

❖ 터널강재 및 강구조 기술위원회

Annual Activity Report

2022-Annual Activity Report

터널강재 및 강구조 기술위원회

기술위원장 : 안 동 욱
수석간사 : 안 성 훈

모임 : 터널강재 및 강구조 기술위원회 1차 기술세미나

* 일 시 : 2022년 7월 8일 16:00~17:30

* 장 소 : 포스코센터(선릉) 서관 17층 컨퍼런스룸 3호

* 의 제

1) 터널강재 및 강구조 기술위원회 소개

- 발족 취지 및 향후 활동 계획
- 위원장, 간사, 운영위원 소개

2) 고강도 강재 이용 기술 및 KS 개정 내용 소개

- 건설용 철강재 KS 표준 종류 안내
- 2017년 건설용 철강재 KS 개정 내용 설명
 - > 표기법 : 영문+항복강도(숫자)로 일괄 변경
 - > 강도 상향 : JIS 표준에서 탈피하여 EN 및 국제규격을 만족하도록 상향

* 참석자 : 안동욱, 이동현, 안성훈, 김경열, 이창노, 김태한, 이동섭, 박상용, 김진형, 손성곤, 박재만, 주은희, 이치현, 윤경조, 김봉찬



[사진1] 모임 관련 사진

회의 내용

Guidelines for the KS Construction standards revision

<http://www.kosa.or.kr>

건설용 철강재 KS개정 안내



 한국철강협회

18 KS D 3566 개정내용


- ① 적용범위 : 용접하여 사용하는 구조용 강관에는 적용하지 않는 것을 규정
- ② 종류 및 기호 : 종류의 기호를 영문 약자(SGT) 변경 및 인장강도 기준에서 항복강도 기준으로 개정
- ③ 종래 기호를 (괄호)로 표기하여 참고
- ④ 인장강도 290 N/mm²급을 삭제, 종류의 기호는 5종류로 확정
- ⑤ 종래 기호 STK490과 종래 기호 STK500을 통합하여 SGT355로 개정
- ⑥ 화학성분 : SGT355의 C, Si, Mn를 개정
- ⑦ 기계적 성질 : 일반 구조용 압연 강재, 용접 구조용 압연 강재, 건축 구조용 압연 강재의 개정과 연동하여 항복점 또는 항복강도 및 인장강도를 상향하여 개정
- ⑧ 치수허용차 : 1호, 2호 부분의 적용을 규정
- ⑨ 두께 허용차 중 이음매 없는 강관 이외의 경우에는 허용차를 강화
- ⑩ 두께허용차 강화로 이음매 부분의 두께 허용차는 적용하지 않는 것으로 규정

※ SGT: Steel General structural Tube




KS D 3566 개정 전


 적용범위	-
--	---

 화학성분	종류의 기호	연신율 %				
		C	Si	Mn	P	S
	STK290	-	-	-	0.050 이하	
	STK400	0.25 이하	-	-	0.040 이하	
	STK490	0.18 이하	0.55 이하	1.50 이하	0.040 이하	
	STK500	0.24 이하	0.35 이하	0.30-1.30	0.040 이하	
	STK540	0.23 이하	0.40 이하	1.50 이하	0.040 이하	
	STK590	0.30 이하	0.40 이하	2.00 이하	0.040 이하	
STK690	0.30 이하	0.40 이하	2.00 이하	0.040 이하		

 기계 시험치	기계적 성질	항복점 항복강도 N/mm ²	인장강도 N/mm ²	연신율 %		
				11호 시험편 12호 시험편	5호 시험편	
				세로 방향	가로 방향	
	제조법 구분	이음매 없음, 단접, 전기저항 용접, 아크 용접				
	바깥 지름 구분	전체 바깥 지름 40 mm를 초과하는 것.				
	STK290	-	290 이상	30 이상	25 이상	
	STK400	235 이상	400 이상	23 이상	18 이상	
	STK490	315 이상	490 이상	23 이상	18 이상	
	STK500	355 이상	500 이상	20 이상	16 이상	
	STK540	390 이상	540 이상	20 이상	16 이상	
STK590	440 이상	590 이상	20 이상	16 이상		
STK690	540 이상	690 이상	20 이상	16 이상		

KS D 3566 개정 후

 적용범위	용접하여 사용되는 구조용 강관에는 적용하지 않는다. (참조 1. 용접성이 요구되는 강관에는 건축구조용 탄소강관 KS D 3632가 있다)
---	---

 화학성분	종류의 기호 (종래 기호)	연신율 %				
		C	Si	Mn	P	S
	SGT275 (STK400)	0.25 이하	-	-	0.040 이하	
	SGT355 (STK490) (STK500)	0.24 이하	0.40 이하	1.50 이하	0.040 이하	
	SGT410 (STK540)	0.28 이하	0.40 이하	1.60 이하	0.040 이하	
	SGT450 (STK590)	0.30 이하	0.40 이하	2.00 이하	0.040 이하	
SGT550 (STK690)	0.30 이하	0.40 이하	2.00 이하	0.040 이하		

 기계 시험치	종류의 기호 (종래 기호)	항복점 항복강도 N/mm ²	인장강도 N/mm ²	연신율 %	
				11호시험편 12호시험편	5호시험편
	제조법 구분	이음매 없음, 단접, 전기저항 용접, 아크 용접			
	바깥 지름 구분	전체 바깥 지름		40 mm를 초과하는 것.	
	SGT275 (STK400)	275 이상	410 이상	23 이상	18 이상
	SGT355 (STK490) (STK500)	355 이상	500 이상	20 이상	16 이상
	SGT410 (STK540)	410 이상	540 이상	20 이상	16 이상
	SGT450 (STK590)	450 이상	590 이상	20 이상	16 이상
SGT550 (STK690)	550 이상	690 이상	20 이상	16 이상	

KS D 3566 개정 전

	구분	허용차			
		이음매 없는 강관의 경우		이음매 없는 강관 이외의 경우	
	1호	4 mm 미만	+0.6 mm -0.5 mm	4 mm 미만	+0.6 mm -0.5 mm
4 mm 이상		+15 % -12.5 %	4 mm 이상 12 mm 미만	+15 % -12.5 %	
			12 mm 이상	+15 % -1.5 mm	
2호	3 mm 미만	±0.3 mm	3 mm 미만	±0.3 mm	
	3 mm 이상	±10 %	3 mm 이상 12 mm 미만	±10 %	
			12 mm 이상	+10 % -1.2 mm	

비고 바깥지름 1016.0 mm를 초과하는 관 두께의 허용차는 주문자·제조사 사이의 협의에 따를 수 있다.

KS D 3566 개정 후

	구분	허용차			
		이음매 없는 강관의 경우		이음매 없는 강관 이외의 경우	
	1호	4 mm 미만	+0.6 mm -0.5 mm	4 mm 미만	±0.4 mm
4 mm 이상		+15 % -12.5 %	4 mm 이상 12 mm 미만	±12 %	
			12 mm 이상	+15 % -1.3 mm	
2호	3 mm 미만	±0.3 mm	3 mm 미만	±0.3 mm	
	3 mm 이상	±10 %	3 mm 이상 12 mm 미만	±10 %	
			12 mm 이상	+10 % -1.0 mm	

비고 1 이음매 부분의 두께허용차는 적용하지 않는다.
비고 2 바깥지름 1016.0 mm를 초과하는 관 두께의 허용차는 주문자·제조사 사이의 협의에 따를 수 있다.

모임 : 터널강재 및 강구조 기술위원회 2차 기술세미나

- * 일 시 : 2022년 10월 7일(금) 17:00
- * 장 소 : 한국터널지하공간학회 대회의실
- * 의 제 : 터널 보강재의 녹색기술인증 사례 소개 (팽창형 록볼트)
 - 해외 록볼트 기술/시장 동향
 - 팽창형 록볼트 기술
 - 기술혁신, 성능평가, 녹색기술인증 사례
- * 참석자 : 안동욱(포스코/수석), 이동현(세강스틸러스/상무), 안성훈(정성이엔씨/전무), 손성곤(미래지반기술/대표), 김봉찬(롯데건설/수석), 박스칸(롯데건설/책임), 박주현(한국과학기술원/박사과정), 이상일(동부엔지니어링/이사), 강태성(인터컨스텍/팀장), 이종권(세강스틸러스/부사장), 박재만(WA쎬다코퍼/대표), 김용기(한국기초엔지니어링/전무), 이동훈(단우기술단/부장), 송인우(윤준에스티/상무), 박상용(윤준에스티/상무), 김진형(티에스테크노/상무)



[사진2] 모임 관련 사진

회의 내용



 코오롱글로벌(주)

 (주)티에스테크노

목차

1 | 개요

2 | 기존 기술의 문제점

3 | 해외 록볼트 기술

4 | 튜브형 강관 록볼트(기술혁신, 성능평가, 녹색기술)

5 | 요약정리

※ 현장 적용실적

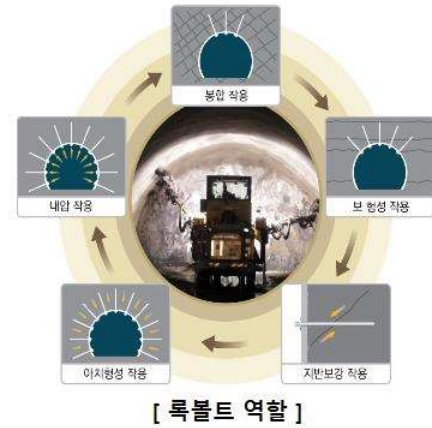
 코오롱글로벌(주)

 (주)티에스테크노

1. 개요

■ 록볼트

- 터널굴착(NATM)에서 슛크리트, 강지보재와 함께 **주요 지보재**
- **터널 안정성 확보** : 지반변형에 저항, 암반이완 발생 억제, 굴착면 주변지반의 지보능력 발휘
- **시공 안전성 확보** : 터널 붕락 및 낙반사고 예방



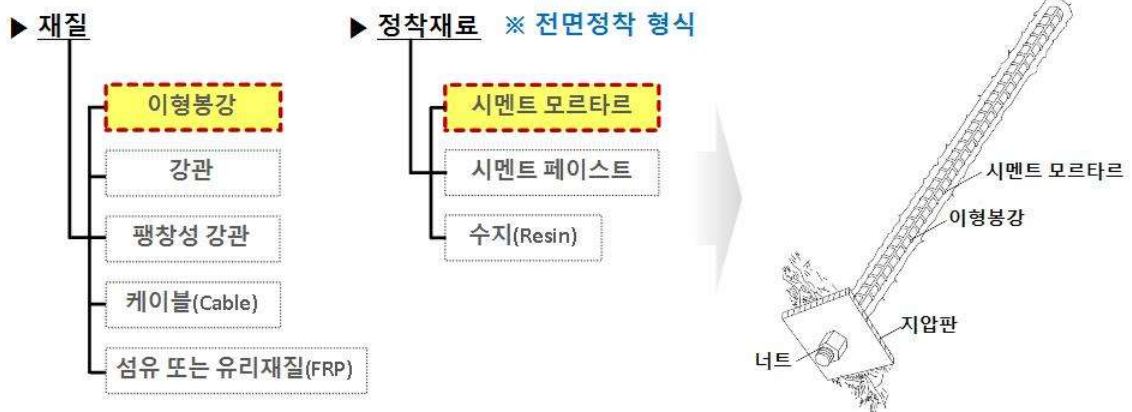
- 1 -

1. 개요

■ 국내 록볼트 기술 현황

현장조건 및 시공여건에 따라 선택 적용???

- **재질** : 이형봉강(철근) 또는 동등 이상의 재질 및 형상
- **정착재료** : 초기 접착력이 크고 취급이 간단하며, 내구성이 있어야 함
- 일반적으로 **이형봉강(철근)과 시멘트 모르타르** 사용

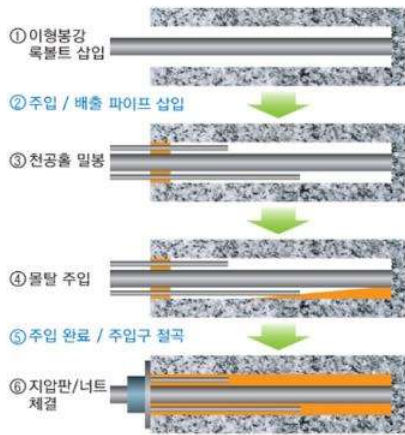


- 2 -

2. 기존 기술의 문제점

■ 암반 조기지보

- **록볼트 설치 후 지보효과를 발휘하기 위해 정착재료 양생시간(약 24시간 이상) 필요**
 - ➡ 발파 후 이완된 암반 조기지보 효과 미흡
 - ➡ 정착재료 양생 前 상태에서 굴진(발파)으로 지반이완 가중, 암반 붕락 발생



∴ 설치 즉시 지보효과 발휘 요구

- 3 -

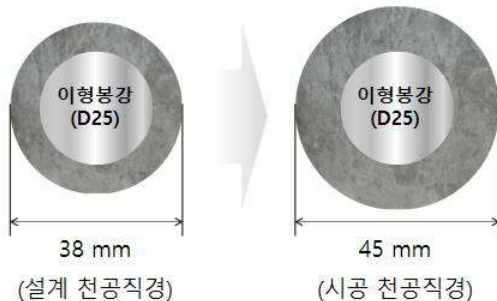
✦ 코오롱글로벌(주)

⊙ (주)티에스테크노

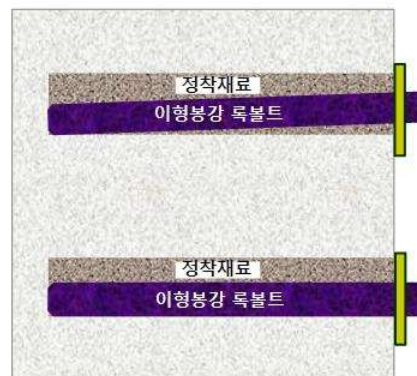
2. 기존 기술의 문제점

■ 록볼트 설계 / 시공

- 록볼트 설계와 시공 시 천공직경 차이 발생(38 mm → 45 mm)
 - ➡ **정착재료 사용량 증가(설계 대비 약 150%)**
- 록볼트 시공(설치) 불량 ➡ **전면정착 성능 저하(균일한 품질확보 곤란)**



[설계와 시공 천공직경 차이]



[록볼트 설치 상태]

- 4 -

✦ 코오롱글로벌(주)

⊙ (주)티에스테크노

2. 기존 기술의 문제점

■ 정착재료 사용

- 정착재료 사용에 따른 작업원 인체피해 및 환경오염 발생
 - ➡ 작업원 안전사고 / 폐기물 발생 / 수질 오염 등
- 용수 유출구간 ➡ 정착재료 손실에 따른 록볼트 성능 저하



[몰탈 흘러내림]



[작업원 인체피해 및 폐기물 발생]

3. 해외 록볼트 기술

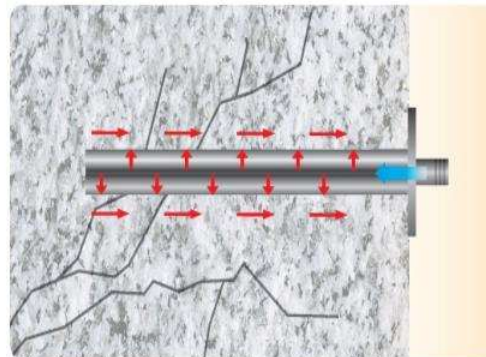
■ Swellex Bolt

1977~1980년 스웨덴 Atlas Copco社 에서 최초 개발

- 해외 터널 및 광산 등에서 안전성(단기, 장기) 입증
 - ➡ 설치 즉시 지보성능 발휘로 암반 조기지보 우수
 - ➡ 정착재료를 사용하지 않고 간편한 시공성으로 전 세계 널리 사용

▷ 강관 팽창으로 암반에 방사형의 강한 압력 형성
 천공경에 기계적 맞물림으로 강하게 밀착
 전단과 인장의 조합응력 형성

▷ 신장률(연성)이 큰 재료 사용
 큰 변형에도 미끄러짐만 발생하고 파괴되지 않음
 순수 전단 상태에서도 끊어지지 않고 변형 유지



[Swellex Bolt 개념도]

3. 해외 록볼트 기술

■ Swellex Bolt

1977~1980년 스웨덴 Atlas Copco社 에서 최초 개발

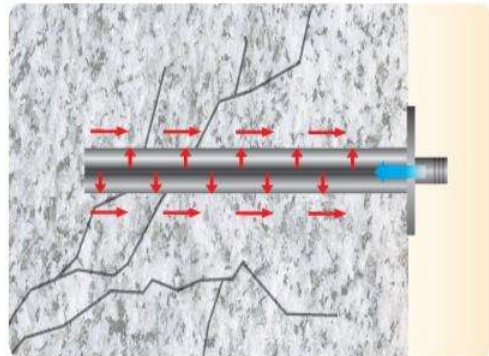
- 해외 터널 및 광산 등에서 안전성(단기, 장기) 입증
 - ➡ 설치 즉시 지보성능 발휘로 암반 조기지보 우수
 - ➡ 정착재료를 사용하지 않고 간편한 시공성으로 전 세계 널리 사용

▷ 강관 팽창으로 암반에 방사형의 강한 압력 형성

천공경에 기계적 맞물림으로 강하게 밀착
전단과 인장의 조합응력 형성

▷ 신장률(연성)이 큰 재료 사용

큰 변형에도 미끄러짐만 발생하고 파괴되지 않음
순수 전단 상태에서도 끊어지지 않고 변형 유지



[Swellex Bolt 개념도]

3. 해외 록볼트 기술

■ Swellex Bolt의 문제점

- 암반 조기지보, 시공성 개선, 품질 향상 등 장점을 가지고 있으나, 경제성에서 매우 불리
 - ➡ 고가의 수입제품으로 국내 터널현장에서 극히 제한적으로 사용
 - ➡ 수입제품에 따른 능동적 대처 곤란 (현재 국내에서는 일부 광산에서 사용)

■ 국내 적용 현황

※ 록볼트 제원 : L=2.4m/3.0m/4.0m, D=41mm, t=2.0mm

현장명	발주처	시공사	비고
영동선 동백산-도계간 철도이설공사(솔안터널)	국가철도공단	대우건설	T/K
당인리 전력구 건설공사	한국전력공사	삼성물산	T/K
백양산 터널 건설공사	부산광역시	대우건설	민자
서울지하철 5-18공구 건설공사(한강 하저터널)	서울특별시	삼부토건	기타
창원 제1 터널 건설공사	경상남도	SK에코플랜트	민자
창원 제2 터널 건설공사	경상남도	SK에코플랜트	민자

3. 해외 록볼트 기술

■ 국내·외 록볼트 기술 비교

구분	이형봉강(철근)		Swellex Bolt
	시멘트 몰탈 Type	레진 Type	
공법개요	이형봉강과 정착재료(레진, 시멘트)를 사용하여 지반보강		오목한 강관에 물을 넣어 강관 팽창에 의한 지반보강
제원	D25mm (SD350)		D41~54mm, t=2.0~3.0mm
정착재료	시멘트 몰탈	레진	X
양생시간	24Hr	7Hr	X
장점	· 국내 시공사례 다수	· 국내 시공사례 다수	· 설치 즉시 지보효과 발휘 · 용수구간 적용 가능 · 공기단축 및 경량화 · 해외 시공사례 다수
단점	· 용수구간 시공불가 · 정착재 양생시간 과다	· 용수구간 시공불가 · 레진에 의한 환경오염	· 고가의 외산자재 · 경제성 매우 불리
시방서 기준	반영	반영	반영

4. 튜브형 강관 록볼트

■ 기술의 원리

- 전면(前面)주입구를 통해 오목(Ω)한 형상의 강관 내부에 유체(물)를 주입하여 강관을 팽창, 암반에 강하게 밀착하여 정착
 - ① 설치 즉시 지보효과 발휘 → 암반과 록볼트 사이의 마찰과 기계적 맞물림
 - ② 정착재료 사용 無 → 환경친화적 시공기술, 용수 유출에도 완벽한 성능 발휘
 - ③ 터널 시공효율 향상 → 경량자재, 작업시간 단축, 균일한 품질 관리



4. 튜브형 강관 록볼트

■ 구성

- **정착부(유체 주입부)** : 강관 내부로 유체를 주입하는 부분
- **강관 팽창부** : 수압에 의해 팽창되는 부분 (강관 두께 2.3 mm)
※ 4m 록볼트 팽창 소요시간 약 15초
- **선단부** : 고수압에 의해 강관이 팽창할 때 물이 외부로 새지 않도록 밀폐



[튜브형 강관 록볼트 구성]

4. 튜브형 강관 록볼트

■ 기술개발 연혁

① 기술개발

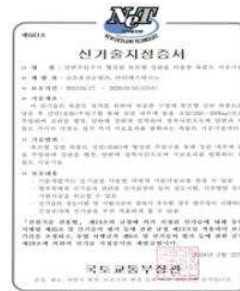
- 특허등록(2010년) → 현장 시험시공 및 평가
- 신기술 인증(산업통상자원부, 2012년)

② 기술 상용화

- 건설신기술 인증(국토교통부, 2013년)
- 현장 시험평가(한국도로공사, 2013~2014년)
- IR52 장영실상(미래창조과학부, 2014년)
- 록볼트 성능평가(감사원, 2015년)

③ 기술 사업화

- 기술마켓 등록(한국도로공사, 2019년)
- SOC 혁신기술, 제품 등록(조달청, 2021년)
- INNOVILT 등록(POSCO, 2021년)
- 녹색기술 인증(국토교통부, 2022년)



4. 튜브형 강관 록볼트

시공순서

■ 현장 시공순서

① 록볼트 및 수압인가장치



② 천공



③ 록볼트 삽입



④ 록볼트 시공 (4m → 15초)



⑤ 시공 완료 (2분 이내)



⑥ 품질 확인 (설치 직후)



4. 튜브형 강관 록볼트

기술혁신

■ 기술검증

- 실내실험, 구조해석, 현장평가, 장기 추적관리를 통한 기술검증 완료
- 전국 현장에서 성능평가를 통해 기술의 우수성 입증
 - ➡ 암반종류, 지보패턴, 재하하중, 용수 有·無, 장기성능, 시공시간 등
- 2011년도 부터 약 200 여건 이상 현장 검증 및 확인

일자	내용	기관
2011. 11	튜브형 강관 록볼트 적용성 연구보고서	한국터널지하공간학회
2013. 08	터널 암반수에서의 튜브형 강관 록볼트 부식 영향성 평가	한국부식방식학회
2014. 09	튜브형 강관 록볼트 추적관리	한국도로공사 (도로교통연구원)
2014. 10	록볼트 적정 시공방안 및 터널 안정성 연구보고서	국가철도공단 한국터널지하공간학회
2015. 07	튜브형 강관 록볼트 설계 및 시방기준 정립 연구보고서	한국터널지하공간학회

4. 튜브형 강관 록볼트

기술혁신

■ 암반 조기지보 효과

- 암반과 록볼트 사이의 **마찰과 기계적 맞물림**으로 **설치 즉시 지보효과 발휘**
- 설치 즉시 록볼트 전장에 걸쳐 마찰력 발휘 ➔ 굴착면 초기변형 억제
- 굴착과정에서 발행할 수 있는 낙반사고 등의 예방에 효과적

구분	튜브형 강관 록볼트	기존 록볼트
정착방법	고압으로 팽창, 암반에 정착 ① 튜브형 강관 록볼트 삽입	정착재료 사용 ① 이형봉강 록볼트 삽입
정착시간	설치 즉시 ② 고수압 팽창	양생시간 필요 (7~24 시간) ② 주입 / 배출 파이프 삽입
특징	· 조기정착 · 지반이완 방지 · 낙반사고 방지 ③ 설치 완료	· 조기정착 미흡 · 양생과정 중 낙반 사고 발생 우려 ③ 천공을 밀봉 ④ 용탈 주입 ⑤ 주입 완료 / 주입구 영구 채결 ⑥ 지압판/나트 채결

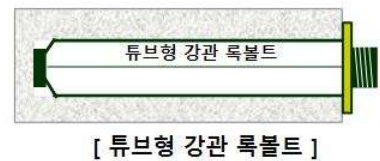
4. 튜브형 강관 록볼트

기술혁신

■ 시공효율 향상

- **록볼트 설치시간 단축** ➔ 국내 기존 록볼트 및 해외기술(Swellex) 대비 시공속도 단축
- 기존 록볼트의 정착재료 증가 및 정착상태 불량 우려 해소

구분	튜브형 강관 록볼트	기존 록볼트
설치시간	2분 이내	약 5분 (양생시간 7~24hr 필요)
작업인원	1~2명	2~3명
용수구간	사용 가능	사용 불가 (정착재료 유실)
품질관리	설치 즉시 품질 확인	설정착재료 양생 후 품질 확인



4. 튜브형 강관 록볼트

기술혁신

■ 환경친화적 시공기술

- 정착재료를 사용하지 않으므로 작업원 인체피해 및 환경오염 발생 無
 - ➡ 작업원 안전사고 / 폐기물 발생 / 수질 오염 등 사전 예방
 - ➡ 용수 유출구간에서도 완벽한 성능 확보

구분	튜브형 강관 록볼트	기존 록볼트
개념도	<p>튜브형 강관 팽창을 위한 수압 인가 튜브형 강관 팽창 수압인가장치(펌프)</p>	<p>[몰탈] 입속공기, 록볼트, 몰탈, 몰탈 피더 (FEEDER), 주입관</p> <p>[레진] 록볼트, 레진, 충전용, 선단용, 금강용</p>
특징	인체 無害 / 환경오염 無	인체 有害 및 수질오염(폐기물) 발생

4. 튜브형 강관 록볼트

기술혁신

■ 균일한 품질관리

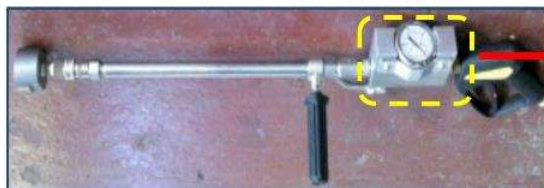
- 전용 수압펌프와 유체주입장치로 시공 ➡ 작업원 숙련도와 상관없이 균일한 품질관리
- 수압펌프 : 압력조절 장치에 주입압력 설정, 설정된 압력에 도달하면 작동 중지
- 유체주입장치 : 압력게이지로 주입압력 육안 확인



[수압펌프 본체]



[압력조절 장치]



[유체주입장치]



[압력게이지]

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 현장 성능평가

- 현장 시험시공(2011년 ~) 약 200회 이상 수행
 - ➔ 암반종류, 지보패턴, 재하하중, 용수 有·無, 장기성능, 시공시간 등
- 록볼트 추적관리(한국도로공사, 2013~2014년)
 - ➔ 한국도로공사 도로교통연구원, 부산외곽순환고속도로 건설사업단
- 수도권고속철도(수서-평택) 건설사업 추진실태 감사(감사원, 2014년)
 - ➔ 국가철도공단, 한국터널지하공간학회



[부산외곽순환고속도로]



[수도권고속철도 수서-평택]

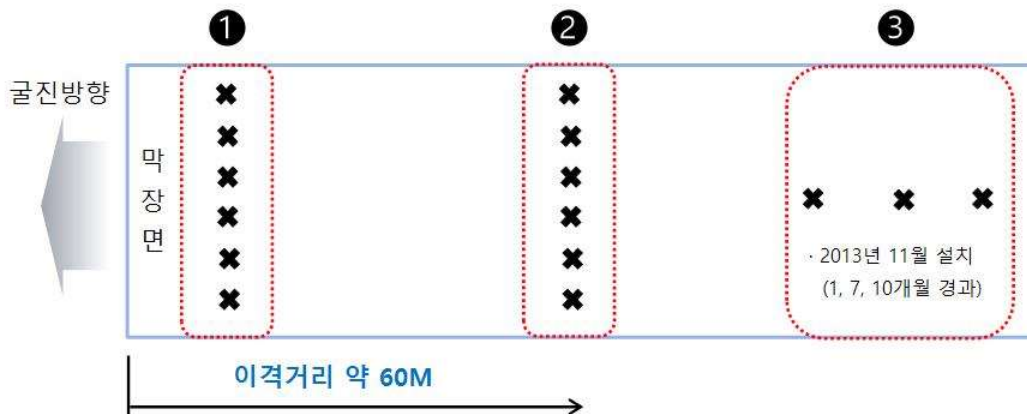


[서울 면목 2구역 재건축]

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 성능평가 방법



- ① 터널 굴착진행 막장면에 인접하여 시공(일반시공) → 설치 및 인발
- ② 터널 막장면에서 약 60m 이격(감사원) → 슛크리트 파쇄 후 인발
- ③ 록볼트 설치 후 시간경과에 따른 성능평가(한국도로공사 추적관리) → 인발

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 현장 성능평가

※ 감사원(수도권고속철도 수서-평택)

① 위치 선정(숏크리트 파쇄)



② 인발시험기 설치



③ 단계별 하중재하(1ton/분)



④ 록볼트 인발력 측정



⑤ 관리기준까지 인발시험



▷ 록볼트 인발시험(6공)

- 하중재하 : 12 ton

- 변위 : 3.7 ~ 10.5mm

∴ 모두 허용기준치 만족

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 용수 유출구간 성능평가(1)

- 터널 시공시 용수 유출구간은 약 10~30% 분포

➡ 일반 구간에 비해 절리가 많고, 암반 붕락 가능성이 높음

➡ 록볼트 시공시 정착재료 손실, 작업장 환경오염 방지 등 세심한 관리가 요구됨



※ 용수구간에서의 록볼트 시공

(터널표준시방서, 2015년)

① 원칙적으로 용수 처리 후 록볼트 시공

② 록볼트 충전이 어려울 경우

→ 급결재 사용, 팽창성 강관 록볼트 사용

∴ 용수구간 시험시공

→ 정착재료 손실 파악, 인발성능 확인 必

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 용수 유출구간 성능평가(2)

① 평가 개요

- 평가기관 : 감사원, 한국철도시설공단, 한국터널지하공간학회
- 현장명 : 수도권고속철도(수서-평택) ○○현장
- 지보패턴 Type-IV ※ 용수 유출량 : 2~2.5 ℓ/min

② 튜브형 강관 록볼트, 이형봉강 + 시멘트 몰탈, 이형봉강 + 고착제 → 각 5공 시공

③ 성능평가 방법 : 튜브형 강관 록볼트(설치 직후) / 이형봉강 록볼트(24hr 경과 후)

구분	튜브형 강관 록볼트		이형봉강 + 시멘트 몰탈		이형봉강 + 고착제	
	최대하중	평가결과	최대하중	평가결과	최대하중	평가결과
1	18 ton	O.K	1 ton	N.G	1 ton	N.G
2	19 ton	O.K	2 ton	N.G	2 ton	N.G
3	17 ton	O.K	2 ton	N.G	6 ton	N.G
4	17 ton	O.K	3 ton	N.G	4 ton	N.G
5	19 ton	O.K	5 ton	N.G	1 ton	N.G

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 장기 성능평가(1)

※ 한국도로공사 추적관리(부산외곽순환고속도로 6공구)

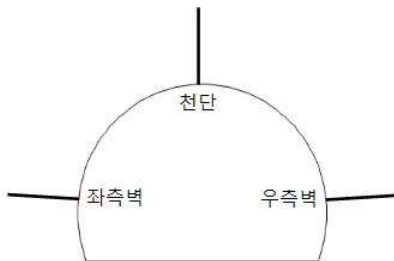
① 튜브형 강관 록볼트 시공

- 암반 Type(Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)별 천단, 좌·우 측벽부(2013년 11월)

② 튜브형 강관 록볼트 장기성능 평가

- 록볼트 설치 후 1, 7, 10개월 경과 후 장기성능 평가(2013년 12월 ~ 2014년 9월)

※ 한국도로공사 도로교통연구원, 부산외곽순환고속도로 건설사업단



[설치 위치]



[현장시공 및 평가]

4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 현장 시공성 향상(1)

- 전면(前面)주입구를 통한 유체(물)의 신속한 주입, 팽창으로 록볼트 설치시간 단축
- 록볼트 설치단계 시공시간 단축 → 충전과 정착이 하나의 공정으로 진행
- 경량 자재 사용으로 시공 편리성 향상 → 이형봉강(철근) 중량대비 약 68%



4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 현장 시공성 향상(2)

- 기존기술(이형봉강 록볼트) 대비 시공시간 25% 단축
→ 충전과 정착이 하나의 공정으로 진행



4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 록볼트 시공시간 평가(1)

① 평가 개요

- 평가기관 : 한국도로공사 도로교통연구원, 부산외곽순환고속도로 건설사업단
- 현장명 : 부산외곽순환고속도로 ○○공구 • 지보패턴 Type-IV (록볼트 설치 개수 : 13공)

② 시공시간 측정 : 튜브형 강관 록볼트 약 24분 / 이형봉강 록볼트 약 50분

∴ 기존 록볼트(이형봉강) 대비 시공시간 50% 단축 → 터널 Cycle Time 단축, 공사비 절감

No	소요시간(sec)	No	소요시간(sec)
①	70	⑧	70
②	92	⑨	50
③	65	⑩	73
④	88	⑪	85
⑤	80	⑫	95
⑥	100	⑬	70
⑦	66	평균	77

※ 8분 22초(약 9분) + 이동시간 15분 = 24분



4. 튜브형 강관 록볼트

성능평가

■ 록볼트 시공시간 평가(2)

[참고] 연장 1km 터널 적용 효과 (예시)

구분	튜브형 강관 록볼트		기존기술 (이형봉강 록볼트)		시간단축 (hr)	비고
	수량	소요시간	수량	소요시간		
천공준비	600단면	100hr	600단면	100hr	-	• 단면당 록볼트 15조
천공	9,000공	186hr	9,000공	186hr	-	
공내청소	9,000공	150hr	9,000공	150hr	-	
충진	9,000공	-	9,000공	300hr	300hr	• 록볼트 L=4m
정착	9,000공	300hr	9,000공	300hr	-	• 점보드릴
이동, 기타	600단면	150hr	600단면	150hr	-	3boom 사용
합계		886hr		1,186hr	300hr	

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 녹색기술 인증

기술(제품)명	튜브형 강관을 이용한 경량 록볼트 기술			신청기업명 코오롱글로벌(주) (주)티에스테크노
대분류	중분류	소분류	핵심요소기술	분류코드
그린차량·선박·수송 기계	첨단 철도	철도교량/터널기술	친환경 철도교량/터널 설계 기술	T050604
기술수준				만족여부 및 증빙자료
[아래의 요소 항목 중 하나 이상 만족할 것] - 건설재료 물량 10% 이상 저감설계 - CO ₂ 배출량 10% 이상 저감설계 - 소음 3dB(A) 이상 저감설계				만족 ✓
규격	튜브형 강관 록볼트	기존 기술	저감률	시험성적서 ✓
3 m	7.6 kg	19.3 kg	60.6%	
4 m	10.4 kg	26.3 kg	60.5%	
5 m	13.0 kg	33.0 kg	60.6%	
* 기존 기술 : 이형봉강 록볼트(D25) + 시멘트 모르타르(W/C = 50%, 시멘트 : 모래 = 1 : 1)				

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술(공장 현황)

■ 생산 작업장



[공장 전경]



[조관동]



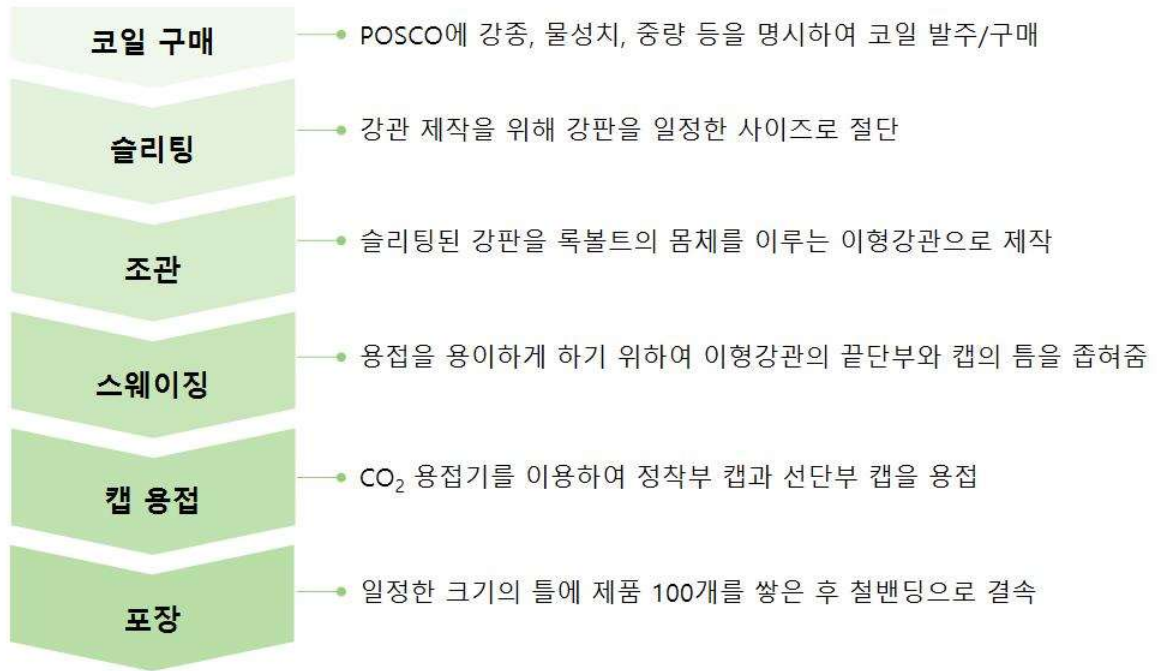
[용접 작업동]

■ 주요 생산설비

품명	규격	수량	품명	규격	수량
강관조관기		1SET	절단기	DONGJIN DCS100 용수 YS-16A	1대
자동용접기	Rock Bolt Welding System	1대	밴드쏘우	KHA-550P	1대
앞캡 전조기	Sung Won	1대	콤프레샤	AIRPLUS LSD-37	1대
스웨이징기	자체제작	1대		드라이어 : GT50	1대
CO2 용접기	WORLDWEL 350C 외	10대	호이스트	현대 6ton	2대
면취기	EF-AC/60	1대		성도 3ton	1대

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술(제조 과정)



4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 건설재료 물량 산정(1)

- 시험기관 : 한국에스지에스(주)
- 시험체 규격 : 튜브형 강관 록볼트(3, 4, 5m), 이형봉강 록볼트(3, 4, 5m)
이형봉강 록볼트 + 시멘트 모르타르(3, 4, 5m)

시험체(규격)	시험결과	
	길이(m)	중량(kg)
튜브형 강관 록볼트(3m)	3.00	7.6
튜브형 강관 록볼트(4m)	4.00	10.4
튜브형 강관 록볼트(5m)	5.00	13.0
이형봉강 록볼트(3m)	3.01	11.4
이형봉강 록볼트(4m)	4.01	15.2
이형봉강 록볼트(5m)	5.00	19.2
이형봉강 록볼트 + 시멘트 모르타르(3m)	3.00	19.3
이형봉강 록볼트 + 시멘트 모르타르(4m)	4.01	26.3
이형봉강 록볼트 + 시멘트 모르타르(5m)	5.00	33.0

※ 중량 측정

튜브형 (지압판 포함)

이형봉강(지압판, 너트 포함)

※ 시멘트 모르타르 배합

물·시멘트비(W/C) = 50%

시멘트 : 모래 = 1 : 1

(터널표준시방서 KCS 27 30 00)

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 건설재료 물량 산정(2)

- 강관(t = 2.3mm) 사용 ➔ 이형봉강(D25) 대비 강재 중량 약 31.6~33.3% 저감
- 정착재료 사용 無
이형봉강(D25)+시멘트 모르타르 대비 약 60.5~60.6% 건설재료 물량 저감

길이	튜브형 강관 록볼트	기존 기술	
		이형봉강(D25)	이형봉강(D25) + 시멘트 몰탈
3 m	7.6 kg	11.4 kg	19.3 kg
4 m	10.4 kg	15.2 kg	26.3 kg
5 m	13.0 kg	19.2 kg	33.0 kg



[시험성적서(SGS)]

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 탄소배출량 산정(1)

- 전과정평가(LCA 분석, Life Cycle Assessment)를 통해 단계별 탄소배출량 산정
 - ➔ 록볼트 제조, 정착재료, 시공단계에서의 탄소배출량 검토
 - ➔ 록볼트 4m 기준

① 록볼트 제조

구분	탄소배출량(kg CO ₂ e)
튜브형 강관 록볼트 (지압판 포함)	2.93E+01
이형봉강 록볼트 (지압판 포함)	3.88E+01

② 록볼트 정착재료

구분	탄소배출량(kg CO ₂ e)	
	튜브형 강관 록볼트	이형봉강 록볼트
시멘트	-	4.49E+00
모래	-	1.31E-02
물	4.33E-04	2.43E-04
합계	4.33E-04	4.51E+00

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 탄소배출량 산정(2)

③ 록볼트 시공단계

구분	시공장비	탄소배출량(kg CO ₂ e)	
		튜브형 강관 록볼트	이형봉강 록볼트
설치준비			
천공	점보드릴	6.60E+00	6.60E+00
	공기압축기(3.5 m ³ /min)	9.53E-01	9.53E-01
공내청소	공기압축기(3.5 m ³ /min)	2.75E-01	2.75E-01
충진	그라우팅 믹서(2kW)		3.27E-02
정착	그라우팅 펌프(3.7 kW)		6.04E-02
	공기압축기(3.5 m ³ /min)		5.33E-01
	압력펌프(15kW)	3.10E-02	
이동 및 기타			
합계		7.86E+00	8.46E+00

- 38 -




4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 탄소배출량(1)

- 강제 사용량 저감 ➡ 24.5% 저감 (3.88E+01 kg CO₂e ⇒ 2.93E+01 kg CO₂e)



록볼트 탄소배출량 비교(4 m 기준)

- 39 -




4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

탄소배출량(2)

- 강재 사용량 저감 ➡ 24.5% 저감 (3.88E+01 kg CO₂e ⇒ 2.93E+01 kg CO₂e)
- 건설재료 물량 저감 ➡ 32.4% 저감 (4.33E+01 kg CO₂e ⇒ 2.93E+01 kg CO₂e)



록볼트 탄소배출량 비교(4 m 기준)

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

탄소배출량(3)

- 강재 사용량 저감 ➡ 24.5% 저감 (3.88E+01 kg CO₂e ⇒ 2.93E+01 kg CO₂e)
- 건설재료 물량 저감 ➡ 32.4% 저감 (4.33E+01 kg CO₂e ⇒ 2.93E+01 kg CO₂e)
- 시공 포함 총 탄소배출량 ➡ 28.2% 저감 (5.18E+01 kg CO₂e ⇒ 3.72E+01 kg CO₂e)



록볼트 탄소배출량 비교(4 m 기준)

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

터널 시장 현황

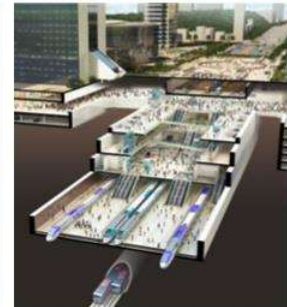
- 국토 면적의 70% 이상이 산지 ➔ 철도·도로 신설 시 터널공법 우세
- 교통정체구간 해소, 국토균형개발 촉진 정책 ➔ 신규 철도·도로 건설 및 지하화 사업 추진
- **터널시장은 지속적으로 증가 예상**



전체 터널 누적 개소 및 연장(국토교통부)



국가균형발전 PJT(국토교통부)



영동대로 복합환승센터(서울시)

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

기술 파급효과

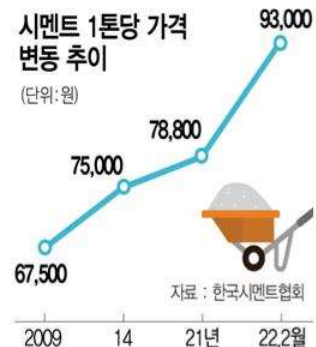
- 기술적 : 설치 즉시 지보효과 발휘, 환경친화적 시공, 경량자재 사용으로 시공효율 향상
- 사회적 : 2050 탄소중립 정책 대응 ➔ 발주(설계)단계 부터 저탄소 기술(자재) 적극 활용
- 경제적 : 원자재(강재 및 정착재료) 가격 변동에 따른 영향 無



암반 조기지보 효과



탄소중립 시나리오 (2050 탄소중립위원회)



시멘트 가격 변동 추이

4. 튜브형 강관 록볼트

녹색기술

■ 기술사업화 현황

- 기술개발 이후 현장적용 및 판매량 지속 증가
- 2022년 자동화 생산 설비 구축 ➔ 생산량 약 67% 증가 예상
- 해외수출 본격 추진(Neom PJT, 국토교통과학기술진흥원 수출지원 프로그램 등)

구분	판매량	판매량 (전년도 비교)	비고
2013년	14,850개		
2014년	101,779개	+ 86,929개	
2015년	75,959개	- 25,820개	민원
2016년	127,758개	+ 51,799개	
2017년	142,447개	+ 14,689개	
2018년	150,497개	+ 8,050개	
2019년	167,141개	+ 16,644개	
2020년	242,470개	+ 75,329개	
2021년	257,492개	+ 15,022개	



[자동화 생산 설비]

5. 요약 정리

구분	재료	정착재료	설치시간	양생시간
튜브형 강관 록볼트	강관	X	2분 이내	X
기존 록볼트	이형봉강(철근)	몰탈	5분	24Hr
	FRP			

■ 설치 즉시 지보성능 발휘 : 암반 조기지보

→ 터널 시공 안전성 향상 / 양생시간 필요 없음

■ 정착재료 사용 無 : 환경친화적 시공기술

→ 작업원 안전 보호 / 용수유출에도 완벽한 성능 확보

■ 터널 시공효율 향상 : 작업시간 단축

→ 경제성 향상(충진과 정착이 동시 진행)

■ 저탄소 녹색기술 : 2030 탄소저감 목표, 2050 탄소중립 정책

→ 기존기술 대비 탄소 배출량 28.2% 저감

[기타] 현장 적용실적

고속도로(1)

공사명	발주처	시공사	비고
부산외곽순환고속도로 6공구	한국도로공사	코오롱글로벌	시공완료
부산외곽순환고속도로 9공구	한국도로공사	DLE&C	시공완료
부산외곽순환고속도로 12공구	한국도로공사	금호건설	시공완료
대구외곽순환고속도로 3공구	한국도로공사	코오롱글로벌	시공완료
밀양-울산 고속도로 3공구	한국도로공사	대보건설	시공완료
밀양-울산 고속도로 10공구	한국도로공사	코오롱글로벌	시공완료
밀양-울산 고속도로 5공구	한국도로공사	SK에코플랜트	시공완료
밀양-울산 고속도로 6공구	한국도로공사	삼부토건	시공완료
밀양-울산 고속도로 9공구	한국도로공사	한화건설	시공완료
창녕-밀양 고속도로 2공구	한국도로공사	코오롱글로벌	시공중
창녕-밀양 고속도로 6공구	한국도로공사	금호건설	시공완료
강진-광주 고속도로 3공구	한국도로공사	흥화	시공완료




[기타] 현장 적용실적

고속도로(2)

공사명	발주처	시공사	비고
강진-광주 고속도로 4공구	한국도로공사	코오롱글로벌	시공완료
안성-용인 고속도로 1공구	한국도로공사	한신공영	시공완료
안성-용인 고속도로 3공구	한국도로공사	동부건설	시공완료
안성-용인 고속도로 5공구	한국도로공사	KR산업	시공완료
용인-구리 고속도로 7공구	한국도로공사	삼환기업	시공중
용인-구리 고속도로 10공구	한국도로공사	한화건설	시공완료
용인-구리 고속도로 11공구	한국도로공사	DLE&C	시공완료
용인-구리 고속도로 13공구	한국도로공사	태영건설	시공완료
새만금-전주 고속도로 6공구	한국도로공사	DL건설	시공완료
함양-합천 고속도로 1공구	한국도로공사	쌍용건설	시공중
합천-창녕 고속도로 7공구	한국도로공사	두산중공업	시공중
합천-창녕 고속도로 8공구	한국도로공사	경남기업	시공중




[기타] 현장 적용실적

고속도로(3)

공사명	발주처	시공사	비고
합천-창녕 고속도로 9공구	한국도로공사	태영건설	시공중
합천-창녕 고속도로 10공구	한국도로공사	포스코건설	시공중
합천-창녕 고속도로 11공구	한국도로공사	쌍용건설	시공중
합천-창녕 고속도로 12공구	한국도로공사	동양건설산업	시공중
양평-이천 고속도로 2공구	한국도로공사	극동건설	시공중
양평-이천 고속도로 4공구	한국도로공사	태영건설	시공중
세종-안성 고속도로 6공구	한국도로공사	대우건설	시공중
세종-안성 고속도로 10공구	한국도로공사	두산중공업	시공중
세종-안성 고속도로 11공구	한국도로공사	HJ중공업	시공중

■ 고속도로 적용 실적

시공완료 20건 / 시공중 13건



[기타] 현장 적용실적

철도(1)

공사명	발주처	시공사	비고
부산도시철도 1호선연장 3공구	부산교통공사	DL건설	시공완료
부산도시철도 1호선연장 4공구	부산교통공사	코오롱글로벌	시공완료
원주-강릉 10공구	국가철도공단	삼성물산	시공완료
울산-포항 7공구	국가철도공단	현대건설	시공완료
수도권고속철도 1-2공구	국가철도공단	경남기업	시공완료
수도권고속철도 2공구	국가철도공단	두산건설	시공완료
수도권고속철도 3-2공구	국가철도공단	GS건설	시공완료
신분당선(정자-광교) 3공구	경기철도	DLE&C	시공완료
동대구-영천 3공구	국가철도공단	코오롱글로벌	시공완료
김포도시철도 3공구	국가철도공단	DLE&C	시공완료
김포도시철도 4공구	국가철도공단	현대산업개발	시공완료
보성-임성리 1공구	국가철도공단	코오롱글로벌	시공완료



[기타] 현장 적용실적

철도(2)

공 사 명	발주처	시공사	비 고
보성-임성리 2공구	국가철도공단	SK에코플랜트	시공완료
인천 석남선연장 1공구	인천광역시	현대건설	시공완료
도담-영천 1공구	국가철도공단	현대건설	시공완료
도담-영천 2공구	국가철도공단	SK에코플랜트	시공완료
도담-영천 9공구	국가철도공단	포스코건설	시공완료
도담-영천 10공구	국가철도공단	금호건설	시공완료
도담-영천 11공구	국가철도공단	포스코건설	시공완료
도담-영천 12공구	국가철도공단	한신공영	시공완료
진접선 1공구	국가철도공단	SK에코플랜트	시공완료
진접선 4공구	국가철도공단	포스코건설	시공완료
하남선 2공구	경기도	두산건설	시공완료
하남선 4공구	경기도	DLE&C	시공완료



[기타] 현장 적용실적

철도(3)

공 사 명	발주처	시공사	비 고
하남선 5공구	경기도	코오롱글로벌	시공완료
별내선 2공구	경기도	두산건설	시공완료
별내선 3공구	경기도	현대건설	시공완료
별내선 4공구	국가철도공단	태영건설	시공완료
별내선 5공구	국가철도공단	대우건설	시공완료
대곡-소사 2공구	국가철도공단	현대건설	시공완료
대곡-소사 3공구	국가철도공단	대우건설	시공완료
대곡-소사 4공구	국가철도공단	대우건설	시공완료
대곡-소사 5공구	국가철도공단	현대건설	시공완료
GTX-A 2공구	SG레일	대우건설	시공중
GTX-A 3공구	SG레일	SK에코플랜트	시공중
삼성-동탄 2공구	국가철도공단	DLE&C	시공완료



[기타] 현장 적용실적

철도(4)

공사명	발주처	시공사	비고
삼성-동탄 3공구	국가철도공단	극동건설	시공중
신안산선 1-1공구	넥스트레인	대보건설	시공중
신안산선 1-2공구	넥스트레인	위본건설	시공중
신안산선 4공구	넥스트레인	포스코건설	시공중
신안산선 5공구	넥스트레인	롯데건설	시공중
인천 검단선 연장 1공구	인천광역시	현대건설	시공중
인천 검단선 연장 2공구	인천광역시	대우건설	시공중
인천 검단선 연장 3공구	인천광역시	코오롱글로벌	시공중
GTX-A 5공구	SG레일	DL E&C	시공중
동북선 3공구	서울특별시	현대엔지니어링	시공중

■ 철도(광역철도) 적용 실적

시공완료 34건 / 시공중 12건



[기타] 현장 적용실적

일반도로 및 기타(1)

공사명	발주처	시공사	비고
덕송-상계 광역도로	남양주시	대우건설	시공완료
위례 북정사거리 입체화시설	LH공사	코오롱글로벌	시공완료
서울 면목2구역 주택 재건축	재건축조합	코오롱글로벌	시공완료
다락대시험장 이전부지 조성사업	국방부	태평양개발	시공완료
울릉도 일주도로 1단계	경상북도	DLE&C	시공완료
멕시코 볼레오 광산개발	한국광물자원공사	-	시공완료
라비에벨 관광단지 진입도로	강원 GC	코오롱글로벌	시공완료
부산 산성터널 민간투자사업	부산광역시	포스코건설	시공완료
부산 산성터널 접속도로 3공구	부산광역시	한신공영	시공완료
포천 군부대 통합이전사업	국방부	대우건설	시공완료
창원 팔용터널 민간투자사업	경상남도	삼부토건	시공완료
위례지구 북측도로 개설공사	LH공사	한신공영	시공완료



[기타] 현장 적용실적

일반도로 및 기타(2)

공 사 명	발주처	시공사	비 고
이천-오산 민간투자사업 1공구	서울지방국토관리청	금호건설	시공완료
삼장-산청 도로	부산지방국토관리청	금호건설	시공완료
서부간선도로 민간투자사업 2공구	서울지방국토관리청	GS건설	시공완료
제물포터널 1공구	서울특별시	현대건설	시공완료
제물포터널 2공구	서울특별시	DLE&C	시공완료
부산 신평 하늘채	주택사업조합	코오롱글로벌	시공완료
국가정보관리원 공주지원	국방부	계룡건설	시공완료
삼척화력발전소	(주)포스파워	포스코건설	시공완료
연산-두마 도로	대전지방국토관리청	코오롱글로벌	시공완료
충청내륙고속화 도로	대전지방국토관리청	현대엔지니어링	시공완료
신림-봉천 1공구	서울특별시	두산건설	시공완료
을숙도대교-장림고개간 지하차도	부산광역시	한양	시공중

 코오롱글로벌(주)  (주)티에스테크노

[기타] 현장 적용실적

일반도로 및 기타(3)

공 사 명	발주처	시공사	비 고
화도-포천 민간투자사업 2공구	서울지방국토관리청	포스코건설	시공중
화도-포천 민간투자사업 4공구	서울지방국토관리청	포스코건설	시공중
별교-주암 도로 3-1공구	익산지방국토관리청	코오롱글로벌	시공중
별교-주암 도로 3-2공구	익산지방국토관리청	코오롱글로벌	시공중

■ 일반도로 및 기타 적용 실적

시공완료 23건 / 시공중 5건

■ 고속도로 및 철도 터널 등 100여건 이상 현장적용 실적 확보

→ 시공완료 77건 / 시공중 30건

■ 터널 시공 안전사고 無

 코오롱글로벌(주)  (주)티에스테크노