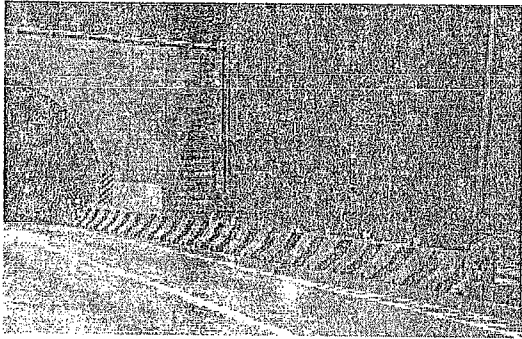
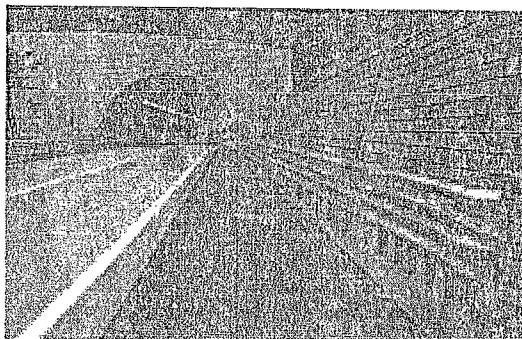


IV. 개선방안 검토

1. 방호시설 개선(안)

구 분	1안 : PC방호벽(H=1.27m)	2안 : 가드레일(이단)
설치개요	○ PC방호벽(H=1.27m, L=3m)을 와이어로 강결 처리	○ 중분대 개구부용 이단가드레일 설치(지주매입형)
설치전경		
소요예산	○ 150만원/개소(자재 유용시) - 길어깨측 39m, 중분대측 18m 설치시	○ 900만원/개소 - 길어깨측 40m, 중분대측 20m 설치시
장 · 단점	○ 방호성능 우수 - SB4등급 충돌시험시 방호벽은 파손되나 월담은 없음 ○ 경제성 및 시공성 우수 ○ 공사용 회수자재 활용가능 ○ 파손시 유지관리 용이	○ 방호성능 우수 ○ 시공성 불량 - 포장하부 암반천공 필요 - 지하매설물 저촉 우려 (광통신, 배수관 등) ○ 경제성 불리
검토의견	▶ 방호성능은 이단가드레일보다 다소 떨어지나 대형차량 충돌 시험시(SB4) 방호벽만 파손되고 차량월담은 없으므로 터널면벽 충돌사고 예방이 가능하고, 경제성 및 시공성에서 우수한 PC 방호벽(H=1.27m)을 설치하는 것이 효율적인 것으로 판단됨.	
적 용	○	

2. 노면요철포장(Rumble Strips) 설치

- 졸음운전이나 악천후 시인성 불량으로 인한 차로이탈시 소음과 진동 발생으로 사전인지기능이 뛰어난 노면요철포장을 터널입구부 전방에 설치

- 설치연장 : 200~300m (교량인접시는 교대까지 설치)

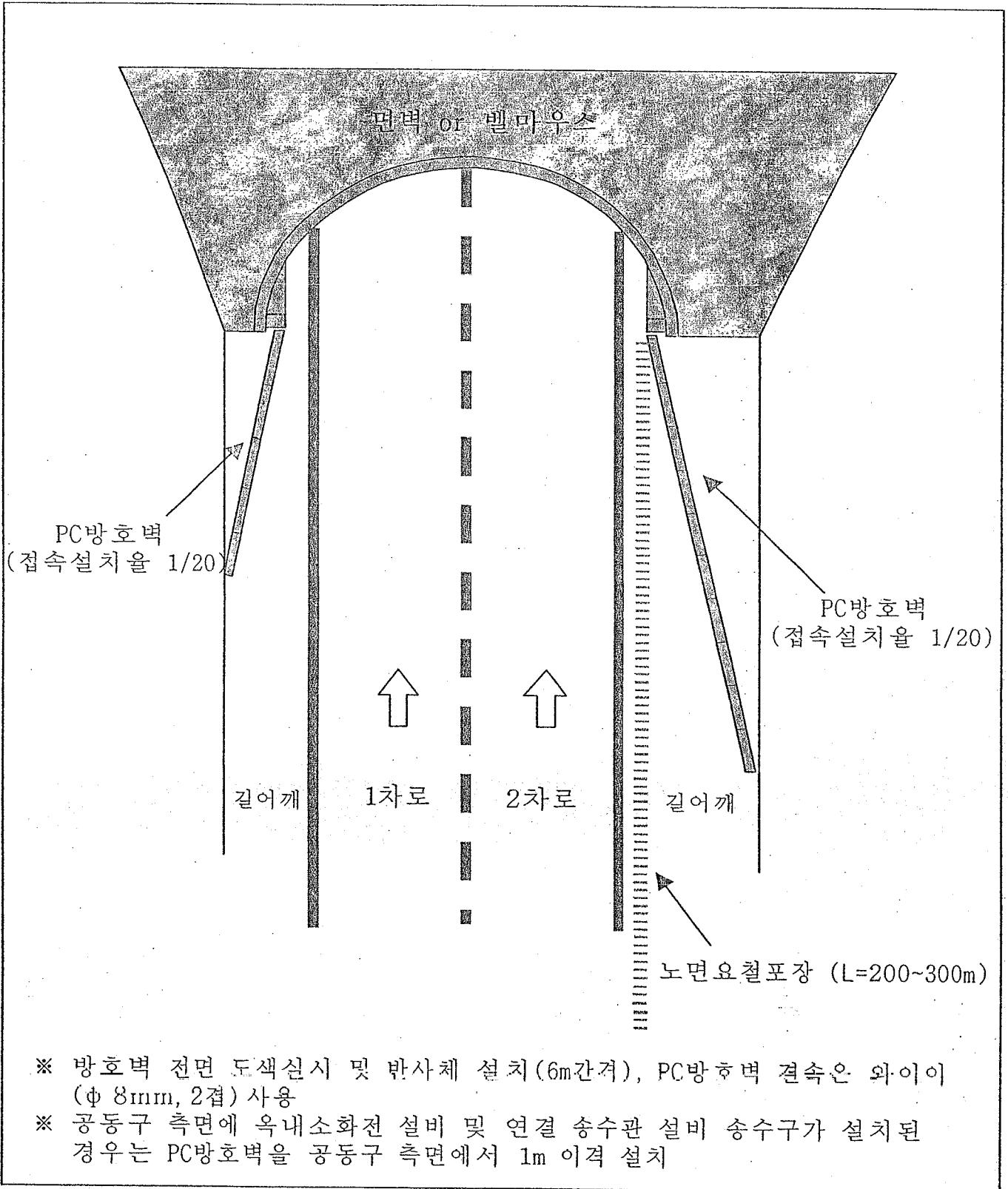
V. 조치계획

- 지역본부(지사)는 터널입구부 안전시설 관리상태 조사후 년차별 조치계획 수립
- 터널입구부 면벽충돌 사고발생 구간, 합성수지(PE)방호벽 노후로 교체 예정 구간 등을 우선적으로 반영하여 교체 시행
- PC방호벽은 접속설치율 1/20 이하로 설치될 수 있도록 터널입구부 길어깨폭 변화에 따라 설치연장 조정

VI. 기타사항

- 도로설계 및 건설단계에서 터널부와 토공부의 길어깨폭 변화에 따른 접속처리를 영구시설로 보완하는 방안 필요

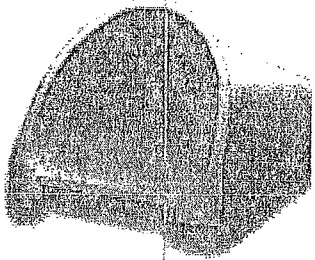
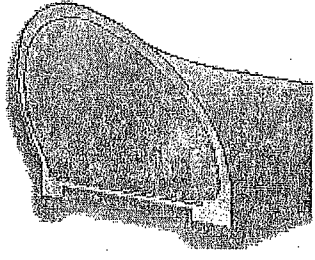
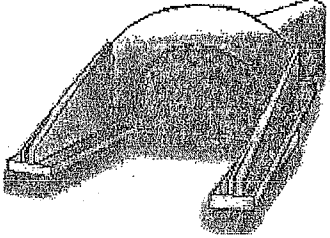
터널입구부 안전시설 설치도



- 설계처에서 작성한 「터널갱문부 설계기준 통보('03.3.24)」에 따라 공사중인 구간의 터널갱문 형식변경은 현장여건에 따라 조치가 필요하므로 갱문부 별도 검토 필요
- 고창-담양 건설사업소 자체 감사시('06. 8) 터널 갱문부 보완 검토 결과 형식변경이 필요한데도 보완조치 없이 시공
 - ☞ 터널갱문 변경 시공이 가능한 터널에 대하여 시행방안 검토조치
- 이에 따라 현재 시공중 또는 시행예정인 터널 갱문부에 대하여 설계처 개선(안) 시행검토

갯구위치 선정기준	개 요 도
- 도로 중심선과 자연지형의 경사면이 직각 교차가 바람직 ⇒ 가급적 교차각이 60°이상 확보 - 갯구상단부 토피가 3m~5m정도 확보되는 지점에 갯구 형성 ⇒ 환경보호 정책 방향에 부응하고 갯구부 사면의 안정성 확보	

○ 갯문형식 선정기준

구분	선정기준	개요도
Bell Mouth 변형	○ <u>자연사면의 경사도가 30%미만</u> 으로 비교적 완만 ○ 강우시 유속이 느리고 산사태, 낙석발생시 붕괴토석의 에너지가 비교적 약함 ○ 도로의 종단선형상 일정구간 절취후 갯구에 접속	
Bird Beak	○ <u>자연사면의 경사도가 30%이상</u> 으로 비교적 급함 ○ 경사면이 급한 경우 강우시 유속이 빠르고 낙석·산사태 발생시 붕괴토석의 에너지가 비교적 강함 ○ 도로의 종단선형상 절취구간이 짧게 발생후 갯구에 접속	
Arch 면벽형	○ <u>갯구가 불가피하게 편토압 지형에 위치하는 경우</u> ○ 기타 옹벽형 갯문구조가 유리한 지형인 경우	

□ 문제점

○ 설계처의 터널 갱문부 설계기준(안)은 갱구 절토부의 사면에 대한 지질조건 등은 감안치 않고 단순히 갱문부 상단의 자연 지형 등을 고려한 형식으로 선정하였음

- 터널 갱구 절토사면의 지질 불량으로 인한 붕괴 발생 등 안정성 저하 요인은 배제된 상태에서 검토
- 터널 갱문형식 변경시는 터널 갱구 절토사면의 지질상태, 지하수, 용수 등 전반적인 상태를 감안한 형식 선정 필요

□ 감사지적사항에 대한 처리대책

지적사항	처리대책 (시행방안)	비고
○변경시공이 가능한 터널선정	• 공사중인 구간은 현장 여건에 따라 적용토록 시행 통보(설계처) • 각 현장 여건이 상이하므로 현장별로 별도 검토 필요	
○시행방안 검토조치	• 갱구부 절토사면의 지질조건등 안정성 검토 사전 시행 - 사면붕괴에 관한 안정성 등 구체적 증빙 자료 작성 • 터널 시공계획 수립시 갱문 형식의 적정성 및 사면보강 방안등 안전대책 수립강구 • 형식 변경시 총사업비의 변경이 수반되므로 반드시 정부와 협의후 시행 결정 • 향후 구조물처에서 시행중인 용역 「낙석피해 예방을 위한 터널 입·출구부 보완대책」, (용역기간 : '06.5~'06.12) 결과에 따라 보완 방안 별도 강구(사업소)	

I. 검토목적

터널 내진해석 방법별 결과가 상이하여 국내·외 기준 및 내진해석 방법별 분석 등의 검토를 통하여 경제성, 안전성 등을 고려한 터널 내진설계 기준을 정립코자 함.

※ 내진해석 방법

- 등가정적해석법 : 구조물에 작용하는 지진하중(Mononobe-Okabe법)을 수평하중으로 산정하여 해석하는 방법
- 응답변위법 : 구조물 주변 지반조건에 따른 지진변위를 수평하중, 관성력, 주변마찰력으로 산정하여 해석하는 방법
- 동적해석법 : 구조물 및 주변지반을 모델링 하고 시간이력 인공 지진운동을 입력하여 해석하는 방법

II. 국내·외 기준

1. 내진설계기준(건교부, 1998)

○ 내진해석 구간

활동성 지각운동이 예상되는 지역과 갱구 및 터널이 돌출되는 부위에서는 지진에 대한 영향을 고려하여야 한다.

○ 내진해석 방법

- 터널 내공부를 포함한 주변지반의 단위체적중량이 주변지반의 단위체적중량에 비교하여 가볍거나 같은 정도의 경우 지진해석 방법으로 응답변위법이 적당하며
- 구조물의 중량이 주변지반의 중량에 비교하여 상당히 클 경우는 등가정적해석법이 적당하다.
- 내진 1등급 구조물에 대해 필요에 따라 동적해석법을 수행한다.
※ 고속도로

2. 터널설계기준(건교부, 1999), 도로설계기준(건교부, 2001)

○ 내진해석 구간

다음의 경우 터널 안정성 증진을 위하여 내진설계를 수행할 수 있다.

- ☞ 토피가 작고 지반이 연약한 갱구부
- ☞ 갱구부 사면의 불안정에 따른 편토압 발생구간
- ☞ 지진으로 인해 지지지반의 지내력이 감소될 수 있는 구간

○ 내진해석 방법

터널은 그 내공부를 포함한 단위체적중량이 주변지반의 단위체적중량에 비교하여 일반적으로 가벼우므로 주변지반에 발생하는 변위, 변형 등이 중요하게 되어 응답변위법을 적용하는 것이 적절하다.

3. 콘크리트 표준시방서(일본 토목학회), 신내진 설계법('77, 일본 건설성)

○ 내진해석 방법

- 터널설계에서 그 내공부를 포함한 단위체적중량이 주변지반의 단위체적중량에 비교하여 가볍거나 같은 정도이므로 응답변위법이 적당하며
- 필요한 경우에는 동적해석법을 수행한다.

4. 터널표준시방서(일본토목학회, 1996)

○ 내진해석 구간

- 갱구부근은 토피가 작고 토사지반이 있으므로 주변지반의 관성력 영향을 받아 취약할 수 있으므로 내진을 고려하여야 한다.
- 개착부는 지진에 대하여 다음과 같은 경우 내진을 고려하여야 한다.
 - ☞ 구조물의 일부가 지상에 노출된 경우
 - ☞ 구조물이 현저하게 다른 지반(토사/암반)상태에 놓인 경우
 - ☞ 구조물의 심도가 현저히 변화하는 경우
 - ☞ 구조물의 단면변화가 큰 접속부 등

Ⅲ. 내진해석방법 적용현황 및 문제점

1. 내진해석방법 적용현황

○ 턴키 및 대안발주 노선

- 내진해석구간 : 갱구부, 개착부, 단층대 등 주변지반이 연약한 구간
- 내진해석방법 : 등가정적해석법, 응답변위법, 동적해석법

○ 기타발주 노선

- 내진해석구간 : 개착부
- 내진해석방법 : 등가정적해석법

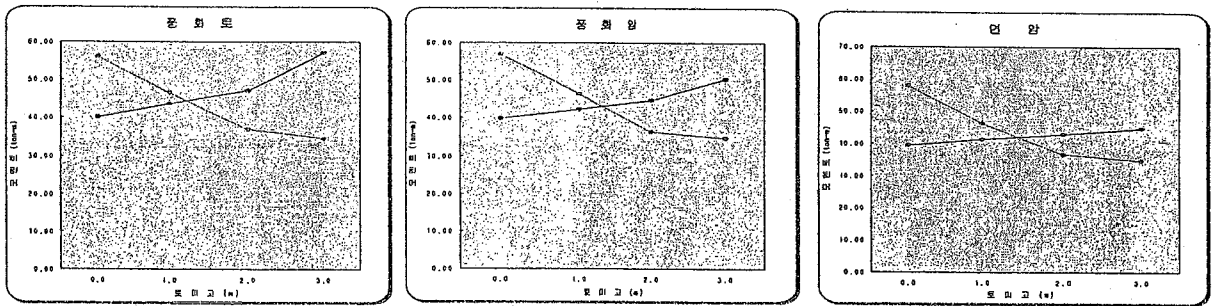
○ 발주방법별 적용현황

구 분	노선명	내진해석 구간	내진해석 방법
기타발주	전주~광양 등 대부분 노선	개착부	등가정적해석법
턴키발주	전주~함양 제10공구	개착부, 갱구부, 단층대	등가정적해석법, 동적해석법
	평택~음성 제 6공구외 1	개착부, 갱구부	등가정적해석법, 응답변위법, 동적해석법
	국도25호선 대체우회도로 (건교부)	개착부, 갱구부	응답변위법, 동적해석법
대안발주	고창~장성 제2공구	개착부, 갱구부	등가정적해석법, 동적해석법
	양산~동면(국지도60호) 확장 (지자체)	개착부, 갱구부	응답변위법, 동적해석법
	영덕~오산 도로건설외 2 (건교부, 지자체)	개착부	등가정적해석법

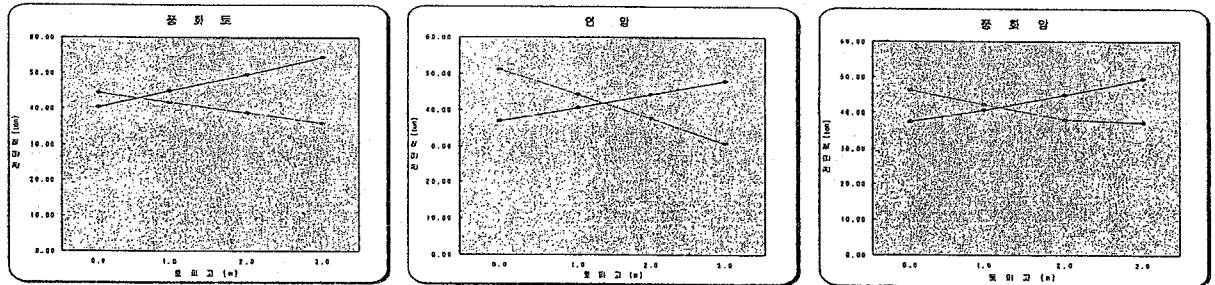
2. 문제점

- 등가정적해석법은 터널주변의 지반특성을 고려하지 않은 내진 해석으로 단면력이 과다하게 계상됨
- 터널 갱문부 설계기준(설계도10201-70, '03. 3. 14)에 따라 터널 갱구부 및 개착부 주변지반이 토피가 낮고 연약하게 되므로 주변 지반의 지형 및 지질을 고려하는 내진설계 필요
- 지반 및 토피고에 따른 단면력 현황(— : 상시, --- : 지진시)

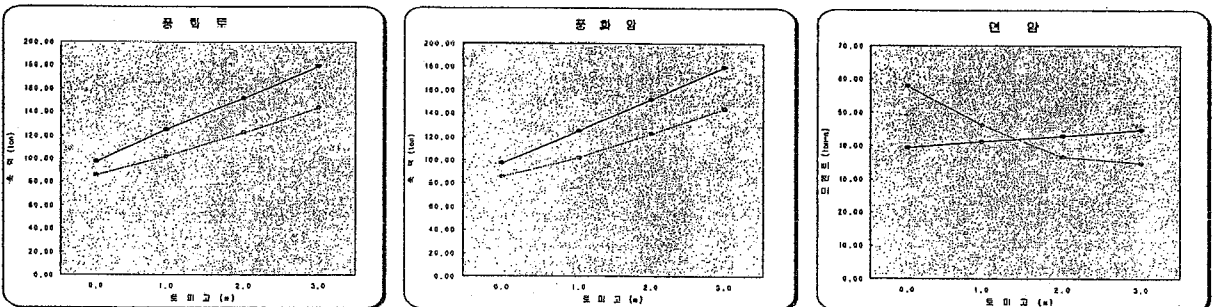
· 모멘트



· 전단력



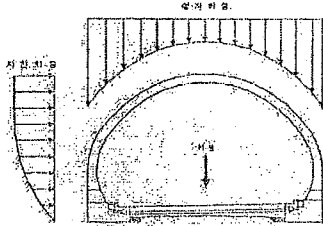
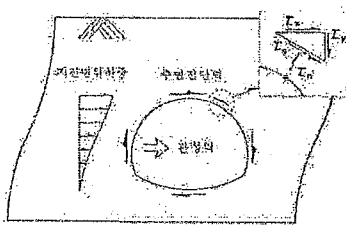
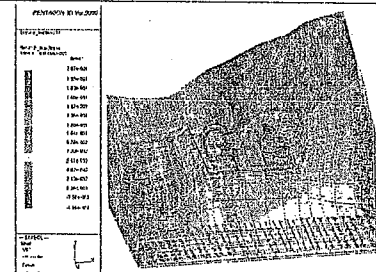
· 축력



※ 붙임 1 “지반 및 토피고에 따른 단면력 현황” 참조

IV. 내진해석방법 검토

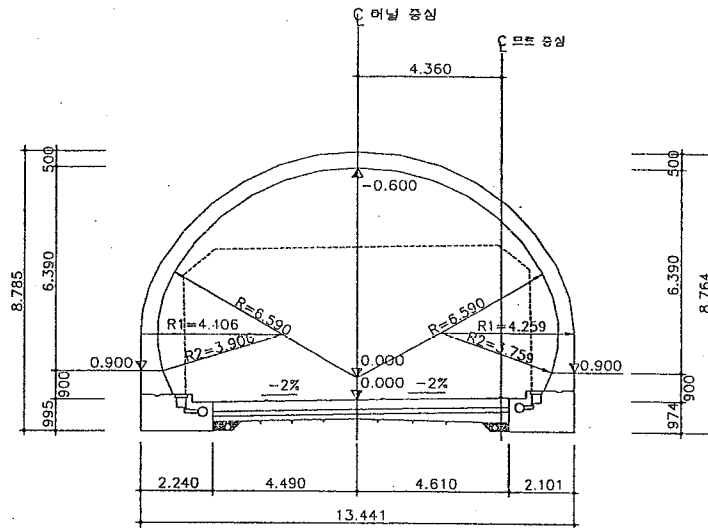
1. 해석방법별 비교

구분	등가정적해석법	응답변위법	동적해석법
개요	지진력을 수평력으로 산정 해석법	주변지반 지진변위를 수평력, 주변전단력, 관성력으로 산정 해석법	터널 및 주변지반을 모델링 하고 시간이력 지진운동을 입력 해석법
개요도			
해석 프로그램	- 구조해석 Sap2000, Midas 등	- 구조해석 Sap2000, Midas 등 - 인공지진파 생성 SIMQKE 등 - 지진응답해석 Pro-Shake, Shake91 등	- 구조해석 Midas, Flac, Pentagon 등 - 인공지진파 생성 SIMQKE 등 - 지진응답해석 Pro-Shake, Shake91 등
입력 항목	- 지역의 지진구역계수, 지진등급 - 지반의 단위중량, 내부마찰각	- 지역의 지진구역계수, 지진등급, 지진계수(Ca, Cv) - 지층별 탄성과 속도(Vp, Vs), 감쇠비 - 지반의 동탄성계수, 동포아송비, 동전단계수	
현장 조사	시추조사	시추조사+시추공탐사(크로스홀 시험, 다운홀 시험, 난성과 도모그래픽 탐사 등)	
특징	- 지상구조물 해석에 적합 - 주변 지반특성 미고려 - 해석이 간단 - 해석이 부정확(과다 설계)	- 지중구조물 해석에 적합 - 지반과 구조물의 거동을 비교적 정확하게 해석 - 동적해석에 비해 간단 - 등가정적해석에 비해 정확	- 복잡한 지반특성을 고려한 지중구조물 설계에 적합 - 시간에 따른 터널 및 주변 지반 거동을 상세 해석 - 주변지반 모델링 및 해석이 난해하고 시간이 과다 소요 - 해석이 비교적 정확

2. 해석방법별 안정성 분석

○ 해석조건

- 단면도(2차로, 개착부)



- 지역 및 지반 조건

구분	적용	비고
내진성능목표	내진1등급	
재현주기	100년	내진1등급 기능수행수준
	1000년	내진1등급 붕괴방지수준
지진구역계수	0.11	지진1구역
토피고	2m	
기반암	S _B	보통암지반
지진계수	C _a = 0.11	내진1등급의 S _B 지반 지진계수
	C _v = 0.11	
위험도계수	0.57	재현주기 100년
	1.40	재현주기 1000년

○ 해석결과

구 분		단위	단 면 력				단 면 검 토			
			상시	지진시			상시	지진시		
				등가 정적	응답 변위	동적 해석		등가 정적	응답 변위	동적 해석
아 치 부	모멘트	tonf.m	190.770	299.410	137.369	35.559	D22 @ 125	D25 @ 125	D13 @ 125	D13 @ 125
	전단력	tonf	144.620	174.260	85.586	49.728				
	축 력	tonf	803.400	912.550	654.024	603.423				
축 벽 부	모멘트	tonf.m	337.650	158.970	162.271	46.811				
	전단력	tonf	177.670	132.530	142.097	104.233				
	축 력	tonf	977.160	847.050	769.242	727.625				
벽 체 부	모멘트	tonf.m	495.590	564.640	226.784	178.524				
	전단력	tonf	382.130	165.240	291.869	242.040				
	축 력	tonf	1012.710	879.680	842.051	760.253				

※ 터널 안정성 검토자료 참조(붙임2)

○ 결과분석

- 단면력은 등가정적해석법 > 응답변위법 > 동적해석법 순으로 산정
- 단면(철근량)은 등가정적해석법시 지진시에 의해 결정되고 응답변위법 또는 동적해석법시 상시에 의해 단면 결정
- 모멘트 발생경향과 변위양상은 응답변위법과 동적해석법이 유사

V. 개선방안

1. 기본방향

- 비개착 터널에 대해서는 내진설계를 수행하지 않는 것을 원칙.

☞ 굴착하여 시공하는 터널은 터널구조물 전체가 견고한 지반에 둘러 쌓여 있어 지진에 대한 영향이 적으므로 내진에 대한 검토 생략

- 다음의 경우에는 터널의 안정성 증진을 위하여 내진설계 수행
 - 개착하여 시공하는 개착부
 - 토피가 작고 지반이 연약하거나 편토압이 발생하는 갱구부
 - 단층대 등 활동성 지각운동이 예상되는 터널부

2. 내진해석방법 적용기준

- 터널에 대한 내진설계 방법은 응답변위법을 우선으로 하고 필요에 따라 동적해석법을 수행.
 - 터널은 내공부를 포함한 단위체적중량이 주변지반의 단위체적중량에 비교하여 일반적으로 가벼우므로 주변지반에 발생하는 변위, 변형 등이 중요하게 되어 응답변위법 적용
 - 다만 구조물 형상 및 지형·지질의 급변화로 지진시 지반의 거동이 복잡한 경우는 구조물 및 주변지반을 모델링하여 해석하는 동적해석법 적용
- 내진해석을 위한 지반운동은 지형 및 지반조건과 공간적 변화특성 (터널의 길이방향과 횡방향의 지반운동 영향)을 고려

VI. 적용방안

- 설계중 노선 : 현장조사가(크로스홀 시험 등) 가능한 노선부터 본 기준 적용
- 공사중 또는 설계 완료후 미발주 노선 :
공사주관부서에서 현장여건을 고려하여 적용여부 판단

붙임 : 1. 지반 및 토피고에 따른 단면력 현황
2. 터널 안정성 검토

1. 검토목적

- 터널내 외기 유입에 따른 배수시설(중·횡배수관) 결빙원인 분석과 개선을 통하여 동절기 터널에서의 배수기능 향상방안에 대하여 검토코자함

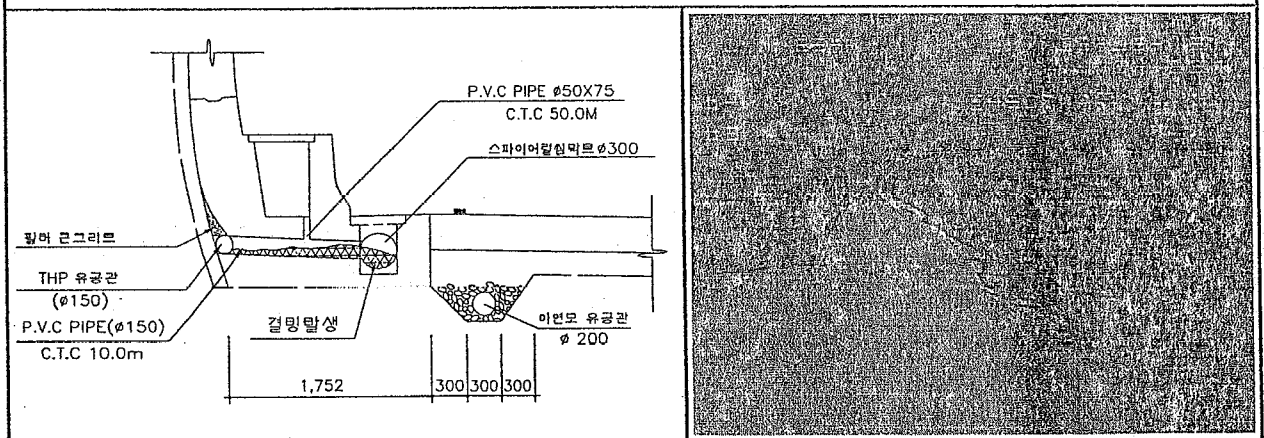
감사지적(2005, 강원 사업소감사)

영동선 일부구간에서 발생한 터널중배수구관(Ø300mm) 및 횡배수관 PIPE(Ø100mm)의 결빙, 이로인한 터널집수정 및 라이닝 벽체와 천단부 누수로 노면이 결빙되는 문제점이 발생되었으나 사후조치만 한 채 근본적인 설계개선이 이루어지지않고 있는 실정임

2. 발생원인 및 사례

○ 발생원인

- 외기가 배수시스템에 직접적 전달
- 동결선이 라이닝을 통과하여 배수관에 전달
- 터널내 외기 온도 및 영하 온도가 장시간 지속
- 유속저하로 인한 지하수 정체시



○ 사례

터널명	연장(m)	결빙배수시설	결빙구간	결빙상태
둔내 (인천방향)	3,300	중배수관(D400) 횡배수관(D100)	입구부에서 200m까지	배수관 막힘
봉평 (인천방향)	1,420	중배수관(D300)	입구부에서 300m까지	배수관 막힘
대관령1 (강릉방향)	1,830	횡배수관(D100)	입구부에서 200m까지	배수관 막힘 Joint부 누수발생

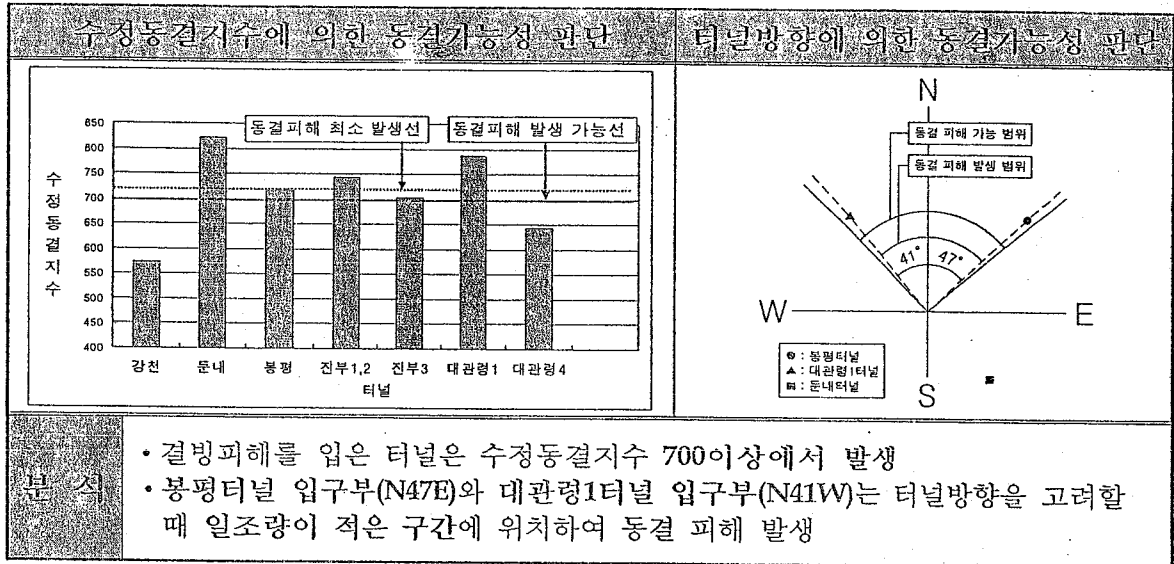
4. 피해 구간 분석

- 터널별 현황

터널명		동결지수 (℃·일)	동결기간 (일)	개원고 (m)	수정동결지수 (℃·일)	터널방향		비고
마 성	시점	500.72	89	141.7	519.3	N37W		
	종점	502.63	89	132.8	517.2	S48E		
양 지	시점	515.24	89	158.3	541.2	N59W		
	종점	515.99	89	164.5	544.7	S59E		
강 천	시점	577.77	94	89.3	572.7	N81W		
	종점	578.13	94	87.5	572.3	S81E		
문 내	시점	536.45	94	707.2	821.8	N43W		
	종점	529.57	94	657.3	791.5	S43E		상행선 입구 동결
봉 평	시점	511.38	94	536.3	716.4	S43W		
	종점	508.51	94	549.3	719.7	N47E		상행선 입구 동결
진부1·2	시점	471.88	94	676.7	742.9	S81W		
	종점	463.71	94	631.3	713.4	N79E		
진부3	시점	461.60	94	613.4	702.9	S80W		
	종점	458.32	94	599.1	692.9	N80E		
대관령1	시점	374.04	127	751.3	787.6	N41W		하행선 입구 동결
	종점	366.36	127	715.7	757.3	N86E		
대관령4	시점	356.29	127	642.7	642.7	S3E		
	종점	348.73	127	618.7	618.7	N2W		
대관령5	시점	347.37	127	605.7	605.7	S2E		
	종점	345.38	127	584.4	584.4	N20W		
대관령6	시점	343.68	127	565.5	565.5	S24E		
	종점	342.85	127	560.6	560.6	N10W		
대관령7	시점	337.76	127	543.7	543.7	S29W		
	종점	336.78	127	541.1	541.1	N21E		

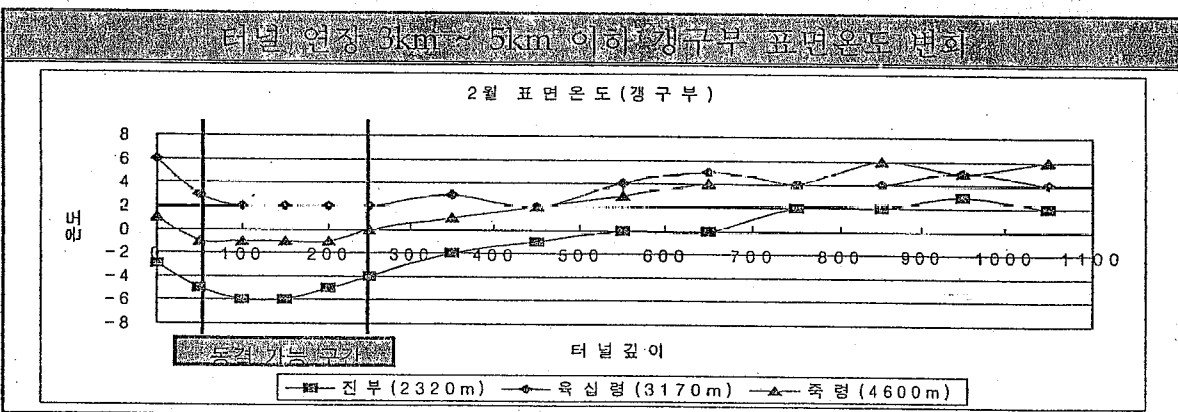
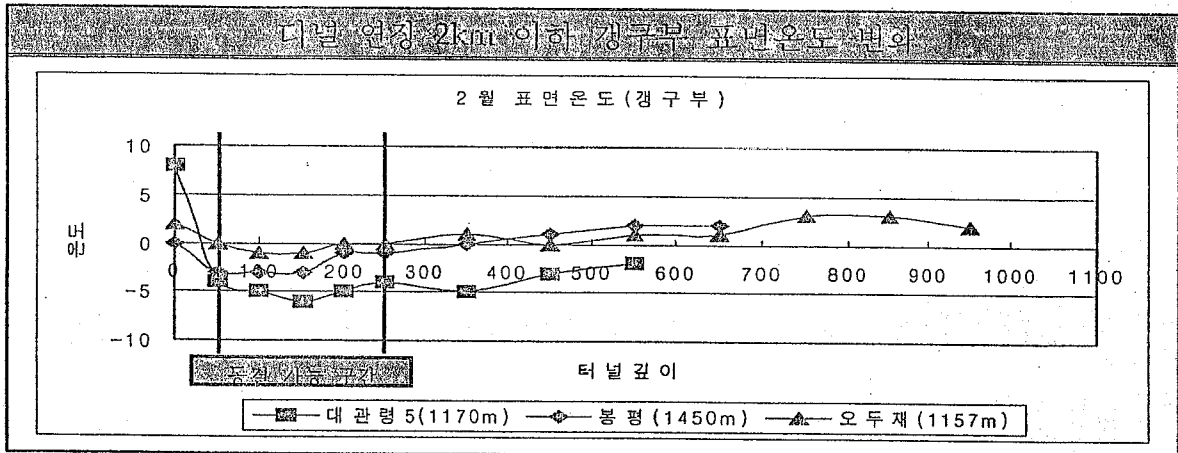
○ 결빙가능구간 분석

수정동결지수 및 터널 방향



온도에 의한 동결구간

[운용중 온도 측정자료 ('05. 2 측정, 도로교통기술원)]



분석

- 외기에 의한 동결 가능 구간 : 입구부 50 ~ 250m (약 200m구간)

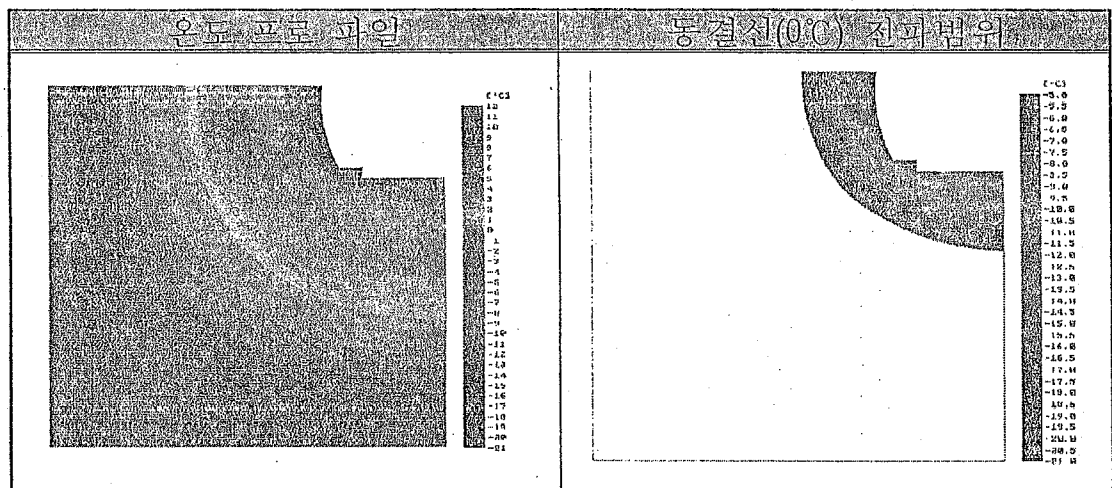
열전도 해석

터널내부에 찬공기가 유입될 경우 터널내부에서 지중에 미치는 영향(동결)을 프로그램을 통해 해석

- 대관령지역 일평균, 최고, 최저기온 데이터 이용
- 동결기 지중온도는 약 7 ~ 8m 깊이에서 12℃ 정도 유지
- 해석조건 및 열전도율

구분	콘크리트	흙	회강암	경계조건
열전도율 (W/m · K)	1.627	0.604	2.174	터널 내 : -20℃ 해석 경계면 : 12℃

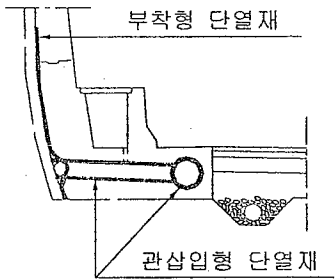
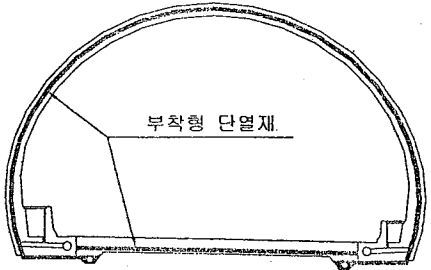
- 해석결과



분석결과

배수시설결빙 피해구간	수정동결지수가 700℃ · 일 이상이고 터널 방향이 N50°E ~ N45°W인 터널로서 입구부의 200m구간 (결빙피해길이 : 라이닝 포장표면으로부터 약 3.5m까지 동결)
----------------	---

5. 결빙방지 대책

구 분	제 1 안	제 2 안
개 요 도		
	• 단열재 삽입 및 부착	• 단열재 터널전면 부착
특 징	• 터널 외기 유입에 의한 배수관 동결 방지효과 우수 • 지반동결로 인한 동결선 침투 억제 효과 양호 • 시공성 간편 • 경제성 유리	• 터널 전면 및 하부 동결선 침투를 억제하여 보온 효과 우수 • 지반동결로 인한 동결선 침투 억제 효과 우수 • 시공성 다소불리 • 경제성 불리
공 사 비 (제잡비 포함)	65,000원/m	220,000/m
적 용	○	

6. 결 론

- 터널내 찬외기 유입으로 터널배수시설(중·황배수관)의 결빙에 따라 배수기능 상실로 벽체의 우수 및 노면결빙 등의 문제점 해결을 위해
 - 수정동결지수가 700℃ · 일 이상이고
 - 터널방향 N50°E ~ N45°W 인 터널에 대하여
 - 입구로부터 200m 구간에 단열재 삽입 및 부착(제1안적용)
- 적용방안
 - 설계중인 노선 : '06년 준공노선부터 적용
 - 공사중인 노선 : 공서주관(시행)부서에서 적용여부 판단

1. 검토목적

- 터널공사에 있어 현행 임시환기시설 비용은 안전관리비로 대체하여 사용 중이나 터널연장이 길어질수록 임시환기시설비용 증가로 안전관리비 절대 과부족발생
- 이로인한 안전관리소홀 등에 따른 각종 안전사고등이 예상됨에 따라이를 해소키 위한 방안을 검토코자함.

2. 추진경위(안전관리비 및 임시환기시설비용)

일자	내 용	비 고
'02. 3. 8	○ 경부선(청성~동이) 2공구 안전점검시 별도계상비용포함 안전관리비 재산정 토록 시정명령(별도계상은법규위배)	청주지방노동사무소→충청지역본부
'02. 3.28 ~ 5. 9	○ 질 의 - 안전시설비 등이 별도계상되어 있는 경우 안전관리비 대상액에서 공제함이 타당한지 ○ 회 신 - 별도 계상비용이 안전관리비에 해당할 경우 안전관리비 대상액에서 공제함이 타당	도공 → 노동부
'02. 7. 5	○ 임시환기시설비용의 별도계상 삭제 (임시환기시설비용 안전관리비에서 전용)	설계기 10201-327
'06. 3.23 ~ 4. 7	○ 질 의 - 「환기가 불충분한 장소의 환기시설」에 대한 항목이 터널현장에서의 환기시설에 적용되는지 여부 및 설계내역서 별도계상 가능여부 ○ 회 신 - 터널 공사현장의 환기시설 설치비용은 안전관리비에서 사용 가능 - 임시환기시설비용이 안전관리비를 초과하고 현장안전관리활동에 최소한의 비용 필요하므로 계약당사자간의 협의로 설계내역에 포함이 바람직	범양건설 → 노동부
'06. 4.26 ~ 5. 3	○ 질 의 - 안전관리비 사용항목이라도 별도 계상 가능 여부 ○ 회 신 - 터널공사의 경우 「위생」을 목적으로 환기가 불충분한 장소에 대한 환기시설비라기 보다는 발파나 작업기계에서 발생하는 고농도의 유해가스를 배제시키기 위한 「공사용 환기시설로 보아 설계에 반영」하는 것이 타당	도공 → 노동부

3. 임시환기시설비용

구분	'02. 7. 5 이전	'02. 7. 5 이후
적용방법	터널 임시환기시설비용산출후 설계내역에 별도반영	안전관리비 내에서 사용
산출예	○ 계상조건 - 재료비 : 300억 - 직접노무비 : 150억 - 임시환기시설비용 : 14억(별도계상) ○ 계상결과 - 안전관리비 $(300 + 200 - 14) \times 1.88\%$ $= 9.14\text{억}$ - 임시환기시설비용 = 14억 계 23.14억원	○ 계상조건 - 재료비 : 300억 - 직접노무비 : 150억 ○ 계상결과 - 안전관리비 $(300 + 200) \times 1.88\% = 9.4\text{억}$ 계 9.4억원

4. 문제점

- 임시환기시설비가 안전관리비를 초과하는 경우발생
예)

(단위 : 백만원)

공사명	터널연장	공사비	안전관리비	임시환기시설비
춘천~양양간 고속도로(제14공구)	11km	461,821	4,938	9,287
전주~광양간 고속도로(제10공구)	4km	73,408	948	1,430
춘천~양양간 고속도로(제11공구)	2.2km	53,969	605	238

- 터널 연장이 길어질수록 임시환기시설비 증가로 안전관리비 절대부족
⇒ 안전관리 부실에 따른 각종안전 사고우려
- 임시환기시설 중고제품 사용시 안전관리비 불인정
- 타기관과의 형평성 결여등

지방국토관리청, 철도시설공단, 수자원공사	도로공사
- 200m 이하 : 자연환기(임시환기시설 미반영) - 200m 이상 : 임시환기시설 별도계상 반영	안전관리비내에서 대체

5. 검토결과

- 터널공사중 임시환기시설은 터널굴착시 화약발파에 의한 가스, 내연기관에 의한 유해가스 및 숯크리트작업 등에서 발생하는 분진 등을 희석 또는 집진하여 갱내 작업이 안전하고 쾌적하게 시행할 수 있도록 작업환경 조성을 위한 시설로서
- 안전관리비내에서 임시환기시설비용을 사용하는 현행방법('02.7이후)은 터널연장이 길어질수록 임시환기시설비용 증가로
 - 안전관리비를 초과하는 경우 발생
 - 안전관리비 절대과부족에 따른 현장안전관리 소홀 등각종안전사고가 우려되고, 타기관과의 형평성결여에 따른 민원등 제반 문제점이 예상됨에 따라 이를 해소하기 위하여 공사중 터널 임시환기시설비용을 별도계상 반영(500M미만 단터널과 편측 굴착길이 200m는 안전관리비 사용)함이 바람직한 것으로 판단됨.
- 향후추진계획
 - 임시환기시설의 기능향상에 따라 새로운 임시환기시설비용의 산출기준을 '07년중에 수립예정
- 적용 방안
 - 설계중인 노선 : '06년 준공노선부터 적용
 - 공사중인 노선 : 공사주관(시행)부서에서 적용여부 판단

3-5 터널 피난연락갱 라이닝 기초단면 개선

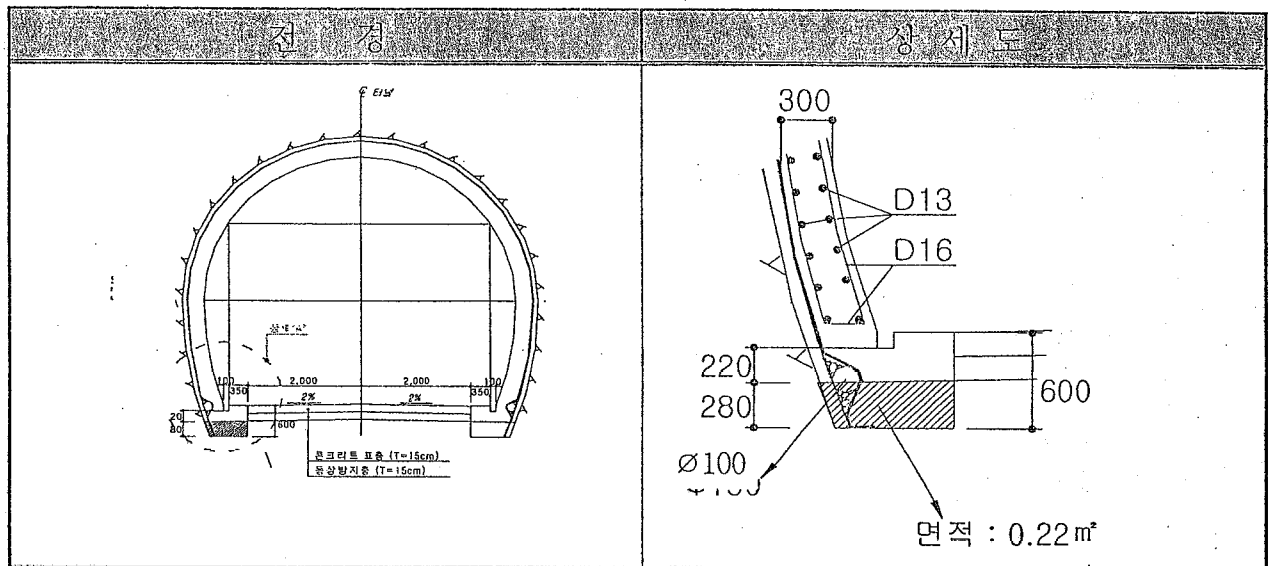
방 침
건설계획처-4471
(‘06. 12. 18)

I. 검토배경

터널 피난연락갱 포장단면 축소(60cm→30cm) 방침[기술사14101-93(‘04.8.26)]
에 따라 라이닝 기초 높이에 대한 검토 필요

II. 설계기준

○ 단면도



○ 설치기준

구 분	내 용	비 고
규 격	- 차량용 : 4.7m(폭)×3.5m(높이) - 대인용 : 2.5m(폭)×2.5m(높이)	터널 피난연락갱 설치기준 검토 [설계구 10201-311(‘03.8.26)]
간 격	- 1000m이상 터널(2차로) · 차량용 : 750m · 대인용 : 차량용사이에 250m마다 - 500~1000m미만 터널(2차로) · 대인용 : 300m까지 허용	

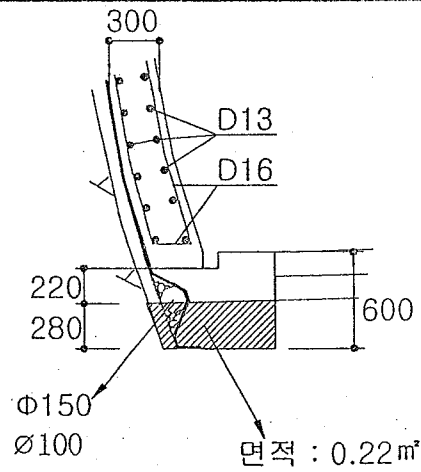
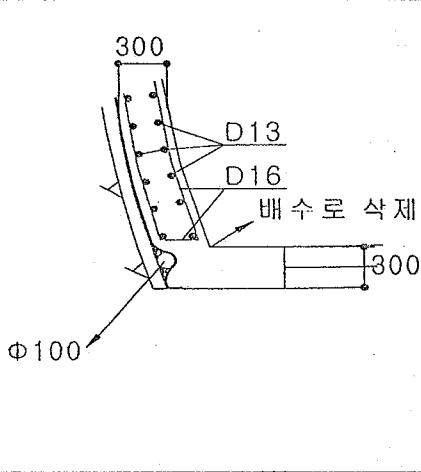
III. 노선별 설계 및 시공현황

노선명	구분	설 계			수 량 (개소)	시공여부	비고
		라이닝기준높이	노면배수로규격	측방배수로규격			
목포- 장흥	차량용	60cm	100×100mm	Ø100mm	2	미시공	기타
	대인용	-	-	-	-		
무안- 광주	차량용	30cm	100×100mm	Ø100mm	1	미시공	기타
		55cm	100×100mm	Ø100mm	2	기시공	기타
	대인용	40cm	100×100mm	Ø50mm	4	미시공	기타
춘천- 동홍천	차량용	49cm	100×100mm	Ø100mm	4	미시공	기타
	대인용	30cm	100×100mm	Ø100mm	15	미시공	기타
전주- 남원	차량용	45cm	100×100mm	Ø100mm	7	미시공	기타
	대인용	35cm	100×100mm	Ø100mm	20	미시공	기타
남원- 광양	차량용	45cm	100×100mm	Ø100mm	17	미시공	기타
	대인용	35cm	100×100mm	Ø100mm	44	미시공	기타
안성- 음성	차량용	60cm	100×100mm	Ø150mm	3	기시공	턴키
	대인용	-	-	-	-		
청원- 상주	차량용	50cm	150×100mm	Ø100mm	1	기시공	기타
		45cm	-	Ø30mm×3	2	기시공	턴키
	대인용	35cm	-	Ø30mm×3	3	기시공	턴키
현풍- 김천	차량용	60cm	100×100mm	Ø100mm	2	기시공	기타
	대인용	-	-	-	-		
고창- 장성	차량용	45cm	-	Ø40mm×3	2	기시공	대안
	대인용	45cm	-	Ø40mm×3	1	기시공	대안
장성- 담양	차량용	45cm	200×100mm	Ø100mm	5	기시공	대안
	대인용	-	-	-	-		
익산- 장수	차량용	60cm	100×50mm	Ø100mm	3	기시공	턴키
		45cm	100×100mm	Ø100mm	2	기시공	기타
	대인용	35cm	100×100mm	Ø100mm	6	기시공	기타
		30cm	100×100mm	Ø100mm	1	기시공	기타
주문진- 속초	차량용	-	-	-	-		
	대인용	30cm	100×100mm	Ø50mm	6	미시공	기타
당진- 대전	차량용	-	-	-	-		
	대인용	30cm	100×100mm	Ø50mm	4	미시공	기타
서천- 공주	차량용	-	-	-	-		
	대인용	30cm	100×100mm	Ø50mm	6	미시공	기타

IV. 현 설계 문제점

- 포장단면 축소에 따른 라이닝기초 저면과의 단차로 시공성 저하
- 라이닝 기초높이 과다로 비 경제적임
- 불필요한 노면배수로(100mm×100mm) 설치
- 측방배수관(Ø150) 사용시 라이닝 철근과의 저촉으로 시공성 저하

V. 개선방안

현 행	변 경
	

가. 라이닝 기초높이 축소(H=600mm→300mm)

라이닝 기초부는 구조해석에 영향을 미치지 않는 부분이므로 시공성을 고려하여 라이닝 기초 저면을 포장단면의 저면과 일치되게 시공할 수 있도록 라이닝 기초높이 축소

나. 노면배수로(100mm×100mm) 삭제

노면 양측에 설치된 노면배수로는 터널벽면 청소용 노면수 배출을 위해 설치된 것이나, 피난 연락갱내는 타일붙임이 없고 비상시에만 이용하는 점 등을 고려할때 노면배수로는 불필요한 것으로 판단됨.

다. 측방배수관 규격유지

측방배수관 (Ø150mm) 사용시 라이닝 철근과 저축되므로 시공성 향상을 위하여 현행 측방배수관 규격(Ø100mm)유지

VI. 기대효과

- 공사비 절감 : 약 40,000원/m($0.22\text{m}^3 \times 1\text{m} \times 60,000\text{원}/\text{m}^3 \times 1.5 \times 2\text{개소} \approx 39,600\text{원}$)
- 노면 배수로 배제로 시공성 향상

VII. 적용방안

- 설계중인 노선 : 개선방안 적용
- 공사중인 노선 : 미 시공구간 적용(기 시공구간 제외)



터널 내오염도장 확대시행

방 침
건설계획처-4472
('06. 12. 18)

I. 검토목적

도로 교통량의 급증 및 도로 건설 환경의 변화에 따라, 터널 내장재로 내오염 도장을 적용함으로써 터널내장기법의 다변화 및 경제성, 시공성, 유지관리(청소) 향상을 도모하고자 함.

내오염도장이란

- 내오염성이란 오염저항성을 가리키는 말로서 “오염되기 어려움”이라 할수 있으며,
- 발수성도장보다 친수성도장이 오염물질의 부착이 어렵다는 발상으로 개발됨
- 내오염도장재의 종류
 - 폴리우레탄계, 불소수지, 세라믹계등 품질기준을 만족하는 재료

II. 터널 내장재의 역할

1. 설치목적

- 전방차량이나 장애물의 배경이 되어 시인성향상
- 미관개선 및 운전자에게 쾌적감향상
- 운전자 시선유도 효과향상

2. 구비조건

- 오염이 잘 부착되지 않고 청소가 용이
- 내화성이 우수하고 유독가스가 발생하지 않아야 함.
- 경제적인 시공 및 효율적인 유지관리가 가능
- 한정된 내공단면을 유효하게 이용할수 있는 형상을 유지
- 내식(耐蝕), 내후성(耐候性), 미관이 우수
- 동결융해에 의한 재질변화가 적어야 함.



Ⅲ. 내오염도장 적용 터널현황

노 선	터널명		터널연장(m)	준공년도
계	11개		4,544	
통영~진주선	통영3터널	대전방향	255	2005
		통영방향	255	
중부내륙선	불정터널	마산방향	194	2004
		양평방향	194	
서해안선	운산터널	서울방향	60	2001
		목포방향	60	
	웅천터널	목포방향	520	
제2경인	삼막터널	일산방향	60	2001
		판교방향	60	
영동선	대관령2터널	강릉방향	55	2001
		인천방향	55	
	대관령3터널	강릉방향	60	
		인천방향	60	
	대관령6터널	강릉방향	202	
		인천방향	234	
	대관령7터널	강릉방향	120	
		인천방향	120	
대전남부순환선	안영2터널	산내방향	600	2000
		대전방향	600	
서울외곽선	안양터널	판교방향	390	1996
		일산방향	390	



IV. 내장재 비교

구분	타 일	도 장	
		불소 수지계	세라믹 우레탄계
개 요	타일붙임	콘크리트표면에 프라이머 1회 중도 1회 도장 후 상도 2회 도장	콘크리트표면에 프라이머 1회 상도 1회로 도장 마감
장 단 점	- 불규칙한 복공면 조정가능 - 자기질 외장으로 내구성 양호	- 시공성 양호 - 내오염성, 내마모성, 내약품성 우수 - 확산 반사율과 광택도가 높고 세정 회복율도 좋음 - 부분 파손시 유지보수 용이 (재도장) - 청소후 광택도 지속 양호	- 콘크리트면의 소지(표면)처리후 2회 도장 마감으로 시공성 양호 - 부착성이 뛰어나 - 내오염성, 내약품성, 내마모성, 내충격성 및 신장율 우수 - 확산 반사도 우수 - 청소후 광택도 지속 양호 - 부분 파손시 유지보수 용이 (재도장)
	- 선행 시공시 정밀시공 요구 - 주기적인 청소시행 (년4회)으로 유지 관리비 과다 - 일정기간(10~20년) 경과후 청소가 어렵고 내장재 재시공비 고가	- 상대 경도가 낮음 - 습기 지역 시공 제한 - 콘크리트 복공면의 표면처리 필요 - 작업조건 불량(환기) - 균열부 취약 - 재료비 고가	- 습기 지역 시공 제한 - 콘크리트 복공면의 표면처리 필요 - 작업조건 다소 불량(환기) - 재료비 다소 고가
시공방법	- 모르터 : 5m/m - 타 일 : 11m/m	- 하도 : 파티 및 프라이머 50μm - 중도 : 60μm(에폭시 수지계) - 상도 : 40μm(2회)	- 하도 : 파티 및 프라이머 80~125μm - 상도 : 75~120μm(1회)
내구년수	반영구	약 10년	약 10년
공사비 (제잡비포함)	60,300원/m ²	26,000원/m ²	20,400원/m ²
고속도로 시공사례	터널 다수	안양지하차도, 웅천터널	통영3터널, 만덕터널



V. 적용성 검토

분야별 검토의견

분 야	분 석 의 건
경제적측면	○ 도장은 초기타일공사비의 약 34%수준
품질관리측면	○ 조도, 확산반사율 우수 ○ 광택유지율(도막의 열화, 세척시 도막의 손상)은 타일이 우수하나 기준치 이상으로 품질관리 양호 ○ 내구년한측면에서 타일은 반영구, 도장은 10년이상
유지관리측면	○ 서울시에서 비교검토한 터널내장재의 오염진행 속도분석결과 도장(0.11/d) → 판넬(0.13/d) → 타일(0.35/d) 순으로 되어있어 도장이 유리한 것으로 판단됨 ※ 기술품 10508-1039('02. 11. 21)터널내오염 도장 추적조사 결과보고
미관적인측면	○ 유럽 및 일본에서는 1980년대 초부터 내장재로 도장을 실시하고 있음. ○ 조도, 확산반사율도 타일에 비해 우수함.
안전성측면	○ 화염전파 연속지속열 4.76, 소화점 임계열류량 47.0 (도시철도차량안전기준 연속지속열 15이상 소화점 임계 열류량 20이상) ○ 독성지수 0.33 (도시철도차량안전기준 1.6이하) ※ 차량내장판 안전기준임.
내구성측면	○ 촉진내후성 시험기준 만족 ○ 웅천터널 시공후 5년 경과후 품질시험결과 양호



설문조사결과

(건설계획처 -2158, '06. 6. 28)

구 분	설 문 결 과	비 고
유지관리편의성 및 경 제 성	○ 오염도 : 90%가 타일에 비해 오염도 우수답변 ○ 청소후 원상회복도 : 89%가 타일에 비해 우수답변 ○ 청소횟수 조정 필요성 : 70%이상이 줄이거나 현행유지 ○ 유지관리비용 : 90%가 절감 및 유사하다고 답변	유지관리 직원대상
미관성	○ 미관만족도 : 우수 44%, 보통49%, 7%가 불량 답변 ○ 미관만족도 답변사유 : 디자인, 광택, 색상등을 고려 답변	직원 + 이용고객
시인성 및 안전성	○ 눈부심현상 : 4% 운전애 장애가 된다고 답변 ○ 전방시설물 인지도 : 94%가 혼란없다고 답변	“
종합의견	○ 전반적인 만족도 : 50%만족, 42%보통, 8%불만 ○ 시공찬반도 : 73%가 찬성 ○ 전반적으로 내오염도장시공에 찬성을 하고 있으나 소수의견으로 초기공사비는 저렴하나 장기적인 유지관리 비용등을 고려 경제성검토가 필요하고 도장색상 및 디자인등을 다양화 해야 한다는 의견임.	“



경제성 분석

[단위 : 원/m²당, 제잡비율 제외기준]

구 분		타 일	내오염도장	비 고
내구년한		반영구(30년)	10년	
계	내구년한중 투자비	1,511,701	491,066	할인을고려
	년 간 투자비	50,390 (100%)	16,369 (32.5%)	LCC측면
초기 공사비		42,789 (100%)	14,464 (33.8%)	
유 지 관리비	비 용	44,520 (100%)	11,130 (25%)환산시75%	
	청소주기	4회/년	3회/년	
재시공비		85,359 (100%)	8,311 (9.7%)	타일 : 전면교체 도장 : 상도1회시행
할인율		7.5%	7.5%	

※ 제반단가는 '06년 기준단가임.

공사비 절감 (현재시공중터널기준)

[제잡비포함금액, 제잡비율 41%적용]

구 분	공사중물량(m³) (300~1000m³이하)	타 일 (억원)	내오염도장 (억원)	절감액 (억원)
년 간 투자비	261,208	21 (100%)	12.6 (59%)	8.4 (30년환산:252억원)
내구년한중 총투자비		635	126	509
초기공사비		158	54	104 (설계가기준)
유지관리비		163	41	122
재시공비		314	31	283

※ 현재 시공중인 터널변경시 57억원 절감(도급가기준)



품질유지관리측면

측정치수	내장재 측정부위별	도 장 면			타 일 면			비 고
		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
확산반사율 (%)	초 기 값	89.3	89.3	89.3	70.1	72.4	69.5	
	세척후값	89.1	88.6	88.7	69.7	69.7	67.6	
	세정회복율 (%)	99.7	99.2	99.3	99.4	96.2	97.2	
광 택(%)	초 기 값	81.4	81.4	81.4	14.8	14.9	12.9	
	세척후값	74.9	74.3	73.6	14.2	13.1	14.3	
	세정회복율 (%)	92.0	91.2	90.4	95.9	87.9	110	



VI. 개선방안

내장재 개선기준

1. 개선적용(안)

터널연장	설치높이 (m)	내장재 재질		비고
		현행	개선	
300m미만	미설치 (설치시 20m)	미설치	내오염도장, 타일 등 재질을 다양화하고 재질 선정은 경제성, 유지관리(청소, 미관) 등을 고려하여 결정	교통량 4만대/년
300m이상 ~ 1,000m미만	2.0m	타일		
1,000m이상	3.0m	타일	타일(잠정)	

※ 1,000m이상터널에 대하여는 화재에 대한 안정성 추가조사후 개선방안 마련

※ 상기표의 터널연장구분은 교통량 및 지형여건에 따라 다르므로 설치기준
<별첨#3>을 참조

※ 공동구 벽체 측면에도 관련지침(설심이 13201-773 '99. 8. 18) 따라 내장재를 설치

2. 내장재 선정시 고려사항

- 도로통과지역의 문화, 지리, 전통의 영향을 고려
예) 도자기고장의 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



디자인 개선

- 현행 디자인을 지역여건, 특색에 따라 다양한 형식적용
 - 디자인 적용시 설계심의회후 적용 : 디자인 결정시 기관별 용역시행
 - 디자인 적용시는 외형만 중시하여 적용시에는 운전자의 눈의피로를 가중시킬수 있으므로 단순하면서도 기본적 기능을 발휘할수 있는 디자인 선택

현 행	적용 예

VII. 결 론

적용 방안

- 설계중인 노선 : 본 방침에 따라 설계에 적용
- 공사중인 노선 : 본 방침에 따라 변경시행하되 공사시행부서에서 현장여건을 고려 적용여부 결정
- 기 타 사 항 : 설계단가 적용시 내오염도장의 경우 재질에 상관없이 단가가 가장저렴한 세라믹우레탄계를 적용

<별첨자료>

1. 내장재별 경제성 비교
2. 공사중인 내장재 변경시 공사비절감액
3. 터널내장재 설치기준
4. 타일과 도장의 성능비교
5. 일본터널 내오염도장 적용사례
6. 사진대지
7. 단가설명서

<별첨#1>

내장재별 경제성 비교

[단위 : 원/m²당, 제잡비율 제외기준]

구 분		타 일	내오염도장	비 고
내구년한		반영구(30년)	10년	
계	내구년한중 투자비	1,511,701	491,066	할인율고려
	년 간 투자비	50,390 (100%)	16,369 (32.5%)	LCC측면
초 기 공사비	소 계	42,789 (100%)	14,464 (33.8%)	
	재료비	10,228	7,587	
	시공비	32,561	6,877	
유 지 관리비	소 계	44,520 (100%)	11,130 (25%)환산시75%	확산반사율40% 기준, 일본의 경우 1~12회/년시행 (교통량1만 ~ 5만대)
	청소주기	4회/년	3회/년	
	1회당 청소비	371	371	
	내구년한중 청소비	(30년x4회/년)x 371 = 44,520	(10년x3회/년)x371 = 11,130	
재시공비	소 계	85,359 (100%)	8,311 (9.7%)	타일 : 전면교체 도장 : 상도1회시행
	기존시설 철거비	23,869	-	
	내장비	61,490	8,311	
할인율		7.5%	7.5%	

※ 제반단가는 '06년 기준단가임.

<별첨#2>

공사중인 내장재 변경시 공사비 절감액

[제잡비포함금액, 제잡비율 41%적용]

구 분	공사중물량(m ³) (300~1000m이하)	타 일 (억원)	내오염도장 (억원)	절감액 (억원)
년 간 투자비	-	21 (100%)	12.6 (59%)	8.4 (30년환산:252억원)
내구년한	261,208	30년	10년	-
내구년한중 총투자비		635	126	509
초기공사비		158	54	104 (설계가기준)
유지관리비		163	41	122
재시공비		314	31	283

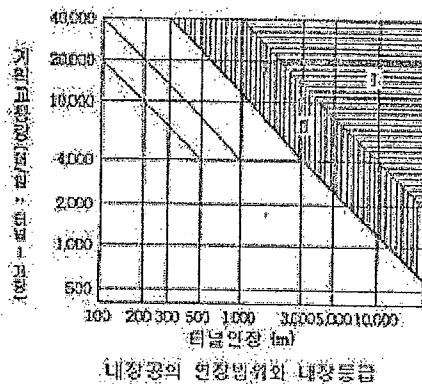
※ 현재 시공중인 터널변경시 57억원 절감(도급가기준)

터널 내장재 설치기준

(설심이 13201-773 '99. 8. 18)

1. 설치기준(일본도로공단의 설계요령을 참고)

터널 내장공은 원칙적으로 내장 등급구분 I 및 II의 터널에 설치하도록 한다. 단, 내장등급구분 I, II에 해당되지 않는 터널이라도 종단구배 3%이상, 곡률반경 500m이하, 대형차 혼입율이 높을것으로 예상되는 경우, 터널이 연속되어 있는 구간에서는 내장재를 설치 할수 있다.



2. 설치범위

가. 내장재의 설치폭

- ① 내장등급구분 I : 대형차 운전자 시선높이 2.5m를 중심으로한 수평 및 부각(俯角)을 고려하여 약 3m정도 설치
- ② 내장등급구분II : 승용차 운전자 시선높이 1.2m를 중심으로 한 양각(仰角) 및 부각(俯角)을 고려하여 약 2m 정도 설치

나. 세부 설치기준

내장등급	편구배	설 치 높 이(m)		비 고
		주행선측	추월선측	
I	2%	3.193	3.0	
	3%	3.288	3.0	
	4%	3.383	3.0	
II	2%	2.193	2.0	
	3%	2.288	2.0	
	4%	2.383	2.0	

※ 검사원 통로 설치시 검사원 통로 하단 22.4cm, 상단 20cm와 일반구간의 공동구 상단 20cm는 터널 청소차량의 청소 가능범위를 고려하여 내장재를 설치하지 않음

타일과 도장의 성능비교

[터널내오염도장에 의한 터널내장기법개선 참조(도연품18404-1775, 99. 9. 1)]

o 확산 반사율

대장제 측정부위별 측정치수		도 장 면			타 일 면			비 고
		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
1차 ('96. 2. 28)	측 정 치	89.3	89.3	89.3	70.1	72.4	69.5	타일면 : 5개소 평균치임
	유지율(%)	100	100	100	100	100	100	
2차 ('96. 3. 15)	측 정 치	81.1	72.9	65.0	62.2	52.6	44.3	6개소 평균치임
	유지율(%)	90.8	81.6	72.7	88.7	72.6	63.7	
3차 ('96. 4. 1)	측 정 치	72.4	61.3	45.6	55.2	44.0	31.2	"
	유지율(%)	81.0	68.6	51.0	78.7	60.7	44.8	
4차 ('96. 7. 29)	측 정 치	50.6	36.9	27.4	37.4	28.7	20.6	" 타일면은 1차 세척('96. 4. 8)후 측정치임
	유지율(%)	56.6	41.3	30.6	53.3	39.6	29.6	

o 광 택

내장재 측정부위별 측정치수		도 장 면			타 일 면			비 고
		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
1차 (‘96. 2. 28)	측 정 치	81.4	81.4	81.4	14.8	14.9	12.9	타일면 : 5개소 평균치임
	유지율(%)	100	100	100	100	100	100	
2차 (‘96. 3. 15)	측 정 치	63.4	51.5	33.7	10.5	6.5	3.8	6개소 평균치임
	유지율(%)	77.8	63.2	41.4	70.9	43.6	29.4	
3차 (‘96. 4. 1)	측 정 치	52.6	36.3	12.7	8.5	3.9	1.7	"
	유지율(%)	64.6	44.5	15.6	57.4	26.1	13.1	
4차 (‘96. 7. 29)	측 정 치	36.0	17.5	5.6	5.6	2.1	1.2	" 타일면은 1차 세척(‘96. 4. 8)후 측정치임
	유지율(%)	44.2	21.4	6.8	37.8	14.0	9.3	

○ 세 정 회 복 율

내장재 측정부위별 측정치수		도 장 면			타 일 면			비 고
		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
확산반사율	초 기 값	89.3	89.3	89.3	70.1	72.4	69.5	‘96. 2. 28
	세척후값	89.1	88.6	88.7	69.7	69.7	67.6	‘96. 7. 29
	세정회복율 (%)	99.7	99.2	99.3	99.4	96.2	97.2	-
광 택(%)	초 기 값	81.4	81.4	81.4	14.8	14.9	12.9	‘96. 2. 28
	세척후값	74.9	74.3	73.6	14.2	13.1	14.3	‘96. 7. 29
	세정회복율 (%)	92.0	91.2	90.4	95.9	87.9	110	-

[터널내오염도장 추적조사결과 서해안고속도로 웅천터널(기술품10508-103호, ‘02. 11. 21)]

□ 확산반사율

구 분	제품 A		제품 B		타일	
	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)
1차 (초기값)	91	100	90	100	68	100
2차	90	99	85	94	67	99
3차	88	97	83	92	64	94
4차	89	98	88	98	67	99
5차	85	93	86	95	67	99

□ 광택

구 분	제품 A		제품 B		타일	
	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)
1차 (초기값)	77	100	73	100	94	100
2차	75	97	67	91	93	99
3차	69	90	63	87	90	96
4차	69	89	66	90	94	100
5차	67	86	67	92	91	97

터널경과년수에 따른 확산반사율 비교

['05. 6. 6 확산반사율 측정 결과]

터널명	청소전				청소직후			준공 년도	비고
	경과 일수 (개월)	확산반사율			확산반사율				
		입구	중앙	출구	1지점	2지점	3지점		
중부2터널 (하남)	2.1	48.1	48.3	39.5	58.7	62.1	56.7	1987년	19년
중부2터널 (통영)	2.1	44.5	48.5	47.7	63.3	59.5	58.1	1987년	19년
와촌터널 (포항)	6.5	65.8	65.3	42.8	-	-	-	2004년	1년
와촌터널 (대구)	6.5	58.4	60.6	42.5	-	-	-	2004년	1년

['06. 8. 22(10월) 확산반사율 측정 결과]

터널명	청소전				청소직후			준공 년도	비고
	성과 일수 (개월)	확산반사율			확실히 반사율				
		입구	중앙	출구	1지점	2지점	3지점		
웅천터널 (목포)	4	65.9	53.6	50.2	87.6	82.4	83.8	2001년	5년
통영터널	10	70.22(평균)			81.27(평균)			2005년	10개월

일본터널 내오염 도장 적용 사례

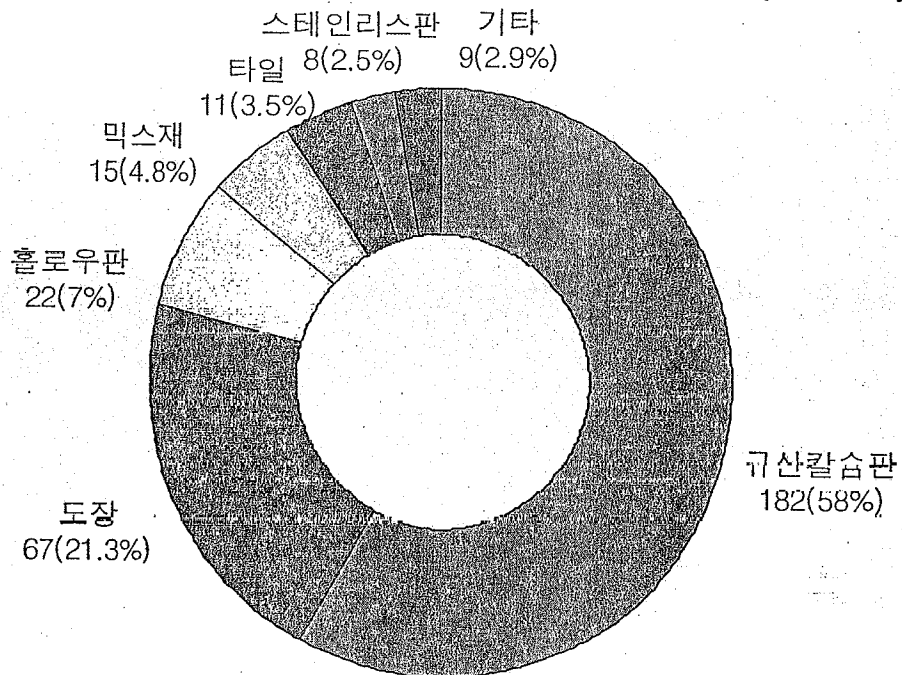
노 선 명		터널명	왕복 차선수	적용연장 (m)	적용도장 채질
관월 자동차도	신학선	장정판	4	548	상 : 실리카 하 : 실리콘
		연구	"	485	하 : 불소 및 실리콘 에폭시
		천상	"	198	상 : 불소
산형 자동차도	산형선	청야	2	550	우레탄
		고원	"	330	"
		산가	"	410	"
		쌍월	"	210	"
		명산	"	1,230	"
		보택	"	330	"
		백쇄	"	490	"
		당송	"	330	"
고속2호	횡병선	남경정택	6	1,166	불소(세라텍스 F)
	"	삼즈택	"	2,166	불소(세라텍스 F)
국도	9호선	단마	2	500	불소(세라텍스 F)
지방도		굴지내 제3호	"	316	불소(세라텍스 F)
국도	1호선	동산			불소(세라텍스 S)
국철		관문			폴리에스테르 아크릴 공중합수지
		정환			"
국도41호		암곡			"
시도		동산			"
화가산		수월			"
피기정 해병공원 터널					"
제2시인 터널					"

내장재료별 시공건수(일본)

(1988~1995)

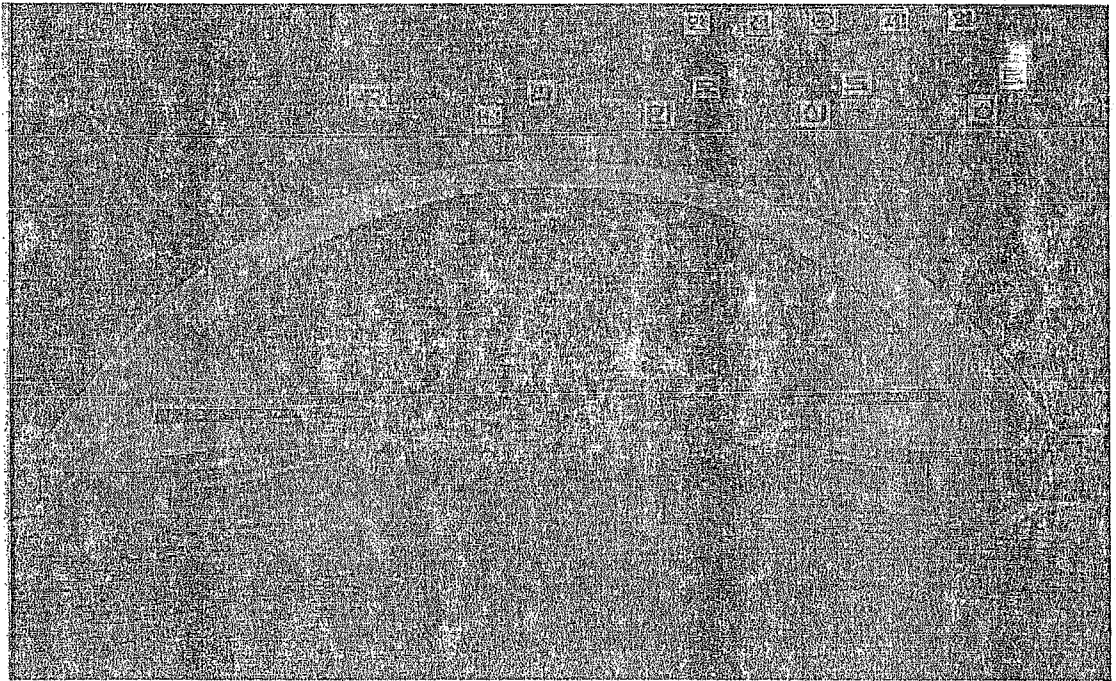
재료명	합 계			비율(%)
	건수	시공현장(m)	터널1개소당 시공현장(m)	
규산칼슘판	182	216,892	1,192	58.0
도장	67	27,126	404	21.3
홀로우판	22	10,540	479	7.0
믹스재	15	24,583	1,638	4.8
타일	11	28,500	2,590	3.5
스테인리스판	8	2,836	354	2.5
기타	9	1,285	142	2.9
계	314	311,762	6,799	

'88~'95 내장재료별 시공건수(일본)



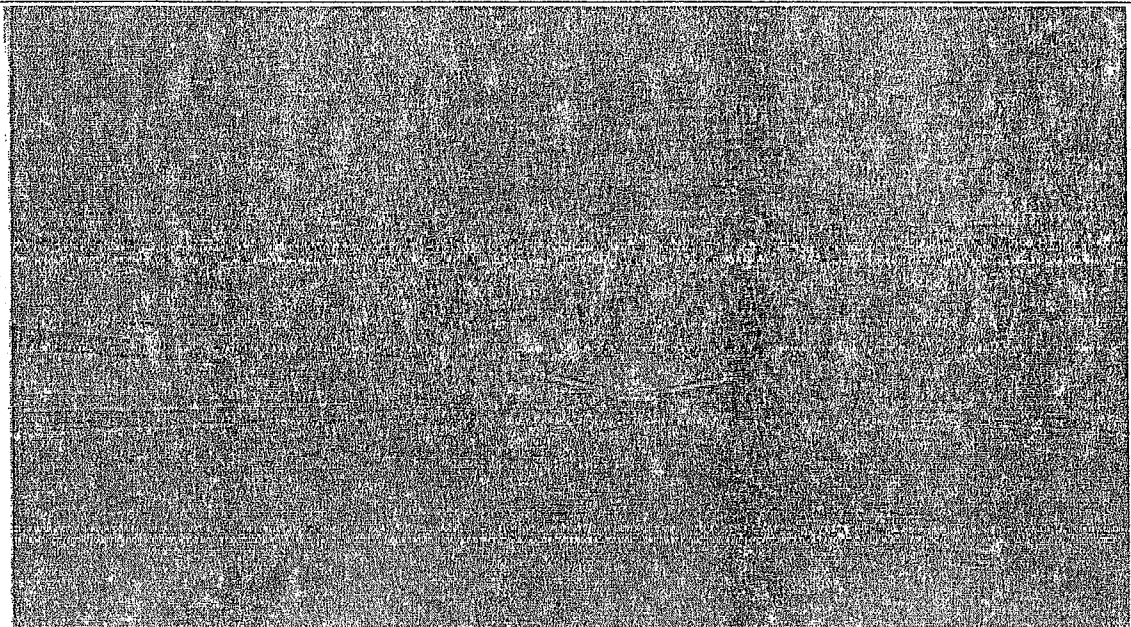
<별첨#6>

사 진 대 지



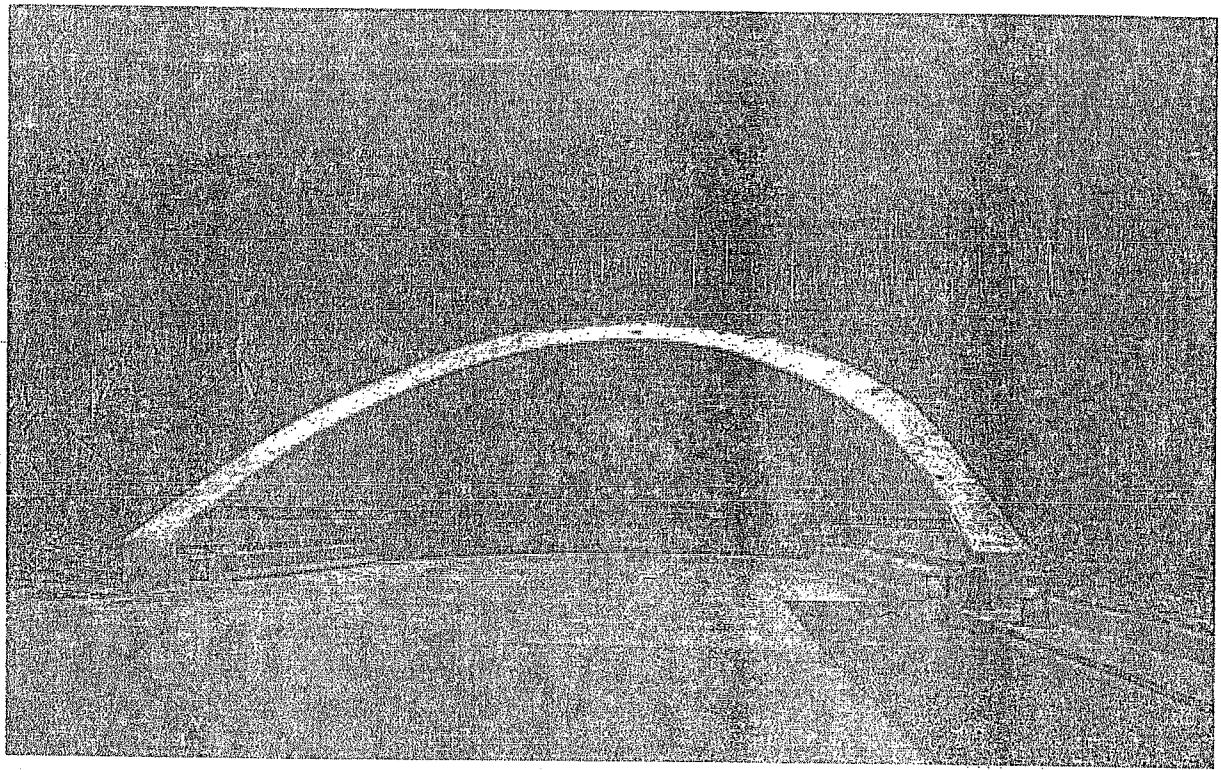
내 용

서해 응천터널(하) 내오염도장 전경



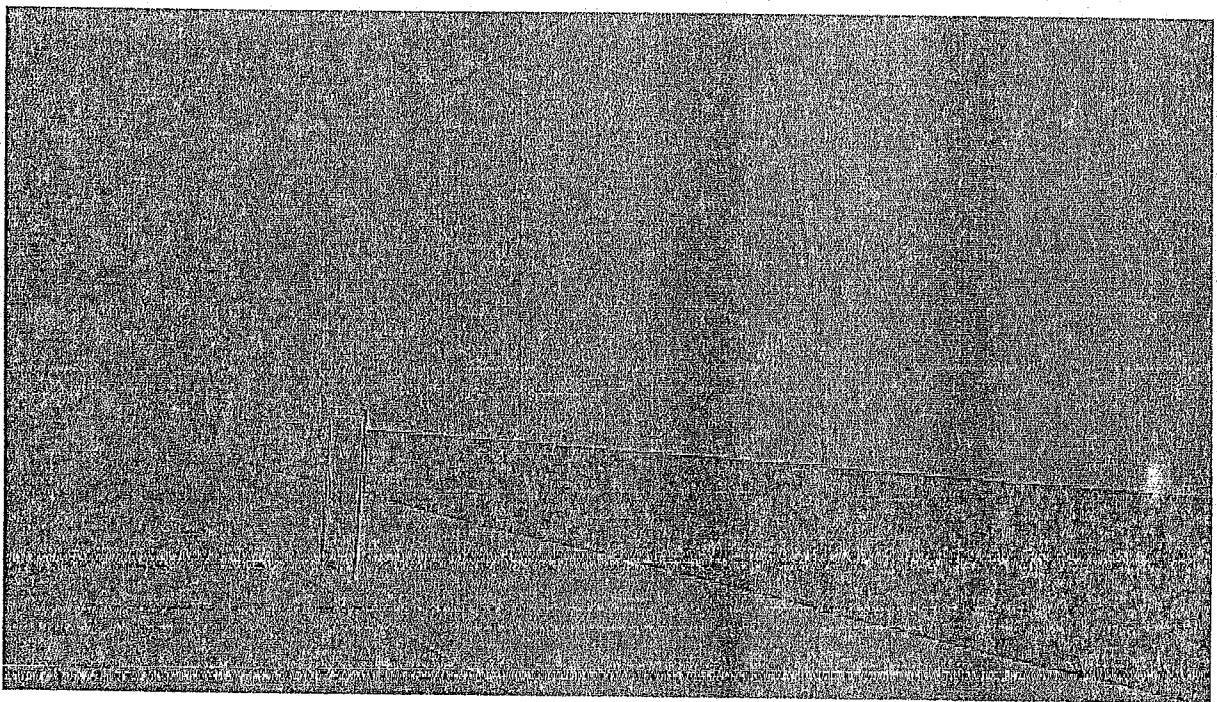
내 용

서해안 고속도로 응천터널



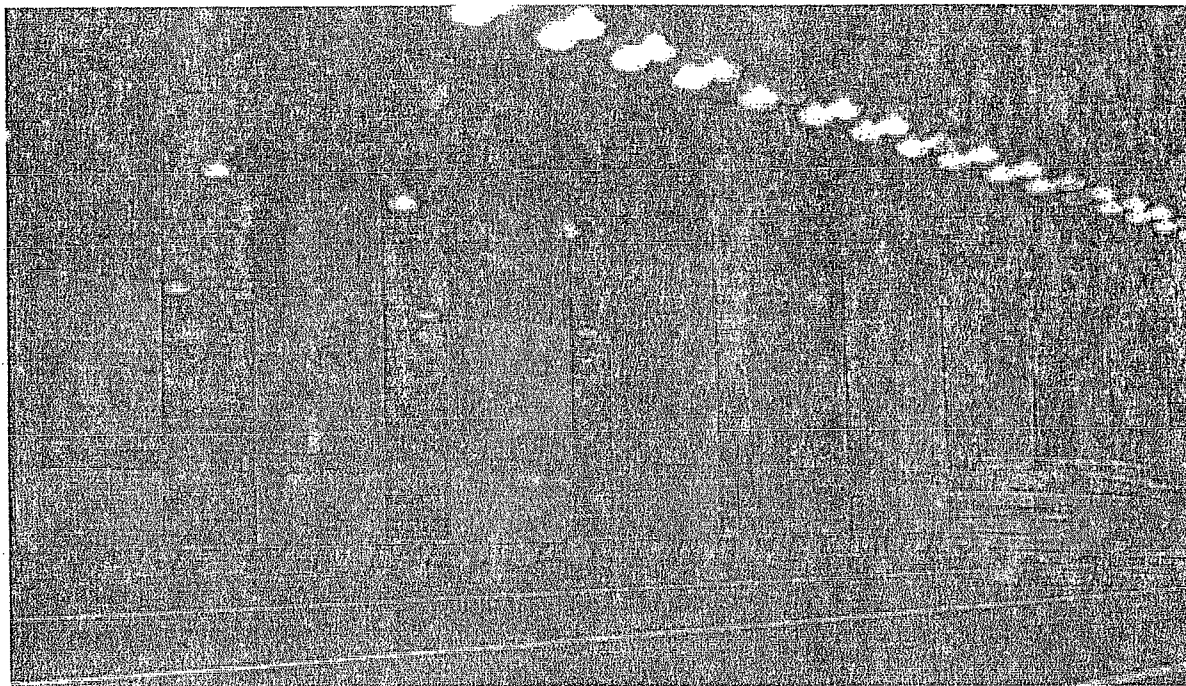
내 용

진주-통영간 통영3터널 내오염도장 시공 전경

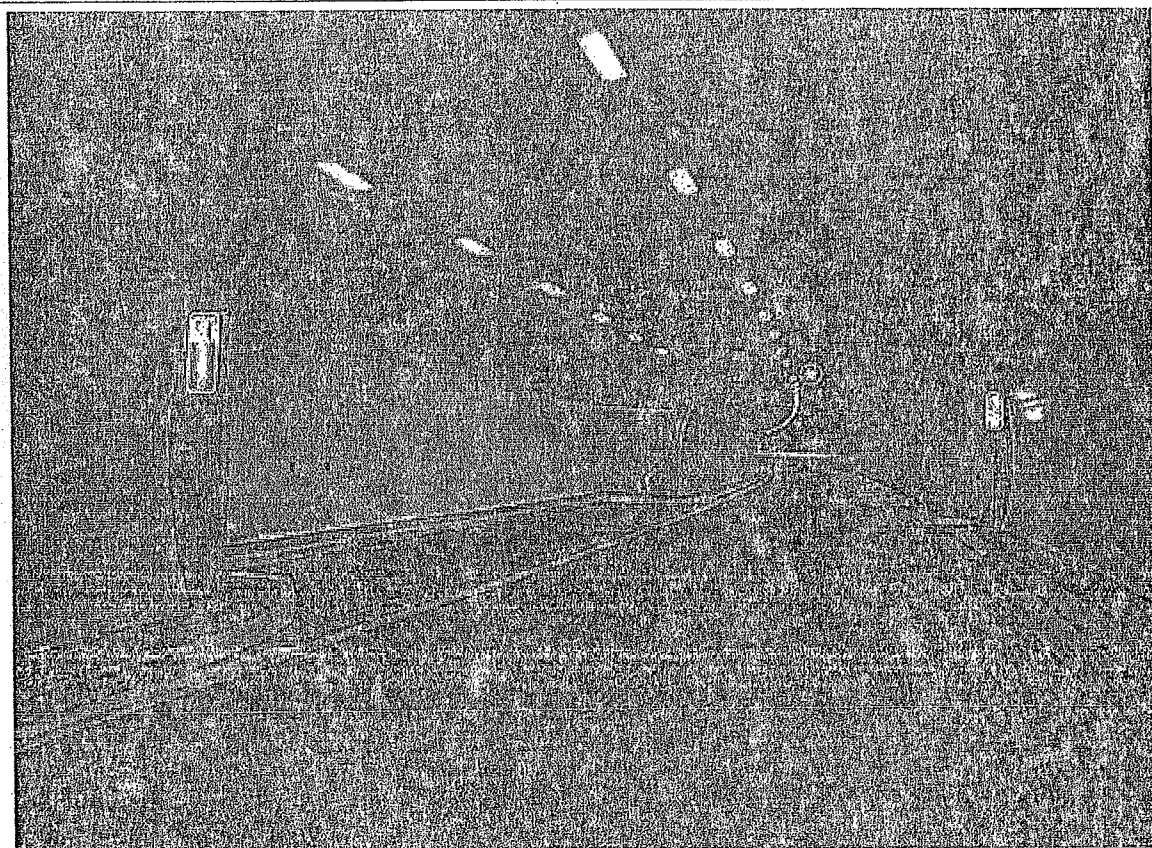


내 용

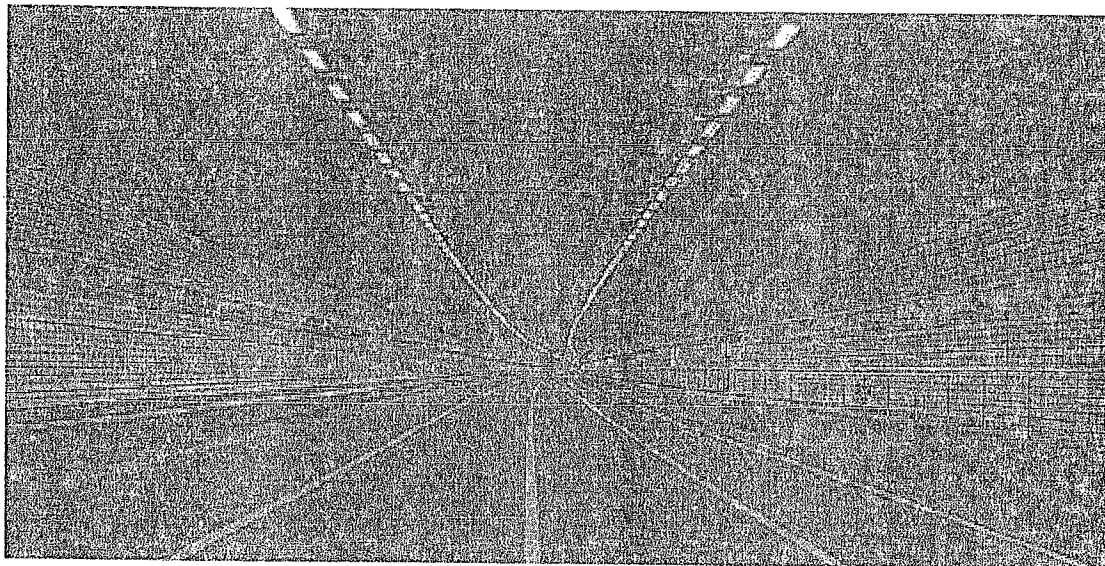
진주-통영간 통영3터널 내오염도장 시공 전경



서울외곽순환고속도로 안양지하차도 도장 전경

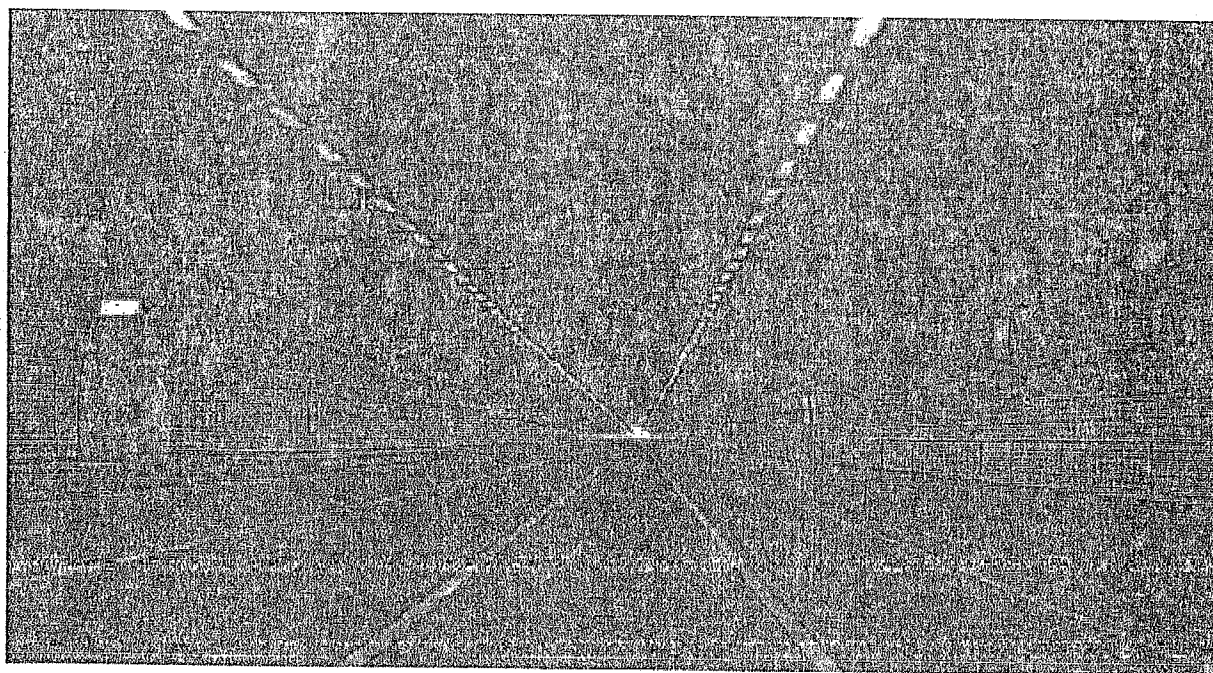


일본 터널내부전경



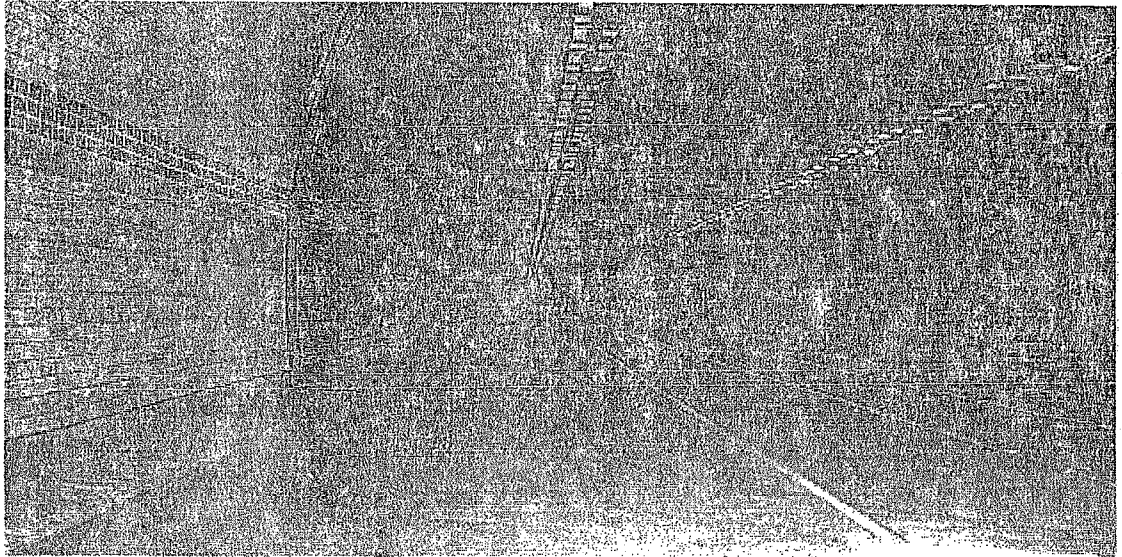
내 용

서울 외곽순환고속도로(노고산터널)



내 용

서울 외곽순환고속도로(불암산터널)

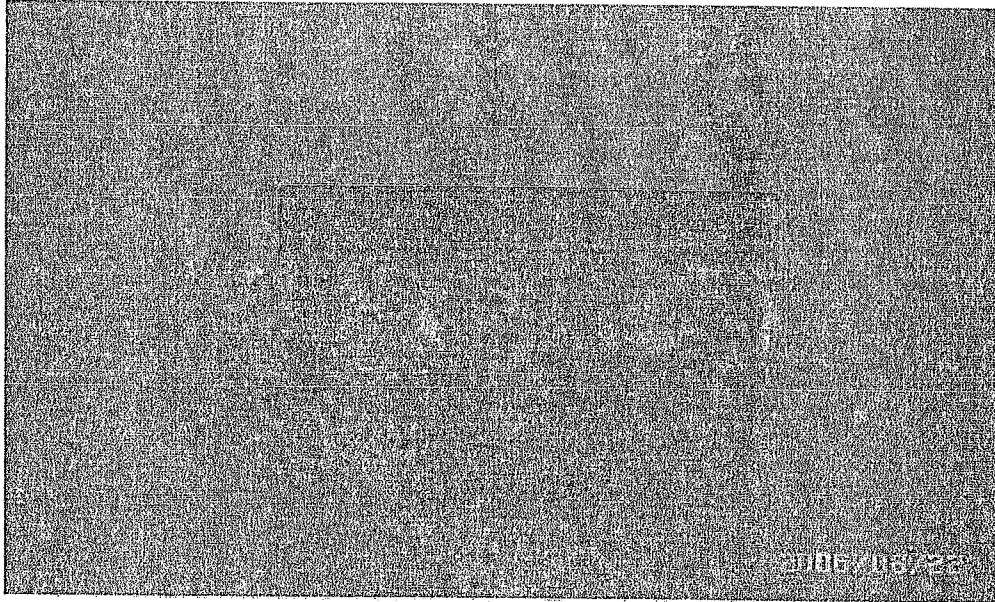


내 용

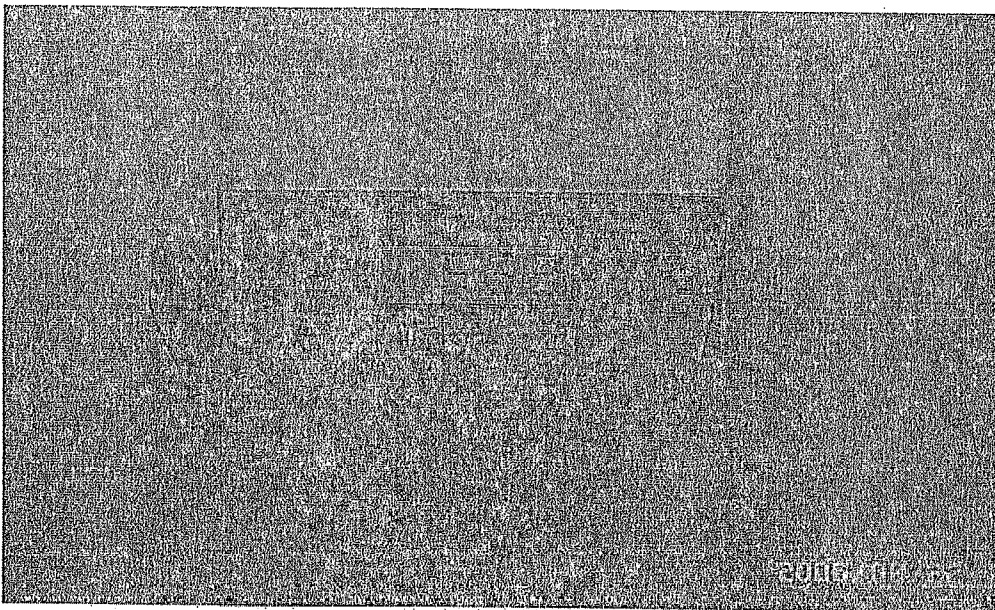
서울 외곽순환고속도로(수락산터널)

내 용

사 진 대 지

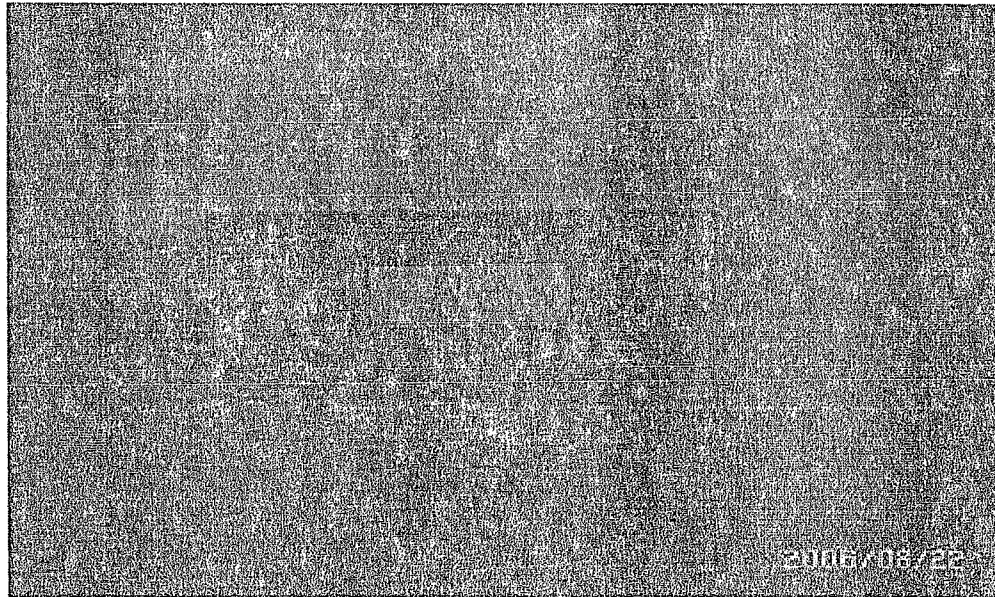


위 치	웅천터널입구부(목포)
내 용	오염되기전(측청값:87.6) 물청소작업 실시 : 4.17

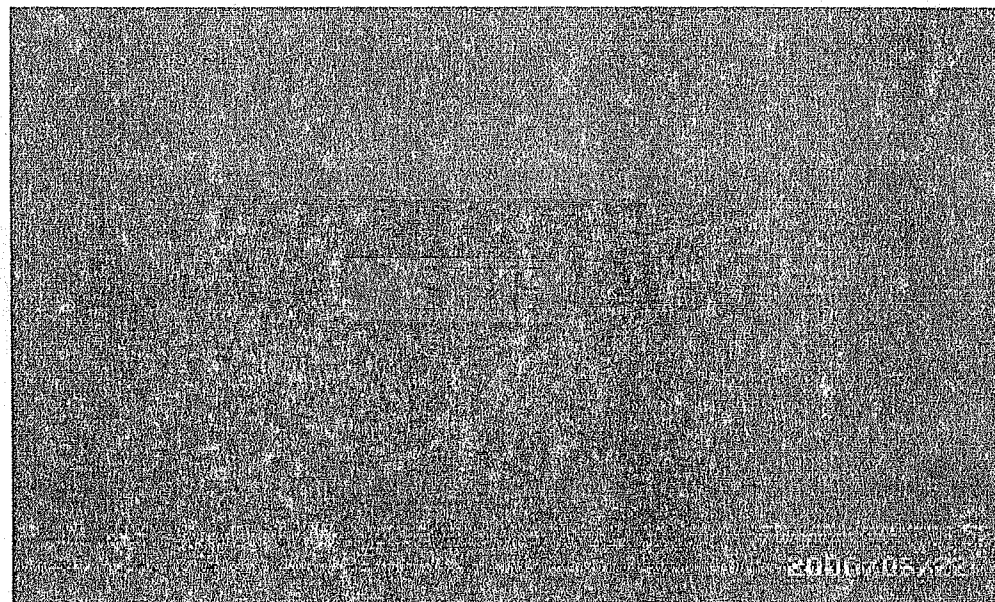


위 치	웅천터널입구부(목포)
내 용	오염된후(측청값:65.9) 오염기간: 4개월

사 진 대 지

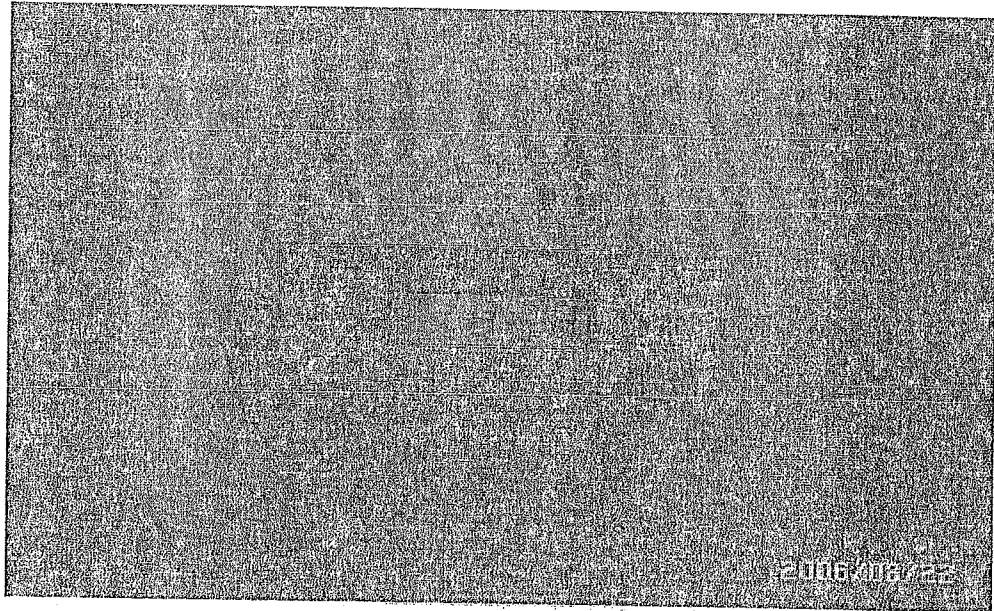


위 치	용천터널중간부(목포)
내 용	오염되기전(측정값:82.4) 물청소작업 실시 : 4.17

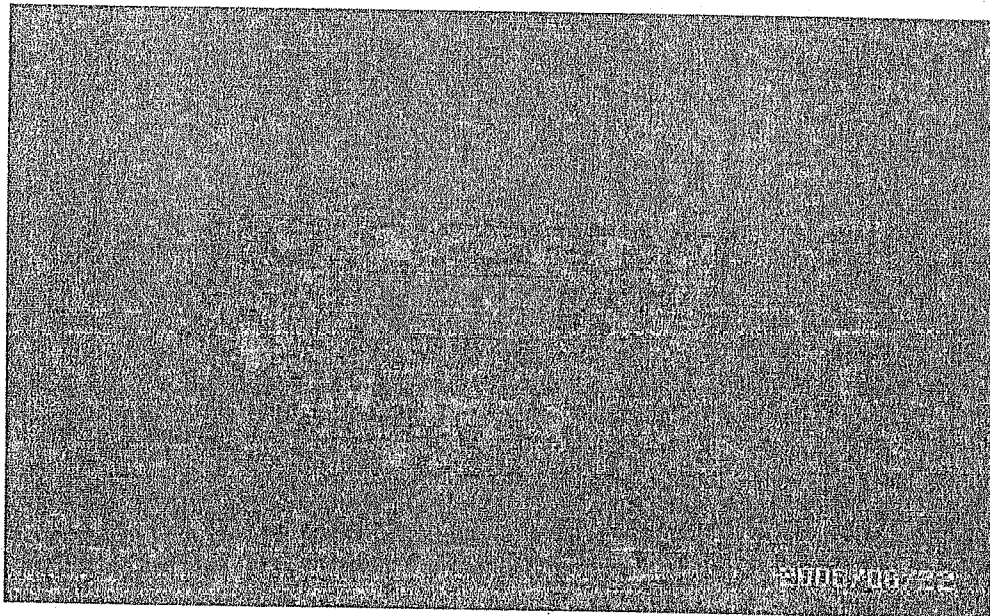


위 치	용천터널중간부(목포)
내 용	오염된후(측정값:53.6) 오염기간: 4개월

사 진 대 지

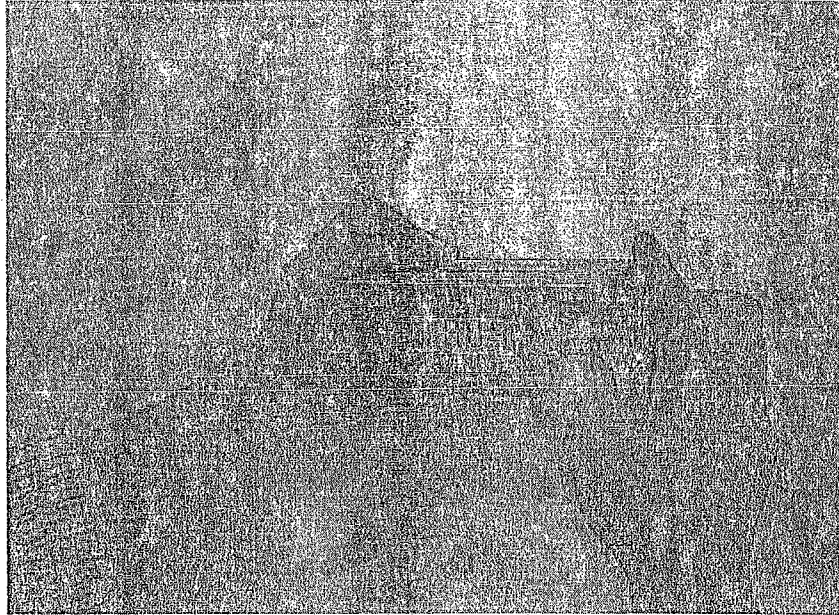


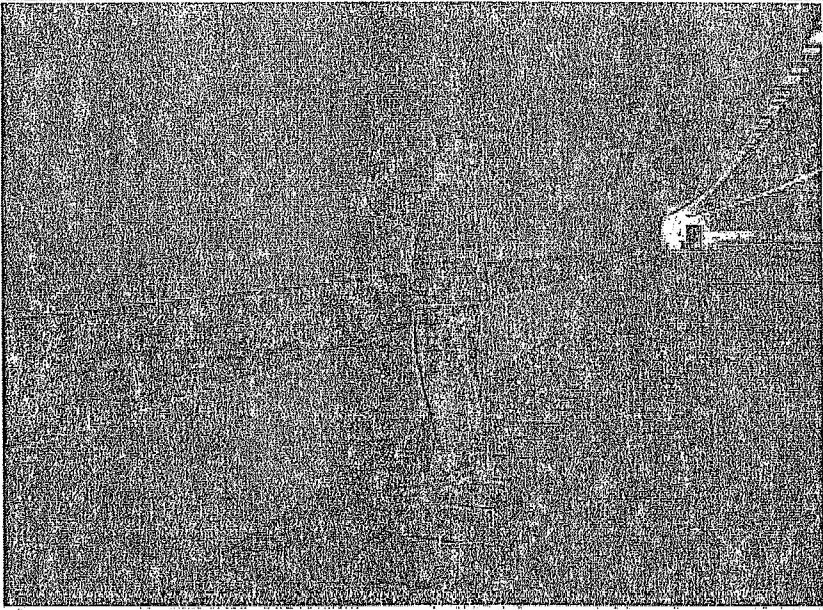
위 치	웅천터널출구부(목포)
내 용	오염되기전(측정값:83.8) 물청소작업 실시 : 4.17



위 치	웅천터널출구부(목포)
내 용	오염된후(측정값:50.2) 오염기간: 4개월

사 진 대 지



위 치	통영3터널
내 용	6회평균 청소후(평균 81.27) 청소전 : 70.22(9개월경과)
	
위 치	통영3터널
내 용	확산반사율측정장면

내오염 도장 단가설명서

※ 단가설명서

본 단가는 내오염 도장에 따른 콘크리트 바탕처리, 내오염도장의 노무비, 경비, 재료비의 단가이며, 내부 디자인 도장비용이 포함되어 있음.

내오염도장 공사시방(안)

2006.

한국도로공사

내 오염 도장 공사 시 방 (안)

1-1 시공계획 및 준비공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 콘크리트나 모르터에 시공되어지는 구조물의 도장공사를 시행하기 위해 필요한 시공계획서 작성 및 공사준비에 적용한다.

1.2 참조규격

해당없음

1.3 제출물

시공자는 도장 품질관리를 실시하기 위해 도장작업요령, 자체검사요령등을 포함하는 도장시공계획서를 제출하여 감독원의 승인을 얻어야 한다.

2. 재료

해당없음

1-2 콘크리트 먼 관리

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 도장전의 콘크리트(터널라이닝) 구조물의 먼 관리에 적용한다.

1.2 참조규격

해당없음

1.3 제출물

해당없음

2. 재료

해당없음

3. 콘크리트 면 조건

3.1 콘크리트 양생

콘크리트 표면은 도장전 충분히 양생시켜야 하며 적합한 콘크리트 양생기간은 다음과 같다.

온 도(℃)	상대습도(%)	양생기간	비 고
21 ~ 26	75 이하	30일 이상	
8 ~ 12	75 이하	40일 이상	

3.2 도장전 콘크리트의 함수율 및 PH 관리기준은 다음과 같다.

PH : 10이하

수분함량 : 8% 이하

1-3 표면처리

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 도장전의 콘크리트 구조물의 표면처리에 적용한다. 표면 처리방법은 시방서나 현장 여건 또는 장비에 따라 선택하여야 한다.

1.2 참조규격

해당없음

1.3 제출물

해당없음

2. 재료

해당없음

3. 시공

3.1 그라인딩

- 3.1.1 도막과 콘크리트면과의 부착성을 높이기 위하여 요철부위, 오염물질(형틀박리제 등)은 도막에 악영향을 끼치므로 그라인딩을 하거나 용제로 닦아내어야 한다.
- 3.1.2 들뜬 오염물질, 침전물(Laitance) 및 이물질은 와이어 브러쉬(Wire Brush)로 제거하여야 한다.
- 3.1.3 전처리 작업후 모든 이물질 및 먼지는 진공 청소기 또는 압축공기를 이용하여 제거하여야 한다.
- 3.4.4 바탕처리 작업시에는 먼지나 이물질에 의해 주변의 환경오염과 작업자의 안전위생등에 대해 충분히 고려하고 적절한 대책을 강구해야 한다.

3.2 샌드 블라스트 방법

- 3.2.1 가능한 16 메쉬 이하의 충분히 건조된 모래를 사용하여 콘크리트 표면의 이물질 및 침전물(Laitance)을 제거하여야 한다.
- 3.2.2 콘크리트의 요철이 심한 부위는 그라인더를 이용하여 콘크리트면을 균일하게 하여야 한다.
- 3.2.3 전처리 작업후 모든 이물질 및 먼지는 진공 청소기 또는 압축공기를 이용하여 제거하여야 한다.

- 3.3 균열보수 도장전 콘크리트 표면에 발생한 균열처리는 0.2mm 이상인 경우 에폭시 주입제로 주입하거나 보강재로 보수후 도장작업을 시행하여야 한다.

1-4 도장

1. 도장조건

1.1 온도

최적의 도장온도 범위는 15℃ ~ 32℃ 사이이며 일반적으로 4℃ 이하, 43℃ 이상에서는 도장을 하지 않아야 한다. 표면의 온도가 32℃ 이상이면 도막이 너무 빨리 건조되어 편축이 발생되고, 5℃ 이하이면 경화가 느릴뿐만 아니라 불완전한 경화를 유발할 수 있다.

도장하는 동안 표면의 수분응축을 방지하기 위해 콘크리트 표면 온도가 이슬점보다 2.7℃ 이상 높아야 한다.

1.2 습도

습도는 도막의 건조시간에 영향을 주며 습도가 높은 경우에는 용제의 증발을 억제함으로써 건조시간을 지연시키지만 화학적으로 경화되었거나 활성화된 도막에는 약간의 영향을 미친다. 일반적으로 도장을 위한 최적습도 범위는 40~80%이다.

1.3 기타

안개, 비 또는 강한 바람이 부는 날에는 도장을 피해야 한다. 재도장시에 종전 도막에 화학적 오염의 발생이 예상되면 후속 도장전에 물이나 용제로 세척해야 한다.

2. 도장작업

2.1 도장준비

2.1.1 도장은 도료공급자의 기술자료나 기타 유의사항에 준해 시공하여야 한다. 다액형의 도료는 도장하기 전에 혼합비에 따라 충분히 교반후 가사시간 내에 사용하여야 한다.

2.1.2 희석이 필요한 경우 반드시 지정된 희석제만을 사용해야 하며 희석비율은 작업조건에 따라 조정될 수 있다.

2.2 도장방법

2.2.1 모든 도장은 표준도장 시공방법에 의해 시행되어야 한다.

2.2.2 도료는 사용에 적합한 상태로 공급이 되나 희석제는 경우에 따라 사용량을 증감할 수 있으며 특수한 경우에는 도료제조회사 또는 감독원과 협의하여야 한다.

2.2.3 도장은 전체 부위에 균일하게 도포되도록 도장하고 도장이 안되거나 과도막이 흐른부위가 없도록 유의하여야 한다.

2.2.4 도장을 할 때에는 구석진 곳, 콘크리트 신축줄눈 부위 및 가장자리 등은 부분적으로 붓으로 도장하여야 한다.

2.2.5 도장된 도막은 충분히 건조된 후에 재도장할 수 있도록 시공간격을 유지하여야 한다.

2.2.6 도장된 도막은 건조도막 측정기로 측정하거나 도장 면적당 사용된 도료의 양으로 도막두께를 추정하여 규정보다 미달된 도장부위는 덧도장하여 규정된 도막이 되도록 도장하여야 한다.

2.2.7 스프레이건은 피도면과 항상 일정한 거리(약30cm정도)를 유지하고 피도면에 수직으로 시공하여야 한다.

2.2.8 에어리스 스프레이 도장시 건의 이동속도는 50-60cm/sec로 하고 30-40%씩 중첩되도록 도장하여야 한다.

2.2.9 균일한 도막 두께 유지 및 작업 효율을 위해 높은 곳에서 낮은 곳으로 도장하는 것을 원칙으로 한다.

2.3 도구의 세척

도구 및 장비는 사용후 즉시 사용도료에 해당하는 희석제나 도구세척제로 세척하여야 한다.

3. 세부도장 관리

3.1 모든 도료는 사용전에 침전 및 덩어리가 없도록 충분히 교반하여 사용하여야 하며 2액형 도료의 경우 상표에 기록되어 있는 혼합비를 정확하게 지켜서 혼합하고 가사시간 내에 도장을 하여야 한다.

3.2 현장에 납품된 모든 도료는 사용하기 전에 뚜껑을 열어서는 안되며 일단, 개봉된 도료는 완전히 사용하거나 제조회사의 사용지침에 따르도록 하여야 한다.

3.3 최종 마무리 도장이 끝난 후에는 미흡한 부위가 있는지 확인하고 표면을 깨끗이 유지하여야 한다.

1-5 품질기준

1. 도장두께

구분 공종		표준두께(㎍)		비 고
		불소수지계	세라믹 우레탄계	
바탕 처리	하 도	50	80~125	소지상태에 따라 두께를 달리할수도 있음
	퍼 티	-	-	
중 도		60	-	
상 도		40	75~120	1회 또는 2회 도장

※ 도장두께는 사용재료특성에 따라 조정될수 있음.

2. 품질기준

시험항목	단위	품 질 기 준				시험방법
		상 도	중 도	하 도	페 티	
용기내 상태	-	이상이 없을것	이상이 없을것	투명하고 이상이 없을것	이상이 없을것	KSM 5000 - 2011
고화건조시간 (25℃, 시간)	hr	8시간 이내	18시간 이내	16시간 이내	30시간 이내	KSM 5000 - 2512
가사시간 (20℃)	hr	3시간 이상	5시간 이상	5시간 이상	1시간 이상	KSM 5307
광택 (60)	%	70 이상	-	-	-	KSM 5000
연화도 (주제)	μm	6 이상	50 이하	-	-	KSM 5000
건조도막의 상태	-	부풀음, 주름, 편홀 등이 없고 도막은 평활하여야 한다				KSM 5000 - 2141
불휘발분 (혼합도료)	%	백색담색50이상 기타색40이상	65 이상	30 이상	70 이상	KSM 5000 - 2113
비중(25℃)	-	-	1.25 이상	0.9 이상	0.9 이상	KSM 5000 - 2131
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
축진내후성 (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 임계열류량	20이상	-	-	-	
불휘발전색제중 불소함량	-	15 이상	-	-	-	불소도료인 경우
내충격성 (높이50cm300g)	-	갈라짐벗겨짐이 없을것	-	-	-	KSM ISO 6272-1
밀착성	-	6점 이상	6점 이상	-	-	KSM 5981
은폐율	-	백색담색0.9이상 기타색0.8이상	-	-	-	KSM 5000 - 3111
화산민사율 (백색에 한함)	-	85 이상	-	-	-	KSM 5000 - 3121

1-6. 도장검사

1. 일반사항

- 1.1 감독원의 승인 없이는 어떠한 경우라도 도장을 할 수 없으며 불량하다고 지적받은 부위는 즉시 수정작업을 하여야 한다.
- 1.2 후속 도장시는 종전 도막의 오염, 먼지의 제거 및 건조상태 등을 확인 받아야 한다. 감독원은 매회 도장에 대한 건조도막 두께를 측정하여 도막두께가 미달된 부분은 재도장 작업을 하여야 한다.
- 1.3 도급자는 감독원에게 검사시 검증된 필요기기를 제공하여야 한다.
- 1.4 도급자는 본 공사를 위해 자체도장 품질관리 요원을 선정하여 도장시공의 진행 및 현장도장 상태를 수시로 사전 확인하고 미비한 부위를 조치하여야 한다.
- 1.5 도장 시공업자 또는 도급회사 품질관리 요원은 당일 검사할 부위의 사전상태를 확인후 검사신청 양식을 작성하여 감독원에게 보고하여야 한다.
- 1.6 자격 및 도장감리기기를 갖춘 도장감리자가 작업장에 입회하여 제규격의 도장시공을 위하여 모든 과정을 점검하여야 한다.

2. 검사기기 및 장비

도장작업에 있어서 완벽한 관리를 수행하기 위하여 다음의 기기 및 장구가 필요하며, 항상 사용할 수 있도록 준비해야 한다.

- 온도계/대기측정용
- 습도계
- 카메라
- 콘크리트 수분측정기(건축수분계 MC-10)
- 표면 측정 온도계
- 확대경

- 건조도막 두께 측정기
- 습도막 두께 측정기
- 노점 환산표
- 리트마스지 또는 페놀프탈린용액
- 작업복
- 손전등
- 작업 안전화
- 작업 안전모
- 검사용 분필(Chalk)
- 검사용 긁는기계(Scraper)

3. 검사

3.1 기본적인 확인사항

3.1.1 도장작업 착수전 확인사항

- 전반적인 공사개요, 공사기간, 작업공정, 순서 등을 파악
- 공사도면 및 시방서 숙지
- 공사기간에 따른 계절적인 변화 및 주위환경을 파악하여 도장시방의 문제점 여부 검토
- 시공업체의 경험정도 및 작업인원 파악
- 공사에 필요한 장비 구비 여부 확인
- 작업자의 사전교육 필요 여부
- 작업환경 및 조명상태 점검
- 도료예상 소요량에 따른 공급 여부
- 안전성
- 시험성적서, 품질보증서류 등

3.1.2 도장작업시 확인사항

◦ 표면처리시 확인사항

- 콘크리트 양생기간은 충분한가?/최소 30일 이상되었는가?
- 콘크리트 표면 건조상태는 양호한가? (함수율 8%이하)
- 콘크리트 크랙 발생부위는 없는가? 또한 크랙 부위 보수가 적절한가?
- 콘크리트 레이턴스는 남아있지 않은가?
- 콘크리트 표면에 기타 오염물은 없는가?
- 콘크리트 표면에 돌출부위는 표면을 그라인더 등으로 부드럽게 처리하였는가?

◦ 하도(Primer) 도장 작업시 확인사항

- 콘크리트면에 이물질은 없는가?
- 온도, 습도, 노점 및 안개, 바람의 영향은 없는가?
- 도료의 용기내 상태는 이상이 없는가?
- 경화제 사용 및 경화제 혼합비율은 정상인가?
- 도료의 희석율은 적합하며, 규정 희석제인가?
- 도료는 가사시간내 사용하고 있는가?
- 도장시 주위환경에 문제는 없는가? (조명상태, 환기상태, 안전상태)
- 도장 외관상 결함 발생은 없는가?
- 도장 되어서는 안될 부위에 표시는 잘 되었는가?
- 도장 면적당 도료 사용량은 기록 유지가 잘 되고 있는가?
- 기타 사용도료의 시료번호 및 제조일자 확인하고 있는가?
- 도장순서 즉, 내부 또는 끝부분 등 작업이 어려운 곳부터 실시되는가?

◦ 중도 및 상도 도장작업시 확인사항

- 하도 도장시의 확인사항은 공통
- 1회 도장된 표면에 이물질 오염은 없는가?
- 1회 도장된 도막은 표준에 미달 또는 과도하지 않은가?
- 1회 도장의 건조상태, 부착상태 등 도막결함은 없는가?
- 재도장 간격은 적합한가?

3.1.3 도장작업 완료후 확인사항

- 외관 상태는 양호한가?(마감상태의 색상, 광택정도) 아울러 도막 결함은 없는가?
- 건조, 경화, 부착상태는 양호하며, 도막두께도 문제 없는가?
- 도장장비의 도구세척은 되었는가?
- 도료보관은 적당한 곳에 조치 되었는가?
- 작업 보고서는 작성 하였는가?

4. 도막두께의 검사 및 관리

- 4.1 도막의 두께는 도장의 내구성에 크게 영향을 미치므로, 충분히 관리하는 것이 필요하다. 도막의 두께는 도장작업중에 실시하는 습도막두께 측정과 도장 작업이 완료된 후 건조도막을 측정하여 관리한다.

4.2 습도막 두께는 도장작업에 측정하여 예상 건조도막 두께를 확인하고, 건조도막 두께는 건조후 측정하여 결과를 평가한다.

4.3 도막두께의 측정치는 각점마다 달라지고, 도막두께의 평가는 많은 측정치를 통계처리 하여 행할 필요가 있으며 일반적으로는 다음과 같은 평가방법이 이용되고 있다

< 기준 도막두께에 대한 시공허용 범위 >

기준도막두께	최소(spot)	최대(평균)	최대(Spot)
mils(μ m)	mils(μ m)	mils(μ m)	mils(μ m)
1.0(25)	0.8(20)	2.0(50)	3.0(75)
1.5(38)	1.2(30)	3.0(75)	4.0(100)
2.0(50)	1.6(40)	4.0(100)	5.0(125)
3.0(75)	2.4(60)	6.0(150)	7.0(175)
4.0(100)	3.2(80)	7.0(175)	8.5(213)
5.0(125)	4.0(100)	8.0(200)	9.5(238)
6.0(150)	4.8(120)	9.0(225)	10.5(263)
7.0(175)	5.6(140)	10.0(250)	11.5(288)
8.0(200)	6.4(160)	11.0(275)	12.5(313)
10.0(250)	8.0(200)	13.0(325)	14.5(363)
15.0(275)	12.0(300)	20.0(500)	23.0(575)
20.0(500)	16.0(400)	26.0(650)	29.0(725)
25.0(625)	20.0(500)	32.0(800)	36.0(900)
30.0(750)	24.0(600)	38.0(950)	42.0(1050)

1-7 보수도장

도장완료 도막의 국부적인 손상부위에 대하여 손상정도에 따른 보수도장을 실시한다.

1. 상도 표면의 오염, 찰상, 타흔 부착 불량이 있을 경우는 샌드페이퍼(200목)으로 샌딩한 후 상도를 수정(Touch up) 작업한다.
2. 도막의 손상도가 커 상도 및 하도까지 손상을 주었을 경우 퍼티(putty) 작업을 한후 보수 도장한다.

1.8 도료의 보관

1. 도료는 통풍이 잘되고 직사광선이 차단되고 파열로부터 위험이 없는 격리된 장소에 보관한다.
2. 도료의 최적 보관온도, 5 ~ 35℃에서 보관한다.
3. 현장도장을 위하여 현장에 투입된 도료는 도료용기의 라벨 등이 손상되지 않도록 보관하여야 하고 비, 눈 및 이슬 등에 노출되지 않도록 한다.
4. 도료는 완전히 밀봉된 상태로 현장에 인도되어야 하며 보관도 완전히 밀봉된 상태로 이루어지도록 한다.
5. 용기는 침전을 방지하기 위하여 정기적으로 뒤집어 주어야 한다.

1.9 검 사

1. 검사장비

No.	명 칭	용 도
1	KNIFE(부착력 검사용)	부착력 테스트
2	표면온도 측정기	표면 온도측정
3	건습구 온도계	습도 측정용
4	건조도막 측정기	건도막두께 측정 (무기소재용)
5	연필경도계	경도 테스트
6	광택계	경면 광택

2. 도료검사

2.1 도료규격

내오염 도료의 규격은 1-5 품질기준을 만족시켜야 한다.

2.2 도료검사

검 사 항 목	검 사 기 준	기준미달시 조치사항
도료규격	도료 요구조건과 일치하는지 검사 도료제조업체 시험성적서에 의함 최초입고시는 공인기관 시험성적서	사용불가
도료보관	5 ~ 35℃ 보관온도 직사광선을 받지 않는 곳	시정조치

3. 연소재검사

검 사 항 목	검 사 기 준	기준미달시 조치사항
연소재 규격	샌딩모래(16~18mesh) 단, 전문검사요원의 표면처리 상태 사전 검사에 의하여 규격, 종류는 변경할 수 있다.	
연소재 상태	오일, 구리스 등의 유기물질에 오염되지 않은 것 염분을 포함하지 않은 강모래일것 완전히 건조된 것일것	오일, 구리스 등의 유기물질에 오염되고 염분을 포함한 샌딩 시 사용불가 젖은 모래는 건조후 사용
연소재 보관	해풍 및 비에 직접 영향을 받지 않는 곳	사용불가

4. 도장조건 검사

검 사 항 목	검 사 기 준	조치사항
대기조건	- 콘크리트 표면온도 10 ~ 30℃ - 상대습도 85% 이하 - 이슬점온도 : 대기-콘크리트 표면온도가 이슬점 온도보다 2.7℃ 이상 - 안개, 서리, 비가 오는날 작업불가	- 대기조건이 검사기준에 맞도록 시설보완하거나 전문 검사요원 과 협의 하여 대책수립 (콘크리트면 가열, 도장면 가열 등)
피도장물 상태	- 결로 생성시 - 함수율 8% 이상시 - 흙, 모래 등 이물질 오염시 - 도막건조시간 동안 이물질 부착될 경우 - 오일, 구리스 등 유기물질로 오염시 - 규정된 표면처리 불량시	- 핫에어 블로우 혹은 걸레질 - 샌드페이퍼 등으로 이물질 완전제거 - 덮개로 이물질 부착 방지 - 블라스팅, 파워툴(Tool) 등으로 유기오염을 완전 제거 - 재표면 처리

5. 도막두께 검사

5.1 건조도막두께 검사

검사항목	검 사 기 준	조 치 사 항
건조도막 두께	(1) 10m ² 에 3개의 측정단위를 설정, 개개 측정단위에 대해 3점을 측정(불임참조) (2) 측정단위 각각의 평균값이 시방서상의 규정 도막두께보다 커야 하며, 각각의 측정 평균값은 사양서 상의 규정도막두께의 90%이상이어야 하며, 단 측정점중 규정도막 두께의 75% 미만인 되는 측정점이 있어서는 안된다. (3) 100m ² 이하의 1회 검사물량은 30m ² 마다 측정하며, 100m ² 이상은 처음 100m ² 은 30m ² 마다 측정하고 추가되는 물량에 대해서는 100m ² 당 10m ² 를 임의로 측정한다.	- (3)항에 따라 측정한 도막두께가 (2)항을 만족시키지 못할 경우에는 부가도장을 실시하여 (2)항을 만족시키게 조치한다.

6. 도장중 하자 발생시 대책 및 보수도장

현 상	원 인	대 책
부착력부족 및 플래킹	- 표면처리 불량 - 연소재의 오염(오일, 구리스) - 에어의 오염(오일, 구리스) - 작업자의 손에 의해 유분이 묻는 경우 - 인근 스프레이 작업시 도료가 날려 붙음	- 재표면 처리 - 새 연소재로 교체, 블라스팅 장비에 오일/수분 분리시 설치 - 오일/수분 분리 필터 설치 - 손세척 및 새장갑 착용 - 샌드페이퍼로 샌딩후 재도장
고기눈생성	- 주위로 부터 오일유입, 오염	- 샌드페이퍼로 샌딩후 재도장
실 균 얼	- 코너부위의 표면처리 불량 및 유기물 미제거	- 브리쉬 표면처리

감 사

[Handwritten signature]

등록번호	건설계획처-4473
등록일자	2006.12. 8
전제일자	2006.12. 15
공개구분	

본부장	
팀장	처장
<i>[Handwritten signature]</i>	<i>[Handwritten signature]</i>

참조 : 구조물처장 *[Handwritten signature]*
 건설관리처장 *[Handwritten signature]*
 설계처장 *[Handwritten signature]*
 기술심사실장 *[Handwritten signature]*

터널 내오염도장 확대시행

2006

목 차

- I. 검토목적
 - II. 터널내정재의 역할
 - III. 내오염도장 적용터널현황
 - IV. 내정재 비교
 - V. 적용성 검토
 - VI. 개선방안
 - VII. 결 론
- 붙임 : 1. 내오염도장 시방서(안)
 2. 단가산출서
 3. 설계심의결과 조치내용

건설계획처

건설제도팀 *[Handwritten signature]*



I. 검토목적

도로 교통량의 급증 및 도로 건설 환경의 변화에 따라, 터널 내장재로 내오염 도장을 적용함으로써 터널내장기법의 다변화 및 경제성, 시공성, 유지관리(청소) 향상을 도모하고자 함.

내오염도장이란

- 내오염성이란 오염저항성을 가리키는 말로서 “오염되기 어려움”이라 할수 있으며,
- 발수성도장보다 친수성도장이 오염물질의 부착이 어렵다는 발상으로 개발됨
- 내오염도장재의 종류
 - 폴리우레탄계, 불소수지, 세라믹계등 품질기준을 만족하는 재료

II. 터널 내장재의 역할

1. 설치목적

- 전방차량이나 장애물의 배경이 되어 시인성향상
- 미관개선 및 운전자에게 쾌적감향상
- 운전자 시선유도 효과향상

2. 구비조건

- 오염이 잘 부착되지 않고 청소가 용이
- 내화성이 우수하고 유독가스가 발생하지 않아야 함.
- 경제적인 시공 및 효율적인 유지관리가 가능
- 한정된 내공단면을 유효하게 이용할수 있는 형상을 유지
- 내식(耐蝕), 내후성(耐候性), 미관이 우수

○ 동결융해에 의한 재질변화가 적어야 함.



III. 내오염도장 적용 터널현황

노 선	터널명		터널연장(m)	준공년도
계	11개		4,544	
통영~진주선	통영3터널	대전방향	255	2005
		통영방향	255	
중부내륙선	불정터널	마산방향	194	2004
		양평방향	194	
서해안선	운산터널	서울방향	60	2001
		목포방향	60	
	웅천터널	목포방향	520	
제2경인	삼막터널	일산방향	60	2001
		판교방향	60	
영동선	대관령2터널	강릉방향	55	2001
		인천방향	55	
	대관령3터널	강릉방향	60	
		인천방향	60	
	대관령6터널	강릉방향	202	
		인천방향	234	
	대관령7터널	강릉방향	120	
		인천방향	120	
대전남부순환선	안영2터널	산내방향	600	2000
		대전방향	600	
서울외곽선	안양터널	판교방향	390	1996
		일산방향	390	



IV. 내장재 비교

구 분	타 일	도 장	
		불소 수지계	세라믹 우레탄계
개 요	타일붙임	콘크리트표면에 프라이머 1회 중도 1회 도장 후 상도 2회 도장	콘크리트표면에 프라이머 1회 상도 1회로 도장 마감
장 단 점	○ 불규칙한 복공면 조정가능 ○ 자기질 외장으로 내구성 양호	○ 시공성 양호 ○ 내오염성 내마모성 내약품성우수 ○ 확산 반사율과 광택도가 높고 세정 회복율도 좋음 ○ 부분 파손시 유지보수 용이 (재도장) ○ 청소후 광택도 지속 양호	○ 콘크리트면의 소지(표면)처리후 2회 도장 마감으로 시공성 양호 ○ 부착성이 뛰어나 ○ 내오염성 내약품성 내마모성 내충격성 및 신장율 우수 ○ 확산 반사도 우수 ○ 청소후 광택도 지속 양호 ○ 부분 파손시 유지보수 용이 (재도장)
	○ 선형 사공시 정밀사공 요구 ○ 주기적인 청소시행 (년회)으로 유지관리비 과다 ○ 일정기간(10~20년)경과후 청소가 어렵고 내장재 제시 공비 고가	○ 상대 경도가 낮음 ○ 습기 지역 시공 제한 ○ 콘크리트 복공면의 표면처리 필요 ○ 작업조건 불량(환기) ○ 균열부 취약 ○ 재료비 고가	○ 습기 지역 시공 제한 ○ 콘크리트 복공면의 표면처리 필요 ○ 작업조건 다소 불량(환기) ○ 재료비 다소 고가
시공방법	○ 모르터 : 5m/m ○ 타 일 : 11m/m	○ 하도 : 페티 및 프라이머 50μm ○ 중도 : 60μm(에폭시 수지계) ○ 상도 : 40μm(2회)	○ 하도 : 페티 및 프라이머 80~125μm ○ 상도 : 75~120μm(1회)
내구년수	반영구	약 10년	약 10년
공 사 비 (제집비포함)	60,300원/m ²	26,000원/m ²	20,400원/m ²
고속도로 시공사례	터널 다수	안양지하차도, 웅천터널	통영3터널, 만덕터널



V. 적용성 검토

분야별 검토의견

분 야	분 석 의 건
경제적측면	○ 도장은 초기타일공사비의 약 34%수준
품질관리측면	○ 조도, 확산반사율 우수 ○ 광택유지율(도막의 열화, 세척시 도막의 손상)은 타일이 우수하나 기준치 이상으로 품질관리 양호 ○ 내구년한측면에서 타일은 반영구, 도장은 10년이상
유지관리측면	○ 서울시에서 비교검토한 터널내장재의 오염진행 속도분석결과 도장(0.11/d) → 판넬(0.13/d) → 타일(0.35/d) 순으로 되어있어 도장이 유리한 것으로 판단됨 ※ 기술품 10508-1039('02. 11. 21)터널내오염 도장 추적조사 결과보고
미관적인측면	○ 유럽 및 일본에서는 1980년대 초부터 내장재로 도장을 실시하고 있음. ○ 조도, 확산반사율도 타일에 비해 우수함.
안전성측면	○ 화염전파 연속지속열 4.76, 소화점 임계열류량 47.0 (도시철도차량안전기준 연속지속열 15이상 소화점 임계 열류량 20이상) ○ 독성지수 0.33 (도시철도차량안전기준 1.6이하) ※ 차량내장판 안전기준임.
내구성측면	○ 촉진내후성 시험기준 만족 ○ 웅천터널 시공후 5년 경과후 품질시험결과 양호



설문조사결과

(건설계획처 -2158, '06. 6. 28)

구 분	설 문 결 과	비 고
유지관리편의성 및 경 제 성	○ 오염도 : 90%가 타일에 비해 오염도 우수답변 ○ 청소후 원상회복도 : 89%가 타일에 비해 우수답변 ○ 청소횟수 조정 필요성 : 70%이상이 줄이거나 현행유지 ○ 유지관리비용 : 90%가 절감 및 유사하다고 답변	유지관리 직원대상
미관성	○ 미관만족도 : 우수 44%, 보통49%, 7%가 불량 답변 ○ 미관만족도 답변사유 : 디자인, 광택, 색상등을 고려 답변	직원 + 이용고객
시인성 및 안전성	○ 눈부심현상 : 4% 운전애 장애가 된다고 답변 ○ 전방시설물 인지도 : 94%가 혼란없다고 답변	“
종합의견	○ 전반적인 만족도 : 50%만족, 42%보통, 8%불만 ○ 시공찬반도 : 73%가 찬성 ○ 전반적으로 내오염도장시공에 찬성을 하고 있으나 소수의견으로 초기공사비는 저렴하나 장기적인 유지관리 비용등을 고려 경제성검토가 필요하고 도장색상 및 디자인등을 다양화 해야 한다는 의견임.	“



경제성 분석

[단위 : 원/m²당, 제잡비율 제외기준]

구 분		타 일	내오염도장	비 고
내구년한		반영구(30년)	10년	
계	내구년한중 투자비	1,511,701	491,066	할인을고려
	년 간 투자비	50,390 (100%)	16,369 (32.5%)	LCC측면
초기 공사비		42,789 (100%)	14,464 (33.8%)	
유 지 관리비	비 용	44,520 (100%)	11,130 (25%)환산시75%	
	청소주기	4회/년	3회/년	
재시공비		85,359 (100%)	8,311 (9.7%)	타일 : 전면교체 도장 : 상도1회시행
할인율		7.5%	7.5%	

※ 제반단가는 '06년 기준단가임.

공사비 절감
(현재시공중터널기준)

[제잡비포함금액, 제잡비율 41%적용]

구 분	공사중물량(m³) (300~1000m³이하)	타 일 (억원)	내오염도장 (억원)	절감액 (억원)
년 간 투자비	261,208	21 (100%)	12.6 (59%)	8.4 (30년환산:252억원)
내구년한중 총투자비		635	126	509
초기공사비		158	54	104 (설계가기준)
유지관리비		163	41	122
재시공비		314	31	283

※ 현재 시공중인 터널변경시 57억원 절감(도급가기준)



품질유지관리측면

내장재		도 장 면			타 일 면			비 고
측정부위별		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
측정치수								
확산반사율 (%)	초 기 값	89.3	89.3	89.3	70.1	72.4	69.5	
	세척후값	89.1	88.6	88.7	69.7	69.7	67.6	
	세정회복율 (%)	99.7	99.2	99.3	99.4	96.2	97.2	
광택(%)	초 기 값	81.4	81.4	81.4	14.8	14.9	12.9	
	세척후값	74.9	74.3	73.6	14.2	13.1	14.3	
	세정회복율 (%)	92.0	91.2	90.4	95.9	87.9	110	



VI. 개선방안

내장재 개선기준

1. 개선적용(안)

터널연장	설치높이 (m)	내장재 재질		비고
		현행	개선	
300m미만	미설치 (설치시 20m)	미설치	내오염도장, 타일 등 재질을 다양화하고 재질선택은 경제성, 유지관리(청소, 미관) 등을 고려하여 결정	교통량 4만대/일 기준
300m이상 ~ 1,000m미만	2.0m	타일		
1,000m이상	3.0m	타일	타일(잠정)	

※ 1,000m이상터널에 대하여는 화재에 대한 안정성 추가조사후 개선방안 마련

※ 상기표의 터널연장구분은 교통량 및 지형여건에 따라 다르므로 설치기준
<별첨#3>을 참조

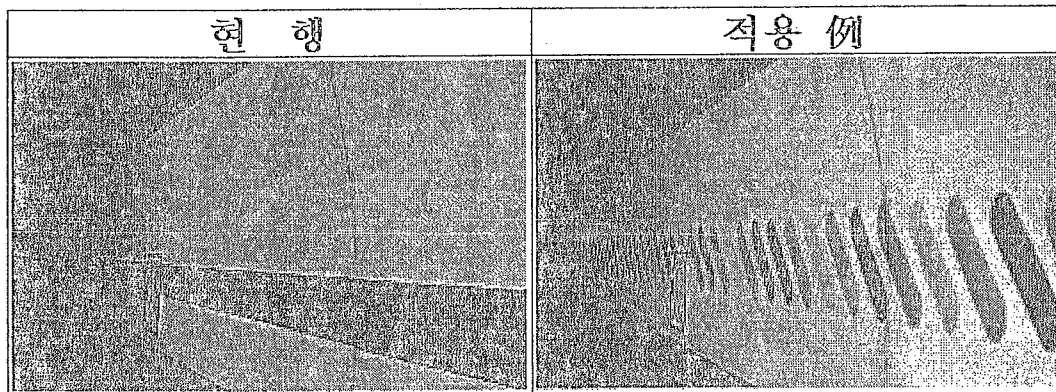
※ 공동구 벽체 측면에도 관련지침에(설심이 13201-773 '99. 8. 18) 따라 내장재를 설치

2. 내장재 선정시 고려사항

- 도로통과지역의 문화, 지리, 전통의 영향을 고려
예) 도자기고장의 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



- 현행 디자인을 지역여건, 특색에 따라 다양한 형식적용
 - 디자인 적용시 설계심의회후 적용 : 디자인 결정시 기관별 용역시행
 - 디자인 적용시는 외형만 중시하여 적용시에는 운전자의 눈의피로를 가중시킬수 있으므로 단순하면서도 기본적 기능을 발휘할수 있는 디자인 선택



VII. 결 론

적용방안

- 설계중인 노선 : 본 방침에 따라 설계에 적용
- 공사중인 노선 : 본 방침에 따라 변경시행하되 공사시행부서에서 현장여건을 고려 적용여부 결정
- 기 타 사 항 : 설계단가 적용시 내오염도장의 경우 재질에 상관없이 단가가 가장저렴한 세라믹우레탄계를 적용

<별첨자료>

1. 내장재별 경제성 비교
2. 공사중인 내장재 변경시 공사비절감액
3. 터널내장재 설치기준
4. 타일과 도장의 성능비교
5. 일본터널 내오염도장 적용사례
6. 사진대지
7. 단가설명서

<별첨#1>

내장재별 경제성 비교

[단위 : 원/m²당, 제잡비율 제외기준]

구 분		타 일	내오염도장	비고
내구년한		반영구(30년)	10년	
계	내구년한중 투자비	1,511,701	491,066	할인율고려
	년 간 투자비	50,390 (100%)	16,369 (32.5%)	LCC측면
초 기 공사비	소 계	42,789 (100%)	14,464 (33.8%)	
	재료비	10,228	7,587	
	시공비	32,561	6,877	
유 지 관리비	소 계	44,520 (100%)	11,130 (25%)환산시75%	확산반사율40% 기준, 일본의 경우 1~12회/년시행 (교통량1만 ~ 5만대)
	청소주기	4회/년	3회/년	
	1회당 청소비	371	371	
	내구년한중 청소비	(30년x4회/년)x 371 = 44,520	(10년x3회/년)x371 = 11,130	
재시공비	소 계	85,359 (100%)	8,311 (9.7%)	타일 : 전면교체 도장 : 상도1회시행
	기존시설 철거비	23,869	-	
	내장비	61,490	8,311	
할인율		7.5%	7.5%	

※ 제반단가는 '06년 기준단가임.

<별첨#2>

공사중인 내장재 변경시 공사비 절감액

[제잡비포함금액, 제잡비율 41%적용]

구 분	공사중물량(m³) (300~1000m³이하)	타 일 (억원)	내오염도장 (억원)	절감액 (억원)
년 간 투자비		21 (100%)	12.6 (59%)	8.4 (30년환산 252억원)
내구년한	261,208	30년	10년	-
내구년한중 총투자비		635	126	509
초기공사비		158	54	104 (설계가기준)
유지관리비		163	41	122
재시공비		314	31	283

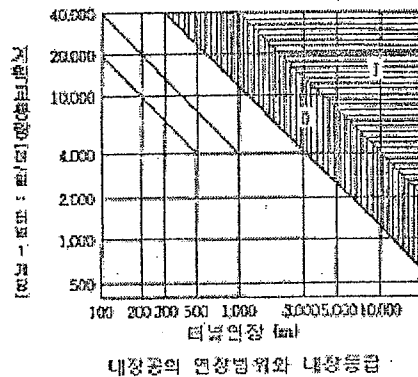
※ 현재 시공중인 터널변경시 57억원 절감(도급가기준)

<별첨#3>

터널 내장재 설치기준
(설십이 13201-773 '99. 8. 18)

1. 설치기준(일본도로공단의 설계요령을 참고)

터널 내장공은 원칙적으로 내장 등급구분 I 및 II의 터널에 설치하도록 한다. 단, 내장등급구분 I, II에 해당되지 않는 터널이라도 종단구배 3%이상, 곡률반경 500m이하, 대형차 혼입율이 높을것으로 예상되는 경우, 터널이 연속되어 있는 구간에서는 내장재를 설치 할수 있다.



2. 설치범위

가. 내장재의 설치폭

- ① 내장등급구분 I : 대형차 운전자 시선높이 2.5m를 중심으로한 수평 및 부각(俯角)을 고려하여 약 3m정도 설치
- ② 내장등급구분II : 승용차 운전자 시선높이 1.2m를 중심으로 한 양각(仰角) 및 부각(俯角)을 고려하여 약 2m 정도 설치

나. 세부 설치기준

내장등급	편구배	설치 높이(m)		비 고
		주행선측	추월선측	
I	2%	3.193	3.0	
	3%	3.288	3.0	
	4%	3.383	3.0	
II	2%	2.193	2.0	
	3%	2.288	2.0	
	4%	2.383	2.0	

※ 검사원 통로 설치시 검사원 통로 하단 22.4cm, 상단 20cm와 일반구간의 공동구 상단 20cm는 터널 청소차량의 청소 가능범위를 고려하여 내장재를 설치하지 않음

<별첨#4>

타일과 도장의 성능비교

[터널내오염도장에 의한 터널내장기법개선 참조(도연품18404-1775, 99. 9. 1)]

○ 확산 반사율

내장재		도 장 면			타 일 면			비 고
측정부위별		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
측정치수								
1차 (’96. 2. 28)	측 정 치	89.3	89.3	89.3	70.1	72.4	69.5	타일면 : 5개소 평균치임
	유지율(%)	100	100	100	100	100	100	
2차 (’96. 3. 15)	측 정 치	81.1	72.9	65.0	62.2	52.6	44.3	6개소 평균치임
	유지율(%)	90.8	81.6	72.7	88.7	72.6	63.7	
3차 (’96. 4. 1)	측 정 치	72.4	61.3	45.6	55.2	44.0	31.2	"
	유지율(%)	81.0	68.6	51.0	78.7	60.7	44.8	
4차 (’96. 7. 29)	측 정 치	50.6	36.9	27.4	37.4	28.7	20.6	" 타일면은 1차 세척(’96. 4. 8)후 측정치임
	유지율(%)	56.6	41.3	30.6	53.3	39.6	29.6	

○ 광 택

내장재 측정부위별 측정치수		도 장 면			타 일 면			비 고
		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
1차 (‘96. 2. 28)	측 정 치	81.4	81.4	81.4	14.8	14.9	12.9	타일면 : 5개소 평균치입
	유지율(%)	100	100	100	100	100	100	
2차 (‘96. 3. 15)	측 정 치	63.4	51.5	33.7	10.5	6.5	3.8	6개소 평균치입
	유지율(%)	77.8	63.2	41.4	70.9	43.6	29.4	
3차 (‘96. 4. 1)	측 정 치	52.6	36.3	12.7	8.5	3.9	1.7	"
	유지율(%)	64.6	44.5	15.6	57.4	26.1	13.1	
4차 (‘96. 7. 29)	측 정 치	36.0	17.5	5.6	5.6	2.1	1.2	" 타일면은 1차 세척(‘96. 4. 8)후 측정치입
	유지율(%)	44.2	21.4	6.8	37.8	14.0	9.3	

o 세정 회복율

내장재 측정부위별 측정치수		도 장 면			타 일 면			비 고
		상부	중부	하부	상부	중부	하부	
확산반사율	초 기 값	89.3	89.3	89.3	70.1	72.4	69.5	‘96. 2. 28
	세척후값	89.1	88.6	88.7	69.7	69.7	67.6	‘96. 7. 29
	세정회복율 (%)	99.7	99.2	99.3	99.4	96.2	97.2	-
광 택(%)	초 기 값	81.4	81.4	81.4	14.8	14.9	12.9	‘96. 2. 28
	세척후값	74.9	74.3	73.6	14.2	13.1	14.3	‘96. 7. 29
	세정회복율 (%)	92.0	91.2	90.4	95.9	87.9	110	-

[터널내오염도장 추적조사결과 서해안고속도로 웅천터널(기술품10508-103호, ‘02. 11. 21)]

□ 확산반사율

구 분	제품 A		제품 B		타일	
	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)
1차 (초기값)	91	100	90	100	68	100
2차	90	99	85	94	67	99
3차	88	97	83	92	64	94
4차	89	98	88	98	67	99
5차	85	93	86	95	67	99

□ 광택

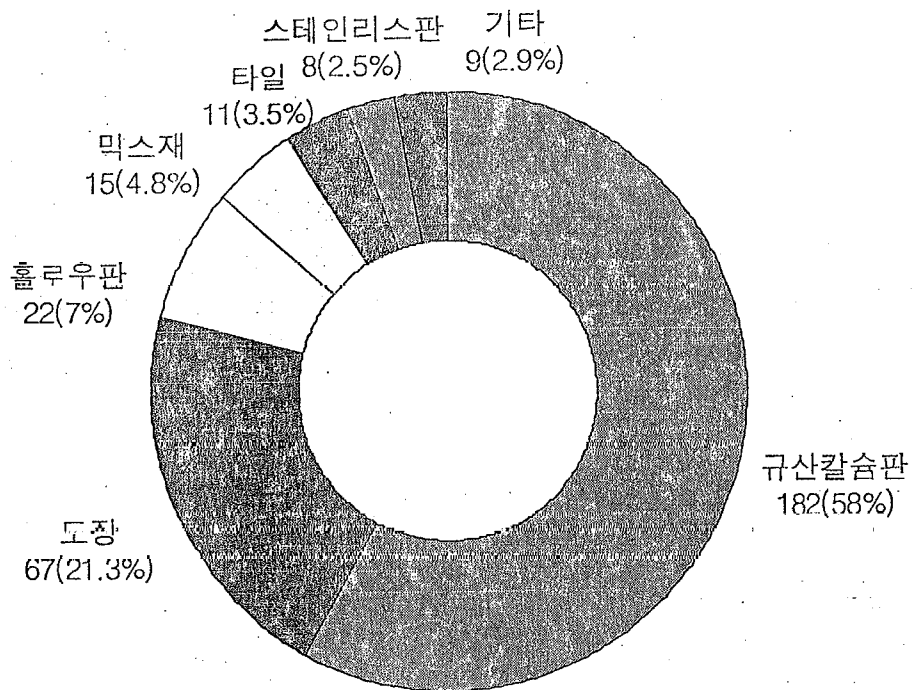
구 분	제품 A		제품 B		타일	
	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)	측정치	유지율(%)
1차 (초기값)	77	100	73	100	94	100
2차	75	97	67	91	93	99
3차	69	90	63	87	90	96
4차	69	89	66	90	94	100
5차	67	86	67	92	91	97

터널경과년수에 따른 확산반사율 비교

(1988~1995)

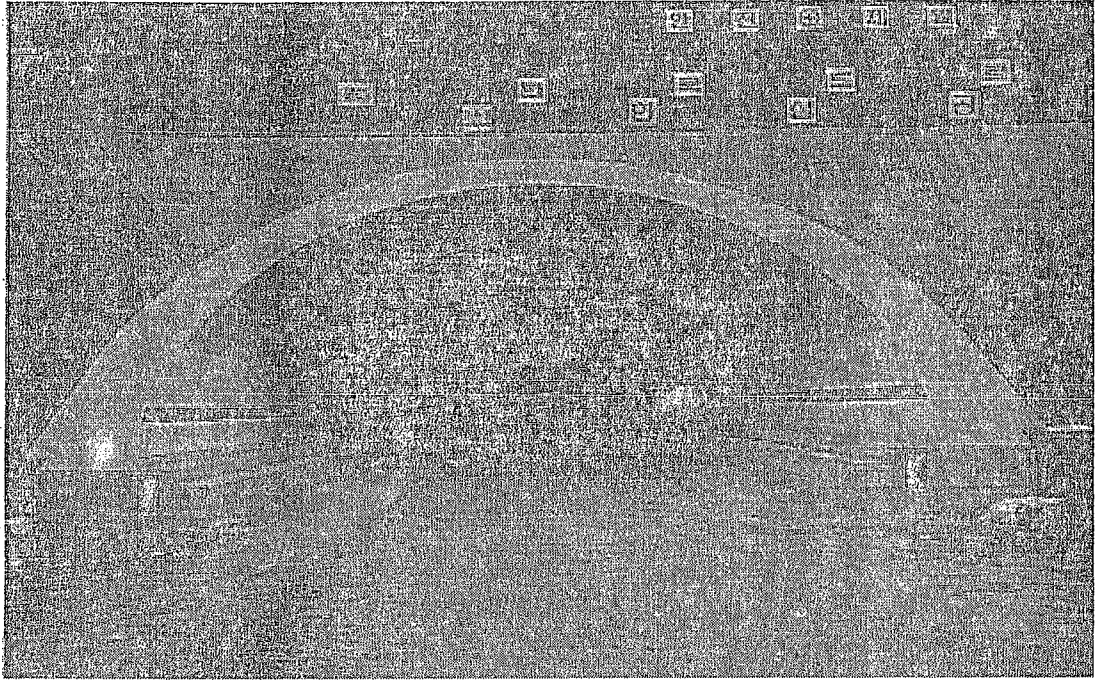
재료명	합 계			비율(%)
	건수	시공연장(m)	터널1개소당 시공연장(m)	
규산칼슘판	182	216,892	1,192	58.0
도장	67	27,126	404	21.3
홀로우판	22	10,540	479	7.0
믹스재	15	24,583	1,638	4.8
타일	11	28,500	2,590	3.5
스테인리스판	8	2,836	354	2.5
기타	9	1,285	142	2.9
계	314	311,762	6,799	

'88~'95 내장재료별 시공건수(일본)



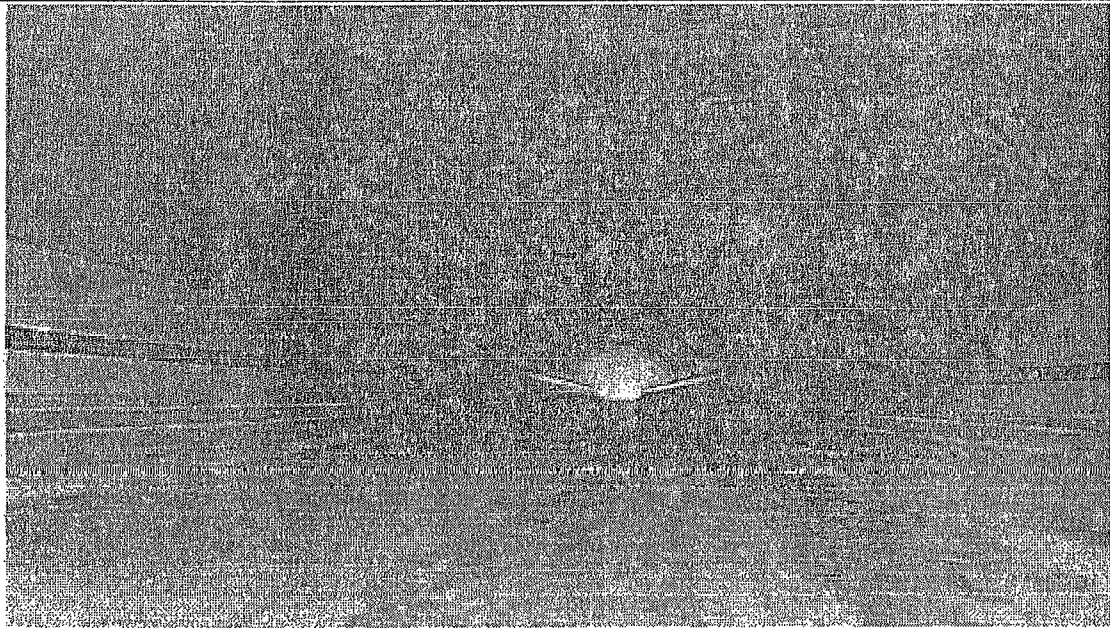
<별첨#6>

사 진 대 지



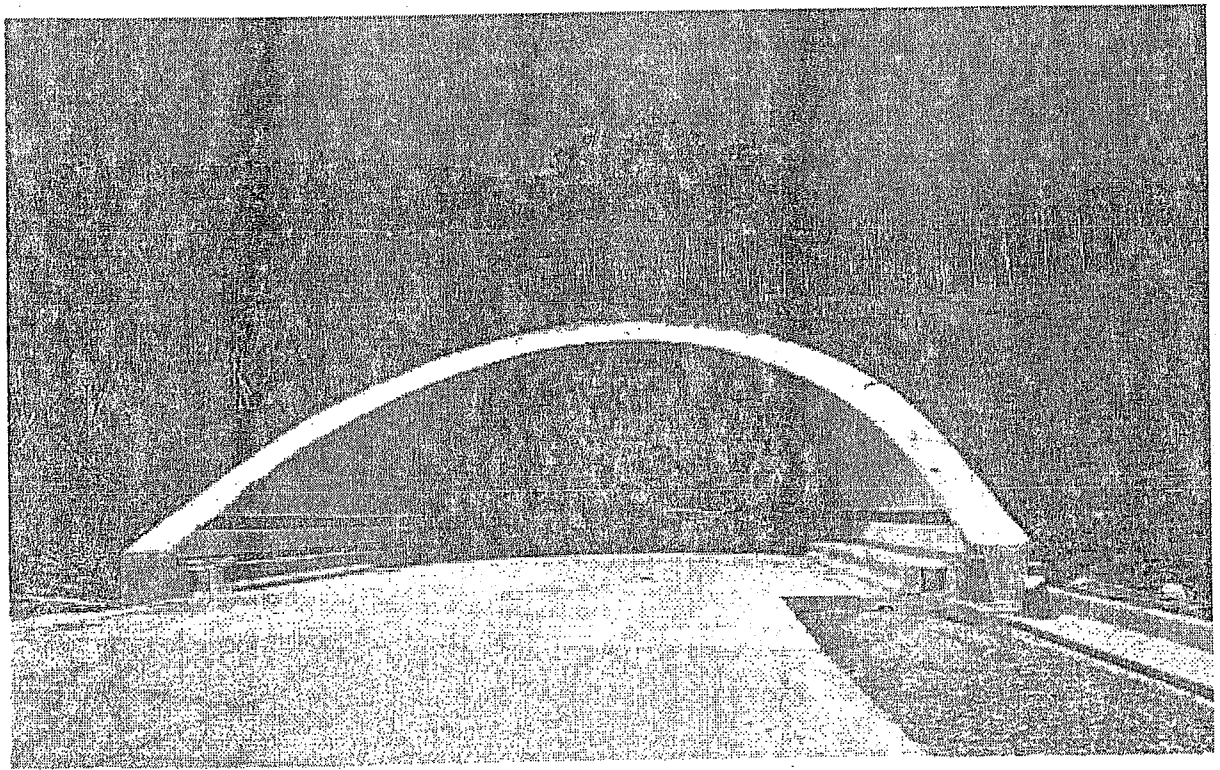
내 용

서해 웅천터널(하) 내오염도장 전경



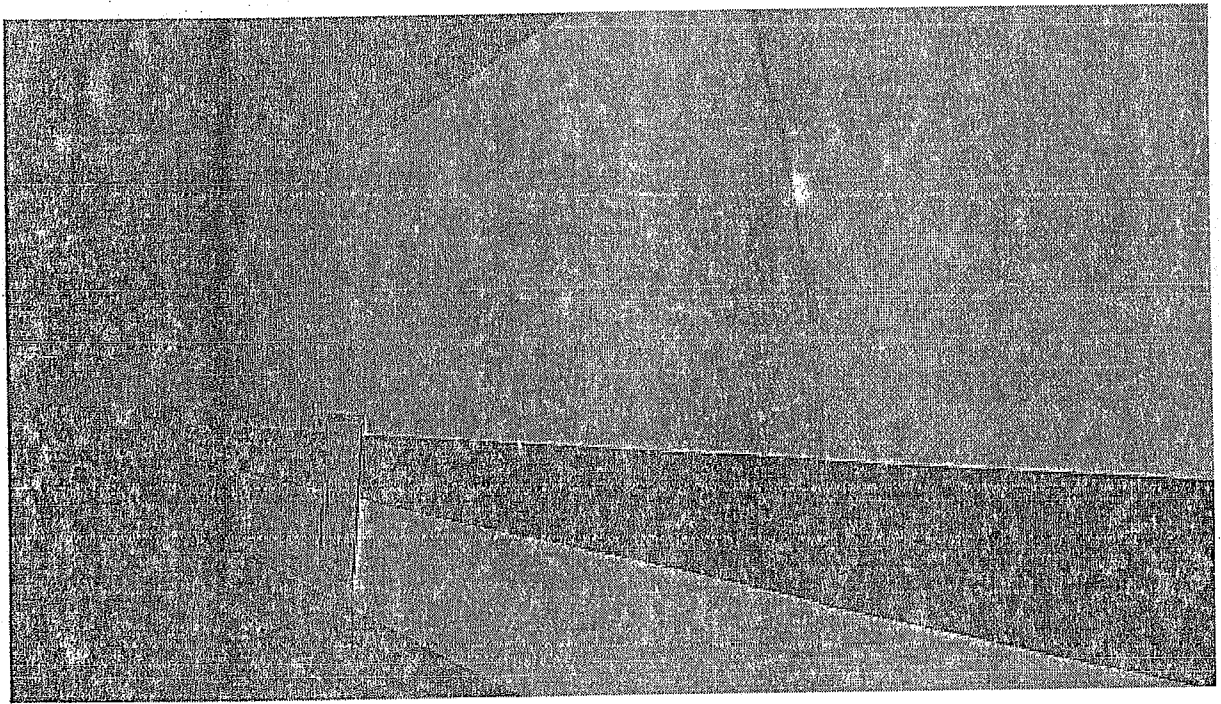
내 용

서해안 고속도로 웅천터널



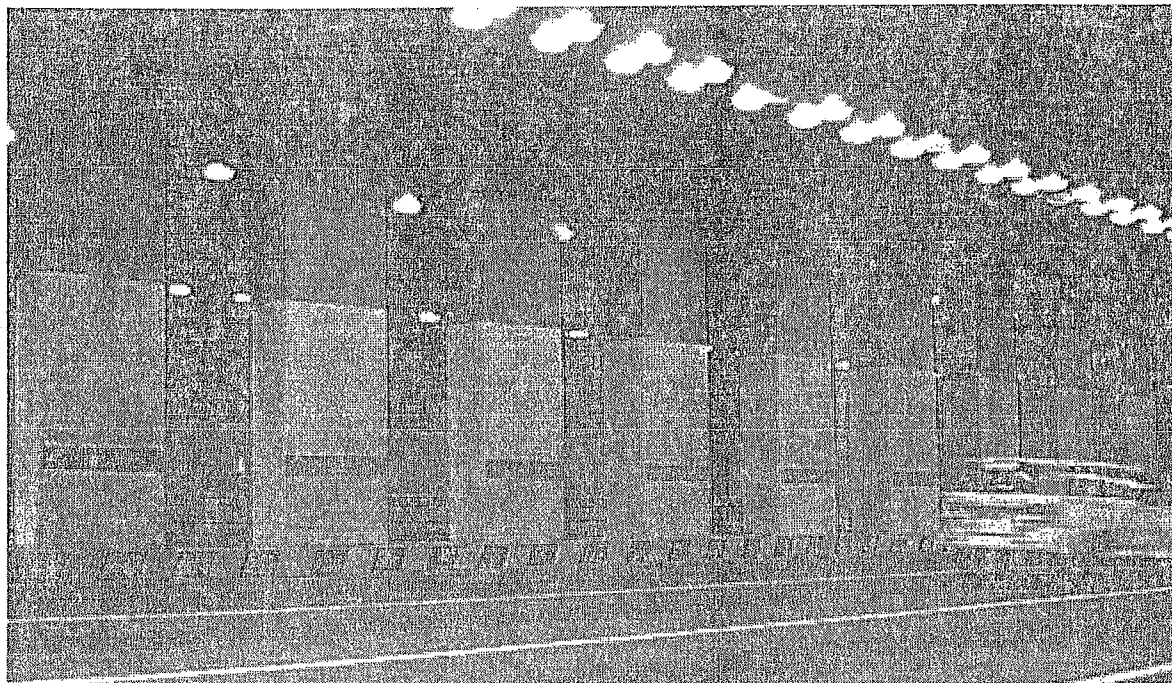
내 용

진주-통영간 통영3터널 내오염도장 시공 전경

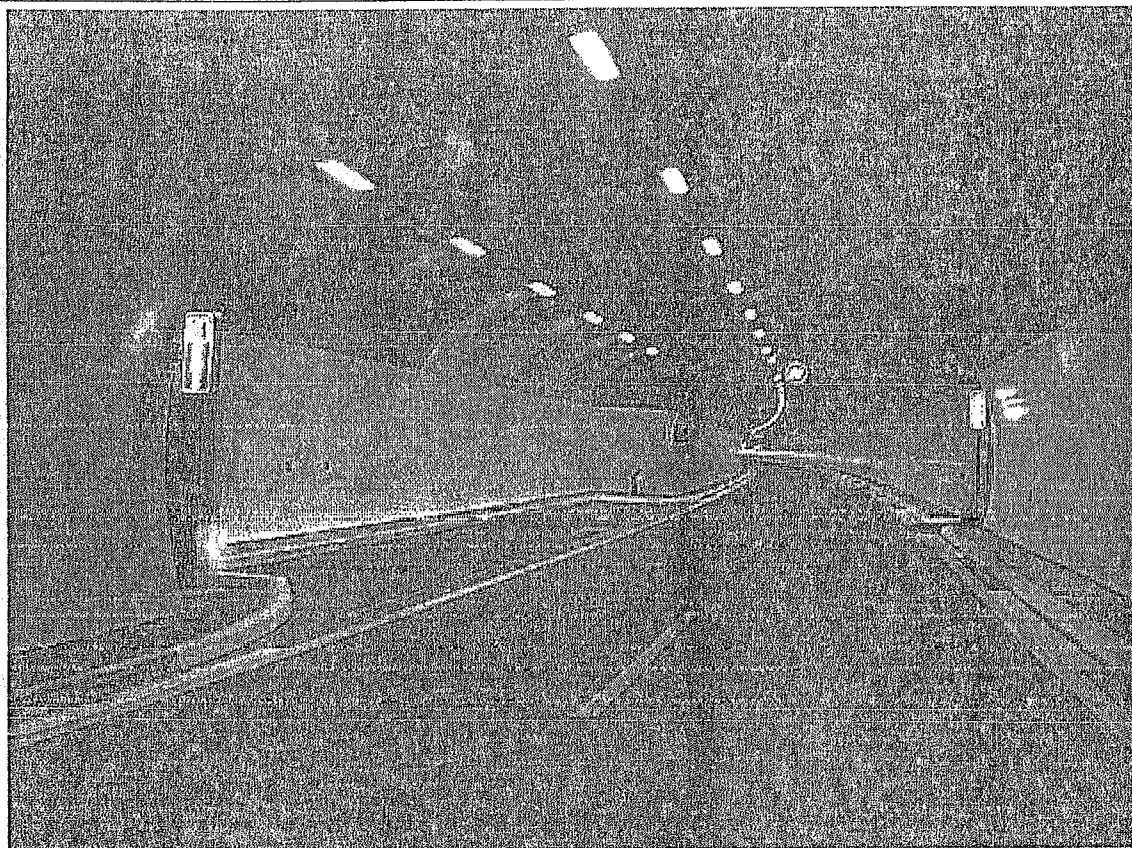


내 용

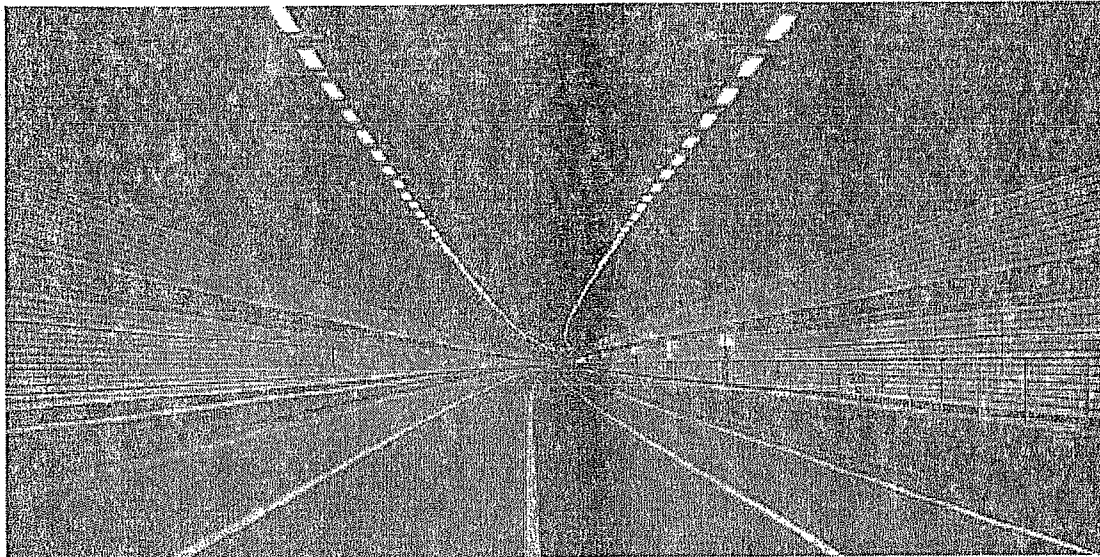
진주-통영간 통영3터널 내오염도장 시공 전경



서울외곽순환고속도로 안양지하차도 도장 전경

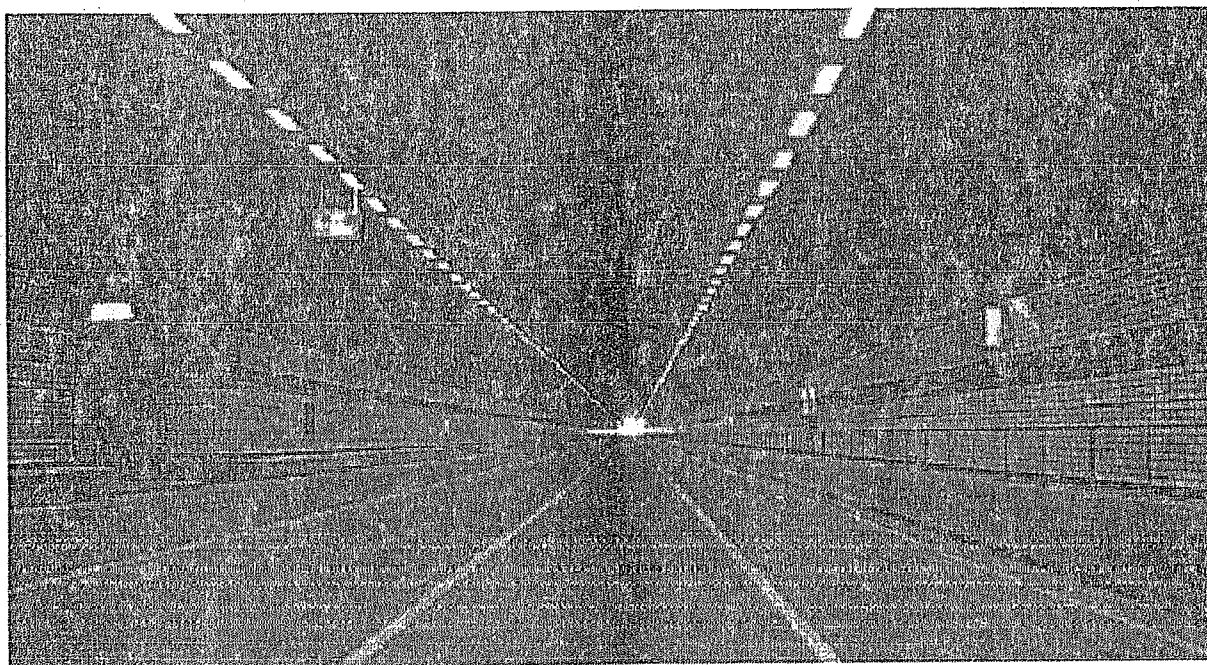


일본 터널내부전경



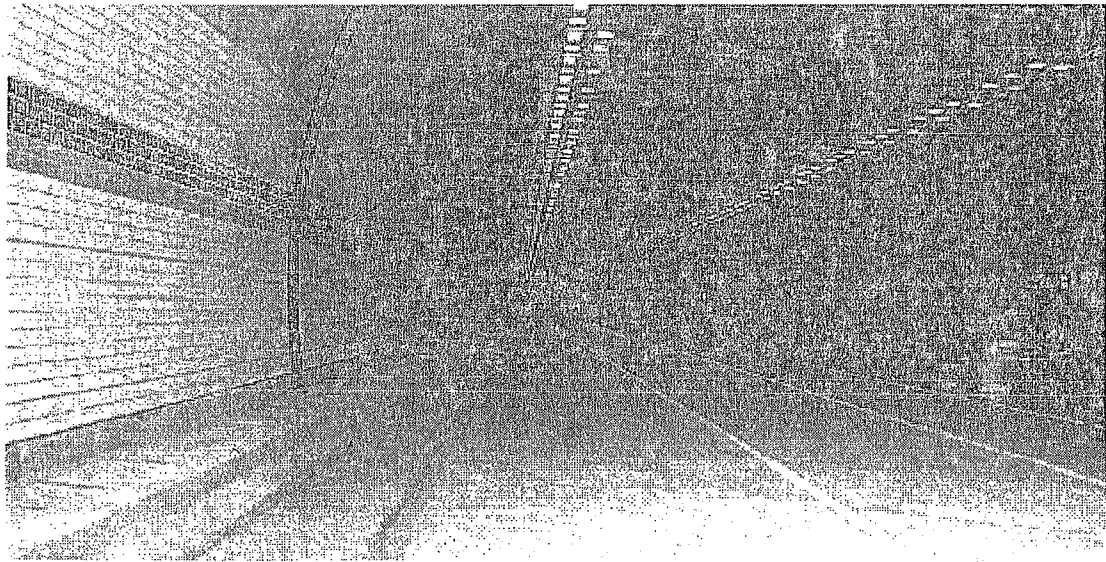
내 용

서울 외곽순환고속도로(노고산터널)



내 용

서울 외곽순환고속도로(불암산터널)

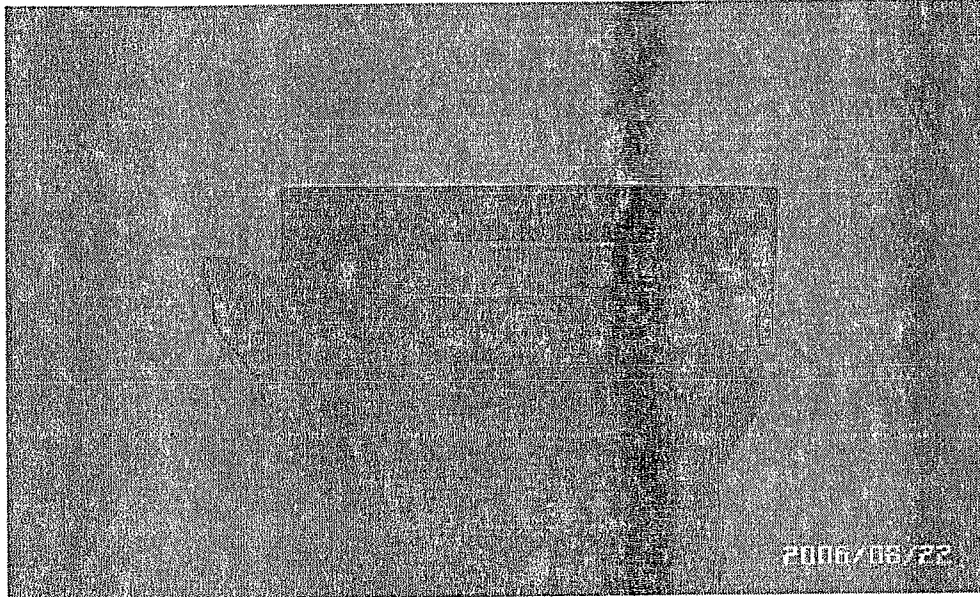


내 용

서울 외곽순환고속도로(수락산터널)

내 용

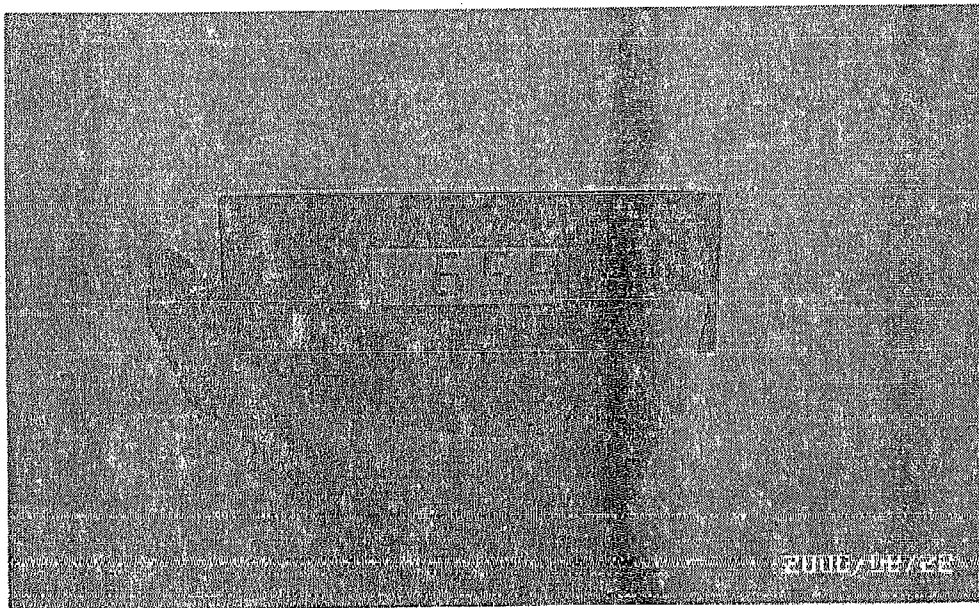
사 진 대 지



2006/08/22

위 치 | 용천터널입구부(목포)

내 용 | 오염되기전(측청값:87.6) 물청소작업 실시 : 4.17

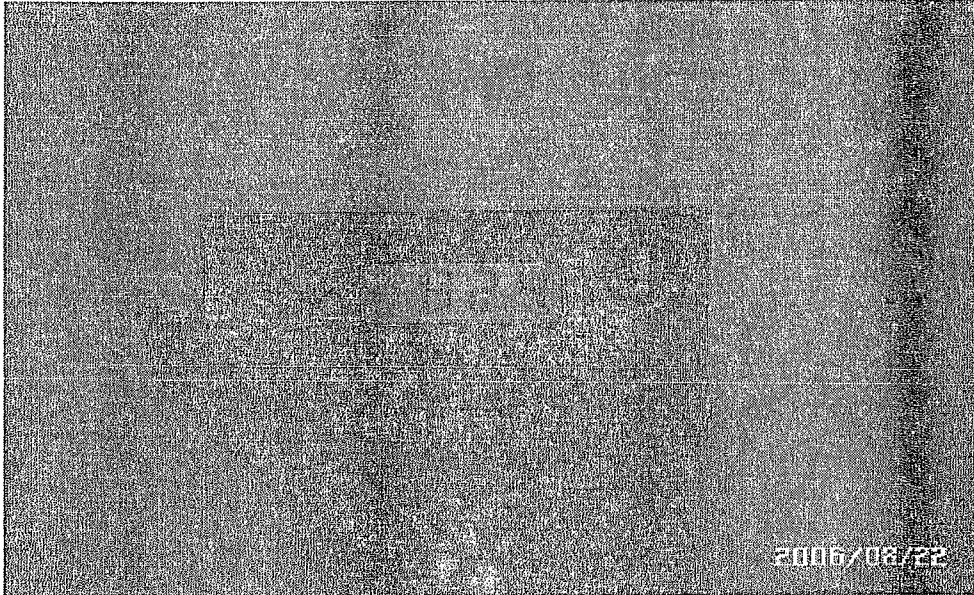


2006/11/22

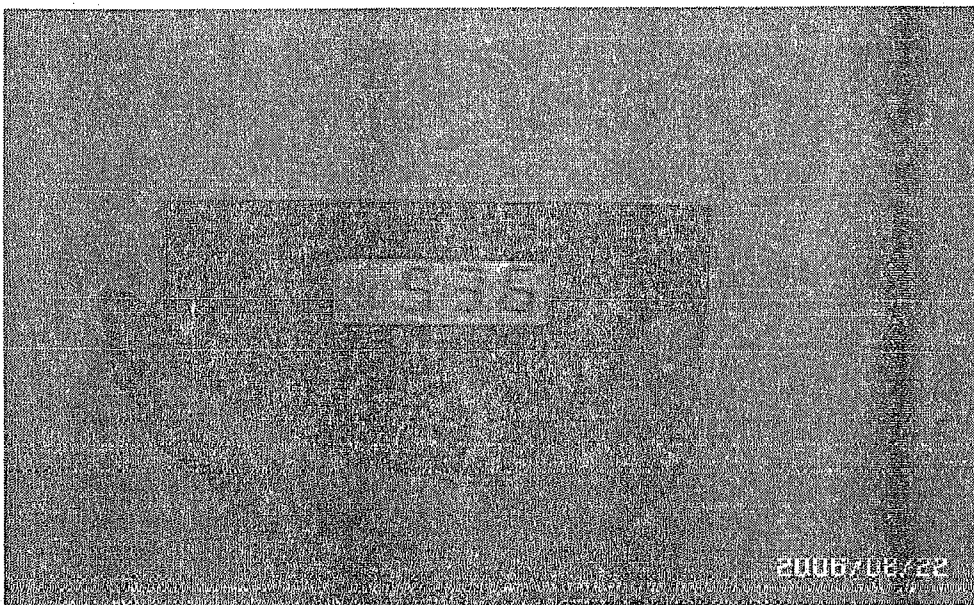
위 치 | 용천터널입구부(목포)

내 용 | 오염된후(측청값:65.9) 오염기간: 4개월

사 진 대 지

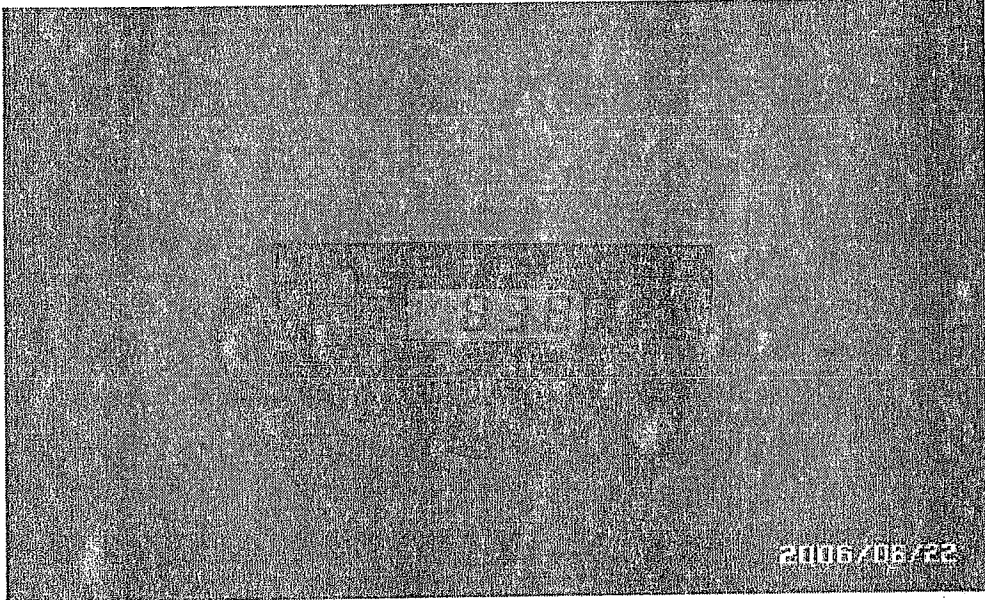


위 치	용천터널중간부(북포)
내 용	오염되기전(측정값:82.4) 물청소작업 실시 : 4.17

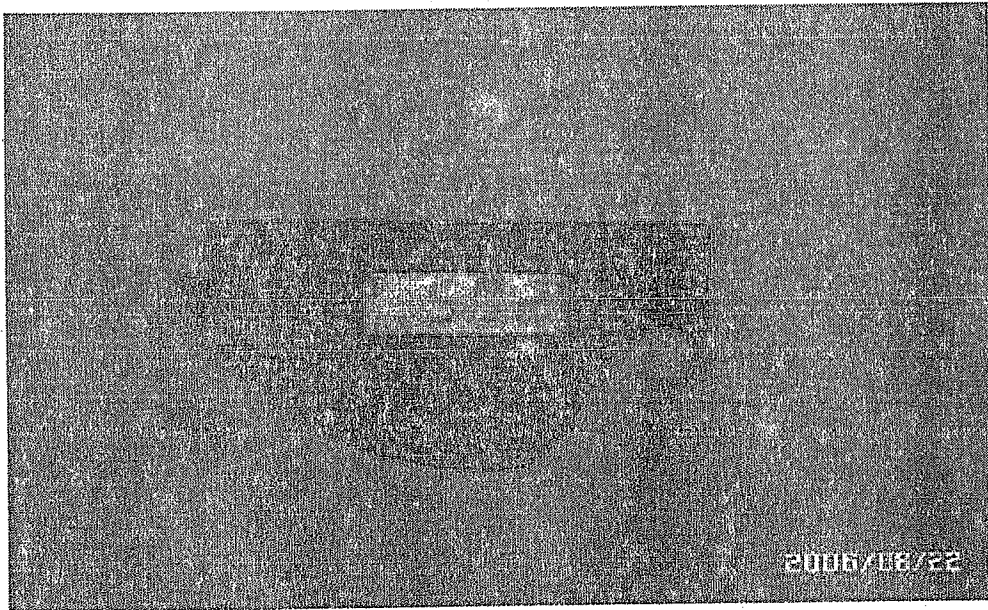


위 치	용천터널중간부(북포)
내 용	오염된후(측정값:53.6) 오염기간: 4개월

사 진 대 지

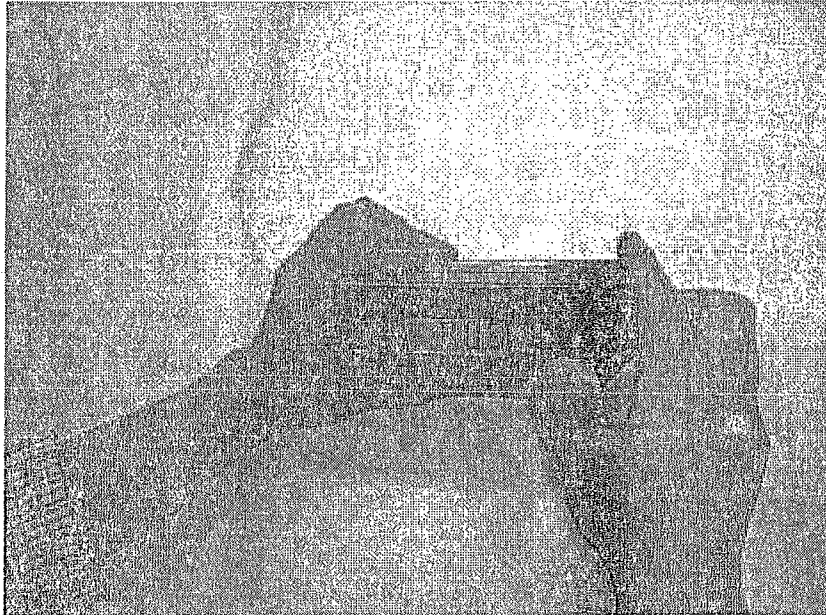


위 치	웅천터널출구부(목포)
내 용	오염되기전(측청값:83.8) 물청소작업 실시 : 4.17



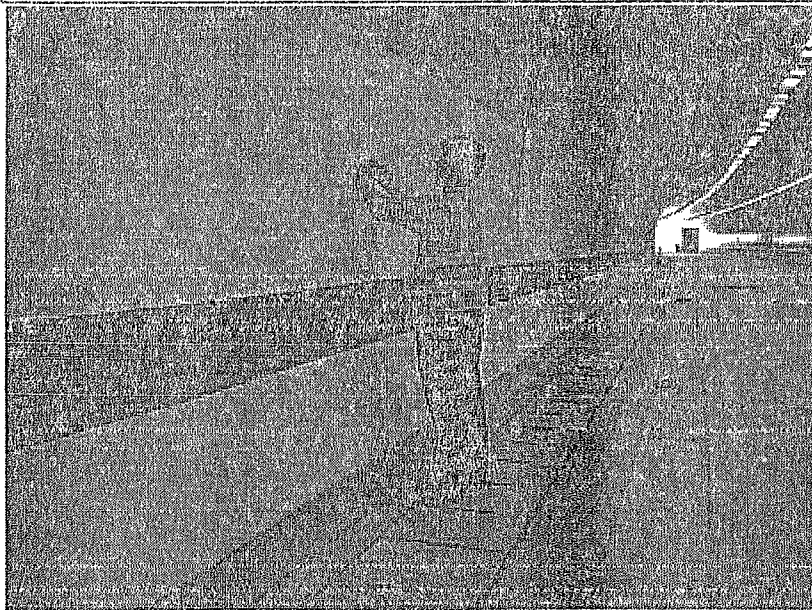
위 치	웅천터널출구부(목포)
내 용	오염된후(측청값:50.2) 오염기간: 4개월

사 진 대 지



위 치 통영3터널

내 용 6회평균 청소후(평균 81.27) 청소전 : 70.22(9개월경과)



위 치 동행3터널

내 용 확산반사율측정장면

내오염 도장 단가설명서

※ 단가설명서

본 단가는 내오염 도장에 따른 콘크리트 바탕처리, 내오염도장의
노무비, 경비, 재료비의 단가이며, 내부 디자인 도장비용이
포함되어 있음.

내오염도장 공사시방(안)

2006.

한국도로공사

내오염도장공사시방(안)

1-1 시공계획 및 준비공

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 콘크리트나 모르타에 시공되어지는 구조물의 도장공사를 시행하기 위해 필요한 시공계획서 작성 및 공사준비에 적용한다.

1.2 참조규격

해당없음

1.3 제출물

시공자는 도장 품질관리를 실시하기 위해 도장작업요령, 자체검사요령등을 포함하는 도장시공계획서를 제출하여 감독원의 승인을 얻어야 한다.

2. 재료

해당없음

1-2 콘크리트 면 관리

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 도장전의 콘크리트(터널라이닝) 구조물의 면 관리에 적용한다.

1.2 참조규격

해당없음

1.3 제출물

해당없음

2. 재료

해당없음

3. 콘크리트 면 조건

3.1 콘크리트 양생

콘크리트 표면은 도장전 충분히 양생시켜야 하며 적합한 콘크리트 양생기간은 다음과 같다.

온 도(℃)	상대습도(%)	양생기간	비 고
21 ~ 26	75 이하	30일 이상	
8 ~ 12	75 이하	40일 이상	

3.2 도장전 콘크리트의 함수율 및 PH 관리기준은 다음과 같다.

PH : 10이하

수분함량 : 8% 이하

1-3 표면처리

1. 일반사항

1.1 적용범위

본 시방은 도장전의 콘크리트 구조물의 표면처리에 적용한다. 표면 처리방법은 시방서나 현장 여건 또는 장비에 따라 선택하여야 한다.

1.2 참조규격

해당없음

1.3 제출물

해당없음

2. 재료

해당없음

3. 시공

3.1 그라인딩

- 3.1.1 도막과 콘크리트면과의 부착성을 높이기 위하여 요철부위, 오염물질(형틀박리제 등)은 도막에 악영향을 끼치므로 그라인딩을 하거나 용제로 닦아내어야 한다.
- 3.1.2 들뜬 오염물질, 침전물(Laitance) 및 이물질은 와이어 브러쉬(Wire Brush)로 제거하여야 한다.
- 3.1.3 전처리 작업후 모든 이물질 및 먼지는 진공 청소기 또는 압축공기를 이용하여 제거하여야 한다.
- 3.4.4 바탕처리 작업시에는 먼지나 이물질에 의해 주변의 환경오염과 작업자의 안전위생등에 대해 충분히 고려하고 적절한 대책을 강구해야 한다.

3.2 샌드 블라스트 방법

- 3.2.1 가능한 16 메쉬 이하의 충분히 건조된 모래를 사용하여 콘크리트 표면의 이물질 및 침전물(Laitance)을 제거하여야 한다.
- 3.2.2 콘크리트의 요철이 심한 부위는 그라인더를 이용하여 콘크리트면을 균일하게 하여야 한다.
- 3.2.3 전처리 작업후 모든 이물질 및 먼지는 진공 청소기 또는 압축공기를 이용하여 제거하여야 한다.

- 3.3 균열보수 도장전 콘크리트 표면에 발생한 균열처리는 0.2mm 이상인 경우 에폭시 주입제로 주입하거나 보강재로 보수후 도장작업을 시행하여야 한다.

1-4 도장

1. 도장조건

1.1 온도

최적의 도장온도 범위는 15℃ ~ 32℃ 사이이며 일반적으로 4℃ 이하, 43℃ 이상에서는 도장을 하지 않아야 한다. 표면의 온도가 32℃ 이상이면 도막이 너무 빨리 건조되어 편축이 발생되고, 5℃ 이하이면 경화가 느릴뿐만 아니라 불완전한 경화를 유발할 수 있다.

도장하는 동안 표면의 수분응축을 방지하기 위해 콘크리트 표면 온도가 이슬점보다 2.7℃ 이상 높아야 한다.

1.2 습도

습도는 도막의 건조시간에 영향을 주며 습도가 높은 경우에는 용제의 증발을 억제함으로써 건조시간을 지연시키지만 화학적으로 경화되었거나 활성화된 도막에는 약간의 영향을 미친다. 일반적으로 도장을 위한 최적습도 범위는 40~80%이다.

1.3 기타

안개, 비 또는 강한 바람이 부는 날에는 도장을 피해야 한다. 재도장시에 종전 도막에 화학적 오염의 발생이 예상되면 후속 도장전에 물이나 용제로 세척해야 한다.

2. 도장작업

2.1 도장준비

2.1.1 도장은 도료공급자의 기술자료나 기타 유의사항에 준해 시공하여야 한다. 다액형의 도료는 도장하기 전에 혼합비에 따라 충분히 교반후 가사시간 내에 사용하여야 한다.

2.1.2 희석이 필요한 경우 반드시 지정된 희석제만을 사용해야 하며 희석비율은 작업조건에 따라 조정될 수 있다.

2.2 도장방법

2.2.1 모든 도장은 표준도장 시공방법에 의해 시행되어야 한다.

2.2.2 도료는 사용에 적합한 상태로 공급이 되나 희석제는 경우에 따라 사용량을 증감할 수 있으며 특수한 경우에는 도료제조회사 또는 감독원과 협의하여야 한다.

2.2.3 도장은 전체 부위에 균일하게 도포되도록 도장하고 도장이 안되거나 과도막이 흐른부위가 없도록 유의하여야 한다.

2.2.4 도장을 할 때에는 구석진 곳, 콘크리트 신축줄눈 부위 및 가장자리 등은 부분적으로 붓으로 도장하여야 한다.

2.2.5 도장된 도막은 충분히 건조된 후에 재도장할 수 있도록 시공간격을 유지하여야 한다.

2.2.6 도장된 도막은 건조도막 측정기로 측정하거나 도장 면적당 사용된 도료의 양으로 도막두께를 추정하여 규정보다 미달된 도장부위는 덧도장하여 규정된 도막이 되도록 도장하여야 한다.

2.2.7 스프레이건은 피도면과 항상 일정한 거리(약30cm정도)를 유지하고 피도면에 수직으로 시공하여야 한다.

2.2.8 에어리스 스프레이 도장시 건의 이동속도는 50-60cm/sec로 하고 30-40%씩 중첩되도록 도장하여야 한다.

2.2.9 균일한 도막 두께 유지 및 작업 효율을 위해 높은 곳에서 낮은 곳으로 도장하는 것을 원칙으로 한다.

2.3 도구의 세척

도구 및 장비는 사용후 즉시 사용도료에 해당하는 희석제나 도구세척제로 세척하여야 한다.

3. 세부도장 관리

3.1 모든 도료는 사용전에 침전 및 덩어리가 없도록 충분히 교반하여 사용하여야 하며 2액형 도료의 경우 상표에 기록되어 있는 혼합비를 정확하게 지켜서 혼합하고 가사시간 내에 도장을 하여야 한다.

3.2 현장에 납품된 모든 도료는 사용하기 전에 뚜껑을 열어서는 안되며 일단, 개봉된 도료는 완전히 사용하거나 제조회사의 사용지침에 따르도록 하여야 한다.

3.3 최종 마무리 도장이 끝난 후에는 미흡한 부위가 있는지 확인하고 표면을 깨끗이 유지하여야 한다.

1-5 품질기준

1. 도장두께

구분		표준두께(mm)		비 고
		불소수지계	세라믹 우레탄계	
바탕 처리	하 도	50	80~125	소지상태에 따라 두께를 달리할수도 있음
	퍼 티	-	-	
중 도		60	-	
상 도		40	75~120	1회 또는 2회 도장

※ 도장두께는 사용재료특성에 따라 조정될수 있음.

2. 품질기준

시험항목	단위	품 질 기 준				시험방법
		상 도	중 도	하 도	퍼 티	
용기내 상태	-	이상이 없을것	이상이 없을것	투명하고 이상이 없을것	이상이 없을것	KSM 5000 - 2011
고화건조시간 (25℃, 시간)	hr	8시간 이내	18시간 이내	16시간 이내	30시간 이내	KSM 5000 - 2512
가사시간 (20℃)	hr	3시간 이상	5시간 이상	5시간 이상	1시간 이상	KSM 5307
광택 (60)	%	70 이상	-	-	-	KSM 5000
연화도 (주제)	mm	6 이상	50 이하	-	-	KSM 5000
건조도막의 상태	-	부풀음, 주름, 핀홀 등이 없고 도막은 평활하여야 한다				KSM 5000 - 2141
불휘발분 (혼합도료)	%	백색담색50이상 기타색40이상	65 이상	30 이상	70 이상	KSM 5000 - 2113
비중(25℃)	-	-	1.25 이상	0.9 이상	0.9 이상	KSM 5000 - 2131
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
측진내후성 (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			
불휘발전색재중 불소함량	-	15 이상	-	-	-	불소도료인 경우
내충격성 (높이50cm, 300g)	-	갈라짐, 벗겨짐이 없을것	-	-	-	KSM ISO 6272-1
밀착성	-	6점 이상	6점 이상	-	-	KSM 5981
은폐율	-	백색담색0.9이상 기타색0.8이상	-	-	-	KSM 5000 -3111
화산변사율 (백색에 한함)	-	85 이상	-	-	-	KSM 5000 -3121

1-6 도장검사

1. 일반사항

- 1.1 감독원의 승인 없이는 어떠한 경우라도 도장을 할 수 없으며 불량하다고 지적받은 부위는 즉시 수정작업을 하여야 한다.
- 1.2 후속 도장시는 종전 도막의 오염, 먼지의 제거 및 건조상태 등을 확인 받아야 한다. 감독원은 매회 도장에 대한 건조도막 두께를 측정하여 도막두께가 미달된 부분은 재도장 작업을 하여야 한다.
- 1.3 도급자는 감독원에게 검사시 검증된 필요기기를 제공하여야 한다.
- 1.4 도급자는 본 공사를 위해 자체도장 품질관리 요원을 선정하여 도장시공의 진행 및 현장도장 상태를 수시로 사전 확인하고 미비한 부위를 조치하여야 한다.
- 1.5 도장 시공업자 또는 도급회사 품질관리 요원은 당일 검사할 부위의 사전상태를 확인후 검사신청 양식을 작성하여 감독원에게 보고하여야 한다.
- 1.6 자격 및 도장감리기기를 갖춘 도장감리자가 작업장에 입회하여 제규격의 도장시공을 위하여 모든 과정을 점검하여야 한다.

2. 검사기기 및 장비

도장작업에 있어서 완벽한 관리를 수행하기 위하여 다음의 기기 및 장구가 필요하며, 항상 사용할 수 있도록 준비해야 한다.

- 온도계/대기측정용
- 습도계
- 카메라
- 콘크리트 수분측정기(건축수분계 MC-10)
- 표면 측정 온도계
- 확대경

- 건조도막 두께 측정기
- 습도막 두께 측정기
- 노점 환산표
- 리트마스지 또는 페놀프탈린용액
- 작업복
- 손전등
- 작업 안전화
- 작업 안전모
- 검사용 분필(Chalk)
- 검사용 긁는기계(Scraper)

3. 검사

3.1 기본적인 확인사항

3.1.1 도장작업 착수전 확인사항

- 전반적인 공사개요, 공사기간, 작업공정, 순서 등을 파악
- 공사도면 및 시방서 숙지
- 공사기간에 따른 계절적인 변화 및 주위환경을 파악하여 도장시방의 문제점 여부 검토
- 시공업체의 경험정도 및 작업인원 파악
- 공사에 필요한 장비 구비 여부 확인
- 작업자의 사전교육 필요 여부
- 작업환경 및 조명상태 점검
- 도료예상 소요량에 따른 공급 여부
- 안전성
- 시험성적서, 품질보증서류 등

3.1.2 도장작업시 확인사항

○ 표면처리시 확인사항

- 콘크리트 양생기간은 충분한가?/ 최소 30일 이상되었는가?
- 콘크리트 표면 건조상태는 양호한가? (흡수율 8%이하)
- 콘크리트 크랙 발생부위는 없는가? 또한 크랙 부위 보수가 적절한가?
- 콘크리트 레이턴스는 남아있지 않은가?
- 콘크리트 표면에 기타 오염물은 없는가?
- 콘크리트 표면에 돌출부위는 표면을 그라인더 등으로 부드럽게 처리하였는가?

◦ 하도(Primer) 도장 작업시 확인사항

- 콘크리트면에 이물질은 없는가?
- 온도, 습도, 노점 및 안개, 바람의 영향은 없는가?
- 도료의 용기내 상태는 이상이 없는가?
- 경화제 사용 및 경화제 혼합비율은 정상인가?
- 도료의 희석율은 적합하며, 규정 희석제인가?
- 도료는 가사시간내 사용하고 있는가?
- 도장시 주위환경에 문제는 없는가? (조명상태, 환기상태, 안전상태)
- 도장 외관상 결함 발생은 없는가?
- 도장 되어서는 안될 부위에 표시는 잘 되었는가?
- 도장 면적당 도료 사용량은 기록 유지가 잘 되고 있는가?
- 기타 사용도료의 시료번호 및 제조일자 확인하고 있는가?
- 도장순서 즉, 내부 또는 끝부분 등 작업이 어려운 곳부터 실시되는가?

◦ 중도 및 상도 도장작업시 확인사항

- 하도 도장시의 확인사항은 공통
- 1회 도장된 표면에 이물질 오염은 없는가?
- 1회 도장된 도막은 표준에 미달 또는 과도하지 않은가?
- 1회 도장의 건조상태, 부착상태 등 도막결함은 없는가?
- 재도장 간격은 적합한가?

3.1.3 도장작업 완료후 확인사항

- 외관 상태는 양호한가?(마감상태의 색상, 광택정도) 아울러 도막 결함은 없는가?
- 건조, 경화, 부착상태는 양호하며, 도막두께도 문제 없는가?
- 도장장비의 도구세척은 되었는가?
- 도료보관은 적당한 곳에 조치 되었는가?
- 작업 보고서는 작성 하였는가?

4. 도막두께의 검사 및 관리

- 4.1 도막의 두께는 도상의 내구성에 크게 영향을 미치므로, 충분히 관리하는 것이 필요하다. 도막의 두께는 도장작업중에 실시하는 습도막두께 측정과 도장 작업이 완료된 후 건조도막을 측정하여 관리한다.

4.2 습도막 두께는 도장작업에 측정하여 예상 건조도막 두께를 확인하고, 건조도막 두께는 건조후 측정하여 결과를 평가한다.

4.3 도막두께의 측정치는 각점마다 달라지고, 도막두께의 평가는 많은 측정치를 통계처리 하여 행할 필요가 있으며 일반적으로는 다음과 같은 평가방법이 이용되고 있다

< 기준 도막두께에 대한 시공허용 범위 >

기준도막두께	최소(spot)	최대(평균)	최대(Spot)
mils(μ m)	mils(μ m)	mils(μ m)	mils(μ m)
1.0(25)	0.8(20)	2.0(50)	3.0(75)
1.5(38)	1.2(30)	3.0(75)	4.0(100)
2.0(50)	1.6(40)	4.0(100)	5.0(125)
3.0(75)	2.4(60)	6.0(150)	7.0(175)
4.0(100)	3.2(80)	7.0(175)	8.5(213)
5.0(125)	4.0(100)	8.0(200)	9.5(238)
6.0(150)	4.8(120)	9.0(225)	10.5(263)
7.0(175)	5.6(140)	10.0(250)	11.5(288)
8.0(200)	6.4(160)	11.0(275)	12.5(313)
10.0(250)	8.0(200)	13.0(325)	14.5(363)
15.0(275)	12.0(300)	20.0(500)	23.0(575)
20.0(500)	16.0(400)	26.0(650)	29.0(725)
25.0(625)	20.0(500)	32.0(800)	36.0(900)
30.0(750)	24.0(600)	38.0(950)	42.0(1050)

1-7 보수도장

도장완료 도막의 국부적인 손상부위에 대하여 손상정도에 따른 보수도장을 실시한다.

1. 상도 표면의 오염, 찰상, 타흔 부착 불량이 있을 경우는 샌드페이퍼(200목)으로 샌딩한 후 상도를 수정(Touch up) 작업한다.
2. 도막의 손상도가 커 상도 빛 하도까지 손상을 주었을 경우 퍼티(putty) 작업을 한후 보수 도장한다.

1.8 도료의 보관

1. 도료는 통풍이 잘되고 직사광선이 차단되고 과열로부터 위험이 없는 격리된 장소에 보관한다.
2. 도료의 최적 보관온도, 5~35℃에서 보관한다.
3. 현장도장을 위하여 현장에 투입된 도료는 도료용기의 라벨 등이 손상되지 않도록 보관하여야 하고 비, 눈 및 이슬 등에 노출되지 않도록 한다.
4. 도료는 완전히 밀봉된 상태로 현장에 인도되어야 하며 보관도 완전히 밀봉된 상태로 이루어지도록 한다.
5. 용기는 침전을 방지하기 위하여 정기적으로 뒤집어 주어야 한다.

1.9 검 사

1. 검사장비

No.	명 칭	용 도
1	KNIFE(부착력 검사용)	부착력 테스트
2	표면온도 측정기	표면 온도측정
3	건습구 온도계	습도 측정용
4	건조도막 측정기	건도막두께 측정 (무기소재용)
5	인필경도계	경도 테스트
6	광택계	경면 광택

2. 도료검사

2.1 도료규격

내오염 도료의 규격은 1-5 품질기준을 만족시켜야 한다.

2.2 도료검사

검 사 항 목	검 사 기 준	기준미달시 조치사항
도료규격	도료 요구조건과 일치하는지 검사 도료제조업체 시험성적서에 의함 최초입고시는 공인기관 시험성적서	사용불가
도료보관	5 ~ 35℃ 보관온도 직사광선을 받지 않는곳	시정조치

3. 연소재검사

검 사 항 목	검 사 기 준	기준미달시 조치사항
연소재 규격	샌딩모래(16~18mesh) 단, 전문검사요원의 표면처리 상태 사진 검사에 의하여 규격, 종류는 변경할 수 있다.	-
연소재 상태	오일, 구리스 등의 유기물질에 오염되지 않은 것 염분을 포함하지 않은 강모래일것 완전히 건조된 것일것	오일, 구리스 등의 유기물질에 오염되고 염분을 포함한 샌딩 시 사용불가 젖은 모래는 건조후 사용
연소재 보관	해풍 및 비에 직접 영향을 받지 않는 곳	사용불가

4. 도장조건 검사

검 사 항 목	검 사 기 준	조치사항
대기조건	- 콘크리트 표면온도 10~30℃ - 상대습도 85% 이하 - 이슬점온도 : 대기콘크리트 표면온도가 이슬점 온도보다 2.7℃ 이상 - 안개, 서리, 비가 오는날 작업불가	- 대기조건이 검사기준에 맞도록 시설보완하거나 전문 검사요원 과 협의 하여 대체수립 (콘크리트면 가열, 도장면 가열 등)
피도장물 상태	- 결로 생성시 - 함수율 8% 이상시 - 흙, 모래 등 이물질 오염시 - 도막건조시간 동안 이물질 부착될 경우 - 오일, 구리스 등 유기물질로 오염시 - 규정된 표면처리 불량시	- 핫에어 블로우 혹은 길레질 - 샌드페이퍼 등으로 이물질 완전제거 - 덮개로 이물질 부착 방지 - 블라스팅, 파워툴(Tool) 등으로 유기오염을 완전 제거 - 재표면 처리

5. 도막두께 검사

5.1 건조도막두께 검사

검사항목	검 사 기 준	조 치 사 항
건조도막 두께	(1) 10m²에 3개의 측정단위를 설정, 개개 측정단위에 대해 3점을 측정(불임참조) (2) 측정단위 각각의 평균값이 시방서상의 규정 도막두께보다 커야 하며, 각각의 측정 평균값은 사양서 상의 규정도막두께의 90%이상이어야 하며, 단 측정점중 규정도막 두께의 75% 미만이 되는 측정점이 있어서는 안된다. (3) 100m²이하의 1회 검사물량은 30m²마다 측정하며, 100m²이상은 처음 100m²은 30m²마다 측정하고 추가되는 물량에 대해서는 100m² 당 10m²를 임의로 측정한다.	- (3)항에 따라 측정한 도막두께가 (2)항을 만족시키지 못할 경우에는 부가도장을 실시하여 (2)항을 만족시키게 조치한다.

6. 도장중 하자 발생시 대책 및 보수도장

현 상	원 인	대 책
부착력부족 및 플래킹	- 표면처리 불량 - 연소제의 오염(오일, 구리스) - 에어의 오염(오일, 구리스) - 작업자의 손에 의해 유분이 묻는 경우 - 인근 스프레이 작업시 도료가 날려 붙음	- 재표면 처리 - 새 연소제로 교체, 블라스팅 장비에 오일/수분 분리시 설치 - 오일/수분 분리 필터 설치 - 손세척 및 새장갑 착용 - 샌드페이퍼로 샌딩후 재도장
고기눈생성	- 주위로 부터 오일유입, 오염	- 샌드페이퍼로 샌딩후 재도장
실 균 열	- 코너부위의 표면처리 불량 및 유기물 미제거	- 브러쉬 표면처리