

2008년 터널 실무자료집

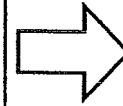
순번	문서번호	날짜	제목	비고
1	건설계획처-115	2008. 01	터널 내오염도장 적용방안 개선	
2	설계처 - 250	2008. 01	터널 안전시설 설치기준 검토	
3	설계처 - 437	2008. 02	경관설계 추진방안	
4	구조설계팀	2008. 03	터널 보조공법 설계 적용 방안	
5	설계처 - 1112	2008. 04	터널갱문 접속방안 검토	
6	건설계획처-1221	2008. 04	시멘트 콘크리트 설계기준 배합기준 검토(안)	
7	건설관리처-1841	2008. 06	절토 비탈면 설계 변경 최소화 대책(안)	
8	건설계획처-2107	2008. 07	시멘트 콘크리트 배합강도 적용방안	
9	설계처 - 2323	2008. 09	터널 갱문형식 다양화방안 검토	
10	환경관리실	2008. 08	터널 유출수 종합관리 대책 개선방안	
11	시설처 - 2238	2008. 08	터널진입 차단시설 개선안	
12	시설처 - 2990	2008. 10	터널조명 설계기준 개선	
13	시설처 - 3006	2008. 10	터널 비상콘센트 설치기준 개선	
14	설계처 - 2692	2008. 10	비탈면 파괴 원인분석을 통한 깎기비탈면 설계기준 개선	
15	건설관리처-4135	2008. 10	터널부 입체적도로구역 지정검토	
16	기술심사처-2696	2008. 12.	개방형 터널인버트(Invert) 도입방안	

터널 내오염도장 적용방안 개선

방 침
건설계 획처-115
('08. 1. 10)

. 검토목적

- 내장 디자인 적용실태 조사
- 불합리한 제반사항 도출
 - 품질기준, 디자인 도장비용등
- 일상감사 지적 [문서번호 2006 - 3, (2006. 12. 15)]
 - 유럽의 사례 추가조사하여 경제성 , 내구성, 도막두께, 난연성능등을 비교검토 적용
 - 작업자 유해가스 적정성 검토



개선사항
도출

. 현행 적용기준

1. 내오염도장 적용 일반기준

구 분	기 준	비 고
내오염도장재의 종류	○ 폴리우레탄계, 불소수지, 세라믹계등 품질기준을 만족하는 재료	
적용연장	○ 터널연장 1,000m미만 : 내오염도장, 타일등 ○ 터널연장 1,000m이상 : 타일(잠정)	
디자인	○ 이용객 미관을 고려 적용 - 5가지 디자인 시험적용	
단 가	○ 디자인 비용 색도에 따라 도장인건비의 20%반영 ○ 디자인 재료비 미반영	
품질기준	○ 페인트 성분에 대한 기준 ○ 내오염성, 화재안정성, 내충격성, 확산반사율	

2. 내장재 선정시 고려사항

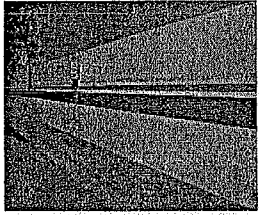
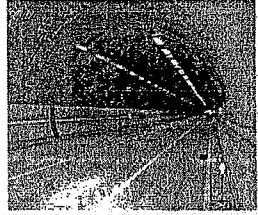
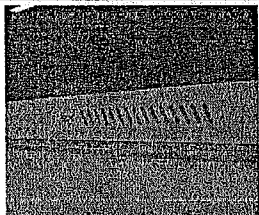
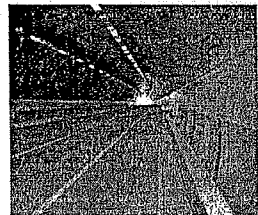
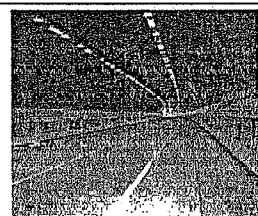
- 도로통과지역의 문화, 지리, 전통의 영향을 고려
 - 예) 도지기고장의 경우 타일 또는 도자기 재질의 내장재 적용
- 지역특성 및 유지관리 편의성 고려
 - 예) 년중 강설량등
- 터널연장이 길어 안전성 확보가 필요한 경우
 - 예) 터널연장 1km이상의 경우 타일 적용
- 기타 현장여건을 고려하여 적용

. '07년 내오염도장 시공현황

1. '07년 시공현황

노 선	터 널 명	연 장(m)	도장재질	비 고
익산 - 장수	진안 1터널	261	불소	
	진안 3터널	437	세라믹	
청원 - 상주	수한터널	214	세라믹	
현풍 - 김천	성주터널	725	세라믹	
무안 - 광주	문평 3터널	258	불소	
	문평 4터널	219	불소	
평택 - 음성	반제터널	140	세라믹	

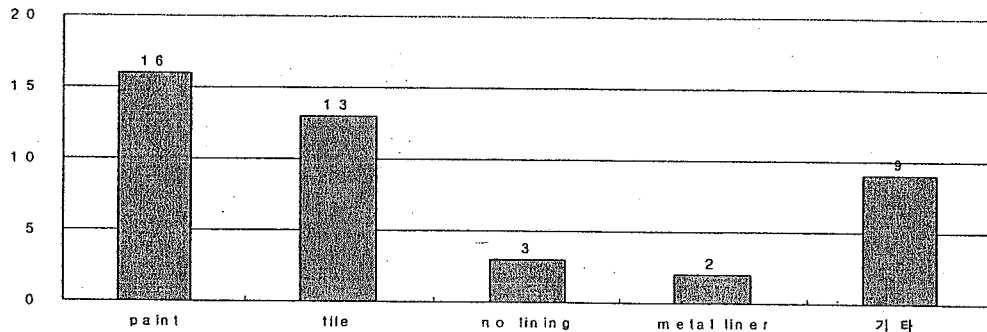
2. 적용 디자인 현황

사업단	터널명	적용디자인	도장재질	사업단	터널명	적용디자인	도장재질
익산 - 장수	진안1터널		불소수지	현풍 - 김천	성주터널		세라믹
	진안3터널		세라믹	무안 - 광주	문평3터널		불소수지
청원 - 상주	수한터널		세라믹		문평4터널		불소수지

· 감사지적관련 조사결과

□ 해외적용실태조사(미국- 캘리포니아주, 유럽)

1) 미국(캘리포니아주 적용실태)



- 캘리포니아주내의 터널의 내장재로는 타일(13개소), 도장(16개소), No lining 및 Metal Liner 등 다양하게 적용
- 장대터널(1,000m이상)에 대해서는 1개소에서만 도장적용
- 대부분은 타일과 도장(Polyurea계, 희석제 신너)을 사용하는 추세임
- 터널 화재시 도장재의 화재안정성에 대한 구체적인 기준이 없음.
- 품질기준(Polyurea coating shall have the following properties)

Property	Requirement
Elongation (ASTM Designation : D412)	Minimum 300%
Tensile Strength (ASTM Designation : D412)	17 Mpa
Surface Hardness (ASTM Designation : D2240, Shore A)	90 to 98
Abrasion Loss (Taber, 1kg. H-18 wheel)	Maximum 200mg
Water Absorption (ASTM Designation : D471)	Maximum 1% @ 24hours
The coating system shall have the following properties :	
Adhesion to Concrete (ASTM Designation : D4541)	Minimum 2 Mpa
Dry Film Thickness (ASTM Designation : D6132)	Minimum 1.6mm
Color Stability (ASTM Designation : D2565)	No visible color change after 500 hours

2) 유 럽

- 콘크리트 라이닝마감, 타일, 도장, 판넬등이 적용되고 있음.
- 도장재질의 구체적인 적용현황 및 분포등의 사용추세는 분석이 안됨.
- ※ 유럽 주요국가의 터널현황은 분석되었으나 도장재의 재질에 대한 자료가 입수가 안됨.

국가명	터널명	터널연장(m)	내장재
독일	위젠프룩	824	타일
	엘베	2,653	콘크리트+타일
네델란드	마스	1,070	타일
	베르젠	768	도장
	베네룩스	1,300	도장
	아이	1,039	홀로우철판
	Coam	1,283	도장
벨기에	E-3 세르디	690	도장
스위스	시리스벨그	9,280	콘크리트+도장
오스트리아	알베루그	13,972	"
이탈리아, 프랑스	프레쥬스	12,868	"
영국	Dartford	1,430	타일

- 일상감사에서 제시한 에폭시수지계 도장은 유럽에서 일부 적용하고 있음.
- 국내시공사례가 없으므로 시험시공등을 통한 성능검증후 적용
- 몽블랑 터널 화재발생후 보강공사시 판넬의 마감재에 사용한 페인트는 미네랄 도장을 사용

□ 작업환경 위해도 실측결과

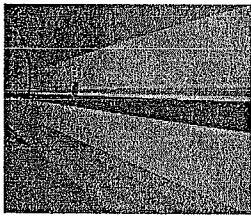
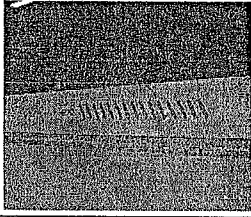
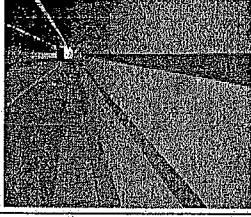
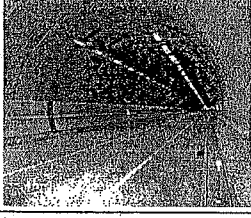
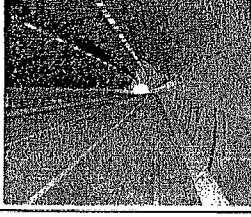
사업단	유해인자	결 과		개선 요청사항
		기준	실측치	
청원-상주 (수한터널)	소음	소음노출기준 [90dB(A)] 미만 (1일8시간 작업시)	78.9~87.7	○ 터널 관통후 도장작업으로 환기상태는 매우 양호 ○ 터널내부 바닥에 유기 화합물의 잔류억제 ○ 지속적인 안전, 보건교육 실시
	산소농도	18~23.5% 범위내	18~23.5% 범위내	
익산-장수 (잔인,3터널)	톨루엔	100ppm미만	불검출, 0.016~0.08ppm	
	크실렌		불검출, 0.009~0.102ppm	
무안-광주 (문광,4터널)	n-조신부틸	150ppm미만	불검출, 0.007ppm	
	혼합물질	기준치 미만검출		

※ 일상감사시 지적인 작업환경 유해는 제반 안전장구 착용후 작업시행하면 인체에 위해가 없음.

※ 위해시험기관 : 대한산업보건협회

. 내장 디자인 조사의견

1. 내장디자인 조사의견

적용노선	터널명	적용디자인	조사의견
익산 - 장수	진안1 터널		○ 배색 및 질감이 부드러워 편안한 느낌 ○ 색상이 눈에 띄지 않아 시인성이 보통 ○ 단순하면서 연속적인 시선유도기능이 있어 전반적인 평가가 좋음
	진안3 터널		○ 문양이 단순해 보이고 색상이 단조로움 ○ 50m마다 반복되는 문양과 여백의 미가 있음 ○ ex로고 대신 터널입구부부터 거리 표기의견
청원 - 상주	수한 터널		○ 타일에 비해 디자인 적용에 대한 신선한 느낌 ○ 나란한 두선의 간격이 너무 넓어 보임.
현풍 - 김천	성주 터널		○ 전반적으로 디자인에 대해 만족 ○ 터널조명과 섞여 색감이 살지 않음
무안	문평3 터널		○ 기존타일에 비해 미관개선 및 쾌적성 향상 효과 ○ 운전자의 시선유도에 도움 ○ 색상을 녹색으로 처리하여 환경친화적 느낌 ○ 시선유도를 위한 디자인의 폭이 너무넓음

2. 공통의견

- 터널조명과 섞여 색감이 살지 않은 것은 공통적인 현상임.
- 전반적으로 디자인에 대하여 신선한 느낌으로 적용에 문제점 없음.

. 기타 문제점 분석

- 디자인 비용에 대한 색도수에 따라 도장인건비의 20%의 비용을 반영 하였으나 실제 디자인 면적에 대한 도장비용반영이 필요
- 내오염도장재에 대한 페인트 성분에 대한 제반기준을 제시하여 제품 생산회사별 민원이 예상되어 개선이 요구됨.
 - 해외의 경우도 페인트 성분에 대한 품질기준은 없음.
- 최초 도장재 품질기준 설정시 확산반사율값이 너무 높게 설정하여 현실과 맞지 않아 하향조정 필요

VII. 개 선 방 안

구 분	개선방안	비 고
내오염도장재의 종류	○ 폴리우레탄계, 불소수지, 세라믹계등 품질기준을 만족하는 재료 사용 ○ 에폭시 수지, 마네랄도장등에 대하여는 외국의 적용 사례등을 참고하여 시험시공등을 통한 성능검증후 적용	
적용연장	○ 터널연장 1,000m미만 : 내오염도장 ○ 터널연장 1,000m이상 : 타일 ※ 단, 터널연장에 상관없이 지역문화특성, 현장 여건등을 검토하여 도장 또는 타일을 선택하여 적용가능	
디자인	○ 5가지 시험시공 디자인을 사례를 참조하여 개선적용(개선안 : 별첨) ○ 디자인 사례이외에도 현장여건을 감안한 다양한 디자인 적용 가능	
단 가	○ 디자인 비용 색도에 따라 작업난이도를 고려 도장인건비의 20%반영 ○ 디자인한 면적만큼 도장비용을 반영	
품질기준	○ 페인트 성분에 대한 기준 삭제(품질기준 별첨) - 확산반사율값 조정(85 → 80)	

(첨부 1) 미국내 터널내장재 조사현황

1. 캘리포니아주내 터널(100m 이상) 현황

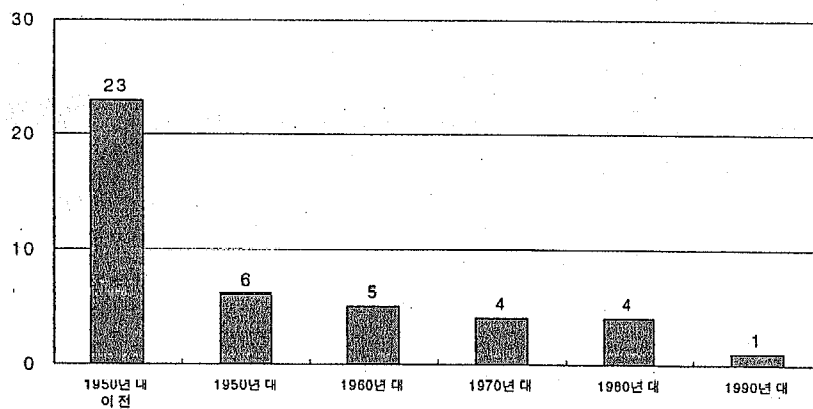
Name	Length (m)	Year	Interior	Route No	City/County
Randolph Collier	575	1963	Paint	US199	Del Norte
Grizzly Dome	119	1936	Metal Liner	CA70	Plumas
Elephant Butte	362	1937	Metal Liner	CA70	Plumas
Newcastle	168	1932		Taylor RD	
Fort Cronkhite Tunnel UC	820	1918	Tile	US101	Sausalito
Waldo	305	1937	Tile	US101S	Sausalito
Waldo	305	1954	Tile	US 101 N	Sausalito
Caldecott Bore 2	1,100	1937	Paint	CA24	Oakland
Caldecott Bore 3	1,028	1965	Tile	CA24W	Oakland
Caldecott Bore 1	1,102	1937	Paint	CA24E	Oakland
Walnut Creek Bart	126	1970	Paint	CA24W	Oakland
Bay Point Undercrossing	198	1976		SR4	Concord
Doran Dr Tunnel	226	1912		Doran Dr	Richmond
Webster Street Tube	1,021	1963	Tile	CA260N	Alameda
Posey Tube	1,081	1927	Tile	CA260S	Alameda
Solano-Sutter St Tunnel	141	1930		Marin Av	Berkeley
Yerba Buena Crossing	546	1936	Tile	I-80	San Francisco

Name	Length (m)	Year	Interior	Route No	City/County
Presidio Tunnel	396	1938	Paint	US101	San Francisco
Stockton St Tunnel	275	1912	Tile	Stockton St	San Francisco
W92-S280 Connector UC	274	1973		W92-S280	
Wawona Tunnel	1,291	1985	No lining	Wawona Rd	Yosemite
Big Oak Flat Road Tunnel #1	112	1930	No lining	Big oak Flat Rd	Yosemite
Big Oak Flat Road Tunnel #3	635	1930	No lining	Big oak Flat Rd	Yosemite
Custom House Tunnel	305	1968		City Parking Lot	Monterey
Gaviota Gorge Tunnel	128	1953	Paint	US101N	
Angeles Crest Tunnel 1	196	1950			Los Angeles
Figueroa Street Tunnel	230	1936	Tile	CA110N	Los Angeles
Figueroa Street Tunnel	140	1931	Tile	CA110N	Los Angeles
Figueroa Street Tunnel	123	1931	Tile	CA110N	Los Angeles
Angeles Crest Tunnel 2	145	1950	Paint	CA2	Los Angeles
E105-N405 Connector Tunnel	411	1993		E105-N405	Los Angeles
Sepulveda Blvd Tunnel	197	1929		Sepulveda Blvd	Los Angeles
Mt Baldy Road Tunnel #1	193	1951	Paint	Mt Baldy Rd	Los Angeles
Angeles Forest Hwy Tunnel	145	1941	Paint	Angeles Hwy	Los Angeles
Malibu Canyon Road Tunnel	170	1952	Paint	Malibu Canyon Road	Los Angeles

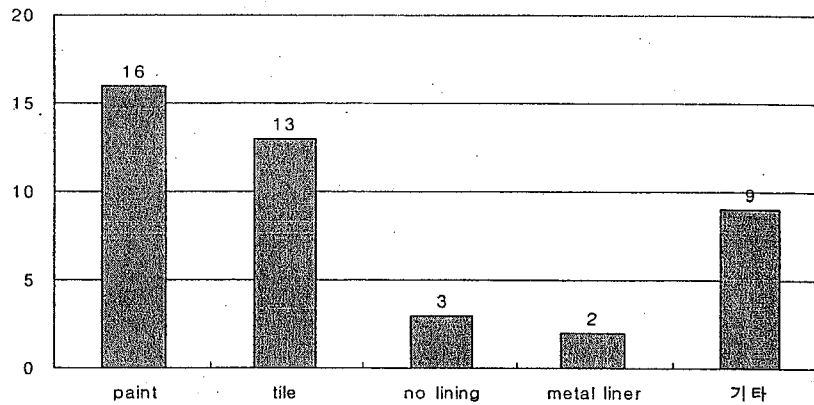
Name	Length (m)	Year	Interior	Route No	City/County
Kanan DME Rd SB Tunnel	180	1983	Paint	Kanan DME Rd	Los Angeles
Kanan DME Rd NB Tunnel	158	1983	Paint	Kanan DME Rd	Los Angeles
Kanan Rd SB Tunnel	266	1983	Paint	Kanan Rd	Los Angeles
Kanan Rd NB Tunnel	259	1968	Paint	Kanan Rd	Los Angeles
Kanan Rd SB Tunnel	120	1972	Paint	Kanan Rd	Los Angeles
Kanan Rd NB Tunnel	100	1953	Paint	Kanan Rd	Los Angeles
2nd Street Tunnel	529	1920	Tile	2nd St	Los Angeles
3rd Street Tunnel	380	1901	Tile	3rd St	Los Angeles

2. 캘리포니아주내 터널분석

캘리포니아주 100m 이상 터널은 총 43개소가 있으며 그중 23개소는 1950년대 이전에 시공된 터널이다.



또한, 내장재별 분포를 보면 16개소가 도장, 13개소는 타일로 적용되었으며 No lining 및 Metal Liner가 적용된 곳도 있다.



캘리포니아주의 지역특색상 터널수와 우리나라 산간지역을 관통하는 장대터널의 개소는 적었으나 터널의 내장재로 타일, 도장, No lining 및 Metal Liner를 적용하였으며, 대부분은 타일과 도장으로 마감하는 추세임을 알수 있었다. 또한 터널 화재시 도장재의 연소에 대한 구체적인 기준이 없었다.

※ Polyurea coating shall have the following properties :

Property	Requirement
Elongation (ASTM Designation : D412)	Minimum 300%
Tensile Strength (ASTM Designation : D412)	17 Mpa
Surface Hardness (ASTM Designation : D2240, Shore A)	90 to 98
Abrasion Loss (Taber, 1kg. H-18 wheel)	Maximum 200mg
Water Absorption (ASTM Designation : D471)	Maximum 1% @ 24hours
The coating system shall have the following properties :	
Adhension to Concrete (ASTM Designation : D4541)	Minimum 2 Mpa
Dry Film Thickness (ASTM Designation : D6132)	Minimum 1.6mm
Color Stability (ASTM Designation : D2565)	No visible color change after 500 hours

첨부 2. 품질기준

시험항목	단위	품 질 기 준				시험방법
		상 도	중 도	하 도	퍼 티	
용기내 상태	-	삭 제				
고화건조시간 (25℃, 시간)	hr					
가사시간 (20℃)	hr					
광택 (60)	%					
연화도 (주제)	mm					
건조도막의 상태	-					
불휘발분 (혼합도료)	%					
비중(25℃)	-					
내알칼리성 (5% NaOH, 7일, 20℃)	-	도막의 갈라짐, 부풀음, 주름, 떨어짐, 벗겨짐이 없을 것				KSM 5000 -3411
내산성 (5% H ₂ SO ₄ , 7일, 20℃)	-					"
내굴곡성 (직경 10mm)	-	균열, 떨어짐이 생기지 말아야 한다.				KSM 5000 -3331
촉진내후성 (QUV시험법 에 따라 60시간시험)	외관	도막의 갈라짐, 떨어짐, 황변, 초킹(Chalking) 현상이 없으며 색상의 변화가 크지 않을 것 (ΔE 2.0 이하)	-	-	-	QUV시험법
	광택유지율 (%)	80 이상	-	-	-	
내오염성	-	ΔL 3.0 이하	-	-	-	KSM 5000 -1111D
색상	-	지정된 색상과 큰차이 가 없을것	-	-	-	KSM 5000 -3011
화재안전성	난연성	난연3급 이상일것	-	-	-	KSF 2271
	독성지수	1.6이하				도시철도차량 안전기준
	화염전파 연속지속열	1.5이상				
	소화점 입계열류량	20이상				
불휘발전색제중 불소함량	-	15 이상	-	-	-	불소도료인 경우
내충격성 (높이50cm, 300g)	-	갈라짐벗겨짐이 없을것	-	-	-	KSM ISO 6272-1
밀착성(부착력)	-	6점 이상	6점 이상	-	-	KSM 5981
은폐율	-	백색:담색0.9이상 기타색:0.8이상	-	-	-	KSM 5000 -3111
확산반사율 (백색에 한함)	-	80 이상	-	-	-	KSM 5000 -3121

품질관리기준 비교표

시험항목		단위	품 질 기 준			적용
			국 내	미 국	유 럽	
용기내 상태		-	○	X	X	X
고화건조시간(25℃,시간)		hr	○	X	X	X
가사시간(20℃)		hr	○	X	X	X
광 택(60)		%	○	X	X	X
연 화 도(주제)		μm	○	X	X	X
건조도막의 상태		-	○	X	X	X
불휘발분(혼합도료)		%	○	X	X	X
비 중(25℃)		-	X	X	X	X
내알칼리성 (5% NaOH, 7일, 20℃)		-	○	X	X	○
내산성 (5% H ₂ SO ₄ , 7일, 20℃)		-		X	X	○
내굴곡성(직경 10mm)		-	○	X	X	○
축진내후성 (OUV 시험법에따라 600시간시험)	외관	-	○	○	○	○
	광택유지율(%)	-	○	X	X	○
내오염성		-	○	X	X	○
색 상		-	○	X	X	○
화재안전성	난 연 성	-	○	X	○	○
	독성지수	-	○	X	X	○
	화염전파 연속지속열		○	X	X	○
	소화점 임계열류량		○	X	X	○
	연기생성등급		X	X	○(독성지수와 중복)	X
불휘발전색제중 불소함량		-	○	X	X	○
내충격성(높이50cm,300g)		-	○	X	X	○
밀 착 성(부착력)		-	○	○	○	○
은 페 을		-	○	X	X	○
화산반사율(백색에 한함)		-	○	X	X	○
신 장 을			X	○	X	○결코성사 내내내내 내내내내 내내내내 내내내내
인장강도			X	○	X	
표면경도			X	○	X	
마 모 을			X	○	X	
흡 수 을			X	○	X	
건조두께			X	○	X	X
기름,연료,차량배기 가스에 대한 내구성			X	X	○	○내알칼리성 내산성 내유기

국내외 내오염도장 적용사례(최고 연장)

국 내	일 본	유 럽	미 국
1,000m미만	2,166m	1,300m	1,102m

터널 안전시설 설치기준 검토

방 침
설계처-250
(‘08. 1. 30)

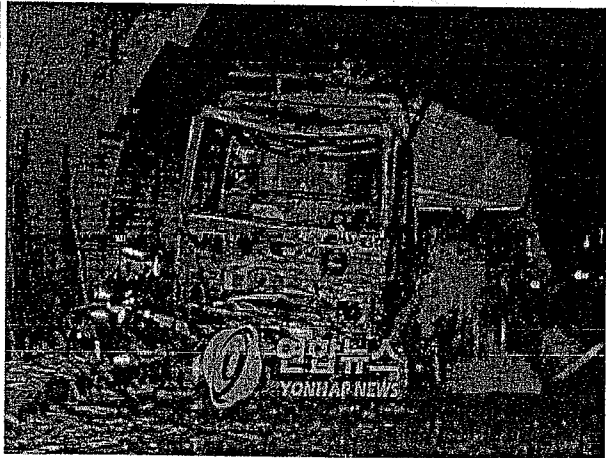
I. 검토배경

전사적 HIGH5 운동(교통사고 사망자 50% 감소)과 관련하여
터널 교통사고예방을 위한 터널 안전시설 기준을 수립하고자 함

※ 터널 화재사고 현황

구 분	호남터널(740m)	통영2터널(1,620m)	와촌터널(2,990m)
사고일시	'07. 6. 2. 11:50	'07. 6. 5. 05:33	'07. 6. 5. 09:50
사고위치	호남선 115km (순천방향)	통영대전선 9.8km (통영방향)	대구포항선 9.6km (포항방향)
사고내용	정차차량 후미추돌후 화재발생(4대 관련)	화물차량 터널벽면 충돌후 화재발생(단독)	화물차량 엔진과열로 화재발생(단독)
시설피해	164,000천원	1,114,000천원	2,500천원
인명피해	사망1명, 부상3명	없음	없음

※ 터널 화재사고 전경

	
호남선 호남터널	대구포항선 와촌터널

II. 터널 교통사고 현황 및 원인분석

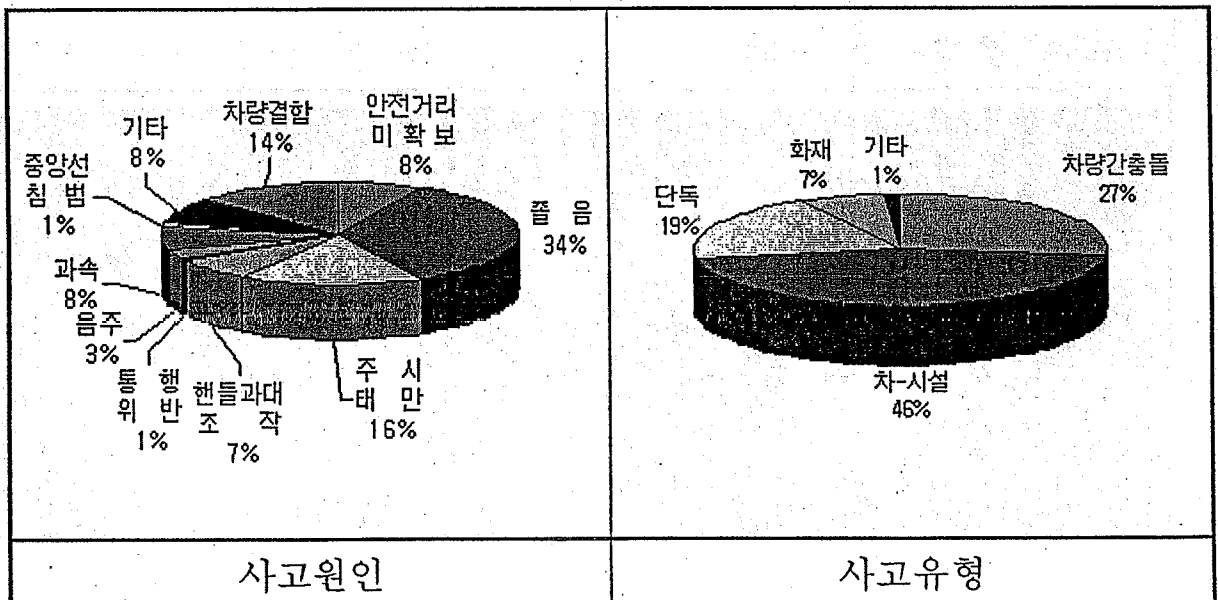
1. 터널 교통사고 현황

- 조사기간 : '03 ~ '05(3년간)
- 사고건수 : 199건(66건/년)
- 사상사고현황

사고건수	사상사고			비고
	계	사망	부상	
199	158	23	135	

2. 터널 교통사고 원인분석

- 교통사고의 주요원인은 졸음(34%), 주시태만(16%), 안전거리 미확보(8%) 등 운전자 과실에 의한 원인이 대부분 차지(86%)
- 사고유형은 차량과 터널시설(46%) 및 차량간의 충돌(27%) 등이 대부분을 차지(73%)하고 화재발생은 7% 차지



Ⅲ. 터널 안전시설 설치기준

안전시설	설치기준	비고
터널진입 차단시설	- 2등급이상 터널 전방 100m 지점 설치 - 3등급이하 터널은 단계적 설치	시설처-2828, '05. 10
터널내 시선유도등 (LED)	- 2등급이상 터널내 30m 간격 설치 - 색상은 주행로 백색, 추월로 황색	시설처-3613, '06. 12
터널입구부 안전시설	- 전터널 입구 PC방호벽(H=1.27m) 설치 - 전터널 입구 전방 주행측 길어깨 200~300m 노면요철포장 설치	교통처-3336 '06. 9
포장 그루빙	- 전터널 입·출구부 종방향 그루빙 설치	도로포-42 '03. 3
구조물 도색	- 터널입구 갱분부 적용	도로안전시설 설치 및 관리 지침 (건교부, '07)
시선유도표지	- 터널내부 연속 설치(최대 50m)	
표지병	- 양방향 터널 중앙선 설치 - 일방향 터널의 경우 터널선행 등에 의해 노면표시 보완 필요시 설치	
차단막 설치	- 터널입구 전방에 긴급상황시 차량정지 유도를 설치 가능	도로터널방재 시설설치지침 (건교부, '07)

※ 붙임2 “터널 안전시설물도(당초)” 참조

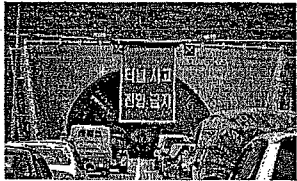
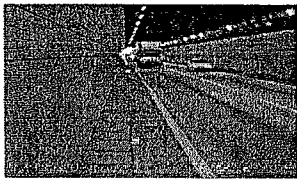
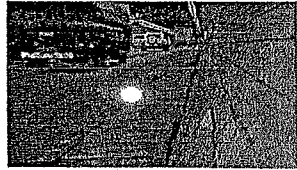
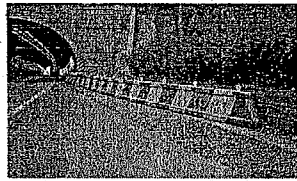
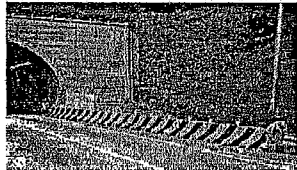
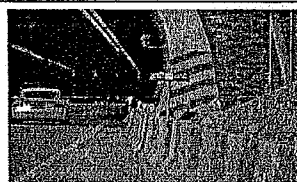
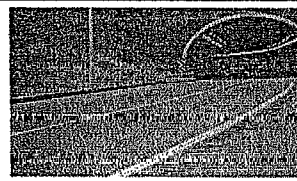
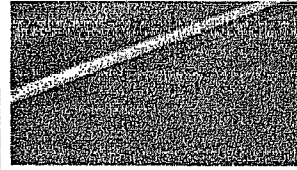
☞ 터널연장기준 방재등급구분

등급	터널연장(L)
1 등급	3,000 m이상 ($L \geq 3,000$ m)
2 등급	1,000 m이상, 3,000m미만 ($1,000 \leq L < 3,000$ m)
3 등급	500 m이상, 1,000 m 미만 ($500 \leq L < 1,000$ m)
4 등급	연장 500 m 미만 ($L < 500$)

※ 터널위험도가 2를 초과하는 터널의 경우 터널방재등급 1단계 상향

IV. 적용현황 및 문제점

1. 적용현황

안전시설		적용현황	전경	비고
터널진입 차단시설		둔내, 죽령터널 등 2등급이상 터널		
시선유도 표지	LED	마성, 만덕터널 등 2등급이상 터널		
	데 리 네이타	양지터널 등 3등급이하 터널		
터널입구 방호시설	PE 방호벽	대부분 터널		
	PC 방호벽	대부분 터널		
구조물 도색		수암, 반월터널 등 일부터널		
포장 그루빙		치악3, 기금터널 등 일부터널		
노면요철포장		금대2, 강천터널 등 일부터널		

2. 문제점

- 터널내 교통사고 대형화 및 지속적 발생
 - 최근 3년간 사고발생 199건(66건/년), 사상사고 158건
- 터널 안전시설 설치 미흡
 - 포장 그루빙, 노면요철포장, 터널입구 갭문 도색 등

V. 개선방안

터널 사고예방을 위한 안전시설 추가 · 보완

- 터널내 졸음운전 및 시설물(라이닝 등) 충돌사고를 예방하고 시선 유도 기능향상 등을 위하여 터널내부 안전시설 추가 · 보완

- 터널내부 안전시설 개선(안)

안전시설		현황	개 선(안)	비고
노면요철포장 (Rumble Strips)		-	- 주행측 길어깨 적용 (길어깨폭 2.5m이상 터널)	붙임4 참 조
돌출차선		-	- 터널 길가장자리구역선 적용	붙임2 참 조
시선 유도 표지	LED	- 2등급이상 터널 적용 (간격 : 30m)	- 3등급이상 터널 적용 (간격 : 30m)	
	데 리 네이타	- 3등급이하 터널 적용 (최대 50m간격)	- 4등급이하 터널 적용 (최대 50m간격)	

○ 터널갱문 충돌사고 예방 등을 위하여 터널입구 안전시설 추가·보완
- 터널입구부 안전시설 개선(안)

안전시설	당 초	개 선	비 고
노면요철포장 (Rumble Strips)	- 터널입구부 전방 200~300m구간 주행측 길어깨 적용	- 터널입구부 전방 300m 구간 주·추월측 길어깨 적용	붙임4 참 조
돌출차선	-	- 터널입구부 전방 100m 구간 길가장자리구역선 적용	붙임2 참 조
포장그루빙 (Grooving)	- 터널입·출구부 종방향 C형 적용 ※ C형 : 미끄럼저항, 결빙예방	- 터널입구부 멜로디 홈 및 종방향 C형(연장 150m) 적용 ※ 소음민원 예상지역은 멜로디홈 설치여부 검토후 적용 ※ 횡방향그루빙 : 제동효과 - 터널출구부 종방향 C형 적용	붙임6 참 조
터널입구 갱문 도색	-	- 터널입구부 표지판 또는 갱문도장(내오염도장)	붙임5 참 조
터널입구 방호시설	- 터널입구부 PC방호벽 적용 (방호벽 전면 도장)	- 터널입구부 PC방호벽 적용 (방호벽 전면 내오염 도장) - 수급 곤란시 차량 충돌시험 합격 방호시설 적용	붙임3 참 조
터널진입 차단시설	- 2등급이상 터널 적용	- 3등급이상 터널 적용	

☞ 터널입구부 갱문 충돌사고 현황('01~'05, 19건/년)

사고건수	사상자(명)			사상율 (명/건)
	계	사망	부상	
96	81	18	63	0.84

※ 터널입구부 안전시설 개선 검토(교통처-3336, '06.9.7)자료 활용

VI. 적용방안

○ 건설중 및 유지관리 노선

- 건설관리 및 도로관리 주관부서에서 현장여건 등을 고려하여 개선방안 적용여부 판단
- 다만, 터널내부 주행선측 노면요철포장(Rumble Strips) 및 터널 입구부 멜로디 홈의 개선방안은 시험시공후 적용여부 결정

○ 설계중 및 설계완료후 미 발주 노선

- 진행사항을 고려하여 본 개선방안 적용

VII. 향후 추진계획

○ 터널내부 노면요철포장 및 터널입구부 멜로디 홈 시험시공

구 분	익산터널(3.0km)	비 고
관리부서	경북지역본부 영천지사	
시험시공 개 요	- 터널내 주행선측 노면요철포장 - 터널입구 멜로디 홈	
시 기	'08년 상반기	
검토사항	- 시공관련 개선방안 및 터널사고 예방효과	

○ '08년 중 터널갱문부 충돌사고예방 등을 위한 터널갱문 변단면 검토

- 붙 임 : 1 터널 안전시설물도(당초)
 2 터널 안전시설물도(개선)
 3. 터널입구 방호시설도
 4. 터널입구 노면요철포장
 5. 터널입구 갱문 도색
 6. 포장 그루빙도

감 사

이재영

※ 대외협력팀에 연락하여 도로공사에
사해!

본부장	부사장	사장
전병환	백석봉	김도형

등록번호	설계처 - 430
담당인자	2008. 2. 26
검제인자	2008. 2. 26
공개구분	공개

협 조

도로교통본부장 : 김민준
도로사업본부장 : 김민준

기획조정실장 : 김민준

자연, 지역, 인간이 조화되는 경관설계 추진방안

2008. 2.

목 차

- I. 배 경
- II. 경 관 설 계 개 념
- III. 국내 · 외 관련제도
- IV. 그 간 추 진 실 적
- V. 경관설계 추진방안

The Way ToMorrow

설 계 처 김민준

□ 시대별 도로정책

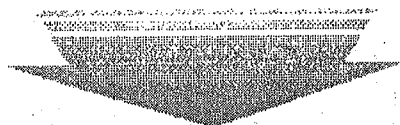
- 선진국은 최소 100년 이상 도로시설을 축적하여 왔으나, 우리나라는 30여년에 불과하여 그간 양적인 팽창에 중점

1970년대	1980년대	1990년대	2000년대
국민소득 1,000\$	3,000\$	10,000\$	20,000\$
고속도로 건설 시작	국도 및 지방도 포장 집중	고속도로망 2배 확충	간선도로 연계확충, 환경·안전 강화
지방균형 개발에 중점	국민생활환경 개선에 중점	국도간선도로망 확충에 중점	쾌적하고 편리하고 안전한 도로에 중점

□ 패러다임 전환

- 국민의 삶의 질이 향상됨에 따라 과거와는 차별화된 새로운 개념의 도로를 요구

- 도로에 대한 사회적 인식 변화(경제발전 원천⇒환경파괴 주범)
 - 도로의 기본기능 외에 심미성, 쾌적성에 대한 요구 증대
 - 경관관련법 제·개정으로 인해 경관은 선택이 아닌 필수적 요소
- 【 CEO 취임사 : 설계단계부터 생태 및 경관을 고려하여 도로건설 추진 】



고속도로 설계단계에서부터
경관을 고려하여 도로건설 추진 필요

II

경관설계 개념

□ 도로경관 구성요소

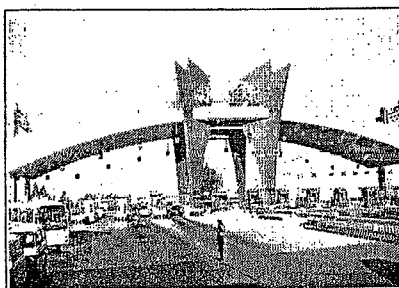
구 분		내 용
도로요소	도로본체	도로구조, 횡·종단 형상 등
	구조물	교량, 터널, 옹벽 등
	부대시설	방음벽, 방호벽, 가드레일, 표지판, 안전시설, 차선도색, 조경 등
연도요소		휴게소, 주유소, 영업소캐노피, IC 등

□ 경관설계 개념

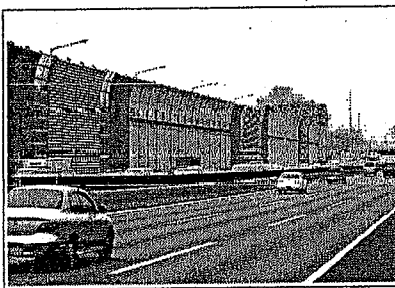
○ 정 의 : 도로주변의 자연적인 경관요소에 지역의 역사,문화적 특징 및 인공미(디자인)를 가미한것

○ 종 류

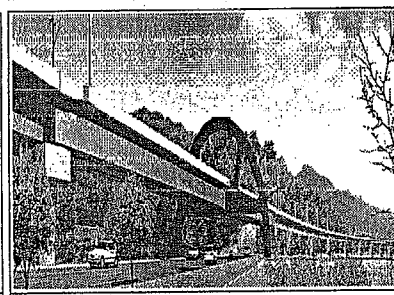
구 분		정 의
내부경관	정지경관	· 도로상에 서 있는 고객 관점 (영업소캐노피)
	이동경관	· 이동하는 운전자 관점(비탈면, 터널, 방음벽)
외부경관	정지경관	· 도로주변에 거주하는 지역주민 관점(교량, IC)



내부→정지경관 사례(캐노피)



내부→이동경관 사례(방음벽)



외부→정지경관 사례(교량)

III

국내외 관련제도

1. 국 외

- 급속한 도시화에 따라 삶의 질과 경관에 대한 관심이 증대되었으며
국가차원에서 경관법을 제정하여 시행

※ 선진외국 경관관련 제도

국 가	주 요 특 징
독 일	· 자연·환경분야를 포괄, 환경영향평가의 기반제공(연방자연보호법, '76)
프랑스	· 전문가 심의를 통한 경관보전(경관법, '93)
일 본	· 중앙정부, 지자체, 사업자에게 경관에 대한 책임과 의무 성문화(경관법, '04)
이태리	· 경관자원에 대한 조사 및 계획, 이용지침 제시(국가도시계획법, '42)

2. 국 내

- '06년부터 사업시행에 따른 자연경관영향을 사전에 분석, 저감방안을 마련하여 자연경관 훼손등 악영향 최소화 노력

o 자연경관영향 심의제도(환경부, '06. 1)

- '06.1.1 이후 최초로 환경영향평가서 초안을 제출하는 사업
- 자연경관 훼손여부, 주변 자연경관과의 조화 등 심의

o 경관법 제정(환경부, '07. 5)

- 국토의 체계적 경관관리를 위해 경관자원의 보전·관리에 필요한사항 규정
- 주로 도시계획 차원에 관한 사항

o 대통령직 인수위원회 "Designed In Korea Project" 발표('08. 1)

- 차기정부의 핵심정책중 하나로 삼겠다는 의지표명

o 디자인 서울 ('07. 7)

- 디자인서울총괄본부 신설, 경관설계 용역시행중(디자인 서울 가이드라인)

IV

그간 추진실적

1. 추진실적

- 서해대교등 대형구조물 및 부대시설의 경우 미관을 고려하여 설계한 실적이 있으며, 최근에는 시범노선을 대상으로 경관설계 시행중

- '02. 12 : 방음시설 미관설계 기준수립
- '04. 6 : 3D 시뮬레이션 설계 활용방안 수립
- '07. 5 : 이상기후시 안내표지판 시인성 향상 (기흥IC 8개소 예정)
- '07. 7 : 중앙분리대 시선유도 도장 적용 (청원상주의 3개노선, L=65.3km)
- '07. 12 : 인터체인지 소분리대 개선 (청원상주 문의IC외 1개소)
- '07. 12 : 경관설계 지침서 발간 (설계도10207-324호, '04.10. 1)

2. 미흡한점

- 아직까지는 획일적이고 경제성을 우선시하는 설계가 지배적
 - 교량형식 선정시 지역성이나 외부경관 설계고려 미흡
 - 비탈면 녹화, 조경설계시 지역특성(기후, 토질 등) 반영하지 않음
 - 부대시설 설계시 알미늄, 콘크리트 등 단순 재질 및 색채 설계
- 설계 전반에 걸친 체계화된 경관프로세스 부재
 - 방음시설을 제외한 시설물의 경관은 설계자의 주관적 판단에 의존
 - 건설 및 유지관리단계에서의 경관정비 기준 등 부재
- 경관설계에 대한 데이터 및 전문지식 미흡
 - 타분야 및 외국 경관설계 사례 수집 및 DB화 필요
 - 외부전문가 자문시스템 구축 필요

도로에 대한 인식제고와 고객서비스 향상을 위해
설계단계부터 경관을 고려하는 시스템 구축 필요

1. 목 표

자연, 지역, 인간이 조화되는 경관설계를 통하여
도로경쟁력 향상 및 지속적인 부가가치 창출



2. 추진방향

경 관 성
Harmony of Nature

기존 경관을 최대한 보전하고 자연의
선에 순응하는 도로설계

정 체 성
Identity of Image

지역의 미래상, 역사, 문화를 살려
테마있는 명소 고속도로 설계

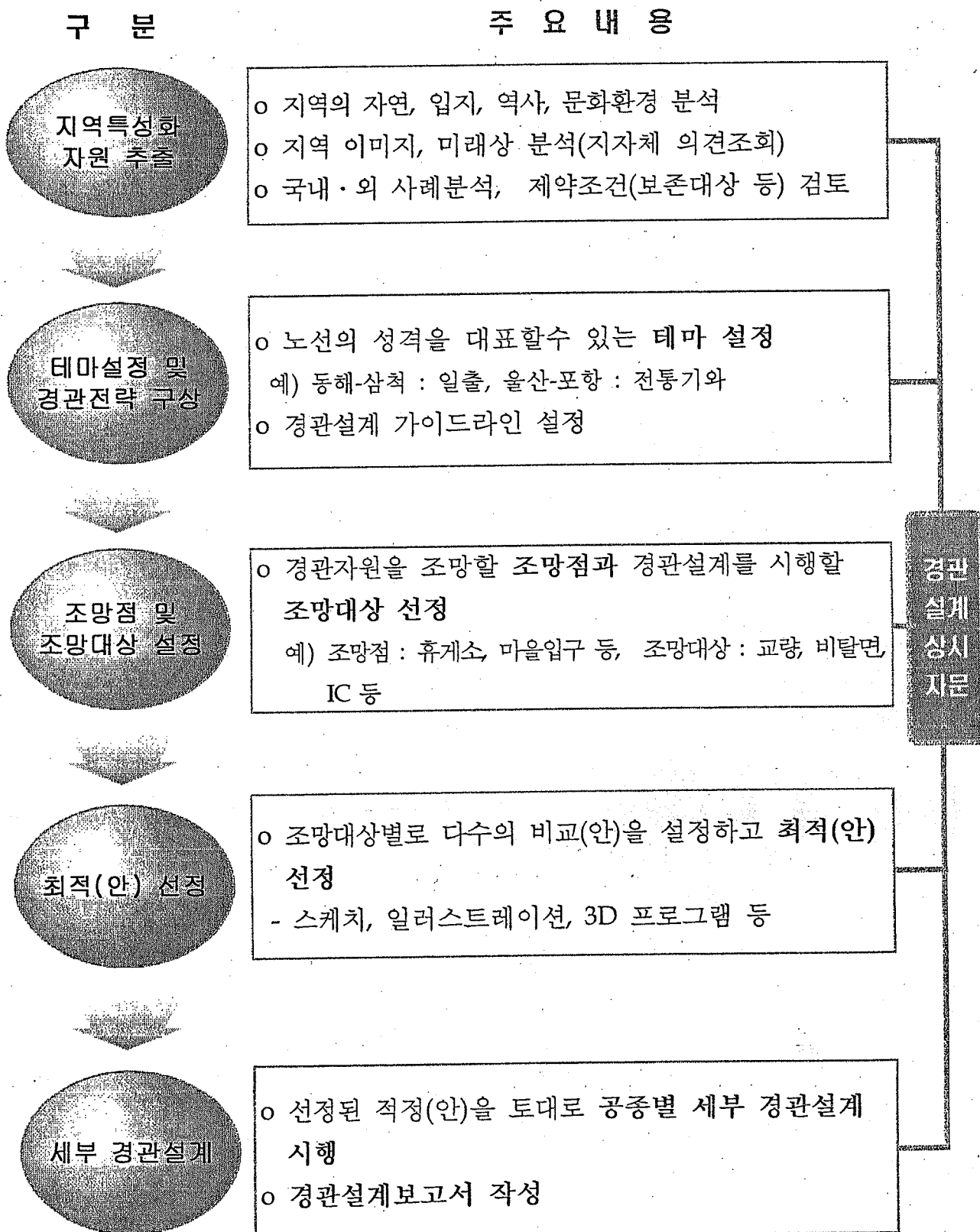
쾌 적 성
Amenity of Human

쾌적하고(개방감) 아름다운(디자인) 인간
중심적인 도로경관 조성

3. 추진방안

시범단계('08 상반기)	보완단계('08 하반기)	정착단계('09 이후)
○ 시범사업 실시 - 실시설계중인 노선 (동해-삼척외 4개노선) ○ 경관자문위원회 운영 ○ 경관설계 매뉴얼 용역	○ 시범사업 피드백 - 보완사항 발굴 ○ 경관설계 매뉴얼 발간 - 설계절차, 고려사항 등	○ 입찰서류 변경 - 일반,특별과업지시서 등 ○ 전 노선 확대시행 - 주기적으로 매뉴얼 업그레이드

4. 추진절차



5. 향후 추진계획

□ 경관설계 시범사업 실시

○ 대 상 : 실시설계중인 동해-삼척외 3개노선

* 동해-삼척 기 시행중

○ 추진방법 :

- “4항. 추진절차” 및 기 제작한 경관설계 지침서 활용

- 노선별 경관설계 완료후 시연회 개최

* 보완사항 피드백

○ 기 간 : '08. 1.~12.

□ 경관설계 자문위원회 상시운영계획 수립

○ 위 원 : 건축, 조경, 디자인 등 분야별 전문가 5인 이내

○ 운 영 :

- 자문위원 Pool 구성(기술심사실)

- 착공시부터 준공시까지 상시 자문체제 운영

□ 경관설계 매뉴얼(세부시행지침) 용역 실시

○ 용역기간 : '08. 2.~11.(9개월)

○ 추진방법

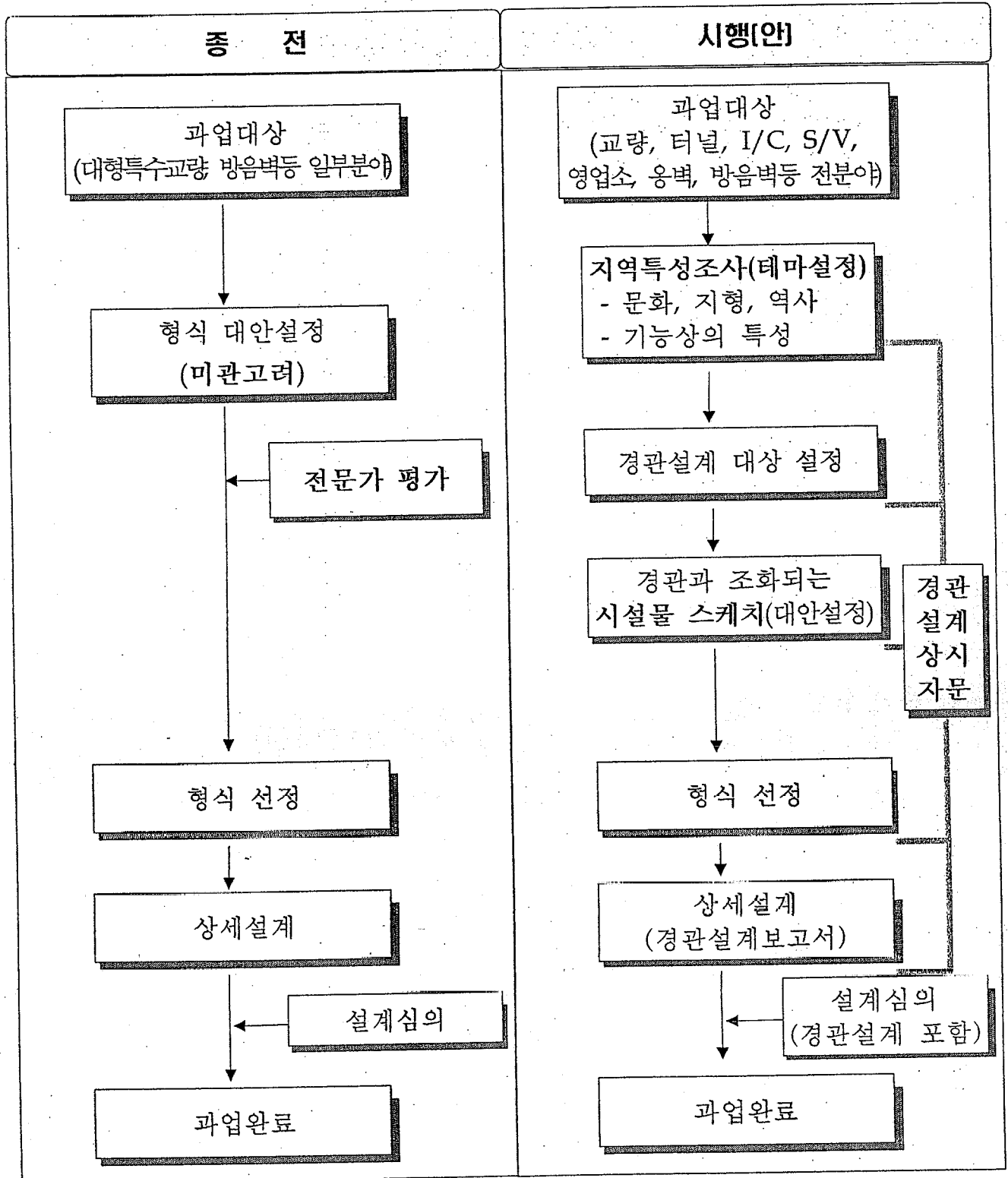
- 실시설계중인 노선에 설계변경 반영(약1.8억원)

○ 과업범위 : 노선선정, I/C, 교량, 터널, 부대시설등 도로전분야

○ 과업내용

- 시범사업 모니터링 및 보완사항 발굴
- 국내·외 관련법 및 제도 조사
- 공종별 국내·외 사례조사
 - 설계, 시공, 기존시설물 리모델링 우수사례
- 경관설계매뉴얼 작성

경관설계 비교표



터널 보조공법 설계적용 방안

결론 X

2008. 3.

목 차

- I. 검토 배경
- II. 터널 보조공법 개념
- III. 관련기준 및 적용현황
- IV. 터널 보조공법 검토
- V. 개선 방안
- VI. 적용 방안

The Way ToMorrow

구조설계팀

ex

한국도로공사

I. 검토배경

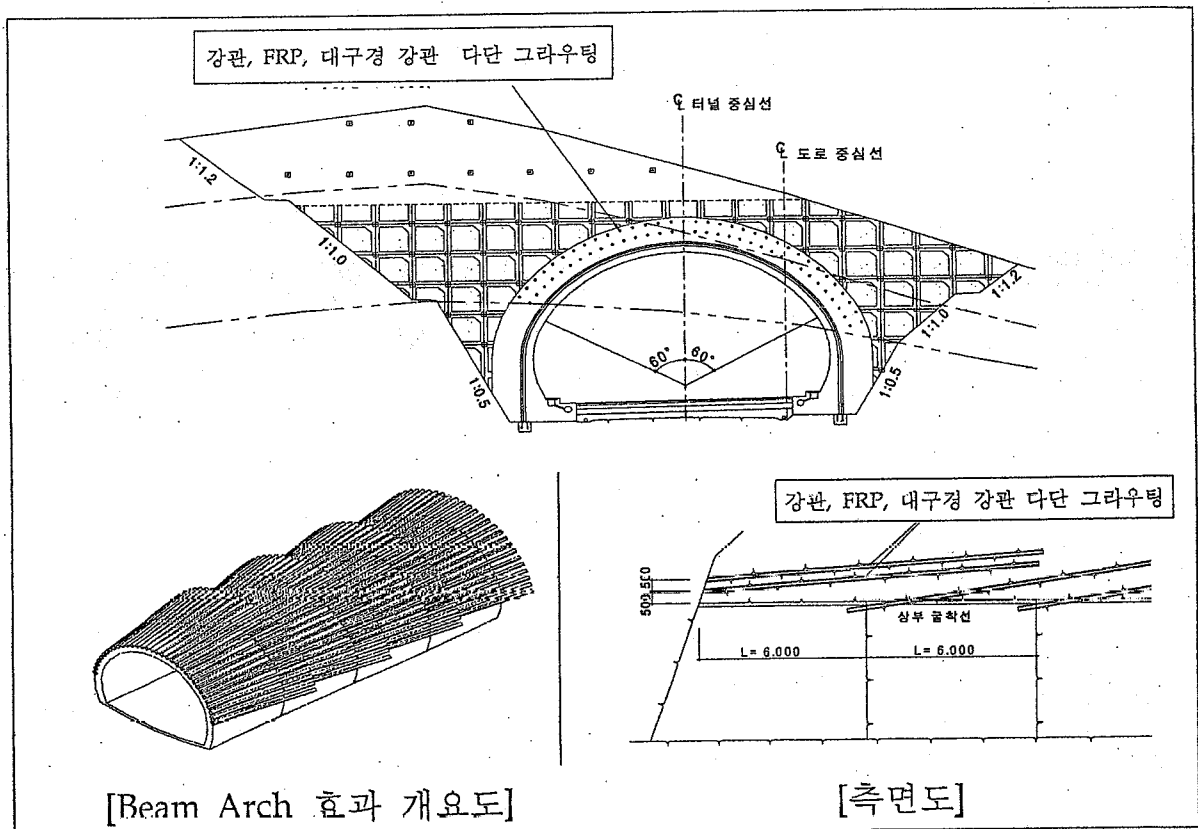
터널 천단부 안정 및 막장전방 지반보호를 위하여 적용하고 있는 강관(FRP) 다단 그라우팅 등의 보조공법에 대하여 터널의 안정성, 시공성, 경제성을 고려한 설계적용 방안을 검토하고자 함.

II. 터널 보조공법 개념

○ 정 의

터널 천단부 굴착면 지반의 자립이 어려운 경우 굴착 천단부 안정 및 막장 전방의 지반보호를 위하여 굴착전 천단부에 종방향으로 보강재(강관, FRP, 대구경 강관)를 설치하는 공법

○ 단면도



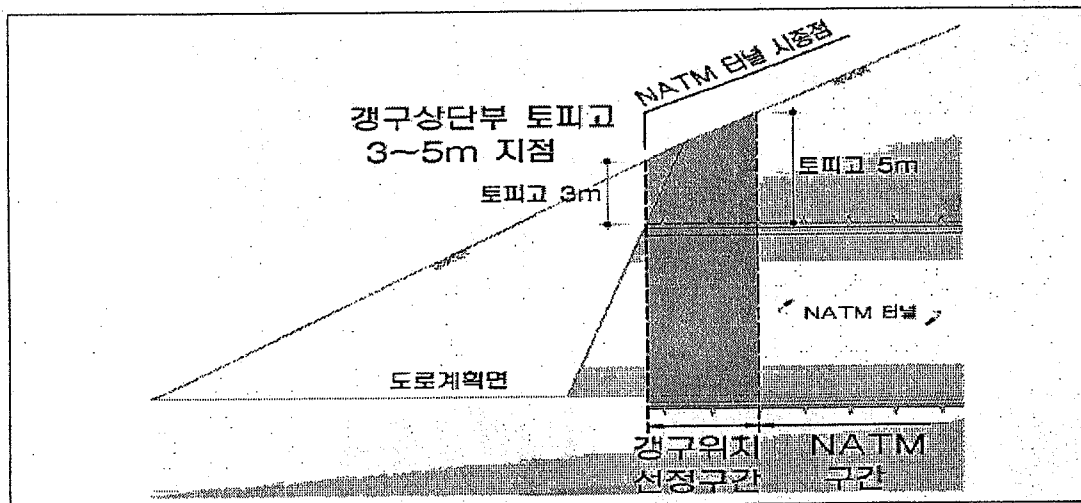
III. 관련기준 및 적용현황

○ 터널설계기준(건설교통부, 2007)

지반이 연약하여 록볼트 천공의 자립이 어려운 경우 직천공형 록볼트를 사용할 수 있다.

○ 터널갱문부 설계기준(설계도 10201-70, '03.03.14)

환경보호정책 방향에 부응하고 갱구부 사면의 안정성 확보를 위해 갱구 상단부 토피고 3m~5m정도 지점 갱구 형성



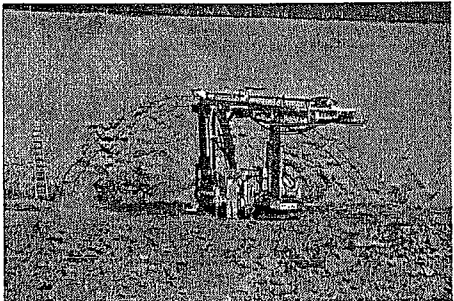
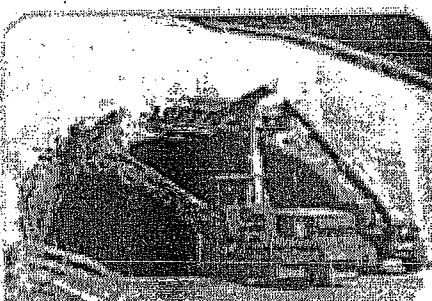
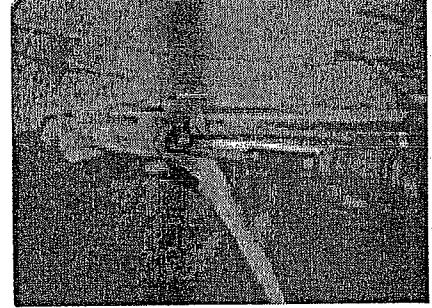
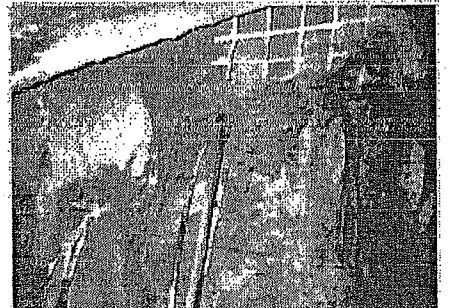
○ 적용현황

노 선	갱구부		비 고
	지반현황	보조공법	
대전~당진 등 (‘03년 이전 설계노선)	연 암 이 상	대부분 Fore Poling	갱구상단부 토피고 1~2D지점 갱구형성
동홍천~양양 등 (‘03년 이후 설계노선)	대부분 토 사	일반천공형 강관, FRP 내구경 강관 다단 그라우팅	갱구상단부 토피고 3~5m지점 갱구형성

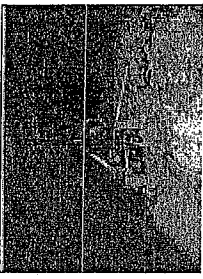
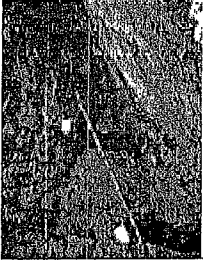
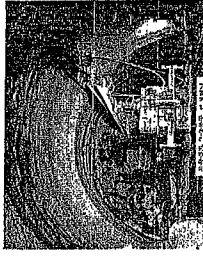
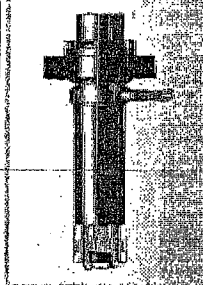
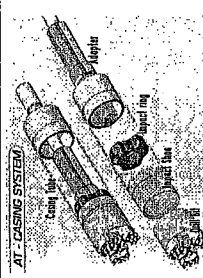
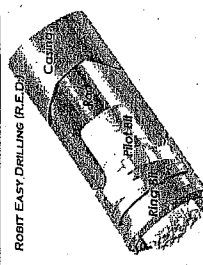
☞ 터널갱구 지반이 연암 이상 견고한 경우 Fore Poling 적용

☞ ‘03년 이후 설계노선은 터널갱문부 설계기준에 따라 갱구 상단부 토피가 낮고, 연약하여 갱구부 보조공법으로 일반천공형 다단 그라우팅 적용

○ 시공순서

일반천공형 다단 그라우팅	직천공형 다단 그라우팅	비 고
		
천 공		
		
강관(FRP) 삽입	천공 및 강관설치	
		
주입구 코킹 및 실링		
		
그라우팅 주입		

IV. 터널 보조공법 검토

구분	일반천공형 다단 그라우팅 공법			직천공형 다단 그라우팅 공법		
	소구경 강관 다단 그라우팅	FRP 다단 그라우팅	대구경 강관 다단 그라우팅	직천공식 대구경 강관 다단 그라우팅	AT-케이싱 시스템	RED 공법 (Robit Easy Drilling)
개요	천공 후 강관 또는 FRP관 삽입			비트조립체와 강관을 연결하여 천공과 동시에 강관 삽입		
						
시공장비	터널전용 천공기, 크롤러드릴, 수평천공기 등					
천공경	105 ~ 150 mm	105 ~ 165 mm	125 ~ 165 mm	90 ~ 146 mm	90 ~ 630mm	
보강재	강관 (50, 60mm)	FRP관 (60, 76mm)	강관 (114, 139.8mm)	강관 (114, 139.8mm)	강관 (76, 89, 102, 114, 139, 610mm)	
주입재	시멘트 + 규산소다	시멘트 + FRP혼화제 + 규산소다	시멘트 + 규산소다	시멘트 + 규산소다	시멘트 + 규산소다	
천공길이	L=12 ~ 16m	L=12 ~ 24m	L=12 ~ 24m	L=12 ~ 24m	L=6 ~ 24m	
시공순서	천공→강관삽입→코킹→실링→다단주입			(천공+강관삽입)→코킹→다단주입		
특징	- 공사비 저렴 - 천공 정밀도 불량 - 천공 및 슬라임 제거시 선단부 공동현상 발생	- 공사비 다소 고가 - 천공 정밀도 불량 - 보강재 중량이 가벼워 취급 용이 - 영구 보강재 - 천공률 증양 보강재 위치 취성재료로 전단 취약 - 천공 정밀도 불량 - 천공 및 슬라임 제거시 선단부 공동현상 발생	- 공사비 다소 고가 - 보강효과 우수 - 이음부 없는 강관 사용 - 강관의 길이가 길어 터널내 소운반 곤란 - 천공 및 슬라임 제거시 선단부 공동현상 발생	- 공사비 고가 - 강성이 큰 강관 사용 가능 - 3m 연결 강관 사용	- 공사비 고가 - 강성이 큰 강관 사용 가능 - 3m 연결 강관 사용 - 간단한 조합으로 작업 용이 (링비트+파일롯트 비트 사용)	
적용성	천공률 유지 가능 지층 (견고한 토사, 풍화암 이상 양호한 지층)			천공률 유지 곤란한 지층 (연약한 토사, 파쇄암 등)		
공사비 (12m, 풍화암)	1,370,000(D=50)	1,690,000(D=60)	2,180,000(D=114)	2,370,000(D=114)	2,420,000(D=114)	2,170,000(D=114)

V. 개선방안

- 터널 천단부 안정 및 막장 전방의 지반보호를 위하여 적용하고 있는 일반천공형 다단 그라우팅 공법을 전석층, 파쇄암, 연약한 토사층 등 천공홀 유지가 곤란한 지층에서는 직천공형 다단 그라우팅 공법으로 개선

- 개선개요

구 분		당 초	변 경
보조공법	천공홀 유지	- 강관 다단 그라우팅 - FRP 다단 그라우팅	일반천공형 다단 그라우팅
	천공홀 유지곤란	- 대구경 강관다단그라우팅	직천공형 다단 그라우팅

- 성과품 적용

구 분		적용방안	비고
일반천공형 다단 그라우팅	단 가	- 가장 낮은 단가 적용	
	도 면	- “일반천공형 다단 그라우팅”으로 명기 - 개략도(예시도)로 작성	
	보고서	- “일반천공형 다단 그라우팅”으로 명기 - 일반천공형 공법 종류 및 개요 설명	
직천공형 다단 그라우팅	단 가	- 가장 낮은 단가 적용	
	도 면	- “직천공형 다단 그라우팅”으로 명기 - 개략도(예시도)로 작성	
	보고서	- “직천공형 다단 그라우팅”으로 명기 - 직천공형 공법 종류 및 개요 설명	

VI. 적용방안

‘08년 4월 실시설계중인 노선부터 적용

I. 검토배경

전사적으로 추진중인 HIGH 5와 관련하여 터널 입구부 도로폭원 감소에 따른 터널 갱문 충돌사고 예방 및 미관을 고려한 터널 갱문 접속방안을 검토하고자 함.

II. 터널갱문 충돌사고 현황

- 조사기간 : '01 ~ '05(5년간)
- 사고건수 : 96건(19건/년)
- 사상현황

사상자(명)			사상율 (명/건)	비 고
계	사 망	부 상		
81	18	63	0.84	

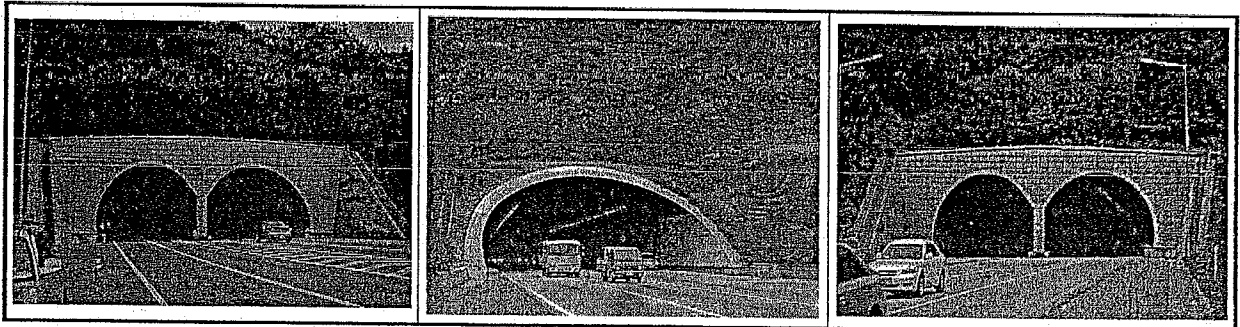
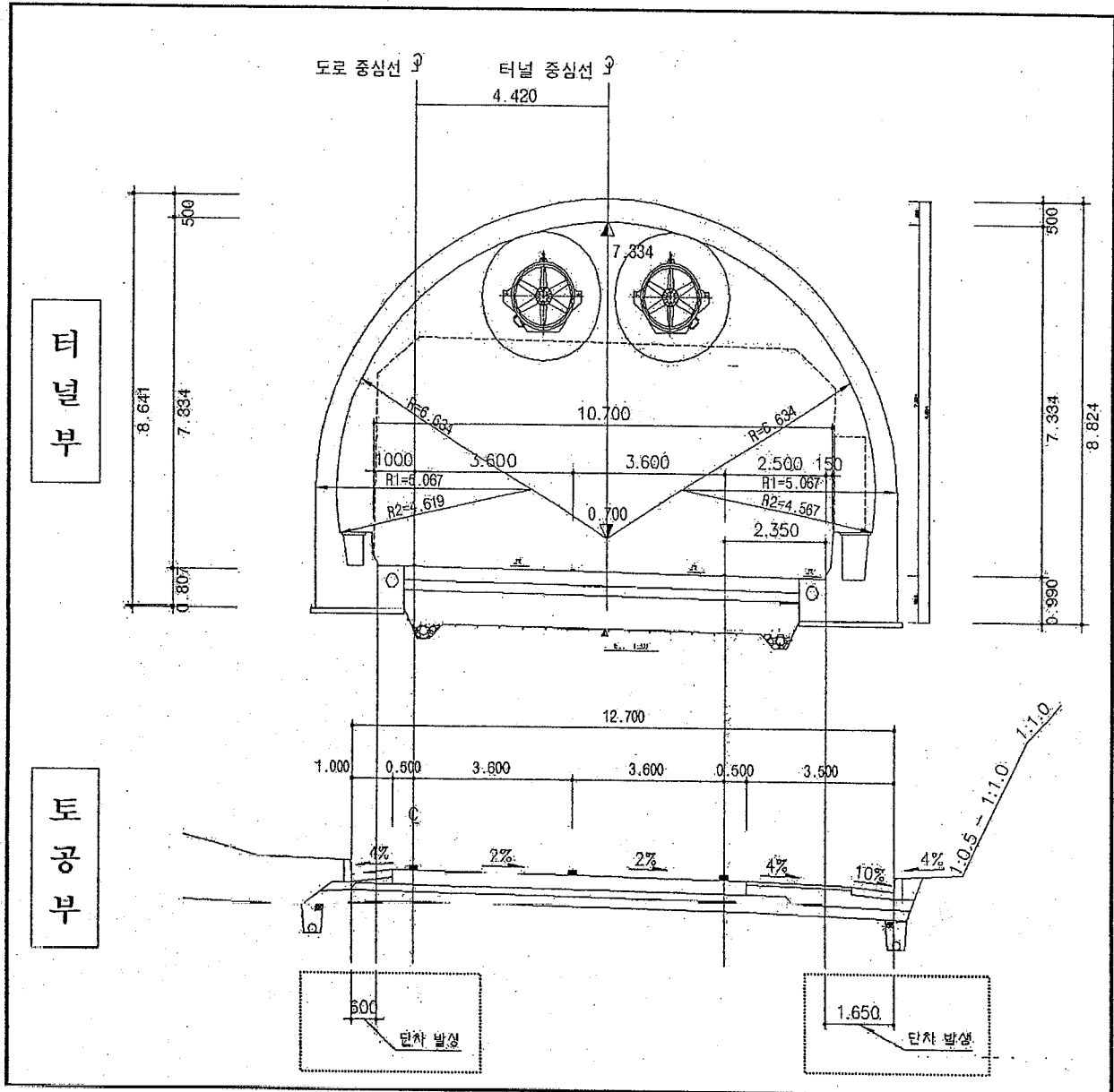
※ 터널 입구부 안전시설 개선 검토(교통처-3336, '06.9.7)자료 활용

III. 관련기준

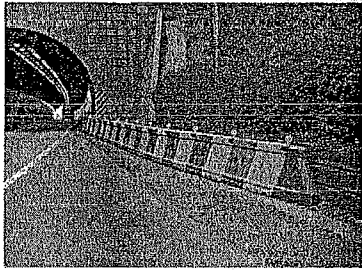
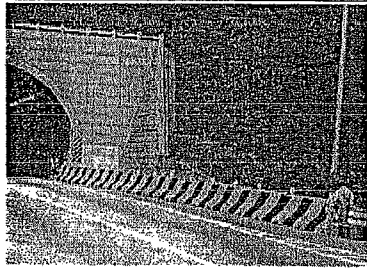
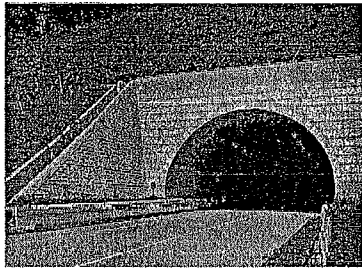
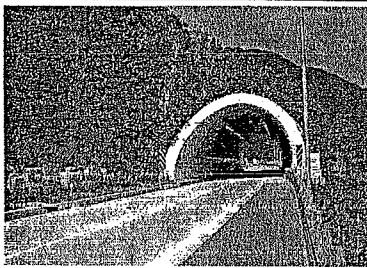
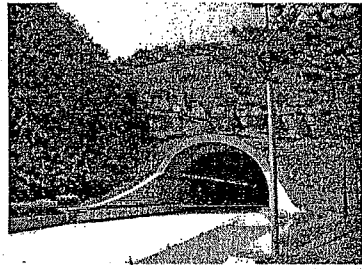
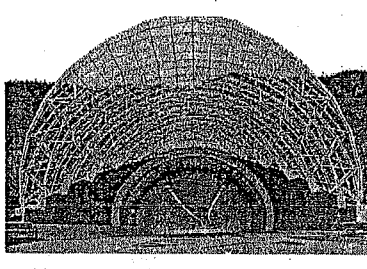
- 도로의 구조시설 기준에 관한 규칙(건설교통부, 2003)
 - 길어깨 폭이 변하는 곳의 접속설치율은 1/30이하 적용
 - 단 주변여건 등으로 곤란시 도시지역 1/10, 지방지역 1/20 적용
- 터널 입구부 안전시설 개선(교통처-3336, '06. 9)
 - PC방호벽을 1/20이하 접속설치율로 설치

IV. 현황 및 문제점

1. 표준 횡단면도



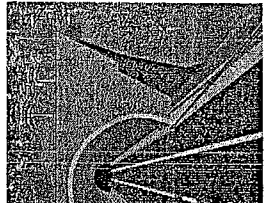
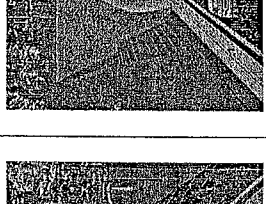
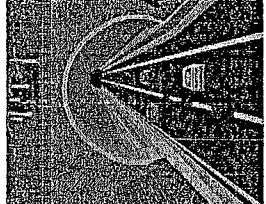
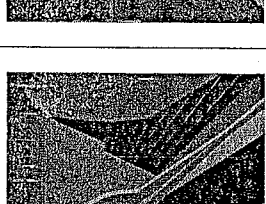
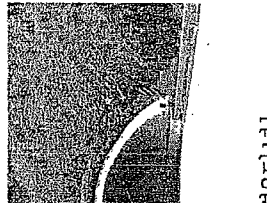
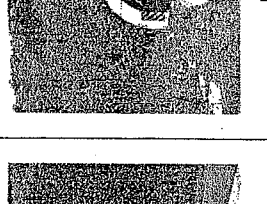
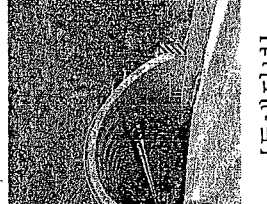
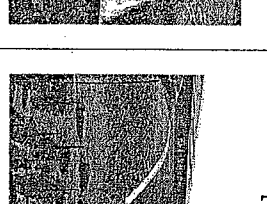
2. 터널 입구부 보완 현황

구 분	보완현황		비고
유지관리 노 선			
	PE 방호벽 설치	PC 방호벽 설치	
신설노선			
	공동구 벽체 연장	가드레일 설치	
터키·대안 노 선			
	갯문 하부단면 연장	개착터널 확폭	

3. 문 제 점

- 터널 입구부 갯문 충돌사고 대형화 및 지속적 발생
 - 최근 5년간 사고발생 96건(19건/년), 사상자 81명, 사상율 0.84명/건
- 터널 전후구간 땅깍기부 주행선측 길어깨 폭원(B=4m) 과다
 - 터널 전후구간 흙쌓기부 주행선측 길어깨 폭원 : 3m
- 터널 입구부 도록폭원 감소에 따른 PC(PE) 방호벽 설치로 미관 불량
 - 최근 신설노선(청원~상주 등) 및 터키·대안노선은 터널 미관 및 지형여건을 고려하여 개착터널 확폭 등 다양한 접속방안 적용

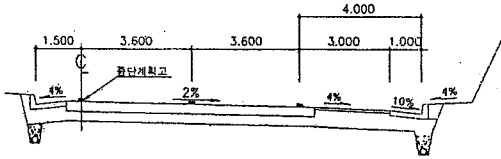
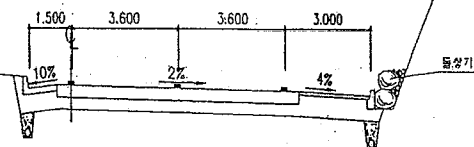
V. 터널갱문 접속방안 검토

구 분	제 1 안	제 2 안	제 3 안	제 4 안	비 고
개 요	터널 확폭	갱문 하부단면 연장	공동구 벽체 연장	가드레일 설치	
조감도					
설 치 레	 [사폐산터널]	 [죽령터널]	 [둔내터널]	 [문경2터널]	
공사비	240백만원	100백만원	4백만원	8백만원	
특 징	- 공사비 고가 - 시공성 불량 - 조도순응 효과 - 터널 확폭으로 미관 우수 - 터널 연장 증가	- 공사비 다소 고가 - 시공성 보통 - 주변 수목식재 가능 - 변단면 웅벽으로 미관 양호	- 공사비 저가 - 시공성 양호 - 주변 수목식재 가능 - 단일 웅벽으로 미관 보통	- 공사비 다소 저가 - 땅깍기부 시공 불량 - 주변 수목식재 가능 - 시설물 설치로 미관 보통	

V. 개선방안

- 터널 유지보수작업 효율성 증대 등을 위하여 시행하고 있는 터널 전후구간의 땅깁기부 주행선측 길어깨 확폭(3m→4m)은 L형 측구 개선을 통하여 삭제

- 터널 전후구간 도로 횡단

구 분	당 초	개 선
길어깨 폭 원	- 땅깁기부 : 4m - 흙쌓기부 : 3m	3m
횡 단 면 도	L형측구	다이크+전석쌓기
		

※ “터널 및 장대교량 전후구간 길어깨폭원 검토(설계설10201-240, '02.6)” 참조

- 터널 입구부 도로폭원 감소에 따른 터널갱문 충돌사고 예방, 갭문 미관 등을 고려하여 터널 입구부 터널갱문 접속방안 개선

- 터널갱문 접속방안

구 분	당 초	개 선	비 고
접속방안	PC 방호벽	1. 터널 확폭 2. 갭문 하부단면 연장 3. 공동구 벽체 연장 4. 가드레일 설치	
접속설치율	1 : 20	1 : 30 (최소 1 : 20)	
접속연장	33m	20m (13m)	

☞ () : 교량 인접 등으로 접속설치율 기준(1:30) 적용 곤란시

- 터널갱문 접속방안별 적용구간

구 분	접속방안	적용구간
터 널 입구부	1. 터널 확폭	- 벨마우스, 버드빅형 갱문형식 - 풍화암 이상 양호한 지반
	2. 갱문 하부단면 연장	- 벨마우스, 버드빅형 갱문형식 - 하부지반 불량 등으로 터널 확폭 적용 곤란시
	3. 공동구 벽체 연장	- 면벽형 갱문형식 - 땅깍기(땅깍기+흙쌓기) 구간
	4. 가드레일 설치	- 면벽형 갱문형식 - 흙쌓기 구간(피암터널 등)

※ 붙임 2 “터널갱문 일반도” 참조

※ 터널갱문 접속방안 선정시 적용구간 참조 적용, 현장여건 등을 고려 변경 가능

- 터널 전후구간 길어깨는 터널구간 길어깨 편경사(2%)의 원활한 접속을 위하여 편경사 변화구간(L=10m) 설치

☞ 붙임 1 “터널전후구간 길어깨 편경사 접속방안 검토” 참조

VI. 적용방안

- 설계노선 : '08. 4월 설계중인 노선부터 적용
- 설계완료후 미발주 노선 및 공사중 노선 : 현장여건을 고려하여 주관부서에서 판단

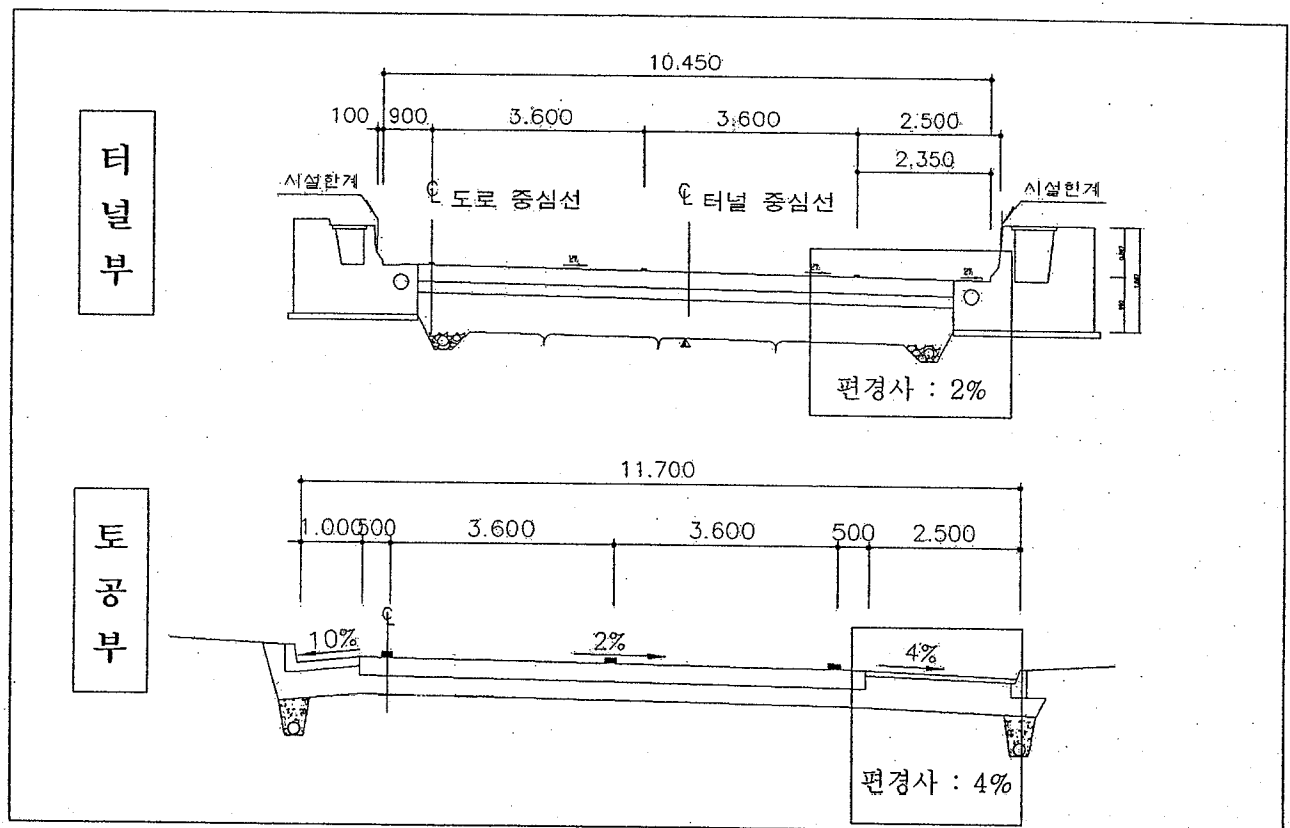
붙 임 : 1. 터널전후구간 길어깨 편경사 접속방안 검토

2. 터널갱문 일반도

[붙임 1]

터널 전후구간 길어깨 편경사 접속방안 검토

1. 표준 횡단



2. 편경사 접속설치 기준

설계속도(km/h)	편경사 최대 접속설치율	비고
120	1/200	
110	1/185	
100	1/175	

※ “도로의 구조, 시설기준에 관한 규칙(건설교통부, 2003.3)” 참조

3. 편경사 설치길이

설계속도	편경사 접속설치율	편경사 설치길이	비고
120km/h	1/200	10m	
110km/h	1/185	9m	
100km/h	1/175	9m	

☞ 편경사 설치길이 산정

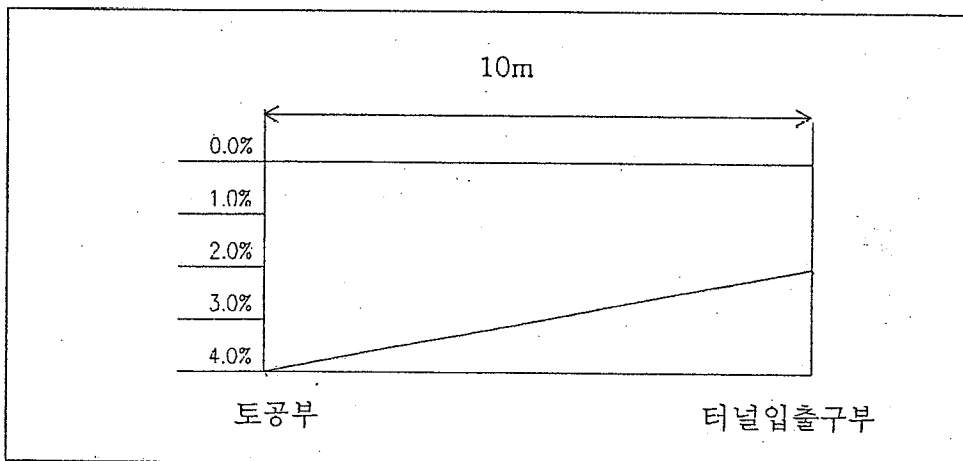
$$\therefore L_s = (B \cdot \Delta i) / q$$

- L_s : 편경사의 설치길이(m)
- B : 기준에서 편경사가 설치되는 곳까지의 폭(m) $\rightarrow 2.5m$
- Δi : 횡단경사 값의 변화량(%/100) $\rightarrow 2/100$
- q : 편경사 접속설치율(m/m)

4. 검토결과

터널 전후구간 길어깨 편경사(4%)와 터널구간 길어깨 편경사(2%)의 원활한 접속을 위하여 터널 전후구간 10m는 편경사 변화구간 설치

☞ 편경사 변화구간



감 사
김상태

등록번호	건설계획처 - 1221
등록일자	2008. 4. 28
결재일자	2008. 4. 28
공개구분	공 개

		본부장
팀 장	처 장	
이 도남	이정우	

협조 건설 관리처장 : 김경자
 설 계 처 장 : 이도남
 도로교통연구원장 : 김민하
 도로 관리 처장 : 대우현

시멘트 콘크리트 배합기준 검토(안)

2008. 4

목 차

- I. 배 경
- II. 콘크리트 배합기준 추진경위
- III. 콘크리트 배합기준 적용현황
- IV. 적용방안
- V. 향후 추진계획

The Way ToMorrow

건설계획처 소영호

ex
한국도로공사

I 배 경

- 콘크리트 관련 표준시방서 및 콘크리트구조설계기준이 콘크리트의 강도와 더불어 내구성을 고려하는 배합으로 개정됨 따라,
- 공기량 및 물-시멘트비 등 콘크리트배합의 품질관리 기준을 개선코자 함

II 콘크리트 배합기준 추진 경위

- 시멘트 콘크리트 설계기준 배합표 개정 ('02. 10. 22, 도연재15401-611)
 - '99년 콘크리트 표준시방서 개정 및 제반 변경사항 반영
 - 배합강도 결정시 : 증가계수 적용 ☞ 표준편차 적용
 - 물-시멘트비 결정식 추가 ☞ 시멘트 몰탈강도 이용방법
- 콘크리트 표준시방서 개정 ('03. 4, 건설교통부)
- 고속도로공사 전문시방서 개정('04.12 도로교통연구원)
- 도로교 표준시방서 개정 ('05. 2, 건설교통부)
- 노출바닥판 콘크리트 적용방안 통보 ('05.11.23, 설계처-3330)
 - 염화물사용량 1.5ton/lane-km/yr 이하 지역에 노출바닥판 적용
 - 최대 물-바인더비 : 40%, $f_{ck}=27\text{MPa}$ 이상
- 시멘트 콘크리트 배합설계요령 변경 ('05. 12. 26, 연구개발실-4155호)
 - '03년 콘크리트 표준시방서 개정 및 제반 변경사항 반영
 - 배합강도 결정방법 및 AE 콘크리트의 물-시멘트비 및 공기량 기준 변경
- 콘크리트 구조설계기준 개정 ('07. 10, 건설교통부)



콘크리트 배합기준 적용현황

■ 개정된 관련시방서 내용의 현장적용 미흡

● 관련시방서 개정내용의 전문시방서 및 표준배합비 반영 미흡

- 개정된 내용을 지침으로 현장에 통보하였으나, 제 기준 개선 미흡
- 현 적용 중인 전문시방서 배합기준 및 표준배합의 최대 물-시멘트비

종 별	설계기준 강도(MPa)	굵은골재 최대치수(mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	물-시멘트비 (%)	비 고
1종	27	25	13(15)	4~6	46(45)	
2종	24	25(32)	15	"	50(49)	
3종	21	25	15	"	53	
중분대	24	25	0~2	"	45	
교량난간	24	19	2~5	"	49	
L형측구	21	19	2~5	"	51	
포장	4.5	32	4~6	"	45	

- 개정된 콘크리트 및 도로교 표준시방서의 AE콘크리트 배합기준(부분)

노출 상태	기상작용이 심하거나 동결융해가 종종 반복되는 경우의 최대 물-시멘트비(%)		표준공기량(%)		
	얇은 경우	보통의 경우	굵은골재 최대치수(mm)	심한 노출	보통 노출
계속 또는 종종 물로 포화	45	50	20	6.0	5.0
			25	6.0	4.5
보통의 노출상태	50	55	40	5.5	4.5

※ 공기량 및 물-시멘트비 세부 개정 내용 : 붙임1 참조

■ 개정된 관련시방서 및 기준의 적용기준 불명확

● 관련 표준시방서와 콘크리트구조설계기준의 콘크리트 배합 품질 기준 일부 상이에 따른 적용기준 불명확

- 콘크리트구조설계기준의 배합 품질기준 중 W/C 및 설계기준강도가 강화됨
- AE콘크리트의 최대 물-시멘트비 및 최소 설계기준강도

구 분	최대 물-시멘트비(%)	최소 설계기준강도(MPa)
콘크리트, 도로교 표준시방서	· 기상작용이 심할 경우 : 45 · 제빙화학제가 사용되는 콘크리트 : 45	-
콘크리트 구조설계기준	· 물에 노출된 경우 : 50	27
	· 동결융해, 제빙화학제 노출 : 45	30
	· 동결융해, 제빙화학제 노출되면서 철근부식 방지 : 40	35

※ 적용기준에 대한 콘크리트학회 질의 · 회신 내용

· 관련 표준시방서와 콘크리트구조설계기준의 적용 위계

「'07년 개정된 콘크리트 구조설계기준을 적용하는 것이 원칙이나 건교부제정 표준시방서와 구조설계기준의 내용이 상이한 경우 표준시방서와 구조설계기준은 위계가 정해져 있지 않으며, 구조설계기준 1.2.(4)항목(당해시설에 맞는 기준 적용 가능)에 의거 도로교표준시방서를 적용 할 수 있음」

· 제빙화학제가 사용되는 특수노출상태 콘크리트의 물-결합재비

「구조설계기준에 의하면 제빙화학제가 사용되는 특수노출상태의 콘크리트는 철근부식방지를 위하여 물시멘트비 0.4이하를 적용하여야 하나, 사용기간 내에 철근부식이 예상되지 않는다면 콘크리트가 제빙화학제에 노출되더라도 최대 물-결합재비 0.45 사용 가능」

IV

적용방안

내구성 + 강도 배합 적용

염화물 사용 증가 등 환경변화에 따라 콘크리트 배합기준의 강도 및 내구성 강화 필요

■ 물-시멘트비

- 내동해성 기준 AE콘크리트의 최대 물-시멘트비
 - 콘크리트표준시방서('03), 도로교표준시방서('05) 기준 적용
- 특수노출상태 콘크리트의 최대 물-시멘트비
 - 콘크리트구조설계기준('07)을 적용하되 별도 검토 완료 시 까지 현행 강도기준 준용
 - 노출바닥판의 설계기준강도

콘크리트구조설계기준('07)	현행기준('05.11.23, 설계처-3330)
물-시멘트비 40%이하의 설계기준강도 35MPa	물-시멘트비 40%이하의 설계기준강도 27MPa이상

■ AE콘크리트의 표준공기량

- 동결융해저항성 증대를 위하여 강화된 기준 적용
 - 관련 시방서 및 설계기준의 강화된 내용 적용
 - 당초 : 4~6% → 변경 : 4.5~7.5%(굵은골재 치수별, 노출상태별 적용)

■ 기계타설 소구조물 콘크리트의 배합기준 변경

- 교량난간 다이크 및 L형측구의 내구성 확보를 위한 굵은골재 치수 변경
 - 당초 : 19mm → 변경 : 25mm
- L형측구(다이크)콘크리트의 석분 사용 배합 사용 금지

※ 시멘트콘크리트 품질기준 : 붙임2 참조



향후 추진계획

■ 본 지침 시행 후 즉시 반영 사항

- 본 지침 전의 물-시멘트비 및 공기량 기준과 저촉되는 경우 본 지침 적용
 - 현장 확인배합을 실시, 사업단 승인 후 적용(단가변경 없이 시행)
 - 향후 발주공사의 시방서에 본 지침 내용 반영
- 기계타설용 소구조물의 굵은골재 최대치수 변경
 - 시공 중인 노선 : 현행기준(19mm)과 병용 가능
 - 설계 중인 노선 : 25mm 적용
- L형측구(다이크)콘크리트의 석분 사용 배합 사용 금지
 - 시공 중인 노선 : 석분 혼입 배합 사용 금지
 - 설계 중인 노선 : 설계기준배합에서 삭제
- 고속도로공사 전문시방서 시멘트콘크리트 품질기준(표13-4)을 본 지침내용(붙임2)으로 반영
 - 고속도로공사 전문시방서 개정 시 반영 예정

■ 향후 검토사항 : 특수노출콘크리트 기준 및 설계기준배합비 개정

- 특수노출 상태 콘크리트의 배합기준에 대한 검토 추진
 - 콘크리트구조설계기준의 '특수노출상태에 대한 요구사항'의 적용 대상 및 강도기준에 대한 명확한 적용기준 수립 필요
 - 적용기준 수립을 위한 시험 및 설계심의 등 도교원 및 설계처와 협의 추진
- 시멘트콘크리트 설계기준배합비 개정 추진
 - 설계기준배합비 개정 : 도로교통연구원 협조

[붙임 #1]

공기량 및 물-시멘트비 개정 내용

□ 내동해성 기준 AE콘크리트의 최대 물-시멘트비(콘크리트표준시방서, 도로교표준시방서)

구조물의 노출상태	기 조 건	기상작용이 심한 경우 또는 동결융해가 종종 반복되는 경우		기상작용이 심하지 않은 경우, 빙점이하의 기온으로 되는 일이 드문 경우	
	단 면	얇은 경우 ^②	보통의 경우 ^③	얇은 경우 ^②	보통의 경우 ^③
(가) 계속해서 또는 종종 물로 포화되는 부분 ^①		45	50	50	55
(나) 보통의 노출상태에 있으며 (가)에 해당하지 않는 경우		50	55	55	60

주 : ① 교대, 교각, 옹벽 등으로서 수면에 가까워 물로 포화되는 부분 및 이들 구조물 외에 보, 슬래브 등 으로서 수면으로부터 떨어져 있기는 하나 용설(融雪), 우수, 물보라 등 때문에 물로 포화되는 부분

② 단면 두께가 약 20cm 이하인 구조물

③ 단면이 두꺼운 경우에도 보통의 경우와 같음

· 제빙용설제가 사용되는 콘크리트의 최대 물-시멘트비는 45%

□ 특수 노출상태에 대한 요구사항(콘크리트구조설계기준)

노출상태	보통골재콘크리트 최대 물-결합제비	보통골재콘크리트와 경량콘크리트의 최소 설계기준강도 f_{ck} (MPa)
물에 노출되었을 때 낮은 투수성이 요구되는 콘크리트	0.50	27
습한 상태에서 동결융해 또는 제빙화학제에 노출된 콘크리트	0.45	30
제빙화학제, 염, 소금물, 바닷물에 노출되 거나 이런 류들이 살포된 콘크리트의 철근 부식방지	0.40	35

□ AE콘크리트 공기량 표준값(콘크리트구조설계기준, 콘크리트표준시방서, 도로교표준시방서)

굵은 골재의 최대치수(mm)	공기량(%)	
	심한 노출 ^①	보통 노출 ^②
10	7.5	6.0
15	7.0	5.5
20	6.0	5.0
25	6.0	4.5
40	5.5	4.5

주 : ① 동절기에 수분과 지속적인 접촉이 이루어져 결빙이 되거나, 또는 제빙화학제가 사용되는 경우

② 동절기에 가끔 수분과 접촉하여 결빙되지만, 제빙화학제가 사용되지 않는 경우

· 운반 후 공기량은 위의 값에서 $\pm 1.5\%$

[붙임 #2]

시멘트콘크리트 품질기준

구분	규격	기준 강도 (MPa)	최대 골재 치수 (mm)	최대W/C (%)	표준 공기량 (%)	슬럼프치 (cm)	비고
구 조 물 공	PC	$f_{ck}=45$	19	40	5	15	
		$f_{ck}=40$	19	40	5	15	
	1종	$f_{ck}=27$	25	45	6	13	노출바닥판 최대W/B : 40%
			25	45	6	15	
	2종	$f_{ck}=24$	25	50	6	15	라이닝 등 필요시
			32	50	6	15	
	2종 (수중)	$f_{ck}=24$	25	50	4%이하	45 ± 5 (플로우 값)	호칭강도 : 30MPa
	3종	$f_{ck}=21$	25	50	6	8	
				50	6	15	
			40	55	1~2	8	
	5종	$f_{ck}=15$	50(40)	-	1~2	8	
중분대	기계	$f_{ck}=24$	25	45	6	2~5	
난간방호벽	"	$f_{ck}=24$	19(25)	45	6	2~5	
L형측구 및 다이크	"	$f_{ck}=21$	19(25)	50	6	2~5	
포장	기계	$f_{bk}=4.5$	32	45	6	4~6	
	인력		32	45	6	8	
빈배합 (Lean Conc)		$f_7=5$	40	-	1~2	-	
shot크리트		$f_{28}=20$	13	50	1~2	8~12	강섬유 미첨가
		$f_{bk}=4.5$	13	50	1~2	8~12	강섬유 첨가

※ 상기 품질기준은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 경우이며, 특수한 조건의 경우에는 관련 시방서 적용

감 사
김성태

등록번호	건설안전관리-11141
등록일자	2008. 6. 2
결재일자	2008. 6. 2
공게구분	공거

본 부 장	
팀 장	처 장
김성태	김성태

협 조 : 설계처장 김성태

HIGH 5 I 추진과제 달성을 위한 절토 비탈면 설계변경 최소화 대책(안)

2008. 05.

목 차

- I. 추진배경
- II. 그동안의 노력과 반성
- III. 추진방향
- IV. 세부 추진계획
- V. 적용방안
- VI. 기대효과

The Way ToMorrow

건설관리처

ex
한국도로공사

I 추진배경

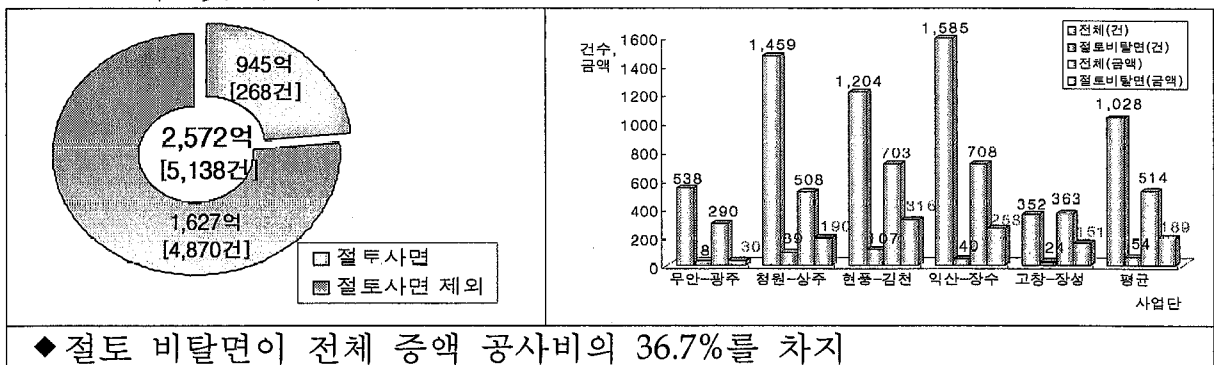
1. 정부의 지속적인 원가절감 요구

- 새정부 국정과제중 “예산절감 10% 추진”이 핵심과제로 선정
- 국토부 업무계획('08) 대통령 보고중 “공공건설사업비 절감방안”에 포함

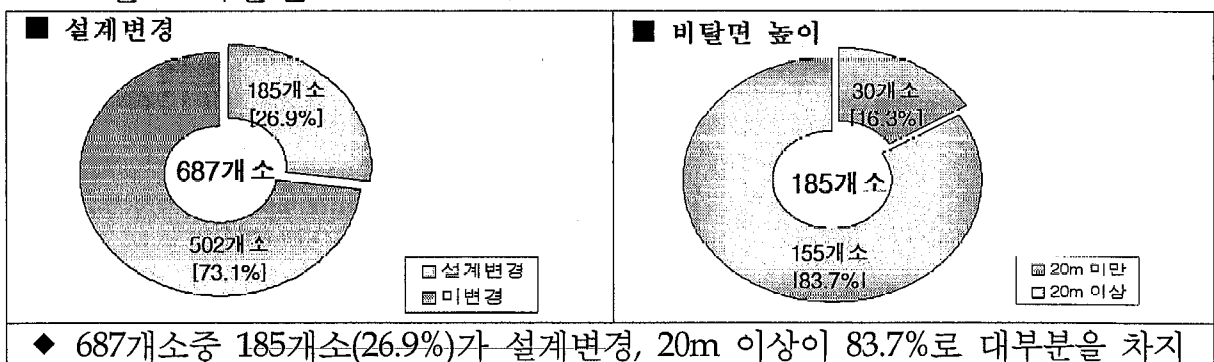
2. 절토 비탈면 설계변경 증액비율 과다

- 절토 비탈면이 전체 증액 공사비의 36.7% 차지
- '07 준공노선 설계변경 현황('01~'07, 5개 노선)

☞ 건수 및 금액



☞ 절토 비탈면



3. HIGH5 ! 실천과제로 3년간 설계변경 50% 감소 추진

- 설계변경 감소목표

구 분	추진 목표		
	'08	'09	'10
공구당 연간 평균 설계변경 증액(억원)	13.5	11.0	7.5

II 그동안의 노력과 반성

1. 현장 여건 반영을 위한 방침 수립

- '92년 이후 관심 집중
- '92~'02(8건) : 설계의 신뢰성을 위한 기준 제정립
- '03~'04(2건) : 공용중 비탈면 붕괴 발생에 대한 시공관리 강화
 - ※ 중앙선의 5개 노선 9건 피해 발생('02~'03)
- '05~'07(3건) : 설계기준 보완 및 시공관리 여건 반영

2. 절토 비탈면 설계변경 최소화 T/F팀 운영

- 운영기간 : '08. 1. 21 ~ '08. 4. 25
- 구 성
 - 외부전문가 11명(설계용역사, 하도급사, 토질조사 용역업체, 기술자문단)
 - 내 부 직 원 14명(본사 관련부서, 사업단, 도로교통연구원)

3. 문제점 및 해결방안

◆ [조사 불충분] 조사가 불충분해도 시공시 조치하면 된다는 인식

- 민원, 지역특성으로 인한 진입불가로 조사 불가 또는 불충분할 경우 인근자료 및 개략조사 자료를 활용한 설계가 불가피하나 최소화 설계반영으로 시공시 증액 초래
 - ☞ 조사미흡 구간은 예방적 설계추진(설계변경 증액 최소화)

- 지역, 암종, 연장에 따라 조사등급(A-D)과 빈도가 정해져 있어 현장 여건에 맞는 능동적인 조사를 제한하고 있음
 - ☞ 조사빈도, 등급, 항목 등 조사기준을 비탈면 특성에 맞게 조정
- 조사 불충분으로 인한 문제가 발생되어도 설계자나 업체에 대한 제재조치를 하고 있지 않으며, 조사의 중요성에 대한 인식이 낮고 소극적임
 - ☞ 문제 발생시 설계자에 대한 제재방안 강구(책임의식 제고)
- 설계시 안정성 검토대상 사면을 20m로 제한하고 있으며, 암반의 풍화에 대한 위험성 미 고려
 - ☞ 안정성 검토대상을 10m 이상 사면으로 확대, 풍화 민감도 반영을 위한 시험 추가 시행(안정성 검토 강화)

◆ [시공전 검토미흡] 설계는 적정하며 공사 추진이 우선이라는 인식

- 시공전 측량결과가 설계와 상이한 경우에도 별도의 검토 없이 공사착수(용지경계선에 근접 절취 → 사면붕괴 위험 증가)
 - ☞ 시공전 측량성과에 대한 검토 및 대책수립(추가용지 매수, 보강 등) 후 공사착수
- 지반의 구성이 설계와 실제와는 상이함에도 설계대로 시행(과다시공, 추가사업비 투입)
 - ☞ 현재는 시공전 필요한 경우에 한해 안정성 검토를 시행토록 하고 있으나, 시공전 설계 적정성 검토 의무화(검토비 설계반영)

◆ **[시공중 관리미흡] 토질, 지형여건 등을 감안한 섬세한 공사 미 시행**

- 시공중 노출된 비탈면에 대한 설계적정성 검토를 소홀히 하고 있으며, 보강비탈면의 경우에도 절취 완료후 일괄보강 시행
 - ☞ **시공 단계별 감독원 확인을 의무화**하여 불연속면에 대한 파괴가능성 검토 후 시행
- 산마루 측구 등 배수시설을 마지막 단계에서 시행하거나, 비탈면 노출후 장기간 방치(우수유입, 배수처리 지연)
 - ☞ 산마루 측구 조기시공, 노출 비탈면 조기녹화 시행 등 **비탈면 조기 안정화**(배수처리 강화)
- 발파로 인한 모암이완, 지반교란 등으로 인한 붕괴위험이 있으나 장비 및 장약량의 적정량 사용여부에 대한 확인이 미흡
 - ☞ 발파 작업전 발파작업 계획 보고 및 시공시 준수여부 확인 (발파작업 관리강화)
- 비탈면 하부 선단 맹암거 설치를 위한 종방향 터파기를 한꺼번에 시행하여 비탈면 안정에 불리(특히 해빙기)
 - ☞ **맹암거 터파기 일괄 시공을 지양**하고 단계별 터파기 공사 시행(비탈면 안정성 관리 강화)
- 비탈면 붕괴는 대부분 비탈면 상부에서 인장균열이 발생되고 있으나 접근성이 불리함에 따라 사전확인이 어려움
 - ☞ 시공중 주기적인 육안관찰을 통한 조기 보완

- 최근 기상이변으로 인한 집중호우 등으로 대규모 사면붕괴가 증가되고 있음

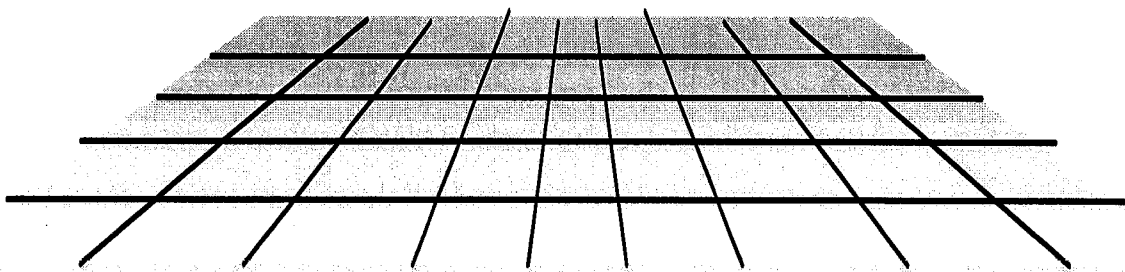
☞ 비탈면 붕괴가 빈번한 지역이나 붕괴 위험이 예상되는 비탈면에 대해서는 설계시 위험예측을 위한 계측기 반영 (계측결과 활용 및 유지관리 연계방안 강구 필요)

- 지반조사 및 안정성 검토후 추가 보강등이 필요한 경우 책임 한계 모호로 공사비 증가 발생시 대부분 설계 반영

☞ 추가 보강 및 경사도 조정 검토시 제3자에 의한 원인을 규명하여 계약상대자 귀책으로 판명되는 경우 시공사가 부담

III 추진방향

절토 비탈면 설계변경 증액 최소화 달성



조사기준 개선

예방적 설계

시공프로세스 개선

책임의식 제고

인식의 변화

IV 세부 추진계획

1. 과업지시서 보완

- 사전 현장답사와 지표 및 지질조사 선시행 의무화
- 주요 하자발생시 설계자 및 업체 부담으로 재조사
- 사면특성에 따라 발주처와 협의하여 지반조사 추가 시행

2. 지반조사 항목 추가

- 슬레이킹, 스웰링등 풍화 민감도 시험항목 추가

3. 조사등급 분류 기준 완화

- 사면특성에 따른 기술자의 자율적 조사권한 부여 및 조사등급 (A,B)의 지역적 제한 완화

당 초	변 경
A급 : 경상도 일대 퇴적암 지역 으로 인근에서 산사태성 대규모	A급 : 주로 경상도 일대 퇴적암 지역 및 사전지표지질조사 결과 지역인근에서 산사 태성 대규모.....
B급 : 경상도 일대 퇴적암 또는 편마암으로 이루어진 지역 으로 절리방향이.....	B급 : 지역 및 사전지표지질조사 결과 지역인근에서 절리방 향이.....

4. 대절토부(20m 이상) 조사기준 강화

구 분	당 초	변 경
조사등급	대부분 D급	C급
시추심도	경암 1m, 또는 계획고하 1m	경암 2m, 또는 계획고하 2m
조사빈도 (종방향)	600m이하 : 1배, 1000m이하 : 1.5배 1400m이하 : 2배 1800m이하 : 2.5배	100m이하:1배, 300m이하:2배 600m이하:2.5배, 600m이상:3배
조사빈도 (횡방향)	-	무한사면 : 사면높이 1배이상 거리에 1개소 시 추(필요시)
시추방법	종방향 배치	종 · 횡방향 배치

5. 안정성 검토대상 확대

- 10m 이상 구간을 원칙(당초 : 20m 이상)으로 하되 특수한 여건인 경우 10m 미만도 실시
 - ※ · 붕적층 및 퇴적층이 있는 경우
 - 붕괴 이력이 있고 불안정한 지반
 - 지하수가 높고 용수가 많은 곳
 - 기존 구조물(철탑등)에 영향을 미치는 경우 등

6. 시공전 설계 적정성 검토비용 반영

- 시추 시행여부 및 비탈면 높이에 따라 조사항목 및 안정성 검토비를 세분화하여 반영
 - ☞ · 조사항목 : 시추조사, 시추공영상, 절리면 전단 등
 - 안정성 검토비 : 계획준비비, 지질해석비, 답사비 등

7. 측량결과 보고 및 검토

- 착공후 90일 이내 확인 측량하여 설계 적정여부 검토 및 대책수립
- ☞ 기준점, 보조 기준점 측량 결과, 종·횡단 야장 및 도면 등

8. 시공전 설계 적정성 검토

대 상	- 설계단계에서 미조사된 구간 - 확인조사 및 안정성 검토가 반영된 구간 - 보강공법 및 경사도 조정이 반영된 구간 - 확인 측량결과 검토가 필요한 구간 등
방 법	- 시공전 벌개제근 및 표토제거후 상세조사하여 검토 및 재설계
보 고	- 실시설계와 비교 검토하여 사업단 보고후 공사착수

9. 시공 단계별 감독원 확인 의무화

- 노출되는 비탈면 표면에 대한 암질과 절리분포 상태로부터 설계 및 보강공법 적정성등 확인으로 시공 진행여부 결정
- ☞ 지층경계선, 암질 및 절리 분포상등 확인(Face Mapping에 중점을 두어 비탈면 현황도 작성)
- ☞ 발파, 배수시설, 보강, 녹화 등 단계별 시공확인

10. 계측실시

- 위험예측을 통한 예방적 대응 및 관리를 위하여 비탈면 붕괴가 빈번한 지역이나 붕괴 위험이 예상되는 비탈면에 계측기 설치
 - ☞ 과학적이고 첨단화된 계측시스템 활용을 통한 예방 시스템 구축

11. 책임한계 구분

- 추가보강 및 경사도 조정시 제3자에 의해 원인 규명
 - ☞ 계약상대자의 귀책사유 발생시 설계 미반영 및 별점 부과

12. 보고서 작성

- 실시설계 보고서와 비교·검토하여 수록
- 추가 보강 및 경사도 조정을 위한 검토시 제3자에 의한 원인을 규명하여 수록
- 공사완료후 공구별로 통합하여 토질조사보고서와 합본 CD로 유지관리부서에 제출
 - ☞ 시공이력, 사진 등 수록

V 적용방안

1. 기 운영중인 사업단

- o 지반조사 추가 조사항목 및 안정성 검토 비용은 미반영분에 대하여 설계에 반영하고, 기 설계된 항목은 추가물량 반영

2. 설계중인 노선 및 미 발주 노선

- 개선방안 적용

VI 기대효과

- 현실여건을 고려한 능동적인 설계와 과감한 기준개선으로 절토 비탈면의 설계변경 최소화에 기여
- 설계 적정성 검토 및 단계별 시공상태 확인으로 효율적인 절토 비탈면 관리 도모

개 선 방 안

건 설 관 리 처

설 계 분 야

1. 과업지시서 보완

가. 현실성 있는 조사 및 자율성 보장

당 초	변 경
현장 토질조사 시행전 토질조사 계획서를 “갑”에게 제출하여 승인을 득한 후 시행하여야 한다	수급인(책임기술자)은 사전 현장답사와 지표 및 지질조사를 실시한 후 설계목적에 맞게 토질조사 계획서를 작성 “갑”에게 제출하여 승인을 득한 후 시행하여야 한다 ※ 사전지표 및 지질조사 : 광역지질분석, 대규모 단층분석, 노두조사등 시행후 토질조사 계획서를 작성
-	사면특성에 따라 수급인(책임기술자)은 토질조사계획서 이외의 조사등급, 조사빈도, 위치 및 심도 등을 추가 시행시 “갑”과 협의하여 시행할 수 있다

나. 책임설계 구현

당 초	변 경
-	시공중 지반조사 결과가 설계 지반조건과 현저하게 상이하거나 조사내용중 주요 하자가 발생시 수급자 부담으로 재조사 및 검토를 시행하여야 한다

2. 지반조사 보완 및 개선

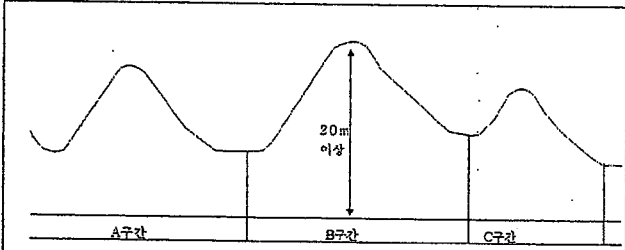
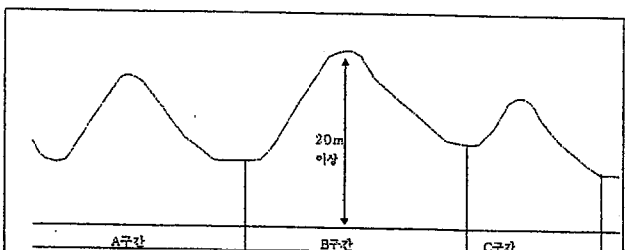
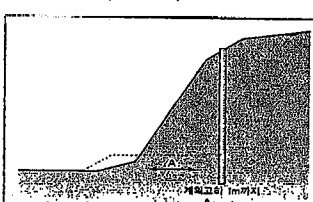
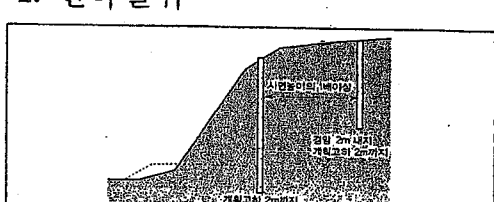
가. 조사항목

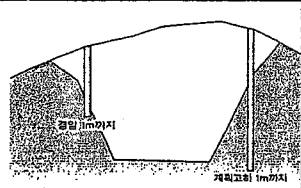
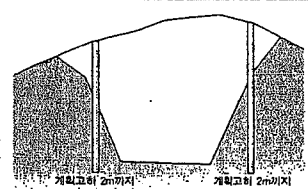
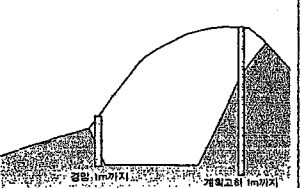
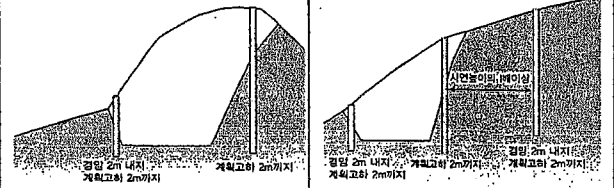
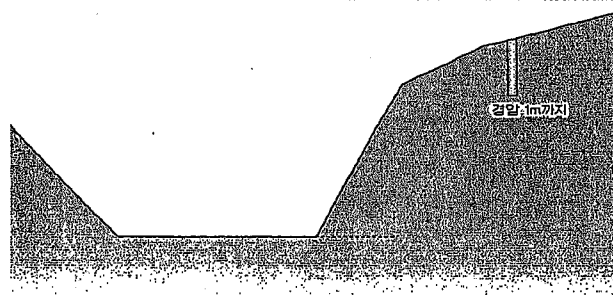
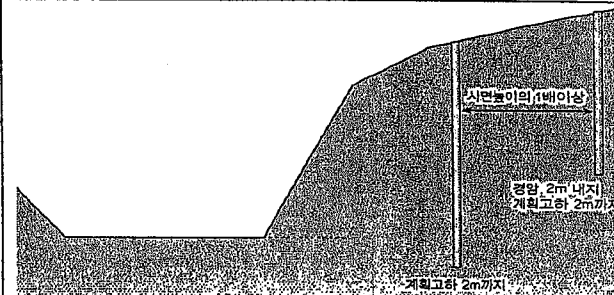
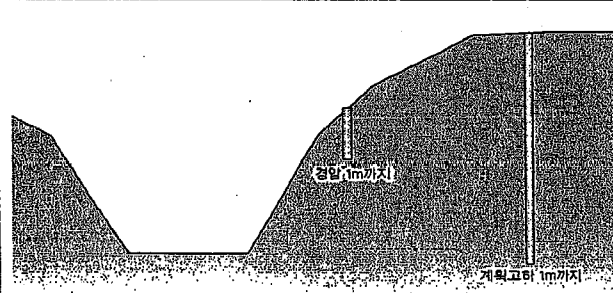
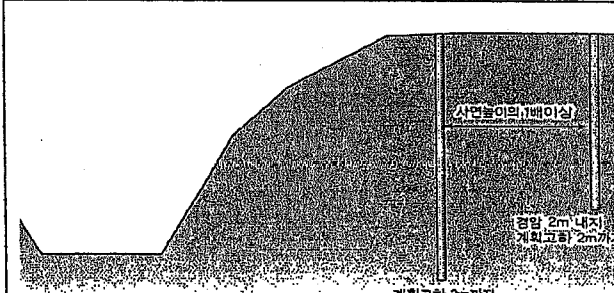
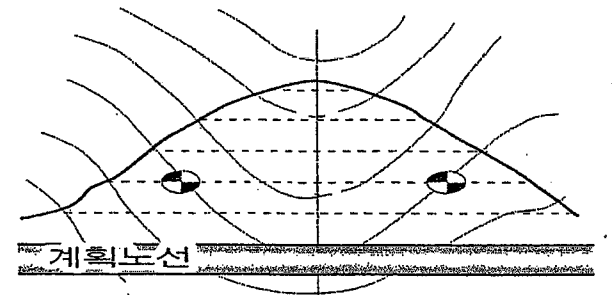
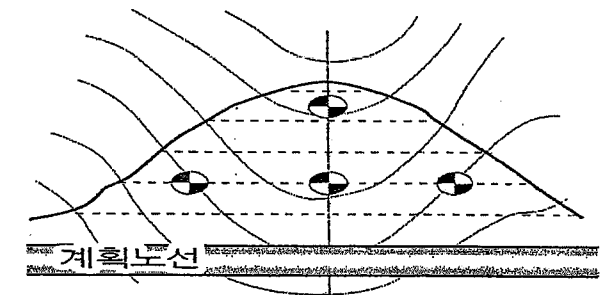
당 초	변 경
-	필요시 시공후 암반에 대한 풍화진행에 의한 위험요소 확인 ※ 슬레이킹, 스웰링등 시험항목 추가

나. 조사등급 분류기준 완화

당 초	변 경
A급 : 경상도 일대 퇴적암 지역으로 인근 에서 산사태성 대규모 붕괴가 다수 발생한 지역으로 사면 높이가 20m 이상인 경우	A급 : 주로 경상도 일대 퇴적암 지역 및 사전지표지질조사 결과 지역인근에서 산사태성 대규모 붕괴가 다수 발생한 지역으로 사면 높이가 20m 이상인 경우
B급 : 경상도 일대 퇴적암 또는 편마암으로 이루어진 지역으로 절리방향이 불량 하여 표준사면 경사로 시공시 붕괴가 다수 발생되는 지역으로 사면높이가 20m 이상인 경우	B급 : 지역 및 사전지표지질조사 결과 지 역인근에서 절리방향이 불량하여 표 준사면 경사로 시공시 붕괴가 다수 발생되는 지역으로 사면높이가 20m 이상인 경우
C급 : 절리면 방향이 불량하여 인근에서 사면붕괴가 인근에서 사면붕괴가 종종 발생되는 지역 및 A, B 지역 으로 사면높이가 10m 이상 20m 미만인 경우 또는 특별히 안정검토가 필요한 경우	C급 : 좌 동
D급 : 사면이 안정한 지역으로 소규모 붕 괴 또는 낙석발생이 우려되는 지역 및 단순 확장구간으로 기 노출된 사 면으로 절리의 방향 및 거칠기등을 추정할 수 있는 구간	D급 : 좌 동

다. 대절토부(20m이상) 조사기준 강화

구 분	당 초	변 경																																																		
조사 등급	대부분 D급	지역 및 암종에 구분없이 C급으로 상향																																																		
시추 심도	경암 1m, 또는 계획고하 1m	경암 2m, 또는 계획고하 2m ※ 계획고하 2m 시추종료 지점에서 단층 파쇄대 출현시 단층파쇄대를 통과하는 지점까지 추가조사																																																		
조사 빈도 (중방향)	1. 한개의 능선인 경우	1. 한개의 능선인 경우																																																		
	<table><tr><th>구 분</th><th>600m 이하</th><th>1000m 이하</th><th>1400m 이하</th><th>1800m 이하</th></tr><tr><td>시추조사</td><td>1배</td><td>1.5배</td><td>2배</td><td>2.5배</td></tr><tr><td>시추공화상</td><td>1배</td><td>1.5배</td><td>2배</td><td>2.5배</td></tr><tr><td>절리면 전단</td><td>1배</td><td>1.5배</td><td>2배</td><td>2.5배</td></tr><tr><td>시추공 전단</td><td>1배</td><td>1.5배</td><td>2배</td><td>2.5배</td></tr></table>	구 분	600m 이하	1000m 이하	1400m 이하	1800m 이하	시추조사	1배	1.5배	2배	2.5배	시추공화상	1배	1.5배	2배	2.5배	절리면 전단	1배	1.5배	2배	2.5배	시추공 전단	1배	1.5배	2배	2.5배	<table><tr><th>구 분</th><th>100m 이하</th><th>300m 이하</th><th>600m 미만</th><th>600m 이상</th></tr><tr><td>시추조사</td><td>1배</td><td>2배</td><td>2.5배</td><td>3배</td></tr><tr><td>시추공화상</td><td>1배</td><td>2배</td><td>2.5배</td><td>3배</td></tr><tr><td>절리면 전단</td><td>1배</td><td>2배</td><td>2.5배</td><td>3배</td></tr><tr><td>시추공 전단</td><td>1배</td><td>2배</td><td>2.5배</td><td>3배</td></tr></table>	구 분	100m 이하	300m 이하	600m 미만	600m 이상	시추조사	1배	2배	2.5배	3배	시추공화상	1배	2배	2.5배	3배	절리면 전단	1배	2배	2.5배	3배	시추공 전단	1배	2배	2.5배	3배
	구 분	600m 이하	1000m 이하	1400m 이하	1800m 이하																																															
시추조사	1배	1.5배	2배	2.5배																																																
시추공화상	1배	1.5배	2배	2.5배																																																
절리면 전단	1배	1.5배	2배	2.5배																																																
시추공 전단	1배	1.5배	2배	2.5배																																																
구 분	100m 이하	300m 이하	600m 미만	600m 이상																																																
시추조사	1배	2배	2.5배	3배																																																
시추공화상	1배	2배	2.5배	3배																																																
절리면 전단	1배	2배	2.5배	3배																																																
시추공 전단	1배	2배	2.5배	3배																																																
2. 여러 능선이 있는 경우	2. 여러 능선이 있는 경우																																																			
																																																				
B구간의 암질의 변화가 심할 경우나 A, C구간의 절취고가 B구간 절취고의 1/3이상일 경우 : A, C구간도 시추조사 시행(단, A, B 등급의 경우 A, C구간은 C등급의 조사기준 적용)	각 능선의 사면높이에 따라 A급(20m이상), B급(20m미만) 으로 구분하여 조사 시행																																																			
조사 빈도 (횡방향)	1. 한쪽절취	1. 한쪽절취																																																		
	 (2-1) $A_1 < 50m$: 사면 예정 부근에 1개만, 계 획고하 1m 까지	 (2-1) $A_1 \geq 50m$: 양쪽에 2개 1개 : 계획고하 1m 까지																																																		
		(2-1) 비탈면 경계부(계획고하 2m), 비탈면 경계 상부구간(필요시) (경암2m 내지 계획고하 2m)																																																		

구분	당 초	변 경
조사 빈도 (횡방향)	2. 양쪽절취  (1-1) 양쪽 절토면이 20m 이상	2. 양쪽절취  (1-1) 양쪽 절토면이 20m 이상
	 (1-2) 한쪽 절토면이 20m 이상	 (1-2) ①한쪽 절토면이 20m 이상) (1-2) ②한쪽 절토면이 20m이상(필요 시)
	3. 기존 절토사면 노출시 : 1개소 	3. 기존 절토사면 노출시 : 1개소(필요시) 
	4. 등사면 노출시 : 1개소 	4. 등사면 노출시 : 1개소(필요시) 
시추 방법	중 · 횡방향 구분없이 중빙향으로 배치 	입체적인 자료획득(구조적 연약대)을 위한 중 · 횡방향 배치 

라. 안정성 검토대상

당 초	변 경
20m 이상 구간을 원칙으로 하되 다음의 경우는 20m 이하라도 현장조건에 따라 비탈면 설계시행 · 구성지반이 붕적층 또는 퇴적층인 경우 · 현재까지 붕괴 이력이 있고 불안정한 상태의 지반 · 지하수위가 높고 용수가 많은 곳 · 주변의 기존구조물(철탑등)에 나쁜 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우	10m 이상 구간을 원칙으로 하되 다음의 경우는 10m 미만이라도 현장조건에 따라 비탈면 설계시행 · 구성지반이 붕적층 또는 퇴적층인 경우 · 현재까지 붕괴 이력이 있고 불안정한 상태의 지반 · 지하수위가 높고 용수가 많은 곳 · 주변의 기존구조물(철탑등)에 나쁜 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우

마. 시공중 확인조사

당 초	변 경
미시추 구간 공수 + 높이 20m 이상 비탈면 구간 1회 · 조사항목 : 시추조사, 시추공 영상, 절리면 전단, 공내전단 · 조사수량 : 조사등급보다 한단계 하향등급 적용	○ 미시추 구간 - 10m 이상인 구간 · 조사항목 : 시추조사, 시추공 영상, 절리면 전단, 공내전단, 풍화 민감도, 안정성 검토비(계획준비비, 지질해석비, 답사비) - 20m 이상인 구간 · 조사항목 : 시추조사, 시추공 영상, 절리면 전단, 공내전단, 탄성파 또는 전기비저항 탐사, 풍화 민감도, 안정성 검토비(계획준비비, 지질해석비, 답사비) ※ 조사수량 - 조사등급 적용 ○ 시추 구간 - 10m 이상인 구간 · 조사항목 : 시추조사, 시추공 영상, 절리면 전단, 공내전단, 풍화 민감도, 안정성 검토비(계획준비비, 지질해석비, 답사비) - 20m 이상인 구간 · 조사항목 : 시추조사, 시추공 영상, 절리면 전단, 공내전단, 풍화 민감도, 안정성 검토비(계획준비비, 지질해석비, 답사비) ※ 조사수량 - 조사등급보다 한단계 하향등급 적용

시 공 분 야

1. 목 적

- 시공중에 예상치 못한 비탈면의 파괴 대비
- 비탈면의 안정성 검토 및 대책방안 수립

2. 단계별 시행방안

설 계 적 정 성 검 토

목 적	○ 설계단계에서 수행한 조사결과에 대한 확인 ○ 시공전 상세조사를 실시하여 비탈면 검토 및 재설계
조사대상	○ 설계단계에서 용지문제, 법적인 문제, 지형 여건상 문제로 실시하지 못한 구간 ○ 확인조사 및 안정성 검토가 반영된 구간 ○ 설계시 보강공법 및 경사도 조정이 반영된 구간 ○ 시공측량 결과 검토가 필요한 구간 등
조사등급	○ 실시설계 반영시 - 설계반영 수량에 의거 시행 ○ 실시설계 미반영시 - 설계 조사등급 기준에 의거 시행 ☞ 추가 조사항목 및 수량은 사업단 주관으로 시공사와 협의하여 선정
조사방법	○ 시공전 접근로 개설등으로 상세 조사하여 실시설계와 비교 ☞ 벌개제근 및 표토제거후 시공전 시추조사 및 안정성 검토 실시
조사보고	○ 실시설계와 비교 검토하여 사업단 보고후 공사착수

시공 단계별 확인

목 적	노출되는 비탈면 표면에 대한 암질과 절리분포 상태로 부터 설계와 보강공법의 적정성 확인 및 시공여부 판단
대 상	설계 적정성 검토대상 비탈면
확 인 사 항	- 설계 적정성 검토, 용지구입 등을 비교·검토 - 단계별 암질 및 절리 분포상태 - 발파 작업전 감독원 발파 계획 확인(설계기준 이상 장약 금지등) - 대발파로 인한 모암 이완 방지 - 비탈면 상부에서부터 아래로 순차적으로 깎기 시행 - 지층경계선, 암질 및 절리 분포상태등 확인(용출수 등) - 시공중 우수침투 방지 및 토사·리핑 구간 조기 녹화 실시 - 산마루 및 소단측구 조기시공 및 되메우기 시공관리 철저 - 경사도 조정 및 보강 비탈면에 대한 단계별 시공상태 확인 - 맹암거 설치시 비탈면 하단부 터파기 단계별로 시행 등
조사방법	암질 및 절리 분포상태는 Face Mapping에 중점을 두며 비탈면 현황도 작성
조사보고	- 위험요인이 있는 경우 비탈면 특성에 따라 각종 조사를 통해 재검토하여 사업단 보고 ☞ 조사항목 및 수량은 사업단 주관으로 시공사와 협의 하여 선정

보고서 작성

보 고 서

- 토질 및 기초(지질 및 지반, 지반공학 박사)기술자 책임 하에 조사 및 보고서 작성
- 실시설계 보고서 내용과 비교 검토하여 보고서 작성 사업단 보고후 시공
 - 조사목적에 부합되도록 현장조사, 실내시험 결과등 조사항목에 따른 성과물 수록
- 추가 보강 및 경사도 조정 검토시 제3자에 의한 파손 원인을 규명하여 수록
- 공사완료후 공구별로 통합보고서 제출
 - 검토사항, 시공이력, 사진 등 수록
 - 유지관리부서에 토질조사보고서와 합본 CD로 제출

3. 검토비용 반영

- 비탈면 추가 조사항목 및 안정성 검토 비용은 설계 미반영분에 대하여 반영하고, 기 설계된 항목은 추가물량 반영
- ☞ 단, 계약상대자의 귀책사유로 실시하는 경우는 제외
 - 시추조사(기계기구 설치비 포함)
 - 시추공 영상시험 및 절리면 전단시험
 - 공내 전단시험(풍화암 5m 이상인 경우)
 - 탄성과 탐사(필요시 전기 비저항 탐사)
 - 안정성 검토비(계획준비비, 지질해석비, 답사비 등 포함)

4. 책임한계

- 추가보강 및 경사도 조정시 제3자에 의한 원인 규명
- ☞ 설계시 조사결과가 실제 지반조건과 현격한 차이가 발생하거나 조사내용 중 중대한 하자 발견시 설계자 및 업체재검토 요청 및 벌점 부과

- ☞ 지표지질조사 및 안정성 검토후 계약 상대자의 귀책사유로 보강 및 경사도 조정이 발생할 경우 계약상대자의 비용으로 시공

※ 귀책사유 : 지반조사 소홀, 설계도서 및 검토보고서와 다르게 시공, 배수시설 미설치 등

5. 기타사항

- 조사시 현장여건 및 경제성을 고려 현장조사, 실내 및 현장시험으로 구분하여 실시
- 현장 및 실내 시험시 결과값에 대한 신뢰성 확보
 - ☞ 안정성 평가시 이용되는 지반정수(점착력, 내부마찰각 등)는 비탈면 전부분의 취약한 정도 및 현장암반 상태 등을 고려하여 종합적으로 검토 후 결정
- 설계 지반고와 실제 지반고 차이를 확인키 위해 공사 착공후 90일 이내 확인 측량결과 보고 및 검토
 - ☞ 기준점, 보조 기준점 측량 결과, 종·횡단 야장 및 도면 등
- 필요시 비탈면 각기후 암반에 대한 풍화진행에 의한 위험요소 확인
 - ☞ 슬레이킹, 스웰링 등 시험 실시

계 측 분 야

1. 목 적

- 설계단계에서 다양한 조사와 시험을 수행하더라도 거동을 추정하는 것이 불확실한 비탈면 또는 시공중 장기적인 거동파악을 위한 계측 실시
- 계측 데이터를 활용하여 설계 및 시공에 있어 경제성을 고려한 보강공법 선정 자료 활용

2. 설치방안

가. 설치대상

- 과거 파괴가 발생한 사례가 있는 대규모 비탈면 구간
- 인근에 지속적인 문제가 발생할 수 있는 비탈면과 동일한 지질, 지반조건을 가진 비탈면 구간으로서 시공후 유사한 문제가 예상되는 비탈면 구간
- 기존의 통상적인 설계기준과 다르게 설계하여 거동이 불확실한 비탈면 구간
- 네일, 앵커, 억지말뚝 등의 대규모 보강공법 등이 적용된 비탈면 구간
- 구체적인 문제 원인을 알 수 없는 비탈면 구간에서 원인을 찾기 위한 계측 등

나. 계획수립

- 비탈면 표면의 이동, 지층의 이동, 보강재에 발생하는 응력, 기상과 지하수위 변화 등을 측정하고 설계시 예측한 거동과 비교할 수 있도록 계획수립
- 예상되는 비탈면 거동을 확인하기 위하여 계측항목, 계측위치, 계측수량, 계측빈도 등에 대한 구체적인 계획수립

- 유지관리 계측과 연계될 수 있도록 장기적인 건전도 확인을 위한 계획수립

다. 계측기준

- 항목
 - 비탈면 거동을 파악하기 위해 필요한 직·간접적인 인자를 계측할 수 있는 항목
 - 파괴면의 형태, 범위 등 비탈면 거동을 가장 잘 파악하기 위한 종류 우선 선정
- 배치
 - 비탈면의 붕괴 및 활동 특성, 지형적 위치, 계측기 설치 편의성, 관리 편의성, 비용 등을 고려하여 배치
 - 비탈면의 변동 상황을 최소한의 계측기로 효과적으로 파악할 수 있도록 배치
- 계측기간
 - 비탈면의 변형규모와 그 영향도, 보전대상 구조물의 중요도, 대책공의 유무, 공사의 진척도 등에 따라 결정
- 계측빈도
 - 계측의 목적에 따라 가능한 자주 실시하는 것이 좋으나 계측 작업에 소요되는 비용측면, 비탈면의 변동 상황, 위험도, 계측기의 특징이나 내구성, 현지조건 등을 고려하여 설정

라. 운영방안

- 계측기의 일반사항은 도로교통연구원과 협의 시행
 - ☞ 설치위치 및 수량, 계측기 시스템 사양 및 시방기준, 계측기 시공, 결과물 제출, 계측빈도 등
 - ☞ 현재 수행중인 "고속도로 취약사면 재난 예방적 상시관리체계 구축방안"과 연계로 준공후 유지관리부서에 인계
- 체계적인 계측시스템관리를 위하여 사업단에서 공구 통합 운영

[계측기 선정시 고려사항]

항 목	고 려 기 준
적 응 성	- 측정간격을 임의로 선정할 수 있는 것 - 측정치에 시계열 표시가 가능한 것 - 전원에 적합한 것 - 계측기 정밀도와 시스템의 정밀도가 일치하는 것
신뢰성	- 낙뢰에 대하여 계측기를 보호하는 기능을 가지고 있는 것 - 정전에 대하여 백업 가능한 것
편리성	- 상황에 따라 센서의 추가, 현지국의 증설을 실시하는데, 전원장치, 자료송수신장치 등이 기존의 것을 그대로 사용할 수 있는 것 - 계측결과를 신속하게 전달할 수 있는 것
내후성	- 호설 지역 등의 특수성에 대처할 수 있는 것 - 방수, 방습성이 뛰어난 것 - 상정되는 기온 조건에서 정상적으로 작동되는 것
보수성	- 점검빈도가 작은 것 - 단시간에 점검할 수 있는 것
경제성	- 기능성을 유지하면서 저렴한 계측기

[참 고 자 료]

▣ 시험항목 빈도

구 분	A급		B급		C급		D급	
	본조사	추가조사	본조사	추가조사	본조사	추가조사	본조사	추가조사
지표지질조사	1회	-	1회	-	1회	-	1회	-
전기비저항탐사 및 탄성파탐사	1회	-	1회	-	1회	-	1회	-
시추조사	3공	1공	2공	1공	2공	1공	1공	1공
토질시험	공당1회	-	공당1회	-	공당1회	-	공당1회	-
풍화암 불교란시료채취	1공	-	1공	-	1공 (5m이상 인경우)	-	1공 (5m이상 인경우)	-
시추공화상정보 시험	3공	1공	2공	1공	2공	1공	1공	1공
풍화암층 시추공전단시험	1개소	-	1개소	-	1개소 (5m이상 인경우)	-	1개소 (5m이상 인경우)	-
연암 및 경암 절리면전단시험	1공당 1개소	-	1공당 1개소	-	1공당 1개소	-	-	1공당 1개소
일축압축강도 또는 점하중	약 6m당 1회	-	약 6m당 1회	-	약 6m당 1회	-	약 6m당 1회	-

■ 사면 조사항목

구분 지역		개략조사	시추조사 및 현장시험	실내시험
A급	본 조사	지표지질조사, 전기비저항 탐사 또는 탄 성파 탐사	- 시추조사 3공(1공에 대하여는 풍화암층을 3 중관 샘플러 사용 불교란시료 채취, 시추공 전단강도 시험) - 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중시험 - 중요 절리면 전단 강도 시험
	추가 조사	-	- 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 - 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중시험
B급	본 조사	지표지질조사, 전기비저항 탐사 또는 탄 성파 탐사	- 시추조사 2공(1공에 대하여는 풍화암층을 3 중관 샘플러 사용 불교란시료 채취, 시추공 전단강도 시험) - 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중시험 - 중요 절리면 전단 강도 시험
	추가 조사	-	- 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 - 시추공 화상 정보시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중시험
C급	본 조사	지표지질조사, 전기비저항 탐사 또는 탄 성파 탐사	- 시추조사 2공(1공에 대하여는 풍화암층이 5m 이상인 경우 3중관 샘플러 사용 풍화암층 불교란시료채취, 시추공 전단강도 시험) - 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중 시험 - 중요 절리면 전단 강도 시험
	추가 조사	-	- 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 - 시추공 화상정보시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중시험
D급	본 조사	지표지질조사, 20m 이상 사면 탄성파 탐사 (굴절법)	- 시추조사 1공(풍화암층이 5m이상인 경우 풍 화암층을 3중관 시추기를 이용하여 불교란 시료 채취) - 시추공 화상정보(BIPS, ABI 등) 시험	- 일축압축강도 또는 점하중시험
	추가 조사	-	- 이중관 시료채취기를 이용한 시추조사 1공 - 시추공 화상정보 시험(BIPS, ABI 등)	- 일축압축강도 또는 점하중시험 - 중요 절리면 전단 강도 시험

(현행 : D급 본조사 수준 (단, 시추공 화상정보 시험제외, 시추조사 1공은 절토부 좌,우 2공을 의미))

▣ 절토 비탈면 현황

□ 비탈면 현황(14개 노선 78공구)

노선	소계	절토고(m)				
		10m 이하	10-20m	20-30m	30-40m	40m 이상
계 (비율)	1,531 (100%)	192 (12.5%)	476 (31.1%)	453 (29.6%)	251 (16.4%)	159 (10.4%)
춘천-동홍천	68	5	15	24	11	13
주문진-속초	104	23	41	29	10	1
음성-충주	161	38	50	43	17	13
평택-음성	71	7	26	19	8	11
진주-마산	96	27	26	16	17	10
대전-당진	267	30	82	59	33	63
서천-공주	186	5	57	62	40	22
목포-광양	194	19	66	61	37	11
무안-광주	37	18	12	4	3	0
여주-양평	40	7	13	9	7	4
신갈-호법	38	2	10	19	6	1
논산-전주	8	0	3	1	2	2
전주-남원	127	6	35	51	31	4
남원-광양	134	5	40	56	29	4

□ 비탈면 연장 현황

절토고(m)	소계	100이하	100-300	300-600	600이상
계 (비율)	1,531 (100%)	426 (27.8%)	857 (56.0%)	201 (13.1%)	47 (3.1%)
10m 이하	192	95	81	12	4
10-20m	476	175	266	31	4
20-30m	453	100	281	63	9
30-40m	251	35	143	58	15
40m 이상	159	21	86	37	15

□ 설계변경 현황

절토고(m)	사면현황 (절취사면)	설계변경 비율	설계변경 현황			
			소계	사면보강	경사완화	사면보강& 경사완화
계	1,051	29.9%	314	172	106	36
10m 이하	106	6.6%	7	6	1	0
10-20m	319	21.9%	70	46	21	3
20-30m	326	28.5%	93	55	29	9
30-40m	173	39.9%	69	42	19	8
40m 이상	127	59.1%	75	23	36	16

안정성 검토 시험항목

건 설 관 리 처

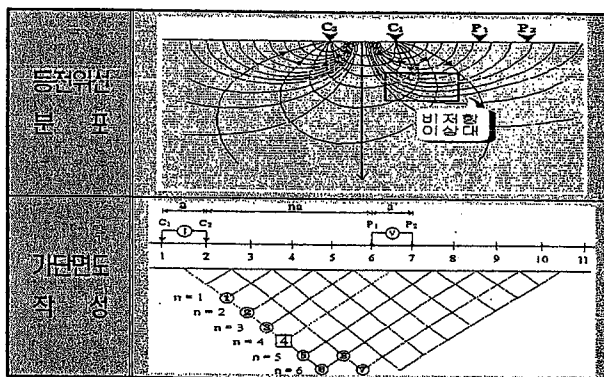
전기비저항 탐사

■ 목 적

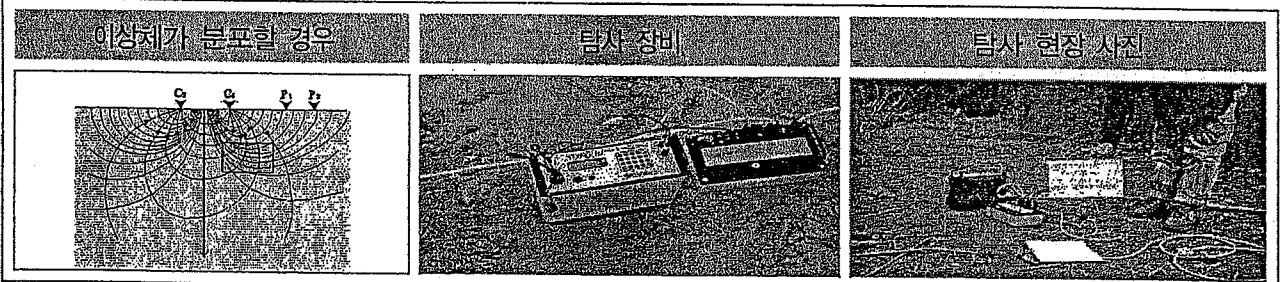
- 터널부, 교량 및 토공부를 대상으로 지질구조를 연속적으로 탐사하여, 지질구조이상대 및 연약대로 예상되는 비저항이상대의 분포를 확인

■ 원리 및 탐사방법

- 전기적인 물성 차이에 의한 반응을 측정하여 지하구조를 영상화
- 상대적인 전위차를 측정하여 지질구조대의 존재여부 및 지하수 상태를 탐사
- 전류, 전위, 거리 등의 측정 가능한 값을 취급하여 정량적 해석이 가능함
- 본 과업에서는 쌍극자 배열법(Dipole-dipole Array)을 적용



탐사법	취득변수	설 정 값	비 고
전 기 비저항	공급전류	20~100mA	평균 50mA
	중합수	4회	
	전극배열	쌍극자배열	
	전극간격(a)	5, 10, 20, 40m	
	전개수(n)	10	

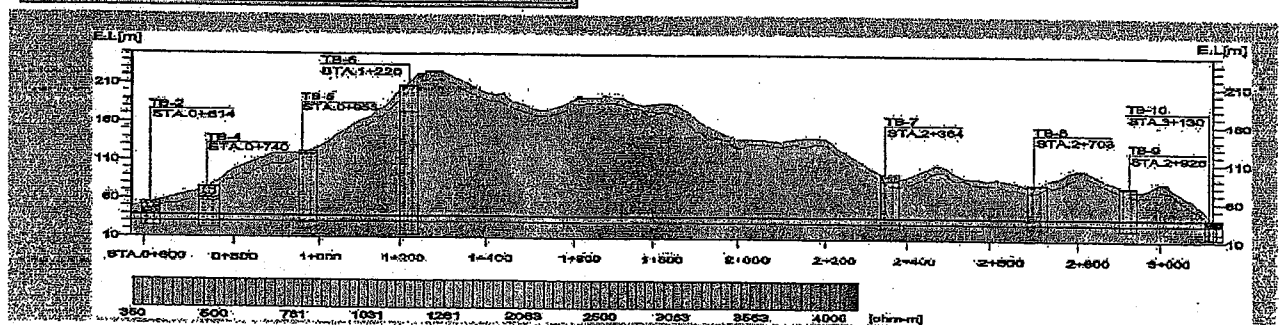


■ 결과활용

결과 활용

- 상부 포화대를 확인하여 터널 및 비탈면 설계시 함수층 고려
- 파쇄대 또는 저비저항대 이상대를 파악하여 시공법 검토 및 암반분류에 활용
- 지층별 비저항치 특성과 시추조사 결과를 비교 분석하여 암반분류 기초자료로 활용

전기비저항탐사 결과예



굴절법 탄성파 탐사

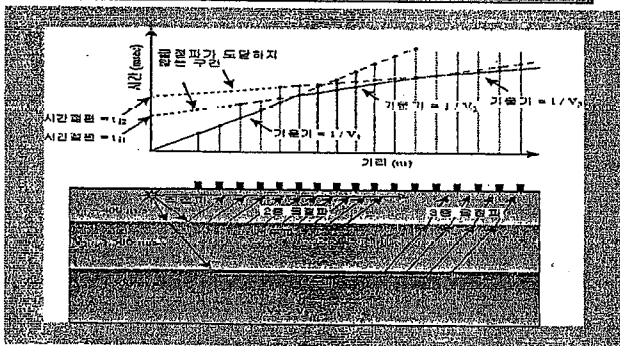
■ 목 적

- 터널부, 교량부를 대상으로 연속적인 지층분포, 지질구조대를 파악하기 위하여 지표에서 굴절법탄성파탐사를 수행

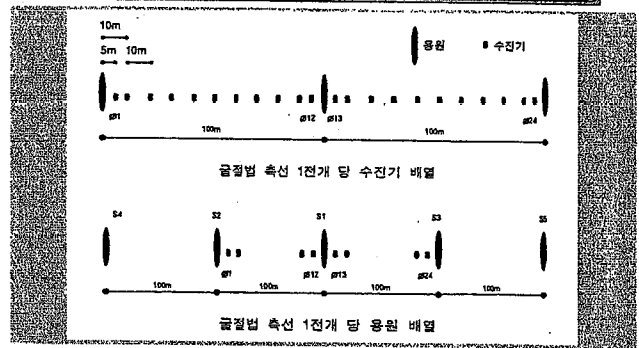
■ 원리 및 탐사방법

- 탄성파 발생원에 의한 거리별 탄성파 초동주시(Travel Time) 측정, 주시곡선 작성
- 탄성파 초동은 직접파 또는 지층 경계면에서 임계 굴절한 굴절파
- 작성된 주시곡선으로부터 토모그래피 역산기법을 이용하여 고밀도 탄성파 속도 단면 획득

주시곡선 개념 설명을 위한 보식도



음원 및 수신기 배치도

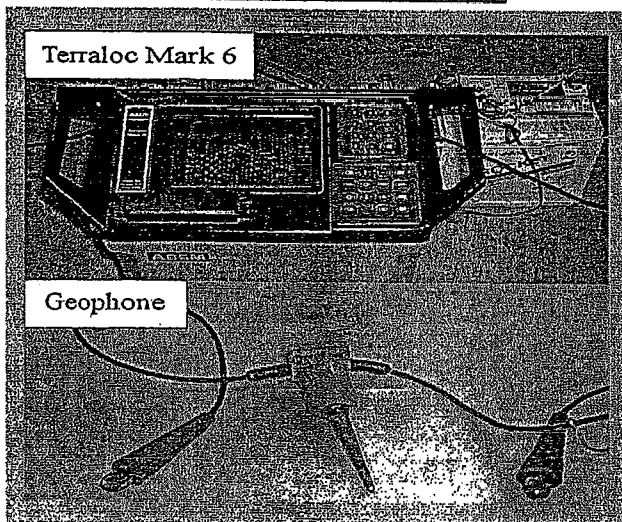


■ 적용현황 및 결과활용

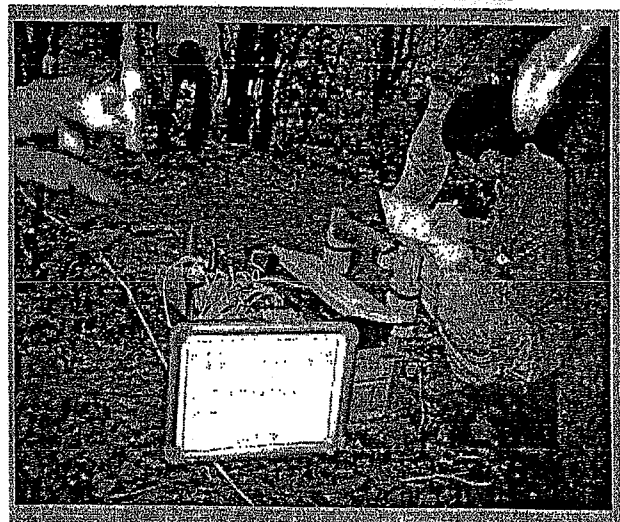
결과 활용

- 지층구분 및 지질 연약대 파악 및 굴착 난이도에 따른 토공량 산정
- 굴착 난이도에 따른 토공량 산정
 - ⇒ 터널 구간 : 터널 (시/종점 갱구부 종단 및 횡단 축선 설정)의 갱문위치 선정을 위한 입/출구부 구간의 암선 확인 및 암상태 평가
 - ⇒ 깎기 구간 : 시추자료와 비교하여 정밀한 암선결정을 통해 토공량 산정 및 굴착난이도 평가

탐사 측정 장비



탐사 현장



시추공 전단시험

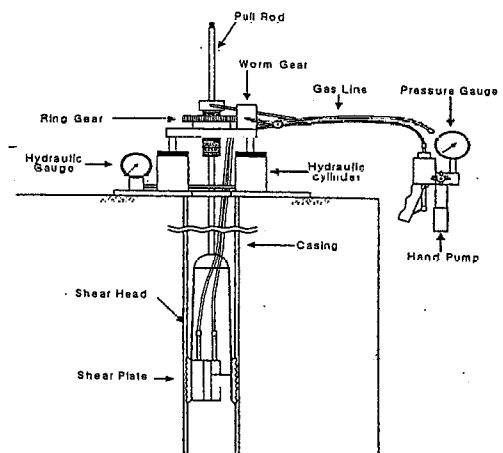
■ 목 적

- 풍화대는 불교란시료 채취가 어려우므로 실내시험을 통한 강도정수의 산정이 어려움
- 시추공을 이용하여 원위치에서 전단시험을 실시하여 강도정수(C, ϕ) 측정

■ 원리 및 시험방법

- 시추공내 시험구간에 전단기(Shear Head)를 삽입
- 지상에서 Hand Pump를 이용, 전단기를 공벽에 부착시킨 후 수직압력(Normal Stress)을 가함
- 시추공내 전단기와 연결된 Rod에 지상에서 유압잭(Hydraulic Jack)으로 끌어당기는 전단력(Shear Stress)을 가하여 파괴시의 전단력을 산정
- 시험구간을 변경한 후 동일한 방법으로 수직응력을 바꾸어 3회 이상 시험
- 측정된 각 3회의 수직응력과 전단력을 근거로 선형 회귀 분석을 실시하고 결과의 직선적 관계로부터 점착력과 마찰각 산정

공내전단시험(BST) 모식도



■ 시험전경 및 결과활용

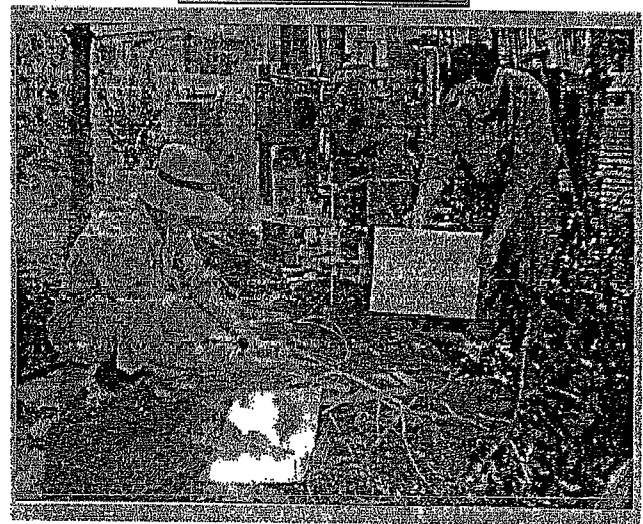
• 적 용 현 황

조사대상
각기 비탈면
터널 부
교량 부

• 결 과 활 용

- 풍화대 강도정수 산정시 직접적으로 반영
- 사면안정검토 등 각종 안정성 검토시 입력자료로 활용

시 실험 전 경



시추공 영상촬영(BIPS)

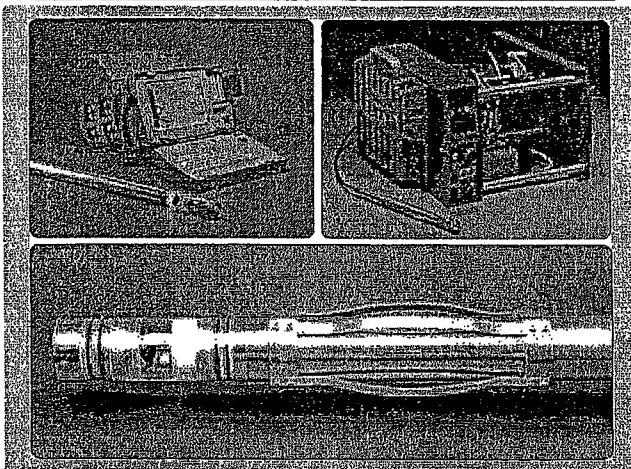
■ 목 적

- 암반내 불연속면 발달상태(주향, 경사, 간격) 및 절리내 충전물 유무 등 파악

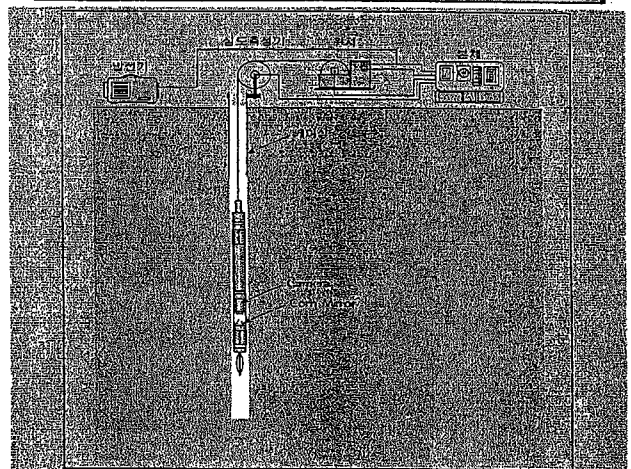
■ 원리 및 시험방법

- 광학적 촬영방법으로서 광원과 Camera가 부착된 Probe를 시추공내에 삽입한 후 Cone Mirror를 이용하여 공벽을 360°촬영하며, 이때 자기센서가 내장되어 북쪽을 기준으로 촬영되고 심도 기록장치에 의해 촬영 심도 기록
- 촬영된 기록을 Image Processing을 통해 처리하면 시추공벽에 나타난 지층면이나 절리면의 주향, 경사 및 균열의 폭 등 불연속면에 대한 정보를 입체적으로 파악할 수 있음

시추공영상촬영 시험장비



시추공영상촬영 모식도



■ 시험전경 및 결과활용

• 적 용 현 황

조 사 대 상

터 널 부, 각기비탈면

• 결 과 활 용

- 불연속면 발생빈도를 분석하여 암반분류에 반영
- 주향과 경사를 통계처리하여 주절리군의 방향성과 터널굴진 방향과의 관계를 분석하고 암반분류시 평점 보정과 수치해석시 입력자료로 활용

시 험 전 경



Face Mapping

개요

- “한국도로공사 분류기준”을 참고로 하여 봉적토, 풍화토, 풍화암, 연암, 경암으로 구분
- ISRM의 분류방법에 의거하여 암석의 풍화상태, 불연속면 간격, 강도 및 암질 분류
- American Institute of Professional Geologist에서 제시한 “공학적 목적을 위한 암석시료의 채취방법 및 시추주상도 작성방법”에 의거하여 시추주상도 작성
- 암석명, 불연속면(절리, 파쇄대)의 간격과 상태, 강도, 풍화상태 등을 표기
- 강도, 풍화정도, 파쇄정도는 암석분류 기준에 의거하여 분류

1. 암석·암반의 분류

- TCR, RQD, 시추 굴진상태, 시추 굴진속도, 풍화상태, 강도 등을 관찰하여 주상도에 기술
- 건설교통부 표준품셈 및 한국도로공사의 분류기준에 의거하여 풍화암, 연암, 경암으로 구분
- 토공의 작업성(리퍼빌리티)에 의거한 분류는 토사, 리핑암, 발파암으로 구분

● 건설교통부 표준품셈 분류기준

구분	기재사항	비고
풍화암	• TCR : < 20%, RQD : 0% • Js : < 5cm • 일축압축강도(건조상태) : 300~700 kgf/cm²	• 암이 내부까지 풍화가 진전되어 있고 암의 구조 및 조적이 남아 있음(완전풍화~심한풍화) • 약한 해머 타격에 부서지고 일부 손으로 부서짐
연암	• TCR : 20~40%, RQD : < 25% • Js : 6~20cm • 일축압축강도(건조상태) : 700~1,000 kgf/cm²	• 암의 내부를 제외하고 균열을 따라 다소 풍화가 진척되어 있으며, 장석 및 유색광물이 변색됨(심한 풍화~보통풍화) • 해머로 1~2회 치면 둔탁음을 내고 부서지거나 갈라짐
경암	• TCR : > 70%, RQD : > 50% • Js : 20~50cm • 일축압축강도(건조상태) : 1,300~1,600 kgf/cm²	• 대체로 신선하며 절리면을 따라 약간풍화, 암내부는 신선함(약간 풍화~신선) • 해머 타격시 금속음을 내고 잘 부서지지 않으면 튼튼한 경향을 보임

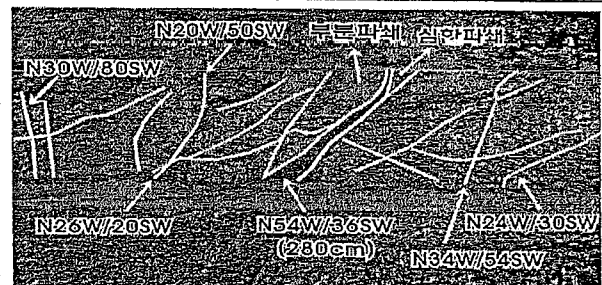
● 한국도로공사 분류기준

표준 암면	암질	특징	RMR	Q값	RQD (%)	탄성파 속도 (km/s)	일축 압축강도 (kg/cm ²)	코어 채취율 (%)
I	경암	인정성이 있고 풍화 변질 및 물리적 화학적 영향을 거의 받지 않은 신선한 대파상의 암질	80~100	40 이상	70% 이상	4.5 이상	1,000 이상	90 이상
III	연암	충리 절리 및 편리 등이 매우 발달된 상태이며 파쇄대가 존재하는 소파상의 암질	50~70	4~10	20~40%	3.5~4.0	600~800	40~70
IV	풍화암	물리적 화학적 영향으로 파쇄대가 매우 발달되고 절리가 불규칙적으로 발달된 파쇄상의 풍화된 암질	25~50	1~4	20~40%	3.5 이하	250~600	40 이하
V	풍화암(토)	풍화작용이 심하고 일부가 토괴화된 상태이며 매우 쉽게 부서지고 쉽게 떨어질 수 있는 암질	25 이하	1 이하	20% 이하 N>100: IV N<100: V	3.0 이하	250 이하	-

Face Mapping 전경



Face Mapping 영문



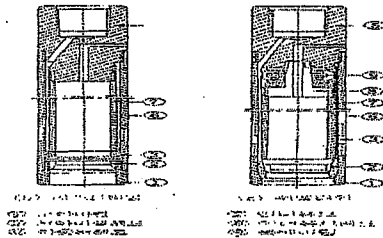
불교란 시료 채취

개요

- 일반 Single 코아베럴은 코아회수율이 적어(5%미만), 3중관 샘플러(Triple core barrel)를 사용하여 코아회수율을 높여 암중, 조직 등의 분석 및 일축압축강도(점하중강도) 시행

불교란 시료채취 (3중관 샘플러)

블록 샘플 채취



절리면 전단시험

개요

- 암석내 절리의 전단 특성을 이해하기 위한 시험이며, 최대 전단강도를 구하여 마찰각 등의 절리 특성값들을 구하는 것이 목적
- 시험을 통해 절리면의 거칠기계수(JRC), 압축강도(JCS), 전단강성(K_s), 수직강성(K_n), 최대마찰각(ϕ_p), 잔류마찰각(ϕ_r), 점착력(c) 등을 측정

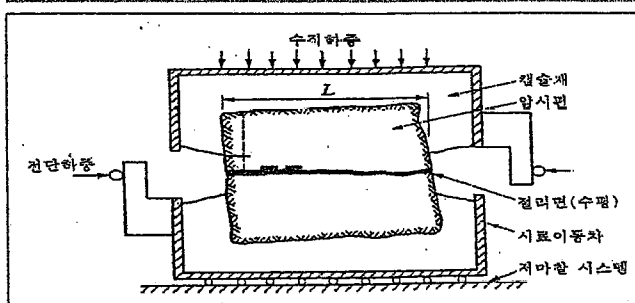
● 원리 및 시험방법

- 암석의 전단면이 연약면과 일치하도록 하여 장축방향으로 시험을 실시
- 시험시 전단변위의 속도는 10분 동안 0.1mm/min보다 작아야 함
- 전단시에는 0.5~6.0mm 변위마다 측정 실시
- 변위의 측정값들은 평균전단변위(Δs)와 평균수직변위(Δn)는 평균값을 계산
- 시험편이 일정한 수직응력하에서 전단되고 1cm의 전단변위에 대해 5% 이하의 전단응력의 변화를 보이는 측정값이 나타나면 잔류강도값 측정

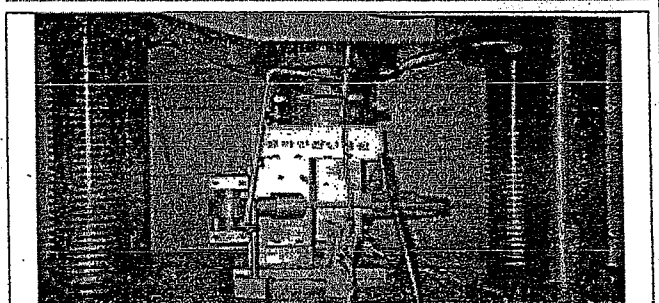
$$\bullet \text{ 전단응력} : \tau = \frac{P_s}{A}, \text{ 수직응력} : \sigma_n = \frac{P_n}{A}$$

여기서, P_s : 전체 전단력, P_n : 전체수직력, A : 전단력의 접침면적

절리면 전단 시험 모식도



절리면 전단 시험 전경



슬레이킹 시험

■ 목 적

- 암석은 풍화 진행으로 인하여 공학적인 특성이 현저히 변화되며 이에 따라 고유한 성질을 잃어버림
- 암반의 대략적인 풍화에 대한 내구성을 파악하기 위한 시험

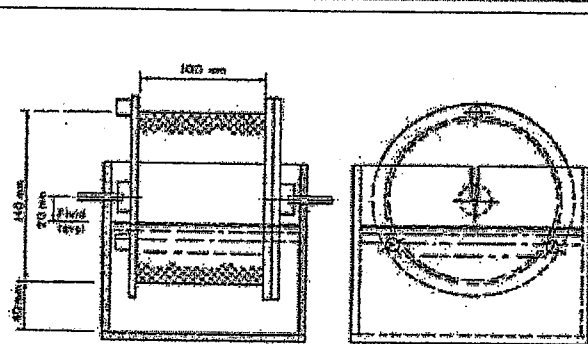
■ 원리 및 시험방법

- 암석시료에 건습의 반복을 2회 주었을 때의 취약화 및 연질화에 대한 저항성을 조사함
- 중량을 정확히 측정한 40-60g의 대표적인 암괴 10개를 시험장치의 드럼(2mm 표준철망으로 된 길이 100mm 직경 140mm의 원통관)에 넣고 105℃의 온도로 2-6시간 노건조한다.
- 이 드럼을 수조에 장착하고 회전축 아래 20mm까지 물을 넣고 200rpm으로 10분간 회전시킴
- 드럼을 수조로부터 꺼내고 105℃의 온도로 노전조 후 중량을 측정함.
- 슬레이킹 지수 $Id_2 = \frac{C-D}{A-D} \times (100\%)$ 여기서, A : 초기중량(시료+드럼)
C : 최종중량(시료+드럼)
D : 드럼중량

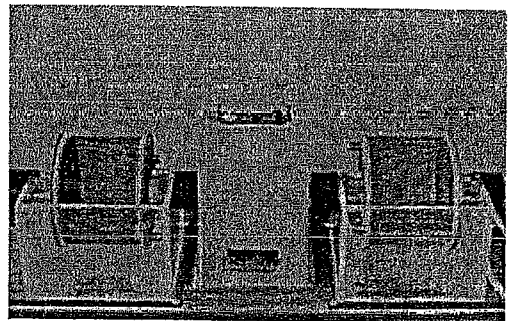
■ Gambel에 의한 Slaking 특성의 분류 (ISRM, 1979)

구 분	1회 10분간 회전후 잔류량(%)	2회 10분간 회전후 잔류량(%)
지극히 내구성 있음	> 99	> 98
고 내구성	98-99	95-98
중-고정도 내구성	95-98	85-95
중정도 내구성	85-95	60-85
저 내구성	60-85	30-60
지극히 낮은 내구성	< 60	< 30

슬레이킹 시험 보식도



슬레이킹 시험 장비



팀 장	처 장	본 부 장
이 성	이철우	전현배

등록번호	건설계획처-2101
등록일자	'08. 7. 18
결재일자	'08. 7. 19
공개구분	공 개

시멘트 콘크리트 배합강도 적용방안

2008. 7.

목 차

- I. 목 적
- II. 추 진 현 황
- III. 적용실태 및 분석
- IV. 배합강도 적용방안
- V. 향 후 추 진 계 획

The Way ToMorrow

건설계획처/건설품질팀 이철우

EX 한국도로공사

I 목 적

- 시멘트 콘크리트 배합설계시 배합강도 적용실태 및 강도 관리 통계자료의 조사 분석을 통해
- 고속도로 현장에 배치플랜트(B/P)를 설치하여 생산하는 경우 실질적인 배합강도 적용방법을 도출함으로써 일관된 품질관리 도모

II 추진현황

■ 추진경위

- ~ '02. 7 까지 : 변동계수에 의한 증가계수(α)로 배합강도 결정
 - ※ 일반콘크리트(α) : 1.12, 포장콘크리트(α) : 1.15
- '02. 7~ '05. 12 : 『'99년 콘크리트 시방서』에 따라 표준편차에 의한 배합강도 결정

· 3회 시험평균값 f_{ck} 이하일 확률 5%이하와 1회 시험 결과 $0.85f_{ck}$ 이하일 확률 0.13%이하를 만족하는 값 중 큰 값을 배합강도로 결정

※ 표준편차를 모르는 경우

☞ 도공 통계자료를 근거로 종별 표준편차 적용

- '05. 12 ~ 현재 : 『'03년 콘크리트 시방서』 개정에 따라 배합강도 결정방법 강화

· 3회 연속시험 평균값 f_{ck} 이하일 확률이 1%이하와 각 시험값이 $f_{ck} - 3.5\text{MPa}$ 이하일 확률이 1%이하를 만족하는 값 중 큰 값을 배합강도로 결정

※ 표준편차를 모르는 경우

☞ 보정계수 또는 보정강도 적용 (도공 실적 미반영)

▣ 주요 내용

구 분	표준편차를 아는 경우		표준편차를 모르는 경우	비고																				
'02. 7 이 전	● 콘크리트 표준시방서에 따라 변동계수에 따른 증가계수의 적용 ☞ $f_{cr} = \alpha \times f_{ck}$ $\alpha = 1.12$ (일반), 1.15 (포장)																							
'02. 7 이 후	● 콘크리트 시방서('99)에 따라 표준편차에 의한 배합강도 결정하되 표준편차를 모르는 경우 도공 통계자료를 근거로 종별 표준편차 적용 ● 슛크리트의 경우 별도 미검토 ● 3회 시험평균값 f_{ck} 이하일 확률 : 5%이하 ☞ $f_{cr} \geq f_{ck} + 1.64S$ ● 1회시험결과 0.85f_{ck}이하일 확률: 0.13%이하 ☞ $f_{cr} \geq 0.85f_{ck} + 3S$ ⇒ 두 개의 값중에 큰 값을 적용 ● 일반 콘크리트 [고강도(40Mpa), 1, 2, 3종, 빈배합 등] ☞ $S = 0.07 f_{ck}$ ($\alpha=1.115$) ● 특수 콘크리트 [고강도(45Mpa), 포장 콘크리트] ☞ $S = 0.09 f_{ck}$ ($\alpha=1.148$)			(도연시 15404-418, '02.7.26)																				
'05. 12 이 후	● 기준이 강화된 콘크리트 시방서('03)에 따라 표준편차에 의한 배합강도 결정하되 표준편차를 모르는 경우 보정계수 및 보정강도 적용 일반 ● 3회 연속시험 평균값 f_{ck} 이하일 확률: 1%이하 ☞ $f_{cr} \geq f_{ck} + 1.34S$ ● 각 시험값 f_{ck}-3.5MPa 이하일 확률: 1%이하 ☞ $f_{cr} \geq (f_{ck} - 3.5) + 2.33S$ ⇒ 두 개의 값중에 큰 값을 적용 ※ 30회 이상 연속된 시험결과 로부터 표준편차 결정 ● 15회 이상 30회 미만 : 보정계수 적용 ($S = \alpha \times S'$) <table><tr><th>시험횟수</th><th>보정계수</th><th>비고</th></tr><tr><td>15</td><td>1.16</td><td rowspan="4">직선보간</td></tr><tr><td>20</td><td>1.08</td></tr><tr><td>25</td><td>1.03</td></tr><tr><td>30 이상</td><td>1.00</td></tr></table> ● 15회 미만 : f_{ck}에 따라 보정강도(7~10MPa) 적용 <table><tr><th>f_{ck}(MPa)</th><th>f_{cr}(MPa)</th></tr><tr><td>21 미만</td><td>$f_{cr} = f_{ck} + 7$</td></tr><tr><td>21 이상 35 이하</td><td>$f_{cr} = f_{ck} + 8.5$</td></tr><tr><td>35 초과</td><td>$f_{cr} = f_{ck} + 10$</td></tr></table> 포장 ● 『도로포장 및 설계·시공지침('91)』에 의한 증가계수 결정방법에 따라 배합강도 결정 ☞ $f_{br} = 1.11 \times f_{bk}$ (α : 1.11, 변동계수 : 12%)			시험횟수	보정계수	비고	15	1.16	직선보간	20	1.08	25	1.03	30 이상	1.00	f_{ck} (MPa)	f_{cr} (MPa)	21 미만	$f_{cr} = f_{ck} + 7$	21 이상 35 이하	$f_{cr} = f_{ck} + 8.5$	35 초과	$f_{cr} = f_{ck} + 10$	(도기원 연구개발실 -4155, '05.12.26)
시험횟수	보정계수	비고																						
15	1.16	직선보간																						
20	1.08																							
25	1.03																							
30 이상	1.00																							
f_{ck} (MPa)	f_{cr} (MPa)																							
21 미만	$f_{cr} = f_{ck} + 7$																							
21 이상 35 이하	$f_{cr} = f_{ck} + 8.5$																							
35 초과	$f_{cr} = f_{ck} + 10$																							

(f_{cr} : 배합강도, f_{ck} : 설계기준강도, α : 증가계수, S : 표준편차, $V(\%)$: 변동계수)

III 적용 실태 및 분석

■ 배합강도 적용실태

- 일반 콘크리트의 경우 표준시방서에 의거 배합강도는 실제 사용한 콘크리트의 30회 이상의 시험실적의 표준편차로부터 결정하도록 규정되어 있으나
- 대부분의 현장에서 시험실적 미비로 인해 보정강도(7~10MPa)로 배합강도 적용

※ 15회 미만일 경우 배합강도 산정식 분석

f_{ck} (MPa)	f_{cr} (MPa)	표준편차(환산)	증가계수(환산)
21 미만	$f_{cr} = f_{ck} + 7$	$(7+3.5)/2.33 = 4.5$	$\alpha=1.333$ 초과 (1+7/21)
21 이상 35 이하	$f_{cr} = f_{ck} + 8.5$	$(8.5+3.5)/2.33 = 5.2$	$\alpha=1.243 \sim 1.405$ (1+8.5/21~35)
35 초과	$f_{cr} = f_{ck} + 10$	$(10+3.5)/2.33 = 5.8$	$\alpha=1.286$ 미만 (1+10/35)

표준편차 산출 예) $(f_{ck} - 3.5) + 2.33 S = f_{ck} + 7$, $S = (7 + 3.5) / 2.33 = 4.5$

- 린콘크리트 및 숏크리트 경우 현장마다 상이한 배합강도 기준 적용
- 콘크리트 표준시방서 개정에 따른 적용여부 미검토

■ 강도관리 분석결과

- 보정강도에 의한 배합강도 적용에 따른 비경제적 배합설계 시행
- 현장변동요인보다 큰 표준편차 적용
- 부배합으로 수화열 증가로 내구성 저하 우려
- 실제 강도 분석결과 설계기준 강도보다 다소 크게 관리되고 있음

※ 공사중노선 최근 1년간 종별 압축강도(표본수 : N=49,608개) 및 표준편차 분석

구 분	고강도	1종	2종			3종			5종	린	숏크리트	
	40	27	24			21			15	5	20	4.5
			일반	중분대	방호벽	인력	펌프	다이크			강섬유 미첨가	강섬유 첨가
표본수	8543	2696	18878	546	450	3635	2085	355	411	866	1807	9336
평균강도	46.6	31.6	28.2	30.9	28.9	24.8	24.4	25.5	18.3	7.2	24.9	5.8
S	평균	1.7	1.2	1.3	1.6	1.3	1.2	1.5	1.3	0.4	1.32	0.4
	max	4.8	2.8	3.0	3.0	3.6	3.1	3.6	4.8	2.6	2.6	1.0

종별(구조물) 강도평균 : 설계기준강도 대비 116% ~ 129%

IV 배합강도 적용 방안

■ 일반 콘크리트 배합강도

- 고속도로 압축강도 분석 결과에 따라 일반콘크리트의 경우 일반 표준편차를 배합설계시 적용

f_{ck} (MPa)	분석결과 (S_{max})	일반 표준편차 (S)	비고 (ACI: 공사현장기준)
21 미만	2.6	2.6	매우우수 2.8 이하
21 이상 35 이하	2.8 ~ 3.8	3.8	우수 2.8 ~ 3.5
35 초과	4.8	4.8	양호 3.5 ~ 4.2
			보통 4.2 ~ 4.9
			불량 4.9 이상

- 표준편차를 이용한 일반콘크리트 배합강도

강도(MPa)	45	40	30	27	24		21	15	비고
					일반	수중			
표준편차	4.8		3.8					2.6	$f_{cr} \geq f_{ck} + 1.34S$
배합강도	52.7	47.7	35.4	32.4	29.4	35.4 (0.8) 39.6 (0.7)	26.4	18.5	$f_{cr} \geq (f_{ck} - 3.5) + 2.33S$ 중 큰값

- 수중콘크리트의 경우 기중콘크리트의 설계기준강도를 대상으로 수중/기중 강도비를 고려한 호칭강도 결정 후 위 일반 표준편차를 적용하여 배합강도 결정

$$\text{호칭강도} = \frac{\text{설계기준강도}}{\text{수중/기중 압축강도비}}$$

- 수중 불분리성 콘크리트 혼화제 사용 경우 : 0.8
- 수중 불분리성 콘크리트 혼화제 미사용 경우 : 0.7
- 베토나이트 인정액 적용시 : 0.7

■ 포장 콘크리트 및 슷크리트 배합강도

- 관련기준 및 강도 분석 결과에 따른 증가계수 도출 적용

구 분	적 용 기 준	배합강도(MPa)	비 고
포장 콘크리트 ($f_{bk28}=4.5$)	· 변동계수(V) : 12% 적용 ☞ 증가계수(α) : 1.11	$f_{br28}=5.0$	기 시행된 지침('05.도교연) 적용
빈배합 콘크리트 ($f_{ck7}=5$)	· 변동계수(V) : 16% 적용 ☞ 증가계수(α) : 1.15	$f_{cr7}=5.8$	건식 빈배합의 변동성을 감안 적용
스킷리트	일 반 ($f_{ck}=20$)	· 표준편차(S) : 2.6 적용 $f_{cr}=23.5$	스킷리트 강도분석 결과 적용
	섬유보강 ($f_{bk}=4.5$)	· 변동계수(V) : 14% 적용 ☞ 증가계수(α) : 1.30 $f_{br}=5.8$	섬유보강 슷크리트 확률조건은 콘크리트 시방서(18장) 적용

■ 배합강도 적정성 확인

- 실제 생산된 콘크리트의 30회 이상의 시험실적의 표준편차가 있는 경우 당해 표준편차를 적용하여 배합강도 결정 가능
 - 그 외의 경우 본 적용방안의 배합강도를 적용하여 배합설계 실시
 - 배합설계 후 실제 생산된 30회 이상의 연속적인 강도 시험으로부터 얻어진 표준편차(변동계수) 결과의 확인 실시
 - 콘크리트 시방서에서 정한 강도 발현 확률에 미달 될 경우
⇒ 30회 이상의 시험 실적 표준편차(변동계수) 적용
- ※ 콘크리트 종별 시방서의 확률내용은 [붙임 #2] 참조

Ⅳ 향후 추진계획

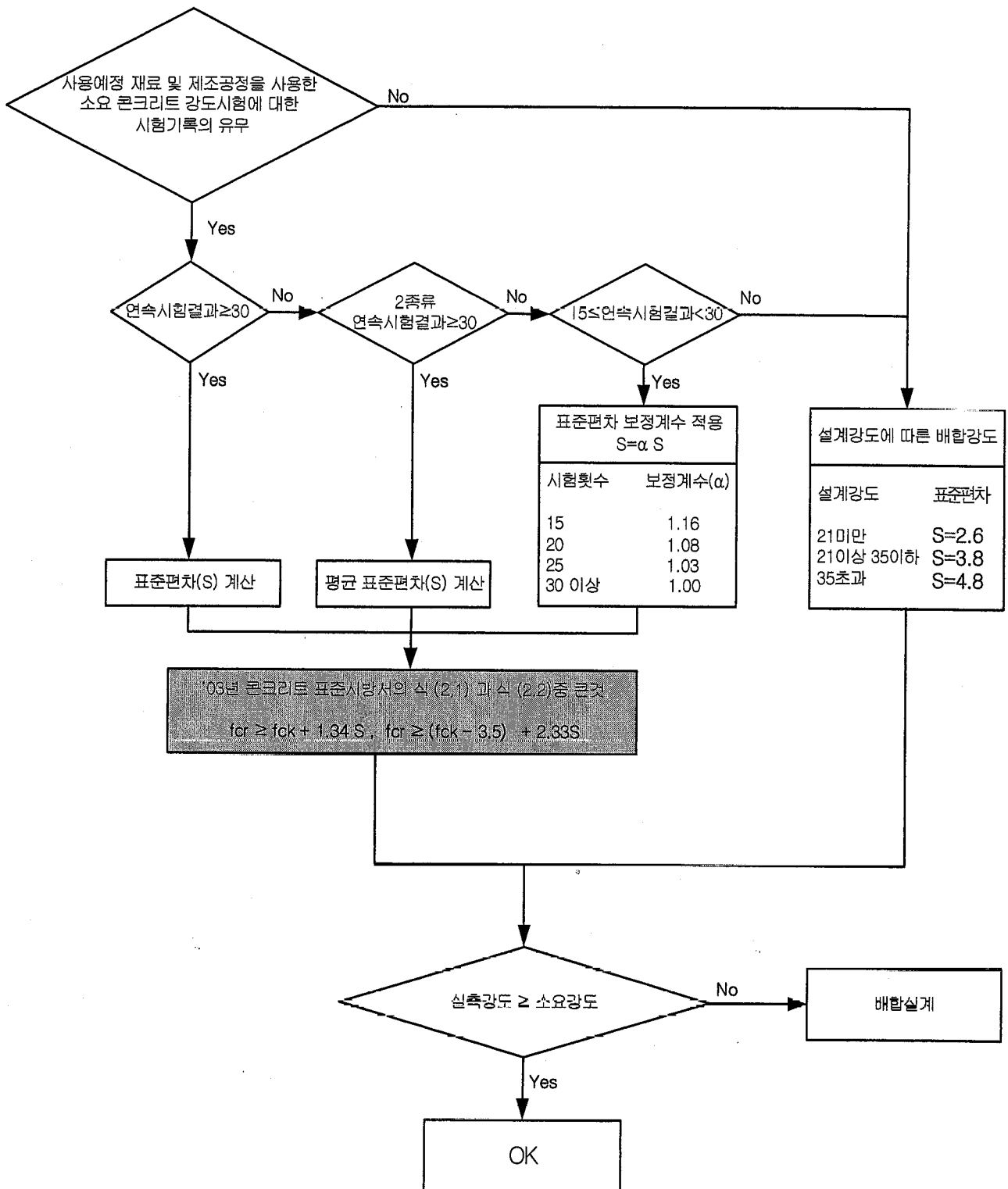
■ 배합설계 기 시행한 경우

- 표준편차 및 강도 미달 발현 확률 필히 확인 후 필요시 조정

■ 배합설계 미 시행한 경우 : 본방침 적용

붙 임 : 1. 표준편차(s)를 이용한 배합강도 계산 흐름도
2. 배합강도 결정 방법(요약)

표준편차(s)를 이용한 배합강도 계산 흐름도



배합강도 결정 방법(요약)

구분	고강도		1층 ($f_{ck}=30$)	2층 ($f_{ck}=24$)		3층 ($f_{ck}=21$)	5층 ($f_{ck}=15$)	포장 ($f_{wss}=4.5$)	린 ($f_{cr}=5$)	샷크리트		
	($f_{ck}=45$)	($f_{ck}=40$)		일반	수중					20 ($f_{ck}=20$)	4.5 ($f_{wk}=4.5$)	
조건	○ 콘크리트 표준시방서('03) - 3회 연속시험 평균값이 f_{ck} 이하일 확률 : 1%이하 - 각 시험값이 $f_{ck}-3.5\text{MPa}$ 이하일 확률 : 1%이하										○ 콘크리트 표준시방서('03) - 3회 연속시험 평균값이 f_{ck} 이하일 확률 : 1%이하 - 각 시험값이 $f_{ck}-3.5\text{MPa}$ 이하일 확률 : 1%이하	○ 콘크리트 표준시방서(18장) ('03) - 설계시 고려된 휨강도 값이 미달할 확률 : 5%이하
방식	표준편차를 이용한 배합강도 산정										표준편차를 이용한 배합강도 산정	변동계수에 따른 증가계수 산정 ($f_{cr} \geq \alpha \times f_{ck}$)
조건식	$f_{cr} \geq f_{ck} + 1.34S$ $f_{cr} \geq (f_{ck} - 3.5) + 2.33S$ $\Rightarrow$ 두 개의 값 중에 큰 값을 적용										$f_{cr} \geq f_{ck} + 1.34S$ $f_{cr} \geq (f_{ck} - 3.5) + 2.33S$ $\Rightarrow$ 두 개의 값 중에 큰 값을 적용	$\alpha = 1/(1 - 1.65 V)$
f_{cr}, f_{br} (배합강도)	52.7	47.7	35.4	32.4	29.4	35.4	26.4	18.5	5.8	23.5	5.8	
S (표준편차)	4.8	3.8					2.6			2.6		
α (증가계수)								1.11	1.15		1.30	
V (변동계수)								12	16		14	
산출근거	수중콘크리트의 수중/기중 압축강도비는 0.8 가정											

감 사
권순태

팀 장	치 장	본부장
김영	김영	전현

등록번호	설계제 - 2323
등록일자	2008. 8. 2
결재일자	2008. 8. 2
공개구분	공개

협 조 : 설계기준팀장 
구조설계팀장 

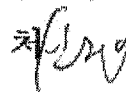
터널 갱문형식 다양화방안 검토

2008. 7

- 목 차 -

1. 검토목적
2. 추진경위
3. 관련기준 및 적용현황
4. 문제점
5. 다양화방안 검토
6. 검토결과
7. 적용방안

The Way ToMorrow

설 계 처 


한국도로공사

1. 검토목적

국내·외 터널 갹문 적용현황 조사 및 사례분석 등을 통하여 터널 갹문의 안전성향상 및 형식의 다양화 방안을 검토코자 함

2. 추진경위

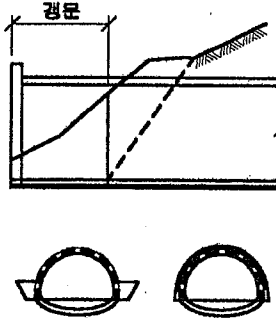
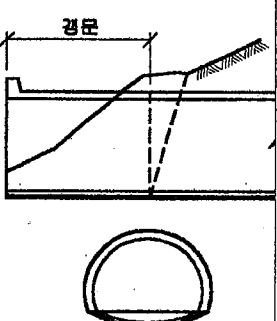
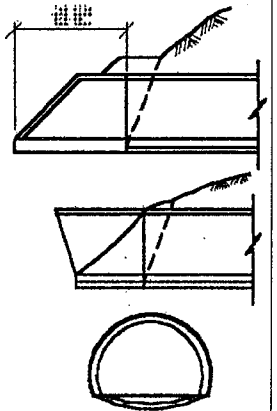
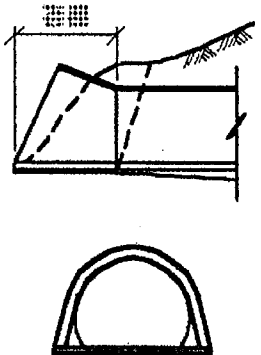
- 2002. 1 터널 갹구부 설계기준 검토(기술관리실)
 - 터널 갹구 설치위치 : 최소 토피고 2~3m에서 1D 범위내
- 2003. 3 터널 갹문부 설계기준 검토
 - Bell Mouth 변형, Bird Beak형, Arch 면벽형 적용
- 2004. 12 터널 갹문부 설계기준 보완
 - 갹구위치는 갹구 상단부 토피 3~5m 확보되는 지점에 선정 등
- 2006. 9 터널 입구부 안전시설 개선검토(교통처)
 - PC방호벽을 1/20이하 접속설치율 설치
- 2008. 1 터널 안전시설 설치기준 검토
 - 돌출차선 등 터널내부 안전시설 추가·보완
- 2008. 4 터널갹문 접속방안 검토
 - 터널 전·후구간 땅깍기부 주행선측 길어깨폭 조정(4→3m)
 - 여건을 고려 갹문 확폭, 가드레일 설치 등 접속방안 강구(접속률 1:30)

3. 관련기준 및 적용현황

가. 갹문형식 기준

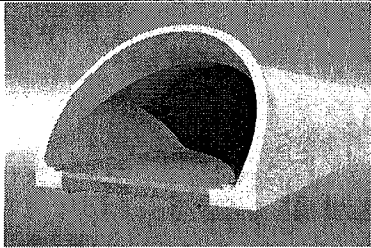
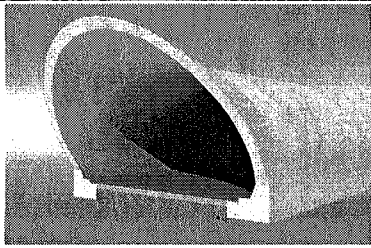
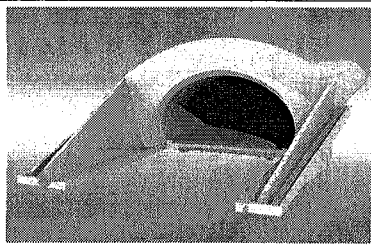
☐ 건교부(도로설계편람)

형식 항목	면 벽 형		
	중력·반중력식	날개식	아치날개식
형 상			
지반조건 적용성	• 급경사 및 토류용벽 필요시 • 낙석이 많을 것으로 예상되는 경우 등	• 양측면을 절토할 경우 • 배면토압을 전면적으로 받는 경우 등	• 비교적 지형이 완만한 경우 • 좌·우측면 절토가 비교적 적은 경우
시공성	• 지반 불량시 절토량 과다로 배면 절토사면 안정대책 필요	• 지반 불량시 절토량 과다로 배면 절토사면 안정대책 필요	• 지형에 따라서는 일부 갹외 라이닝(특히 아치부)이 필요
경관 등	• 진입시 위압감 제공	• 진입시 위압감 제공	• 아치부 곡선의 주변지형과 조화 필요

형식 항목	돌출형			
	파라펫트식	돌출식	원통절개식	벨마우스식
형상				
지반조건에 따른 적용성	• 능선 끝단의 지형에서 구조물과 관계가 적은 경우 • 적설지에서도 가능	• 압성토 시공시 • 갭구 주변 지반조건 불량시 • 적설지에서도 가능 • 갭구 주변지형 절취등 성형이 비교적 용이시	• 갭문 주변의 지형이 완만한 경우 • 주변지반을 조경할 필요가 있음 • 적설지에 눈이 쌓이기 쉬움	• 지형·지질이 비교적 좋고 갭문주변이 열린 장소에 적합 • 적설지에 눈이 쌓이기 쉬움
시공성	• 터널 본체 구조물을 갭구까지 길게 연결해야 함	• 지형·지질이 안정된 경우는 경제적이지만 지반 불량으로 압성토 시행시 구조물 비대	• 구조물 공사비 고가	• 구조물 공사비 고가
경관 등	• 갭문 벽면적이 적기 때문에 진입시 위압감 최소화 • 주변지형과 조화감	• 갭문 벽면적이 적기 때문에 진입시 위압감 최소화 • 주변지형과 조화감	• 주변 지형의 조경 시행으로 갭문과 조화를 이룸	• 진입시 위압감 최소화 • 주변 지형과 조화감 양호

☞ 일본도로공단 기준과 동일

□ 우리공사

구분	Bell Mouth 변형	Bird Beak 형	Arch 면벽형
개념도			
선정 기준	• 자연사면 경사도 30°미만 • 강우시 유속이 느리고 산사태, 낙석발생시 붕괴토적의 에너지가 비교적 약함	• 자연사면 경사도 30°이상 • 경사면이 급한 경우 강우시 유속이 빠르고 낙석·산사태 발생시 붕괴토적의 에너지가 비교적 강함	• 갹구가 불가피하게 편토압 지형에 위치하는 경우 • 기타 웅벽형 갹문구조가 유리한 지형인 경우
갹문 설계	• 갹구상단 막장 절취부는 표준성토 경사로 복토 • 터널 측벽부 되메우기 및 45° 내외로 절단 • 단면 절단부를 Bell Mouth 형태로 추가 연장처리	• 갹구상단 막장 절취부는 표준성토 경사로 복토 • 터널상단 원지반 낙석 등으로부터 차도부 보호 유리 • 단면 절단부를 Bird Beak 형태로 추가 연장처리	• 갹구부 지형조건에 따라 안전성, 미관 등을 확보토록 갹문형식 적용 • 갹문구조는 낙석, 토사유출에 대한 대응측면에서 유리한 경우 Arch형 적용

다. 갹문형식 적용현황

【단위 : 개소수(%)】

구분	전체	국내(630개소)	국외(14개국 225개소)	비고
계	855(100)	630(100)	225(100)	
면벽형	404(47.2)	343(54.5)	61(27.1)	
원통절개형	211(24.7)	133(21.0)	78(34.7)	
벨마우스변형	61(7.1)	55(8.7)	6(2.7)	
확폭형	21(2.5)	11(1.8)	10(4.4)	
기타	158(18.5)	88(14.0)	70(31.1)	

▶ 국내는 면벽형이 다수 차지

▶ 국외는 국내보다 다양한 형태 분포

※ 최근 시공완료 또는 시공중인 국내터널 갹문형식으로도 면벽형(49%), 벨마우스 변형(29%) 분포도가 다소 높음

4. 문제점

- ☐ 대부분 편벽형 등 획일적 갭문형식적용
- ☐ 설치지역 및 위치 특성, 미관을 고려한 다양한 갭문형식 고려 미흡
- ☐ 터널 입구부의 도로폭원 차이(우측 1.65m, 좌측 0.6m)로 주행자에게 중압감을 주고 추돌사고 지속발생

구 분	세부내용(교통처 자료참조, '06.9)	비고
사고발생 현황 ('01~'05)	- 사고건수 : 96건 - 사상자수(총 81명) : 사망 18명, 부상 63명 ▶사상률 : 0.84명/건(전노선 평균:0.5명/건)	
주요 사고요인	- 졸음(57%), 과속, 주시태만 등	

☞ 길어깨 폭 변화구간 : 현재 PC, PE방호벽 등으로 다양하게 처리

- ☐ 동서방향 노선 경우 터널 출구부에서의 햇빛에 의한 눈부심으로 안전 사고 발생 우려

※ 터널 갭문관련 설문조사 결과('08. 5)

☐ 설문조사 대상

- 시공사 : 강원건설사업단 현장직원
- 도로이용자 : 내부직원(충청지역본부)

☐ 주요의견

○ 시공사 ⇨ 터널갭문 설계·시공관련 조사

- 현 설계기준 개선 필요 : 25%
- 기준개선이 필요한 부분
 - 터널진입시 안전성 개선 34%
 - 주변지형과 조화 39%

○ 도로 이용자 ⇨ 터널이용시 불편사항관련 조사

- 터널진입시 위험 느낀적 있음 : 70%
- 주변경관과 조화측면 개선필요 : 65%
- 터널 진출시 눈부심으로 사고위험 느낌 : 75%

5. 갯문형식 다양화 방안 검토

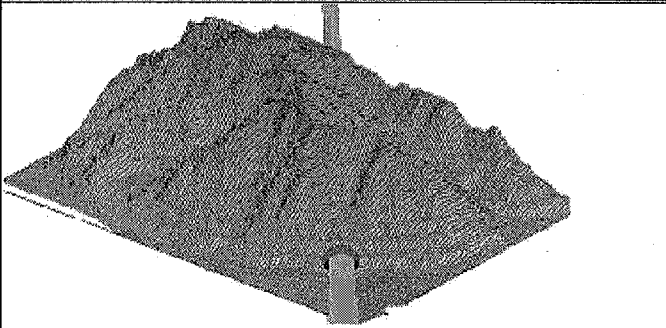
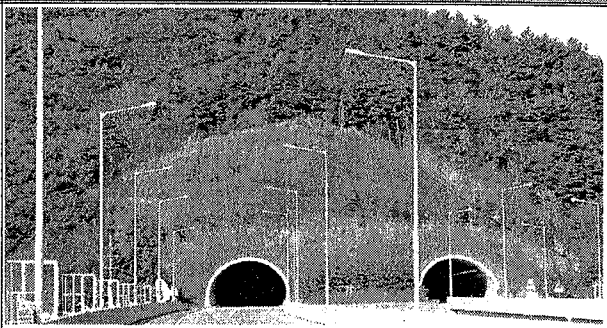
☐ 추진방향 : 터널 갯문형식 다양화

- 지형과 노선허성을 연계한 갯문형식 기준을 마련
- 입구부 중압감 최소화 등 안전성 향상
- 미관을 고려

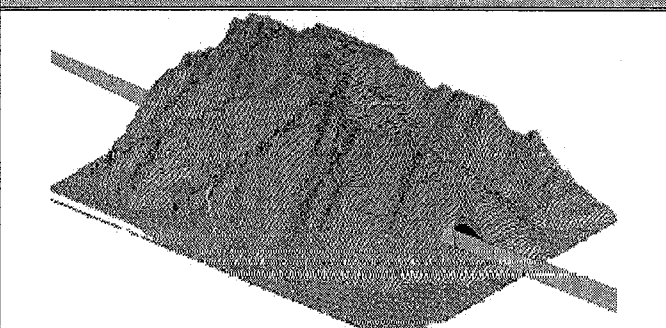
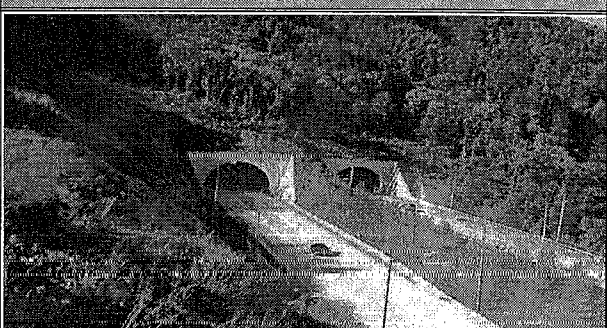
가. 지형특성 · 노선 연계성을 고려한 갯문형식 기준 재정립

: 터널과 경사면 교차조건에 따라 4가지 TYPE 분류

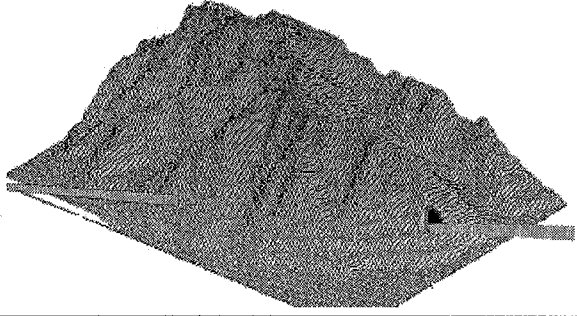
☐ 경사면 직교형

지 형	개 요
	
• 노선이 경사면과 직교하는 이상적 형태 : 갯문형성시 좌·우대칭 지형 • 갯문주변 절토최소화 및 비탈면 경사와 지형 윤곽선을 고려한 갯문형태 설정 유리 • 주행시 갯문주위 시야확보 유리	

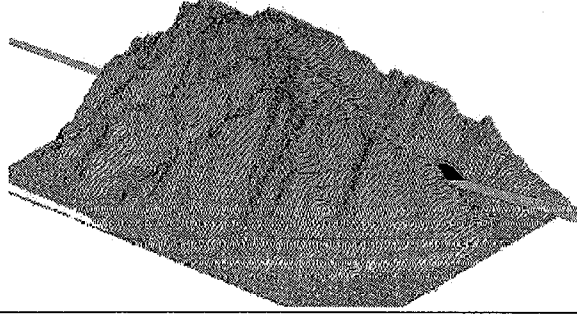
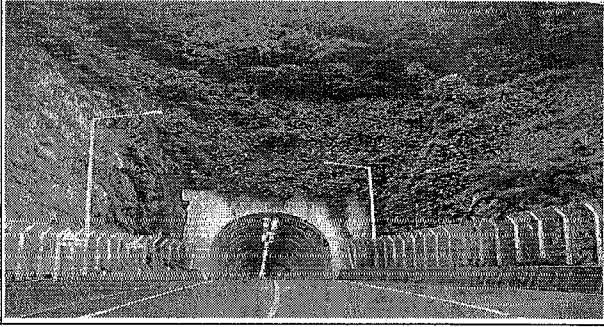
☐ 경사면 경사교차형

지 형	개 요
	
• 노선과 갯구 경사면이 비스듬히 교차하는 지형 : 비대칭적인 절취 비탈면 발생 • 갯문주변 절취가 많으며, 비탈면 경사와 지형 윤곽선을 고려한 갯문형태 설정 불리 • 갯구 비탈면 안정성 확보를 위해 옹벽 등 인공구조물 필요	

□ 경사면 평행형

지 형	개 요
	
• 노선과 갱구부 경사면 교차 각도가 매우 작은 경우 : 비대칭적인 절취면 발생 • 편토압에 대한 검토 필요 • 비탈면의 경사와 지형 윤곽선을 고려한 갱문형태 설정 불리 • 옹벽 및 BOX형태의 피암터널 시공사례가 다수	

□ 골짜기 진입형

지 형	개 요
	
• 골짜기 지형에 갱문이 위치하는 형태 : 급경사가 많고 지하수위가 높으며 토사붕괴 등 자연재해가 발생하기 쉬운 유형 • 골짜기를 형성하는 경사면 경사도에 따라 갱문형태 다양	

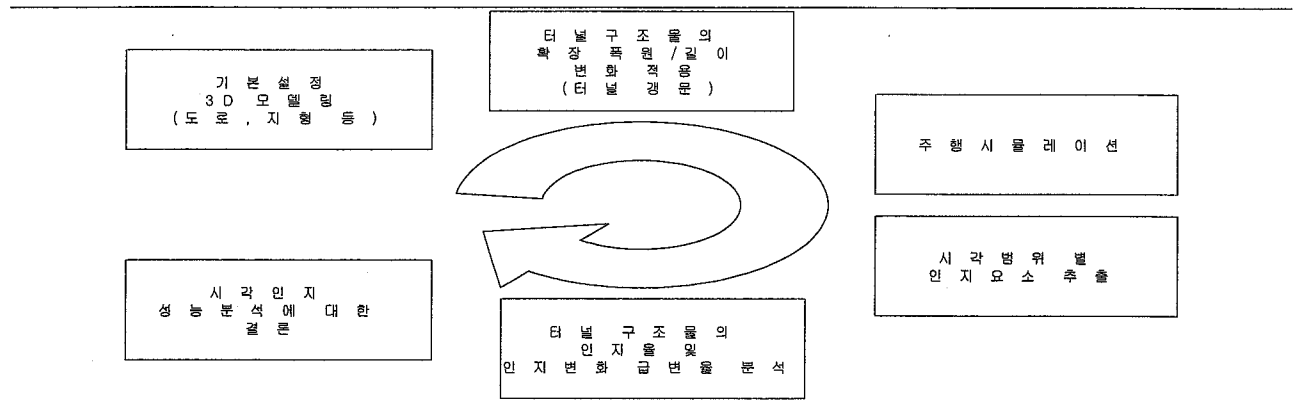
나. 터널 입구부 중압감 최소화 등을 통한 안전성 향상

□ 갱문 폭원 확장방안 강구(smooth한 유도기능 확보)

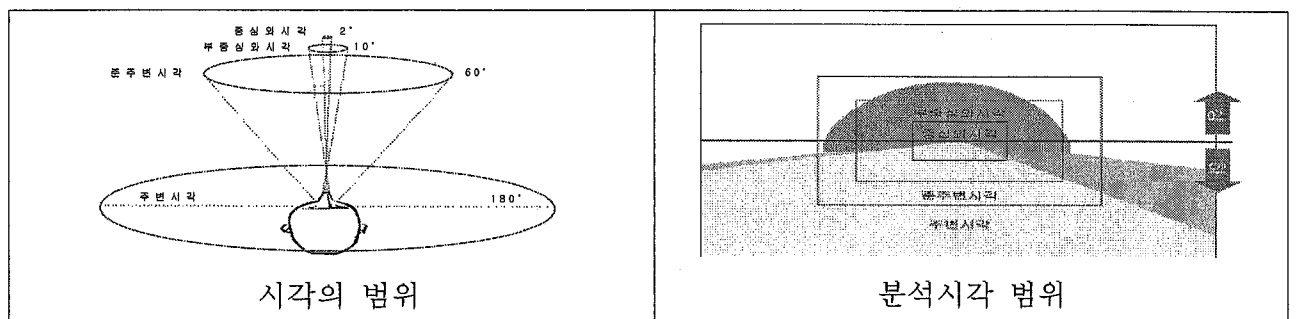
○ 개 요

터널 갱문 진입구간에서 주행자 측면 시각인지 특성 검토를 통해 최적의 갱문 폭원 시행방안 정립

○ 주요 분석내용



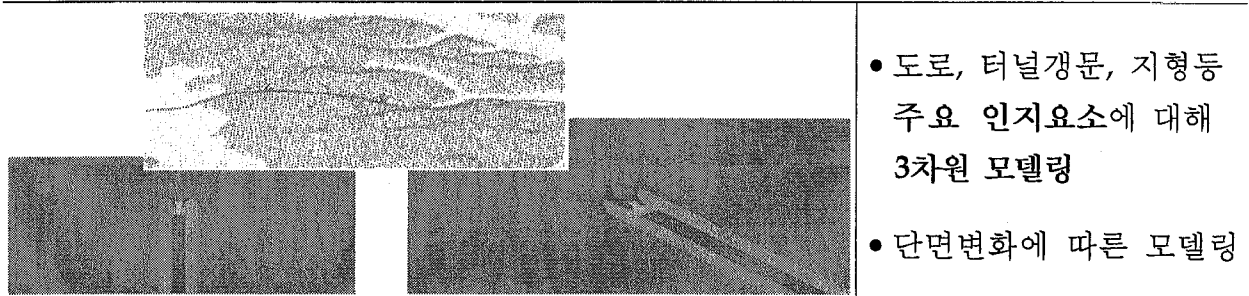
○ 터널 갭문변화에 따른 시각 범위별 인지기능 분석



※분석 인자 : 터널구조물 인지율, 길어깨 인지율, 인지변화 급변율

구분	심리적 요인	터널 확장폭원		터널 확장길이	
		감소시	증가시	감소시	증가시
터널구조물 인지율	압박감	낮음	높음	높음	낮음
길어깨 인지율	안정감	낮음	높음	낮음	높음
터널구조물 인지변화 급변율		낮음	높음	-	-
길어깨 인지변화 급변율		낮음	높음	-	-

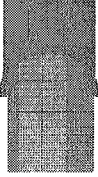
○ 3차원 모델링



○ 확장폭원 및 확장길이 단면유형 설정 및 주행 시뮬레이션 결과

- 확장폭원의 단계별 변화에 대한 검토 : 5개 유형으로 구분(0.0m~3.0m)

【대표적인 유형】

확장폭원 0.5m	확장폭원 1.0m	확장폭원 1.5m	확장폭원 3.0m
			

· 터널 확장폭원 관련 분석

⇒ 심리적 요인에 따른 인지성능 지수화

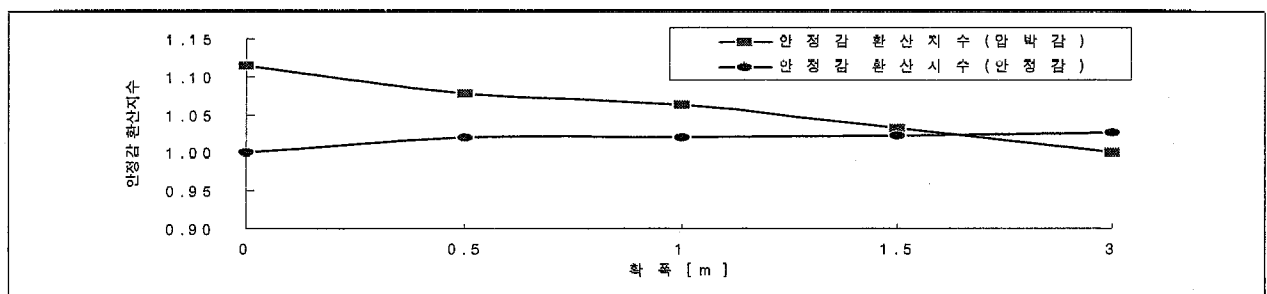
구분	심리적요인	터널 확장 폭원				
		0m	0.5m	1.0m	1.5m	3m
터널구조물 인지율	압박감 지수	1.000	1.034	1.048	1.080	1.114
길어깨 인지율	안정감 지수	1.000	1.000	1.001	1.002	1.004
터널구조물 인지변화 급변율		1.000	1.003	1.004	1.008	1.014
길어깨 인지변화 급변율		1.000	1.056	1.057	1.058	1.059

⇒ 인지성능의 안정감 환산지수

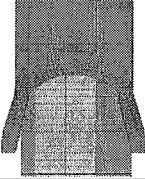
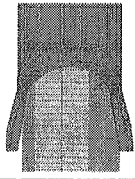
확장 폭원	0m	0.5m	1.0m	1.5m	3m
안정감 환산지수(압박감)	1.114	1.077	1.063	1.032	1.000
안정감 환산지수(안정감)	1.000	1.020	1.021	1.023	1.026

· 분석결과

확장폭원이 "1.5m"인 경우 최적의 인지성능을 나타낼 것으로 분석됨

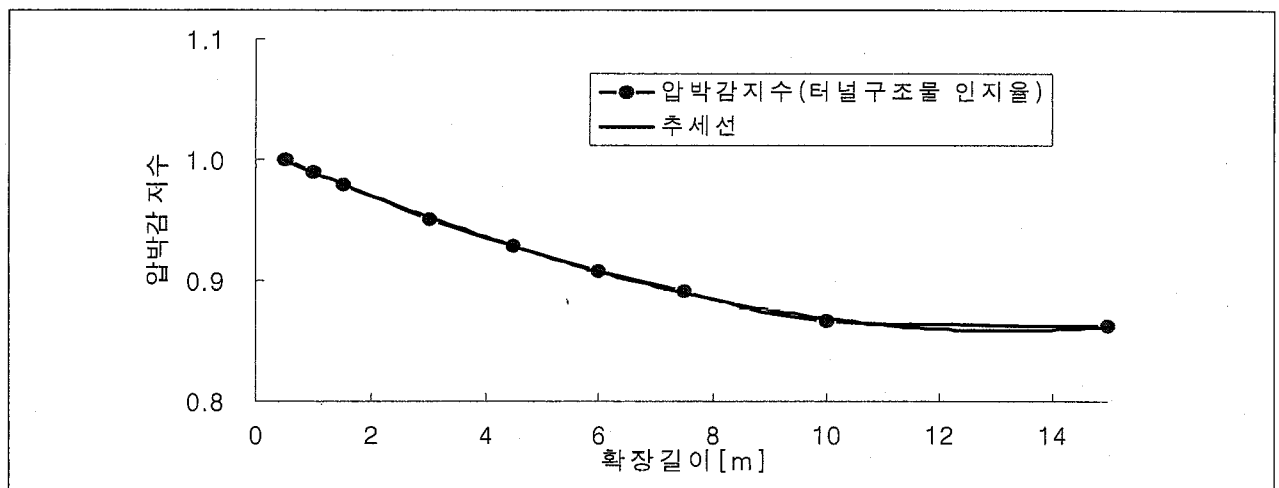


- 확장길이의 단계별 변화에 대한 검토 : 9개 유형으로 구분(0.5~15.0m)
【대표적인 유형】

확장길이 7.5m	확장길이 10m	확장길이 15.0m
		

· 터널 확장길이 관련 분석

구분	심리적 요인	터널 확장 길이								
		0.5m	1m	1.5m	3m	4.5m	6m	7.5m	10m	15m
터널구조물 인지율	압박감 지수	1.000	0.989	0.979	0.951	0.928	0.908	0.891	0.867	0.862
길어깨 인지율	안정감 지수	1.000	0.996	1.004	1.007	1.013	1.011	1.019	1.023	1.028

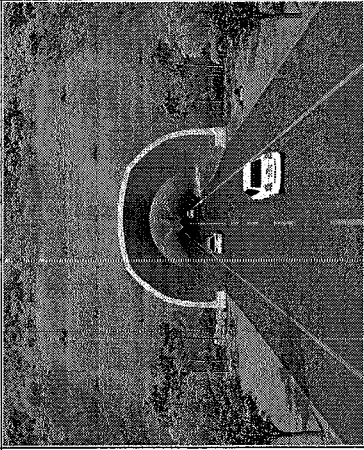
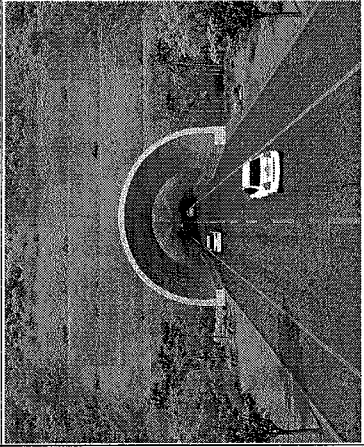
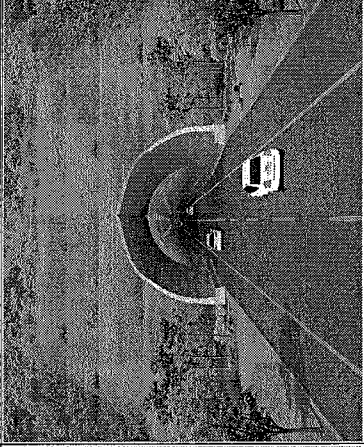
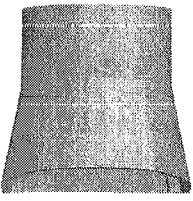
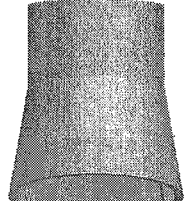
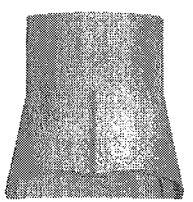
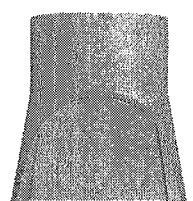


- ▷ 확장길이가 증가하면서 점차 압박감 지수의 감소폭이 축소
- ▷ 확장길이가 10m이하인 경우에는 확장길이 증가에 따라 압박감지수가 감소, 확장길이 10m부터는 압박감지수의 감소추이가 완만히 진행되며 확장길이 14m에서는 변화가 없음

· 분석결과

시공성 및 경제성 등을 고려시 최적 확장길이로는 "10m"가 바람직

※ 확폭형 터널단면(예시)

구분	1인	2인	3인	4인
개요				
				
경제성	2,035만원/m	2,013만원/m	2,118만원/m	1,957만원/m
특징	• 돌출 마름모형 확폭 갭문 구조물 형식(미적효과 고려) • 주변지형과의 조화 양호 • 적설지에 유리 • 시공성 보통 • 경제성 다소 불리	• 돌출 원형 확폭 갭문 구조물형식 (일반적인 형태) • 주변지형과의 조화 양호 • 적설지에 유리 • 시공성 양호 • 경제성 보통	• 조형미를 고려한 돌출 확폭 갭문 구조물형식 • 주변지형과의 조화 양호 • 적설지역에 유리 • 시공성 다소 불리 • 경제성 불리	• 돌출 확폭갭문 구조물의 크기 축소 • 주변지형과의 조화 양호 • 구조물 상부가 가장 많이 Open되어 있어 적설지에는 다소 불리 • 시공성이 다소 불리 • 경제성 양호

- 개착터널부 길이는 지반조건에 따라 조정(20m 내외)
- 확폭부분에 대해서는 콘크리트, 캐노피형식 등 적용재질 다양화 추진

□ 갯문 설치위치 특성 고려

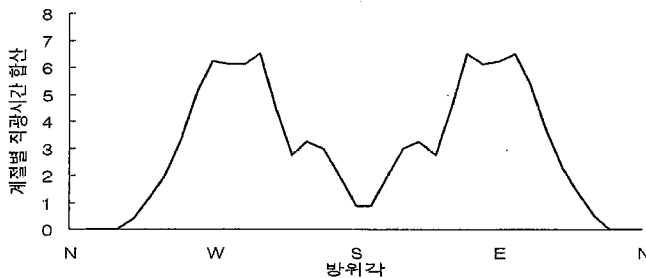
- 직광에 의한 위험을 분석을 통한 안전성 확보 방안 강구
: 터널 출구부의 직광노출에 대한 시각적 장애 유발 우려

- 주간 및 음지에서 양지구간 진입시 직광 투사로 인한 글레어(glare) 현상 발생
: 주행자의 인지능력 저하
- 직광 위험구간 분석으로 운전장애 예상구간을 사전 검토 인체공학적, 친환경적 설계추진



※ 글레어현상 : 태양광 등의 빛이 눈에 들어와 일시적으로 발생하는 시각 장애현상

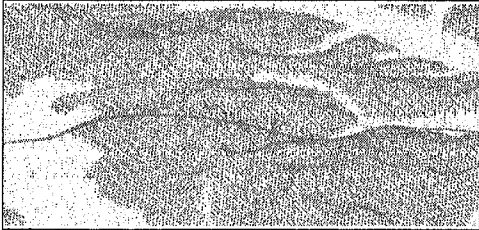
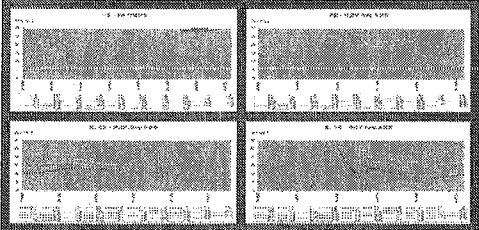
○ 주행 방위별 직광 영향검토

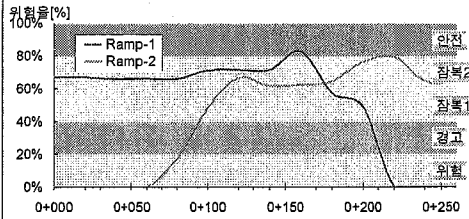
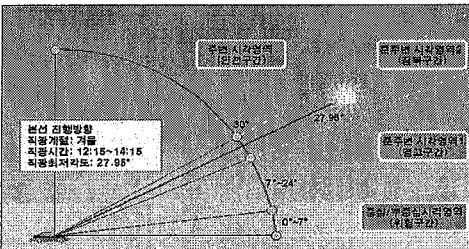
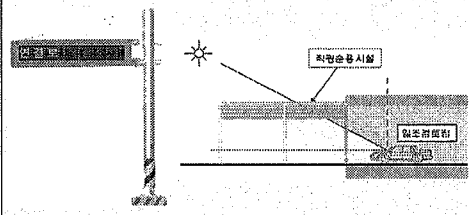


- 직광영향시간
: 동,서 > 남서,남동 > 남 > 북

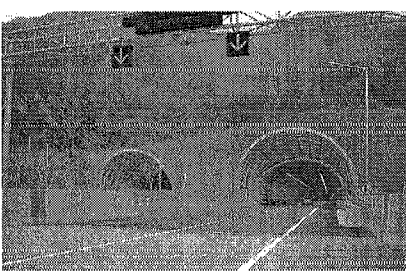
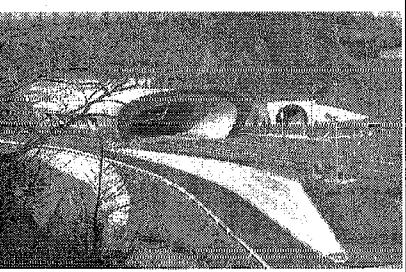
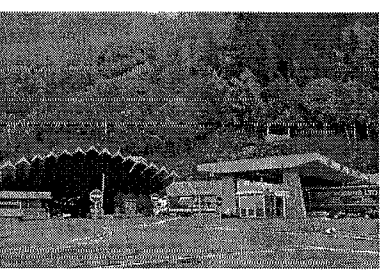
※ 동·서방향 등 고속도로의 직광 위험에 대한 대책수립 필요

○ 분석 Flow

구 분	주 요 내 용
3차원 지형 및 선형모델 생성	 ▪ 지형 및 선형 CAD 데이터를 활용 3차원 모델 생성 ▪ 유한요소 해석을 위해 결합된 3차원 완성 모델을 유한한 요소로 분할 직광영향분석 위한 특성 값 부여
태양궤적에 따른 운전자 시야내 직광영향 분석	 ▪ 구간별 3차원 모델을 이용한 태양궤적 시뮬레이션 실시 ▪ 구간별, 시간대별 일사 유무에 대한 분석 : 직광분석 기초 자료로 활용

구 분	주 요 내 용	
직광위험도 분석		- 태양 직광 영향을 구간별 분석 - 직광발생각도, 발생시기, 발생시간, 발생강도 등을 고려 직광위험을 산출
직광위험구간 검토		- 운전자가 받는 시각 장애 위험도를 각 구간별로 분석 - 도로의 선형변화에 따른 직광 발생확률에 따라 직광위험, 경고, 잠복, 안전구간으로 구분
직광에 대한 안전대책		- 구간에 따라 차별적 안전시스템 적용 - 직광순응시설 또는 - 사전 안내표지판("터널 출구부 직광주의") 설치 등

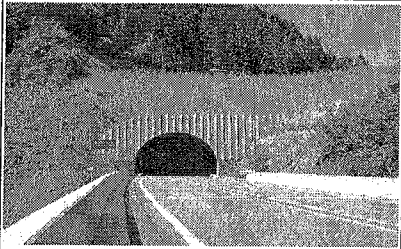
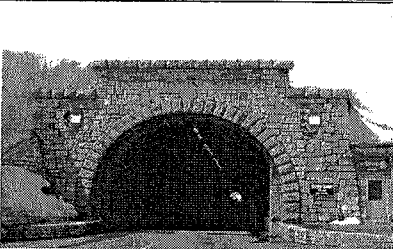
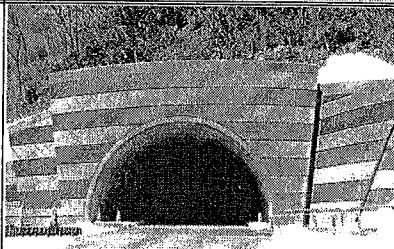
※ 직광 순응시설 설치시(사례)

구분	1안(캐노피 설치)	2안(측면 개방 돌출형)	3안(별도 재질 캐노피 설치)
개요	 【캐노피+원동절개형】 : 장성-담양 고속도로	 【면벽형+돌출 복합개문】 : 칸에츠터널 (일본)	 【캐노피(특수)형 개문】 : Mont Blanc tunnel(프랑스)
특징	-동절기시 적설방지를 통한 결빙방지 효과 기대 -시공성 보통	-동절기시 적설방지를 통한 결빙방지 효과 기대 -구조물 규모가 과대 -시공성 다소 불리	-동절기시 적설방지를 통한 결빙방지 효과 기대 -구조물 규모가 과대 -시공성 불리

다. 미관을 고려

○ 면벽식 갱문 벽면재질 다양화

국내터널 갱문형식으로 적용빈도가 높은 면벽형에 대해서는 다양한 형태의 벽면재질 적용으로 미관 증진 및 주변 자연과 조화로 진입시 중압감 해소

구 분	거푸집 문양	자연재료	인공재료
시공 사례			
특 성	- 거푸집으로 다양한 문양, 질감 표현 - 삭막하고 단조로운 면벽 이미지 개선	- 자연석, 목재 등의 재료로 자연친화적인 표현 - 주변 자연과 일체화된 조화로 진입시 중압감 해소	- 벽돌, 가공 외장패널 등으로 다양한 디자인 및 재질 표현 - 지역의 상징성 표현 미적인 효과 가능
공사비 (원/㎡)	80,000 특수문양+일반문양	137,000 화강암 붙임	112,000 인공패널 붙임
검토 결과	○미관효과 등을 통하여 주행시 시각적인 구조물 중압감 감소와 ○재질개선 및 질감처리를 통한 주변지형 및 경관과 조화를 위하여 ☞ 벽면재질 다양화로 면벽식 갱문형식 미관개선 및 주행안전성 증진		

6. 갱문형식 다양화 방안 검토결과

□ 지형특성 · 노선 연계성을 고려하여 갱문형식 기준 재정립

○ 터널과 경사면 교차조건에 따라 4가지 TYPE 분류

⇒ 경사면 직교형, 경사면 경사교차형, 경사면 평행형, 골짜기 진입형

□ 터널 갱문 적용형식 다양화 및 미관개선 등을 추진

- 적용빈도가 높은 면벽형에 대해서는 다양한 형태의 벽면재질 적용
: 미관 증진 및 주변 자연과 조화로 진입시 중압감 해소

- 터널 입구부의 “확폭형 갱문” 은 기방침(터널갱문 접속방안 검토, 2008.

4.25 설계처)을 적용

- 「TN 갱문설계 흐름도」에 따라 설계추진
- 시뮬레이션 분석을 통한 본 검토내용(최적 확장폭원 및 길이 : 1.5m, 10m)은 시험시공을 통한 검증이후 적용여부 판단

【 향후 추진계획(본 검토내용 : 확장 1.5m, 10m) 】

- 2009. 1 ~ 6 : 시험시공 대상구간 선정
- 2009. 6 ~ 2010. 12 : 시험시공 시행
- 2011년 ~ 2012년 : 확폭터널에 대한 추적조사(사고발생 등)
⇒ 변경여건 발생시 시기를 조정하여 시행
- 2013년 : 효과분석 시행 및 적용방안 수립 추진

- 터널 출구측은 직광에 의한 위험을 분석결과에 따라 다음과 같이 적용
 - 직광영향이 많은 동-서측 노선은 순응시설, 표지판설치 등의 근본적 대책강구
 - 기타 노선에 대해서는 직광영향이 많을 것으로 예상되는 시간대 분석을 통해 입구측 전광표지판에 관련 문구표출 등 대안을 설계시 제시

7. 적용방안

- ☐ 설계중인 노선 : 본 방침 적용
- ☐ 공사중인 노선 : 공사주관부서에서 적용여부 판단

「터널유출수 종합관리대책」 개선방안

2008. 8.

목 차

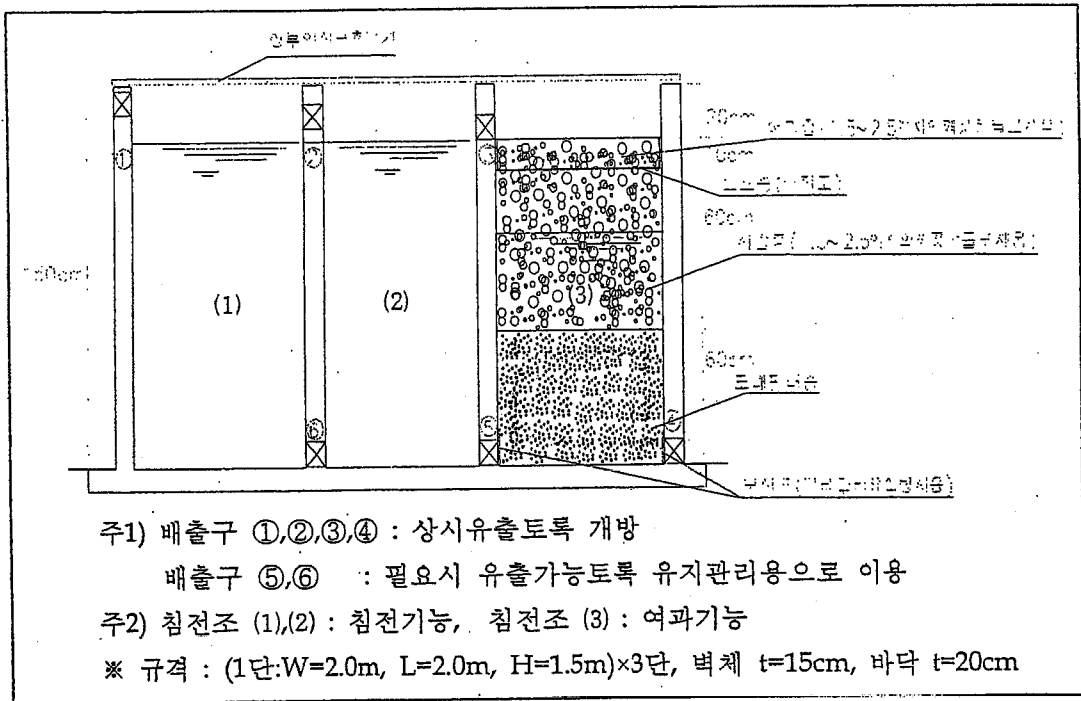
- I. 추진 목적
- II. 타일세척수처리시설 개선방안
- III. pH 저감시설 개선방안
- IV. 추진 계획

I 추진 목적

- 「터널유출수 종합관리대책」 (건설환경실-2409, 2007.11.28)에 의해 설치 계획된 “타일세척수 처리시설”을 개선하여 유출수 발생량에 따라 규격 적용을 다양화하도록 함
- “PH 저감시설”의 설치위치를 구체화하고, PH 조정 목적에 맞는 효율적 운영을 위하여 시설규모와 형태를 조정함

II 타일세척수 처리시설 개선방안

- 당초시설 개념도 및 문제점
 - 개념도

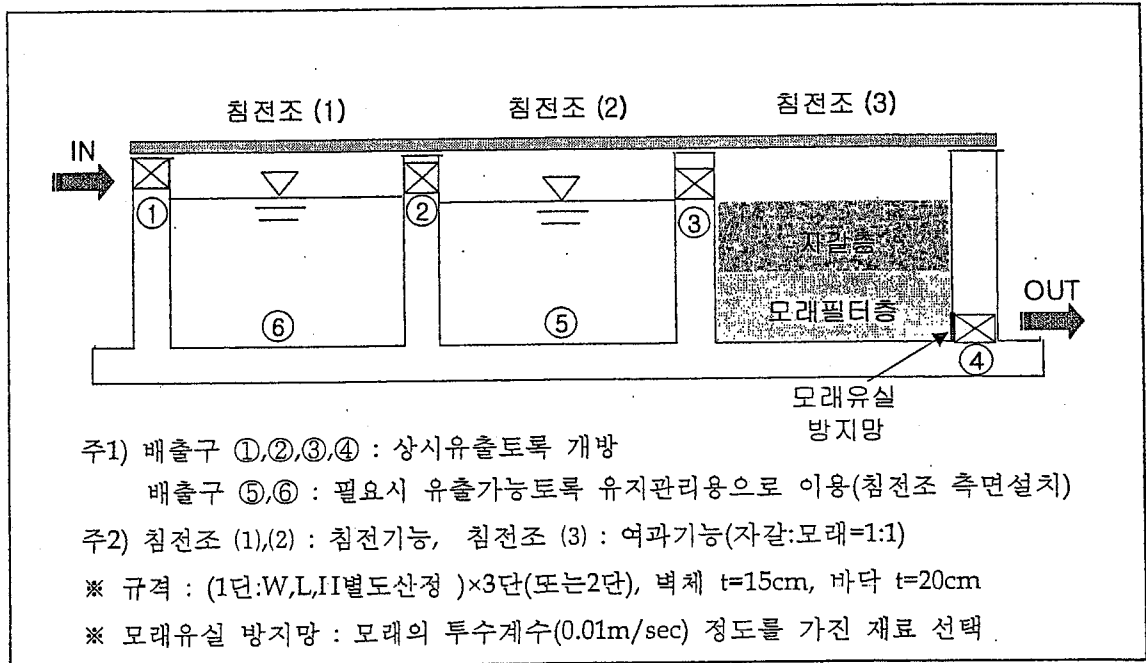


○ 문제점

- 터널별로 상이한 타일세척수 처리용량과 현장지형을 고려하지 않고 침전조 갯수 및 규격 일괄 적용
- 유지관리용 배출구 ⑤, ⑥의 활용이 용이하도록 위치변경 필요

□ 개 선 방 안

○ 개 념 도



○ 개 선방안

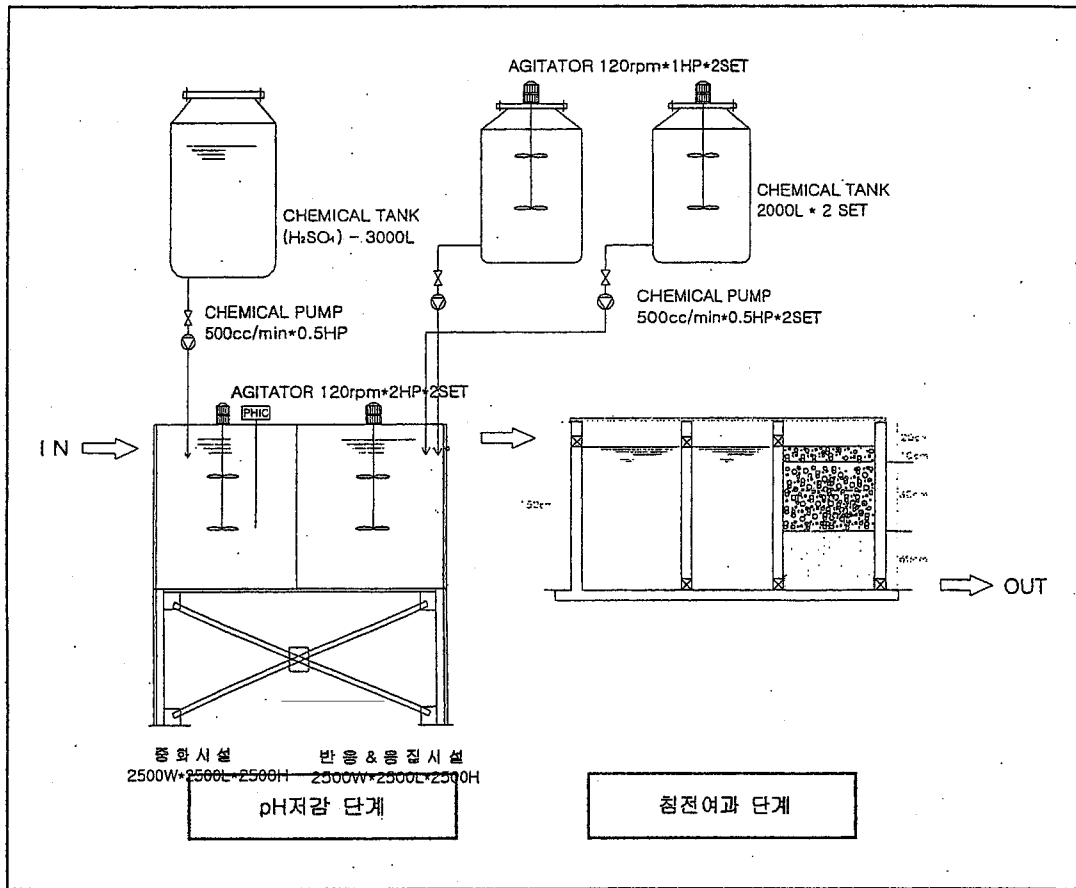
구 분		당 초	개 선 방 안	비 고
침전조 (1),(2)	침전기능	침전조 (1),(2) 설치	침전조(1),(2) 또는 (1)만 설치 (타일세척수 처리용량 고려)	[붙임#1]
침전조 (3)	여과기능	침전조 (3) 설치 (자갈: 70cm, 모래: 60cm)	침전조 (3) 설치 (자갈: 모래의 포설높이 비율을 1 : 1로 유지)	
시 설 규 격	크기	규격 일괄 적용 (W=2.0m, L=2.0m, H=1.5m)	규격 조정 적용 (현장 지형여건을 고려하여 W, L, H 조정)	
배출구	①,②, ③,④	설치	설치 (당초와 동일위치)	
	⑤,⑥	침전조 중산 격벽에 설치	침전조 외부에서 잔류수 배출이 가능하도록 측면 벽에 설치	
부직포	보호층	설치 (침전조(3) 상단)	설치 안함	
	모래유실 방지용	부직포 설치 (침전조(3) 배출구)	모래유실 방지망 설치 (당초와 동일위치)	[붙임#4]

III

pH 저감시설 개선방안

□ 당초시설 개념도 및 문제점

○ 개념도

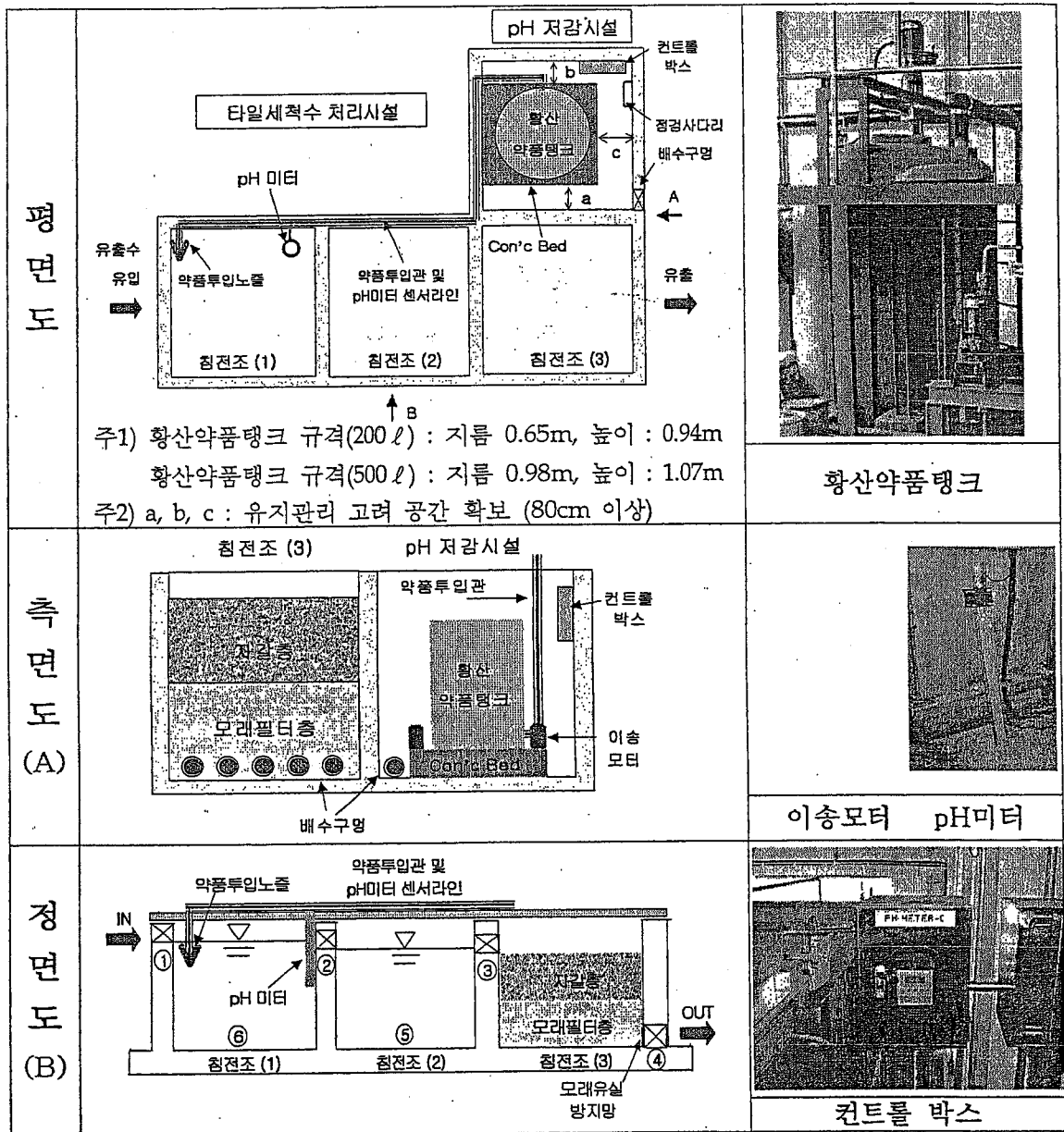


○ 문제점

- 설치위치 지형여건을 고려한 설치면적 최소화 필요
- pH 조정목적(알카리성→중성)에 맞도록약품투입시설 종류 조정 설치 필요
- 별도의 중화조(약품투입조)를 타일세척수 처리시설의 침전조로 활용하는 방안 강구 필요

□ 개 선 방 안

○ 개 념 도



○ 개 선방안

구 분	당 초	개 선 방 안	비 고
설 치 위 치	타일세척수 처리시설 유입전 위치	타일세척수 처리시설에 PH저감시설 설치조 연결 설치	설치조는 침전조와 동일 재질 적용 (철근 콘크리트)
약품 투입시설	약품탱크 3개 설치	황산 약품탱크 1개 설치	
중화조	별도설치	삭제 (침전조(1)을 중화조로 활용)	침전조(1) 내부 에폭시 코팅 실시

IV

적용 방안

□ 타일세척수 처리시설

○ 설계 및 건설중인 터널 : 개선방안 적용

○ 운영중인 터널

· 당초 시설규격 적용 : 10개소 (시범설치대상) ('08. 6. 완료)

· 개선방안 규격 적용 [붙임#2] 참조

- 219개소 : 2008년 설치

* 교통량이 많은 노선 및 터널연장 350m이상 터널

- 59개소 : 2009년 설치 (지사별 자체 사업계획 수립·시행)

본부	처리시설 소요(개소)		2008년 설치		2009년	비고
	당초 ¹⁾	변경 ²⁾	시범설치 완료	하반기 예정	이후 설치 ³⁾	
계	229	288	10	219	59	
경기	25	27	2	25	-	
강원	50	52	2	35	13	
충청	40	45	2	36	7	
호남	47	56	-	43	13	
경북	40	64	2	47	15	
경남	27	46	2	33	11	

1) 당초 계획 : 상·하행 양방향 통합 처리(각 터널별 1개소)

2) 변경 계획 : 터널유출수 배출경로 분리에 따른 수량 증가 (각 터널별 1~3개소)

3) 터널연장 350m미만 터널

※ 강릉5터널 : 미설치

[평상시 터널유출수(약 630m³/청소시간) 대비 청소중 타일세척수(약 26m³/청소시간) 비율(약 4%)이 현저히 작으므로, 별도의 시설없이 자체 정화가 가능할 것으로 판단되어, 설치대상에서 제외]

□ pH 저감시설

○ 설계 및 건설중인 터널 : 개선방안 적용

○ 운영중인 터널 : [붙임#3] 참조

· 대상터널 : 10개 터널 (11개소)

※ 수리, 수암, 강릉4, 구룡, 증천, 웅천, 장성2, 장성3, 김해, 창원2

※ 당초 설치 계획된 임고1, 함안1터널은 pH 중성 수렴으로 설치 제외



붙임 자료

붙임 1 : 타일세척수 처리시설 유형 및 규모 산정

붙임 2 : 타일세척수 처리시설 설치대상 터널 현황
(운영 중 터널)

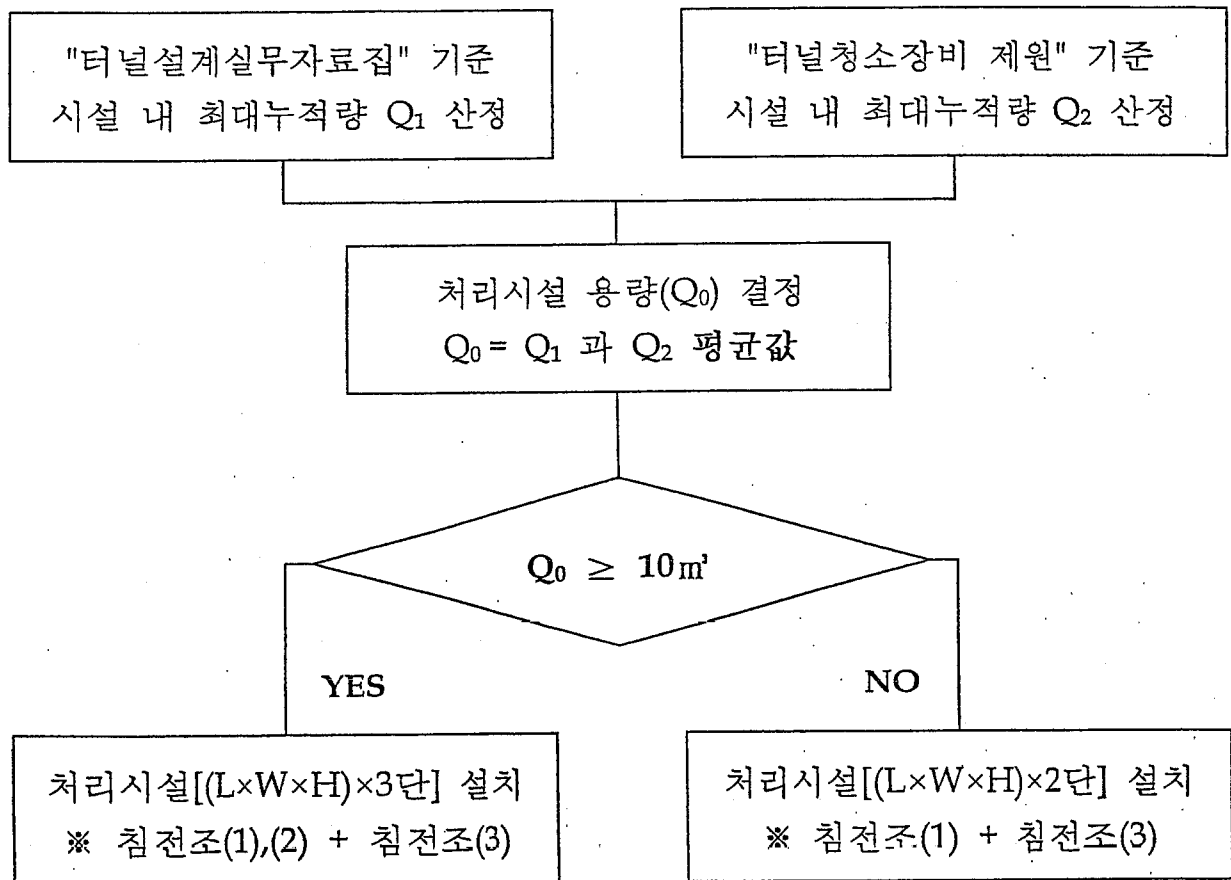
붙임 3 : pH 저감시설 설치대상 터널 현황
(운영 중 터널)

붙임 4 : 타일세척수 처리시설 시공 · 운영시 유의사항

붙임 5 : pH 저감시설 시공 · 운영시 유의사항

타일세척수 처리시설 유형 및 규격(W,L,H) 산정

I. 처리시설 규격 산정 절차



□ 처리시설 용량(Q₀) 결정 방법

$$Q_0 = [Q_1 + Q_2] / 2$$

○ 시설 내 최대누적량 산정결과 비교

- 터널연장 및 일 유출량 적은 경우 [연장 520m, 일 유출량 40m³]

구분			세척수 사용량	작업속도 (m/min)	최대누적량 (m ³)	비 고
터널설계실무자료집 기준			15 ℓ / m	16.7	6.50	Q ₁
청소 장비 기준	브러쉬 방식	ZT33-372	4.9 ℓ / m ²	8.0	2.47	Q ₂
		LTC90	2.5 ℓ / m ²	12.0	0.84	
	고압살수 방식	경기본부 (16톤카고)	1.36 ℓ / m ²	77.2	1.2	
		호남본부 (25톤카고)	1.54 ℓ / m ²	72.5	1.3	

- 터널연장 및 일 유출량 큰 경우 [연장 1,405m, 일 유출량 180m³]

구분			세척수 사용량	작업속도 (m/min)	최대누적량 (m ³)	비 고
터널설계실무자료집 기준			15 ℓ / m	16.7	18.4	Q ₁
청소 장비 기준	브러쉬 방식	ZT33-372	4.9 ℓ / m ²	8.0	8.4	Q ₂
		LTC90	2.5 ℓ / m ²	12.0	3.4	
	고압살수 방식	경기본부 (16톤카고)	1.36 ℓ / m ²	77.2	3.2	
		호남본부 (25톤카고)	1.54 ℓ / m ²	72.5	3.7	

○ Q₀ 결정

- 터널설계실무자료집 기준 : 시설처리용량 과다 산정 우려

- 청소장비제원 기준 : 과소 산정 우려 및 장비별 산출값 상이

☞ 터널설계실무자료집 기준 최대누적량(Q₁) 및 청소장비 제원
기준 가장 큰 값(Q₂)를 평균하여 시설처리용량(Q₀)으로 결정

□ Q₁ 및 Q₂ 산정방법

$$Q_1 = [A + B_1 - C] \times D_1$$

$$Q_2 = [A + B_2 - C] \times D_2$$

A. 터널 지하유출수량

일 유출량의 범위 (m ³ /일)	0~10	10~30	30~50	50~100	100~200	200~300
적 용 값 (A) (m ³ /min)	0.007	0.021	0.035	0.069	0.139	0.208

※ 일유출량이 300 m³ 이상일 경우 : A = 일유출량 ÷ 1,440

B. 청소시 세척수 발생량

B₁. 고속도로 터널설계 실무자료집 기준 발생량 : 0.250m³/min

* 세척수 사용량 : 15ℓ/m, 청소 속도 : 1,000m/hr

☞ 세척수량(Q) = (15ℓ ÷ 1,000m³) × 1,000m/hr × (1/60) = 0.25m³/min

B₂. 터널 청소장비(ZT33-332) 제원 기준 발생량 : 0.0784m³/min

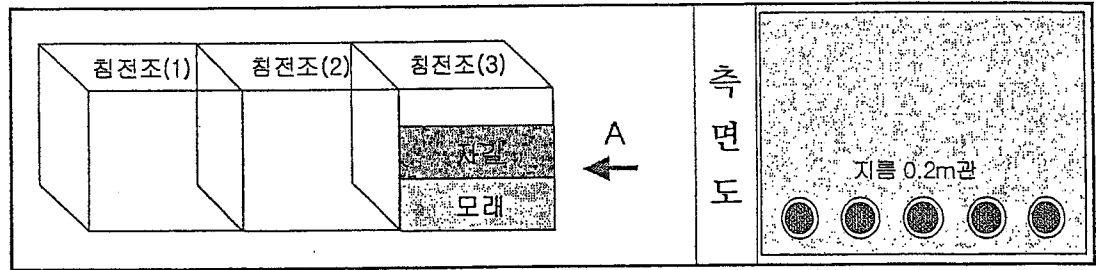
* 세척수 사용량 : 4.9ℓ/m³, 청소 속도 : 8m/min,

터널내 타일면적(m²) ≡ [터널연장(m)] × 2

☞ 세척수량(Q) = 0.0784m³/min

$$\left[\frac{8m}{1min} \times \frac{1}{터널연장(m)} \right] \times (터널연장(m) \times 2m) \times \frac{4.9ℓ}{1m^3} \times \frac{0.001m^3}{1ℓ}$$

C. 청소 중 처리시설 밖으로의 유출량



배출구(Φ200) 수	2개	3개	4개	5개
배출구면적(m²)	0.0314	0.0942	0.126	0.157
유출량(C) (m³/min)	0.00314	0.0565	0.0754	0.0943

* 유출량 산정식 = [투수계수(k) × 동수경사(i) × 출구면적(m²)]

* 배출구 면적을 크게 설치하는 경우 : C = [0.3(m/min) × 2 × 출구면적(m²)]

• 투수계수(k) 산정

모래유실방지망 투수계수(0.01m/sec) × 0.5(안전율) = 0.005m/sec=0.3m/min

• 동수경사(i) 산정 (자갈층에서의 에너지 손실은 무시)

$$\frac{\text{수두손실}(\Delta h)}{\text{이동거리}(L)} \approx \frac{1.3m}{0.6m} = 2.2 \Rightarrow \text{불확실성 고려 2.0 적용}$$

D. 청소 소요시간(min)

D₁. 고속도로 터널설계 실무자료집 기준 청소 소요시간(min)

$$* \text{산출식} : \frac{1hr}{1,000m} \times \frac{60min}{1hr} \times [\text{터널연장}(m)]$$

D₂. 터널 청소장비(ZT33-332) 제원 기준 청소 소요시간(min)

$$* \text{산출식} : \frac{1min}{8m} \times [\text{터널연장}(m)]$$

II. 산정 예시

□ 터널연장 및 터널 지하유출량이 적은 경우

1. ○○터널 현황

구분	터널연장	일 유출수량	비 고
상행	520m	40m³/일	상행과 하행 유출수 배출 경로가 분리되어 있는 경우
하행	545m	60m³/일	

* 처리시설 상·하행 각각 설치 ⇨ 해당 행선의 터널연장 및 유출수량 적용
(상·하행 유출수가 합류된다면, 일 유출수량은 상·하행 수량을 합산한 값을 적용하며 터널연장은 양방향 중 터널연장이 긴 한쪽 방향 연장을 적용함)

2. ○○터널(상행) 처리시설내 최대 누적량(Q₁, Q₂) 산정

A. 터널 지하유출수량 : 0.035m³/min

* 일 유출수량이 30~50m³일 경우 0.035m³/min 적용

B. 청소시 세척수 발생량

B₁. 고속도로 터널설계 실무자료집 기준 : 0.250m³/min

B₂. 터널 청소장비(ZT33-332) 제원 기준 : 0.0784m³/min

C. 청소 중 처리시설 밖으로의 유출량 : 0.0754m³/min

* 배출구 면적을 Φ200관 4개 설치로 가정

D. 청소 소요시간(min)

D₁. 고속도로 터널설계 실무자료집 기준 청소 소요시간(min)

$$* \text{산출식} : \frac{1hr}{1,000m} \times \frac{60min}{1hr} \times [520m] = 31 \text{ min}$$

D₂. 터널 청소장비(ZT33-332) 제원 기준 청소 소요시간(min)

$$* \text{산출식} : \frac{1min}{8m} \times [520m] = 65 \text{ min}$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= [A + B_1 - C] \times D_1 \\ &= [0.035 + 0.250 - 0.0754] \times 31 \\ &= 6.50m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= [A + B_2 - C] \times D_2 \\ &= [0.035 + 0.0784 - 0.0754] \times 65 \\ &= 2.47m^3 \end{aligned}$$

3. 처리시설 유형 결정

$Q_0 = 4.49 \text{ m}^3$ $\ast Q_1$ 과 Q_2 의 평균값	$\Rightarrow$	$[(L \times W \times H) \times 2 \text{ 단}]$ 설치 $\ast Q_0 < 10 \text{ m}^3$
--	---------------	--

4. 처리시설 규격(W, L, H) 결정

현장 여건을 고려하여 시설 소요용량(Q_0)을 상회하도록 규격 결정
[예시]

$[1.5 \times 1.5 \times 1.0] \times 2 \text{ 단} = 4.5 \text{ m}^3$	$[1.8 \times 1.0 \times 1.3] \times 2 \text{ 단} = 4.7 \text{ m}^3$

* 오염물질 저장효과는 높이(H)에 비례하므로 가급적 H를 크게 설치

□ 터널연장 및 터널 지하유출량이 큰 경우

1. △△터널 현황

구분	터널연장	일 유출수량	비 고
상행	1,355m	100m³/일	상행과 하행 유출수가 시설 설치 지점에서 합류됨
하행	1,405m	80m³/일	

* 상·하행 유출수가 처리시설 전에서 합류되므로,

☞ 일 유출수량은 상·하행 수량을 합산한 값(180m³/일)을 적용

* 터널 청소는 한 방향씩 실시하므로 양방향에서 청소 세척수가 동시에 발생하지 않으므로,

☞ 터널연장은 일방향 행선의 연장(1,405m)을 적용

(상·하행 유출수 배출경로가 분리된다면 처리시설은 상·하행

각각 설치하며, 이 경우 해당행선의 터널연장 및 유출수량을 적용함)

2. △△터널 처리시설내 최대 누적량(Q₁, Q₂) 산정

A. 터널 지하유출수량 : 0.139m³/min

* 일 유출수량이 100~200m³일 경우 0.139m³/min 적용

B. 청소시 세척수 발생량

B₁. 고속도로 터널설계 실무자료집 기준 : 0.250m³/min

B₂. 터널 청소장비(ZT33-332) 제원 기준 : 0.0784m³/min

C. 청소 중 처리시설 밖으로의 유출량 : 0.1696m³/min

* 배출구 면적을 Φ300관 4개 설치로 가정

$$C = [0.3(\text{m}/\text{min}) \times 2 \times 0.2827(\text{m}^2)] = 0.1696 \text{ m}^3/\text{min}$$

D. 청소 소요시간(min)

D₁. 고속도로 터널설계 실무자료집 기준 청소 소요시간(min)

$$* \text{산출식} : \frac{1\text{hr}}{1,000\text{m}} \times \frac{60\text{min}}{1\text{hr}} \times [1,405\text{m}] = 84 \text{ min}$$

D₂. 터널 청소장비(ZT33-332) 제원 기준 청소 소요시간(min)

$$* \text{산출식} : \frac{1\text{min}}{8\text{m}} \times [1,405\text{m}] = 176 \text{ min}$$

$$Q_1 = [A + B_1 - C] \times D_1$$

$$= [0.139 + 0.250 - 0.1696] \times 84$$

$$= 18.4\text{m}^3$$

$$Q_2 = [A + B_2 - C] \times D_2$$

$$= [0.139 + 0.0784 - 0.1696] \times 176$$

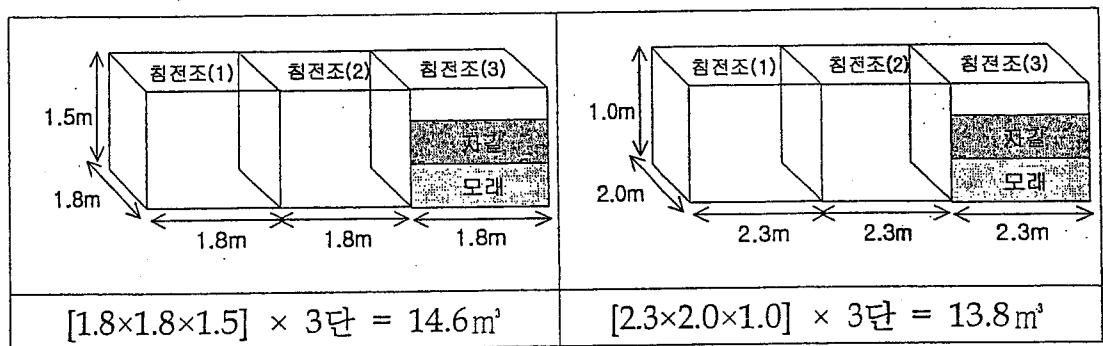
$$= 8.41\text{m}^3$$

3. 처리시설 유형 결정

$Q_0 = 13.4\text{m}^3$ ※ Q_1 과 Q_2 의 평균값	$\Rightarrow$	$[(L \times W \times H) \times 3\text{단}]$ 설치 ※ $Q_0 \geq 10\text{m}^3$
---	---------------	--

4. 처리시설 규격(W, L, H) 결정

현장 여건을 고려하여 시설 소요용량(Q_0)을 상회하도록 규격 결정
 [예시]



* 오염물질 저장효과는 높이(H)에 비례하므로 가급적 H를 크게 설치 권장

타일세척수 처리시설 설치대상 터널 현황

본부	지사	2008년 설치	2009년 이후 설치
		터널명(개소)	터널명(개소)
경기	계	22개터널 (27개소)	-
	인천	소래(1)	-
	시흥	수암(1), 수리(1), 안양(1), 광명(1), 삼막(1)	-
	군포	반월(1), 광교(1)	-
	화성	용담(1), 팔곡(1), 순산(1), 평택(1)	-
	수원	-	-
	경안	중부1(1), 중부2(1), 중부3(1), 하변천(1), 광지원(1), 산곡(1)	-
	동서울	광암(3), 청계(2)	-
	이천	마성(2), 양지(2)	-
강원	계	31개터널(37개소)	11개터널(13개소)
	원주	강천(1)	-
	대관령	둔내(1), 봉평(1), 진부1(1), 진부3(1), 대관령1(1), 대관령4(2), 대관령5(1),	진부2(1)
	강릉	강릉1(1), 강릉4(1)	동해(1)
	홍천	만종(2), 횡성(1), 공근(1), 삼마치(1), 남산(1), 굴지(1), 원무1(1), 원무2(1)	원창(2)
	제천	단양(2), 적성(1), 제천(1)	치악1(1), 치악2(1), 치악3(1), 치악4(1), 금대1(1), 금대2(1)
	충주	연풍(1), 장연(2), 추점(2), 조곡(1), 매현2(2), 두정(1), 장고개(1), 만정(1), 가금(1), 증원(1)	매현1(2), 탄용(1),

본부	지사	2008년 설치	2009년 이후 설치
		터널명(개소)	터널명(개소)
충청	계	29개터널(38개소)	5개터널(7개소)
	천안	-	-
	대전	대전(1), 구봉(1), 안영1(1), 안영2(1), 구완(1)	-
	논산	-	-
	진천	진천(1)	-
	영동	황간(1), 영동(2), 영동1(2), 옥천4(1), 옥천3(1), 옥천1(2), 증약(1)	옥천2(1), 삼양(1),
	무주	육십령(1), 오동(1), 오두재(2), 적상(2), 가옥(1), 마달(1), 집재(2),	-
	당진	-	운산(2)
	보령	중천(1), 비인(1), 웅천(1)	대명(1),
	보은	문의1(2), 피반령(2), 수리터(1), 내서2(1), 내서3(1), 내서4(2)	수한(2),
호남	계	31개터널 (43개소)	13개터널(13개소)
	전주	원덕(2), 호남(2)	-
	광주	문평5(1), 노안(1)	문평1(1), 문평2(1), 문평3(1), 문평4(1),
	순천	순천2(1), 순천1(1), 석곡(2)	광양(1)
	남원	-	-
	부안	-	-
	함평	함평나비(1), 보평(2), 몽탄3(1), 몽탄2(1), 무안1(1), 함평(2), 영평2(1), 영평1(1)	몽탄1(1), 무안4(1), 무안3(1), 무안2(1)
	담양	문수산(2), 장성1(2), 장성2(1), 장성3(1), 장성4(2), 대덕(2)	고창(1), 송강정(1)
	진안	소양2(1), 소양1(1), 곰터(2), 부귀1(1), 부귀2(1), 상관2(1), 진안2(1), 진안3(2), 방곡(1), 장수(2)	상관1(1), 진안1(1)

본부	지사	2008년 설치	2009년 이후 설치
		터널명(개소)	터널명(개소)
경북	계	29개터널 (49개소)	10개터널 (15개소)
	구미	-	-
	대구	-	경주(3)
	고령	고령(1)	합천(1), 해인사(1)
	군위	금호(1), 다부(1), 가산(1), 군위(1)	읍내(1), 장천(1), 일직(2)
	영주	보문(2), 봉현(1), 죽령(3)	풍산(2)
	상주	상주(2), 공검(2), 진남(3), 문경2(2), 문경새재(2), 낙동(2)	불정(1), 문경1(1)
	영천	도평(1), 백안(2), 와촌(2), 임고1(2), 임고2(2), 임고3(2), 임고4(2), 달전(1)	-
	성주	고령1(2), 고령3(1), 고령4(1), 성주(1), 김천1(2), 김천2(2), 김천3(2)	고령2(2)
경남	계	21개터널 (35개소)	6개터널(11개소)
	울산	-	-
	양산	-	-
	창녕	달성2(1), 달성(1), 달성1(2)	-
	창원	김해(1), 함안1(1), 함안2(1), 창원1(2), 창원2(1)	-
	진주	진주(3)	하동(1), 진교(3), 사천(1)
	산청	독산(3), 산청3(1), 산청2(2), 함양(1)	신울(3), 산청1(1)
	고성	통영2(3), 통영1(2), 고성3(1), 고성2(1), 고성1(2), 사천3(2), 사천2(3), 사천1(1)	통영3(2),

pH저감시설 설치대상 터널 현황

□ pH 저감시설 설치대상 터널 현황

본부	지사	터널명	유출수 모니터링								유출수 처리
			3월		4월		5월		6월		
			일유출량	pH	일유출량	pH	일유출량	pH	일유출량	pH	
계											10개터널 (11개소)
경기	시흥	수리(상)	75.3	9.5	74.5	9.3	76.2	9.2	77.3	9.4	pH저감시설 설치(1개소)
		수리(하)	53.8	9.6	52.4	9.6	56.3	9.7	55.3	9.7	
	시흥	수암(상)	36.0	9.0	35.6	8.9	37.2	9.0	38.0	8.3	pH저감시설 설치(1개소)
		수암(하)	26.5	9.5	25.6	9.5	28.0	9.3	29.0	9.6	
강원	강릉	강릉4(상)	606.0	9.9	339	9.7	628.0	9.4	645.0	9.4	pH저감시설 설치(1개소)
		강릉4(하)	424.0	10.2	305	9.5	565.0	9.3	387.0	9.2	
충청	대전	구봉(상)	75.0	9.2	51.0	9.5	30.0	9.4	25.0	8.4	pH저감시설 설치(1개소)
		구봉(하)	63.0	9.4	42.0	9.4	22.0	9.7	21.0	8.5	
	보령	종천(상)	-	-	-	-	-	-	-	-	pH저감시설 설치(1개소)
		종천(하)	19.0	9.5	19.1	9.3	20.5	9.2	18.4	9.4	
	보령	웅천(상)	15.6	10.3	14.6	10.0	16.7	9.9	16.2	10.1	pH저감시설 설치(1개소)
		웅천(하)	17.3	9.5	16.4	9.5	17.0	9.6	15.4	9.2	
호남	담양	장성2(상)	-	-	-	-	-	-	-	-	pH저감시설 설치(2개소)
		장성2(하)	-	-	-	-	-	-	-	-	
	담양	장성3(상)	-	-	-	-	-	-	-	-	pH저감시설 설치(1개소)
		장성3(하)	-	-	-	-	-	-	-	-	
경북	영천	임고1(상)	0.9	6.8	0.9	6.4	1.2	6.6	5.8	6.5	설치제외
		임고1(하)	2.2	6.6	2.2	6.6	2.9	6.5	4.3	7.3	
경남	창원	김해(상)	4.5	9.3	4.6	9.1	4.7	9.1	-	-	pH저감시설 설치(1개소)
		김해(하)	16.5	9.1	14.0	9.0	15.0	9.0	-	-	
	창원	함안1(상)	7.0	8.8	7.5	8.6	7.3	8.4	-	-	설치제외
		함안1(하)	0.4	8.9	0.4	8.7	0.6	8.5	-	-	
	창원	창원2(상)	31.0	9.3	33.0	9.2	35.0	9.1	-	-	pH저감시설 설치(1개소)
		창원2(하)	21.0	9.3	27.0	9.4	50.0	9.3	-	-	

□ 일일 황산 사용량

○ 산출사례

• 화학식 : $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^++\text{SO}_4^- \rightarrow [\text{H}^+] = \frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4$
• 터널유출수 조건 : pH = 10, 유출량 = 150($\text{m}^3/\text{일}$)인 경우
- 필요 PH = $\text{PH}^{14} - \text{PH}^{10} = \text{PH}^4$
- 중화에 필요한 $[\text{H}^+] = 10^{-4}\text{mol}/\ell$
- 필요 $\text{H}_2\text{SO}_4 = \frac{1}{2} \times 10^{-4}\text{mol}/\ell$
- 주입량 (순도 98%)
$\frac{1}{2} \times 10^{-4}\text{mol}/\ell \times 98\text{g}/\text{mol} \times 100/98 = 0.005\text{g}/\ell$
• 일일 황산 사용량 결정
$0.005\text{g}/\ell \times 150\text{m}^3/\text{일} \times 10^3 = 750\text{g}/\text{일}$
$750\text{g}/\text{일} \times \frac{(1\ell)}{1,860\text{g}} = 0.408\ell/\text{일}$

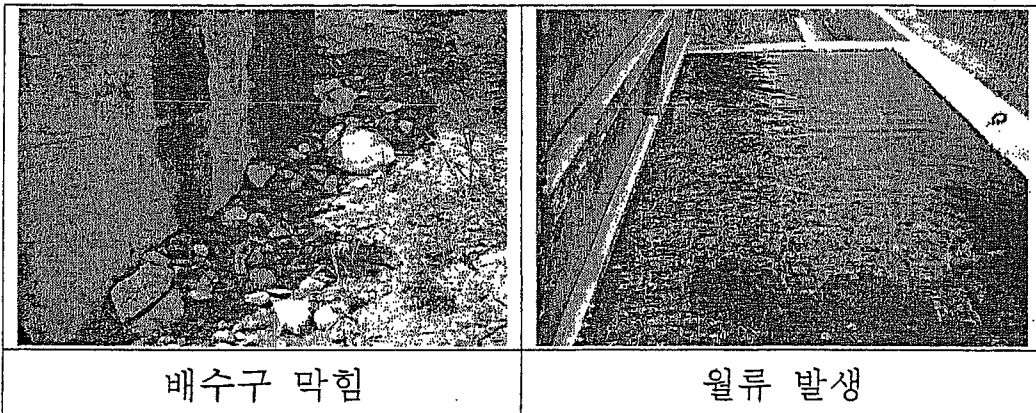
○ 터널별 황산사용량

본부	지사	터널명	ℓ 당 황산사용량		일 황산사용량			황산 탱크 규격
			적용 pH	사용량 (g/ℓ)	유출량 (m³/일)	사용량		
						(g/일)	(ℓ/일)	
경기	시흥	수리	10	0.005	150	750	0.408	200 ℓ
	시흥	수암	10	0.005	70	350	0.190	〃
강원	강릉	강릉4	10	0.005	1,200	6,000	3.26	500 ℓ
충청	대전	구봉	10	0.005	80	400	0.217	200 ℓ
	보령	중천	10	0.005	20	100	0.0543	〃
	보령	웅천	10	0.005	40	200	0.109	〃
호남	담양	장성2(상)	10	0.005	10	50	0.0272	〃
	담양	장성2(하)	10	0.005	16	80	0.0435	〃
	담양	장성3	10	0.005	55	275	0.149	〃
경남	창원	김해	10	0.005	20	100	0.0543	〃
	창원	창원2	10	0.005	60	300	0.163	〃

타일세척수 처리시설 시공 · 운영시 유의사항

□ 처리시설 배수구 부분 처리

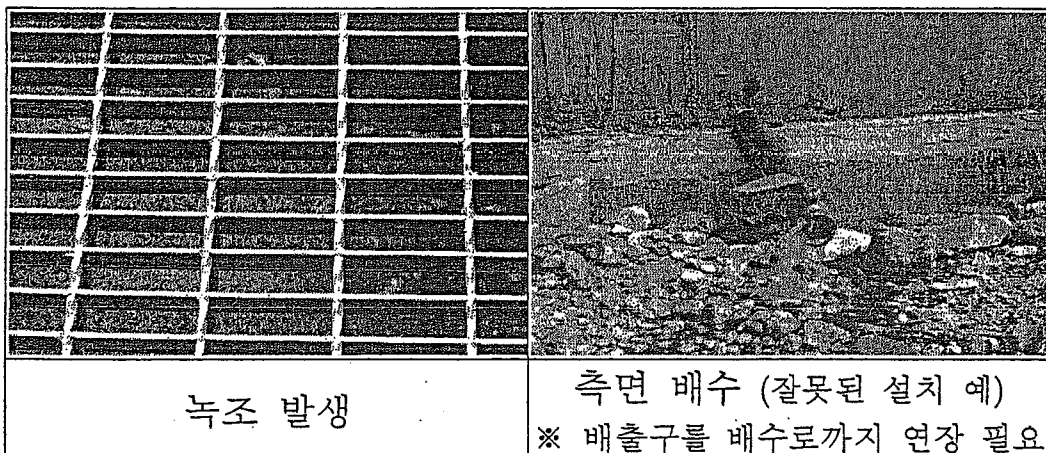
- 문제점 : 배수구 막힘 현상 발생시 시설밖으로의 월류 발생



- 배수구 부분의 부직포 설치 대신 모래를 유실시키지 않으면서, 모래의 투수계수(0.01m/sec) 정도를 가진 재료를 선택하여 모래유실 방지망 설치
* 「토목공사용 부직포」 설치시 막힘현상 발생하므로 사용 불가

□ 청소 종료 후 시설 내 잔류수 처리

- 문제점 : 청소 종료 후, 시설내 장기 체류시 녹조 발생 등 수질 오염 발생
- 청소 종료 후 일정기간 경과시, 시설 측면의 배출구를 통해 잔류수 배출
* 측면 배수구 설치시, 파이프를 연장하여 배수로까지 직접 연장 필요

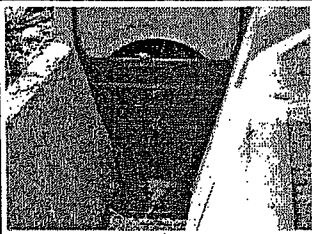
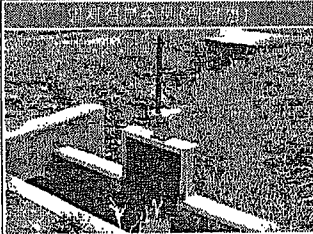
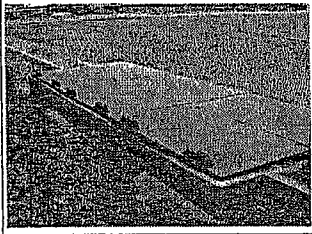
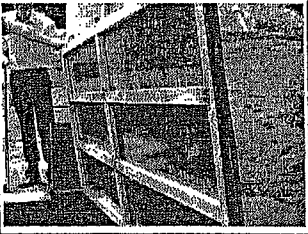


□ 시설 내부 및 여과재료에 의한 수질오염 방지

- 문제점 : 시설 내부 및 여과재료(모래, 자갈)에 의해 일반세균 증가, 총대장균군 증가 등 수질오염 우려
- 시설 설치 후 운영 전 내부청소 철저, 여과재료(자갈, 모래) 설치 전 및 운영 시 주기적 세척 실시

□ 부대시설(수문, 시설덮개 등)의 재료 선택

- 문제점 : 중량이 큰 재료 사용시 공사비 증대 및 유지관리시(청소 등) 불편 초래
- 회수자재, 코팅합판 등을 활용하여 본부(지사) 여건에 맞게 설치하되, 설치비·내구성·유지관리 편의성 등을 고려 설치
- * 수문 설치시 수압이 크지 않으므로 고가 기성품 사용 불필요함

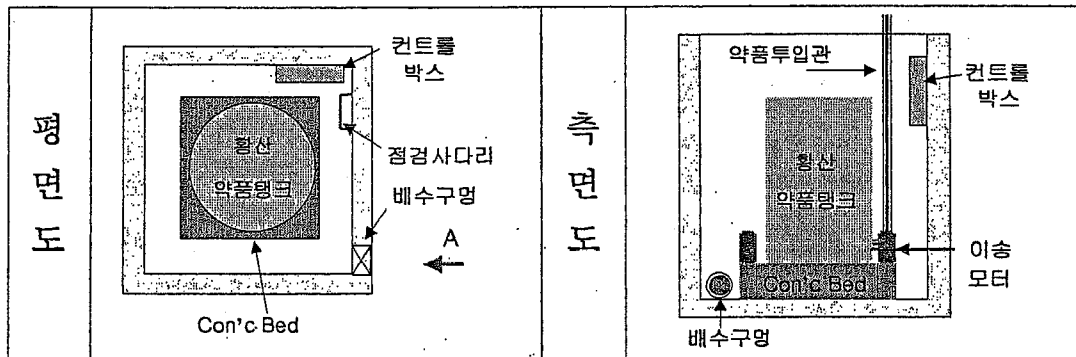
			
수문설치 예시 (코팅합판 사용)	수문 기성품 (고가, 불필요)	시설덮개 예시 (코팅합판 사용)	

□ 유·출입 연결유로 최소화 방안

- 문제점 : 시설높이 과다로 연결유로가 길어지는 경우 공사비 증대
- 현장 여건에 따라 시설 높이를 축소하여 연결유로를 최소화하고, 바닥면적을 증가시켜 처리용량을 유지 [붙임#1 참조]

pH저감시설 시공 · 운영시 유의사항

□ 시설 및 Con'c Bed 규격(L,W,H) 결정



☞ 시설 외벽 : 탱크규격, 타일세척수 처리시설 연계설치 고려하여 결정

* 황산약품탱크 규격 : 200ℓ [지름 0.65m, 높이 : 0.94m], 500ℓ [지름 0.98m, 높이 : 1.07m]

☞ Con'c Bed : 빗물 등으로 인한 기기파손 방지 위해 배수구멍 높이 이상으로 설치

□ 화학약품(황산) 취급시 유독가스로 인한 안전사고 발생 우려

☞ pH 저감시설 설치초에 간이 환기구 설치

□ 황산 투입시 직접 접촉에 의한 시설물 부식 우려

☞ 황산이 직접 투입되는 침전조(1) 내부 에폭시 코팅 실시

□ 동절기 유출수에 의한 시설물(pH미터, 약품투입노즐 등) 동파 우려

☞ 처리시설에 대한 보온대책이 없어, 동절기 기간 시설 운영 불가

* 동절기 기간(11월 15일~익년 2월 28일) 중 pH미터 및 약품노즐이 동파 되지 않도록 시설 외부로 별도 보관 필요

□ 외부인에 의한 안전사고 및 파손 우려

☞ 시설 덮개에 시건장치 설치 및 저감시설에 경고문구 부착

□ 운영에 따른 화학약품(황산) 수급 관련

☞ 약품 보충시 안전사고에 유의 (장갑, 마스크 착용 등)

☞ 주기적인 사용량 및 잔량을 확인 후, 적정 시점에 화학약품 보충

9-10 터널진입 차단시설 개선안

시설차2238

(2008. 8. 14)

I. 검토목적

- ☐ 터널내 사고시 후속차량의 터널진입을 차단하여 2차사고 등 대형사고를 예방하기 위하여 『터널진입 차단시설』을 설치
- ☐ 현재 운영중인 터널진입 차단시설의 외형, 설치기준 및 유지관리 등에 관한 종합적인 개선 검토 필요

II. 추진경위 및 설치현황

1. 추진경위

- ☐ 2003. 3. 25 : 대관령지사 자유제안
- ☐ 2003. 11. 11 : 터널진입 차단시설 설치방안 검토
 - 영동선 둔내, 진부터널
- ☐ 2004. 6. 11 : 차단시설 시범설치 확대시행
 - 2004년 개통노선 장대터널 9개소
- ☐ 2004. 12. : 『고속도로 터널 방재시설 설치기준』 반영 (국해부)
 - 터널입구 긴급상황시 차량의 정지유도 차단막 설치 가능
- ☐ 2005. 10. 14 : 방재 2등급 이상터널에 확대 설치

2. 설치현황

구 분	설치현황 [개소]			비 고
	계	~ '07년	'08년	
터널현황 (2등급 이상)	41	35	6	'08년까지 2등급 이상 터널 설치완료

■ 터널연장기준 방재등급 구분 『고속도로 터널 방재시설 설치기준, 국해부』

등 급	터 널 연 장(L)
1 등급	3,000 m이상 ($L \geq 3,000$ m)
2 등급	1,000 m이상, 3,000m미만 ($1,000 \leq L < 3,000$ m)
3 등급	500 m이상, 1,000 m 미만 ($500 \leq L < 1,000$ m)
4 등급	연장 500 m 미만 ($L < 500$)

※ 터널위험도가 2를 초과하는 터널의 경우에는 터널방재등급 1단계 상향

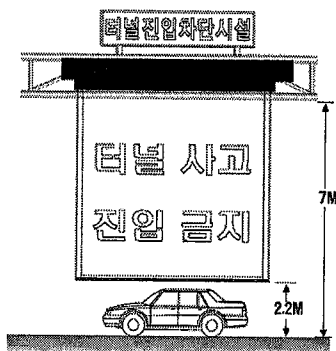
III. 현 설치기준

1. 차단시설 제원

- 차단시설 지주 : 문형식 지주
- 차 단 막

구 분	제 원
규 격	3.2 × 4.1m
바닥재질	적색 폴리에스테르망
문 안	흰색 고휘도반사지
설치수량	2·3차로 1개, 4차로 2개

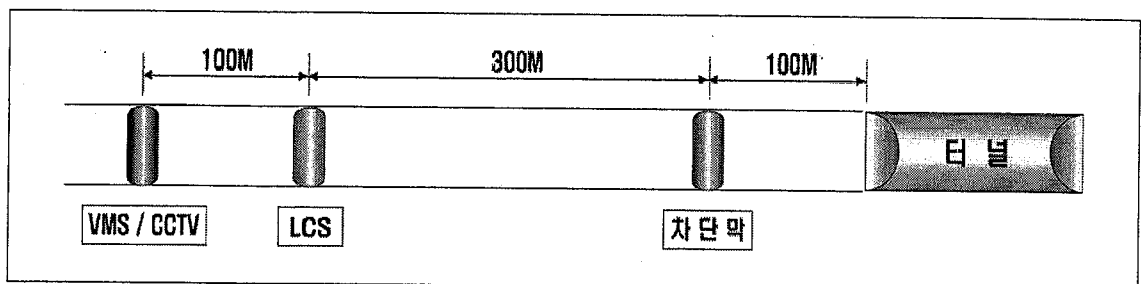
2. 하강단계

구 분	1 단계	2 단계
하강 단계		

※ 하강시간 : 약 18초 (2단계 하강, 1단계 → 3초정지 → 2단계)

3. 설치위치 및 시설물 연동

- 터널전방 약 100m 지점 토공부



- 하강시 연동체계

① VMS(문자표출) ⇒ ② LCS (차단표시) ⇒ ③ 차단막 하강

※ 터널 입·출구부 전체 상황 CCTV로 감시

IV. 문제점 및 개선사항

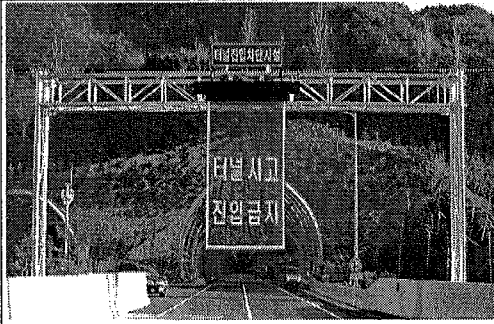
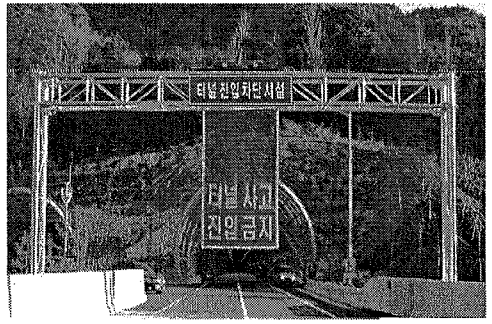
1. 외 형

■ 문 제 점

- 경제성, 구조적 안정성 및 미관 등을 고려 표준도 재검토 의견
 - ▷ 감사실 2008-1('08. 1. 23호) 『일상감사 의견서』
- 강설시 교통사고방지를 위한 도로횡단시설 보완 요구
 - : 강설 시 도로횡단시설 상단부에 쌓여 있던 눈이 녹아 고속도로 통행차량에 떨어지면 이용차량의 교통사고 위험
 - ▷ 감사실 - 309('08. 2. 22) 『도로횡단시설에 관한 사항』

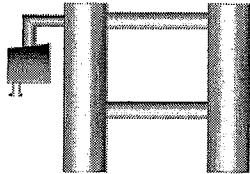
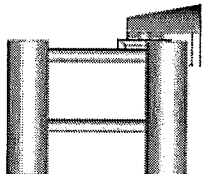
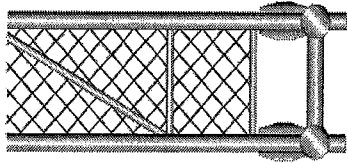
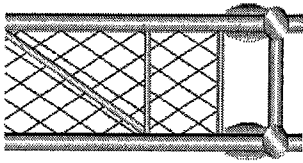
■ 개선사항

- 미관 등 표준도 개선

구 분	현 행	개 선
미 관		
표지판	□ 설치위치 : 지주 상부 □ 규 격 : 3,000 × 800 □ 글자크기 : 286(355) × 485	□ 설치위치 : 지주 전면 □ 규 격 : 4,800 × 1,140 □ 글자크기 : 332(419) × 580
차단막	□ 설치위치 : 지주 전면	□ 설치위치 : 지주 후면 ⇒ 유지관리시 차단막이동

- 개선된 문형식 표지판 지주로 변경시 경제성 결여(175%)로 적용애로
- 구조 안정성 검토결과 이상 없음

● 강설 시 교통사고 예방

구 분	현 행	개 선	비 고
차단막 스크린	 ▷ 차단막 상부 평면(W:300)	 ▷ 차단막 상부 경사(W:500)	스크린 상부 눈 쌓임 방지
유지보수 용 통로	 ▷ 발판규격 : 34 × 76.2	 ▷ 발판규격 : 34 × 135	통로 발판 눈 쌓임 방지

터널진입 차단시설 표준도면 : [붙임 참조]

2. 차로별 차단막 설치 수량

■ 문 제 점

- 3차로 터널 차단막 1개 설치시 1·3차로 차단 불가
 - 차단막 폭 : 3.2m (차로 폭 3.6m)

■ 개선사항

차 로	설치수량	증 감	설 치 위 치
2차로	1	-	1·2차로 중심
3차로	2	1	1·2, 2·3차로 중심 부근
4차로	2	-	1·2, 3·4차로 중심

차로별 차단막 설치기준 : [붙임 참조]

3. 연속터널 설치기준

■ 문 제 점

- 연속터널에 대한 설치기준 부재
 - 2등급 이상터널과 연속하여 터널이 있는 경우

■ 개선사항

- ② 2등급 이상터널은 터널별로 각각 별도 설치
- ③ 연속터널로 3등급인 터널은 전력·방재 및 교통관리설비가 인근 2등급 이상터널과 연계 구성된 경우 설치

■ 관련근거

『터널내 재난방지 종합대책』 : 도로처 - 2382('07. 7. 5)

『터널 안전시설 설치기준 검토』 : 설계처 - 250('08. 1. 30)

※ 3등급 이상 터널 확대설치는 무인 운전되고 있는 터널의 특성상 터널통합관리와 연계하여 추후 세부추진계획 수립 후 시행

● 설치예시

구 분	연 속 터 널 설 치 기 준	
연속터널	2등급 이상터널 + 3등급 이하터널	
배 치 도		
차단시설 설치	진행방향	차단시설 방법
	⇐ 방향 ⇨ 방향	①번 : 설 치 ②번 : 부분설치 ▷ 3등급 터널로 전력·방재 및 교통관리 설비가 연계 구성된 경우 설치 ▷ 4등급 터널로 VMS, LCS, CCTV가 전방에 설치될 경우 추가 설치 검토 ③번 : 설 치 ④번 : 부분설치 ▷ 3등급 터널로 전력·방재 및 교통관리 설비가 연계 구성된 경우 설치

※ 터널별 특이사항(교량 등)을 고려하여 현장여건 감안

4. 차단시설 유지관리

■ 문 제 점

구 분	내 용
유지관리 기준	□ 차량통과 높이에 저촉되지 않은 범위내에서 정상 작동여부 확인 (1단계 하강)
문 제 점	□ 하강 시운전시 오동작 등으로 전 단계 하강에 따른 본선 차단 위험 내재 □ 전 단계 하강 시운전 시 본선 차단 작업 필요

■ 개선사항

● 갓길(1개 차로) 차단으로 전 단계 하강 시운전 가능토록 하강위치 개선

⇒ 주기적으로 차단막 하강 시운전 시행 (분기 1회 이상)

● 차단막 하강시 관리자가 하강을 인지할 수 있도록 관리사무소 내 정보음 추가 설치 (오동작 하강 방지)

터널 진입 차단시 하강	유지관리시 하강
	

차단막 유지관리시 하강위치 : [붙임 참조]

V. 추진계획

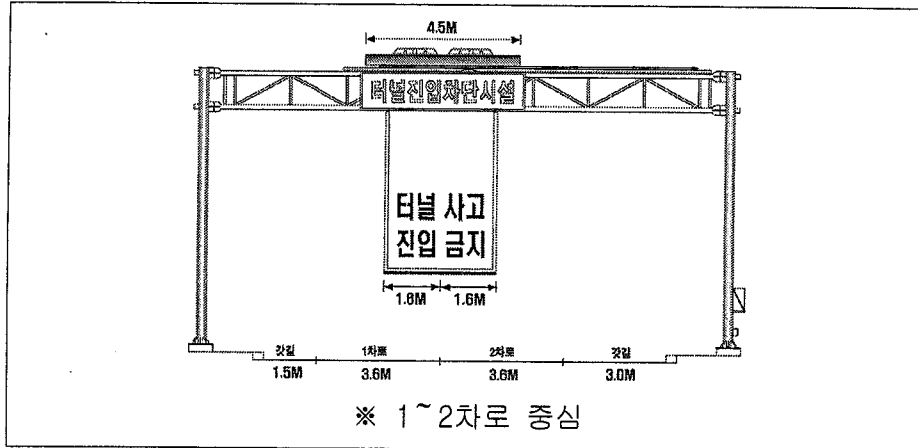
- ☐ 향후 설계시 반영
- ☐ 공사 시행중인 터널은 현장여건을 감안하여 시행

붙 임 : 1. 차로별 차단막 설치기준
2. 차단막 유지관리시 하강위치
3. 터널진입차단시설 표준도면

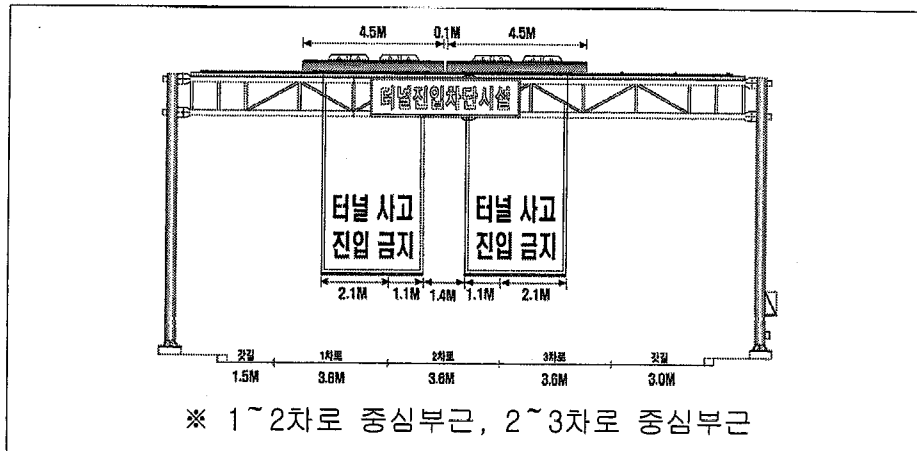
붙임 - 1

차로별 차단막 설치기준

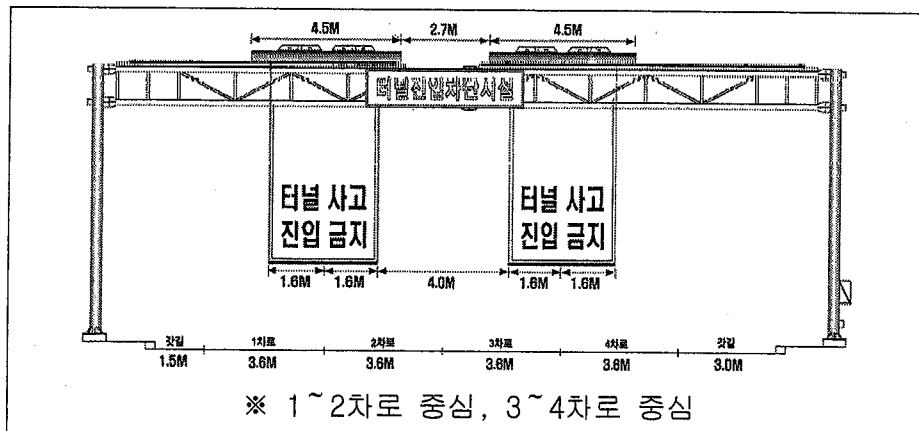
▷ 2차로 : 차단막 1개



▷ 3차로 : 차단막 2개



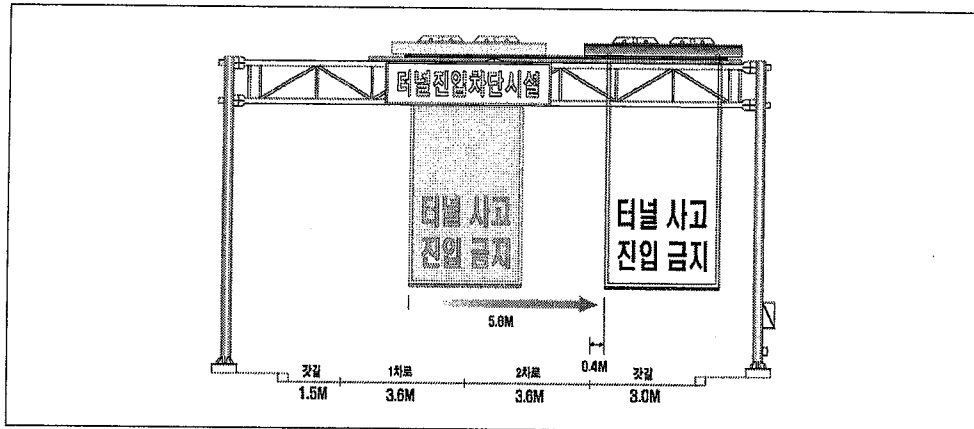
▷ 4차로 : 차단막 2개



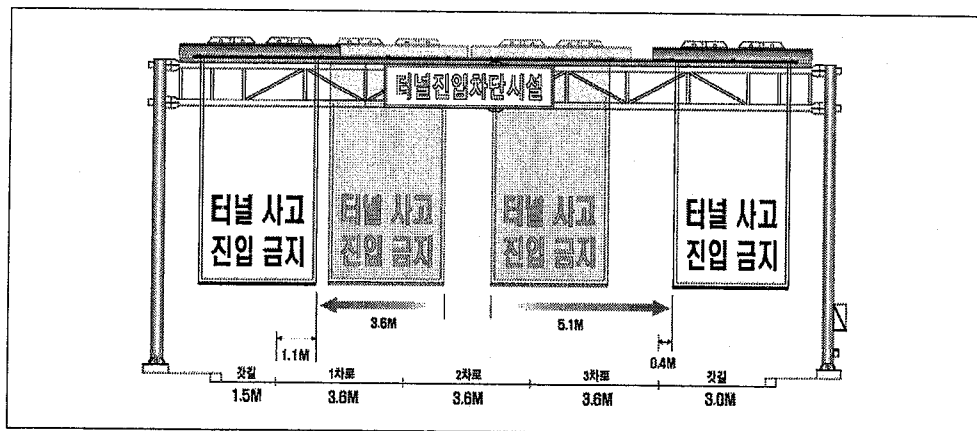
붙임 - 2

차단막 유지관리시 하강위치

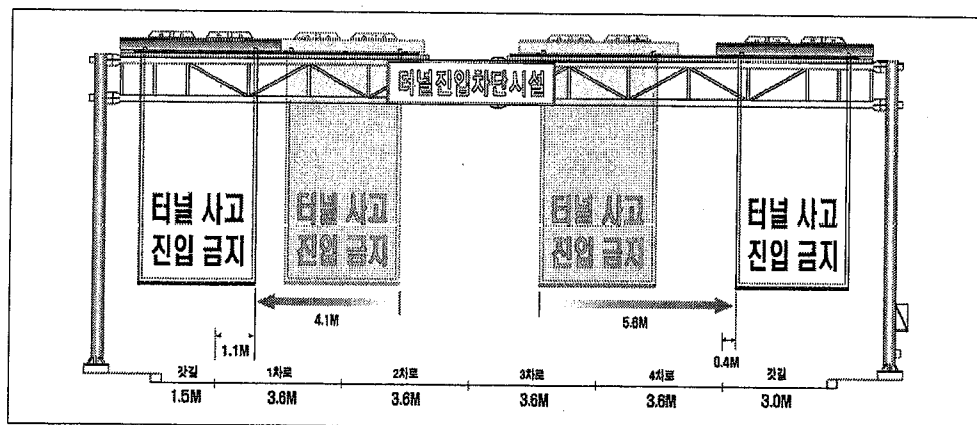
▷ 2차로



▷ 3차로



▷ 4차로



붙임 - 3

터널진입 차단시설 표지판 상세도

○ 현 행



○ 개 선



9-14 터널조명 설계기준 개선

시 설 차-2990
(2008. 10. 16)

I 목 적

터널 조명의 제반기준과 유지관리 강화 등으로 보수율 및 야간 조명회로의 설계기준을 개선코자 함

II 시 설 현 황

1. 신설터널 현황

구 분	계	1,000m이하	1,000m이상	비고
계	62 개소	45 개소	17 개소	
2008년	4 개소	3 개소 ·안성음성 : 3	1 개소 ·안성음성 : 1	
2009년	21 개소	18 개소 ·대전당진 : 7 ·서천공주 : 5 ·춘천동홍천 : 4 ·주문진속초 : 2	3 개소 ·춘천동홍천 3	
2010년	37 개소	24 개소 ·전주남원 : 24	13 개소 ·전주남원 : 13	

2. 터널 조도기준

구 분		기준조도 (룩스)				
		경계부	이 행 부	완 화 부	기본부	출구부
거 리 (m)		60	120	200	-	70
포장	콘크리트	1,820	1,690 ~ 1,020	790 ~ 170	120	400
	아스팔트	2,520	2,340 ~ 1,420	1,100 ~ 240	170	560

III 문 제 점

1. 현 터널조명 설계에 적용하고 있는 보수율이 터널 광원개선 및 유지보수 강화 등으로 개선 필요

□ 최근 신설 및 확장노선 터널 급증으로 터널조명 건설공사비 및 유지관리비 증가 (신설터널 2010년까지 62개소)

● 터널등 수량 : 보수율에 반비례

$$N = \frac{A \cdot E}{F \cdot U \cdot M}$$

F : 광원의 광속 U : 조명율 N : 터널등 수량
M : 보수율 A : 피조면의 면적 E : 평균조도

□ 초기 터널조도가 기준조도에 비해 다소 높음

● 신설터널은 모든 조명환경이 최상 상태

[단위 : 룩스]

터널조도	경계부	이 행 부				완 화 부					기본부	출구부
		1	2	3	4	1	2	3	4	5		
기준조도	1,820	1,690	1,460	1,250	1,020	790	550	360	230	170	120	400
초기조도	2,990	2,730	2,380	2,060	1,680	1,320	920	610	390	280	200	650

※ 초기조도 : 기준조도에 보수율을 감안한 실측 조도값 (162 ~ 170%)

☞ 보 수 율

기준조도는 충분한 보수관리를 하고 사용 기간중 항상 유지관리 하지 않으면 안 될 하한치, 주로 램프의 광속감쇠나 기구의 더러워짐 등에 의한 노면조도의 저하를 최초로부터 감안한 값

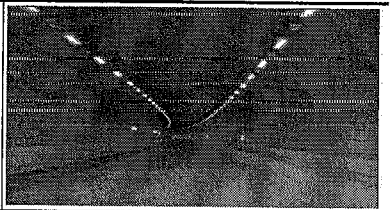
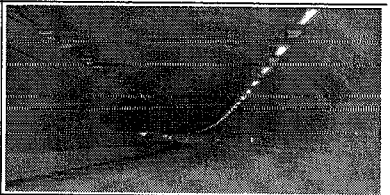
☞ 보수율 기준

터널상황 일교통량	길이(m) 구배(%)	1,500 이상		500~1,500		500미만	
		2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만
20,000 이상		0.4	0.5	0.5	0.55	0.55	0.6
10,000~20,000		0.45	0.55	0.55	0.6	0.6	0.65
5,000~10,000		0.5	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7
5,000 미만		0.55	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75

[도로터널 조명시설의 설계기준 (국토해양부 1996. 4. 25 제정)]

2. 신설터널 야간 초기 과조도에 대한 대처가 어려움

- 일·출몰 및 심야시간에 의한 2단계(야간, 심야) 제어로
회로 구성상 다단계 제어 불가
 - 터널 행선당 2회로 (추월선 : 야간 1회로, 주행선 : 심야 1회로)
- 현 야간조명 운영현황

구 분	조도값 (룩스)		운영시간	전 경
	기 준	초 기 [보수율 감안]		
야 간	30	66	일몰 이후 ~ 24:00	
심 야	15	33	24:00 ~ 일출 이전	

※ 야간 조명등기구가 3등용으로 조도값이 다른 운영단계보다 다소 높음

3. 터널내 대형 화재발생시 고열로 인하여 전원케이블 열화 ⇒ 비상조명등 소등

- 화재로 인한 터널 비상조명등 소등 현황 (2개소)
 - 호남터널 (2007. 6 .2), 통영2터널 (2007. 6. 5)
- 비상조명등 예비전원내장 기 시행 [시설처-2022(2007.8.3)]
 - 비상조명등을 60분 이상 유효하게 작동

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

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

IV 개 선 안

1. 터널조명 보수율 개선

□ 보수율 10% 상향 [터널등 수량 10%감]

[현행/개선]

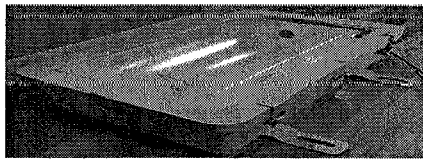
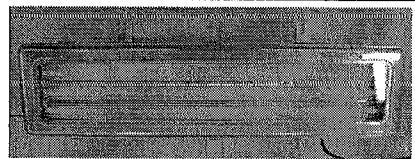
터널 상황 일교통량	길이 (m) 구배 (%)	1,500 이상		500~1,500		200~500		200 미만	
		2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만
20,000 이상		0.4 0.45	0.5 0.55	0.5 0.55	0.55 0.6	0.55 0.6	0.6 0.65	0.65 0.7	0.7 0.75
10,000~20,000		0.45 0.5	0.55 0.6	0.55 0.6	0.6 0.65	0.6 0.65	0.65 0.7	0.7 0.75	0.75 0.8
5,000~10,000		0.5 0.55	0.6 0.65	0.6 0.65	0.65 0.7	0.65 0.70	0.7 0.75	0.75 0.8	0.8 0.85
5,000 미만		0.55 0.6	0.65 0.7	0.65 0.7	0.7 0.75	0.7 0.75	0.75 0.8	0.8 0.85	0.85 0.9

[관련규정]

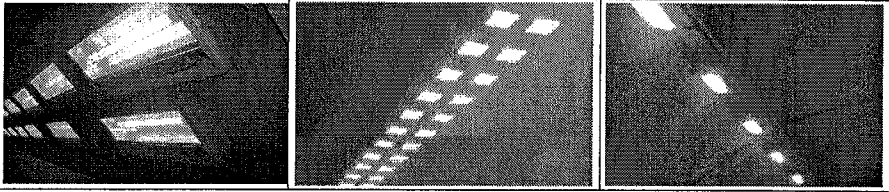
- 일방통행터널의 입구부 조명의 보수율은 0.05 상향 가능 특례 적용
- 기본부, 출구부구간은 기준 보수율의 90% 적용
[도로터널 조명시설의 설계기준 (국토해양부)]

□ 보수율 개선사유

● 터널등기구

구 분	제 정 당 시	현 재
재 질	합성수지	스텐레스
방수특성	반 밀 폐	완전밀폐
설치위치	벽 면	천 정
외 형		
개선사항	■ 완전밀폐형 등기구 사용으로 등기구 오염 개선 ■ 설치위치 개선으로 조명효율 극대화 ■ 등기구 재질 개선으로 매연 등 오염 피해 축소	

● 광 원

구 분	제정당시	현 재	
	저 압 등	고 압 등	형 광 등
색 온 도	1,500K	2,100K	3,150K
수 명	12,000h	24,000h	8,000h
색 상	등황색	등백색	주광색
제 조 원	외 산	국 산	국 산
외 형			
개선사항	■ 색상 및 연색성 개선으로 심리적 체감 조도 상승 ■ 기술개발로 수명 등 조명효율 극대화 ■ 광원 국산화로 소등시 즉시 교체 가능		

※ 색온도 : 자연광[5,400K]에 가까운 정도

● 유지관리

구 분	제 정 당 시	현 재
램프 및 안정기 교체	년 1회 이하	년 2회 이상
등기구 청소	년 1회 이하	년 2회 이상
타일청소	년 1~2회	년 2~3회 이상
개선사항	■ 유지관리 강화로 터널 조명환경 개선	

■ 기대효과

● 현 유지보수 기준에 적합한 터널조명 보수율 기준 수립

● 보수율 개선 절감액 : 201억원

■ 건설공사비 : 105억원

■ 유지관리비 : 96억원 (10년기준, 년 절감액 9.6억)

※ 대상터널 : 2009~2010년 개통터널 58개소

2. 야간 조명회로 설치기준 개선

□ 개 선 안

현 행	개 선
□ 회로수 : 행선당 2회로 ○ 주행선 : 심야회로 ○ 추월선 : 야간회로 ○ 주·추월선 각 1회로 □ 비상조명등 배터리 설치 ○ 설치대상 : 주행선 심야등의 1/3 ○ 설치간격 : 12m - 형광등 4m간격 설치시 ○ 운영조도 : 7룩스	□ 회로수 : 행선당 4회로 (2회로 추가) ○ 주행선 : 심야 + 야간회로 (1 추가) ○ 추월선 : 야간 + 심야회로 (1 추가) ○ 주·추월선 각 2회로 □ 비상조명등 배터리 설치 ○ 설치대상 : 추월선 심야등의 1/2 ○ 설치간격 : 16m ⇒ 회로구성상 설치간격 조정 ○ 운영조도 : 5룩스(보수율감안 8룩스) ※ 기존 터널의 배터리 설치도 개선 설치간격으로 적용 □ 공사비 다소 증가 (증 2%)

● 운영방법 개선

- 신설터널은 보수율 감안 실 조도 측정후 기준조도 범위 내 조명 감운영

- 동일 신설노선내 터널은 같은 방법으로 감운영 시행
 - 세부 야간조명 감운영 방법 : 『붙임 참조』

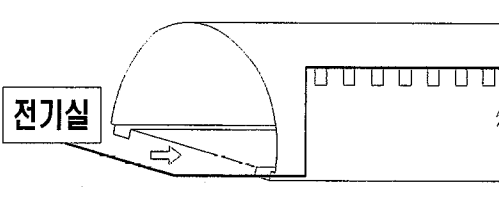
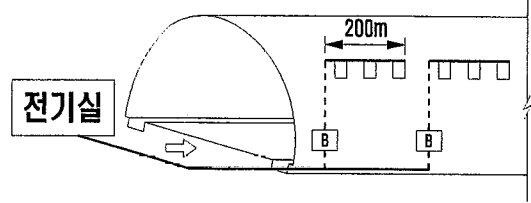
- 기존터널은 고유가 극복을 위한 『터널 야간조명등 감운영』 시행
- ※ 관련공문 : 시설처 - 2121(2008. 8. 1)

■ 기대효과

- 야간조명 개선으로 신설터널의 초기 과조도에 대한 대처
 - 야간 4단계 제어로 기준조도에 맞추어 조명 감운영
- 야간조명 운영시 도로면 조명균제도 상승 (40%)
- 에너지 절감액 : 19억원 (10년기준, 년 1.9억원)

3. 비상조명등 케이블 배선방법 개선 (시험설치)

□ 개 선 안

현 행	개 선
□ 전원공급 : ○ 주간선 : 등기구 직접 접속 □ 설치위치 ○ 주간선 : 상부 트레이 □ 개 념 도  □ 비상조명등 배터리 설치 ○ 설치대상 : 주행선 심야등의 1/3 ○ 설치간격 : 12m - 형광등 4m간격 설치시 ○ 운영조도 : 7룩스 □ 장 단 점 ○ 화재시 주간선 케이블 열화 ○ 전구간 조명등 소등 ○ 시공성 우수	□ 전원공급 ○ 주 간 선 : 분기간선 접속 ○ 분기간선 : 등기구 접속 [200m단위로 분기] ○ 대상회로 : 주행선측 심야회로 □ 설치위치 ○ 주 간 선 : 하부공동구 ○ 분기간선 : 상부트레이 □ 개 념 도  □ 비상조명등 배터리 설치 ○ 설치대상 : 주월선 심야등의 1/3 ○ 설치간격 : 24m ○ 운영조도 : 13lux (3+10) ※ 주행선측 심야등 배선방법 개선으로 화재시 보호 □ 장 단 점 ○ 화재시 소등구간최소화(200M) ○ 시공성 다소 미흡 ○ 공동구내 분기배선 누전 및 전기적 안정성 검토 필요

■ 기대효과

- 터널내 화재시 비상조명등 케이블 보호로 조명등 소등구간 최소화
- 배터리 내장형 등기구 축소(1/2)

※ 시험 설치후 확대방안 검토

- 시험 설치터널 : 주문진-속초 구간내 현남터널 (설계변경 시행)

V 추진 계획

- ☐ 향후 설계시 반영
- ☐ 현 시공중인 터널은 현장여건을 감안하여 설계변경
 - 2009년 개통 예정터널은 설계변경 시행

※ 붙임

1. 야간조명 감운영 세부방법
2. 유지보수 전·후 조도 상승율
3. 보수율 개선후 절감액
4. 야간조명 감운영 에너지 절감액
5. 터널조명 개선 보수율
6. 야간조명등 설치기준 개선 회로도
7. 비상조명등 케이블 배선방법 개선 회로도

불 임 - 1

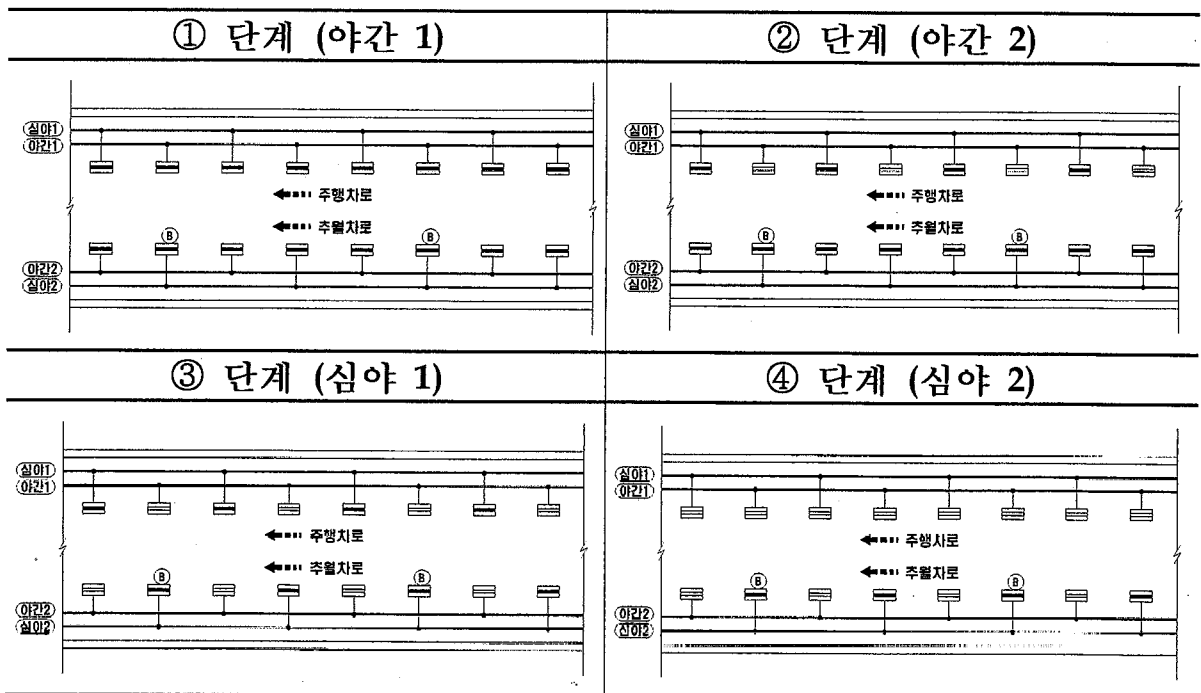
야간조명 감운영 세부방법

□ 운영단계별 점등방법

단 계	설계조도	점등방법				비 고 (보수율감안)
		야 간 등		심 야 등		
		주행	추월	주행	추월	
①	40 룩스	○	○	○	○	66룩스
②	30 룩스	×	○	○	○	50룩스
③	20 룩스	×	×	○	○	33룩스
④	10 룩스	×	×	×	○	17룩스

※ 감운영한 야간등은 주간시는 모두 점등

□ 운영단계별 회로도



□ 신설터널 초기 감운영 (예시)

구 분	기준조도	운영시간	운영방법	
			현 행	감운영
야 간	30룩스	일몰이후 ~ 24:00	① 단계	③ 단계
심 야	15룩스	24:00 ~ 일출이전	③ 단계	④ 단계

※ 연간 실 조도 측정후(보수율 감안) 기준조도 범위내 감운영 방법변경

붙임 - 2

유지보수 전·후 조도 상승율

□ 조도측정 현황

구 분	측 정 내 용	비 고
측 정 개 소	4개소 (반월, 구신광암, 담양1터널)	
터 널 램 프	형광등 + 고압등	
측 정 시 점	유지보수 전·후 측정	
측 정 일 자	2008. 3. 14~4.4(반월, 광암), 8. 27(담양1)	
측 정 방 법	터널조도 측정 차량을 이용	

□ 조도 상승율

유지보수 내용	조도상승율(%)	비 고
램프, 안정기 교체	5	구간별 거리가중치를 고려한 평균값
등기구 세척	35	
타 일 청 소	5	

■ 터널별 세부 조도 상승율

보수내용	터 널 명	전체 평균	구간별 조도상승율				
			경계부	이행부	완화부	기본부	출구부
램프, 안정기 교체	평 균	4.53	11.94	6.67	9.04	1.31	11.70
	반월 (인천)	4.72	7.69	10.89	15.13	1.57	15.57
	구광암(판교)	4.34	16.19	2.46	2.96	1.05	7.83
터널등 세척	평 균	34.89	36.89	36.70	27.41	26.12	63.10
	구광암(판교)	24.42	21.35	27.37	8.68	21.42	57.79
	신광암(퇴계원)	45.37	52.43	46.04	46.15	30.82	68.42
타일청소	담양1	4.85	5.61	2.51	3.74	10.65	9.68

불 임 - 3

보수율 개선 후 절감액

□ 대상터널 : 58개소 (2009~2010년 개통)

□ 절 감 액

구 분	절 감 액			비 고
	m당 단가	터널연장	금 액	
건설공사비	229천원	45,756m	105억원	전등, 케이블트레이 공사 절감
년간 유지관리비	21천원	45,756m	9.6억원/년	전력료 포함

※ 터널연장 : 전체 터널 상·하행선 평균거리의 합계

■ 유지관리비 절감액 산출

○ 년 전력료

■ m당 전등용량 : 345W

■ 기 본 료

$$345W \times 12월 \times (5,480원 \times 1.1/1,000) = 24,956원$$

■ 사 용 료

$$- \text{형광등} : 120W/m \times (20h \times 365일) \times (55.3원 \times 1.1/1,000) = 53,287원$$

$$- \text{고압등} : 225W/m \times (8h \times 365일) \times (55.3원 \times 1.1/1,000) = 39,965원$$

■ 계 : 118,208원

○ 년 유지관리

■ 램프 보수 : 29,967원

$$- \text{형광등} : 3등/m \times 1회 \times (5,677원 \times 1.6) = 27,250원$$

$$- \text{고압등} : 0.6등/m \times 1/3회 \times (8,491원 \times 1.6) = 2,717원$$

■ 등기구 청소 : 36,270원 (외부 인력기준)

$$- \text{형광등기구} : 1등/m \times 2회 \times (7,084원 \times 1.6) = 22,669원$$

$$- \text{고압등기구} : 0.6등/m \times 2회 \times (7,084원 \times 1.6) = 13,601원$$

■ 기타보수 : 보수비의 30% = 19,871원

■ 계 : 86,108원

○ m당 년 절감액 : 20,432원/년

■ 전체 유지관리비 204,316원의 10%

불 입 - 4

야간조명 감운영 에너지 절감액☐ 신설터널 야간조명 운영방법(예시)

○ 야간조명 : ③단계 (심야1)

○ 심야조명 : ④단계 (심야2)

☐ 야간등 수량

[단위 : 등]

구 분	계	대전 당진	서천 공주	춘천 동홍천	주문진 속초	전주 남원
계	45,704	3,264	2,076	7,176	1,546	31,642
야간등	22,852	1,632	1,038	3,588	773	15,821
심야등	22,852	1,632	1,038	3,588	773	15,821

※ 광 원 : 형광등 32W

☐ 년 절감액 : 200백만원/년

○ 야간조명 절감액

▪ 기존 운영시

$$(45,704\text{등} \times 32\text{w} \times 1.25/1,000) \times (6\text{h} \times 365\text{일}) \times 55.3\text{원} \times 1.1$$

$$= 243,543\text{천원}$$

▪ 절 감 액

$$243,543\text{천원의 } 1/2 = 121,772\text{천원}$$

○ 심야조명 절감액

▪ 기존 운영시

$$(22,852\text{등} \times 32\text{w} \times 1.25/1,000) \times (6\text{h} \times 365\text{일}) \times 55.3\text{원} \times 1.1$$

$$= 121,771\text{천원}$$

▪ 절 감 액

$$121,771\text{천원의 } 1/2 = 60,886\text{천원}$$

○ 절감액 계 : 183백만원/년

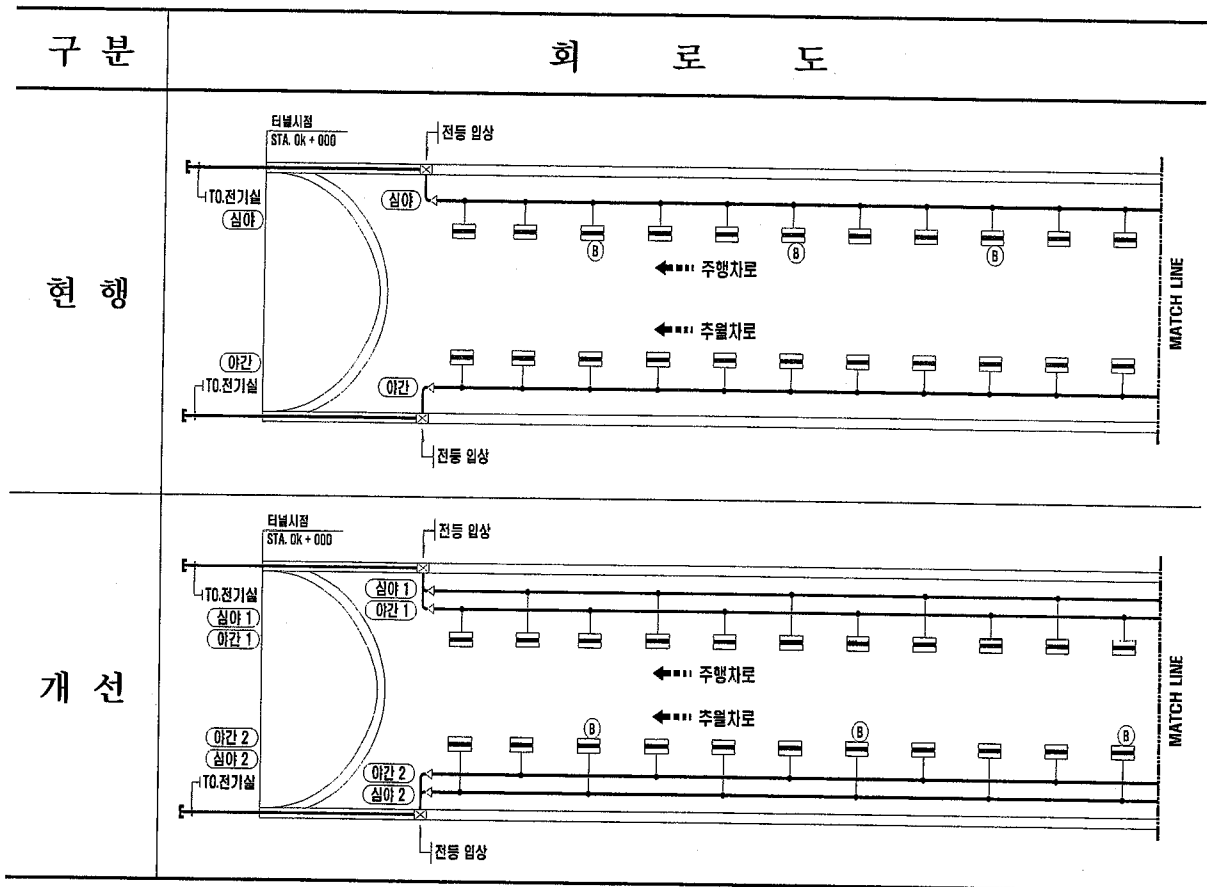
불 임 - 5

터널조명 개선 보수율

구분	터널 상황 일교통량	길이 (m) 구배 (%)	1,500 이상		500~1,500		200~500		200 미만	
			2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만	2%이상	2%미만
입구부	20,000 이상		0.45	0.55	0.55	0.6	0.6	0.65	0.7	0.75
	10,000~20,000		0.5	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7	0.75	0.8
	5,000~10,000		0.55	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75	0.8	0.85
	5,000 미만		0.6	0.7	0.7	0.75	0.75	0.8	0.85	0.9
기본부 출구부	20,000 이상		0.41	0.5	0.5	0.54	0.54	0.59	0.63	0.68
	10,000~20,000		0.45	0.54	0.54	0.59	0.59	0.63	0.68	0.72
	5,000~10,000		0.5	0.59	0.59	0.63	0.63	0.68	0.72	0.77
	5,000 미만		0.54	0.63	0.63	0.68	0.68	0.72	0.77	0.81

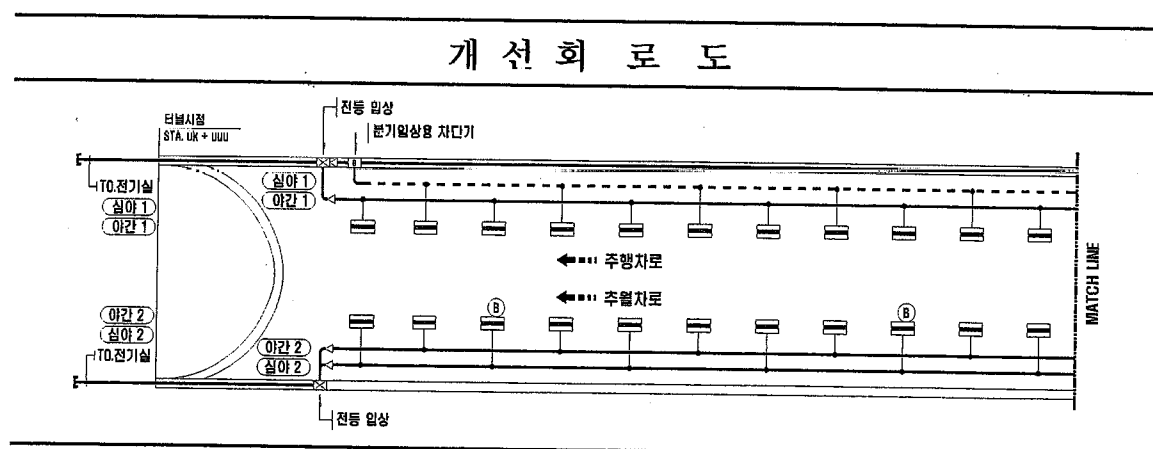
붙임 - 6

야간조명등 설치기준 개선 회로도



붙임 - 7

비상조명등 케이블 배선방법 개선 회로도



9-15 터널 비상콘센트 설치기준 개선

시 설 차3006
(2008. 10. 17)

I. 목 적

터널 내부에 구조활동이나 소화활동을 위해 설치하는 비상콘센트에 관한
관련법령 제정에 따라 제반사항을 검토하여 설치기준을 개선코자 함.

II. 관련법령

□ 법령 비교

법 령	기준/지침	세 부 내 용
소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한법률	비상콘센트 화재안전기준 [2004. 6. 이전]	1. ○ 전원회로는 3상교류 200V 또는 380V인 것과 2. 단상교류 100V 또는 220V인것으로서, 3. 그 공급용량은 3상교류의 경우 3KVA 이상인 것과 4. 단상교류의 경우 1.5KVA 이상인 것으로 할 것
	도로터널 화재안전기준 [2007. 7. 제정]	○ 비상콘센트설비의 전원회로는 단상교류 100V 또는 220V인 것, 그공급용량은 1.5KVA 이상인 것
-	도로터널 방재시 설 설치지침 [2004. 7. 제정]	○ 전원은 3상 4선에 의해 3상 교류 380V, 단상220V를 표준

□ 법령 내용 상이

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률(화재안전기준)과 국토해양부
지침(도로터널 방재시설 설치지침)이 상이

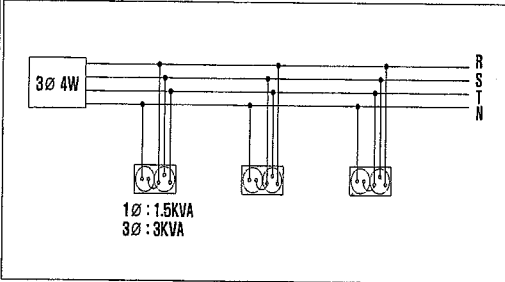
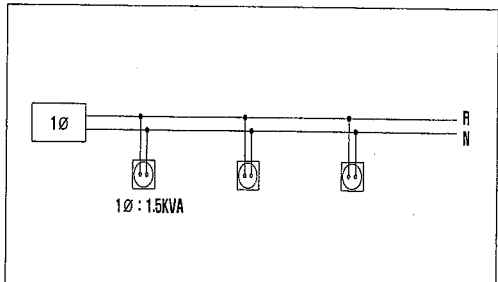
구 분	방재시설 설치지침	도로터널 화재안전기준
공급전원	3상 380V, 단상 220V	단상 100V 또는 220V

III. 질의회신 내용 [국토해양부]

- 『도로터널 방재시설 설치지침』 개정시 관련법령 반영
- 개정 전 『도로터널 화재안전기준』에 고시된 비상콘센트 설비기준
적용 가능

[국토해양부 도로환경과 - 1595(2008. 9. 3)]

IV. 개 선 안

구 분	현 행	개 선
전원공급방식	3상 4선식	1상 2선식
케이블 굵기 A(mm ²)	$A = \frac{17.8 \times L \times I}{1,000 \times e}$	$A = \frac{35.6 \times L \times I}{1,000 \times e}$
부하용량 P(Kva)	$P = 13.5 [(3 + 1.5) \times 3\text{개}]$	$P = 4.5 [1.5 \times 3\text{개}]$
부하전류 I(A)	$\frac{13.5 \times 1,000}{\sqrt{3} \times 380} = 20.5$	$\frac{4.5 \times 1,000}{220} = 20.5$
전압강하 e(V)	$220 \times 7\% = 15.4$	좌 동
회로도		
케이블 선정 (예 시)	1) 거리 : L = 500m ○ 계 산 값 : 12mm ² ○ 선정케이블 : 16mm ² /4C 2) 거리 : L = 1,000m ○ 계 산 값 : 24mm ² ○ 선정케이블 : 25mm ² /4C	1) 거리 : L = 500m ○ 계 산 값 : 24mm ² ○ 선정케이블 : 25mm ² /2C 2) 거리 : L = 1,000m ○ 계 산 값 : 48mm ² ○ 선정케이블 : 50mm ² /2C
기타사항	■ 전용회로는 터널 종점부에서 우선적으로 10개씩 구성 예) 터널내 비상콘센트 전체수량이 12개 (1번 ~ 12번) - 전용회로 L1 : 2개 (1번 ~ 2번) - 전용회로 L2 : 10개 (3번 ~ 12번) ■ 부하전류 20.5A의 허용전류치 (4mm ² 이상)를 만족하고 분기접속 및 기계적 강도를 감안하여 케이블은 6mm ² 이상으로 선정 ■ 케이블굵기 산정시 거리(L)는 해당 전용회로의 말단부하 거리	

※ 예산 절감액 : 7억원 (2009~2010년 개통 500m이상 터널 35개소 기준)

V. 적용방안

- ☐ 향후 설계시 반영
- ☐ 현 시공중인 터널은 현장여건을 감안하여 설계변경 시행

※ 첨 부

비상콘센트 개선 공사비 산출 1부.

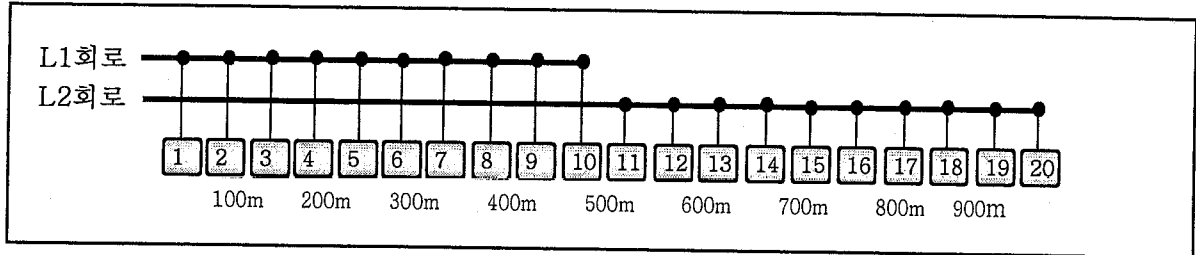
첨 부

비상콘센트 개선 공사비 산출

□ 터널현황

○ 터널길이 : 1,000m (편도 2차로)

□ 회 로 도



□ 공사비 산출

구 분	현 행	개 선
케이블 및 수량	○ L1회로 : - 케이블 : NFR-8 16㎟/4C - 수량 : 500m × 2 = 1,000m ○ L2회로 : - 케이블 : NFR-8 25㎟/4C - 수량 : 1,000m × 2 = 2,000m	○ L1회로 : - 케이블 : NFR-8 25㎟/2C - 수량 : 500m × 2 = 1,000m ○ L2회로 : - 케이블 : NFR-8 50㎟/2C - 수량 : 1,000m × 2 = 2,000m
공 사 비	○ 자재비 - 1,000m × 14,212원 = 14,212천원 - 2,000m × 22,527원 = 45,054천원 - 계 : 59,266천원 ○ 노무비 - 1,000m × 0.023 × 2.6 × 115,893원 = 6,930천원 - 2,000m × 0.03 × 2.6 × 115,893원 = 18,079천원 - 계 : 25,009천원 ○ 제경비 : 33,909천원 ○ 공사비계 : 118,184천원	○ 자재비 - 1,000m × 11,402원 = 11,402천원 - 2,000m × 21,703원 = 43,406천원 - 계 : 54,808천원 ○ 노무비 - 1,000m × 0.03 × 1.4 × 115,893원 = 4,867천원 - 2,000m × 0.043 × 1.4 × 115,893원 = 13,953천원 - 계 : 18,820천원 ○ 제경비 : 28,162천원 ○ 공사비계 : 101,790천원
절 감 액	-	16,394천원 (M당 절감액 : 17천원)

감 사
이승태

팀 장	처 장	본 부 장
김민우	김영석	이정복

등록번호	설계처 - 2692
보존기간	10년
결재일자	2008. 10. 17
공개구분	공 개

협 조	· 건설계획처장 : 이영석 · 건설관리처장 : 이승화 · 조 사 팀 장 : 차은석
--------	---

비탈면 파괴 원인분석을 통한 꺾기비탈면 설계기준 개선

2008. 10.

목 차

- I. 검 토 목 적
- II. 그 간 추진경위
- III. 현황 및 원인 분석
- IV. 검 토 방 향
- V. 개 선 방 안
- VI. 적 용 방 안
- VII. 기 대 효 과
- VIII. 향후 검토사항

설계기준팀장	이승태
구조설계팀장	정민원



한국도로공사 40년

설 계 처

빠른 길, 편한 길, 안전한 길

김철호

I 검토 목적

- 시공중 깎기비탈면의 지속적인 설계변경 발생
- 유지관리시 깎기비탈면에 대한 보강공사 발생
- 시공 및 유지관리시 파괴현황에 대한 Feed Back을 통해 깎기비탈면 설계 및 시공 개선사항을 도출하여 깎기비탈면 파괴를 최소화 하고자 함

II 그간 추진경위

□ 2008. 1~4 : 깎기비탈면 분야별 전문가 T/F 협의체 구성·운영(건설관리처)

○ 구 성

- 외부전문가(11명) : 설계용역사, 하도급사, 토질조사 용역업체, 기술자문단
- 내부직원(14명) : 본사 관련부서, 사업단, 도로교통연구원

○ 중점 추진 과제

- 설계기준 보완 및 정립
- 시공중 합리적인 깎기비탈면 관리방안 수립
- 시공단계별 감독확인 의무화

□ 2008. 5 : 깎기비탈면 설계변경 최소화 대책(안) 수립(건설관리처)

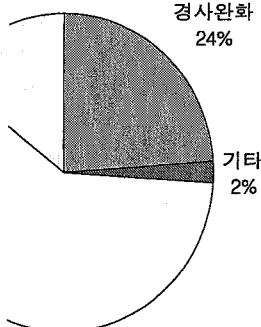
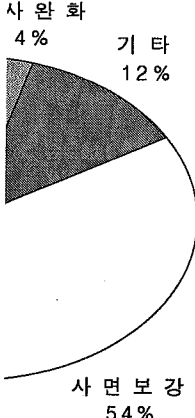
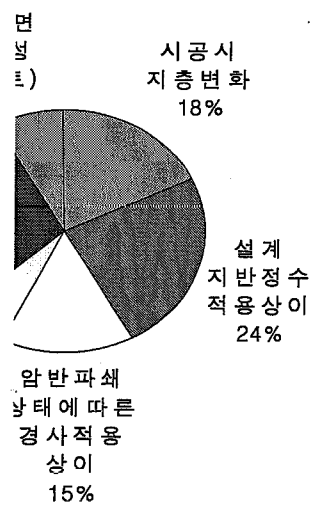
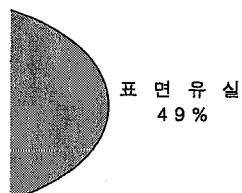
- 대절토부(20m이상) 조사기준 강화
- 시공전 설계적정성 검토비용 반영

□ 2008. 6 : 깎기비탈면 설계변경 최소화를 위한 토질조사기준 개선(설계처)

- 시추조사 심도 및 빈도 강화
- 시추 조사 위치(종, 횡방향) 개선

III 현황 및 원인 분석

□ 현 황

구 분	시공중	공용중
분석 대상	2006~2008년 설계변경 심의 비탈면 138개소	2005~2007년 도로교통기술원 자문검토 비탈면 181개소
내 용	 < 현 황 >	 < 현 황 >
	 < 원인분석 >	 < 원인분석 >
비 고	보강공법과 병행하여 표면보호공법 시행 (보강구간의 50%이상 적용)	

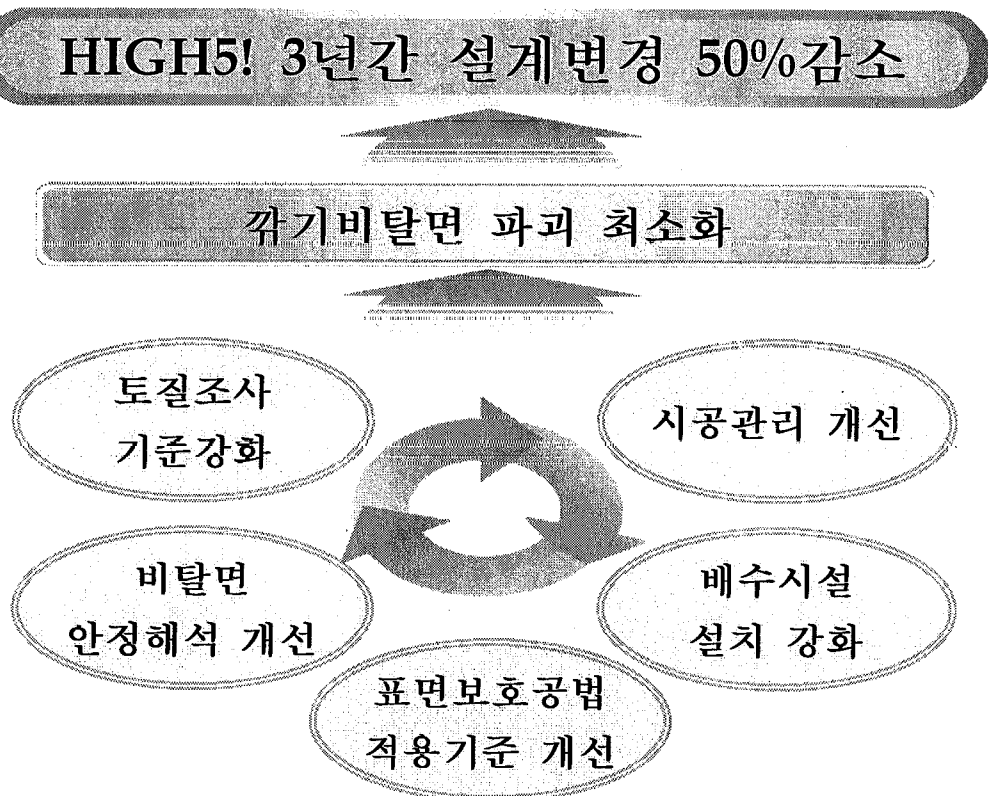
□ 원인 분석

구 분	원 인 분 석
시공중	· 설계시 지형여건, 민원 등에 의한 조사 미시행 · 암반 추정선 상이 · 안정성 검토 미흡 · 암반 비탈면 풍화
공용중	· 풍화로 인한 표면 입자 분리, 강도 저하 · 집중호우시 깎기비탈면에 대한 배수처리 미흡으로 비탈면 유실 발생

□ T/F 협의체 의견

- 지질특성에 따른 취약구간의 추가 상세조사 필요
- 발파로 인한 지반교란 등 시공특성 반영

IV 검토 방향



설계시		시공시
조사 강화	비탈면 안정해석	
· 토질조사 기준 보완 · 암반 시험 추가	· 암반 비탈면 안정해석 개선	· 발파공법 시공절차 규정
· 표면보호공법 적용기준 개선 · 배수시설 설치 강화 · 기타 발파공법 선정기준과 신기술, 특허관련 보강공법 적용방안 개선		

V 개선 방안

구 분		문제점	개선 내용
설 계	토질 조사 기준 보완	○ 암반 추정선 상이	○ 종방향 물리탐사 시행 - 시추조사 및 안정해석 시행대상 깎기 비탈면 전구간 시행 (종단방향 및 횡단방향으로 축선 설정)
		○ 취약구간 조사 미흡	○ 내설있는 지표지질조사 시행 - 지질 및 지반전문가에 의한 인근 비탈면조사, 지질구조(단층, 습곡, 절리), 지표면 토질상태, 용수상황(지표수 및 지하수), 노두조사 시행 - 취약구간 선정 및 추가조사 계획 수립 ※ 풍화대, 파쇄대구간에는 불교란 시료 채취를 위한 삼중코어배럴 사용
		○ 조사 미시행	○ 민원구간 조사시 관계기관 협조 ○ 장비진입 곤란지역 간이 시추조사(BX규격) - 지층 확인을 위해 물리탐사 병행

구 분		문제점	개선 내용
설 계	암반 시험 추가	○ 장기간 대기 노출에 의한 풍화	○ 풍화민감도(슬레이킹, 스웰링) 시험 - 암반의 풍화 가능여부 확인 - 표면보호공법 적용성 검토
	암반비탈면안정해석 개선	○ 암반 절리에 대한 안정성 검토 미흡	○ 3차원 수치해석을 통한 정밀해석 - 암반 불연속면 특성 파악 후 3차원 절리망 이용 수치해석 시행
	표면 보호 공법 적용 기준 개선	○ 장기적인 풍화 요소를 내재한 지질 검토 미흡	○ 현 행 - 깎기작업 난이도에 의한 토질분류(토사, 리핑, 발파암)에 따른 표면보호공법 적용 ○ 개 선 - 파괴(붕괴) 요인별 지질조건에 따른 표면보호공법 적용성 추가검토 · 침식에 약한 지반 : 실트질 모래, 화강풍화토 지역 · 풍화가 빠른 암반 : 이암, 응회암, 세일, 점판암, 편암지역 · 균열이 많은 암반 : 화강편마암, 편암류
	배수 시설 설치 강화	○ 집중호우시 용량 부족 ○ 침투수에 의한 측구유실 ○ 비탈면내 지하수 용출로 지반연약화 발생	○ 계곡부 도수로 규격확대 - 현행 : 600(가로)×500(높이)mm - 개선 : 1,000×600mm ※ 계곡부 용량이 많을 시 별도 규격 검토 ○ 산마루측구 하부 맹암거 설치 - 비탈면 상부에서 유입되는 침투수 처리 - 토사비탈면 상단부 측구경사 1:4 이상 구간 설치 ※시험시공후 세부 시행방안 수립 ○ 수평배수공 검토 철저 - 지하수, 용수 조사결과에 따른 수평배수공 설치 - 지층 조사결과에 따른 투수층과 불투수층 경계부 수평배수공 설치

구 분		문제점	개선 내용
설 계	보강 공법 적용 개선	○ 신기술, 특허 등 특정공법 설계적용시 특허의혹, 전용 실시권 주장 등 민원 내포	○ 특정공법 설계도면 및 공법명칭 미표기 - 일반공법 명칭인 '네일공', '록볼트', '록앙카'로 표기 ※비탈면 특성에 따라 특정공법 적용이 불가피할 경우 별도 검토하여 협약서 체결후 적용
시 공	시공 절차 개선	○ 과대 발파로 인한 지반교란	○ 현 행 - 보안물건, 이격거리 및 진동속도에 따른 발파공법 적용 - 시험발파를 통한 장약량 산출에 의한 발파 ○ 개 선 - 단계 발파 시행 · 1단계(일반구간) - 적정 장약량에 의한 발파 · 2단계(최종 깎기비탈면 근접구간) - 발파전문가 검토에 의해 불연속면, 절리상태를 고려한 암파쇄굴착, 정밀 발파공법 적용
기타사항 : 깎기비탈면 시공단계별 Check List 활용 시공관리			

VI 적용 방안

- 2008. 10월 이후 설계 착수노선부터 적용
- 설계중인 노선 : 공정을 감안하여 적용
- 설계완료 미발주노선 : 보완설계시 적용

VII 기대 효과

- 건설공사 투명성 확보 및 대국민 신뢰확보
- 이용고객의 주행안전성 향상

꺾기비탈면 설계내실화

설계변경요인 차단

- 토질조사기준 강화
- 3차원 암반 비탈면 안정해석
- 암질에 따른 발파공법 선정

유지관리시 파괴요인 차단

- 표면보호공법 적용기준 강화
- 배수시설 설치 강화

VIII 향후 검토사항

- 비탈면 파괴시 설계변경이 인정되어 정밀시공에 대한 시공자의 책임감 부재

⇒ 시공자의 창의적인 설계 및 책임시공 유도를 위하여 취약 구간 깎기비탈면 공사에 대한 계약제도(적정성 심사방법Ⅲ) 도입방안 검토

※ 적정성 심사방법Ⅲ(절감제안방식) :

입찰자가 절감제안 설계서를 제출하면 기술적 적정성을 심의하여 적격판정을 받은 최저가 입찰자부터 주관적 심사 시행

- 설계, 시공 및 유지관리의 비탈면 설계, 보강공사, 파괴현황 및 원인에 대한 Data Base 구축하여 향후 설계시 활용

⇒ 2009년 시스템 구축용역 시행

- 비탈면 상부 침투수 발생 구간 선정하여 산마루측구 하부 맹암 거 시험시공 시행

⇒ 효과 분석에 따른 세부 시행방안 수립

붙임 : 1. 깎기비탈면 설계 흐름도

2. 민원구간 토질조사 업무절차

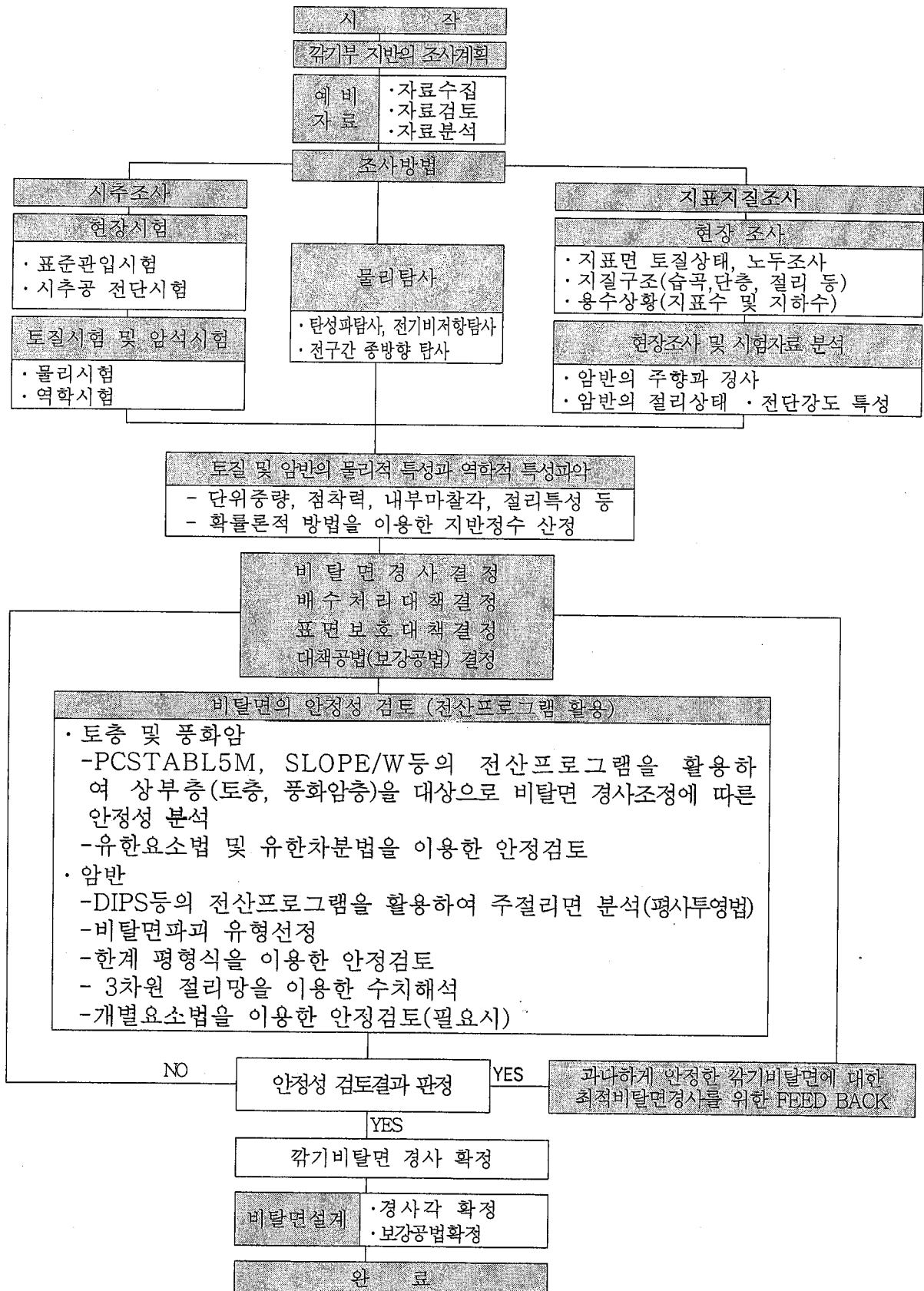
3. 암반비탈면 안정해석 흐름도

4. 깎기비탈면 설계 Check List

5. 표면보호공법 적용기준 개선

6. 깎기비탈면 시공단계별 Check List

꺾기비탈면 설계 흐름도



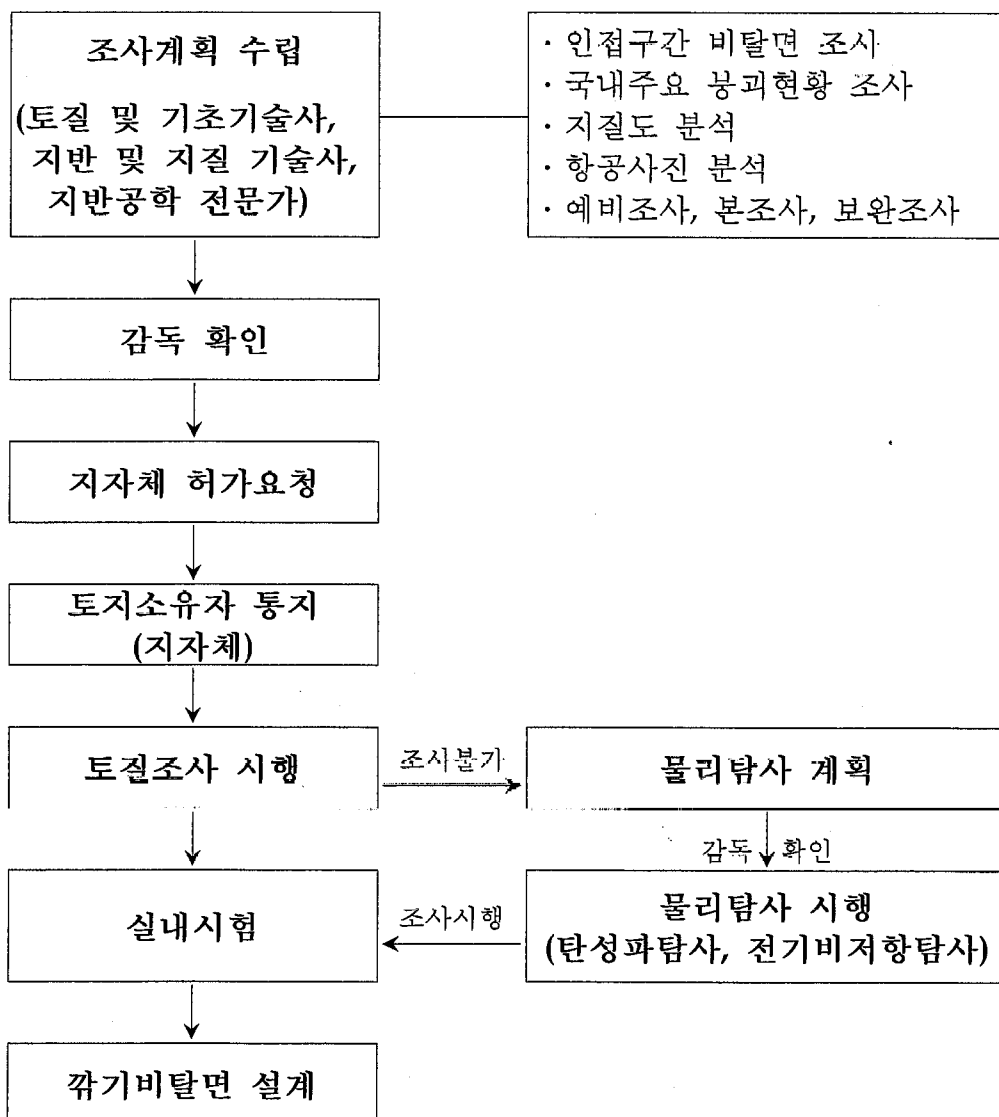
민원구간 토질조사 업무절차

□ 토지의 출입과 사용 관련 법률

도로법 제46조

공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률 제9~13조

□ 토질조사 수행절차



암반비탈면 안정해석 흐름도

지반조사/분석	지형 및 지질분석	• 선구조분석/지표지질조사 • 암종, 지질구조 파악 • 불연속면군의 방향성 분석
	실내시험	• 암석강도시험 • 절리면 전단시험
	현장시험	• 시추공전단시험, 공내재하시험
평사투영해석	• 비탈면 파괴가능성(평면, 전도, 썩기파괴가능성) 평가(DIPS)	
SMR 분류	지반등급 분류	• 5등급 분류 • 등급별 보강방안 제시
한계평형해석	평면파괴	• 암반강도 정수 불확실성을 고려하여 확률론적 방법을 이용한 한계평형해석 실시
	썩기파괴	• SWEDGE를 이용한 안정성 검토
정밀 해석	수치해석	• 확률절리망 구현후 절리면을 고려한 변위해석
	확률론적 신뢰도	• 암반 절리특성 값 및 강도정수 통계분석을 통한 확률신뢰도 해석
보강 대책	보강대책	• 락볼트, 록앵커 적용 검토
	비탈면 보호공법	• 낙석방지대책 및 표면보호공법 적용

꺅기비탈면 설계 Check List

분류 항목		설계 VE Check List	비고
안정성	암반평가	설계시 암종을 평가하고 특성을 파악하여 설계에 반영하였는가.(암종의 풍화성, 불연속 특성, 강도특성 고려)	
	지질구조 평가	지질구조 특성에 따라 평가가 올바르게 이루어져 있는가. (대규모지각운동에 따른 습곡, 퇴적암의 층리, 변성암의 편리등)	
	암반 분류	암반분류가 올바르게 되었으며, 설계에 반영되었는가. (설계시 SMR, RMR, RQD, TCR 등을 평가하여 역학 거동에 적합한 암분류 실시)	
	지층 평가	지층평가가 주상도, 조사내용과 일치하며 지형과도 부합되는가.	
	입력 물성산정	입력 물성은 적절한가. (입력한 강도정수가 대표성을 나타내도록 되었는지 평가 여부)	
	평가법 (설계법)	안정해석법이 올바르게 선정되었는가. (안전율 및 지하수위 적용)	
	보강공법 선정	암종, 지반특성, 지질구조 특성을 고려한 공법으로 선정되었는가.	
	표면보호공법	균열, 절리등이 심한 비탈면의 표면보호공법은 적절하게 반영되었는가.	
시공성	시공 절차	시공절차가 도면에 표시되었는가.	
	시공 내용	시공시 문제될 수 있는 부분이 설계도서(보고서, 도면, 시방서등)에 표시되었는가.	
경제성	적용 안전율	적용 안전율 평가가 올바르게 이루어져 있나.	
	비교 분석	다양한 공법 비교가 이루어져 있나.	
환경성	환경기준 만족	환경기준을 만족하는가. (산림훼손, 수질오염, 소음 및 분진등)	
지반조사	항목, 수량 적절	지반조사 수량과 항목이 적정하며, 설계에 필요한 정수에 적합한 시험이 포함되었는가. (설계시 지반조사 미시행구간에 대한 시공시 확인조사 반영 여부)	

표면보호공법 적용기준 개선

□ 식생에 의한 비탈면 보호공법

구 분	현 행	개 선	비고
토사	· 보통토사 : 중파분사 파종공법 (Seed Spray) · 심각한 세굴우려구간 : 중파분사 파종공법 + 거적덮기 · 건조 척박한 토양, 견고한 점토질 : 식생기반재 취부공법	· 보통토사 : 중파분사 파종공법 (Seed Spray) · 심각한 세굴우려구간 : 중파분사 파종공법 + 거적덮기 · 건조 척박한 토양, 견고한 점토질 : 식생기반재 취부공법 ※ 지질 조건 : 모래, 실트질 모래, 화강풍화토 지역	
리핑암	· 중파분사 파종공법 · 균열절리가 심한구간 : 식생기반재 취부공법	· 중파분사 파종공법 · 균열절리가 심한구간 : 식생기반재 취부공법 ※ 지질 조건 : 이암, 응회암, 세일, 절판암	
발파암	· 미관이 중요시되는 구간 : 식생기반재 취부공법 · 균열절리가 심한구간 : 식생기반재 취부공법	· 미관이 중요시되는 구간 : 식생기반재 취부공법 · 균열절리가 심한구간 : 식생기반재 취부공법 ※ 시질 조건 : 화강편마암, 편암류	

□ 식생기반재 취부공법 시공두께 기준

시공두께	적 용 대 상 지 역		비 고
	현 행	개 선	
T = 1cm	경사 1 : 1 이하의 완만한 양질토 지역	경사 1 : 1 이하의 완만한 양질토 지역	1 : 1 보다 완만한 지역은 망설치 생략 가능
T = 3cm	경사 1 : 1 이하의 완만한 일반토사 지역	경사 1 : 1 이하의 완만한 일반토사 지역	
T = 5cm	경사 1 : 1 이하의 완만한 경질토 또는 자갈섞인 토사지역	경사 1 : 1 이하의 완만한 경질토 또는 자갈섞인 토사지역	
T = 7cm	경사 1 : 1 이외의 점질토·마사토·호박돌 섞인 지역 및 자갈섞인 지역	- 경사 1 : 1 이외의 점질토·마사토·호박돌 섞인 지역 및 자갈섞인 지역 - 모래, 실트질 모래, 화강풍화토 지역	
T = 10cm	경사 1 : 0.7 이외의 완만한 풍화암·연암지역, 보통암이 약간 혼재된 지역 및 경암지역	- 경사 1 : 0.7 이외의 완만한 풍화암·연암지역, 보통암이 약간 혼재된 지역 및 경암지역 - 이암, 응회암, 세일, 점판암	
T = 15cm	경사 1 : 0.5 이외의 보통암 또는 경암지역	- 경사 1 : 0.5 이외의 보통암 또는 경암지역 - 화강편마암, 편암류	

※특기사항 : 대상지 환경조건 및 현장조사 결과에 따라 시공두께 조정 가능

꺅기비탈면 시공단계별 Check List

분류 항목	시공단계별 Check List	비고
시공중 조 사	설계단계에서 민원, 사유지, 위험지역 등의 사유로 조사하지 못한 구간에 보완조사(물리탐사, 시추조사, 시추공영상촬영, 토질 및 암석시험)는 실시하는가.	
	비탈면 표면침식이나 세굴을 방지하기 위한 식생공법 적용을 위하여 주변 식생환경 및 식생조사를 실시하는가.	
	설계단계에서 계획한 비탈면 배수시설(산마루측구, 소단배수, 꺅기비탈면 도수로, 수평배수공)의 배수용량, 설치위치의 적정성 검토를 위해 비탈면 상부의 유입수, 계곡부 유량, 비탈면 표면의 용수는 조사되었는가.	
꺅기공사	시공측량에 의한 비탈면 높이 등 설계도면과 상이한 부분은 확인하였는가.	
	꺅기비탈면 노출시 현황도 작성(face mapping)을 실시하고 비탈면 안정해석을 실시하는가.	
	비탈면으로부터 표면수 유입을 차단하기 위한 산마루측구를 적기에 지형상 필요한 곳에 설치하는가.	
	지하수나 용출수에 의해 비탈면이 세굴 또는 붕괴될 우려가 있는 경우에 꺅기작업과 동시에 수평배수공 및 가배수시설을 설치하는가.	
	실제 꺅기로 노출된 비탈면에서 불안정한 요인(암선 변경, 불규칙한 절리, 용수 등)에 대한 조사를 수행하고 안정성검토를 수행하는가.	
	최종 꺅기비탈면 인접구간에 대하여 암반손상 및 여굴 최소화를 위해 발파전문가의 검토에 의한 정밀발파공법을 적용하여 시공하는가.	
보강공사	설계반영된 비탈면 보강공법에 대하여 설계상의 지반조건과 현장의 지반조건이 상이할 경우 재검토하여 변경 시공을 시행하는가	
표면보호 공사	비탈면 녹화공법 선정시 자연생태복원전문가의 검토(자문)을 받아 자연환경, 토양환경, 지질 및 토질(암질) 특성 등을 종합적으로 고려하여 공법을 선정하였는가.	
유지관리	시공완료후 집중호우에 의한 토사나 낙석의 우려 있는 구간에 대한 낙석방지망, 낙석방지울타리 설치를 검토·시행하는가.	



“ 빠른길 편한길 안전한길 ”

감 사
권상래

팀 장	처 장	본 부 장
한영	정지하	한영

등록번호	건설관리처 - 4125
등록일자	2008. 10. 23.
결재일자	2008. 10. 24.
공개구분	공 개

협조: 건설계획처장 이영수 설계처장 권상래

용 지 팀 장 권상래

터널부 『입체적도로구역』 지정검토

2008. 10.

목 차

- I. 검 토 배 경
- II. 관련법규검토
- III. 현실태양문제점
- IV. 지 정 추 진
- V. 기 대 효 과



건설관리처 건설지원팀

유영수

I 검토배경

최근 터널구간 토지 지하부분 사용과 관련한 분쟁이 빈발함에 따라 유사분쟁 발생을 예방하기 위하여 터널구간 지하부분을 「입체적도로구역」으로 지정 검토코자 함.

【※분쟁사례】

구분	민원요지	처리전말	비고
사례 #1 (2006년) 현풍~김천간 별티터널	• 지하사용에 따른 공사중지가처분 소송 【토지하부 22~77m 터널 통과】	기각 (棄却)	
사례 #2 (2008년) 목포~광양간 별량1터널	• 지하사용에 따른 법적절차 미이행 주장 • 분묘하부 구간 선형변경 요구 【토지하부 35~60m 터널 통과】	소송 中	참고#1

II 관련법규 검토

□ 토지 지하사용 관련법규

구분	관련법규	내용	비고
지하부분 소유권 범위	민법 제212조	• 정당한 이익이 있는 범위내의 토지 상하	
	판례[대구고법1981.7.30. 선고80나1308]	• 정당한 이익이 있는 범위에서 효력이 미침 • 지하 18~130m 터널축조는 소유권 미침해	
	서울특별시조례 ¹⁾ 제28조 토지보상평가지침 ²⁾ 제50조	• 한계심도 : 통상적 이용행위가 예상되지 않고 토지이용에 지장이 없는 것으로 판단되는 깊이 ☞ 고층시가지 40m, …… 농지·임지 20m	
지하부분 보상	토지보상법시행규칙 ³⁾ 제31조	• 토지의 입체이용저해율을 곱하여 산정	
	도시철도법시행령 제5조	• 지하부분의 이용저해율 및 기타의 이용저해율(입체이용저해율)을 곱하여 산정	
	서울특별시조례 제9조 토지보상평가지침 제50조	• 한계심도 이내 : 입체이용저해율을 고려 결정 • 한계심도 초과 : 심도별 보상비율(10%이하)로 산정	

주 1) 서울특별시 도시철도의 건설을 위한 지하부분토지의 사용에 따른 보상기준에 관한 조례

2) 토지보상평가지침 : 한국감정평가협회 내부규정임.

3) 토지보상법 : 공익사업을위한토지등의취득및보상에관한법률

※ 토지 지하사용 관련 법률자문결과

구분	법률자문결과	비고
별티터널 사례	법률사무소 우평 (2007년 2월) • 심도 22~77m에서 보상협의의 필요성 미미 • 공사중지가처분 신청시 인용가능성 희박	참고#3
별량1터널 사례	법무법인 충정 (2008년 9월) • 본건 터널에 토지소유권 미치지 아니하며 법적하자 없음 • 소유권 범위는 법원에서 최종 판단에 따라 결정	참고#3

□ 입체적도로구역 관련법규

< 도로법 제50조 >

지상이나 지하의 공간에 대하여 상하의 범위를 정한 구역(입체적도로구역)으로 도로구역을 정할 수 있음.

※ 타기관 사례

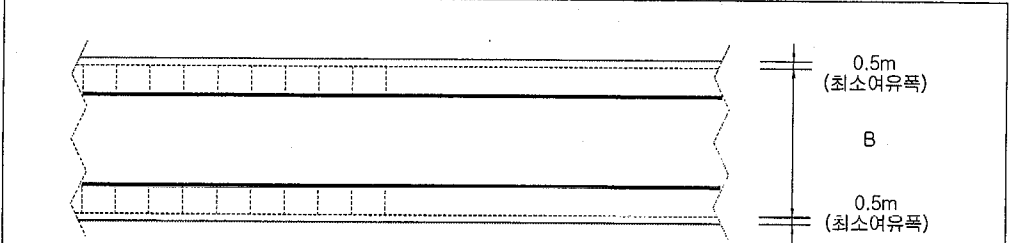
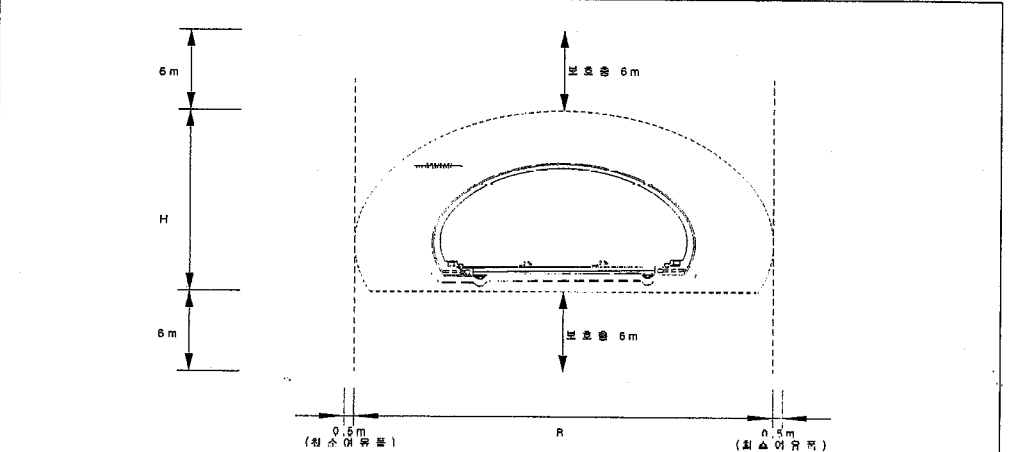
구 분	서울특별시 지하철공사	한국토지공사	비 고
터널부 사업고시 포함여부	○ (사업계획고시)	○ (도로구역결정고시)	한국토지공사 2008년 이후 시행

III 현실태 및 문제점

현실태	【법적인 측면】 • 도로관련법상 토지하부 소유권 범위에 대한 명시 규정 없음 ☞ 관련판례, 서울특별시 조례 및 토지보상평가지침 등 인용 ☞ 분쟁발생시 개별사안별로 접근 해결 【행정적 측면】 • 입체적도로구역 설정가능 규정【도로법 제50조】에도 불구하고 관행적으로 터널 통과부에 대해 도로구역(고시) 미포함 ☞ 용지도 및 용지조서 미작성, 보상협의 등 미실시 【사회적 여건】 • 터널 지하부분 보상관련 문제제기(KBS 1TV, 시청자칼럼 우리사는 세상) ☞ 보도일시 : 2008년 10월 3일 18시 55분 ☞ 보도제목 : “종손도 모르게 선산에 쌍굴을 뚫다니....”
문제점	【법적인 측면】 • 도로터널 시공 증가와 더불어 사유재산 침해 논란 지속우려 • 관련판례(81년)의 장기경과, 도시철도관련 조례 및 한국감정평가협회 지침 등 타규정 인용으로 지속적인 분쟁요인 제공 【행정적 측면】 • 터널부 고시 미포함에 따라 사업인정 효력 관련 분쟁발미 제공 ☞ 한계심도 초과범위에서도 감정평가시 보상비가 산정됨에 따라 소유(사용)권 분쟁으로 확대될 가능성 내제 【사회적 여건】 • 지하부분 보상관련 민원 지속 증가 예상

IV 「입체적도로구역」 지정추진

□ 입체적도로구역 범위

구 분	설 정 범 위	비 고
평면적 범 위	▪ 터널시설물 폭에 최소여유폭(양측 각 0.5m)을 합한 폭과 시설물 연장에 수직으로 대응하는 면적 ☞ 터널시설물 폭(B)+최소여유폭($0.5m \times 2$)=구분지상권 설정폭(용지경계 확장폭) ☞ 병렬터널 등 시설물 사이는 포함하지 않음  • B=터널시설물 전체폭(최대보강영역을 포함한 폭※) ※ 터널굴착 TYPE 변동요인을 고려 최대보강영역을 기준으로 일률적으로 적용	
입체적 범 위	▪ 평면적 범위로부터 터널시설물 상·하단 높이에 보호층(각 6.0m)을 포함한 범위 ☞ 터널시설물 높이(H)+보호층($6.0m \times 2$)=구분지상권 설정높이  • $B(H)$=터널시설물 전체폭(높이)(최대보강영역을 포함한 폭(높이)※) ※ 터널굴착 TYPE 변동요인을 고려 최대보강영역을 기준으로 일률적으로 적용	

☞ 설정근거 : 『서울특별시 도시철도의 건설을 위한 지하부분 토지의 사용에 따른 보상기준에 관한 조례 제4조』 참조

☐ 추진방안

- 터널 통과부에 대해 도로구역결정(변경)시 『입체적도로구역』으로 지정하여 요청 【설계처, 공사주관(시행)부서】
- 용지도 및 용지조서 별도 작성 조치 【설계처, 공사시행부서】
- 토지하부 사용에 대해 관련법규에 의거 보상협의 등 조치 【용지팀, 공사시행부서】

☐ 적용방안

- 설계중인 구간 : 본 방침 적용
- 공사중인 구간 : 관련 민원발생시 사안별로 판단 후 적용

☐ 관련 미비점 보완 입법건의 【건설관리처→국토해양부】

- 도로관련법에 입체적도로구역 설정범위, 토지하부 사용관련 한계심도 설정 및 보상범위 등에 대해 반영토록 입법건의 조치

V 기대효과

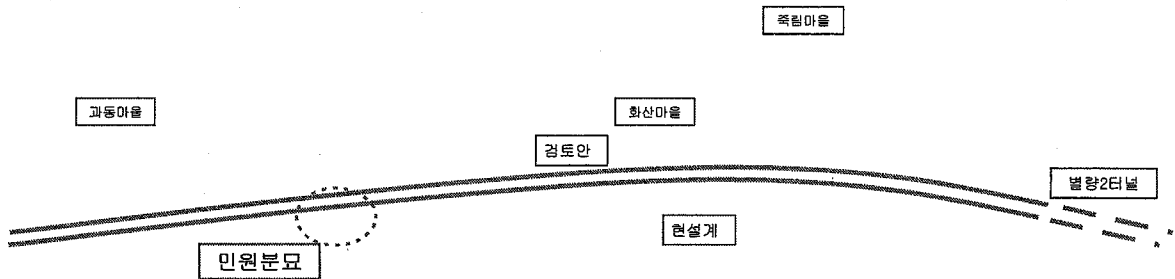
- ☐ 입체적도로구역 지정으로 토지하부 사용에 따른 분쟁예방 및 효과적 대응 가능
- ☐ 토지하부 사용에 따른 보상 이행으로 사유재산 침해논란 해소
- ☐ 법적, 행정적 미비점 보완조치(건의)로 사업추진 적법성 논란 해소

토지하부 터널통과에 따른 분쟁사례

(민원요지)

- 목포~광양 고속도로가 문중묘지 하부를 터널로 통과함에 따라 노선변경 요구
- 선산하부 터널통과에 따른 보상협의 등 법적절차 미이행

【민원인】 ○○○(서울 동대문구 청량리 ○○APT)



I. 노선변경 검토

- 민원인 요구 해소를 위해서는 35m 조정 필요($L=2.14\text{km}$, 직선→ $R=3,000\text{m}$)
- 문제점
 - 노선변경에 따른 마을과의 근접 등으로 상대민원 예상
 - * 과동마을 이격거리($25\text{m} \rightarrow 21\text{m}$), 화산마을 이격거리($52\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) 근접
 - * 터널통과 상부에 다분묘(5기) 저촉으로 상대민원 예상
 - 별량1터널 전후구간 기 시공부분 복구 등으로 예산낭비 발생(3.5억원)
 - 기 매수용지 환매 및 추가용지 매수에 따른 예산낭비 발생(12.9억원)

□ 검토의견

- 문중묘지 하부를 터널로 통과함에 따라 노선변경 주장은 현실성이 없으며,
- 용지매수, 공사추진상황, 노선변경에 따른 상대민원을 종합적으로 고려 시 노선변경요구 수용불가

II. 토지보상관련 법적절차 미이행 주장 검토

구 분	민원인 주장	우리공사 의견
보상협의 등 미이행	「공익사업을위한토지등의취득및보상에관한법률」 제6조, 제9조, 제14조 내지 제17조, 제26조에 의거 협의나 통지 등의 절차 없이 공사 진행	민원인 토지 하부 터널부분은 보상대상이 아닌 것으로 판단하여 협의나 통지 미 실시
지하부분 토지사용	동법 제71조, 동법시행규칙 제31조에 의거 토지의 지하공간을 영구적으로 사용하게 되는 경우 사용료 보상	- 토지 하부 약35~60m 통과 - 법원판례 지하18~130m 소유권 미인정 [대고법 1981.7.30. 선고 80나1308] - 서울특별시조례, 토지보상평가 지침(한국감정평가협회)에서 한계심도 20m 규정 등을 참조하여 보상대상이 아닌 것으로 판단
	동법 제3조에 의거 토지의 사용에 대해서도 협의나 통지 필요	관련법상 명시적 규정은 없으나 지하부분 사용의 범위에 대해서는 관련 판례, 조례, 지침을 참조할 수 있음
	국토부에서 지하공간 사용료 보상권을 인정하여 회신	법 규정에 대한 회신이며 민원인 토지 하부에 대해 사용권 존재여부 회신은 아님

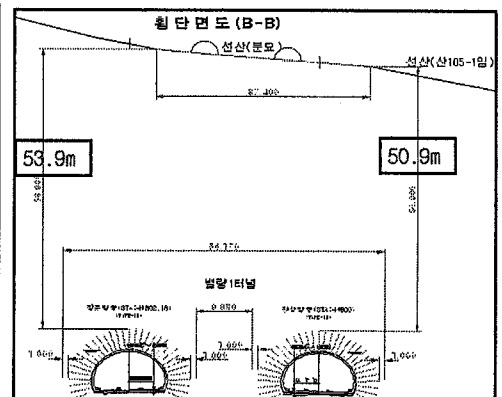
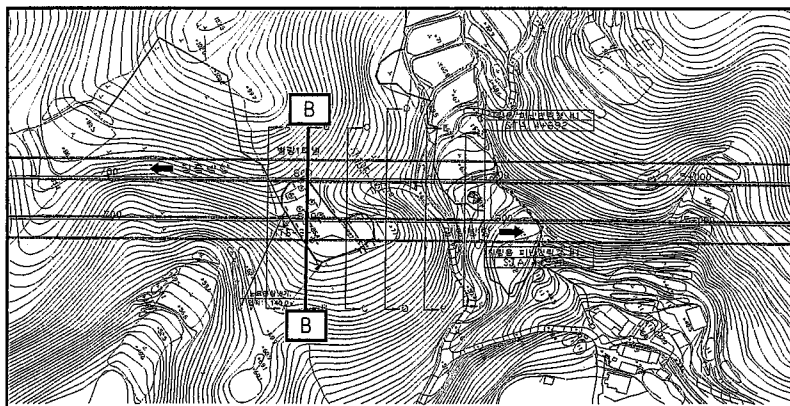
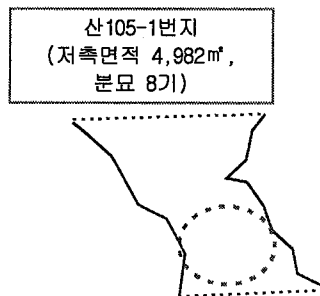
□ 법률자문 실시결과 [2008. 9. 법무법인 총정(변호사 이상균, 임치영)]

- 토지소유권은 본건 터널에 미치지 아니하며 법적절차상 하자는 없음

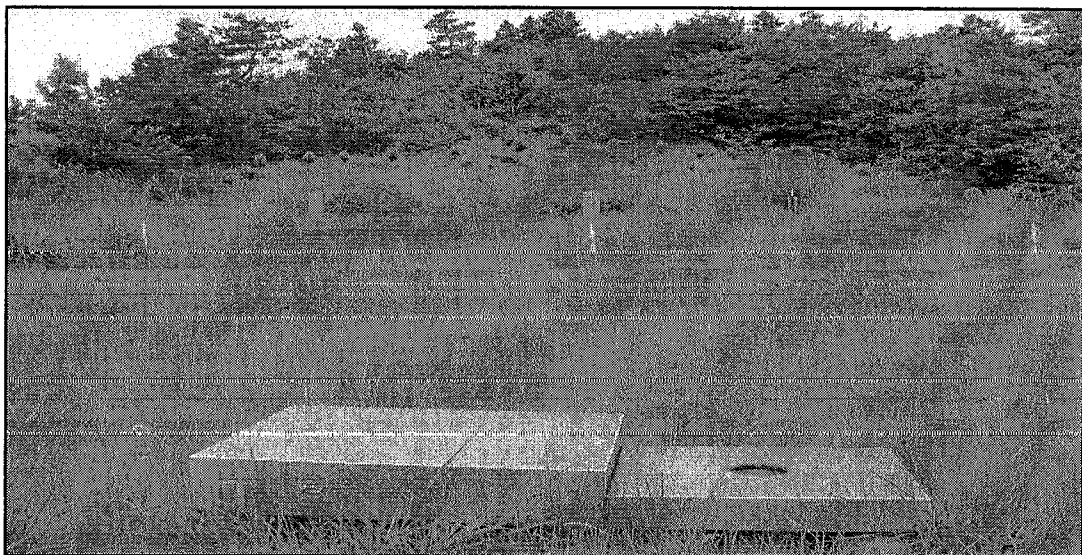
□ 검토의견

- 관련 판례, 조례, 지침 및 전문변호사의 법률자문 결과 토지소유권은 본건 터널에 미치지 아니하며 법적절차상 하자는 없는 것으로 사료되어 민원인 주장은 타당성이 없음

분묘 위치 및 현황도(STA.4+780~880)



※ 터널과 분묘와의 토피고 약 50m(산105-1번지 전체 토피고는 35~60m)



[분 묘 전 경(8기)]

관련법령 발췌자료

□ 민법

제212조 (토지소유권의 범위) 토지의 소유권은 정당한 이익있는 범위내에서 토지의 상하에 미친다.

□ 도로법

제50조(입체적도로구역) ① 도로 관리청은 제24조에 따라 도로구역을 결정하거나 변경하는 경우에 그 도로가 있는 지역의 적정하고 합리적인 토지이용을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정하면 지상이나 지하의 공간에 대하여 상하의 범위를 정한 구역(이하 "입체적도로구역"이라 한다)으로 도로구역을 정할 수 있다.

제51조(도로보전입체구역) ① 도로 관리청은 도로구역을 입체적도로구역으로 정한 경우 그 도로의 구조를 보전하거나 교통의 위험을 방지하기 위하여 필요하다고 인정하면 그 도로에 상하의 범위를 정하여 도로 보호를 위한 구역(이하 "도로보전입체구역"이라 한다)을 지정할 수 있다.

② 도로보전입체구역은 해당 도로의 구조를 보전하거나 교통의 위험을 방지하기 위하여 필요한 최소한도의 범위로 한정하여 지정하여야 한다.

③ 도로 관리청은 도로보전입체구역을 지정하려면 국토해양부령으로 정하는 바에 따라 미리 그 사실을 고시하고, 그 도면을 일반인이 열람할 수 있도록 하여야 한다. 그 지정을 변경하거나 해제하려는 경우에도 또한 같다.

□ 공익사업을위한토지등의취득및보상에관한법률

제71조 (사용하는 토지의 보상 등) ①협의 또는 재결에 의하여 사용하는 토지에 대하여는 그 토지와 인근 유사토지의 지료(지료)·임대료·사용방법·사용기간 및 그 토지의 가격 등을 참작하여 평가한 적정가격으로 보상하여야 한다.

②사용하는 토지와 그 지하 및 지상의 공간의 사용에 대한 구체적인 보상액 산정 및 평가방법은 투자비용·예상수익 및 거래가격 등을 고려하여 국토해양부령으로 정한다.