@125	87,530	D25@125	108,730
500mm	D19@125	62,500	D22@125	75,140	D22@125	96,340
550mm	D19@125	65,150	D22@125	77,790	D22@125	98,990
600mm	D19@125	67,800	D19@125	67,800	D19@125	89,000

※ 연직토압을 고려하면서 수평토압을 고려하지 않은 하중조합 13, 14 제외

- 검토결과

- 라이닝 단면 두께가 500mm 일때 경제적인 단면 임.

V. 개선방안

☞ 하중조합은 수평토압 및 반 수평토압 적용

☞ 라이닝 두께는 500mm, 철근량은 천장, 벽체, 바닥부로 분리 산정

○ 하중조합

- 하중조합은 연직토압 작용시 수평토압 적용
- 하중조합에서 반 수평토압(수평토압/2)을 고려한 조합 적용
- 하중조합

하중 조합	하중조합	비 고
1	$U = 1.54 \times D + 1.7 \times L + 1.8 \times H$	
2	$U = 0.9 \times D + 1.8 \times H$	
3	$U = 1.54 \times D + 1.7 \times L + 0.9 \times H$	comb.1 반수평토압
4	$U = 0.9 \times D + 0.9 \times H$	comb.2 반수평토압
5	$U = 1.155 \times D + 1.275 \times L + 1.35 \times H + 1.125 \times (T_1 + T_2)$	
6	$U = 1.155 \times D + 1.275 \times L + 1.35 \times H + 1.125 \times (T_1 + T_2 + T_3)$	
7	$U = 1.155 \times D + 1.275 \times L + 0.675 \times H + 1.125 \times (T_1 + T_2)$	comb.5 반수평토압
8	$U = 1.155 \times D + 1.275 \times L + 0.675 \times H + 1.125 \times (T_1 + T_2 + T_3)$	comb.6 반수평토압
9	$U = 1.54 \times D + 1.8 \times H + 1.5 \times (T_1 + T_2)$	
10	$U = 1.54 \times D + 1.8 \times H + 1.5 \times (T_1 + T_2 + T_3)$	
11	$U = 1.54 \times D + 0.9 \times H + 1.5 \times (T_1 + T_2)$	comb.9 반수평토압
12	$U = 1.54 \times D + 0.9 \times H + 1.5 \times (T_1 + T_2 + T_3)$	comb.10 반수평토압
13	$U = 1.0 \times D + 1.0 \times H + 1.0 \times (T_1 + T_2 + T_3)$	사용성 검토

※. 활하중이 없는 경우 하중조합 5, 6, 7, 8 생략 가능

※. U : 소요강도, D : 고정하중(자중 및 연직토압 등), H : 수평토압

L : 활하중, T : 계절별온도하중(T_1), 내외면온도차(T_2), 건조수축(T_3)

○ 라이닝 단면

- 중단면(2차로) 개착터널 철근콘크리트 라이닝 두께는 500mm 적용
- 토피고 증가, 활하중 작용, 단면적 증가 등으로 단면력 증가시 단면설계는 지진시를 고려 철근량으로 조정하고 라이닝 두께 증가는 가급적 지양
- 철근량은 천장부, 측벽부, 바닥부로 분리 산정하고 시공성 등을 고려 간격 조정

VII. 적용방안

- 설계중 및 설계완료후 미발주 노선 : 본 기준 적용
- 공사중 노선 : 공사주관부서에서 현장여건을 고려하여 적용여부 판단

붙임 : 1. 라이닝 안정성 해석(상시) 1부.

2. 자문의견서 1부. 끝.

8-9 터널조명 회로 개선 시행

방 침

시설처-1628

('07. 6. 22)

1. 검토배경

터널 조명의 전원공급 안정성 확보를 통하여 터널 조명 소등을 최소화함으로써 이로 인해 발생 할 수 있는 사고를 미연에 방지하고 고객 만족도 향상에 기여코자 함

2. 조명 회로 개선

□ 터널조명제어기 인입전원의 이중화

구 분	현 행	개 선
제어기 입력전원	UPS 2차측	한전(UPS 1차측) + UPS 2차측 【MG를 이용 Interlock 회로 구성】
장단점	· 상시 UPS 전원 공급으로 유지 · UPS 고장시 터널 제어기 제어 불가로 터널조명 소등 가능	· 평시(한전)/정전시(UPS) 전원 공급 · UPS 이상(고장, 2차측 차단기 Trip) 및 오작동에 의한 터널 제어기 전원공급 불가상태 방지
회로도		

※ 터널 제어기 내부 비상 배터리 내장(신규설치분)

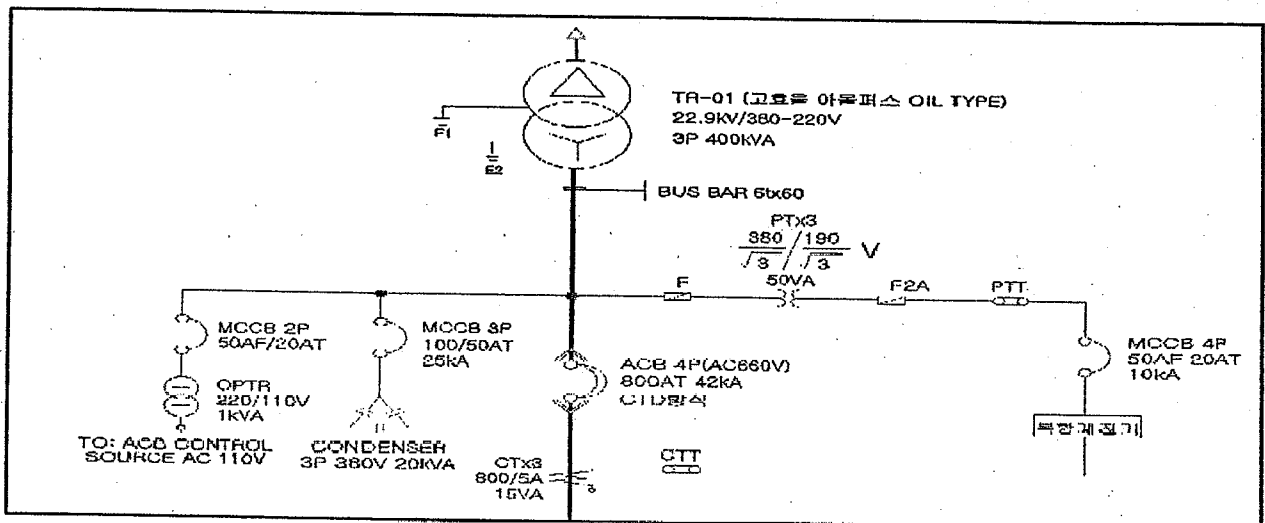
※ Interlock 회로 구성시 한전측과 UPS측의 전원은 반드시 같은 상에서 인출

□ 비상 조명회로(NE) 직결 【전자접촉기(MG) 삭제】

구 분	현 행	개 선
NE회로 연결방법	MCCB 2차측에 전자접촉기 연결	MCCB 2차측에 부하 직결
장단점	· 수동 조작(P/B) 간편 · 전자접촉기의 조작전원 오류시 회로 차단	· NE회로는 비상회로인 동시에 주야간 상시 점등으로 전자접촉기 불필요 · 터널제어기 상태와 관계없이 점등
회로도		

□ ACB 및 복합계전기 조작 전원

○ CTD를 사용 : 정전시에도 비상전원 투입/개방 가능



3. 향후 추진 계획

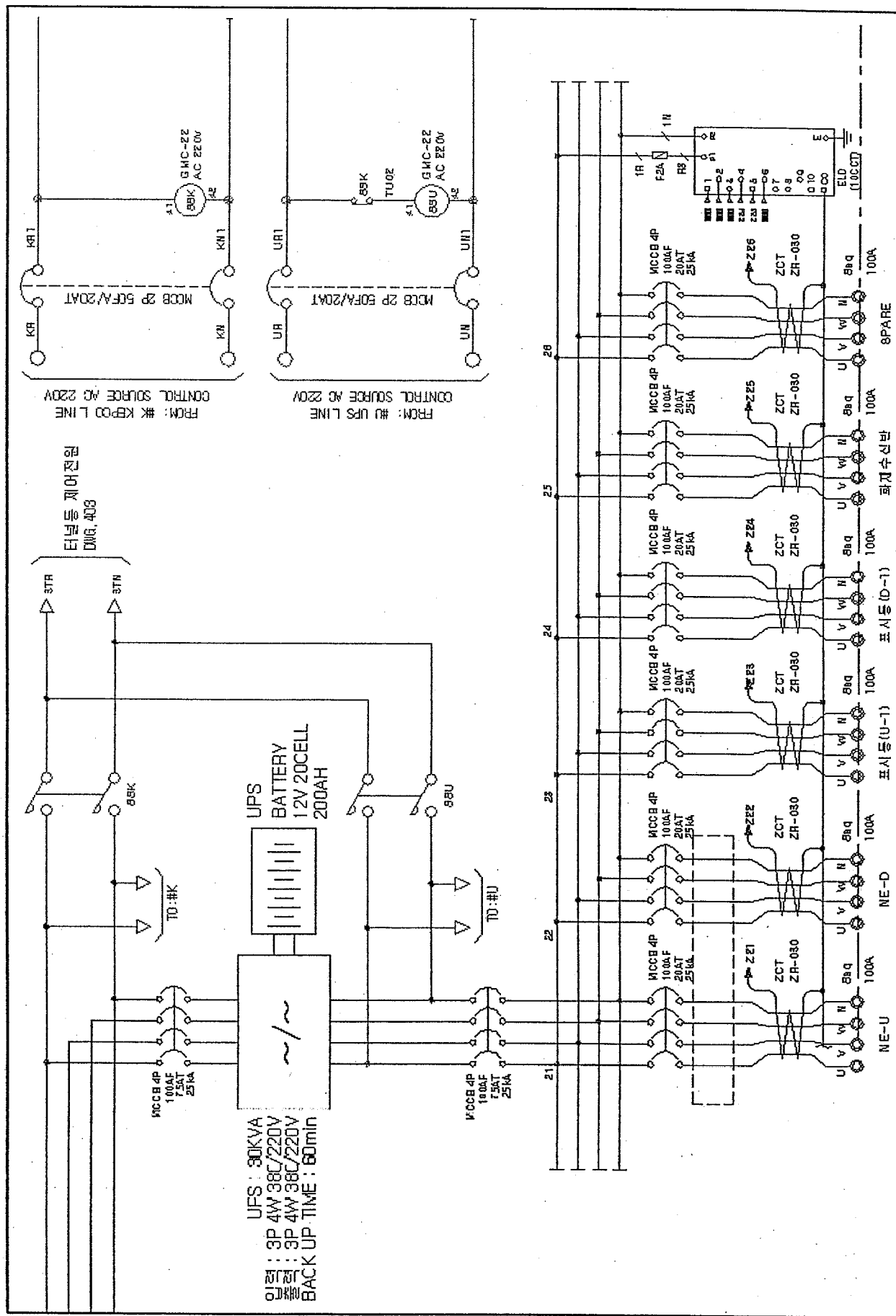
구 분	신 규 제 설	기 존 제 설	비고
터널조명제어기 인입전원의 이중화	금년 시공분부터 적용	전 터널 회로 즉시 보완 (기시공 터널 제외)	
비상 조명회로(NE) 직결	"	전 터널 회로 즉시 보완	
ACB 및 복합계전기 조작 전원	"	-	

4. 기대 효과

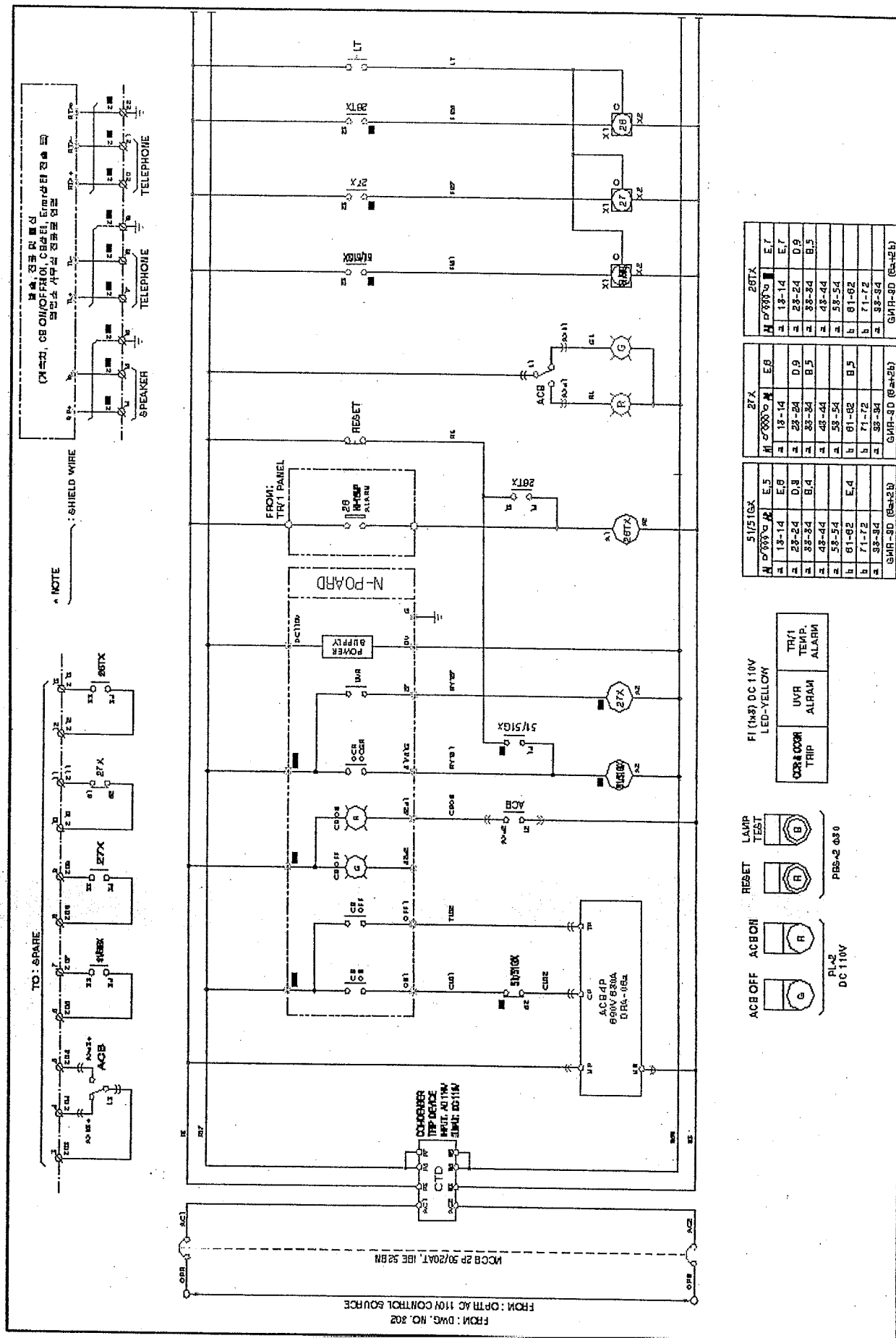
- ㉔ 터널 제어기 및 인입전원 이상으로 인한 조명 소등 방지
- ㉔ 비상조명회로 보완을 통한 안전사고 예방
- ㉔ 안정적인 터널 조명회로 구축을 통한 고객만족도 향상

【붙 임】

1. UPS반 삼선 결선도
2. ACB 삼선 결선도

[illegible]

【붙임 2】 ACB 삼선 결선도



8-10 터널내 표시등 시설 개선 검토

방 침
시설처-1822
('07. 7. 13)

1. 목 적

터널내 화재 및 사고등 재난발생시 2차사고 예방 및 이용객의 신속한
피난활동을 유도하기 위하여 표시등 시설을 상시 점등토록 개선코자 함.

2. 현 실태 및 문제점

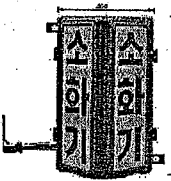
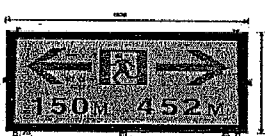
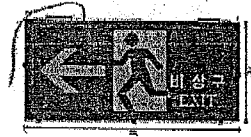
가. 시설현황

시 설 물		설치대상	설치간격	전원공급	케이블
소화기표시등		전 터널	50m	UPS + 발전기	내화
거리유도표시등		500m이상	최소 4개소 (피난시설간)	UPS + 발전기	내화
피난구 유도 표시등	벽부형	500m이상	피난시설	UPS + 발전기	내화
	천정형	500m이상	피난시설	UPS + 발전기	내화
	갱문형	500m이상	피난시설	UPS + 발전기	내화

※ 거리유도표시등 : '04년 이전 준공터널은 1,000m이상 설치

「도로터널 방재시설 설치지침 - 건설교통부」 제정('04. 12.) 이전

□ 표 시 등

소화기표시등	거리유도표시등	피난구유도표시등 (벽부형)	피난구유도표시등 (천정형)
			

나. 문 제 점

□ 발전기 및 UPS 설치로 전원공급은 이상 없으나 차량 대형화재시
고열로 인하여 케이블(내화) 열화발생 ⇒ 표시등 소등

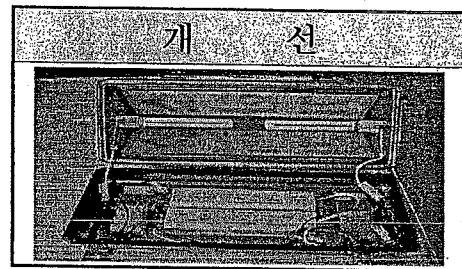
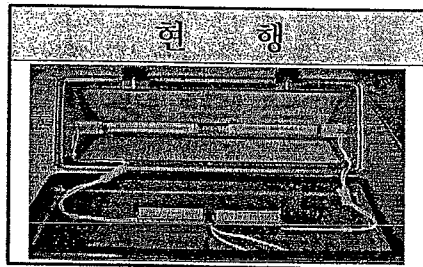
※ 내화케이블(FR-8) : 750℃에서 3시간 통전가능 [화재안전기준]

※ 터널내 대형화재시 1,200℃까지 온도상승 [경원대 박형주 교수]

3. 개선방안

가. 예비전원 내장

- ☐ 개별 표시등 내부 예비전원 (예비전원 충전장치 + 축전지) 설치
 ※ 표시등 60분 이상 유효하게 작동



나. 광원개선

- ☐ 광원특성 비교

구 분	FPL (형광등)	CCFL (냉음극형광등)	LED
광원수명	8,000H	50,000H	100,000H
예비전원설치 용이성	미 흡 (대용량 AC220V)	미 흡 (대용량 AC220V)	양 호 (소용량 DC12V)
등기구 온도	고 온	저 온	저 온
내 구 성	양 호	미 흡 (12mm 관형형광램프)	양 호
시 인 성	저휘도	고휘도	고휘도
성 세 성	· 소화기 : 220천원	· 유도등 : 1,547천원	· 소화기 : 295천원 [34% ↑] · 유도등 : 1,669천원 [8% ↑]

- ☐ 표시등 적용광원

구 분		현 행	개 선	비 고
소화기 표시등		FPL 26W	LED 12W	'04 이전 형광등
거리유도표시등		CCFL 52W	LED 60W	
피난구 유도표시등	벽부형	CCFL 52W	LED 31.2W	
	천정형	CCFL 104W	LED 120W	

※ 등기구 외형 변경 없음

4. 세부적용안

가. 소화기 표시등

구 분	대상(개소)	예비전원	광원개선	예산(백만원)	비 고
계	227	-	-	2,424	
신설터널	45	적 용	적 용	499	
기존터널	182	적 용	미적용	1,925	기존등기구사용

나. 유도표시등 (피난구 유도표시등 포함)

구 분	대상(개소)	예비전원	광원개선	예산(백만원)	비 고
계	130	-	-	3,779	
신 설 터 널	23	적 용	적 용	571	
기존 터널	미설치	적 용	적 용	3,013	신규설치, 케이블배선포함
	형광등	기존 내장	미적용	-	'04년 이전설치, 예비전원 보수
	CCFL	적 용	미적용	195	예비전원 노출

※ 기존터널(미설치) : 건설교통부 지침 제정 이전 개통한 500m~1,000m터널로 유도표시등 미설치 터널

5. 추진계획

구 분	추진계획	비 고
소화기, 유도표시등	○ 신설터널 : 설계변경 시행 ○ 기존터널 : 년차별 추진계획 수립후 시행 ('08~'10년) - '07년 소화기표시등 예비전원내장 7개소 우선시행 (마성, 양지, 진부, 둔내, 독산, 신읍, 석곡) ○ 향후 설계시 반영 ○ 500미만 터널 유도표시등 설치는 추가 계획수립 후 시행 - 터널길이, 교통량 감안	
비상조명등	○ 예비전원 내장 : 배선방법 개선 및 예비전원 등기구 적정수량 검토후 ⇒ 세부추진계획 수립 시행	

붙임 : 1. 년차별 시행계획 1부.

2. 소요예산 1부.

3. 소화기 표시등, 유도표시등 세부상세도 각 1부.

8-11 터널내 비상조명등 시설 개선 검토

방 침
시설처-2022
('07. 8. 3)

1. 목 적

터널내 화재 및 사고로 인한 정전 발생시 이용객의 신속한 피난활동 및 2차 사고 예방을 위하여 비상조명등을 상시 점등토록 개선코자 함.

2. 추진경위

터널화재사고 비상조명등 소등	▷ 호남터널 : '07. 6. 2 ▷ 통영2터널 : '07. 6. 5
터널내 재난방지 대책 수립	▷ 수립일시 : '07. 7. 5 ▷ 비상조명등 개선 [도로처 - 2382]
터널내 표시등 시설개선	▷ 개선일시 : '07. 7. 13 ▷ 소화기·유도 표시등 예비전원 내장, 광원개선
전문가 자문회의	▷ 자문일시 : '07. 8. 1 ▷ 예비전원(시간)내장, 조도기준, 대상터널, 배선방법
비상조명등 시설개선 기준 수립	▷ 수립일시 : '07. 8. ▷ 예비전원(시간)내장, 조도기준, 대상터널, 배선방법 기준

3. 관련법령

구 분	도로터널 방재시설 설치기준 「권교부」	화재안전기준 「소방법」
설치대상	200m 이상	-
기준조도	○ 무정전전원 : 15 [lux] ○ 비상발전기 : 60 [lux]	1 [lux]
예비전원	60 [분]	60(20) [분]

4. 현 실 태

가. 시설기준

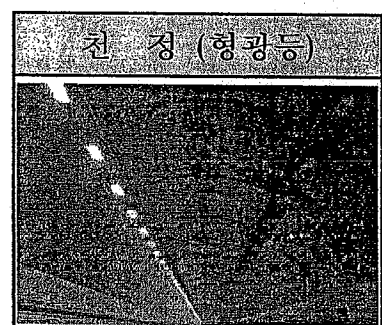
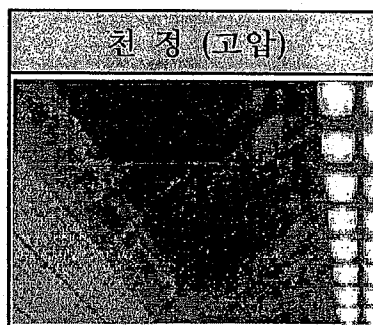
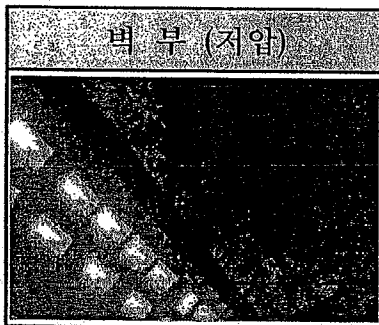
□ 전원공급

구 분	비 상 전 원	조도기준[lux]	비 고
200m이상 ~ 500m 미만	무정전전원	15	기본조명 1/8
500m 이상	무정전전원 + 비상발전기	120	기본조명

□ 광원현황 (비상조명)

구 분	설치위치	광 원	등기구 재질
'00년 이전	벽 부	저압나트륨	합성수지
	천 정	고압나트륨	합성수지
'00년 이후	천 정	형 광 등	스테인레스

□ 설치전경



나. 문 제 점

- 비상발전기 및 무정전전원 설치로 전원공급은 이상 없으나 차량 대형화재시
고열로 인하여 케이블(내화) 열화발생 ⇒ 비상조명등 소등

※ 내화케이블(FR-8) : 750℃에서 3시간 통전가능 [화재안전기준]

※ 터널내 대형화재시 1,200℃까지 온도상승 [경원대 박형주 교수]

5. 개선방안

가. 기술자문 결과

○ 시행일시

- 일 시 : 2007. 8. 1(수) 13:00 ~
- 장 소 : 한국도로공사 본사 대회의실



○ 기술자문위원

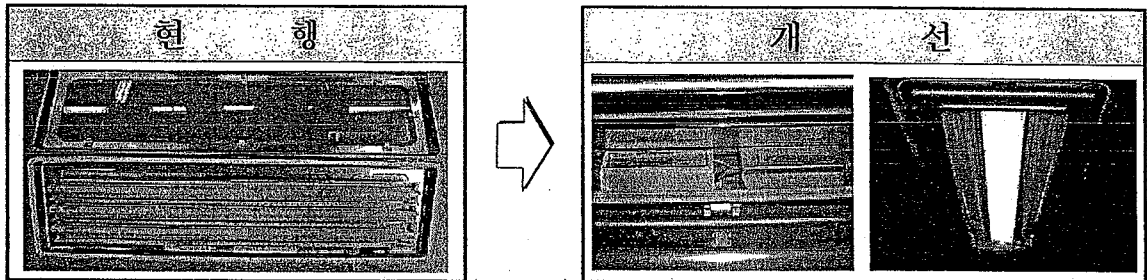
성명	소속	직위	비고
김 훈	강원대학교	전기전자공학부 교수	조명
박형주	경원대학교	소방방재공학부 교수	방재

○ 자문결과 (#붙임 참조)

자문내용	자문결과
예비전원내장/ 적정시간	▷ 예비전원 내장 [김훈] - 상시 터널 이용자 최소 조명 제공 ▷ 케이블 열화로 개별 예비전원 내장 필요 [박형주] ▷ 대피 30분, 사고수습(소방대 진화)에 필요한 시간고려 [박형주] ※ 도로터널 방재기준 적정시간 60분
조도기준	▷ 운전자에게 요구되는 최소 노년휘도 0.5 cd/mm² [김훈] - 조도 6~7[lux] ▷ 유지관리 감안 7[lux]가 적정[박형주]
대상터널	▷ 도로터널 방재기준 연장 200m이상 [박형주] ※ 독일, 유럽은 400m이상 터널
배선방법	▷ 시범설치로 성능평가 필요 [김훈] - 주간선과 보조간선을 구분 배선 - 보조간선에 각각 차단기를 설치 ▷ 공동구 배관이 효과적이므로 신규터널에는 권장 [박형주]

나. 예비전원 내장

- ☐ 개별 비상조명등 내부 예비전원 (예비전원 충전장치 + 축전지) 설치
⇒ 비상조명등 60분 이상 유효하게 작동



- ☐ 대상터널 : 연장 200m이상 145개소
☐ 예비전원 내장 수량

구분	내용	비고	
설치대상	심야조명등의 1/3	주행차로 형광등 32W	
설치간격	12m	심야등 간격 : 4m	
운영조도	7[lux]	자문결과	

다. 비상조명등 케이블 배선방법 개선

구분	현행	개선
배선도		
배선방식	○ 주간선 배선	○ 주간선, 보조간선 구분 배선 - 보조간선 125m구획, 분기차단기설치
설치위치	○ 상부 케이블 트레이내	○ 주 간 선 : 공동구 내부 ○ 보조간선 : 상부 케이블 트레이내
장 단 점	○ 화재시 주간선 케이블 열화시 - 전구간 비상조명등 소등 ○ 공사비 저렴 ○ 시공성 우수	○ 화재시 주간선 보호 (공동구배선) - 분기회로 소등으로 최소화 ○ 공사비 다소 고가 (110%) ○ 시공성 다소 미흡 (분기, 입상배관)

6. 추진계획

구 분	추진 계획								
예비전원 내 장	○ 신설터널 : 설계변경 시행								
	<table border="1"> <tr> <th>터널(개소)</th><th>등기구(등)</th><th>예산(백만원)</th><th>비 고</th></tr> <tr> <td>42</td><td>5,395</td><td>1,200</td><td>등기구 기설치</td></tr> </table>	터널(개소)	등기구(등)	예산(백만원)	비 고	42	5,395	1,200	등기구 기설치
	터널(개소)	등기구(등)	예산(백만원)	비 고					
	42	5,395	1,200	등기구 기설치					
○ 기존터널 : 년차별 추진계획 수립 시행 ('08~'10년)									
<table border="1"> <tr> <th>터널(개소)</th><th>등기구(등)</th><th>예산(백만원)</th><th>비 고</th></tr> <tr> <td>113</td><td>14,161</td><td>3,152</td><td></td></tr> </table>	터널(개소)	등기구(등)	예산(백만원)	비 고	113	14,161	3,152		
터널(개소)	등기구(등)	예산(백만원)	비 고						
113	14,161	3,152							
	※ 저압(고압) 나트륨 등기구 : 예비전원 내장 불가 ⇒ 등기구 전면 교체시 적용 (82개소) ○ 향후 설계시 반영								
배선방법 개선	○ 동홍천-양양간 14공구(인제터널) 원안 설계 반영 ○ '07년 설계 시행 터널중 1개소 시범 반영 - 주문진~속초간 현남터널 (996m)								

- # 붙임 : 1. 기술자문 결과 1부.
2. 년차별 시행계획 및 소요예산 1부.
3. 예비전원 대상터널 현황 1부.
4. 비상조명등 예비전원 시방서 1부.

- ⑥ 충전불량등을 감지할 수 있는 비상전원감시램프가 있어 정상 충전시에는 녹색LED감시램프가 점등되어 있어야 하며 충전회로에 이상이 발생하면 적색LED가 점등되는 구조이어야 한다.

나) 2차전지(батери)

- ① 2차전지(батери)는 원통밀폐형의 니켈카드뮴(Ni-Cd) 16.8V, 1800mA이상의 축전지로 한다.
- ② 충전장치와 2차전지(батери)는 오접속을 방지하기 위한 구조로 되어있어야 하며 2차전지에 배선등을 직접 납땜하지 아니하여야 한다.
- ③ 2차전지(батери)는 성능을 입증하기 위하여 소방검정공사 승인용 제품으로 개별 검정필증을 받아 납품하여야 한다.

다) 퓨즈

- ① 퓨즈는 KSC 8101(배선용 퓨즈 통칙) 또는 KSC 6039(전자기기용 통형 퓨즈)에 적합하여야 한다.
- ② 점검 및 교체가 쉬워야 한다.
- ③ 쉽게 흔들리지 아니하도록 부착되어야 한다.

라) 기타

부식에 의하여 기계적 기능에 영향을 초래할 우려가 있는 부분은 철·도금 등으로 유효하게 내식가공을 하거나 방청가공을 하여야 하며, 전기적 기능에 영향이 있는 단자, 나사 및 와셔 등은 동합금이나 이와 동등이상의 내식성능이 있는 재질을 사용하여야 한다.

제 3 장 시 험 및 검 사

제작자는 시험 및 검사를 위한 자체기준서(시험항목, 시험기준, 시험방법등)에 따라 시험을 수행하고 납품시 시험성적서를 제출하여야 한다.

가) 시료의 구성

- ① 검사물의 크기는 일일생산량(최소10대) 이상으로 한다.
- ② 시료의 구성은 동일종류 및 동일소비전력 제품으로 한다.

나) 시료크기 및 채취방법

- ① 시료의 크기는 제품 3대로 한다.
일반성능시험 2대 (제작자자체시험)
특별성능시험 1대 (공인기관의뢰시험)
- ② 시료의 채취방법은 KSA3151 랜덤샘플링 방법에 따르며 $Ac=0$, $Rc=1$ 로 한다.

다) 일반성능

다음의 일반성능에 대하여는 제작자의 자체기준서에 의거 자체시험성적서를 제출하여야 한다.

① 구조일반시험

비상조명등은 제2장 제작시방의 기구 및 부속품에서 요구하는 모든 구조적 성능을 만족하는지 도면 및 육안으로 확인하여 이상이 없어야 한다.

② 절연저항시험

비상조명등기구의 교류입력측과 외함사이, 교류입력측과 2차전지(батери) 사이 및 2차 전지(батери)와 외함 사이를 각각 절연저항은 직류 500V의 절연저항계로 측정한 값이 5 M Ω 이상이어야 한다.

③ 절연내력시험

비상비상조명등기구의 절연내력은 절연저항시험에 규정된 시험부에 60Hz의 정현파에 가까운 실효전압 1500V의 전압(2차전지와 외함사이에는 500V)을 가하는 시험에서 1분간 견디어야 한다.

라) 특별성능

다음의 특별성능에 대하여는 공인기관의 시험성적서를 제출하여야 한다.

① 비상시 광속비 및 비상점등 유지시간 시험

비상조명등기구는 비상시 60분동안 비상점등시간이 유지되어야 하며 32W안정기 기준 광속 값 100% 기준으로 적용하였을 때 표 1에 적합하여야 한다.

(표1) 비상시 광속비

구 분	32W안정기 표준광속비	비상점등시 비교 광속비 (허용오차 $\pm 5\%$ 이내)
		60분 경과시
광속비	100%	50% 이상

② 보호기능 시험

비상조명등기구는 ①시험후 바로 리셋(상용전원 재공급후 다시 비상점등시킴)시켜 잔류전압이 셀당1V 이하로 떨어지면 비상방전을 자동으로 멈추게 하는 작동전압을 제한(Volt Limit)기능이 작동하여야 한다.

7-2 터널 입·출구 분리구간 조기개방시설 검토

방 침
교통처-3107
('07. 8. 6)

I. 검토 목적

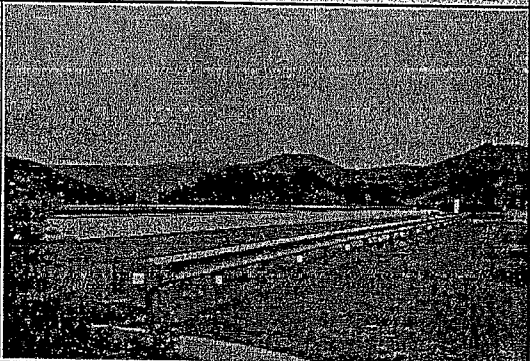
- ☐ 터널 화재사고 등 비상 상황시 고립차량 신속한 우회로 효율적인 재난관리 대처를 위한 터널 입·출구 분리구간 개구부 시설 개선

※ 도로처-2171('07. 6. 19)호의 “터널화재사고 현장조사결과” 관련사항임

II. 시설기준 및 문제점

1. 현 시설설치 기준

- ☐ 터널 입·출구 개구부-형식2 (2004. 8) : 터널 입·출구 분리구간 적용

구 분	설계기준	비 고
구조특징	• 1단 양면 가드레일 형식 적용 • 지주간격 : 2m (지주 철거가능)	
설치연장	• L=29.6m - 2m@14경간 + 0.8m@2경간	

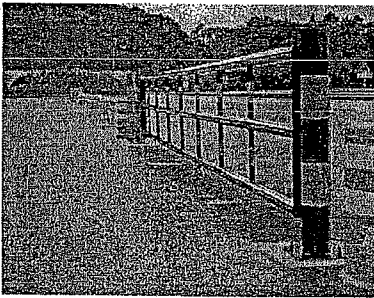
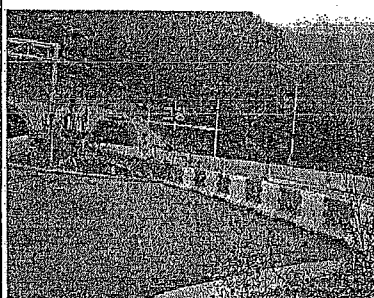
- 기존 노선의 터널 입출구 분리구간 개구부는 115 개소임

2. 문제점

- ☐ 현 시설기준은 인력철거가 가능한 구조이나, 터널사고 등 긴급상황시 철거지연 및 교통 우회 지연 초래
- 가드레일 2경간(8m) 철거시 평균 20~25분 소요 예상
- ☐ 일부 지사별로 개방이 용이한 시설물로 자체 설치한 사례가 있으나, 설치시스템 및 형상 상이로 설치기준 통일화 필요
- 철재시설류, PE방호벽 등

Ⅲ. 조기개방시설 검토

1. 시설 검토

구분	1안	2안	3안
	철재차단기	자바라	PE방호벽
시설 사례			
소요 예산	20~25만원/m	25~30만원/m	12~15만원/m
장점	· 신속 개방 가능 · 장기적인 유지관리용이 · 시공성 양호	· 미관 양호 · 내구성 및 방호성능 보통	· 경제성 유리 · 내구성 및 방호성능 유리
단점	· 미관 다소 불량	· 시공성 다소 불리 · 장기적으로 유지관리 곤란	· 신속개방 곤란 (방호벽내 물배출 필요)
검토 결과	▶ 신속한 개방이 가능하며 장기적인 유지관리 측면에서 유리한 “철재 차단기”를 터널입·출구 분리구간 조기개방시설로 설치함이 효율적임		
적용	○		

2. 설치연장 : 12m

- 세미트레일러 평면곡선부 회전시 주행폭원(11m) 감안

※ 기존 노선의 터널 분리구간 개구부 연장이 짧은 구간은 개구부 연장에 따라 조기개방시설 설치연장 조정 가능

IV. 적용방안

☐ 운영노선

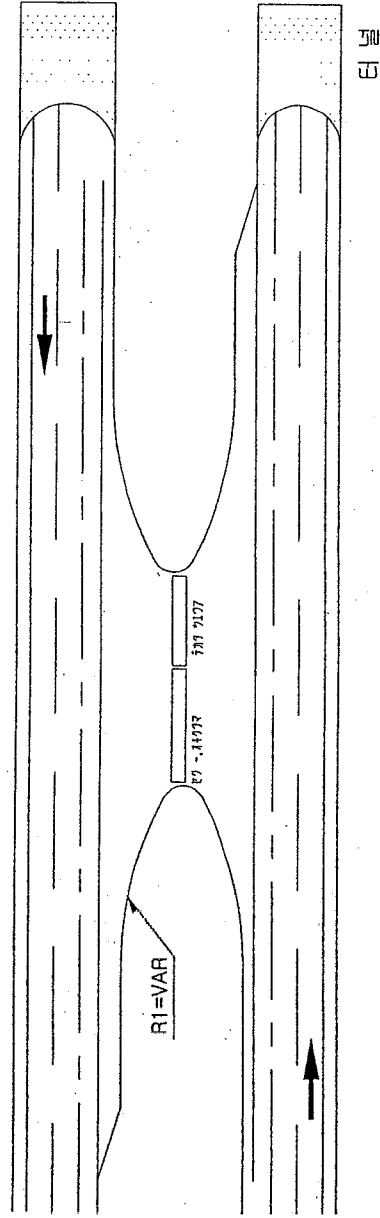
- 개구부 개량 예정구간 : 본 지침 적용 개량
- 개구부 개량 완료구간 : 터널내 사고 잦은 구간, 설해취약지점, 풍수해취약지점 등을 우선적으로 반영하여 보완('07년내 설치완료)
- ※ 기 설치된 유사시설도 시설 노후도를 감안한 우선순위를 고려하여 본 지침시설로 변경 설치

☐ 설계 및 공사노선

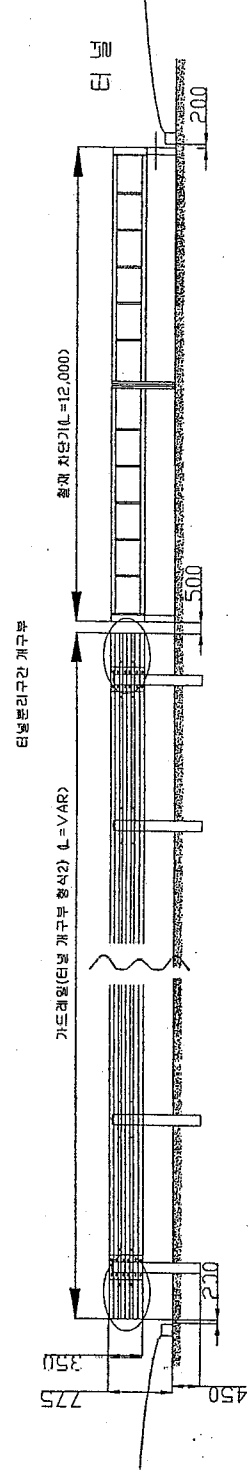
- 본 기준을 참고하여 설계 및 공사부서에서 검토후 적용

터널 입출구 개구부(형식2, 철재차단기) (터널 입출구 분리구간)

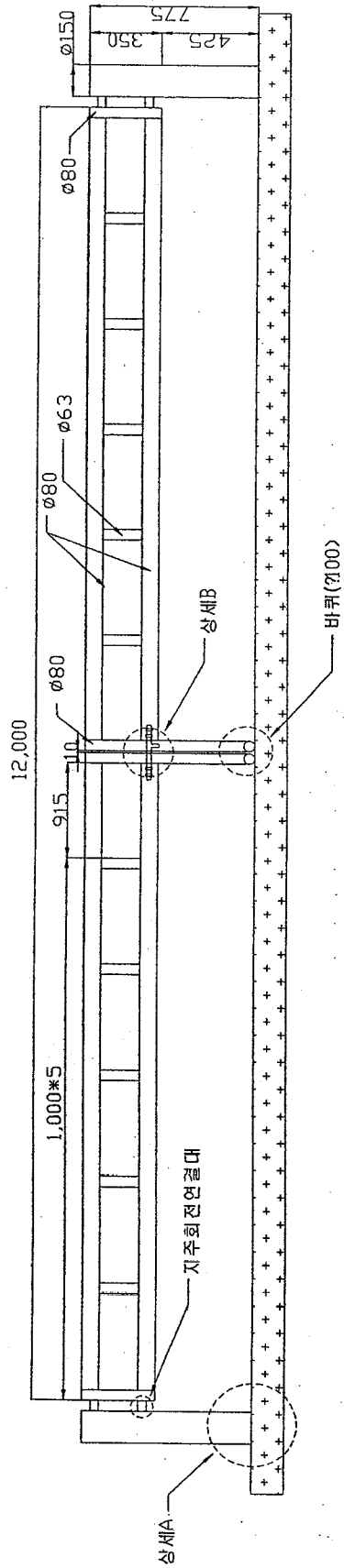
평면도



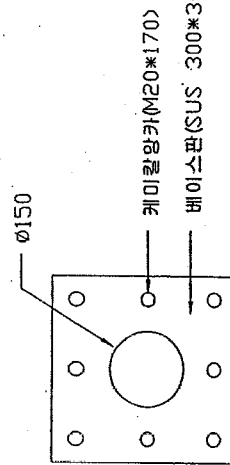
단면도



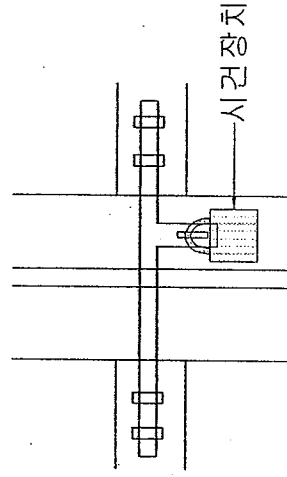
철재차단기 상세도



상세A



상세B



- * 지주회전연결대는 한 지주에 2개 설치하며, 양방향으로 개폐할 수 있도록 설치한다.
- * 철재차단기는 시인성을 증진시킬 수 있도록 검은색 및 노란색으로 도색한다.
- * 시건장치는 전반적 관리여건을 감안하여 자체 검토 후 설치

깎기비탈면 보강 록볼트
설계기준 검토

방 침
설계처-2311
('07. 8. 13)

1. 검토 목적

소규모 암괴 또는 켜기구간에 설치되는 깎기비탈면 보강공사에 적용하고 있는 록볼트 공법의 천공직경, 천공장비 등에 대한 설계기준을 수립코자 함

2. 현 황

○ 설계적용(단가)

구 분 (노선명)	장비 조합	천공직경 (mm)	천공능력 (m/hr)	보강위치
춘천~동홍천 외 11노선	· 싱커+공기압축기	25, 38, 45, 50, 75, 105	7.8, 12	깎기 비탈면, 터널 갱구부
대전~당진외 8개노선	· Jumbo-drill	25, 38, 45, 50, 75	52, 54, 64, 66, 96, 204	깎기 비탈면 터널 갱구부
부산~울산외 4개노선	· 싱커+공기압축기+ 크레인	38,	12	깎기 비탈면, 터널 갱구부
영동~김천, 경주~농대구	· 크롤러드릴+공기 압축기+크레인	45	2.85, 5.4	깎기 비탈면, 터널 갱구부

※ 12개 사업소 17개노선

○ 현장운용

- 크롤러 드릴+ 공기압축기

3. 설계기준 및 시방서

구 분	내 용	비 고
건설공사 비탈면 설계기준 (건설교통부)	· 록볼트 재질 : 이형봉강, 강관, 팽창성강관 등 · 암괴붕합 등 록볼트에 큰축력이 작용하지 않는 경우 - SD300, SD350, D22~D25mm · 지반변형이 커서 록볼트에 큰축력이 발생하는 경우 - SD350이상, D25이상 · 천공기계 : 언급 없음	'06. 4
건설공사 비탈면 표준시방서 (건설교통부)	· 록볼트 재질 : 이형봉강, 강관, 팽창성강관, 나사 철근, 나사강봉 등 · 록볼트 품질기준 - SD300, D22~D25mm이상 - 항복점 300 N/mm² 이상, 인장강도 440 N/mm² 연신을 16%이상 · 천공기계 - 지반조건, 비탈면의 크기와 형상, 연장, 굴착 공법, 천공길이, 본수 등을 고려 선정 - 천공각도를 일정하게 유지시킬 수 있는 기계 선정	'06. 4
표준품셈 (건설연구사)	· 크롤러드릴 천공능력 - 연암 : 2.85m/hr ※ 천공 직경 : 101~105mm	'07.

4. 문제점

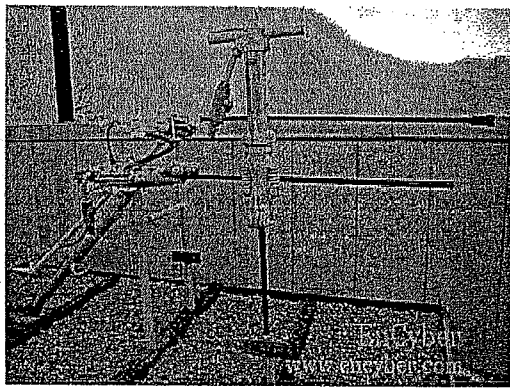
- 깎기비탈면 록볼트 천공직경에 대한 기준이 없음
- 깎기비탈면 록볼트의 경우 천공직경, 보강심도에 상관없이 '싱커+공
기압축기'로 단가 일괄적용
- 현장운용시 시공성이 우수한 크롤러드릴 선호

5. 천공직경 및 장비 조합 검토

가. 천공직경

- 록볼트 직경은 보강비탈면에 따라 $\phi 22\text{mm} \sim \phi 25\text{mm}$ 를 사용
- 천공직경이 과다(록볼트 직경의 2배이상)할 경우 천공홀의 바닥에 록볼트가 위치하여 그라우팅 및 레진 시공시 균열피복 저하
- 천공직경은 록볼트 직경 및 시공성을 감안할 시 $\phi 38\text{mm} \sim \phi 51\text{mm}$ 가 적정

나. 장비 조합

구 분	싱커(Sinker)+공기압축기	크롤러 드릴(crawler drill)+공기압축기
개 요	· 인력에 의한 충격식 · 수직하향으로 천공가능 · 압축공기 사용	· 자주식이동장치인 크롤러가 붙은 착암기 · 수직하향, 수평으로 천공가능 · 압축공기 사용
시공 전경		
규격, 천공직경 및 깊이	0.1 ton, $\phi 38\text{mm}$, 3.0m 미만	5 ton, $\phi 38\text{mm} \sim \phi 105\text{mm}$, 6.0m 미만
특 성	· 인력으로 시공성 저하 · 천공깊이가 짧고 수량이 소량인 보강구간 · 고소장비 진입 및 사용이 어려운 구간	· 기계굴착으로 시공성 양호 · Top down 방식 및 고소작업이 가능한 보강구간 사용

6. 검토 결론

- 록볼트 천공직경이 과다하게 클경우 시공성 및 경제성이 감소되므로
 $\phi 38\text{mm} \sim \phi 51\text{mm}$ 적용
- ※ 단가적용은 $\phi 45\text{mm}$ 적용
- 천공직경의 한계와 시공성, 현장 적용성 등을 감안할 시 록볼트 천공
 장비 조합을 크롤러드릴+공기압축기를 적용함이 타당함

7. 적용방안

- 설계중인 노선 : 2007. 8월 이후 준공노선부터 적용
- 설계완료후 미발주 노선 : 보완설계시 적용

붙 임 : 단가산출서(당초, 변경)

터널입출구부 선형분리구간 중앙분리대용 가드레일 설치기준 검토

방 침

설계처-2747
(07. 9. 19)

1. 목 적

터널 입출구에 설치되는 중앙분리대용 가드레일형식 중 선형분리구간에 설치되는 가드레일에 대한 적정 설치기준 검토코자 함

2. 현행 기준 및 문제점

구분	내 용
개요도	
문제점	가드레일 지주가 2.0m간격으로 과다 설치됨

3. 검토내용

분리구간에 설치되는 가드레일 등급 및 가드레일 규격 적정성

- 터널 입출구 선형분리구간은 충분한 중앙분리대 폭(15m이상)이 확보되므로 낮은 등급의 방호울타리 적용하는 것이 합리적임
- 동구간에 설치되는 가드레일 지주간격은 2m→4m조정하여도 안전성 저하는 없을 것임

4. 개선방안

- 터널 입출구부 분리구간 가드레일 표준도 변경
 - 가드레일 지주 간격 변경(당초 2.0m → 변경 4.0mm)
- 실시설계 완료 및 진행 중인 노선 : 본 기준 적용
- 건설 중인 노선 : 본 기준 적용(기설치 구간 제외)

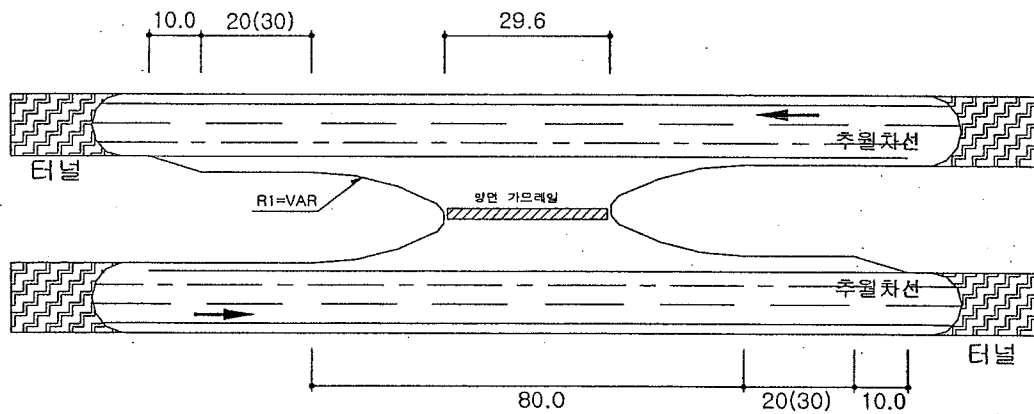
※ 첨부 : 변경 표준도 1부.

【첨 부】

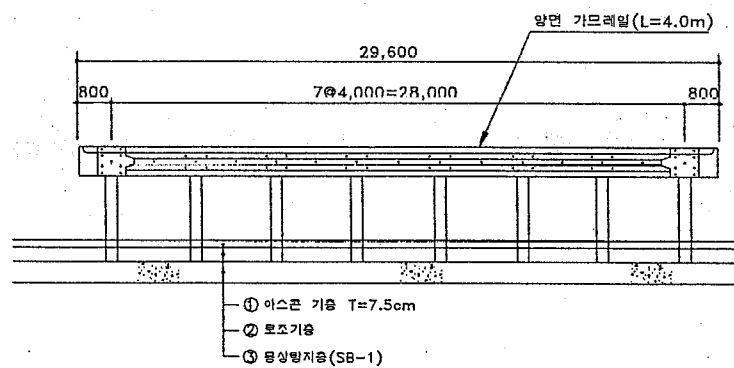
터널 입·출구 개구부(형식2)

터널 입, 출구 분리구간

평 면 모



정 면 모



I. 검토목적

- 2차로 병설터널의 피난연락갱 설치 개소수가 늘어남에 따라 다양한 지반등급에서 피난연락갱이 계획·시공되고 있으나, 본선 터널과 교차되는 구간에서의 지보재의 설치방안은 미흡한 실정이다.
- 따라서 암질상태에 따른 본선 교차부의 합리적인 지보패턴 보강방안을 검토코자 함

II. 현행기준 및 국내외 설치기준

1. 현행기준(터널비상주차대 설치 및 보강방안 검토 [설심이 13201-242, ‘00.12.14])

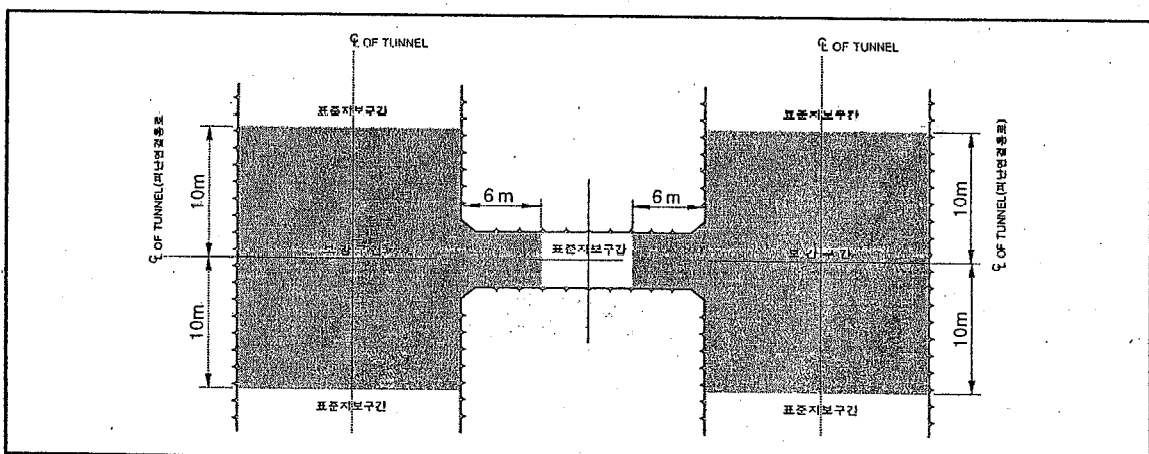
가. 보강사유

도로본선 터널에 피난연락갱등의 설치로 인해 평면적으로 접촉하는 교차부에는 일반부와 비교하여 국부적으로 응력이 커지므로 보강

나. 보강범위

구 분	2차로 터널	3.4차로 터널
본선구간	피난연락갱 접속부 중심에서 양쪽으로 10m 씩	비상주차대 전단면
피난연락갱구간	본선 접속단부에서 6m 씩	

※지반상태별 3차원 구조해석결과에 따라 보강범위 조정 가능



다. 보강 방법 : 각 터널별 3차원 라이닝 해석결과에 따라 강섬유 또는 철근으로 보강토록 되어있으나, 암반분류 결과에 의한 지보패턴 보강 방법에 대해서는 1단계 낮은 지보패턴 적용에 대한 사례만 언급됨.

2. 국내외 설치기준

가. 국내의 설치기준

①도로설계요령(2001, 한국도로공사)

9. 단면 확폭부 및 분기부(터널편, P212~214)

터널의 분기부와 확폭부는 터널 일반도에 비하여 단면이 크고, 복잡하며 특수한 형상이 되기 때문에 그 기능과 목적, 지반조건을 감안해서 터널과 주변지반의 안정을 충분히 확보하도록 설계해야 한다.
.....(생략)

분기부와 확폭부의 설계는 유사조건에서 기 시공된 사례를 이용하거나 수치해석 방법등이 유효하다.

②터널 설계기준(1999, 대한터널협회)

9. 단면 확폭부 및 분기부(P60~61)

터널의 단면확폭부와 분기부는 터널 일반부에 비하여 단면이 크고 복잡하며 특수한 형상이 되기 때문에 그 기능과 지반조건을 감안하여 터널과 주변지반의 안정을 충분히 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.....(생략)

분기부의 시공법, 시공순서 및 시공 이격거리는 선행굴진 터널의 지보재 및 주변지반에 미치는 영향을 충분히 고려하여 결정하여야 한다.

나. 외국의 설치기준

구 분	보 강 방 안	비고(참고자료)
일 본	- 교차각도에 따라 1.6~2.7배까지 원지반의 응력집중이 예상되므로 교차부 지보보강	터널 구조설계 시공 : 일본도로공단
노르웨이	- 교차부에 대한 절리 항목을 보정하여 지보 상향조정	Norwegian Design Guide Road Tunnels
독 일	- 비상주차대 간격 600m이하, 피난연락갱 300m이하 기준 외 세부적인 보강방안 없음.	RABT 2002 (도로터널 설비 및 운영지침)
프랑스	- 피난연락갱 : 지방지역 연장 500m이상 터널 400m 간격 및 도시지역 200m 간격외 세부적인 보강방안 없음	CETU2002 (터널 연구센터)

⇒ 국내의 설치기준에는 터널내 피난연락갱 본선 교차부 굴착 보강방안은 없음

III. 설계현황 및 문제점

1. 설계현황

가. 설계내용

- ① 지반분류에 의한 지보패턴을 그대로 적용
- ② 지반분류에 의한 지보패턴보다 1단계 하향 적용
ex) 지보패턴 Type-II → 지보패턴 Type-III 적용
- ③ RP-Type 적용(RP: Reinforcement Pattern)

구분	굴착 방법	굴진장 (m)	shot크리트 (mm)	특볼트	격자지보	shot크리트 라이닝	비 고
RP-1	전단면 굴착	2.0	120 (강섬유)	종2.0, 횡1.5 (L=4.0m) + 보강종2.0, 횡1.5 (L=5.0m)	50×20×30	30cm 철근보강	· 암반등급 I, II, III에 해당하는 구간 적용
RP-2	상·하반 분할굴착	1.5	120or160 (강섬유)	종1.5, 횡1.5 (L=4.0m) + 보강종1.5, 횡1.5 (L=5.0m)	70×20×30	30cm 철근보강	· 암반등급 IV에 해당되는 구간 적용

나. 설계적용 현황

구 분	설계내용	적 용 현 황	설계년도	비 고
시공중인 노선	지반분류에 의한 지보패턴 적용	서천~공주외 10개노선 20개터널	'97~'02	
	지반분류에 의한 지보패턴 보다 1단계하향 적용	청원~상주외 3개노선 4개터널	'98~'02	
	RP TYPE 적용	남원~광양외 4개노선 28개터널	'02~'06	
설계완료 노선	RP TYPE 적용	춘천~양양외 8개노선 82개터널	'03~'06	

※ 터널별 현황

• '01년 이전 : 지반분류 ⇨ 9개소 1단계하향 ⇨ 3개소 • '02년 : 지반분류 ⇨ 8개소 1단계하향 ⇨ 1개소 RP TYPE ⇨ 3개소 • '03년 이후 : 지반분류 ⇨ 3개소 RP TYPE ⇨ 107개소	A 3D pie chart illustrating the distribution of tunnel types. The largest slice is RP TYPE at 82%, followed by 지반분류 (Ground Classification) at 15%, and 1단계하향 (One-step Downward) at 3%.
---	---

2. 문제점

가. 시공중인 터널의 설치기준이 상이함

피난연락갱과 교차되는 본선타널 보강방법이 3가지 유형 (지반분류, 지반분류보다 1단계하향, RP TYPE[RP1,RP2])으로 분류되어 혼용 적용 됨으로써 이에 따른 설치기준이 필요한 실정임.

나. 설계완료 및 설계중인 터널의 보강이 과다함

피난연락갱과 접속하는 본선부 보강에 대한 현행설계는 RP TYPE의 두 가지 형태로만 분류함으로써 암반I·II 등급과 같은 양호한 구간에 본선타널이 교차시에는 굴진장 축소, 강지보공 추가설치 등으로 인한 공사비 과다 계상 및 공기 손실이 우려됨.

구분	압반등급	굴착	숫크리트	시스템R/B	격자치보
RP-1A	I	전단면 (3.5/3.5m)	강섬유 8cm	종2.0m 횡2.0m L=3.0m	-
	II				
RP-1B	III	전단면 (2.0/2.0m)	강섬유 12cm	종2.0m 횡1.5m L=4.0m	50×20×30 간격 : 2.0m
RP-2A	IV	반단면 (1.5/3.0m)	강섬유 16cm	종1.5m 횡1.5m L=4.0m	70×20×30 간격 : 1.5m
RP-2B	V	반단면 (1.2/1.2m)	강섬유 16cm	종1.2m 횡1.5m L=4.0m	70×20×30 간격 : 1.2m

나. 3차원 수치해석을 통한 지보량 검증(붙임#1)

⇒ 개선된 지보패턴을 적용하여 차량용과 대인용 피난연락갱 본선 교차부에 대한 3차원 수치 해석을 수행하여 안정성 검토.

• 본선 접속구간 지반변위

(): 지반물성치 낮은값 적용시

구 분		지 보 패 턴				비 고
		RP-1A	RP-1B	RP-2A	RP-2B	
천단변위 (mm)	대인용	0.75 (1.82)	2.01 (3.82)	2.80 (4.50)	6.60 (8.20)	
	차량용	0.80 (1.94)	2.23 (4.15)	3.07 (5.10)	6.74 (10.70)	
내공변위 (mm)	대인용	0.28 (0.67)	0.74 (1.37)	0.11 (0.10)	4.80 (7.90)	
	차량용	0.27 (0.49)	0.76 (1.30)	0.30 (1.10)	3.57 (4.50)	

※ 피난연락갱 굴착 후 변위임(보강록볼트는 3차원 수치해석시 미포함)

• 본선 접속구간 지보재 응력

(): 지반물성치 낮은값 적용시

구 분		지 보 패 턴				비 고
		RP-1A	RP-1B	RP-2A	RP-2B	
-shotcrete 압축응력 (MPa)	대인용	1.16 (2.75)	2.68 (4.75)	4.58 (7.81)	6.38 (8.68)	· 허용 휨 압축 응력 : 8.0 MPa
	차량용	1.99 (4.71)	4.02 (7.99)	4.98 (5.70)	6.45 (9.65)	
· 록볼트 축력 (kN)	대인용	4.9 (11.8)	20.9 (40.12)	20.8 (60.67)	58.2 (92.75)	· 허용 축력 : 88 kN
	차량용	9.8 (13.98)	19.0 (28.39)	21.7 (69.46)	74.9 (105.7)	

※ 피난연락갱 굴착 후 지보재 응력임(보강록볼트는 3차원 수치해석시 미포함)

☞ 3차원 해석결과 RP-1A · 1B · 2A지보패턴의 교차부 터널 변위는 수렴하는 경향을 보이고 지보재응력은 모두 허용치 이내로 제시된 지보패턴에 의해 교차부 터널의 안정성이 확보되나, 암반V등급 구간의 RP-2B지보패턴은 낮은값의 지반물성치를 적용시에는 지보재응력이 105 ~ 120%까지 허용치를 벗어나는 것으로 분석됨.

3. 경제성 검토

☐ 교차부 현황

현재 시공중인 터널중 미시공 교차부 : 35개소('07.1 현재)

설계완료후 공사미발주 노선 교차부 : 592개소

☐ 교차부 개소당 예산절감액 : 35백만원

☐ 검토(인) 적용으로 인한 예산 절감액 추정

⇒ 설계완료후 공사미발주 노선 적용시

○ 고속도로 : 592개소 × 35백만원 = 207억원

4. 가치분석을 통한 적용성 검토

가. 평가항목

항 목	내 용	비 고
안 전 성	- 교차부의 하중 증가 및 응력 집중으로 안정성 중요 - 붕락 등의 발생이 없는 형식 필요	
시 공 성	- 시공장비 및 작업장 확보에 유리한 형식 - 반복작업으로 기능 숙련도를 높일수 있는 형식	
기 능 성	- 지보 및 보강 록볼트등의 지형여건에 적합한 형식	
경 제 성	- 생애주기비용 측면에서 유리한 형식	
유지관리성	- 공용중 유지관리 및 점검의 편의성 고려	

나. 평가항목에 대한 매트릭스 평가표

		※ 가중치 평가척도					
		4 : 최상위 중요					
		3 : 매우중요					
		2 : 중요					
		1 : 약간 중요					
		항목/항목 : 동등한 경우(각 항목에 1점)					
A. 안전성							
B. 시공성							
C. 기능성							
D. 경제성							
E. 유지관리성							
		E	D	C	B	A	
가중치 산 정	점 수	1	6	4	1	8	총점
	가중치(0-10)	1	8	5	1	10	
현행(RP TYPE)		2 / 2	2 / 16	3 / 15	3 / 3	5 / 50	86
개선(제안)		2 / 2	4 / 32	4 / 20	3 / 3	4 / 40	97

다. 성능 및 가치평가

성능평가	평가항목	가중치	등급		성능점수		비고
			개선전	개선후	개선전	개선후	
	안전성	10	5	4	50	40	
	시공성	1	3	3	3	3	
	기능성	5	3	4	15	20	
	경제성	8	2	4	16	32	
유지관리성	1	2	2	2	2		
합계					86	97	
가치평가	구분	상대 LCC [C]		상대 성능점수 [P]		가치점수 [N=P/C]	
	개선전	1.000		1.000		1.000	
	개선후	0.793		1.128		1.422	

라. 가치분석을 통한 적용성 검토

구 분	현행 TYPE(RP-1,2)	개선 TYPE
개 요	- 굴착방법(전단면,분할단면)에 따라 지보량 설계	- 지반등급에 적합하도록 지보량 설계
성능분석	- 세분화된 설계가 되지 않아 지반에 따라 성능이 달리 되며, 불필요한 지보설치로 성능 저하	- 세분화된 설계로 인하여 지반순응적 설계를 함에 따라 기능이 향상되고, 지반조건에 적합한 지보설치로 성능 향상
경 제 성	- 지반이 양호한 구간에 불필요한 록볼트 및 지보설치로 공사비 과다 계상	- 지반등급에 따라 세분화된 설계로 설계조건에 맞는 경제적 설계유도
가치분석	- 5가지의 평가항목을 통한 분석결과 생애주기비용(LCC)과 성능평가측면에서 유리한 개선방법이 가치공학적으로 우수.	

V. 검토결과

- 본 검토는 일방향 2차로 터널의 차량 진행방향과 직각으로 설치되는 차량용 및 대인용 피난연락갱에 관한 사항으로, 본선 교차부의 암반등급을 고려하여 아래와 같은 3가지 형식의 지보패턴을 설정하여 설계시 적용코자 함.

구분	암반등급	굴착	쑈크리트	R/B		격자지보
				시스템	보강	
RP-①	I	전단면 (3.5/3.5m)	강섬유 8cm	중2.0m 횡2.0m L=3.0m	중: 2.0m 횡: 2.0m L=3m	-
	II					
RP-②	III	전단면 (2.0/2.0m)	강섬유 12cm	중2.0m 횡1.5m L=4.0m	중2.0m 횡1.5m L=4m	50×20×30 간격 : 2.0m
RP-③	IV	반단면 (1.5/3.0m)	강섬유 16cm	중1.5m 횡1.5m L=4.0m	중1.5m 횡1.5m L=4m	70×20×30 간격 : 1.5m

※ RP-1A⇨RP-①, RP-1B⇨RP-②, RP-2A⇨RP-③ 으로 표기

※ 굴착장은 본선을 우선 굴착시의 굴착장이며, 굴착방법등 현지여건에 따라 변경 가능.

※ 격자지보는 강지보로 변경 가능.

※ 부득이하게 암반Ⅴ등급에 피난연락갱이 설치되는 경우에는 다른 지보패턴에 비해 변위도 상대적으로 크고, 본선굴착후 쑈크리트응력 및 록볼트축력이 지반물성치에 따라 설계허용값을 초과하는 경우가 발생되어 세부보강방안이 필요하므로 본 검토안에서는 제외.

2. 단, 일방향 3차로, 4차로터널등은 별도의 설계가 필요하며, 제시된 개선안은 대상터널의 지형, 토질, 교차단면 및 시공조건 등에 따라 차이가 있으므로 설계 적용시에는 3차원수치해석방법 등을 적용하여 안정성을 검증하고 지형 및 토질조건 등이 특수한 경우에는 해석 결과에 따라 별도의 본선 교차부 보강방법을 강구.
3. 피난연락갱은 부득이한 경우를 제외하고는 설치간격등을 기준에 맞게 조정하여 양호한 암질구간에 위치토록 설치함이 바람직 함.

VI. 기대효과

1. 설계기준 명확화에 따른 설계품질 향상
2. 보강부위 표준화에 따른 시공성 향상
3. 보강수량 최적화에 따른 예산절감

VII. 적용방안

1. 설계중 또는 설계완료후 공사 미발주 노선 : 본 방침 적용
2. 공사중인 노선 : 공사주관부서에서 현장여건등을 고려하여 적용여부 판단

- 붙임 : 1. 본선 교차부 3차원 지반해석 결과
2. 본선 교차부 보강 록볼트 설치 범위도
3. 본선 교차부 지보패턴 현황
4. 한국터널공학회 검토의견

8-8 터널 소화전함 규격 변경

방 침
시설처-2529
('07. 10. 12)

1. 변경사유

방재등급 2등급 이상 터널에 설치되는 옥내 소화전 및 연결송수관
설비 소방호스 수량 증가에 따른 소화전함 크기 증가

※ 「도로터널의 화재안전기준」 소방방재청 고시('07.7.27)

2. 변경내용

소화전함 타입		A	B	C	D
선시공규격 (mm) (W×H×D)	당 초	1980W× 1530H×250D	2380W 1530H×250D	2480W 1530H×250D	2880W 1530H×250D
	변 경	2380 1530H×250D	2780W 1530H×250D	2880W 1530H×250D	3280W 1530H×250D

3. 시행방법

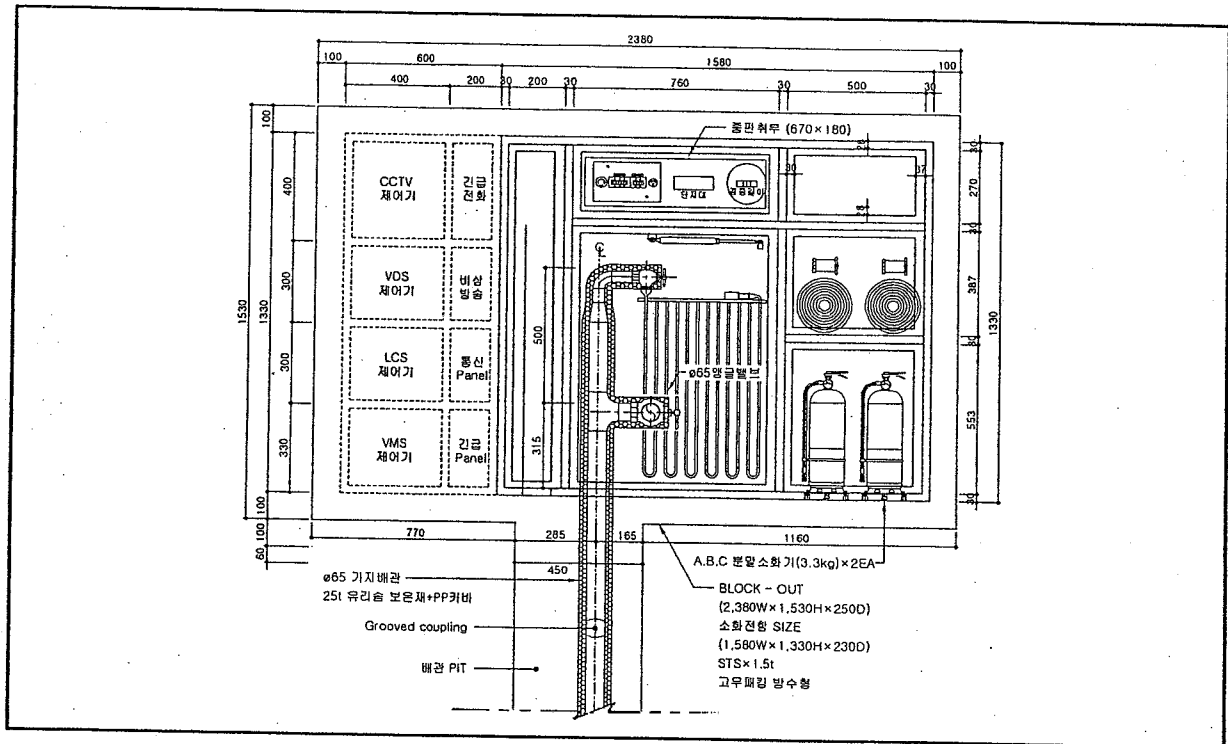
- 라이닝 Con'c 시공전 터널 : 설계변경 반영
- 라이닝 Con'c 시공완료 터널
 - '07. 7. 27. 이전 소방 착공신고 : 착공신고 도면대로 시공
 - 소방 착공 미신고 : 현장 여건에 맞게 설계변경

■ A타입 소화전함

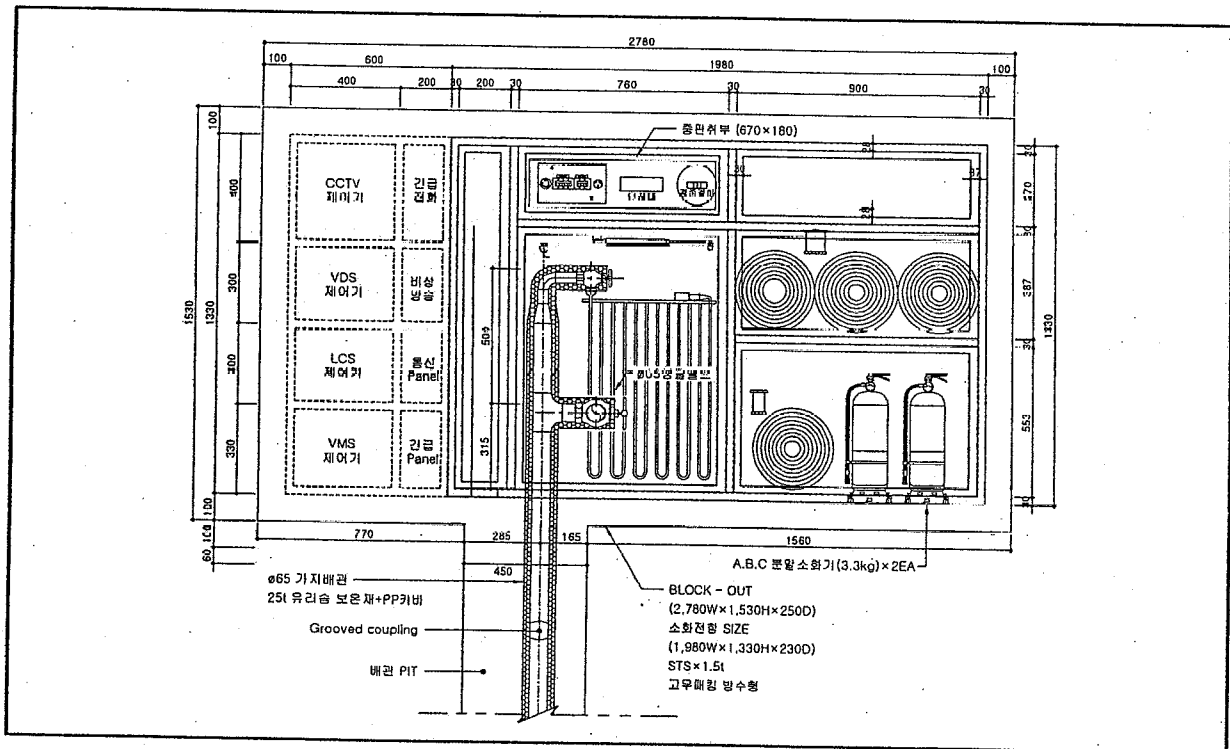
[illegible][illegible]

■ B타입 소화전함

• 변경 전

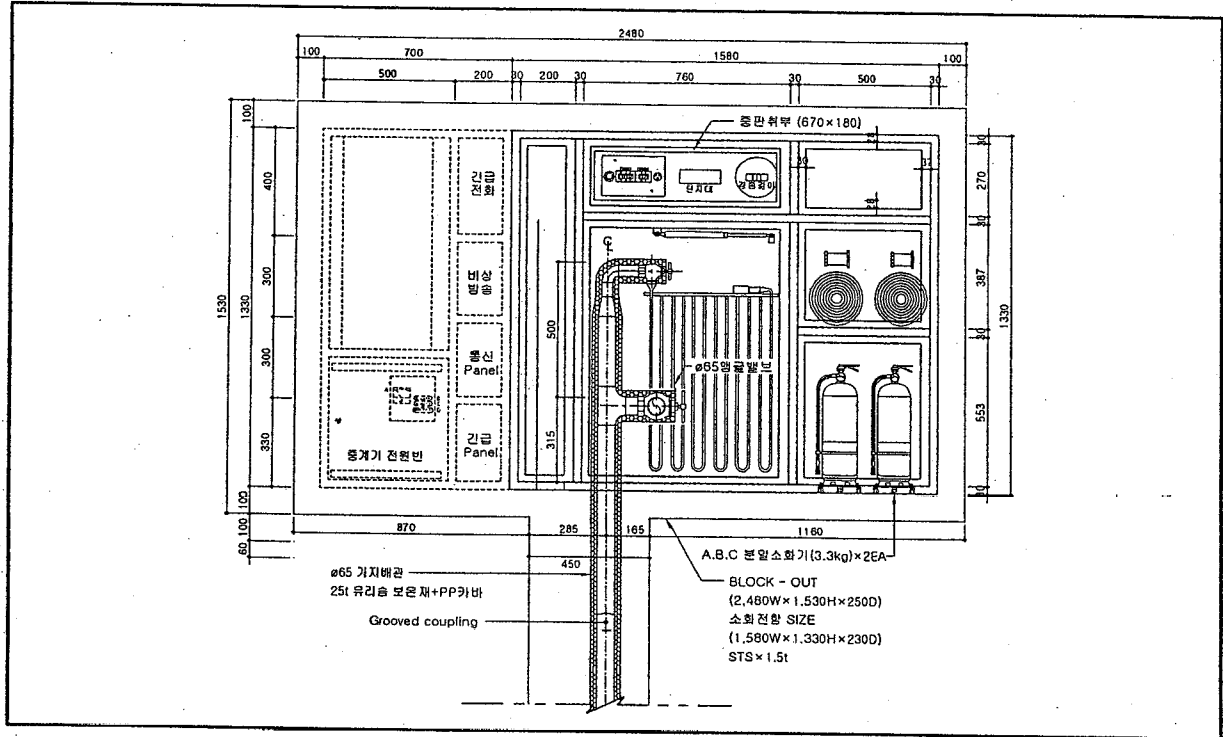


• 변경 후

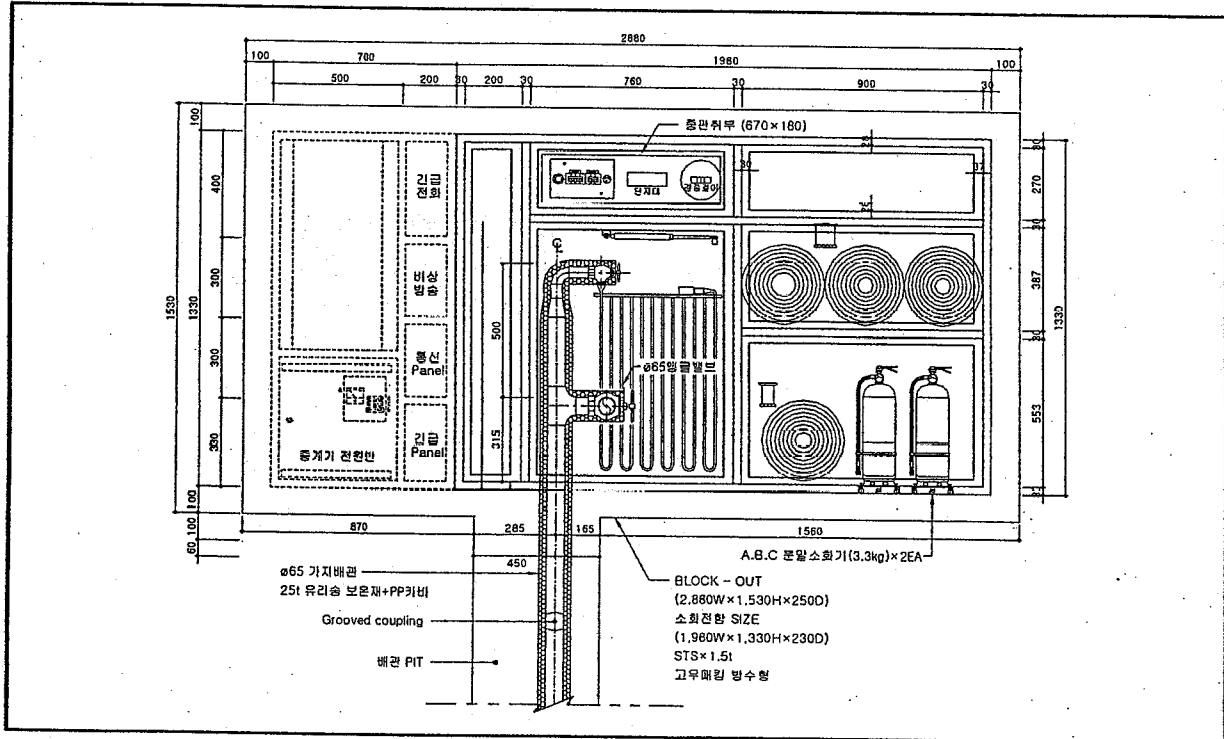


■ C타입 소화전함

• 변경 전



• 변경 후



비탈면 보호공 슛크리트에 대한
뽑어붙이기 단가 적용 검토

방 침
설계처-2940
('07. 10. 17)

1. 검토 목적

풍화되기 쉬운 암석 또는 식생이 불가능한 비탈면에 적용하는 비탈면 보호용 슛트리트 공법에 대하여 뽑어붙이기 단가적용에 대한 기준이 없어 설계자별로 상이하게 적용하고 있어 뽑어붙이기의 단가에 대한 적용기준을 수립코자 함

2. 단가 적용기준

○ 터널 품셈

- 슛크리트 사이클시간

구 분	단위	수량	비 고
준 비	분	10	장비 투입설치 등
바닥청소 및 면정리	"	T ₁	바탕면 분진, 부석재 제거 청소
와이어메쉬 설치	"	T ₂	필요시에만 계상
뽑어 붙임	"	T ₃	
잔재 제거	"	20	뽑어붙임 콘크리트의 손실량 제거
장비 점검	"	10	

· 바닥청소 및 면정리(T₁) : 64m³/hr

· 뽑어붙이기(T₃) :

$$Q = q \times E(1 - \text{손실률}) \text{m}^3/\text{hr}$$

q : 뽑어붙임 기계능력(m³/hr)

E : 효율(0.55)

손실률 = (반발되어 떨어진 재료의 전중량) / (뽑어붙임 콘크리트에 사용되는 재료 전중량)

$$T_3 = V/Q$$

V = 슛크리트 타설대상 수량

o 터널 숏크리트 공법 검토(설기16203-111호, '94. 7.16)

- 습식공법 적용

· 투입인원 : 6인(중기조정원 2인, 특수인부 1인, 보통인부 3인)

· 장비조합 : 콘크리트 펌프 및 분사로봇 + 공기압축기

· 손 실 른 : 10~15%

※ 수량산출기준 : 상단면 15%, 하단면 10%

o 시방기준 : 건설공사 비탈면 설계기준 - 콘크리트 뿔어붙이기

- 철망(wiremesh)과 고정핀 설치

- PVC(배수구멍) 설치 : 10~20m²당 1개 설치

3. 단가 적용현황

구 분	손실률	투입인원 (작업조)	기타	비 고
설계단가 적정성 검토 (터널 숏크리트)	15%	6인	· 해당 없음	설계처
경주~동대구 2공구 (비탈면 보강 숏크리트)	15%	11인	· 와이어메쉬 설치 · PVC 파이프 설치	설계변경
장흥~광양 11공구 (토공사 비탈면 보호공)	미계상	11인	· 와이어메쉬 미반영 · PVC 파이프 미반영	실시설계
유지보수 공종별 단가집 (비탈면 숏크리트)	미계상	2인	· 와이어메쉬 반영 · PVC 파이프 반영	도로처

※ 터널의 숏크리트 손실량은 숏크리트 수량에서 할증량을 산출

4. 문제점

- 비탈면 보호용 슛크리트의 뿔어붙이기에 대한 품이 없음
 - 설계자가 임의대로 시간당 작업량, 투입인원, 손실을 적용
- 비탈면 보호용 슛크리트에 대한 품셈적용 기준 부재

5. 타기관 적용사례

구 분	손실률	투입 인원 (작업조)	기타	비고
지방국토관리청, 한국철도기술공단	30%	10인	· 와이어메쉬 설치	

6. 적용기준 검토

가. 사이클 시간

- 손실률 : 10% 적용
 - 비탈면에 대한 손실률 측정값이 없어 터널 습식 슛크리트 하단면 손실률 적용
- 바닥청소 및 면정리 : 삭제
 - 비탈면 면고르기 수량이 산출되어 기 적용
- 와이어메쉬 설치 : 삭제
 - 선 작업으로 시행되므로 사이클 타임 미반영

나. 사용장비 및 투입인원(작업조)

- 사용장비 : 분사로봇 적용
 - ※ 20m 이상 고소작업을 위한 크레인 비용 반영 : 40%
- 투입인원 : 6인
 - 습식 슛크리트 공법의 타설인원 적용

다. 와이어메쉬 및 PVC 파이프

- 지방규정에 부합되도록 반영

7. 개선 방안

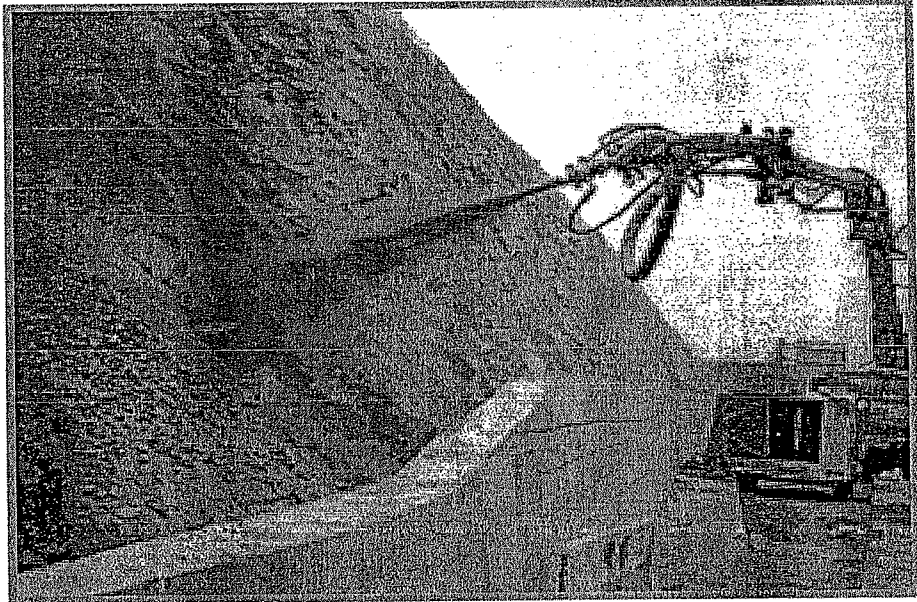
구 분	현 재	개 선(안)	비 고
사이클 타임	· 준비 : 10분 · 면정리 : 64m²/hr 적용 · 와이어메쉬 설치 · 뽑어붙임 · 잔재제거 : 20분 · 장비점검 : 10분	· 준비 : 10분 · 뽑어붙임 · 잔재제거 : 20분 · 장비점검 : 10분	면정리 및 와이어 메쉬 미적용
손실율	· 0~15% 적용	· 10% 적용	터널 하단면 기준
할 증	· 2~15% 할증 적용	· 10% 적용	손실량 반영
먼지 및 이토제거	· 없음	· 공기압축기 반영	품질관리를 위하여 반영
투입인원	· 2인~11인 적용	· 6인 적용	습식 슛크리트 투입인원

8. 적용방안

- 설계중인 노선 : 2007. 10월 이후 준공노선부터 적용
- 설계완료후 미발주 노선 : 보완설계시 적용
- 공사중인 노선 : 공사시행부서에서 판단후 적용

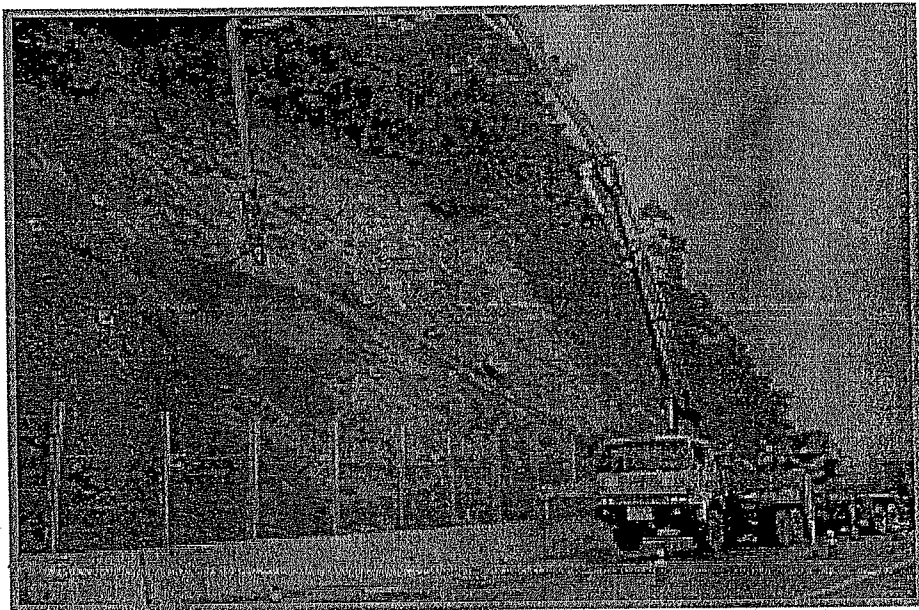
붙 임 : 1. 시공전경
2. 단가산출서

시 공 전 경



내 용

숏크리트 타설 전경



내 용

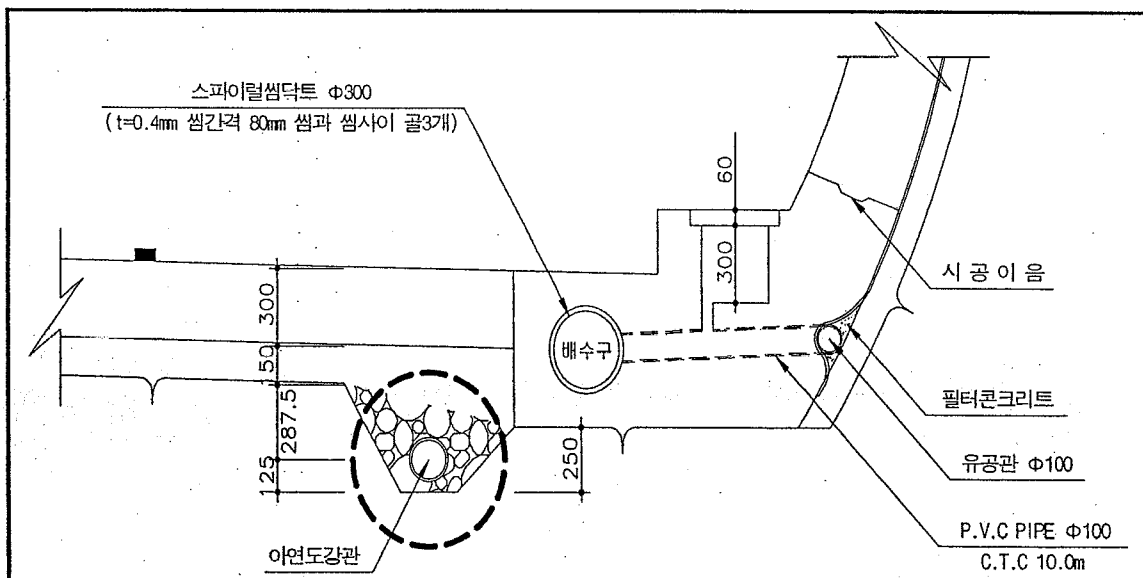
숏크리트 타설전경(펌프카+분사기)

I. 검토목적

터널내 발생하는 지하수 처리를 위해 설치하고 있는 땀암거 유공관의 형식 및 외압강도에 대한 검토를 통해 적정한 형식 등 합리적인 설계기준을 수립코자 함.

II. 관련기준

1. 고속도로건설공사 표준도(한국도로공사)



2. 터널설계기준(건설교통부, 1999)

- 인버트 중앙부 또는 측방에 설치하는 주배수관은 콘크리트관, 아연도강관, THP 관 등을 사용할 수 있다. THP관은 외력으로 부터 관을 보호할 수 있는 조치를 취하여야 한다.

3. 파형유공관 품질기준($\phi 200\text{mm}$, 도연품 17304-186, '98.1.23)

구분	단위	품질기준	시험방법
재질	-	열연 용융아연도금 강판	
두께	mm	1.6이상	
구멍지름	mm	$\phi 4.8 \sim 9.5$	
개공율	%	2.3 ($230 \text{ cm}^2/\text{m}^2$)이상	ASTM A 760
아연도금 부착량	gf/m ²	600 이상 (양면3점법 평균 부착량 : Z60)	KS D 3506
역학적 성질	항복점 N/mm ² (kN/m ²)	206 (206,000) 이상	
	인장강도 N/mm ² (kN/m ²)	274 (274,000) 이상	
	연신율 %	20 이상	
특심부 인장강도	kg/cm	60 (152kg/inch) 이상	AASHTO T 249 ASTM A 760
굽힘시험		이상이 없어야 한다	

4. 터널 맨암거규격 적용기준 검토(설계도10201-259, 03. 7.21)

○ 설계시에는

- 연장1km이내의 2~3차로 터널 : $\phi 150\text{mm}$ 유공관 맨암거
- 기타조건의 터널 : $\phi 200\text{mm}$ 유공관 맨암거

○ 시공시에는 실제 용·배수량에 따라 규격조정 시행

Ⅲ. 현행 및 문제점

1. 현 행

노 선 명	터 널 명	연 장	맴암거 유공관		비 고
			직 경(mm)	형 식	
당진-대전	호계 등 3개소	1,000m미만	200	파 형	
서천-공주	앵봉 등 3개소	1,000m미만	200	파 형	
	서천터널	513m	150	나선형	
익산-장수	만덕터널	2,307m	200	파 형	
	화성 등 3개소	1,000m미만	200	파 형	
	의암1 등 7개소	1,000m미만	150	나선형	
현풍-김천	대성 등 2개소	1,000m이상	200	파 형	
	부상 등 6개소	1,000m미만	200	파 형	
무안-광주	보평 등 7개소	1,000m미만	150	나선형	
	오정터널	1,185m	200	파 형	

2. 문제점

- 터널 맴암거 유공관 $\phi 150\text{mm}$ 에 대한 형식 기준 부재
 - 파형 아연도 유공관 $\phi 150\text{mm}$ 가 생산이 되지 아니하여 1km미만 터널에서 파형 $\phi 200\text{mm}$ 또는 나선형 일반 $\phi 150\text{mm}$ 사용.
- 터널 맴암거 유공관에 대한 기준 미흡
 - 터널 맴암거 유공관은 도로하부에 매립되어 시공 및 공용중 하중의 영향을 받고 있음에도 외압강도 기준 부재

IV. 터널 땀암거 유공관 검토

1. 시험시공

- 내 용 : 시공중 안정성을 확보할 수 있는 터널 땀암거 유공관의 외압강도 기준 조사
- 위 치 : 대전~당진 건설사업단 제7공구
- 대상터널 : 지곡터널(당진방향) 갱구부
- 투입장비 및 자재
 - 투입장비 : 백호우 1대, 진동롤러(10톤) 1대, 덤프트럭 1대
 - 투입자재 : 6개형식 유공관
- 시험시공 결과

유공관 형식	시험시공 후 유공관 변형		5%변형시 강성 (kN/m ²)	
	φ150	φ200		
A	이상없음	-	2,767	
B	-	이상없음	3,042	
C	16mm (10.6% 변형)	파손	φ150	125
			φ200	98
D	18mm (12.0% 변형)	파손	φ150	582
			φ200	314
E	9mm (6.0% 변형)	94mm (47.0% 변형)	φ150	426
			φ200	237
F	7mm (4.7% 변형)	46mm (23.0% 변형)	φ150	2,497
			φ200	1469

※ 5%변형시 강성(kN/m²)은 한국 건자재 시험 연구원의 시험결과임.

○ 검토결과

- 유공관 φ150mm의 A, B 및 F형식은 변형이 없거나, 미미하나 C, D, E형식은 변형 과다
- 유공관 φ200mm의 A, B형식은 변형이 없으나, C~F형식은 파손 또는 변형 과다

2. 안정성검토

○ 검토기준

한국건설기술연구원의 『파형강관의 설계기준 및 시공지침에 관한 연구('00.09)』에 의거 검토.

○ 안정성검토 (파형강관의 설계기준 및 시공지침에 관한 연구)

- 외압강도

[단위 : kN/m²]

관경	구분	고정하중	활하중	외압강도
φ150mm	공용시	18	1,408	1,426
	시공시	9	2,323	2,332
φ200mm	공용시	17	54.55	1,425
	시공시	9	2,456	2,465

3. 검토결과

[단위 : kN/m²]

구분	규격	시험시공 (5%변형시 강성)	안정성검토 (외압강도)	비고
A	φ150	2,767	2,332	O.K
B	φ200	3,042	2,465	O.K
C	φ150	125	2,332	N.G
	φ200	98	2,465	N.G
D	φ150	426	2,332	N.G
	φ200	237	2,465	N.G
E	φ150	582	2,332	N.G
	φ200	314	2,465	N.G
F	φ150	2,497	2,332	O.K
	φ200	1,469	2,465	N.G

V. 개선방안

○ 터널 땀암거 유공관은 5%변형시 강성 등의 품질기준에 만족하는 자재는 모두 적용 가능

- 터널 땀암거 유공관은 공용 및 시공시 외압강도에 안정성을 확보할 수 있고 재질, 개공율 등의 품질기준에 만족하는 자재는 모두 적용 가능(붙임 1 터널 땀암거 유공관 품질기준 참조)

※ 터널 땀암거 유공관 외압강도 기준

구 분	기 준	비 고
5%변형시 강성	2,465kN/m ² 이상	시험시공 및 안정성 검토를 통해 산정

- 유공관 시공시 시험시공 및 시험성적서 확인후 사용

※ 공사비 현황

구 분	당 조	변 경	증·감	비 고
공 사비 (터널연장 1km)	56,500천원 (A형식)	31,820천원 (F형식)	△24,680천원	유공관 φ150mm

○ 터널 땀암거 유공관 규격은 설계시 연장 1km이내 터널(2~3차로)에서 150mm, 기타조건 터널에서 200mm를 적용하고 시공시 실제 용·배수량에 따라 조정 시행(설계도10201-259호, '03. 7. 21 참조)

※ 설계시 터널 땀암거 유공관 규격 적용 현황

구 분	터널 땀암거 유공관 규격	비 고
연장 1km이내 2~3차로 터널	150mm	
기 타 터 널	200mm	

VI. 향후 추진계획

- 고속도로공사 전문시방서 개정시 터널 맨암거 유공관 품질기준 개정
 - 고속도로 전문시방서 개정안(7-7-3-1)

당 조	개 정(안)																								
유공관, 맨암거 및 콘크리트 측구의 설치는 설계도서에 따른다. 파형 유공강관의 품질 및 시공방법은 「파형 유공강관의 품질기준」(한국도로공사, 1998)에 따른다.	유공관, 맨암거 및 콘크리트 측구의 설치는 설계도서에 따른다. 유공관의 품질기준은 다음표와 같다 표 터널 맨암거 유공관의 품질기준																								
	<table><tr><th>구 분</th><th>단 위</th><th>품질기준</th><th>시험방법</th></tr><tr><td>재 질</td><td>-</td><td>부식성이 없어야 한다</td><td></td></tr><tr><td>구멍지름</td><td>mm</td><td>Φ 4.8 ~ 9.5</td><td></td></tr><tr><td>개 공 율</td><td>%</td><td>2.3(230 cm²/m²) 이상</td><td>ASTM A 760</td></tr><tr><td>굽힘시험</td><td>-</td><td>이상이 없어야 한다</td><td></td></tr><tr><td>내경5% 변형시강성</td><td>kN/m²</td><td>2,465이상</td><td>ASTM D 2412</td></tr></table>	구 분	단 위	품질기준	시험방법	재 질	-	부식성이 없어야 한다		구멍지름	mm	Φ 4.8 ~ 9.5		개 공 율	%	2.3(230 cm ² /m ²) 이상	ASTM A 760	굽힘시험	-	이상이 없어야 한다		내경5% 변형시강성	kN/m ²	2,465이상	ASTM D 2412
구 분	단 위	품질기준	시험방법																						
재 질	-	부식성이 없어야 한다																							
구멍지름	mm	Φ 4.8 ~ 9.5																							
개 공 율	%	2.3(230 cm ² /m ²) 이상	ASTM A 760																						
굽힘시험	-	이상이 없어야 한다																							
내경5% 변형시강성	kN/m ²	2,465이상	ASTM D 2412																						

- L형측구 하단부의 고밀도 폴리에틸렌 유공관 품질기준 추가 검토

VII. 적용방안

- 설계중 및 설계완료후 미발주 노선 : 본 기준 적용
- 공사중 노선 : 공시주관부서에서 현장여건을 고려하여 적용여부 판단

- 붙 임 : 1. 터널 맨암거 유공관 품질기준
 2. 터널 맨암거 유공관 도면(당초, 변경)
 3. 터널 맨암거 유공관 외압강도 검토

[붙임 1]

터널 맹암거 유공관 품질기준

구분	단위	당 조(과형유공강관)		개 선(유공관)	
		품질기준	시험방법	품질기준	시험방법
재 질	-	열연 용융 아연도금 강판		부식성이 없어야 한다	
두께	mm	1.6이상		-	
구멍지름	mm	φ 4.8 ~ 9.5		φ 4.8 ~ 9.5	
개공율	%	2.3(230 cm ² /m ²) 이상	ASTM A 760	2.3(230 cm ² /m ²) 이상	ASTM A 760
아연도금 부착량	gf/m ²	600 이상 (양면3점법 평균 부착량 : Z60)	KS D 3506	-	
항복점	N/mm ² (kN/m ²)	206(206,000) 이상		-	
인장강도	N/mm ² (kN/m ²)	274 (274,000) 이상		-	
연신율	%	20 이상		-	
록심부 인장강도	kg/cm	60(152kg/inch) 이상	AASHTO T 249 ASTM A 760	-	
굽힘시험	-	이상이 없어야 한다		이상이 없어야 한다	
내경5% 변형시 강성	kN/m ²	-		2,495	ASTM D 2412

터널 망암거 유공관 도면

구분	표준도
당 초	스파이럴섬닥트 $\Phi 300$ ($t=0.4\text{mm}$ 섬간격 80mm 섬과 섬사이 골3개) 아연도강관 배수구 시공이음 필터콘크리트 유공관 $\Phi 100$ P.V.C PIPE $\Phi 100$ C.T.C 10.0m
변 경	스파이럴섬닥트 $\Phi 300$ ($t=0.4\text{mm}$ 섬간격 80mm 섬과 섬사이 골3개) 유공관 배수구 시공이음 필터콘크리트 유공관 $\Phi 100$ P.V.C PIPE $\Phi 100$ C.T.C 10.0m

터널 땀암거 유공관 외압강도 검토

□ 산출근거

『과형강관의 설계기준 및 시공지침에 관한 연구』 한국건설기술연구원 (2000.09)에 산출.

□ 산출조건

○ 다짐밀도

배수구조물의 중요성과 규모, 뒤채움토의 품질 등을 반영하여 95% 이상의 다짐밀도.

○ 설계하중 산정

배수관의 정점 위치에서 작용하는 설계하중(P_v)은 식(1)과 식(2)에 의해서 결정. 이때 설계하중은 토피고(H)와 암거의 직경(D)에 의해 다짐밀도에 따른 K 값을 반영.

$$\text{식(1)} \quad P_v = K \times (DL + LL) : H \geq D \text{인 경우}$$

$$\text{식(2)} \quad P_v = (DL + LL) : H < D \text{인 경우}$$

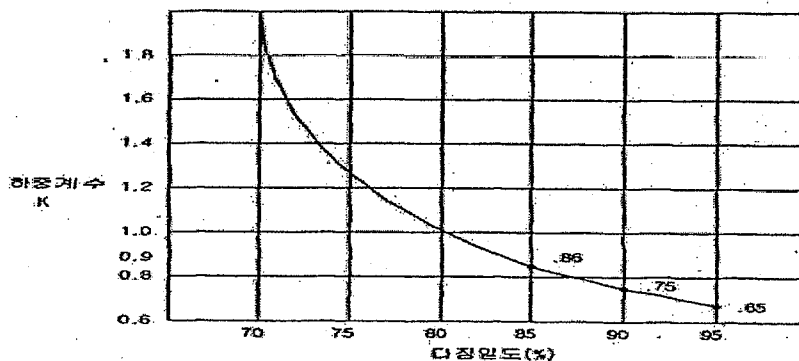


그림 1 다짐밀도에 따른 하중계수 K 값 관계곡선

P_v : 설계압(kN/m^2)

K : 다짐밀도에 따른 하중계수 ($k=1$)

DL : 고정하중에 의하여 강관 정점에 작용하는 압력(kN/m^2),
 $DL = H \times W_s \times D$

LL : 충격을 포함한 활하중에 의하여 강관 정점에 작용하는 압력(kN/m^2)

$$LL = p_{ul} \times D, \quad p_{ul} = \frac{2Pr(1+i)}{Bw_l}$$

P_{ul} : 단위 면적당 하중강도(kN/m^2)

D : 관의 직경(m)

w_l : 활하중의 종방향 분포폭($w_l = 2H + 0.2$)(m)

B : 차량의 점유 폭(m)

H : 토피두께(m)

I : 충격계수(표 1 참조)

Pr : 차륜하중 DB-24인 경우 후륜하중(96kN)

※ 표 1 토피두께와 충격계수 관계

토피두께 (H)	$0.15\text{m} \leq H \leq 1.0\text{m}$	$1.0\text{m} < H \leq 2.0\text{m}$	$2.0\text{m} < H \leq 3.0\text{m}$	$3.0\text{m} < H$
충격계수 (i)	0.3	0.2	0.1	0

□ 외압강도 산출

1. $\phi 150\text{mm}$ 유공관

가. 고정하중

○ 공용시

- 안정처리층 : $(0.15\text{m} + 0.2875\text{m} - 0.075\text{m}) \times 20.000\text{kN/m}^3 = 7.250\text{ kN/m}^2$

- 포장콘크리트 : $0.30\text{m} \times 23.000\text{ kN/m}^3 = 6.900\text{ kN/m}^2$

※ DL : 14.150 kN/m^2

○ 시공시

- 안정처리층 : $(0.15\text{m}+0.2875\text{m}-0.075\text{m}) \times 20.000\text{kN/m}^3 = 7.250 \text{ kN/m}^2$

※ DL : 7.250 kN/m^2

나. 활하중

○ 공용시

- D(관의직경) = 0.15m - i(충격계수) = 0.3

- H(포장두께) = 0.6625m - B(차량점유폭) = 0.25m

- w_l (활하중종방향분포폭) = $2 \times 0.6625 + 0.2 = 1.525\text{m}$

※ LL : $P_{vl} = \frac{2Pr(1+i)}{Bw_l} = 654.688\text{kN/m}^2$

○ 시공시(타이어롤라, 15ton)

- D(관의직경) = 0.15m - i(충격계수) = 0.3

- H(포장두께) = 0.362m - B(유효폭) = 0.25m

- w_l (활하중종방향분포폭) = $2 \times 0.362 + 0.2 = 0.924\text{m}$

※ LL : $P_{vl} = \frac{2Pr(1+i)}{Bw_l} = 1,080.519\text{kN/m}^2$

나. 외압강도 산출

○ 공용시

$P_v = 1.3\text{DL} + 2.15\text{LL} = 1.3 \times 7.250 + 2.15 \times 654.688 = 1,426\text{kN/m}^2$

○ 시공시

$P_v = 1.3\text{DL} + 2.15\text{LL} = 1.3 \times 7.250 + 2.15 \times 1,080.519 = 2,332\text{kN/m}^2$

2. $\phi 200\text{mm}$ 유공관

가. 고정하중

○ 공용시

- 안정처리층 : $(0.15\text{m} + 0.2875\text{m} - 0.10\text{m}) \times 20.000\text{kN/m}^3 = 6.750 \text{ kN/m}^2$

- 포장콘크리트 : $0.30\text{m} \times 23.000 \text{ kN/m}^3 = 6.900 \text{ kN/m}^2$

※ DL : 13.650 kN/m^2

○ 시공시

- 안정처리층 : $(0.15\text{m} + 0.2875\text{m} - 0.10\text{m}) \times 20.000\text{kN/m}^3 = 6.750 \text{ kN/m}^2$

※ DL : 6.750 kN/m^2

나. 활하중

○ 공용시

- D(관의직경) = 0.20m - i(충격계수) = 0.3

- H(포장두께) = 0.6625m - B(차량접유폭) = 0.25m

- w_l (활하중종방향분포폭) = $2 \times 0.6625 + 0.2 = 1.525\text{m}$

※ LL : $P_{vl} = \frac{2Pr(1+i)}{Bw_l} = 654.688\text{kN/m}^2$

○ 시공시(타이어롤라, 15ton)

- D(관의직경) = 0.20m - i(충격계수) = 0.3

- H(포장두께) = 0.337m - B(유효폭) = 0.25m

- w_l (활하중종방향분포폭) = $2 \times 0.337 + 0.2 = 0.874\text{m}$

※ LL : $P_{vl} = \frac{2Pr(1+i)}{Bw_l} = 1,142.330\text{kN/m}^2$

다. 외압강도 산출

○ 공용시 : $P_v = 1.3\text{DL} + 2.15\text{LL} = 1.3 \times 13.650 + 2.15 \times 54.557 = 1.425\text{kN/m}^2$

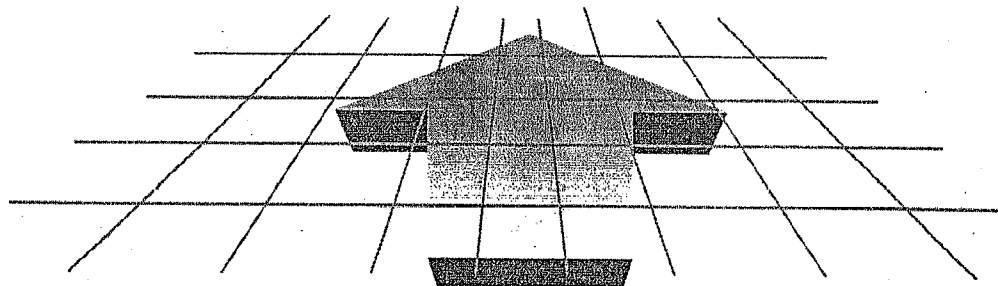
○ 시공시 : $P_v = 1.3\text{DL} + 2.15\text{LL} = 1.3 \times 6.750 + 2.15 \times 1,996.8 = 2,465\text{kN/m}^2$

터널 유출수 종합관리대책

방 침
건설환경실-2409
('07. 11. 28)

I 추진배경

터널환경문제 사전예방으로
깨끗한 수생태계 창조



❑ 터널폐수처리시설
운영 방안 개선

- 시설규모산정기준 조정
- 시설운영비 적정반영
- 환경기술인 배치
- 시설운영기간 변경

❑ 터널유출수
pH 관리방안 수립

- pH관리기준 초과터널
저감시설 설치운영
- 유출수 발생량 및
pH 모니터링

❑ 터널 타일세척수
관리대책 수립

- 운영중 터널 08년내
처리시설 전량설치
- 공사중 터널 준공전
처리시설 전량설치
- 타일세척수 분리집수를
위한 공동구 배수체계
변경

< 터널유출수의 pH 등 환경오염물질 관리문제 상존 >

건설중인 터널 ⇨ 터널폐수처리시설의 적정 운영비용 적용 부족

운영중인 터널 ⇨ 유출수의 pH(수소이온농도) 초과터널에 대한 대책 부재

⇨ 터널내부 타일세척수 오염물질 처리대책 부재

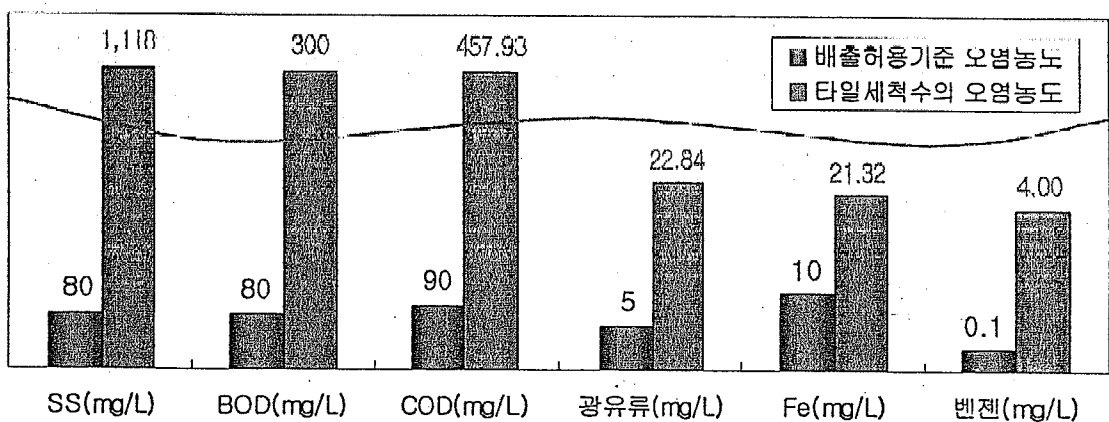
II 터널유출수 발생특성

유출특성

- 건설중인 터널 : 지하수와 공사용작업수 혼합유출
- 운영중인 터널 : 주로 지하수 유출(타일청소시 세척수 유출)

터널유출수 수질현황

- 터널유출수 : pH 배출허용기준 초과터널 저감대책 수립필요
 - 운영중 터널 : 전체 185개중 12개터널 기준 초과
 - 공사중 터널 : 전체 151개중 9개터널 기준 초과
 - ※ 중금속 등 특정유해물질은 검사결과 기준 만족
 - ※ [붙임 1] 터널유출수 수질검사결과
- 타일세척수 : SS 등의 비점오염물질 저감대책 수립필요



< 둔내터널 타일세척수 수질시험 결과, 2007. 11 >

※ [붙임 2] 타일세척수 수질검사결과



현 터널유출수 관리문제점

■ 건설 중인 터널

● 터널폐수처리시설 운영관리 문제점

● 터널폐수처리시설 설치규모 과다 산정

⇒ '07년 운영 중인 시설전체 134개 중 110개(82%)가 실측 터널유출수량보다 큰 규모로 설치·운영 중([붙임 4]참조)

※ 설계기준 : 0.5, 실측결과 0.3(단위 : $m^3/km/min$ /행선)

● 적정 운영비용 및 운영기간 설계반영 부족으로 pH관리 어려움

⇒ 약품투입비 : 설계 반영하나 원단위 없음(견적처리)

⇒ 슬러지처리비, 운전전력비, 환경기술인 : 설계 미반영

⇒ 운영기간 : 터널 굴착기간만 설계반영

● 공정관리상 pH 안정화 이전에 터널폐수처리시설 철거가 부득이한 경우 잔여 공사기간에 대한 대책 부재

● 터널유출수와 타일세척수 혼합유출토록 터널 공동구 배수설계

⇒ 타일세척수 오염물질에 의한 지하수 오염유출 우려됨

■ 운영 중인 터널

● pH 배출허용기준 초과터널에 대한 관리대책 부재

● 터널내부 타일 청소 시 발생하는 세척수 처리대책 부재

● 터널 유출수의 수질조사 모니터링 및 환경관리체계 부재

IV 종합관리대책

1. 터널유출수 관리대책

① 건설중인 터널

■ 터널폐수처리시설 운영방안 개선

- 터널폐수처리시설 규모산정기준(폐수발생량 원단위) 변경
 - 실측조사에 의한 유출수발생원단위 조정(78억원/년 절감)
 - ⇒ 현 기 준 : $0.5 \text{ m}^3/\text{km}/\text{min}/\text{행선}$
 - ⇒ 변경기준 : $0.3 \text{ m}^3/\text{km}/\text{min}/\text{행선}$
 - ※ [붙임 3] 사업비 절감액 산출근거
 - 설계중 터널조사 및 건설중 터널굴착이후 유출수량(지하수+작업수)에 따라 처리시설규모변경
- 터널폐수처리시설 적정 운영비용 반영
 - 단위 유출수량 당 원단위 설계적용 및 비용반영

구분	약품투입량				슬러지 발생량	운전동력 사용량
	NaOH (가정소다98%)	H ₂ SO ₄ (화산98%)	Al ₂ (SO ₄) ₃ (화산알루미늄17%)	polymer (고분자화합물진제)		
원단위	0.0067 kg/m ³	0.0630 kg/m ³	0.0367 kg/m ³	0.00227 kg/m ³	0.177 kg/m ³	0.136 kW/m ³

※ [붙임 4] 운영실태조사결과 및 원단위산정근거

● 환경기술인 적정 배치

- 터널폐수처리시설 규모에 맞는 환경기술인 자격기준 적용 배치
- 환경기술인 배치에 따른 소요 인건비 설계반영

※ [붙임 5] 환경기술인 자격기준 및 인건비 산정근거

● 터널폐수처리시설 운영기간 변경

- 전체 운영기간에 대한 소요 비용 설계반영
- 운영기간 기준변경

➡ 현 기 준 : 터널 굴착기간(착암 ~ 숏크리트 완료)

➡ 변경기준 : 수질기준 만족시까지

※ 설계주관부서는 기간변경에 따른 환경기술인 인건비, 약품비, 슬러지처리비, 운전동력사용비 등이 정산가능토록 단가구성

● pH 안정화 이전 터널폐수처리시설 철거시의 대책

- 별도의 pH 저감시설 설치·운영 및 소요비용 설계반영

➡ 터널유출수 pH가 배출허용기준을 만족시까지 운영

➡ 필요시 지속적 pH 관리가 가능토록 유지관리책임기관에 시설물 인계

- 설치규모는 우기철 실측 최대 터널유출수량을 기준으로 산정
- 설치위치는 교량하부를 기준(부득이한 경우 별도부지 확보)

※ [붙임 6] 터널유출수 pH 저감시설 설치예시도

● 운영방안 개선 시행 주체

- 설계중인 터널 : 설계주관부서
- 건설중인 터널 : 공사시행부서

■ 터널유출수의 pH관리

- 터널폐수처리시설의 pH 모니터링 및 관리
 - 모니터링 주기 : 1회/일 이상(허용기준 준수토록 조치)
 - 폐수처리시설의 운영에 관한 사항 기록·보존
 - ➔ 유출량, 약품·슬러지·전력량, 오염물질, 시설운전상태 등

② 운영중인 터널

■ pH가 배출허용기준을 초과하는 터널에 대한 대책

- '07년 현재 pH초과터널에 대한 대책 : 12개터널([붙임 1]참조)
 - pH 저감시설 설치·운영
 - ➔ '08년내 저감시설 설치완료(소요사업비 : 420백만원)
 - ➔ 사업시행 및 운영 : 유지관리책임기관
 - 설치규모는 우기철 실측 최대 터널유출수량을 기준으로 산정
 - 설치위치는 교량하부를 기준(부득이한 경우 별도부지 확보)
 - ※ [붙임 6] 터널유출수 pH 저감시설 설치에시도
- '07년 이후 pH 초과터널 : 모니터링 결과에 따라 대책수립

■ 터널유출수의 pH 관리

- 터널유출수량 및 pH 모니터링 시행 및 관리대장 기록·보존
 - 모니터링 주기 : 전체터널 대상 1회/월(매월 말일 기준)
 - ※ [붙임 7] : 터널 지하유출수 관리대장 양식
- 모니터링 및 저감대책 수립 시행 : 유지관리책임기관

2. 타일세척수 관리대책

① 건설중인 터널

■ 터널 공동구 배수관로 체계 변경

- 타일세척수와 지하수 배수관로를 구분하여 터널 타일세척수 별도 집수처리
 - 터널 타일세척수 배수관로 변경방안
 - ⇒ 공동구 연결배수관과 스파이어럴십다트 분리
 - ⇒ 타일세척수 배수관로를 세척수처리시설에 직접연결
- ※ [붙임 8] 터널공동구 타일세척수 배수관로 설치예시도

■ 터널 타일세척수 처리시설 설치

- 건설공사 준공전 설치완료 후 유지관리기관 인계
 - 타일청소시의 세척수 사용량을 기준으로 소요규모 산정 설치
 - 설치위치는 교량하부를 기준(부득이한 경우 별도부지 확보)
 - 터널유출수 pH저감시설 설치대상 터널은 설치 불필요
- ※ [붙임 9] 터널 타일세척수 처리시설 설치예시도

■ 공동구 배수관로변경 및 타일세척수 처리시설 설치·운영

- 시설설치 주체 : 공사시행부서
- 시설운영 주체 : 유지관리책임기관
- ※ 설계중인 노선은 설계주관부서에서 설계반영

② 운영중인 터널

■ 터널 타일세척수 처리시설 설치

● '08년 운영터널에 타일세척수 처리시설 설치

- 대상터널 : 229개소('07년말 준공예정 터널 44개소 포함)
- 설치시기 : '08년 9월내 설치완료
 - ➔ 터널유출수 pH저감시설 설치대상 터널은 설치 불필요
 - ➔ 소요사업비 : 1,145백만원
- 소요규모는 우기철 실측 최대유출수량을 기준으로 세척시간 동안에 발생하는 유출수량과 세척수 사용량을 합하여 산정
- 설치위치는 교량하부를 기준(부득이한 경우 별도부지 확보)
- 타일세척수 처리시설 유입부 배수시설을 By-Pass형태 적용
 - ➔ 타일청소시간대의 터널유출수만 처리시설에 유입되도록 청소 전, 후 반드시 By-Pass 기능이 발휘되도록 해야함

※ [붙임 9] 터널 타일세척수 처리시설 설치예시도

● 타일세척수 처리시설 운영·관리

- 오염물질 처리결과 모니터링 및 목표유지를 위한 시설관리
- 처리시설 설치사업 시행 및 운영 : 유지관리책임기관

V 기대효과

■ 환경오염물질 적정처리로 환경·사회문제 사전 예방

■ 터널폐수처리시설 운영방안 개선에 따른 사업비 절감

VI

적용방안

■ 이 방침 시행일부터 적용

- 설계중인 노선 : 설계주관부서에서 변경적용 시행
- 설계완료 후 미발주 노선 및 공사중인 노선
: 공사주관부서 및 공사시행부서에서 변경적용 시행
- 공용중인 노선 : 유지관리책임기관에서 변경적용 시행

붙임 자료

- 붙임 1 : 터널유출수 수질검사결과
- 붙임 2 : 타일세척수 수질검사결과
- 붙임 3 : 사업비절감액 산출근거
- 붙임 4 : 터널폐수처리시설 운영실태조사결과 및 원단위산정근거
- 붙임 5 : 환경기술인 자격기준 및 인건비 산정근거
- 붙임 6 : 터널유출수 pH 저감시설 설치예시도
- 붙임 7 : 터널 지하유출수 관리대장 양식
- 붙임 8 : 터널공동구 타일세척수 배수관로 설치예시도
- 붙임 9 : 터널 타일세척수 처리시설 설치예시도

터널유출수 수질검사결과

1. 조사대상 : 총 336개 터널

- 운영중인 터널 : 5개 지역본부 / 185개 터널
- 건설중인 터널 : 14개 건설사업단 / 151개 터널

2. 조사기간 : '07. 4. 25 ~ 6. 13

3. pH 조사결과

- 배출허용기준 초과터널 전체 현황

구분	기관명(기준초과터널수)	비고
계	10개 기관 (21개 터널)	
운영중인 터널 (지역본부)	경기(2개소), 강원(1개소), 충청(3개소), 호남(2개소), 경북(1개소), 경남(3개소)	
건설중인 터널 (건설사업단)	대전-당진(4개소), 부산-울산(1개소), 전주-남원(1개소), 남원-광양(3개소)	

○배출허용기준 초과터널 집계

· 운영중인 터널

지역분류	터널수	터널명	pH 현황		비고
			측정결과	배출허용기준(수질환경보전법)	
계	12				
경기	2	수암터널 수리터널	8.91 9.34		
강원	1	강릉4터널	9.3		
충청	3	구룡터널 충천터널 웅천터널	9.2 9.5 10.4	5.8~8.6	
호남	2	장성2터널 장성3터널	10.0 9.9		
경북	1	임고1터널	8.82		
경남	3	김해터널 함안1터널 창원2터널	9.3 8.9 9.3		

· 건설중인 터널

건설사업면	터널수 (개소)	터널명	pH 현황		비고
			측정결과	배출허용기준(수질환경보전법)	
계	9				
대전-당진	4	유성터널 호계터널 해월터널 서천터널	9.0 9.0 9.0 5.5	5.8~8.6	
부산-울산	1	기장터널	5.4		
전주-남원	1	완산터널	9.0		
남원-광양	3	용광2터널 구례2터널 황전3터널	5.5 10.3 11.0		

【pH 조사결과 자료】

분류(사업단)	조사명(공구)	노선명	터널명	터널연장(m)		조공(예정)일자	터널지리유출수발생량(톤/일)		수소이온농도(pH)	비고
				정형	비형		정형	비형		
총계				257,567	1,254,712		10,947.6	4,842.0		
본부	개			134,560	132,295		8,242.0	2,584.8		
경기	시흥	서울외곽선	수암터널	1,254	1,294	99.11.30	32.6	33.9	8.91	
경기	시흥	서울외곽선	수리터널	1,865	1,882	99.12.18	56.1	53.7	9.34	
경기	시흥	제2경인선	광명터널	912	888	96.10.30	13.3	0.2	7.87	
경기	시흥	제2경인선	삼막터널	60	60	01.10.12	0.0	0.0	-	
경기	시흥	서울외곽선	안양터널	390	390	96.10.30	0.0	0.0	-	
경기	동서울	서울외곽선	창계터널	450	450	95.07.17	0.0	0.0	-	
경기	동서울	서울외곽선	광암터널	752	752	91.11.29	0.0	0.0	-	기준
경기	동서울	서울외곽선	광암터널	726	-	2002.12.26	0.0	0.0	-	확장
경기	화성	서해안선	용담터널	853	853	96.12.17	0.0	0.0	-	
경기	화성	서해안선	팔곡터널	336	351	96.12.17	0.0	0.0	-	
경기	화성	서해안선	순산터널	627	684	96.12.17	0.0	0.0	-	
경기	화성	평택-음성선	평택터널	370	370	02.11.28	0.0	0.0	-	
경기	군포	영동선	반원터널	760	286	91.11.29	0.0	0.0	-	기준
경기	군포	영동선	반원터널	-	358	01.05.03	0.0	0.0	-	확장
경기	군포	영동선	광교터널	495	522	91.11.29	0.0	0.0	-	기준
경기	군포	영동선	광교터널	502	-	01.05.03	0.0	0.0	-	확장
경기	이천	영동선	마성터널	1,460	1,450	94.12.23	0.0	0.0	-	
경기	이천	영동선	양지터널	660	642	94.12.23	0.0	0.0	-	

부속(이하단)	지명(공구)	선명	터널명	터널연장(m)		준공(예정)일자	터널지하유수발생량(톤/일)		수소이온농도(pH)	비고
				정원	허용		상행	하행		
경기	인천	서울외곽선	소래터널	421	446	99.12.10	0.0	0.0	-	
경기	경안	중부선	중부3터널	369	378	87.11.30	0.0	0.0	-	
경기	경안	중부선	중부2터널	252	236	87.11.30	0.0	0.0	-	
경기	경안	중부선	중부1터널	296	300	87.11.30	0.0	0.0	-	
경기	경안	제2중부선	하번천터널	395	445	01.11.29	0.0	0.0	-	
경기	경안	제2중부선	광지원터널	520	526	01.11.29	0.0	0.0	-	
경기	경안	제2중부선	산곡터널	240		01.11.29	0.0	0.0	-	
강원	원주	영동선	강천터널	338	329	94.12.23	0.0	0.0	-	
강원	대관령	영동선	둔내터널	3,300	3,300	99. 8.19	4.0	17.0	-	
강원	대관령	영동선	몽평터널	1,420	1,445	99. 8.19	6.0	8.0	-	
강원	대관령	영동선	진부1터널	2,095	2,075	99.11.27	4.0	13.0	-	
강원	대관령	영동선	진부2터널	185	203	99.11.27	2.0	4.0		
강원	대관령	영동선	진부3터널	604	599	99.11.27	0.0	0.0	-	
강원	대관령	영동선	대관령1터널	1,800	1,830	01.12.17	13.0	8.0		
강원	대관령	영동선	대관령2터널	55	55	01.12.17	0.0	0.0	-	
강원	대관령	영동선	대관령3터널	60	60	01.12.17	0.0	0.0	-	
강원	대관령	영동선	대관령4터널	705	668	01.12.17	0.0	15.0		
강원	대관령	영동선	대관령5터널	1,209	1,179	01.12.17	8.0	17.0		
강원	대관령	영동선	대관령6터널	234	202	01.12.17	0.0	0.0	-	
강원	대관령	영동선	대관령7터널	120	120	01.12.17	0.0	0.0	-	
강원	강릉	동해선	강릉5터널	2,095	2,075	04.11.24	6,820.0	850.0	8.4	

구분(사업단)	시·정(공구)	노선명	터널명	터널형상(m)		준공(예정)일자	터널지하유수밀제량(톤/일)		수조이용농도(bH)	비고
				상행	하행		상행	하행		
강원	강릉	동해선	강릉1터널	960	960	04.10.10	270.0	230.0	9.3	
강원	강릉	동해선	강릉3터널	140	140	04.10.12	0.0	0.0	-	
강원	강릉	동해선	강릉2터널	210	210	04.11.16	0.0	0.0	-	
강원	강릉	동해선	강릉1터널	535	450	04.12.21	0.0	0.0	-	
강원	강릉	동해선	동해터널	300	300	04.12.21	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	만종터널	367	423	1994	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	횡성터널	367	405	2001	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	공근터널	670	635	2001	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	삼마치터널	1,429	1,436	2001	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	남산터널	797	840	2001	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	굴지터널	648	710	상2001, 하1995	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	원무1터널	498	497	상2001, 하1995	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	원무2터널	808	815	상2001, 하1995	0.0	0.0	-	
강원	홍천	중앙선	원창터널	274	224	상2001, 하1995	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	단양터널	465	500	2001	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	현곡터널	220	220	2001	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	작성터널	616	560	2001	1.72 × 10 ⁻⁷	1.72 × 10 ⁻⁷	7	
강원	제천	중앙선	제천터널	1,150	1,190	2001	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	치악1터널	-	193	1995	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	치악2터널	298	179	상2001, 하1995	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	치악3터널	320	298	상2001, 하1995	0.0	0.0	-	

구분(사업명)	소재지(공구)	구선명	터널명	터널연장(m)		조공(예정)일자	터널지하유수발생량(톤/일)		수조이온농도(pH)	비고
				노면	하형		상형	하형		
강원	제천	중앙선	치악4터널	151	147	상2001. 하1995	0.0	0.0	-	
강원	제천	중앙선	금대1터널	317	324	상2001. 하1995	1.29×10^{-7}	1.29×10^{-7}	7	
강원	제천	중앙선	금대2터널	213	228	상2001. 하1995	0.0	0.0	-	
강원	충주	증부내특선	연풍터널	1,224	1,240	2004.12.	1.0	1.0	7	
강원	충주	증부내특선	장연터널	3,155	3,100	2004.12.	6.0	6.0	8	
강원	충주	증부내특선	추점터널	536	547	2004.12.	0.0	0.0	-	
강원	충주	증부내특선	조곡터널	870	859	2004.12.	0.1	0.1	8	
강원	충주	증부내특선	매현2터널	970	970	2004.11.	0.5	0.5	7	
강원	충주	증부내특선	매현1터널	328	328	2004.11.	0.0	0.0	-	
강원	충주	증부내특선	탄옹터널	380	380	2004.11.	2.0	2.0	7	
강원	충주	증부내특선	두정터널	640	615	2004.11.	0.1	0.1	7	
강원	충주	증부내특선	장고개터널	475	470	2004.11.	0.8	0.6	7.5	
강원	충주	증부내특선	만정터널	445	440	2004.11.	0.0	0.0	-	
강원	충주	증부내특선	기금터널	835	845	2002.12.	0.8	0.8	7	
강원	충주	증부내특선	증원터널	988	988	2002.12.	5.0	5.0	8.5	
충청	대전	경부선	대전터널	812	796	1999.11.15	10.0	5.0	8.4	
충청	대전	대전남부순환선	구룡터널	735	786	1999.12.08	30.0	40.0	9.2	
충청	대전	대전남부순환선	안영1터널	718	718	2000.12.23	0.5	0.5	7.43	
충청	대전	대전남부순환선	안영2터널	600	600	2000.12.23	0.2	0.2	7.67	
충청	대전	대전남부순환선	구원터널	622	622	2000.12.23	6.0	6.0	7.3	
충청	영동	경부선	황간터널	615	615	2006.12.06	0.0	0.0	-	

분류(사업번호)	지시명(공구)	노선명	터널명	터널연장(m)		준공 예정 일자	터널 지하용수 발생량(톤/일)		수조어온도도(도씨)	비고
				상행	하행		상행	하행		
충청	영동	경부선	영동터널	505	475	1970.07.07	0.0	0.0	-	
충청	영동	경부선	영동1터널	578	618	2003.05.02	0.0	0.0	-	
충청	영동	경부선	옥천4터널	873	868	2003.05.02	0.0	0.0	-	
충청	영동	경부선	옥천3터널	1,596	1,613	2003.05.02	20.0	30.0	8	
충청	영동	경부선	옥천2터널	212	210	2003.05.02	0.0	0.0	-	
충청	영동	경부선	옥천1터널	690	681	2003.05.02	0.0	0.0	-	
충청	영동	경부선	삼양터널	361	336	2005.12.15	0.0	0.0	-	
충청	영동	경부선	중악터널	755	755	1999.11.15	0.0	0.0	-	
충청	진천	대전-통영, 중부	진천터널	475	475	1987.12.17	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	육십령터널	317	317	2001.12.10	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	오동터널	535	530	2001.12.31	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	집재터널	380	380	2001.12.31	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	오두재터널	1,148	1,126	2001.11.29	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	적상터널	540	520	2001.11.29	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	가옥터널	620	640	2001.11.29	0.0	0.0	-	
충청	무주	대전-통영, 중부	마달터널	720	660	2000.12.11	0.0	0.0	-	
충청	당진	서해안선	운산터널	80	80	2001.11.20	0.0	0.0	-	
충청	보령	서해안선	충천터널	835	895	2001.11.20	0.0	13.8	10.4/9.0	
충청	보령	서해안선	비인터널	778	790	2001.11.20	0.0	0.0	-	
충청	보령	서해안선	웅천터널	500	540	2001.11.20	13.8	8.2	10.4/9.0	
호남	전주	호남선	호남터널	694	740	상행:1973 하행:1986	0.6	1.0	6	

부속 (외곽)	지명 (동명)	노선명	터널명	터널연장(m)		승용(여정)일자	터널지하유출누출량(톤/일)			비고
				상행	하행		상행	하행	누출(누출도(b))	
호남	전주	호남선	원곡터널	928	882	2005	0.0	0.7	8	
호남	광주	고창-담양선	장성2터널	1253	1245	2006	10.0	16.0	10	
호남	광주	고창-담양선	장성3터널	3,581	3,598	2006	22.0	32.0	10	수질검사 의뢰
호남	광주	고창-담양선	장성4터널	799	805	2006	1.0	0.9	8	
호남	광주	고창-담양선	송강정터널	126	126	2006.12.10	0.0	0.0	-	
호남	광주	호남선	대덕터널	408	408	1996	10.0	6.0	7	
호남	순천	남해선	광양터널	240	270	1992.12.25	0.0	0.0	-	
호남	순천	호남선	순천2터널	861	881	1996.12.28	0.0	0.0	-	
호남	순천	호남선	순천1터널	430	430	1996.12.25	0.0	0.0	-	
호남	순천	호남선	석곡터널	380	391	1996.12.25	0.0	0.0	-	
호남	남원	88선	담양1터널	685	680	2006.12.17	0.0	0.0	7	
호남	남원	88선	담양2터널	955	918	2006.12.17	0.5	0.5	7	
호남	남원	88선	남원터널	785	-	1984.06.27	-	1.0	8	
호남	부안	서해안선	대평터널	330	330	1998.01.03	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	몽탄3터널	590	550	1998.10.21	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	몽탄2터널	540	550	1998.10.21	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	몽탄1터널	280	290	1998.10.21	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	무안4터널	310	280	1998.10.11	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	무안3터널	280	280	1998.10.11	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	무안2터널	323	323	1998.10.11	0.0	0.0	-	
호남	함평	서해안선	무안1터널	480	480	1998.10.11	0.0	0.0	-	

본부(사업단)	지(면)공부	노선명	터널명	타설현장(㎡)		준공(예정)일제	타설제하규준발생량(톤/월)		수시이온농도(pH)	비고
				상행	하행		상행	하행		
호남	합평	서해안선	합평터널	410	420	2001.12.29	0.8	0.9	8	
호남	합평	서해안선	영광2터널	590	590	2002.01.29	1.3	1.3	8	
호남	합평	서해안선	영광1터널	860	870	2002.01.29	1.4	1.6	7	
경북	대구	경부선	경주터널	135	152	69.12.30	0.0	0.0	-	
경북	고령	88선	합천터널	255	255	84.04.20	0.0	0.0	-	
경북	고령	88선	해인사터널	320	320	83.06.08	3.0	5.0	7	
경북	고령	88선	고령터널	690	690	83.07.05	1.0	2.0	7	
경북	군위	중앙선	금호터널	670	660	95.10.01	2.0	2.0	7	
경북	군위	중앙선	읍내터널	280	288	상행:95.10.1 하행:00.5.30	2.0	2.0	7	
경북	군위	중앙선	다부터널	1,041	1,075	상행:95.10.1 하행:00.5.30	14.0	14.0	7	
경북	군위	중앙선	기산터널	765	748	상행:95.10.1 하행:00.5.30	11.0	11.0	7	
경북	군위	중앙선	장천터널	210	210	상행:95.10.1 하행:00.5.30	8.0	8.0	7	
경북	군위	중앙선	군위터널	468	610	상행:95.10.1 하행:00.5.30	8.0	9.0	7	
경북	군위	중앙선	일직터널	340	326	상행:95.10.1 하행:00.5.30	8.0	8.0	7	
경북	영주	중앙선	풍산터널	200	210	상행:95.9.25 하행:99.12.5	0.0	0.0	-	
경북	영주	중앙선	보문터널	801	778	99.12.09	0.0	0.0	-	
경북	영주	중앙선	봉현터널	533	532	01.12.19	207.0	95.0	7.5	
경북	영주	중앙선	죽령터널	4,600	4,600	01.12.19	198.0	475.0	7.9	
경북	상주	중부내륙선	상주터널	1,685	1,612	01.11.30	0.0	0.0	-	
경북	상주	중부내륙선	낙동터널	370	400	01.11.30	0.0	0.0	-	
경북	상주	중부내륙선	공검터널	406	406	03.12.31	0.0	0.0	-	

도·군(시·원)	시·군(구)	노선명	터널명	터널영장(m)		승강(예정)일자	타일지하유관측발광량(누/월)		수소이온농도(pH)	비고
				상행	하행		상행	하행		
경북	상주	중부내륙선	불정터널	194	194	04.12.06	0.0	0.0	-	
경북	상주	중부내륙선	진남터널	968	992	04.12.06	0.0	0.0	-	
경북	상주	중부내륙선	문경2터널	1,187	1,205	04.12.06	0.0	0.0	-	
경북	상주	중부내륙선	문경1터널	115	180	04.12.06	0.0	0.0	-	
경북	상주	중부내륙선	문경새재터널	2,635	2,645	04.12.06	0.0	0.0	-	
경북	영천	대구포항선	도평터널	710	710	04.12.07	0.7	0.6	8.15	
경북	영천	대구포항선	백안터널	590	550	04.12.07	13.6	7.3	8.51	
경북	영천	대구포항선	와촌터널	2,993	2,990	04.12.07	15.0	10.0	8.45	
경북	영천	대구포항선	화남터널	50	50	04.12.07	0.0	0.0	-	eco터널
경북	영천	대구포항선	임고1터널	1,280	1,330	04.12.07	6.0	3.2	8.82	
경북	영천	대구포항선	임고2터널	620	622	04.12.07	0.8	1.0	8.25	
경북	영천	대구포항선	임고3터널	426	368	04.12.07	0.9	1.1	8.55	
경북	영천	대구포항선	임고4터널	1,690	1,690	04.12.07	15.5	12.4	8.18	
경북	영천	대구포항선	달전터널	1,040	1,060	04.12.07	12.1	15.0	7.95	
경남	창녕	구마선	달성1터널	1,362	1,387	95.11.07	8.0	12.0	6.5	
경남	창녕	구마선	달성2터널	969	993	95.11.07	3.0	3.0	7	
경남	창녕	구마선	(구) 달성터널	565	-	77.12.31	0.0	0.0	-	달성IC진입로
경남	산청	중부선	신월터널	230	225	96.11.22	0.1	0.1	8	
경남	산청	중부선	독산터널	445	470	96.11.22	0.0	0.0	-	
경남	산청	중부선	산청3터널	580	520	98.12.14	0.0	0.0	-	
경남	산청	중부선	산청2터널	514	514	98.12.14	0.4	0.4	7	

구분(시/군/구)	지명(동구)	노선명	터널명	터널연장(m)		준공(예정)일자	터널지하유출수발생량(톤/일)		수소이온농도(pH)	비고
				상행	하행		상행	하행		
경남	산청	중부선	산청1터널	204	204	98.12.14	0.0	0.0	-	
경남	산청	중부선	함양터널	1,455	1,505	01.12.10	2.9	2.9	7	
경남	고성	중부선	사천1터널	475	475	05.12.23	0.0	0.0	-	
경남	고성	중부선	사천2터널	501	498	05.12.23	0.0	3.0	6.0~7.0	
경남	고성	중부선	사천3터널	535	531	05.12.23	0.0	0.0	-	
경남	고성	중부선	고성1터널	1,187	1,197	05.12.23	1.0	4.0	6.0~7.0	
경남	고성	중부선	고성2터널	1,746	1,770	05.12.23	157.0	326.0	7.5	
경남	고성	중부선	고성3터널	812	852	05.12.23	43.0	15.0	7.5	
경남	고성	중부선	통영1터널	533	539	05.12.23	2.0	0.0	6.0~7.0	
경남	고성	중부선	통영2터널	1,620	1,628	05.12.23	62.0	49.0	7.9~8.2	
경남	고성	중부선	통영3터널	273	282	05.12.23	0.0	2.0	6.0~7.0	
경남	진주	남해선	하동터널	201	196	92.12.24	0.0	0.0	-	
경남	진주	남해선	진교터널	400	340	92.12.24	0.0	0.0	-	
경남	진주	남해선	사천터널	240	168	상행:92.12.24 하행:73.11.14	0.0	0.0	-	
경남	진주	남해선	진주터널	550	719	상행:73.11.14 하행:86.11.12	0.0	0.0	-	
경남	창원	남해선	김해터널	616	590	01.10.06	4.8	14.2	9.31	
경남	창원	마산외곽선	함안터널	850	877	01.10.06	6.2	0.3	8.89	
경남	창원	마산외곽선	함안2터널	520	500	01.10.06	0.0	0.2	8.49	
경남	창원	마산외곽선	창원1터널	2,566	2,551	01.10.06	23.0	14.4	8.49	
경남	창원	마산외곽선	창원2터널	854	854	01.10.06	28.9	25.2	9.31	

분류(지역별)	차이(명)(공구)	노선명	구분명	터널명	터널연장(m)		추공(예정)일	터널(하유출)수발생량(톤/일)		주요이동노선(하)	비고
					상행	하행		상행	하행		
시발단	계				128,007	122,417		2,705.6	2,257.2		
대전-당진	1공구	당진-대전	유성터널		315	315	09.12.	3.1	3.1	9.0	
대전-당진	4공구	당진-대전	호계터널		575	420	09.12.	2.0	2.0	8~9	
대전-당진	4공구	당진-대전	해월터널		480	470	09.12.	3.0	3.0	8~9	
대전-당진	5공구	당진-대전	화흥터널		305	305	09.12.	1.7	1.3	8.4	
대전-당진	6공구	당진-대전	차동터널		363	315	09.12.	15.0	15.0	7.4	굴착중
대전-당진	6공구	당진-대전	신영터널		614	609	09.12.	3.0	3.0	8.0	
대전-당진	7공구	당진-대전	지곡터널		546	540	09.12.	11.2	8.2	8.2	
대전-당진	2공구	서천-공주	앵봉터널		760	760	09.12.	0.1	0.1	7.0	
대전-당진	3공구	서천-공주	신성터널		176	176	09.12.	14.2	14.4	8.1	
대전-당진	5공구	서천-공주	대선터널		250	250	09.12.	0.6	0.2	8.6	
대전-당진	6공구	서천-공주	가덕터널		378	373	09.12.	0.0	0.0	-	
대전-당진	7공구	서천-공주	서천터널		507	507	09.12.	8.0	10.0	5.5	
익산-장수	3공구	익산-장수	화심터널		702	745	07.12.	9.0	8.0	7	
익산-장수	3공구	익산-장수	외암1터널		195	360	07.12.	1.0	1.5	7	
익산-장수	3공구	익산-장수	외암2터널		130	125	07.12.	0.5	0.5	7	
익산-장수	4공구	익산-장수	신촌터널		336	356	07.12.	10.0	10.0	7	
익산-장수	5공구	익산-장수	만덕터널		2,281	2,307	07.12.	280.0	297.0	7.5	
익산-장수	6공구	익산-장수	신정터널		640	630	07.12.	8.7	9.0	7	
익산-장수	6공구	익산-장수	덕천터널		760	750	07.12.	12.1	10.9	7	
익산-장수	7공구	익산-장수	정곡1터널		280	280	07.12.	2.0	3.5	7	

분류(사업단)	지(명/공구)	표시명	타설명	타설원장(m)		조공(예정)일자	타설지하수유수비량(톤/일)		수집이온농도(bH)	비고
				상향	하향		상향	하향		
익산-장수	7공구	익산-장수	정곡2터널	629	690	07.12.	8.0	9.0	7	
익산-장수	8공구	익산-장수	물곡터널	440	435	07.12.	19.2	0.0	7	
익산-장수	9공구	익산-장수	방곡터널	928	928	07.12.	3.0	25.0	7	
익산-장수	10공구	익산-장수	천곡터널	2,700	2,650	07.12.	160.0	110.0	8.5	
목포-광양	1공구	목포~광양	영암1터널	617	612	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	1공구	목포~광양	영암2터널	497	510	10.12.	10.0	3.0	8.3	
목포-광양	1공구	목포~광양	영암3터널	250	250	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	2-1공구	목포~광양	오산터널	659	667	10.12.	12.0	16.0	8.3	
목포-광양	2-1공구	목포~광양	밤재터널	669	655	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	3공구	목포~광양	강진1터널	675	685	10.12.	14.0	14.0	7.2	
목포-광양	3공구	목포~광양	강진2터널	1,265	1,255	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	3공구	목포~광양	강진3터널	1,270	1,260	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	3공구	목포~광양	장흥1터널	380	448	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	3공구	목포~광양	장흥2터널	428	434	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	3공구	목포~광양	장흥3터널	493	463	10.12.	0.0	0.0	-	
목포-광양	4공구	목포~광양	월민1터널	456	439	11.12.				미시공
목포-광양	4공구	목포~광양	월민2터널	694	742	11.12.				미시공
목포-광양	4공구	목포~광양	정암터널	1,735	1,705	11.12.				미시공
목포-광양	5공구	목포~광양	배신터널	191	204	11.12.				미시공
목포-광양	5공구	목포~광양	조양터널	547	519	11.12.				미시공
목포-광양	5공구	목포~광양	대야터널	1,154	1,179	11.12.				미시공

분류(구분)	지명(공구)	노선명	터널명	터널연장(비)		조공예정일차	터널저하유출수발생량(톤/일)		스스아온도(6H)	비고
				상행	하행		상행	하행		
목포-광양	5공구	목포~광양	노동1터널	614	652	11.12.				미시공
목포-광양	5공구	목포~광양	노동2터널	145	195	11.12.				미시공
목포-광양	6공구	목포~광양	도계1터널	741	730	11.12.				미시공
목포-광양	6공구	목포~광양	도계2터널	-	124	11.12.				미시공
목포-광양	7공구	목포~광양	결배 터널	2,213	2,211	11.12.				미시공
목포-광양	7공구	목포~광양	조상1터널	645	666	11.12.				미시공
목포-광양	7공구	목포~광양	조상2터널	1,396	1,384	11.12.				미시공
목포-광양	7공구	목포~광양	별교1터널	263	301	11.12.				미시공
목포-광양	7공구	목포~광양	별교2터널	499	572	11.12.				미시공
목포-광양	8공구	목포~광양	별교3터널	1,980	1,960	11.12.				미시공
목포-광양	8공구	목포~광양	별교4터널	950	930	11.12.				미시공
목포-광양	9공구	목포~광양	별교5터널	314	366	11.12.				미시공
목포-광양	9공구	목포~광양	별량1터널	872	864	11.12.				미시공
목포-광양	9공구	목포~광양	별량2터널	1,117	1,121	11.12.				미시공
목포-광양	10공구	목포~광양	별량3터널	613	588	11.12.				미시공
목포-광양	10공구	목포~광양	해룡터널	1,424	1,419	11.12.				미시공
청원-상주	2공구	청원-상주	노현터널	408	421	07.12.	0.5	0.5	7.85	-
청원-상주	3공구	청원-상주	마구터널	72	171	07.12.	0.5	0.5	7.6	
청원-상주	3공구	청원-상주	회복터널	1,987	1,925	07.12.	12.0	12.0	8.5	
청원-상주	3공구	청원-상주	건천터널	175	180	07.12.	0.5	0.5	7.7	
청원-상주	4공구	청원-상주	보은터널	824	883	07.12.	30.0	30.0	6.8	

분부(사업단)	차량명(공구)	포선명	터널명	터널연장(m)		준공(예정)일	비밀저하율(수발상량(톤/일))		수소이온농도(pH)	비고
				상형	하형		상형	하형		
청원-상주	4공구	청원-상주	수한터널	214	214	07.12.	2.0	2.0	7.4	
청원-상주	7공구	청원-상주	화서1터널	210	210	07.12.	16.0	11.0	6.1	
청원-상주	7공구	청원-상주	내서2터널	458	470	07.12.	7.0	7.0	6.1	
청원-상주	8공구	청원-상주	상주1터널	496	476	07.12.	5.0	5.0	6.8	
청원-상주	8공구	청원-상주	상주2터널	1,331	1,331	07.12.	13.0	15.0	6.9	
현풍-김천	1공구	중부내륙	대성터널	1,669	1,570	07.12.	1.0 미만	10.5	8.45	
현풍-김천	1공구	중부내륙	갈항터널	1,055	1,045	07.12.	3.1	1.0 미만	8.15	
현풍-김천	2공구	중부내륙	부상터널	760	770	07.12.	20.5	-	8.38	
현풍-김천	3공구	중부내륙	별터터널	760	690	07.12.	2.0	40.0	7.89	
현풍-김천	4공구	중부내륙	솔터터널	490	477	07.12.	1.0미만	1.0미만	7.70	
현풍-김천	5공구	중부내륙	오곡터널	485	471	07.12.	1.0미만	1.0미만	5.90	
현풍-김천	5공구	중부내륙	신기터널	225	225	07.12.	1.0미만	1.0미만	5.85	
현풍-김천	6공구	중부내륙	개진터널	425	487	07.12.	0.0	0.0	-	
부산-울산	1공구	부산-울산	송정2터널	680	680	08.12.31	0.4	0.1	6.3	
부산-울산	2공구	부산-울산	기정터널	528	466	08.12.31	3.4	7.4	5.4	
부산-울산	3공구	부산-울산	기정2터널	304	265	08.12.31	0.0	0.0	7	
부산-울산	9공구	부산-울산	무거터널	1,609	1,509	08.12.31	5.9	0.0	6.5	
수도권	2-1공구	여주양평	금사1터널	385	375	2012				착공전
수도권	2-1공구	여주양평	금사2터널	165	132	2012				착공전
수도권	2-1공구	여주양평	금사3터널	900	900	2012				착공전
수도권	2-1공구	여주양평	금사4터널	269	266	2012				착공전

부서(사업단)	차량명(공구)	노선명	터널명	터널연장(m)		전공(예정)일	타설제하유수능(방광(톤/일))		수소이온농도(이하)	비고
				상행	하행		상행	하행		
수도권	2-1공구	여주양평	금사5터널	1,869	1,889	2012				착공전
수도권	2-2공구	여주양평	강상1터널	1,347	1,354	2012				착공전
수도권	2-2공구	여주양평	강상2터널	1,738	1,741	2012				착공전
수도권	5공구	안성-음성	반계터널	140	140	2007.12.	0.7	0.8	8	
수도권	6공구	안성-음성	마둔터널	775	780	2008.12.	10.0	11.4	8.3	
수도권	6공구	안성-음성	금광1터널	310	310	2008.12.	1.0	0.9	6.6	
수도권	6공구	안성-음성	금광2터널	470	430	2008.12.	1.4	1.5	6.6	
수도권	7공구	안성-음성	금광3터널	2,295	2,235	2008.12.	350.0	250.0	8.31	
강원	2공구	주문진-속초	현북터널	543	550	06.01.	90.0	90.0	7.2	연계처리
강원	2공구	주문진-속초	현남터널	996	971	07.11.				
강원	1공구	춘천-동홍천	동산1터널	699	680	05.07.	17.0	12.0	8.0	
강원	2공구	춘천-동홍천	동산2터널	1,220	1,108	06.11.	19.0	19.0	6.8	
강원	2공구	춘천-동홍천	북방1터널	2,290	2,305	07.12.	25.0	30.0	7.3	
강원	3공구	춘천-동홍천	북방2터널	330	326	06.04.	0.0	0.0	-	
강원	3공구	춘천-동홍천	북방3터널	1,515	1,518	06.08.	0.0	0.0	-	
강원	4공구	춘천-동홍천	송정2터널	350	354	05.12.	10.0	10.0	7.0	연계처리
강원	4공구	춘천-동홍천	송정1터널	660	704	08.05.				
음성-충주										해당없음
무안-광주	1공구	무안-광주	보평터널	937.	937	07.12.	5.1	2.2	6	
무안-광주	2공구	무안-광주	백호터널	860	863	07.12.	0.0	0.0	-	
무안-광주	3공구	무안-광주	동원터널	300	342	07.12.	0.1	0.3	7	

분류(지역)	자치명(공구)	관광선명	타원명	타원면적(㎡)		주공(예정)일지	타원지하유출수발생량(톤/일)			수소이온농도(pH)	비고
				상하	하하		상하	하하	하하		
무안-광주	3공구	무안-광주	용소1터널	343	328	07.12.	0.0	0.0	0.0	-	
무안-광주	3공구	무안-광주	용소2터널	260	255	07.12.	0.0	0.0	0.0	-	
무안-광주	3공구	무안-광주	임석터널	235	202	07.12.	0.0	0.0	0.0	-	
무안-광주	3공구	무안-광주	대도터널	724	690	07.12.	0.0	0.0	0.0	-	
무안-광주	4공구	무안-광주	오정터널	1,180	1,190	07.12.	7.0	11.9	8		
무안-광주	5공구	무안-광주	서봉터널	1,487	1,485	08.06.	17.3	6.6	8		
무안-광주	1공구	고창-장성	고창1터널	568	319	07.12.	3.7	0.0	7		
무안-광주	2공구	고창-장성	문수산터널	3,820	3,750	07.12.	320.0		7.7		
무안-광주	3공구	고창-장성	장성터널	430	401	07.12.	0.5	0.0	6		
전주-남원	1공구	전주-광양	덕진3터널	124	124	2010.12					미시공
전주-남원	1공구	전주-광양	덕진2터널	144	144	2010.12					미시공
전주-남원	2공구	전주-광양	덕진1터널	1,022	1,054	2010.12	3.1	4.3	7		굴착중
전주-남원	2공구	전주-광양	완선터널	617	591	2010.12	0.5	0.5	9		굴착완료
전주-남원	2공구	전주-광양	상관10터널	623	593	2010.12	0.0	0.0	-		굴착완료
전주-남원	2공구	전주-광양	상관9터널	885	864	2010.12	0.0	0.0	-		굴착완료
전주-남원	3공구	전주-광양	상관8터널	0	171	2010.12					미시공
전주-남원	3공구	전주-광양	상관7터널	495	499	2010.12	0.1	0.2	7.2		굴착중
전주-남원	3공구	전주-광양	상관6터널	235	254	2010.12	0.1	0.1	7.2		굴착중
전주-남원	3공구	전주-광양	상관5터널	644	656	2010.12	0.2	0.2	7.2		굴착중
전주-남원	4공구	전주-광양	상관4터널	1,125	1,113	2010.12	0.1	0.1	7.1		굴착완료
전주-남원	4공구	전주-광양	상관3터널	232	231	2010.12	0.1	0.1	6.8		굴착완료

별책시원(단)	소재지(공구)	소재지명	터면명	비밀연장(m)		종양(여성)(일자)	탄탈지하유출수배량(톤/일)		오수이동도(%)	비고
				상원	하원		상원	하원		
전주-남원	4공구	전주-광양	상관2터널	545	551	2010.12	0.2	0.2	7	굴착완료
전주-남원	4공구	전주-광양	상관1터널	549	529	2010.12	1.0	1.0	7.2	굴착완료
전주-남원	4공구	전주-광양	관촌3터널	1,172	1,189	2010.12	70.0	60.0	7.3	굴착중
전주-남원	5공구	전주-광양	관촌2터널	420	401	2010.12	0.0	0.0	-	굴착완료
전주-남원	5공구	전주-광양	관촌1터널	469	492	2010.12	0.0	0.0	-	굴착완료
전주-남원	7공구	전주-광양	오수3터널	823	850	2010.12	162.0	173.0	7.9	굴착중
전주-남원	7공구	전주-광양	오수2터널	1,281	1,274	2010.12	239.7	225.3	7.5	굴착중
전주-남원	8공구	전주-광양	오수1터널	517	202	2010.12	6.0	5.0	7.48	굴착중
전주-남원	8공구	전주-광양	사매3터널	474	467	2010.12	87.0	86.0	7.42	굴착중
전주-남원	8공구	전주-광양	사매2터널	726	712	2010.12				미시공
전주-남원	8공구	전주-광양	사매1터널	1,123	1,004	2010.12	46.1	49.8	7.15	굴착완료
남원-광양	10공구	남원-광양	천마터널	3,944	3,987	10.12.	250	270	8.1	굴착완료
남원-광양	11공구	남원-광양	용방1터널	125	125	10.12.				미굴착
남원-광양	12공구	남원-광양	구래2터널	1,811	1,313	10.12.	40.0	89.0	10.3	굴착완료
남원-광양	12공구	남원-광양	구래1터널	1,655	1,625	10.12.				미굴착
남원-광양	13공구	남원-광양	황전3터널	877	895	10.12.	40.0	40.0	11	굴착완료
남원-광양	13공구	남원-광양	황전2터널	400	420	10.12.				미굴착
남원-광양	14공구	남원-광양	황전1터널	1,453	1,517	10.12.	12.0	12.0	7.3	
남원-광양	14공구	남원-광양	서면5터널	2,290	2,308	10.12.	13.0	14.0	7.1	
남원-광양	14공구	남원-광양	서면4터널	479	475	10.12.				미굴착

분류(구분)	지시명(공구)	노선명	터널명	터널연장(m)		준공(예정)일자	터널지하유출수발생량(톤/일)		취소이유(공포)	비고
				상행	하행		상행	하행		
남원-광양	15공구	남원-광양	서면3터널	354	339	10.12.				미굴착
남원-광양	15공구	남원-광양	서면2터널	1,007	1,049	10.12.	1.0	1.0	7.4	굴착완료
남원-광양	15공구	남원-광양	서면1터널	1,682	1,687	10.12.	10.0	10.0	7.7	
남원-광양	16공구	남원-광양	광양터널	893	905	10.12.	8.0	11.0	8.4	굴착완료
일산-퇴계원	4공구	일산-퇴계원	사패산터널	3,993	3,997	08.06.30	60.0	40.0	6.4	
인천대교										해당없음
서수원-평택	4공구	서수원-평택	금곡터널	374	329	09.10.28	14.4	8.6	7.9	

4. 중금속 등 특정유해물질 수질검사결과

○ 수질검사결과 집계표

구 분	수질검사 대상터널수 (유출량30m ³ /일 이상인 터널)	특정유해물질 함유기준 초과터널수	지하수 특정유해물질 수질검사항목	비 고
계	34	0		
건설중인 터널	20	0	폐물, 납 등 15종 (지하수의 수질보전 등에 관한규칙[별표4])	건설환경실-803, (‘07.4.25) 참조
운영중인 터널	14	0		

○건설중인 터널(점사대상터널 : 터널유출수 발생량 30톤/일 이상인 터널)

[illegible]

터널 타일세척수 수질검사결과

1. 조사대상 : 영동선 둔내터널
2. 조사일자 : '07. 11. 6
3. 타일세척수 수질검사결과

< 둔내터널 타일세척수 오염물질 농도 >

(배출허용기준 지역구분 : 가지역)

구분	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	대장균 (군)	ABS (mg/L)	Cr6+	As (mg/L)	Hg (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)
타일세척수	8	300	457.93	1,118	불검출	1.94	불검출	0.010	0.001	불검출	0.164	0.462	0.626
배출허용기준	5.8-8.6	80	90	80	3,000	3	0.5	0.5	0.005	0.1	1	3	10

구분	Cr (mg/L)	Fe (mg/L)	ICE (mg/L)	PCE (mg/L)	유기인 (mg/L)	PCB (mg/L)	CN (mg/L)	페놀 (mg/L)	F (mg/L)	벤젠 (mg/L)	디클로로 벤젠 (mg/L)	n-Hexane (화유류) (mg/L)
타일세척수	0.07	21.32	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	0.29	4	불검출	22.84
배출허용기준	2	10	0.3	0.1	1	0.003	1	3	15	0.1	0.2	5

터널폐수처리시설 원단위 조정에 따른
사업비 절감액 산출근거

1. 사업비 절감 총액

구분	연간 예산 절감액	비고
계	78억원/연	
터널폐수처리시설 설치비	54억원/연	
터널폐수처리시설 유지관리비	24억원/연	

2. 사업비 절감 총액 산출

○ 터널폐수처리시설 연간 설치비 절감액

구분	당초	변경	증(△)감	비고
산출조건	폐수발생량 원단위 : 0.5m ³ /km/min/행선	폐수발생량 원단위 : 0.3m ³ /km/min/행선		
터널폐수 처리시설 설치비	218억원/연	164억원/연	(△)54억원/연	600m ³ /일, 134개 설치시

○ 터널폐수처리시설 연간 유지관리비 절감액

구분	유지관리비 (원단위 0.3m ³ /km/min/행선 적용시)	산출조건
계	33.9억원/연	※ 원단위 0.5m ³ /km/min/행선 적용시 유지관리비 : 58억원/연
약품투입비	13.4억원/연	○ 폐수발생량 원단위 : 0.3m ³ /km/min/행선 ○ 폐수처리시설 평균규모 : 600m ³ /일 ○ 폐수처리시설 설치수량 : 134개소
슬러지처리비	2.4억원/연	
전력사용비	4.5억원/연	
환경기술인인건비	13.6억원/연	○ 환경기술인 배치대상터널 적용시 ('07년, 33개소)
※ 유지관리비 절감액	58억원/연 - 33.9억원/연 = (△)24.1억원/연	

1

터널폐수 처리시설 설치비 예산절감액

적용 원단위 (m³/km/min/행선)	연간 폐수처리시설 설치비 (폐수처리시설 134개 적용시)	예산조건
계산식	(A) 시설 1개소당 평균규모 : 원단위×전체터널연장×(24×60)×2÷134 (B) 전체 시설 설치비 : 평균규모의 시설공사비×134 (C) 연간 투입비용으로 환산(직접공사비) : (B)×(12개월÷134개소 평균운영개월수) (D) 연간 총투입비용(재잡비율 1.4 적용시)	현 운영중인 폐수처리시설 평균운영기간을 사례로 적용하여 향후 절감가능한 공사비 예측
0.5	(A1) : $0.5 \times 90.389 \times (24 \times 60) \times 2 \div 134 \approx 1,000 \text{m}^3/\text{일/개소}$ (B1) : 184백만원/개소×134개소=24,656백만원 (C1) : 24,656백만원×(12÷19)=15,572백만원/연 (D1) : 15,572백만원/연 × 1.4 = 21,800백만원/연	○ 전체터널연장 : 90.389km ○ 폐수처리시설수 : 134개소 ○ 평균운영기간 : 19개월
0.3	(A2) : $0.3 \times 90.389 \times (24 \times 60) \times 2 \div 134 \approx 600 \text{m}^3/\text{일/개소}$ (B2) : 138백만원/개소×134개소=18,492백만원 (C2) : 18,492백만원×(12÷19)=11,679백만원/연 (D2) : 11,679백만원/연 × 1.4 = 16,350백만원/연	○ 폐수처리시설 설치비/개소 · 1,000m³/일 → 184백만원 · 600m³/일 → 138백만원
예산절감액	(D1) - (D2) = 5,450백만원/연	

※ 터널폐수처리시설 공사비 전적금액

터널폐수처리시설 규모	설치공사비	비고
1,000m³/일	183,799,000원/개소	
600m³/일	137,830,000원/개소	

□ 연간 터널폐수처리시설 약품투입비

폐수처리 시설규모 (일폐수발생량)	일 폐수발생량별 약품투입량 및 약품비					
	약품명	NaOH (치정소다98%)	H ₂ SO ₄ (황산98%)	Al ₂ (SO ₄) ₃ (알루미늄비누17%)	polymer (고분자 양离子)	계
	약품량 원단위	0.0067382 kg/m ³	0.0629504 kg/m ³	0.0366839 kg/m ³	0.0022096 kg/m ³	
	약품비 원단위	600원/kg	150원/kg	230원/kg	4,800원/kg	
100m ³ /일	약품량	0.6738kg/일	6.2950kg/일	3.6684kg/일	0.2210kg/일	
	약품비	404원/일	944원/일	843원/일	1,061원/일	3,252원/일
200m ³ /일	약품량	1.3476kg/일	12.5901kg/일	7.3368kg/일	0.4419kg/일	
	약품비	808원/일	1,888원/일	1,687원/일	2,122원/일	6,505원/일
500m ³ /일	약품량	3.3691kg/일	31.4752kg/일	18.3420kg/일	1.1048kg/일	
	약품비	2,021원/일	4,721원/일	4,218원/일	5,304원/일	16,264원/일
600m ³ /일	약품량	4.4029kg/일	37.7702kg/일	22.0103kg/일	1.3258kg/일	
	약품비	2,426원/일	5,666원/일	5,062원/일	6,365원/일	19,519원/일

터널폐수처리시설 규모별 연간 약품투입비(원/개소)					
시설규모		100m ³ /일	200m ³ /일	500m ³ /일	600m ³ /일
직접 공사비	일일 소요 약품비	3,252원/일	6,505원/일	16,264원/일	19,519원/일
	연간 소요 약품비	1,186,980원/년	2,374,325원/년	5,936,360원/년	7,124,435원/년
총공사비 (제값비율 1.4 적용시)	연간 소요 약품비	1,662천원/년	3,324천원/년	8,310천원/년	9,974천원/년

터널폐수처리시설 규모별 연간 약품투입비				
시설규모	100m ³ /일	200m ³ /일	500m ³ /일	600m ³ /일
1개소당 연간 약품비	1,662천원/년	3,324천원/년	8,310천원/년	9,974천원/년
134개소 연간 약품비	223백만원/년	445백만원/년	1,114백만원/년	1,337백만원/년

□ 연간 터널폐수처리시설 슬러지처리비

폐수처리 시설규모 (일폐수발생량)	일 폐수발생량별 슬러지발생량 및 처리비	
	단위 폐수발생량당 슬러지 발생 원단위	0.177kg/m
	슬러지 처리단가	32,549.6원/ton
100m³/일	발생량	17.7kg/일
	처리비	576원/일
200m³/일	발생량	35.4kg/일
	처리비	1,152원/일
500m³/일	발생량	88.5kg/일
	처리비	2,880원/일
600m³/일	발생량	106.2kg/일
	처리비	3,456원/일

터널폐수처리시설 규모별 연간 슬러지 처리비(원/개소)					
시설규모		100m³/일	200m³/일	500m³/일	600m³/일
직접 공사비	일일 슬러지 처리비	576원/일	1,152원/일	2,880원/일	3,456원/일
	연간 슬러지 처리비	210,240원/연	420,480원/연	1,051,200원/연	1,261,440원/연
총공사비 (제압비율 1.4적용시)	연간 슬러지 처리비	294천원/연	588천원/연	1,472천원/연	1,766천원/연

터널폐수처리시설 규모별 연간 슬러지 처리비				
시설규모	100m³/일	200m³/일	500m³/일	600m³/일
1개소당 연간 처리비	294천원/연	588천원/연	1,472천원/연	1,766천원/연
134개소 연간 처리비	39백만원/연	79백만원/연	197백만원/연	237백만원/연

□ 연간 터널폐수처리시설 운전전력비

폐수처리 시설규모 (일폐수발생량)	일 폐수발생량별 운전전력 사용량 및 전력비		
	1단위 폐수발생량당 운전동력 사용 원단위		0.136kW/m
	1시간당 전력비 원단위		70원/kWh
100m³/일	운전동력 사용량	일 사용량	$0.136\text{kW/m} \times 100 = 13.6\text{kW/일}$
		kwh 환산	$13.6\text{kW/일} \div 24\text{h} = 0.57\text{kwh}$
	전력비	기본요금	887원/일
		이용요금	$0.57\text{kwh} \times 24\text{h} \times 70\text{원/kWh} = 958\text{원/일}$
200m³/일	운전동력 사용량	일 사용량	27.2kW/일
		kwh 환산	1.13kwh
	전력비	기본요금	887원/일
		이용요금	1,898원/일
500m³/일	운전동력 사용량	일 사용량	68kW/일
		kwh 환산	2.83kwh
	전력비	기본요금	887원/일
		이용요금	4,754원/일
600m³/일	운전동력 사용량	일 사용량	81.6kW/일
		kwh 환산	3.4kwh
	전력비	기본요금	887원/일
		이용요금	5,712원/일

터널폐수처리시설 규모별 연간 운전전력비(원/개소)					
시설규모		100m³/일	200m³/일	500m³/일	600m³/일
직접공사비	일일 운전전력비	1,845원/일	2,785원/일	5,641원/일	6,599원/일
	연간 운전전력비	673,425원/연	1,016,525원/연	2,058,965원/연	2,408,635원/연
총공사비 (제압비율 14적용시)	연간 운전전력비	943천원/연	1,423천원/연	2,883천원/연	3,372원/연

터널폐수처리시설 규모별 연간 운전전력비				
시설규모	100m³/일	200m³/일	500m³/일	600m³/일
1개소당 연간 전력비	943천원/연	1,423천원/연	2,883천원/연	3,372천원/연
134개소 연간 전력비	126백만원/연	191백만원/연	386백만원/연	452백만원/연

□ 연간 터널폐수처리시설 환경기술인 인건비

- '07년도 운영실태 조사결과에 의한 환경기술인 소요인건비 적용
- '07년 운영중인 전체 134개의 터널폐수처리시설 중 별도의 인건비가 소요되는 1종, 2종, 3종 대상 시설수량은 33개소임

사업장종류	사업장수	인건비단가 (재잡비포함)	연간 소요인건비 계
계	134개소		113,024천원/월 = <u>1,356백만원/연</u>
1종	3개소	145,780원/일	145,780원/일×30일×3개소=13,120,200원/월
2종	2개소	140,476원/일	140,476원/일×30일×2개소= 8,428,560원/월
3종	28개소	108,899원/일	108,899원/일×30일×28개소=91,475,160원/월
4종, 5종	101개소	-	-

터널 폐수처리시설

운영실태조사결과 및 원단위 산출 근거

1. 터널폐수처리시설 운영실태 조사결과에 따른 원단위 산정 집계

○ 시설운영현황

(A) 운영중인 폐수처리 시설수량 (개소)	설측폐수(지하수+작업수) 발생량 (최대발생월 기준)		사업장분류에 의한 환경기술인 배치실태 (개소)		폐수처리시설 운영기간 (개월)		비고
	(B) 전체 터널연장 (m)	(C) 폐수 발생량 (m³/일)	3종이상 대상시설	배치기준 미달시설	설계	시공	
134	90,389	71,519	33	11	1,694	2,490	'07. 7 현재

○ 약품처리량, 슬러지발생 및 전력사용현황

운영중인 폐수처리 시설수량 (개소)	약품처리(kg/일) (설계/실사용)				(H) 슬러지 발생량 (kg/일)	(I) 운전동력 사용량 (kW/일)	비고
	(D) NaOH (가성소다 98%)	(E) H2SO4 (황산98%)	(F) Al2(SO4)3 (알루미늄 비누17%)	(G) polymer (고분자화 합용접제)			
134	5.48 / 481.908	165.4 / 4,502.152	1,122.7 / 2,623.598	12.1 / 158.031	12,661	9,726	'07. 7 현재

○ 운영실태 조사결과에 따른 설계·유지관리 원단위 산정

구분	단위 터널길이당 폐수발생량	단위폐수발생량 당 약품투입량				단위 폐수 발생량당 슬러지 발생량	단위 폐수 발생량당 운전동력 사용량
		NaOH (가성소다 98%)	H2SO4 (황산98%)	Al2(SO4)3 (알루미늄 비누17%)	polymer (고분자화 합용접제)		
계산식	$C = (B \div 1,000) \div (24 \times 60) \div 2$	D ÷ C	E ÷ C	F ÷ C	G ÷ C	H ÷ C	I ÷ C
원단위	0.3 m³/km/min/행선	0.0067382 kg/m³	0.0629504 kg/m³	0.0366839 kg/m³	0.0022096 kg/m³	0.177 kg/m³	0.136 kW/m³

2. 원단위 산출 세부 계산

○ 터널 폐수발생 예측량 원단위 산정(행선별)

$$\begin{aligned} \cdot \text{터널 폐수발생 원단위} &= (\text{일 폐수발생총량}) \div (\text{터널전체연장}) \div 2 \\ &= 71,519\text{m}^3/\text{일} \div (24 \times 60\text{min}/\text{일}) \div 90.389\text{km} \div 2 \\ &= 0.2747\text{m}^3/\text{km}/\text{min}/\text{행선} \approx 0.3\text{m}^3/\text{km}/\text{min}/\text{행선} \end{aligned}$$

○ 터널폐수처리시설 개소당 평균 폐수발생량

$$\begin{aligned} \cdot \text{평균 폐수발생량} &= (\text{일 폐수발생총량}) \div (\text{폐수처리시설 총개소수}) \\ &= 71,519\text{m}^3/\text{일} \div 134\text{개소} = 534\text{m}^3/\text{일}/\text{개소} \end{aligned}$$

○ 단위폐수발생량 당 약품투입량=(일 약품투입총량)÷(일 폐수발생총량)

구분	설계량(kg/m)	실사용량(kg/m)
NaOH (가성소다98%)	$5.48 \div 71,519 = 0.0000766$	$481.908 \div 71,519 = 0.0067382$
H2SO4 (황산98%)	$165.4 \div 71,519 = 0.0023127$	$4,502.152 \div 71,519 = 0.0629504$
Al3(SO4)3 (황산알루미늄17%)	$1,122.7 \div 71,519 = 0.0156979$	$2,623.598 \div 71,519 = 0.0366839$
polymer (고분자화합물집제)	$12.1 \div 71,519 = 0.0001692$	$158.031 \div 71,519 = 0.0022096$

○ 단위폐수발생량 당 슬러지발생량

$$\begin{aligned} \cdot \text{슬러지발생량} &= (\text{일 슬러지발생총량}) \div (\text{일 폐수발생총량}) \\ &= 12,661\text{kg}/\text{일} \div 71,519\text{m}^3/\text{일} = 0.177\text{kg}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{단위 폐수량당 슬러지처리비} &= (\text{월 슬러지처리총액}) \div (\text{일 폐수발생총량}) \\ &= 18,084,730\text{원}/\text{월} \div (30\text{일}/\text{월}) \div 71,519\text{m}^3/\text{일} = 8.4\text{원}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\cdot \text{슬러지 톤당 처리비} = 8.4\text{원}/\text{m}^3 \div 0.177\text{kg}/\text{m}^3 = 47,458\text{원}/\text{ton}$$

※ 한국건설자원협회 건설오니(슬러지) 처리단가 = 32,549.6원/ton

⇒ 유지관리비 산정은 한국건설자원협회 처리단가 적용

○ 단위 폐수발생량 당 운전전력사용량

· 운전전력사용량 = (일 운전전력사용총량) ÷ (일 폐수발생총량)

$$= 9,726\text{kW}/\text{일} \div 71,519\text{m}^3/\text{일} = 0.136\text{kW}/\text{m}^3$$

· 전력요금 산정(한국전력공사, 전기요금(종합) 일반저압용 기준, '07.4.1)

※ 임시로 운영하는 시설의 전력은 "일반용전력"으로 공급됨

$$\text{※ 기본요금} = 5,320\text{원}/\text{kw}/\text{월} \times 5\text{kw} \div 30\text{일} = 887\text{원}/\text{일}$$

- 시설규모 600m³/일 경우 사용전력량은 약 2,400kw/월 이며,

- 사용전력량이 2,250kw/일 일때 기본계약전력량을 5kw 적용되므로,

- 기본요금 개략 산출을 위한 기본계약전력량을 5kw로 계산

※ 이용요금

시간당 전력량 이용요금

$$= \{ [94.2\text{원}/\text{kWh} \times 2\text{월(여름)}] + [62.7\text{원}/\text{kWh} \times 6\text{월(봄,가을)}] +$$

$$[69.9\text{원}/\text{kWh} \times 4\text{월(겨울)}] \} \div 12\text{월}$$

$$= 70.35\text{원}/\text{kWh}$$

※ 전체 전력요금 = 기본요금 + 이용요금

1	유출량 및 폐수처리시설 현황 집계표('07.7현재)
---	------------------------------

사업현명 (폐수처리 시설수량)	실측 폐수발생량 (최대발생원 기준)			실측폐수발생량 보다 크게 설치한 폐수처리시설 수 (개소)		폐수처리시설 운영기간 (개월)			사업장현황 (환경기술인 배치기준)		비고
	터널 연장 (m)	폐수 발생량 (m ³ /일)	원단위 (m ³ /km ² /mm/일) (행정)	설계	시공	설계	시공	시공 평균운영 기간	3 종 이 상 수 량	배치기준 미달 시설수량	
대전-당진 (13개소)	5,152	2,307		3	9	148	220		2	1	
청원-상주 (9개소)	4,274	1,828		2	5	199	166		2	-	
무안-광주 1 (12개소)	2,933	548		11	8	86	205		-	-	
무안-광주 2 (12개소)	3,023	1,689		12	12	82	289		4	2	
부산-울산 (5개소)	3,021	134		3	5	23	100		-	-	
일산-퇴계 원 (4개소)	3,995	952		-	4		59		3	-	
남원-광양 (12개소)	14,813	2,924		12	11	183	182		5	-	
서수원-평 택 (1개소)	852	2,280		-	-	20	5		1	-	
익산-장수 (13개소)	10,011	2,877		5	6	252	340		7	4	
목포-광양 (11개소)	7,221	949		-	11	206	211		-	-	
수도권 (6개소)	3,942.5	51,592		3	4	60	88		4	-	
강원 (8개소)	3,559.5	538		1	7	133	174		-	-	
현풍-김천 (13개소)	5,801	1,195		-	13	59	208		2	2	
전주-남원 (15개소)	12,291	1,686		15	15	243	243		3	2	
계 (134개소)	90,389	71,519	0.3	67	110	1,694	2,490	2,490-134 = 19개월/개소	33	11	

사업단명 (폐수처리 시설구분)	기본 폐수처리집진		약품처리(kg/일) (집계/실사용)				슬러지처리		운동량 (kW/일)
	운영 기간 (개월/일)	폐수 발생량 (m ³ /일)	NaOH (가정소다 98%)	H ₂ SO ₄ (농산98%)	Al ₂ (SO ₄) ₃ (알루미늄 17%)	poly- mer (고분자 양액제)	반생량 (kg/일)	처리비 (원/일)	
대전-당진 (13개소)	148 /220	2,307	3.198 /5.83	18 /172.832	115 /161.798	1.1 /15.001	686	2,183,822	284
청원-상주 (9개소)	199 /166	1,828	0.088 /55	87.4 /144.01	67.7 /349.62	1 /6.061	2,275	3,600,000	796
무안-광주 1 (12개소)	86 /205	548	0.264 /1.38	- /135.8	120 /146.3	1.2 /3.5	235		162
무안-광주 2 (12개소)	82 /289	1,689	0.264 /73.948	- /123	120 /89.27	1.2 /9.584	176		666
부산-울산 (5개소)	23 /100	134	0.044 /2.3	- /58.5	20 /109	0.2 /1.84	394	844,500	103
일산-퇴계 원 (4개소)	- /59	952	- /	- /240	- /94	- /10.28	303	900,000	569
남원-광양 (12개소)	183 /182	2,924	0.264 /0.4	- /431.07	120 /51.57	1.2 /11.68	201	390,586	502
서수원-평 택 (1개소)	20 /5	2,280	0.022 /	- /15.7	10 /	0.1 /0.12	41	45,500	9
익산-장수 (13개소)	252 /340	2,877	0.286 /0.05	- /205.34	130 /256.25	1.3 /5.52	1,572	415,743	289
목포-광양 (11개소)	206 /211	949	0.242 /300	60 /1,252	50 /412	1.1 /31.5	2180	830,000	1,414
수도권 (6개소)	60 /88	51,592	0.066 /	- /440.58	30 /583.24	0.3 /4.125	601	720,000	366
강원 (8개소)	133 /174	558	0.154 /1	- /105.79	70 /52.48	0.7 /48.96	66		393
현풍-김천 (13개소)	59 /208	1,195	0.286 /40.3	- /273	130 /211	1.3 /4.5	479	1,941,284	4,024
전주-남원 (15개소)	243 /243	1,686	0.302 /1.7	- /904.53	140 /107.07	1.4 /5.36	3,452	6,213,295	149
계 (134개소)	1,694 /2,490	71,519	5.48 /481.908	165.4 /4,502.152	1,122.7 /2,623.598	12.1 /158.031	12,661	18,084,730	9,726

환경기술인 자격기준 및 인건비 산정근거

1. 사업장 규모별 환경기술인 자격기준

사업장 종류	폐수배출량 규모	환경기술인 자격기준
1종 사업장	2,000m³/일 이상	수질환경기사 1인 이상
2종 사업장	700m³/일 이상 2,000m³/일 미만	수질환경산업기사 1인 이상
3종 사업장	200m³/일 이상 700m³/일 미만	수질환경산업기사, 환경기능사 또는 3년 이상 수질분야 환경관련 업무에 직접 종사한 자 1인 이상
4종 사업장	50m³/일 이상 200m³/일 미만	배출시설 설치허가를 받거나 배출 시설 설치신고가 수리된 사업자 또는
5종 사업장	상기 제1종사업장 내지 제4종 사업장에 해당하지 아니하는 배출시설	배출시설 설치허가를 받거나 배출 시설 설치신고가 수리된 사업자가 그 사업장의 배출시설 및 방지시설 업무에 종사하는 피고용인 중에서 임명하는 자 1인 이상

2. 환경기술인 인건비

사업장 종류	기술자등급	인건비	중공사비 (제34조 제1항 제14 적용시)	산정근거
1종	초급기술자 (수질환경기사)	104,129원/일	145,780원/일	○ 엔지니어링 사업대가의 기준 제11조 [별표 4] ○ 2006 엔지니어링업체 임금실태조사 결과 공표
2종	중급기능사 (수질환경산업기사)	100,340원/일	140,476원/일	
3종	중급기능사 (수질환경산업기사)	100,340원/일	140,476원/일	
	초급기능사 (환경기능사)	77,785원/일	108,899원/일	
4종, 5종	-	-	-	

엔지니어링사업대가의 기준

제11조(엔지니어링기술자의 등급 및 자격기준) 엔지니어링기술자의 등급 및 자격기준은 별표 4와 같다.

【별표 4】 엔지니어링기술자의 등급 및 자격기준

기준 구분	기술자격 및 경험기준	학력 및 경험기준
기술사	· 기술사	-
특급기술자	· 기사자격을 가진 자로서 10년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 산업기사자격을 가진 자로서 13년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자	· 박사학위를 가진 자로서 3년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 석사학위를 가진 자로서 9년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자, · 학사학위를 가진 자로서 12년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 전문대학을 졸업한 자로서 15년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자
고급기술자	· 기사자격을 가진 자로서 7년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 산업기사자격을 가진 자로서 10년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자	· 박사학위를 가진 자 · 석사학위를 가진 자로서 6년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자, · 학사학위를 가진 자로서 9년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 전문대학을 졸업한 자로서 12년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 15년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자
중급기술자	· 기사자격을 가진 자로서 4년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 산업기사자격을 가진 자로서 7년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자	· 석사학위를 가진 자로서 3년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자, · 학사학위를 가진 자로서 6년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 전문대학을 졸업한 자로서 9년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 12년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자
초급기술자	· 기사자격을 가진 자 · 산업기사자격을 가진 자	· 석사학위를 가진 자 · 학사학위를 가진 자 · 전문대학을 졸업한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 3년 이상 해당기술분야의 업무를 수행한 자

기준 구분	기술자격 및 경험기준	학력 및 경험기준
고급기능사	· 기능장의 자격을 가진 자 · 산업기사자격을 가진 자로서 4년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 기능사자격을 가진 자로서 7년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 기능사보자격을 가진 자로서 10년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자	· 기능대학 또는 전문대학을 졸업한 자로서 4년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 7년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 직업훈련기관의 교육을 이수한 자로서 7년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 기능실기시험을 합격한 자로서 10년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자
중급기능사	· 산업기사자격을 가진 자 · 기능사자격을 가진 자로서 3년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 기능사보자격을 가진 자로서 5년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자	· 기능대학 또는 전문대학을 졸업한 자 · 고등학교를 졸업한 자로서 3년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 직업훈련기관의 교육을 이수한 자로서 5년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 기능실기시험을 합격한 자로서 5년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자 · 기타 10년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자
초급기능사	· 기능사자격을 가진 자 · 기능사보자격을 가진 자	· 고등학교를 졸업한 자 · 직업훈련기관의 교육을 이수한 자 · 기능실기시험을 합격한 자 · 기타 5년 이상 해당기능분야의 업무를 수행한 자

- 비고 1. 기술자란 엔지니어링기술진흥법 제2조제1호 및 같은 법 시행령 제2조에서 규정한 엔지니어링활동을 직접 수행하는 자로서, 제경비에 포함되어 있는 임원, 서무, 경리직원 등을 제외한 자를 말한다.
2. 한국과학기술원 기술용역기술사과정 이수자는 중급기술자로 한다.
3. 교육인적자원부장관이 동등한 학력이 있다고 인정하는 자는 학력경험의 기준에 따른다.
4. 해당기술(기능)분야의 업무를 수행한 자라 함은 엔지니어링기술진흥법 시행령 별표1의 기술부문 및 전문분야 구분표에 따른 해당 관련분야에 종사하여 실무경험이 있는 자를 말한다.

〈2006 엔지니어링업체 임금실태조사결과 공표〉

본 협회에서 실시한 2006년도 엔지니어링업체 임금실태조사(통계승인 제37201호) 결과를 통계법 제15조 및 동법 시행령 제16조의 규정에 의거 아래와 같이 공표합니다.

가. 엔지니어링기술자 노임단가

(단위 : 원)

구분	원자력발전	산업공장	건설 및 기타
기술사	335,459	313,502	263,837
특급기술자	322,377	274,065	204,020
고급기술자	251,333	213,533	173,417
중급기술자	202,063	166,173	146,066
초급기술자	152,866	125,467	104,129
고급기능사	221,758	136,169	114,757
중급기능사	154,630	108,359	100,340
초급기능사	117,024	89,635	77,785

※ 상기 노임단가는 1일 기준이며, 실근무일수에 인원 가중치를 평균하여 산출한 결과치임.

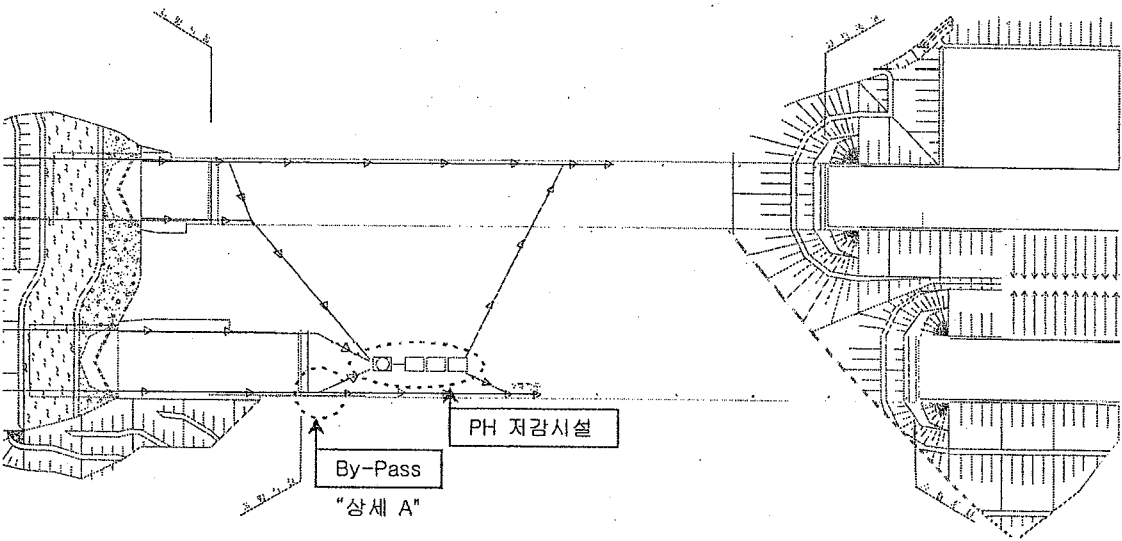
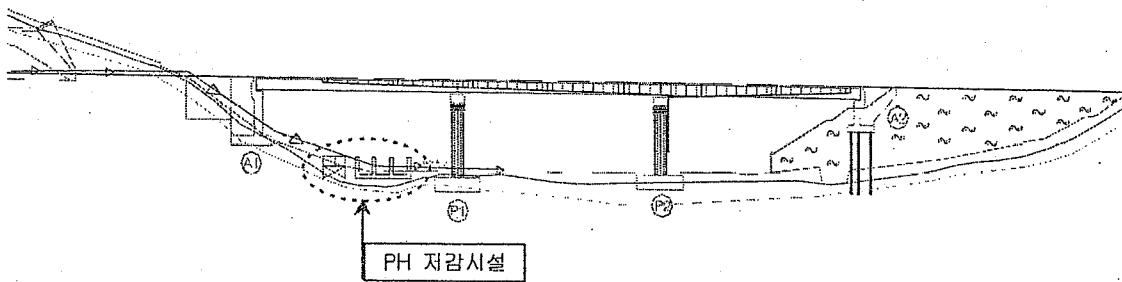
나. 공표 및 적용일 : 2007년 1월 1일

한국엔지니어링진흥협회장(직인생략)

[임금통계작성기관(통계승인 제37201호)]

터널유출수 pH저감시설 설치예시도

1. 설치 개요도

구분	설치 위치
평면도	
종단면도	 주1) 설치규격 : 실측 터널유출수량을 기준으로 소요규모 산정 주2) 설계·설치 및 유지관리 시 유의사항 1. 설치위치는 공사시행 중 공사진행에 영향을 미치지 않고, 건설공사 완료 후 공용 중에도 고속도로 운영 및 유지관리가 용이한 위치로 선택하여 설치하여야 한다. (교량하부 공간을 기준으로 하며, 터널이 토공구간으로 직접 연결되는 등 부득이한 경우에는 별도 부지를 확보하여 설치) 2. 수로 유입부에는 By-Pass 기능을 부여한다. 3. 침전된 슬러지는 성분확인 후 위탁처리 등 적정처리한다.

2. 시설 상세도

구 분	내 용
pH 저감 시설	
침전 여과 시설	주1) 배출구 ①,②,③,④ : 상시유출토록 개방 배출구 ⑤,⑥ : 필요시 유출가능토록 유지관리용으로 이용 주2) 침전조 (1),(2) : 침전기능 침전조 (3) : 여과기능 ※규격 : (1단:W=2.0m, L=2.0m, H=1.5m)×3단, 벽체 t=15cm, 바닥 t=20cm
처리 시설 유입부 수로 By-Pass 기능	A 상세도(정상시) 개폐 가능한 밀폐형 문 A 상세도(PH저감 필요시) 개폐 가능한 밀폐형 문

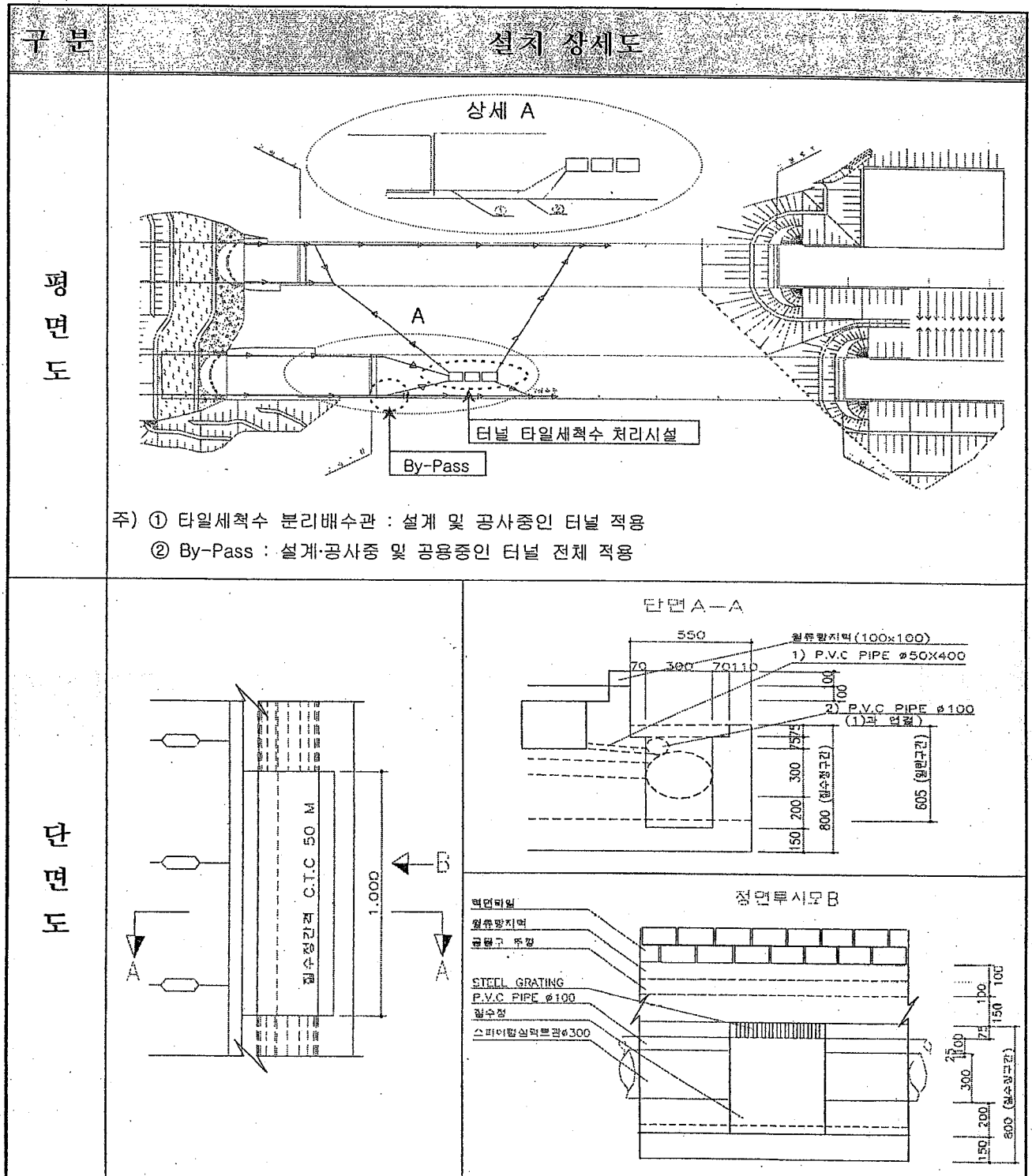
○○터널 지하유출수 관리대장(20○○년도)

관리 기관명	00지역본부 00지사	노선명	00선
터널위치	STA. 00+000	pH 저감시설 설치일	'00. 00. 00
터널연장	○○방향 : 000m △△방향 : 000m	pH 저감시설 제원	

[illegible]

터널공동구 타일세척수 배수관로 설치예시도

1. 설치 개요도

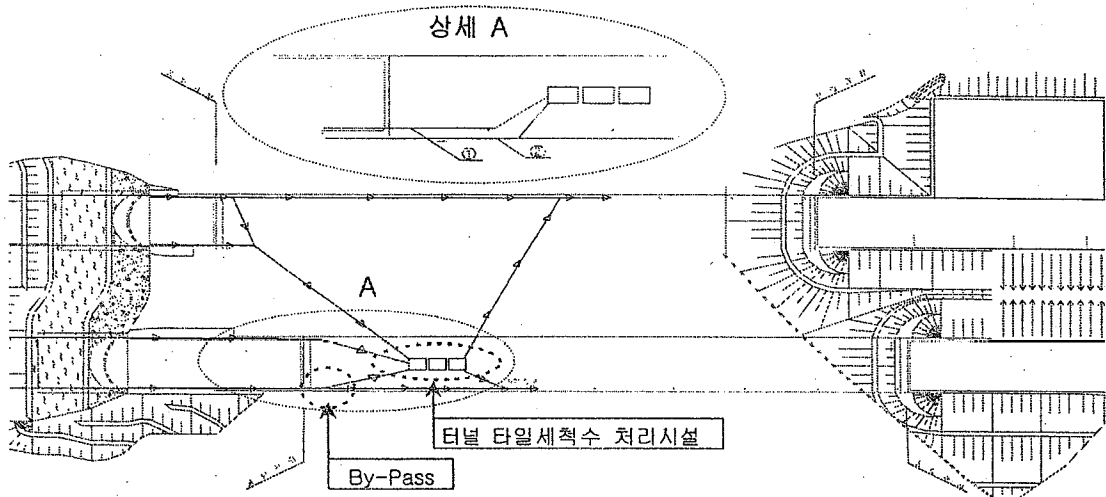
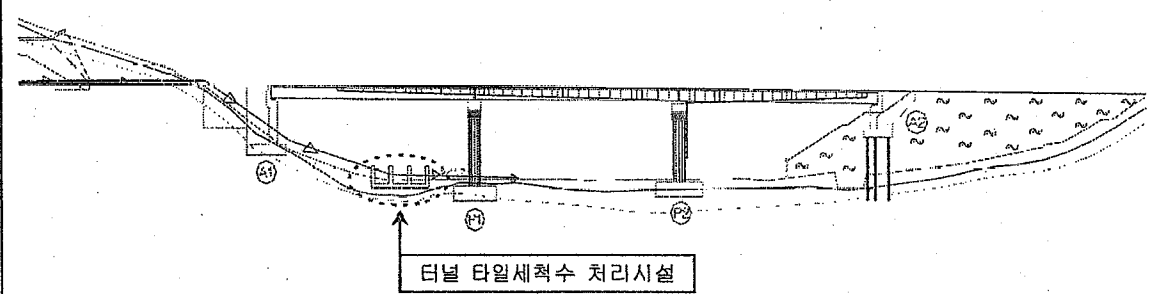


2. 배수관로 상세도

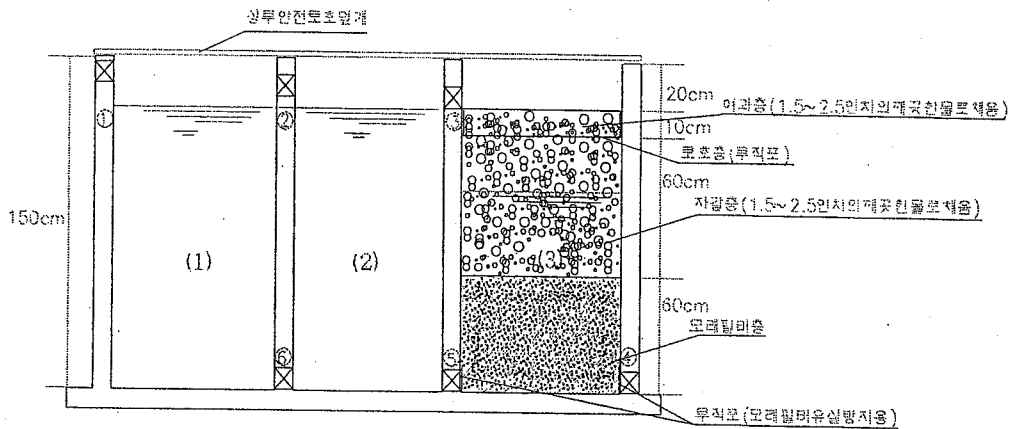
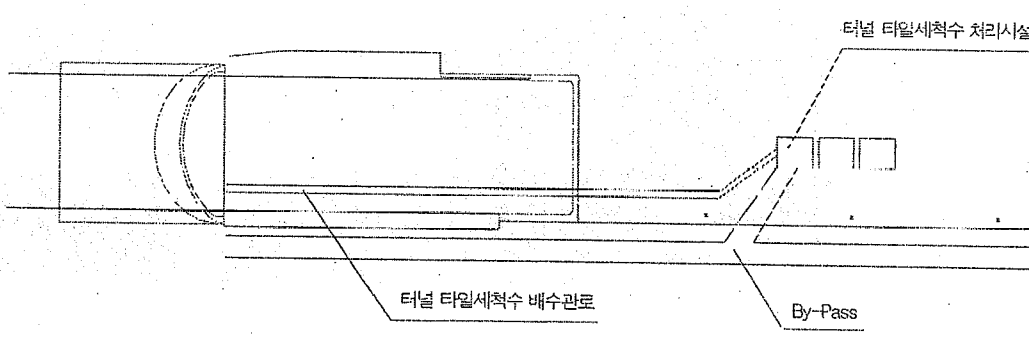
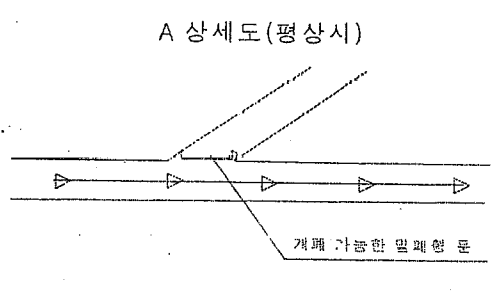
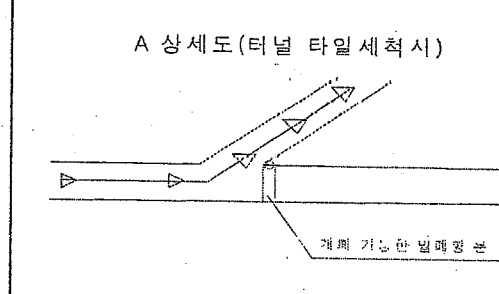
구 분	단면도	상세도
당 초		
변 경 (안)	※ 터널공동구 타일세척수 배수관로 변경(안)은 표준도 적용시 세부검토에 의하여 수정 가능함 ※ 건설중인 터널의 경우 당초 단면으로 기 시공된 경우는 적용 제외	※ 1) : 연결배수관 (공동구와 타일세척수 배수관로 연결) ※ 2) : 타일세척수 배수관로

터널 타일세척수 처리시설 설치예시도

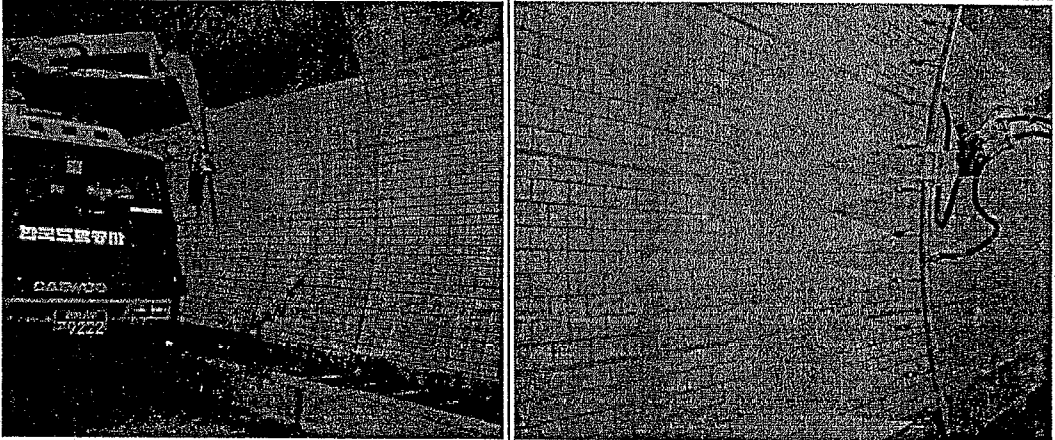
1. 설치 위치도

구분	설치 위치
평면도	 주) ① 타일세척수 배수관로 : 설계 및 공사중인 터널 적용 ② By-Pass : 설계·공사중 및 공용중인 터널 전체 적용
중단면도	 주1) 설치규격 : 타일세척수와 터널유출수가 혼합배출되는 터널은 실측 터널유출수량을 기준으로 소요규모 산정 주2) 설계·설치 및 유지관리 시 유의사항 1. 설치위치는 공사시행 중 공사진행에 영향을 미치지 않고, 건설공사 완료 후 공용 중에도 고속도로 운영 및 유지관리가 용이한 위치로 선택하여 설치하여야 한다. (교량하부 공간을 기준으로 하며, 터널이 토공구간으로 직접 연결되는 등 부득이한 경우에는 별도 부지를 확보하여 설치) 2. 터널 타일세척수 배수관로는 타일세척수 처리시설에 직접 연결한다. 3. 수로 유입부에는 By-Pass 기능을 부여한다. 4. 침전된 슬러지는 성분확인 후 위탁처리 등 적정처리한다.

2. 시설 상세도

구 분	내 용
침전여과 상세	 주1) 배출구 ①,②,③,④ : 상시유출토록 개방 배출구 ⑤,⑥ : 필요시 유출가능토록 유지관리용으로 이용 주2) 침전조 (1),(2) : 침전기능 침전조 (3) : 여과기능 ※규격 : (1단:W=2.0m, L=2.0m, H=1.5m)×3단, 벽체 t=15cm, 바닥 t=20cm
타일세척수 배수관로 상세	
'08년 운영터널의 처리시설 유입부 수로 By-Pass 기능	A 상세도 (평상시)  A 상세도 (터널 타일 세척시) 

3. 타일청소차 보유현황(2대)

보유기관	경기지역본부 정비팀	호남지역본부
차량규격	16톤 카고	25톤 카고
물 탱 크	8,000ℓ	17,000ℓ
살 수 바	2m (일자형)	3m (일자형,타원형)
물 펌 프	210ℓ/min	335ℓ/min
평 균 세 척 수 사 용 량	1.36ℓ/㎡	1.54ℓ/㎡
	※ 실 세척수 사용량은 교통량, 종단경사 등에 의한 타일표면 오염정도에 따라 달라지는 점을 고려하여 산정	
터 널 타일청소 작업사진		

1. 검토 배경 및 목적

- 집중호우로 인한 토석류 피해 빈도와 규모가 증가
- 산지부 고속도로 토석류를 고려한 세부 설계기준 미비
- 도로이용자의 안전 확보와 산악지 도로 유실 방지 등을 위한 설계기준 수립
 - 『수해 예방을 위한 산악지 도로 설계 매뉴얼, 건설교통부, 2007. 7』
- 향후 고속도로 설계시 적용할 수 있도록 '06.11. 수립 시행중인 “산지부 도로설계기준”을 개선코자 함

2. 추진경위

- 산지부 도로설계기준 검토('06.11.30)
 - 빈번한 국지성 호우로 인한 산지부 도로시설 피해 증가로 수해 예방을 위한 설계기준 상향조정 필요성 대두되어 일반적 설계기준보다 산지부 특성에 맞게 상향된 「산지부 도로설계기준」을 마련
- 산악지 도로설계 매뉴얼 통보('07. 7.30)
 - 집중호우로 인한 산악지 도로의 유실 방지 등을 위해 건설교통부에서 『수해 예방을 위한 산악지 도로 설계 매뉴얼』을 제정

3. 문 제 점

- ‘산지부 도로설계기준’과 ‘산악지 도로설계 매뉴얼’의 일부항목이 서로 상이하여 적용상 혼란 예상
⇒ 산지의 정의, 강우강도 등
- 산악지 도로설계 매뉴얼의 규정이 산지부 도로설계기준보다 강화되어 상위기준에 맞게 보완 필요
⇒ 시추조사 기준, 쌓기부 도수로 설치간격, 맨암거 규격 등
- 새로운 기준수립으로 인한 산지부 도로설계기준의 잠정기준 변경 필요
⇒ α_2 (유송잡물을 고려한 단면여유)
- 토석류 대책에 대한 상세기준 필요

4. 설계기준 개선내용

가. 산지의 정의

구 분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
내 용	○ 과거 강우강도 100mm/hr 이상 집중호우가 발생된 지역	○ 표고 400m 이상 산지를 접한 계곡 등 영향권 내의 지역	

- ☐ 산지에 대한 정의가 명확하지 않으므로 절대표고 개념으로 산지부를 정의한 산악지 도로설계 매뉴얼 적용

나. 설계강우 발생빈도

구 분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
발생빈도	100년	50년	암거 및 배수관

□ 설계강우 발생빈도 상향에 따른 공사비 증가규모가 크지 않으며, 불 특정지역에서 국지성 호우로 인한 산지부 도로시설 피해가 증가하 고 있어 안전을 고려하여 설계강우 발생빈도를 100년으로 적용

다. 깎기비탈면 안전율

구 분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
안전율	$F_s > 1.2$ · 지하수 위치 : 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도, 토층 및 풍화암은 지표면에 위치	$F_s > 1.2$ 또는 $F_s > 1.3$ · 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($F_s=1.2$ 적용) · 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($F_s=1.3$ 적용) · 위 두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함	

□ 비탈면안정 해석 시 적용하는 기준안전율은 『건설공사 비탈면 설계 기준, 건설교통부, 2006. 4』 을 적용한 산악지 도로설계 매뉴얼 적용

라. 시추조사 최소기준

구 분	현 기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
조사기준	· 암반 및 붕괴특성을 고려 4등급으로 분류하여 시추 : 최대 4공, 최소 1공 · 비탈면 부지계획면 아래 1m까지 시추	· 깎기높이 20m이상 비탈면 : 최소 2개소 시추 · 연장이 긴경우 200m마다 1회의 시추조사 추가 · 비탈면 부지계획면 아래 2m까지 시추	

☐ 일반구간은 등급에 따라 조사의 경중을 정한 현 기준을 적용

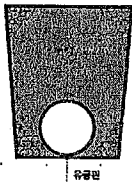
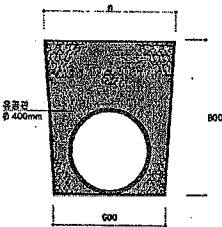
☐ 산지부의 경우 산악지 도로설계 매뉴얼 적용

마. 쌓기부 도수로 최대설치간격

구 분	현 기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
간 격	150m	70m	

☐ 노면수 유입에 대한 쌓기부 도수로의 배수 효율을 고려하여 쌓기부 도수로 최대설치간격을 70m(산악지 도로설계 매뉴얼)로 적용

바. 맹암거 설치규격

구 분	현 기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비 고
규 격	 하단, 상단, 높이 : 400 * 500 * 600 유공관 : 200mm	 하단, 상단, 높이 : 600 * 600 * 800 유공관 : 400mm	

☐ 도로포장 하부구조의 우수 유입 방지, 침투수 차단, 지하수위 억제 등 집수 및 배수 기능을 고려하여 산악지 도로설계 매뉴얼에서 제시된 규격을 적용

사. α_2 (유송잡물을 고려한 단면여유) 적용

구분	산지부 도로설계기준	산악지 도로설계 매뉴얼	비고
α_2	50%	$\alpha_2 = \left(\frac{Q_{sp}}{Q_d} - 1 \right) \times 100$ 여기서 Q_{sp}: 토석류의 피크 유량 (m³/sec) Q_d: 설계유량 (m³/sec)	

- ☐ 산지부 도로설계기준의 α_2 는 경험적 방법에 의해 제시된 값이므로 산악지 도로설계 매뉴얼에서 제시된 α_2 값을 적용

아. 토석류 대책공법 기준

- ☐ '산지부 도로설계기준'의 토석류에 대한 상세기준이 부재하므로 연구수행중인 '토석류 대책방안 지침'의 조사방법 및 적용구간 선정 기준 적용

☐ 토석류 조사방법

- 지형조사 : 1: 5,000 지형도 이용
 - 유역면적, 계곡길이, 유역 평균경사, 도로인접부 지형경사, 유역내 경사도 분석
- 현장답사 : 계곡내의 퇴적물량과 상태, 폭
- 도로조사
 - 배수규격, 퇴적여유공간, 방어구조물 설치의 제약사항

☐ 토석류 대책 적용구간 선정기준

- 지질조건
 - 표토층의 두께가 2.0m 미만에서 얇은 파괴발생이 예상되는 구간
 - 계곡부 내에 토사, 자갈, 암석이 많이 쌓인 구간
- 지형조건
 - 배수유역면적이 0.05km²이상 1.0km²이하인 구간(피해가능 규모)
 - 유역내 지형경사가 30° 이상이 되는 구간이 면적기준 5%이상
 - 계곡부 평균경사가 20°이상
 - 도로에서 100m이내의 지형 평균경사가 10°이상
 - 과거 토석류의 발생흔적 또는 발생기록이 있는 구간

5. 검 토 결 과

- 집중호우로 인한 피해 예방을 위하여
 - 암거 및 횡단배수관 설계에 적용되는 설계강우 발생빈도 강화된 기준인 100년(현 기준)을 적용
 - 산지의 정의(적용범위), 깎기비탈면 안전율, 쌓기부 도수로간격, 맹암거 규격, a_2 (유송잡물을 고려한 단면여유)는 산악지도로 설계 매뉴얼 적용
- 토석류의 대책공법 설계를 위한 상세기준(조사, 적용구간 선정) 적용

6. 적 용 방 안

- '07. 11월 이후 설계준공 노선부터 적용
- 설계완료 미발주 노선 : 보완설계시 적용
- 공사중인 노선 : 공사주관부서에서 판단후 적용

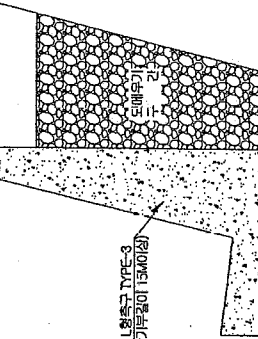
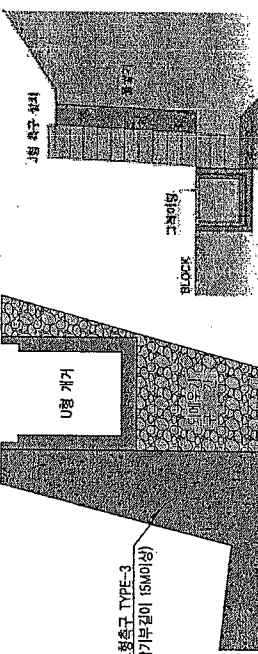
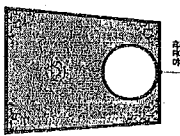
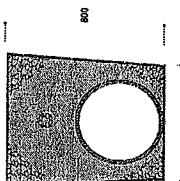
7. 향 후 계 획

- 토석류 대책방안에 대한 지침 수립

- 붙 임 : 1. 기준 대비표(산지부 도로설계기준, 산악지 도로설계 매뉴얼)
2. 산지부 도로설계기준(번정)
3. 산악지 도로설계 매뉴얼('07. 7, 건설교통부)

구분	산악지 도로설계기준(한국도로공사) (06.11.30)	산악지 도로설계 매뉴얼(건설교통부) (07.7)	비고																					
적용범위 (p1)	○ 과거 강우강도가 100mm/hr 이상 집중호우가 발생된 지역 또는 산림청의 산사태 위험지도상 1, 2등급으로 분류되는 지역으로 - 도로가 산악지역의 계곡부를 통과함에 따라 땅갈기 및 흩쌓기 비탈면이 연속적으로 발생되는 구간 - 백두대간 및 주요산맥을 통과하는 구간 ○ 퇴적암이 지반의 주를 형성하는 지역으로 토석류피해 위험지역 ○ 위 구간외 산악지역을 통과하는 구간으로 설계자가 판단하여 지질전문가와 수리전문가의 자문을 거쳐 배수규격의 확대가 특별히 필요하다고 판단되는 구간	○ 산림청의 산사태 위험지도상 1, 2등급으로 분류되는 지역 ○ 표고400m 이상 산지를 접한 계곡 등 영향권 내의 지역 ○ 산사태 및 토석류 등으로 피해를 발생한 지역 ○ 산악지를 통과하는 지역으로 건설기술관리법 제5조의 2 규정에 의한 도로, 수리수문, 토질 및 기초 구조, 지질 및 지반분야의 전문가로 구성된 설계자문위원회에서 현행 설계기준보다 배수규격확대 등 특별히 설계기준 강화가 필요하다고 판단되는 지역																						
안전율 (p72)	<table><tr><th>구분</th><th>현제</th><th>개선</th></tr><tr><td>우기시</td><td>$Fs > 1.1 \sim 1.2$</td><td>$Fs > 1.2$</td></tr></table> · 지하수 위치 : 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도, 토층 및 풍화암은 지표면에 위치	구분	현제	개선	우기시	$Fs > 1.1 \sim 1.2$	$Fs > 1.2$	<표 5.3.3> 각기 비탈면 안정 해석시 적용하는 기준 안전율 <table><tr><th>구분</th><th>기준안전율</th><th>참조</th></tr><tr><td>건기</td><td>$Fs > 1.5$</td><td> · 지하수가 없는 것으로 해석 · 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($Fs=1.2$적용) · 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($Fs=1.3$적용) · 위두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함 </td></tr><tr><td>우기</td><td>$Fs > 1.2$ 또는 $Fs > 1.3$</td><td> · 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정 </td></tr><tr><td>지진시</td><td>$Fs > 1.1$</td><td> · 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정 </td></tr><tr><td>단기</td><td>$Fs > 1.0$</td><td> · 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시 </td></tr></table> ※ 강도정수를 한계강도가 아닌 잔류강도로 해석한 경우: 위 기준에서 0.1 감소 ※ 비탈면 상하부 파괴면위 내에 강우침투가 심한 경우: 기층, 건물 등의 고정시설물이 있는 경우: 위 기준에서 0.05 증가할 수 있음 ※ 비탈면 상부 파괴면위 내에 12층 시설물의 기초가 있는 경우: 별도 검토 ※ 상기 조건을 중복 적용하여 $FS < 1.0$인 경우에는 최소안전율 1.0 적용	구분	기준안전율	참조	건기	$Fs > 1.5$	· 지하수가 없는 것으로 해석 · 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($Fs=1.2$적용) · 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($Fs=1.3$적용) · 위두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함	우기	$Fs > 1.2$ 또는 $Fs > 1.3$	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정	지진시	$Fs > 1.1$	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정	단기	$Fs > 1.0$	· 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시	
구분	현제	개선																						
우기시	$Fs > 1.1 \sim 1.2$	$Fs > 1.2$																						
구분	기준안전율	참조																						
건기	$Fs > 1.5$	· 지하수가 없는 것으로 해석 · 암반비탈면은 인장균열의 1/2심도까지 지하수를 위치시키고 해석수행, 토층 및 풍화암은 지표면에 지하수를 위치시키고 해석수행($Fs=1.2$적용) · 강우의 침투를 고려한 해석을 실시하는 경우($Fs=1.3$적용) · 위두가지 조건 중 선택적으로 1가지 조건을 만족시켜야 함																						
우기	$Fs > 1.2$ 또는 $Fs > 1.3$	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정																						
지진시	$Fs > 1.1$	· 지진관성력은 파괴토체의 중심에 수평방향으로 작용시킴 · 지하수위는 실제측정 또는 평상시의 지하수위 측정																						
단기	$Fs > 1.0$	· 기간 1년 미만의 단기간의 안정성 검토시																						

구 분	산지부 도로설계기준(한국도로공사) (06-EL30)			산악지 도로설계 매뉴얼(건설교통부) (07-7)		비 고						
강우강도 (p104)	구 분	현 재	개 선		• 암거 및 배수관 50년 • 노면 및 비탈면 배수 20년 • 측도 및 도로 인접지 배수 20년							
			평 지	산 지								
	암거 및 배수관 (도심지 및 준답가옥)	25년 (50년)	25년 (50년)	100년								
	노면 및 비탈면 배수	10년	10년	20년								
	측도 및 도로인접지 배수	10년	10년	20년								
침식방지시설 (p110)	○ 쌓기 비탈면이 하천내에 위치하거나 연결하여 통과하는 경우 하천범람을 고려 최대 홍수위에 1.0m 여유고까지 비탈면 침식방지 시설 설치					<table><tr><th>TYPE-1</th><th>TYPE-2</th></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td>용벽 등 구조물의 계획변경으로 세굴지역의 해소</td><td>호안블럭, 석축 등으로 세굴지역의 보강방안 검토</td></tr></table>	TYPE-1	TYPE-2			용벽 등 구조물의 계획변경으로 세굴지역의 해소	호안블럭, 석축 등으로 세굴지역의 보강방안 검토
TYPE-1	TYPE-2											
용벽 등 구조물의 계획변경으로 세굴지역의 해소	호안블럭, 석축 등으로 세굴지역의 보강방안 검토											
	구 분	내 용										
	하천 통과구간	홍수위 + 1.0m : 호안블럭 반영 (주변 호안의 공법 고려 하천설계기준에 의거 설치)										
	하천 연접구간	홍수위 + 1.0m : 돌블임공, 호안블럭 반영 (두 공법의 경제성 비교후 적용)										
	※ 하천 만곡부에 도로가 위치하는 경우 수리특성 분석을 통하여 침식방지시설 설치높이 결정											
α_2 (p122)	○ 50% 잠정적용					$0 \alpha_2 = \left(\frac{Q_{sp}}{Q_d} - 1 \right) \times 100$						

구분	한국도로공사 설계 기준	산악지 도로설계 매뉴얼(건설교통부) (07-7)	비고
시추조사	○ 절토부 개소당 1개소 이상	○ 대규모 절취부(절취고 20m이상)는 시추조사를 2개소 이상을 실시한다. 단, 필요에 따라 조사 수량을 늘려 적용	
설계속도 (p31)		○ 산악지 도로를 고려한 설계 속도는 기존의 도로 개량, 수해복구, 국립공원 등 지형상황 및 경제성 등을 고려하여 「도로설계기준」의 산지부 속도 에서 시속 10~20 킬로미터 범위 안에 감한 설계속도를 적용할 수 있다.	
중단경사 (p32)		○ 산악지도로의 중단선형은 지형상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 「도로의 시설·기준에 관한 규칙」의 산지부 비율에 1%를 더한 값 이하로 적용한다.	
노면 배수시설 (p106)			
쌍기부도로 설치간격 (p107)	○ 최대간격 150 M	○ 최대간격 70 M	
맹암거구역 (p108)	 하단, 상단, 높이 : 400 * 500 * 600 유공관 : 200mm	 하단, 상단, 높이 : 600 * 800 * 800 유공관 : 400mm	

I. 검토배경

터널 갱구부의 임시 비탈면 보강을 경험적인 방법에 의해 일률적으로 적용하고 있어 시공성 및 사면 안정성 검토를 통해 합리적인 보강방안을 수립하고자 함.

☞ 터널 갱구부 : 터널 비개착(NATM) 굴진 시점부

II. 관련기준

1. 보강공법

구 분	보 강 기 준
도로설계요령 (한국도로공사, 2002)	○ 절토경사는 급경사로 하는 것이 바람직하므로 필요에 따라 숏크리트나 록볼트에 의한 비탈면 보강 고려. ○ 경사면 안정은 과거의 유사사례를 참고하여 경험적인 방법에 의해 설계하며 이제까지의 설계는 다음과 같다. - 숏크리트 10cm, 필요시 철망 병용 - 보강 볼트는 절리가 많은 원지반이나 풍화암에 대해 숏크리트와 철망 병용 사용
터널설계기준 (건설교통부, 2007)	○ 갱구부 설계시 갱구 비탈면의 안정검토와 필요한 비탈면 보호 및 안정공법 등을 검토하여 안정성을 확보하고 환경훼손을 최소화 할 수 있도록 함. ○ 갱구 비탈면 안정성 확보를 위하여 표면 보호공법, 활동방지대책 등의 적절한 보강공법을 적용

2. 경 사

도로설계요령 (한국도로공사, '02)	도로설계편람 (건설교통부, '00)	터널설계기준 (건설교통부, '99)
1:0.3 ~ 1:0.5	1:0.3 ~ 1:0.5	지반조건에 따라 적절히 선정

3. 안전율

구 분	건설공사 비탈면 설계기준 (건설교통부, '06)	고속철도 설계기준(노반편) (건설교통부, '05)
임시 비탈면	FS > 1.0 (1년 미만의 단기간 안정 검토시)	FS > 1.3
영구 비탈면	건기시 : FS > 1.5, 우기시 : FS > 1.2	

Ⅲ. 현 황 및 문제점

1. 현 황

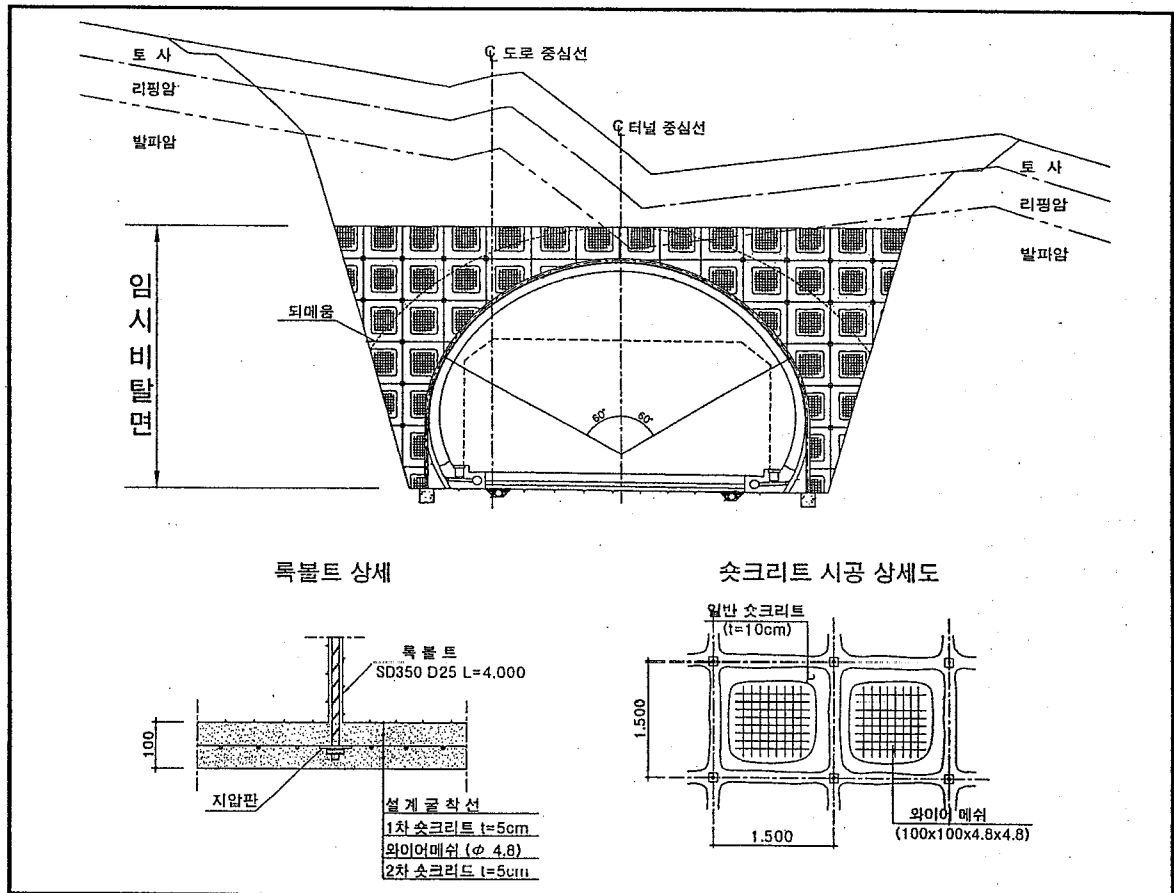
○ 임시 비탈면 경사

노 선	터 널 명	임시 비탈면 경사 (1 : N)		
		토 사	리 평	발 과
춘천-양양	인제터널 등 34	0.3	0.3	0.3
주문진-속초	현남터널 등 4	0.3	0.3	0.3
88고속도로	산동3터널 등 24	0.3	0.3	0.3
	가야2터널 등 3	0.5	0.5	0.5
신갈-호법	마성터널	-	0.3	0.3

○ 임시 비탈면 보강

췁크리트($t=10\text{cm}$) + 와이어매쉬($\phi 4.8$) + 록볼트(D25)

○ 임시 비탈면 보강도



2. 문제점

○ 터널 갱구부 임시 비탈면 안정성 검토 미시행

- 터널 갱구부 임시 비탈면에 대한 안전율 등의 기준이 없어 안정성 검토 없이 일률적 비탈면 경사(1:0.3) 적용

○ 터널 갱구부 임시 비탈면 보강공법 획일적 적용

- 지반조건을 고려하지 않는 획일적 터널 갱구부 임시 비탈면 보강(췁크리트+와이어매쉬+록볼트)

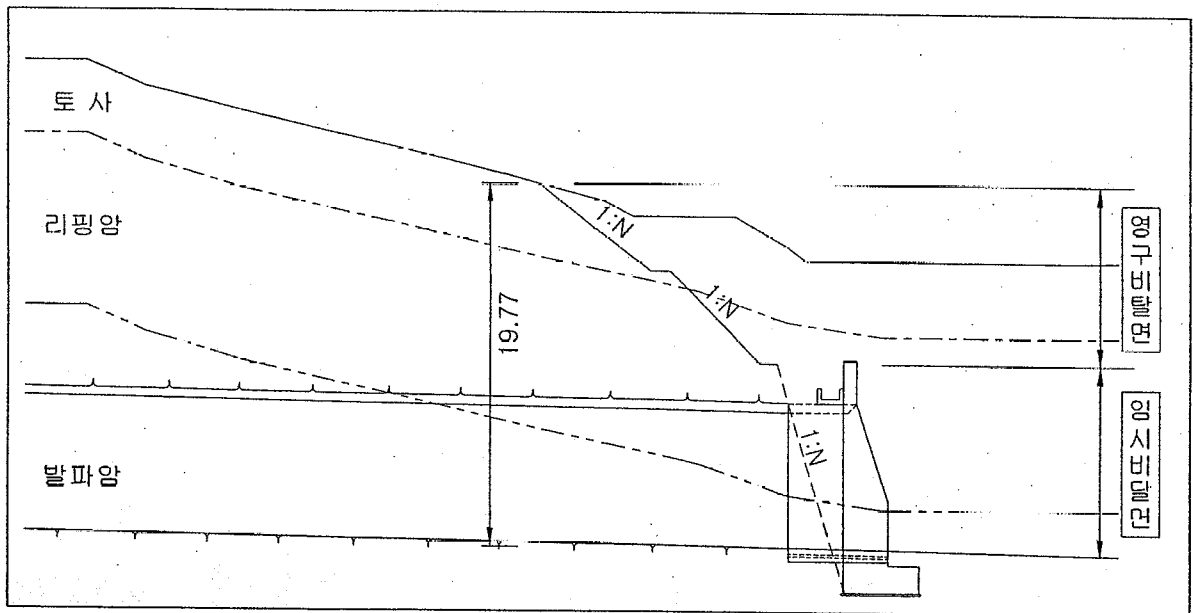
IV. 안정성 검토

1. 검토방법

- 비탈면 높이 20m, 토사, 리핑암, 발파암이 존재하는 단면 선정
- 토사 및 리핑암 비탈면은 한계평형해석, 발파암 비탈면은 평사투영을 통한 한계평형해석

2. 해석조건

○ 단면도



○ 입력변수

구 분	단위중량 (tf/m ³)	점착력 (tf/m ²)	내부마찰각 (°)	비 고
토 사	1.9	1.0	30.0	
리핑암	2.1	3.0	33.0	
발파암	2.5	15.0	35.0	

3. 안정성 해석

임시 비탈면 지반조건	경사	안전율		보강시 보강공법	
		무보강시	보강시	지반	보강공법
토사	1 : 0.3	건 : 0.70 우 : 0.01	건 : 2.15 우 : 1.38	토사	soil Nailing (1.0x1.0)
	1 : 0.5	건 : 0.85 우 : 0.20	건 : 1.92 우 : 1.22	토사	soil Nailing (1.2x1.2)
토사 5.0m + 리핑암 5.0m	1 : 0.3	건 : 1.12 우 : 0.47	건 : 1.87 우 : 1.20	토사 리핑암	soil Nailing (1.5x1.5)
	1 : 0.5	건 : 1.42 우 : 0.78	건 : 2.06 우 : 1.37	토사 리핑암	soil Nailing (2.0x2.0)
리핑암	1 : 0.3	건 : 1.12 우 : 0.48	건 : 2.11 우 : 1.22	리핑암	soil Nailing (1.0x1.0)
	1 : 0.5	건 : 1.25 우 : 0.61	건 : 2.23 우 : 1.31	리핑암	soil Nailing (1.0x1.0)
리핑암 5.0m + 발파암 5.0m	1 : 0.3	건 : 1.44 우 : 0.78	건 : 2.31 우 : 1.38	리핑암 발파암	soil Nailing (1.0x1.0) -
	1 : 0.5	건 : 1.72 우 : 1.01	건 : 2.04 우 : 1.22	리핑암 발파암	soil Nailing (1.5x1.5) -
발파암	1 : 0.3	건 : 1.67 우 : 1.30	-	발파암	-
토사 3.3m + 리핑암 3.3m + 발파암 3.3m	1 : 0.3	건 : 1.41 우 : 0.78	건 : 2.15 우 : 1.42	토사	soil Nailing
				리핑암	(2.0x2.0)
				발파암	-
	1 : 0.5	건 : 1.67 우 : 1.06	건 : 1.84 우 : 1.24	토사	soil Nailing
				리핑암	(3.0x3.0)
				발파암	-

※ 안전율 기준 : 임시 비탈면-1.0, 영구 비탈면- 건기시 1.5, 우기시 1.2

4. 해석결과

- 임시 비탈면 지반조건이 토사, 리핑암이고 경사가 1:0.3 ~ 1:0.5인 경우 안전율 미확보로 보강공법 적용 필요
- 임시 비탈면 지반조건이 발파암이고 경사가 1:0.3이상인 경우 안전율 확보

V. 개선방안

○ 터널 갱구부 임시 비탈면 안정성 검토 시행

- 터널 갱구부 임시 비탈면의 토사 및 리핑암은 한계평형해석, 발파암은 평사투영을 통한 한계평형해석으로 안정성 검토 시행
- 터널 갱구부 임시 비탈면의 안전율은 터널굴착, 라이닝설치 등의 공사기간 장기화 등을 고려 영구 비탈면 안전율 적용(건기시 : $FS > 1.5$, 우기시 : $FS > 1.2$)

○ 터널 갱구부 임시 비탈면 경사는 1:0.3~1:0.5 적용

- 터널 갱구부 임시 비탈면 안정성 검토시 비탈면 경사는 터널 갱구부 영구 비탈면 깎기 최소화(터널 갱문부 설계기준, 설계도 10201-70, '03.3.14), 터널굴착 및 경제성 등을 고려 1:0.3~1:0.5를 적용하고 N.G시 지질조건 등을 고려하여 비탈면 보강(록볼트, Soil Nailing 등)
- 터널 갱구부 임시 비탈면의 장기간 노출 등에 따른 안정성을 확보를 위하여 표면보호공법(슛크리트+와이어매쉬 등) 적용

※ 터널 갱구부 임시 비탈면 보강방안

구분	당초	개선
안정성검토	-	시행
경사	1:0.3	1:0.3~1:0.5
보강공법	슛크리트(t=10cm)+ 와이어매쉬(Ø4.8)+ 록볼트	- 안정성 검토를 통하여 기준안전율 미달시 비탈면 보강 - 표면보호공법 적용 ※ 슛크리트(t=10cm)+와이어매쉬(Ø4.8)

VI. 적용방안

'07. 12월 현재 설계중 및 보완(재)설계부터 노선 적용

붙임 : 1. 안정성 검토 1부

[비탈면 안정성 검토]

● Case.1 : 임시 비탈면 전체가 토사, 경사 1:0.3인 경우

구분	해석조건	무보강	
		건기시	우기시
안정해석 결과			
안전율		$F.S = 0.70 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.01 < 1.2$ (N.G)

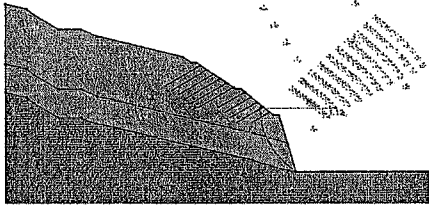
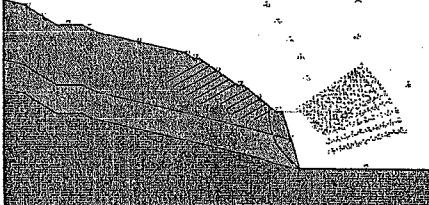
구분	해석조건	Soil Nailing 보강 (CTC 1.0x1.0)	
		건기시	우기시
안정해석 결과			
안전율		$F.S = 2.15 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.38 > 1.2$ (O.K)

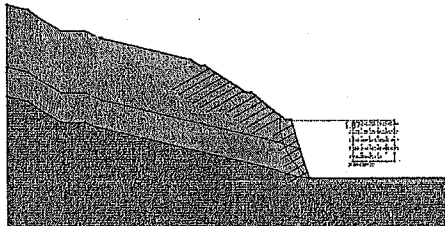
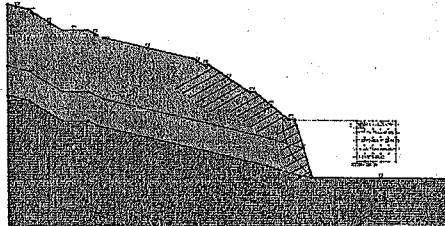
● Case.2 : 임시 비탈면 전체가 토사, 경사 1:0.5인 경우

구분	해석조건	무보강	
		건기시	우기시
안정해석 결과			
안전율		$F.S = 0.85 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.20 < 1.2$ (N.G)

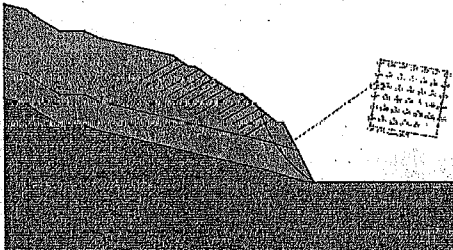
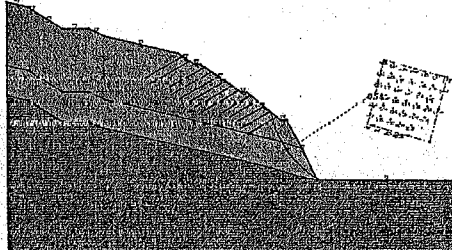
구분	해석조건	Soil Nailing 보강 (CTC 1.2x1.2)	
		건기시	우기시
안정해석 결과			
안전율		$F.S = 1.92 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.22 > 1.2$ (O.K)

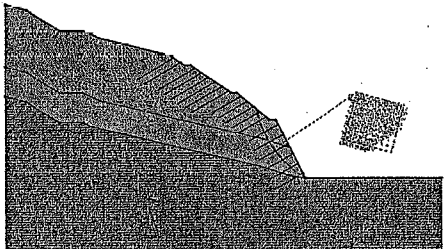
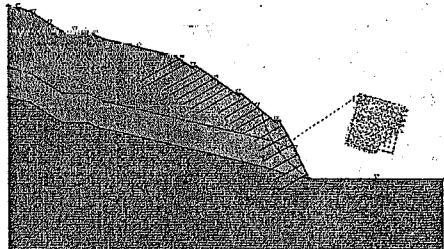
● Case.3 : 임시 비탈면 토사 5.0m+리핑암 5.0m, 경사 1:0.3인 경우

구분	해석조건	
	건기시	무보강 우기시
안정해석 결과		
안전율	$F.S = 1.12 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.47 < 1.2$ (N.G)

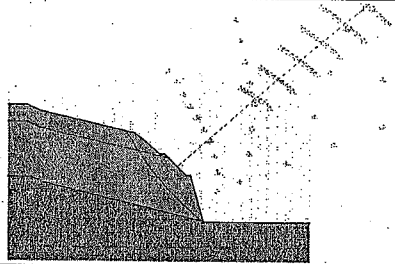
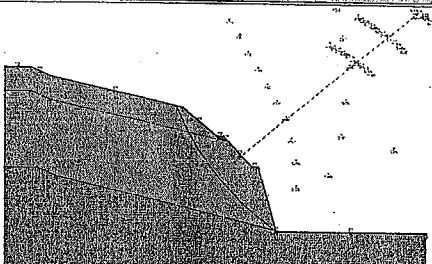
구분	Soil Nailing 보강 (CTC 1.5x1.5)	
	건기시	우기시
안정해석 결과		
안전율	$F.S = 1.87 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.20 > 1.2$ (O.K)

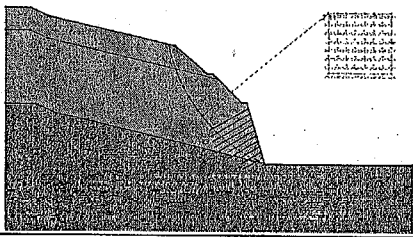
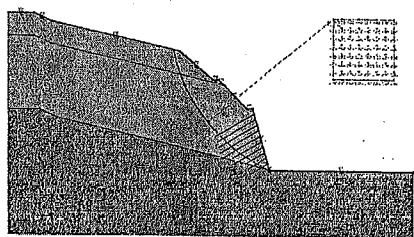
● Case.4 : 임시 비탈면 토사 5.0m+리핑암 5.0m, 경사 1:0.5인 경우

구분	해석조건	
	건기시	무보강 우기시
안정해석 결과		
안전율	$F.S = 1.42 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.78 < 1.2$ (N.G)

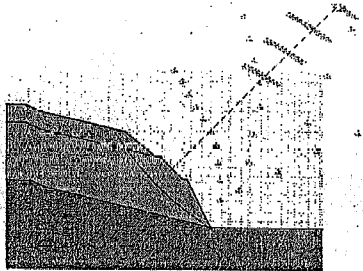
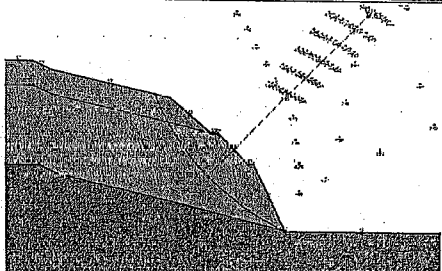
구분	Soil Nailing 보강 (CTC 2.0x2.0)	
	건기시	우기시
안정해석 결과		
안전율	$F.S = 2.06 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.37 > 1.2$ (O.K)

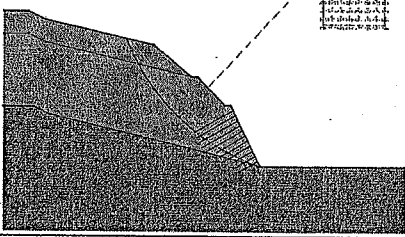
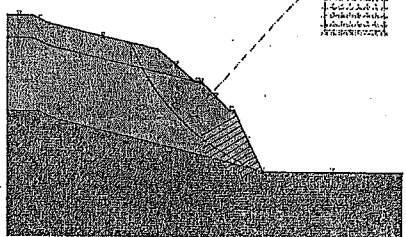
● Case.5 : 임시 비탈면 전체가 리핑암, 경사 1:0.3 인 경우

구분	해석조건	
	건기시	무보강 우기시
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 1.12 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.48 < 1.2$ (N.G)

구분	해석조건	
	건기시	우기시
Soil Nailing 보강 (CTC 1.0x1.0)		
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 2.11 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.22 > 1.2$ (O.K)

● Case.6 : 임시 비탈면 전체가 리핑암, 경사 1:0.5 인 경우

구분	해석조건	
	건기시	무보강 우기시
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 1.25 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.61 < 1.2$ (N.G)

구분	해석조건	
	건기시	우기시
Soil Nailing 보강 (CTC 1.0x1.0)		
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 2.23 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.31 > 1.2$ (O.K)

● Case.7 : 임시 비탈면 리핑암 5.0m+발파암 5.0m, 경사 1:0.3인 경우

구분	해석조건	
	건기시	우기시
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 1.44 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.78 < 1.2$ (N.G)

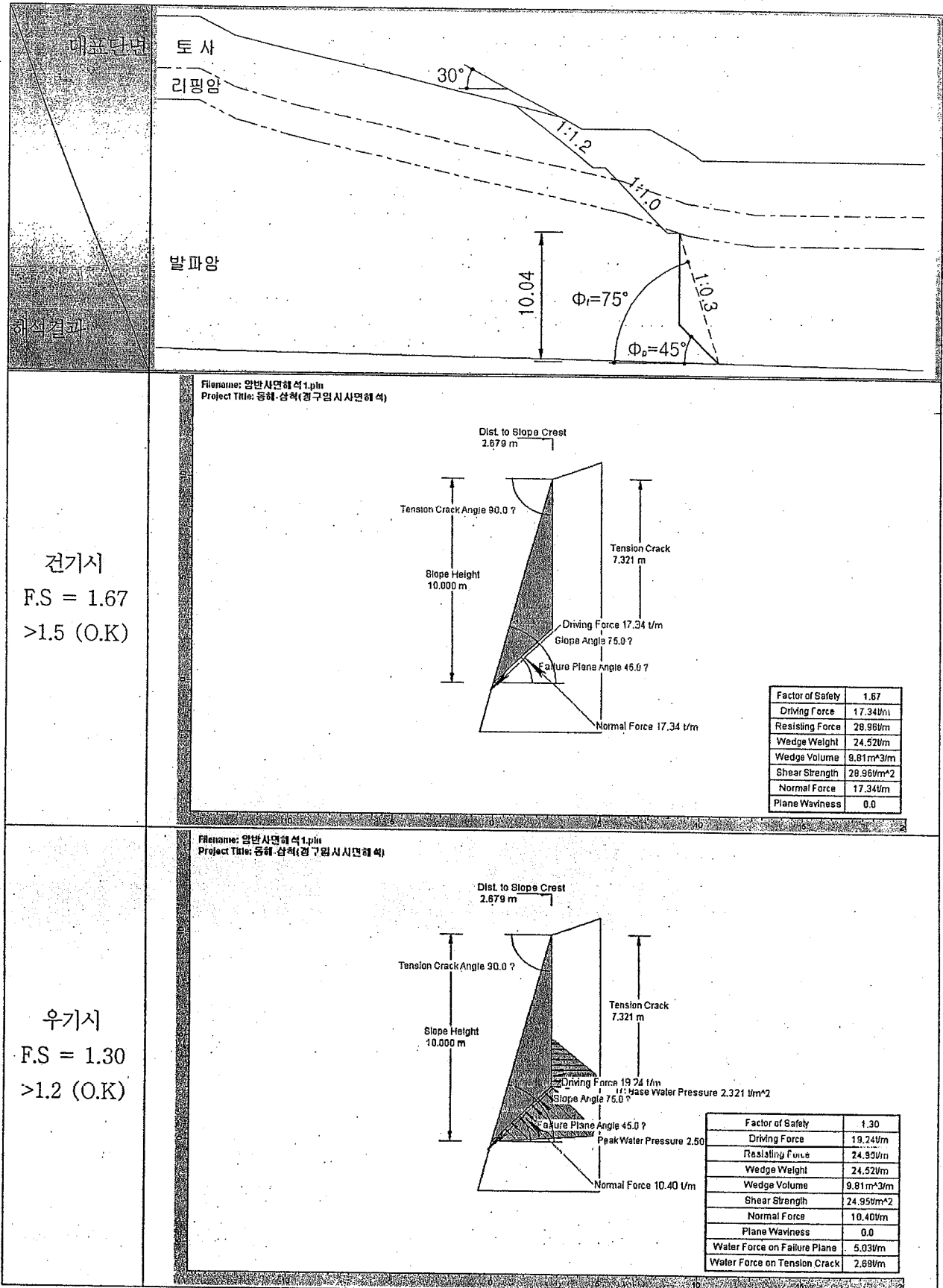
구분	Soil Nailing 보강 (CTC 1.0x1.0)	
	건기시	우기시
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 2.31 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.38 > 1.2$ (O.K)

● Case.8 : 임시 비탈면 리핑암 5.0m+발파암 5.0m, 경사 1:0.5인 경우

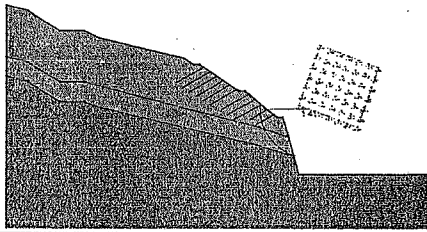
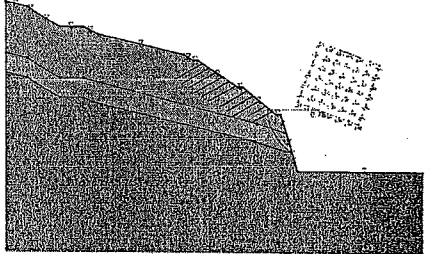
구분	해석조건	
	건기시	우기시
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 1.72 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.01 < 1.2$ (N.G)

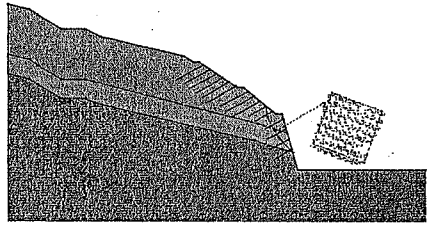
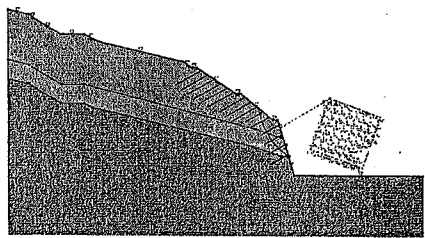
구분	Soil Nailing 보강 (CTC 1.5x1.5)	
	건기시	우기시
안정해석 결 과		
안전율	$F.S = 2.04 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.22 > 1.2$ (O.K)

● Case.9 : 임시 비탈면 전체가 발파암, 경사 1:0.3인 경우의 암반비탈면 평면과파해석

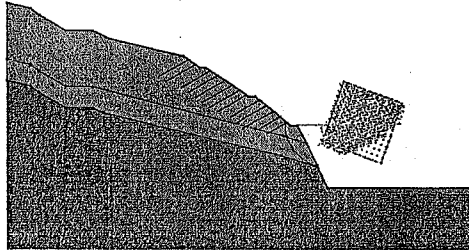
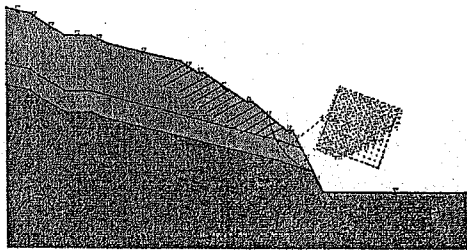


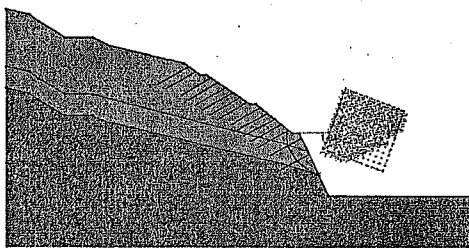
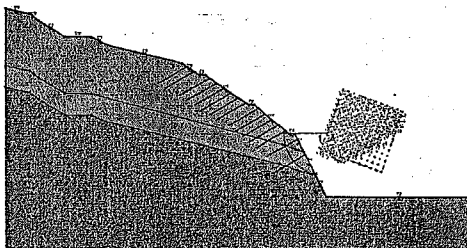
● Case.10: 임시 비탈면 토사 3.3m+리핑암 3.3m+발파암 3.3m, 경사 1:0.3인 경우

구분	해석조건	무보강	
		건기시	우기시
안정해석 결 과			
안전율		$F.S = 1.41 < 1.5$ (N.G)	$F.S = 0.78 < 1.2$ (N.G)

구분	해석조건	Soil Nailing 보강 (CTC 2.0x2.0)	
		건기시	우기시
안정해석 결 과			
안전율		$F.S = 2.15 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.42 > 1.2$ (O.K)

● Case.11 : 임시 비탈면 토사3.3m+리핑암3.3m+발파암3.3m, 경사 1:0.5인 경우

구분	해석조건	무보강	
		건기시	우기시
안정해석 결 과			
안전율		$F.S = 1.67 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.06 < 1.2$ (N.G)

구분	해석조건	Soil Nailing 보강 (CTC 3.0x3.0)	
		건기시	우기시
안정해석 결 과			
안전율		$F.S = 1.84 > 1.5$ (O.K)	$F.S = 1.24 > 1.2$ (O.K)

1. 수립배경

- 중규모 터널에 적합한 제연시설 설치간격 도출
- 중규모 터널 운영관리 효율화를 위한 원격관리방안

2. 주요내용

구 분	기준 개요	수립사유
제트팬 설치간격	■ 중규모 터널의 경우 감하여 적용 가능	■ 중규모 터널에 환기설비 불가능한 경우 발생 ■ 제트팬 이격거리에 의한 환기효과 감소 미미함
터 널 운영관리	■ 지사 또는 통합관리센터에서 원격관리	■ 관할지사 감시기능 제공으로 대응력 향상 ■ 운영관리 인원의 효율적 배치 및 운영비 절감 ■ 비상시 대응능력 고려

3. 적용범위

- 위험도 등급 2를 초과하는 중규모 터널

4. 시행방법

- 진행중인 「중규모 터널 방제시설 보완」 설계에 적용

5. 향후계획

- 고속도로 터널 환기시설 설계기준(2002) 개정시 반영

건 명	설계기준		변 경	변경사유	비 고																																						
	방 조																																										
제트펜 설치간격	5.3.3 제트펜 방식의 설계 표 5.3 제트펜의 설치간격(참고값)	5.3.3 제트펜 방식의 설계 표 5.3 제트펜의 설치간격(참고값)																																									
	<table><tr><th>구 분</th><th>내 경 (mm)</th><th>쟁구로부 터의 거리[m]</th><th>제트펜 상호 간격[m]</th></tr><tr><td>600</td><td>630</td><td>80</td><td>80</td></tr><tr><td>1000</td><td>1030</td><td>140</td><td>140</td></tr><tr><td>1250</td><td>1250</td><td>160</td><td>160</td></tr><tr><td>1500</td><td>1530</td><td>180</td><td>180</td></tr></table>	구 분	내 경 (mm)	쟁구로부 터의 거리[m]	제트펜 상호 간격[m]	600	630	80	80	1000	1030	140	140	1250	1250	160	160	1500	1530	180	180	<table><tr><th>구 분</th><th>내 경 (mm)</th><th>쟁구로부 터의 거리[m]</th><th>제트펜 상호 간격[m]</th></tr><tr><td>600</td><td>630</td><td>80</td><td>80</td></tr><tr><td>1000</td><td>1030</td><td>140</td><td>140</td></tr><tr><td>1250</td><td>1250</td><td>160</td><td>160</td></tr><tr><td>1500</td><td>1530</td><td>180</td><td>180</td></tr></table>	구 분	내 경 (mm)	쟁구로부 터의 거리[m]	제트펜 상호 간격[m]	600	630	80	80	1000	1030	140	140	1250	1250	160	160	1500	1530	180	180	- 중규모 터널에 환기설비 설치 불가능한 경우 발생 - 제트펜 이격거리에 의한 환기 효과 감소 적음(3~5%)
구 분	내 경 (mm)	쟁구로부 터의 거리[m]	제트펜 상호 간격[m]																																								
600	630	80	80																																								
1000	1030	140	140																																								
1250	1250	160	160																																								
1500	1530	180	180																																								
구 분	내 경 (mm)	쟁구로부 터의 거리[m]	제트펜 상호 간격[m]																																								
600	630	80	80																																								
1000	1030	140	140																																								
1250	1250	160	160																																								
1500	1530	180	180																																								
※중규모 터널의 경우 감하여 적용할 수 있다																																											

전 명	설계기준		변 경	변경지유	비 고
	명 조				
터널 원격관리 방안	없음 (개별터널 관리) ※ 도로터널 방제시설 설치지침 (건교부) • 시스템적 측면 - 단기적,중기적,장기적 계획을 고려 - 관리소, 관리사무소, 통합관리센터를 계획 (별첨자료 참조) - 통합관리 및 개별관리시스템 등 계층 구조로 구성 • 기능 및 운영적 측면 - 20분 이내 출동할수 있는 지역 및 반경 30km정도의 지역		• 시스템적 측면 - 개별터널 관리시스템+지사 터널 통합관리센터 • 기능 및 운영적 측면 - 통합관리센터를 중심으로 중규모 터널 원격 통합관리 - 통합관리센터 설치 : 관할지사 - 통합관리 범위 : 비상시 10~20분 이내 현장도착	• 관할지사 감시기능 제공으로 대용량 향상 • 운영관리 인원의 효율적 배치 • 운영비 절감 • 비상시 대용량 고려	

