

Part Ⅲ. 터널 굴착 및 지보관련 ‘일본표준시방서 2016 주요 변경내용’ - 굴착 및 지보기술위원회 -

1. 서론

본 자료는 2016년 일본의 터널표준시방서 지보와 관련된 주요 개정내용으로 향후 국내 터널표준시방서 개정 시 참고할 만한 일부 내용이 있어 소개 하고자 하였다.

일본 터널표준시방서에는 지보관련된 내용은 3절에 수록되어져 있으며 그중에 개정된 사항은 지보공 일반의 ‘산성수 내포지반의 지보 성능 확보 필요성’ 록볼트 정착방식 및 정착재의 ‘전면정착방식 록볼트의 분류’ 수정(캡슐형 정착재식 내용 추가), ‘전면정착방식 개요’ 수정(캡슐형 정착재식 내용 추가), ‘정착재 조기강도’ 내용 추가된 부분이며, 록볼트의 배치 및 치수의 ‘수로터널 록볼트 길이 산정식’ 추가, ‘나사강봉 이형철근 고내력 볼트’ 및 ‘나사형 PC강봉’ 내용 추가 부분과 록볼트의 배치 및 정착(시공관리편)의 ‘인발 내력 관리 및 정착방식에 따른 품질관리 중요성’ 내용 추가 등이다.

2. 일본 터널표준시방서(2016) 주요개정내용

○ 일본 터널표준시방서(2016) 주요개정 정리표

구분		해당 절	개정 내용	비고
구분	페이지			
1	1~2p	3.1.1 지보공 일반	• ‘지반특성곡선 및 지보특성곡선’ 내용 추가	
2	2p		• ‘산성수 내포지반의 지보 성능 확보 필요성’ 내용 추가	●
3	5p	3.1.2 지보공설계의 방식	• ‘지보 부재의 선정 기준’ 표 삭제로 내용 삭제	
4	6p		• ‘해설 표 3.3.1 수로터널의 표준적인 지보패턴 예’ 수정	
5	8p		• ‘해설 표 3.3.2 신간선 복선터널의 표준적인 지보 패턴 예’ 수정	
6	12p		• ‘해설 표 3.3.6 고속도로 2차선 터널의 표준적인 지보 패턴 예’ 추가	
7	18p	3.1.3 지보공의 변경	• ‘해설 표 3.3.10 시공 시 지보공과 관련된 주요 변경내용’ 수정	
8	26p	3.2.2 슛크리트의 역학적 특성	• ‘강섬유보강 슛크리트에 대한 굴곡 인성 사양의 예’ 도표 및 내용 삭제	
9	30~31p	3.2.4 슛크리트의 배합	• ‘슬러리 급결제, 고로슬래그, 플라이애시’ 내용 추가	
			• ‘분진저감제의 습식, 건식시 첨가방법’ 설명 삭제	
10	33p		• ‘해설 표 3.3.12 배합 사례’ 수정 - 철도터널 사례를 ‘석회석 미분말과 실리카폼을 사용하는 경우’와 ‘플라이 애쉬를 사용하는 경우’로 분류함	

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
11	42p	3.3.4 록볼트 정착방식 및 정착재	<ul style="list-style-type: none"> · '제50조 록볼트 정착방식' 및 '제51조 록볼트 정착재' 병합 · 캡슐형 정착재식 내용 추가 	
12	45p		<ul style="list-style-type: none"> · '해설 도표 3.3.5 전면정착방식 록볼트의 분류' 수정 (캡슐형 정착재식 내용 추가) · '해설 표 3.3.17 전면정착방식 개요' 수정(캡슐형 정착재식 내용 추가) 	●
13	46p		<ul style="list-style-type: none"> · '정착재 조기강도' 내용 추가 	●
14	47p		<ul style="list-style-type: none"> · '해설 표 3.3.18 정착방식과 정착재 적용범위의 개념' 수정 (캡슐형 정착재식 내용 추가 및 적용범위 내용 추가) 	
15	48,50p	3.3.2 록볼트의 배치 및 치수	<ul style="list-style-type: none"> · '인버트부 록볼트 설치' 내용 추가(삽도 추가) 	
16	49p		<ul style="list-style-type: none"> · '수로터널 록볼트 길이 산정식' 추가 	●
17	54p	3.3.3 록볼트의 재질 및 형상	<ul style="list-style-type: none"> · '나사강봉 이형철근 고내력 볼트' 및 '나사형 PC강봉' 내용 추가 	●
18	63p	3.4.3 강제지보공의 단면 및 재질	<ul style="list-style-type: none"> · '해설 표 3.3.20 강제 지보공에 사용되는 일반적인 강제 사양의 예' 수정 - H형 HT590/SS540 치수 H-100X100X8X12, H-108X104X8X12 추가 	
19	78p	4.3.1 기계굴착일반	<ul style="list-style-type: none"> · '미니 벤치 컷을 통한 조기 폐합' 내용 추가 	
20	79p	4.3.2 굴착	<ul style="list-style-type: none"> · '조기 폐합' 내용 추가 	
21	-	3.3.2 록볼트의 배치 및 정착(시공관리편)	<ul style="list-style-type: none"> · '인발 내력 관리 및 정착방식에 따른 품질관리 중요성' 내용 추가 등 	●

○ 일본 터널표준시방서(2016) 주요개정 내용 비교 검토

(1) 지보공 일반사항

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
2	2p	3.1.1 지보공 일반	<ul style="list-style-type: none"> · '산성수 내포지반의 지보 성능 확보 필요성' 내용 추가 	●

2006년(기존)	2016년(개정)	터널설계기준(2016)
일반적으로 지보공의 부재로는 슛크리트, 록볼트, 강제지보공 등이 있으며 이들 지보 부재의 특징을 고려하여 단독 혹은 조합하여 이용해 효과적인 지보공을 만들어야 한다. 지반조건이 현저히 나쁜 등의 특수한 경우에는 라이닝 콘크리트에도 지보기능의 일부를 추가하여 설계하기도 한다.	지보공의 부재로서는 슛크리트, 록볼트, 강제지보공 등이 있으며 이들 지보 부재의 특징을 고려하여 단독 혹은 조합하여 이용해 효과적 인 지보공을 만들어야 한다. 특히 불리한 지반 조건에서는 라이닝이나 인버트에 역학적 성능을 부가하여 설계할 수도 있다. 또한 산성수를 내포한 지반에서는 지보의 성능이 장기적으로 저하할 가능성이 있으므로 내구성 확보에 유의할 필요가 있다.	<p>- 내용 없음 -</p> <p>철도설계기준(2014)</p> <p>< KR C-12030 터널지보재 ></p> <ul style="list-style-type: none"> · 해설 5. 록볼트/ 1. 볼트의 역할 (3) 록볼트의 작용효과를 장기적으로 기대하는 경우에는 록볼트가 부식되지 않도록 충분한 검토가 필요하며, 특히 강산성지반(온천, 산성용출수 등이 존재하는 지반) 및 해수의 영향을 받는 지역에서는 내부식성 재료 등을 사용하는 등의 대책을 강구해야 한다.

검토의견	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 일본터널표준시방서 대비하여, 산성수 내포지반의 지보 성능 확보 필요성 내용이 추가됨 · 철도설계기준에서는 록볼트에 대한 강산성지반 대책 강구 필요성 내용이 기술됨
------	--

(2) 록볼트 정착방식 및 정착재 관련

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
12	45p	3.3.4 록볼트 정착방식 및 정착재	<ul style="list-style-type: none"> · '해설 도표 3.3.5 전면정착방식 록볼트의 분류' 수정 (캡슐형 정착재식 내용 추가) · '해설 표 3.3.17 전면정착방식 개요' 수정(캡슐형 정착재식 내용 추가) 	●

① 정착방법 분류

2006년 (기존)	<p>해설 도표 3.4 전면정착방식 록볼트의 분류</p>		
2016년 (개정)	<p>해설 도표 3.3.5 전면정착방식 록볼트의 분류</p>		
터널설계기준 (2016)	<p>· 5.4 록볼트 /5.4.3 록볼트 정착방법의 선정 시에는 다음 사항을 따라야 한다. (1) 록볼트의 정착방법으로는 선단정착형, 전면접착형, 혼합형 등이 있으며 사용 목적, 지반 조건, 시공성 등을 고려하여 정착방법을 선정하여야 한다.</p>	<p>철도설계기준 (2014)</p>	<p>< KR C-12030 터널지보재 > · 해설 5. 록볼트/ 2. 록볼트의 종류와 선정 / 2.1 록볼트의 종류</p> <p>그림 25. 정착 방법별 록볼트의 분류</p>

검토의견	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 일본터널표준시방서 대비하여, 정착재식에 캡슐형이 별개로 분리함 · 철도설계기준에서는 정착재식에 시멘트 캡슐형으로 기술함 · 터널설계기준에서는 정착방법을 선단정착형, 전면접착형, 혼합형으로만 구분하여 기술함
------	---

② 정착방법 개요

해설 표 3.17 전면정착방식 개요				
	정착방법	특징	적용범위	
2006년 (기존)	정착재식	정착재를 구멍에 충전하고 심재를 삽입해 정착시키는 선충전형과, 심재를 삽입한 후에 정착재를 주입하여 정착시키는 후주입형이 있다. 선충전형 정착재로는 조강 몰탈이, 후주입형 정착재로는 초조강 몰탈이나 수지가 사용된다.	정착재를 사용해 심재 전장을 지반에 정착시킨다. 지반조건(균열, 용출수 상태)와 천공의 지립성 등에 따라 종류는 다양하다.	경암, 중경암, 연암, 토사 지반부터 팽창성 지반까지 다양한 지반에 적용할 수 있다.
	마찰식	심재를 공벽 면에 밀착시켜서 얻는 마찰력으로 정착된다. 강관팽창형이 대표적이다.	강관팽창형에서는 천공된 구멍 안에 선단을 폐색한 강관을 삽입한다. 고수압을 주입해 강관을 팽창시켜 순식간에 지보 효과를 얻을 수 있다. 강관 표면의 부식과 공벽 면에 주어진 밀착력 저하 등 내구성 감소에 대해 충분히 검토해야 한다.	마찰식은 용출수가 많은 지반에 적용 가능하다. 강관팽창형은 천공된 구멍 반경 방향으로 커다란 소성 변형이 일어날 수 있으므로 공벽이 자립한다면 광범위한 지반에 적용할 수 있다.
해설 표 3.3.17 전면정착방식 개요				
	정착방법	특징	적용범위	
2016년 (개정)	정착재식	정착재를 구멍에 충전하고 심재를 삽입해 정착시키는 선충전형과, 정착재를 봉입한 캡슐을 먼저 주입하는 캡슐형, 심재를 삽입한 후에 정착재를 주입하여 정착시키는 후주입형이 있다. 선충전형에는 모르타르, 캡슐형에는 모르타르 및 수지, 후주입형에는 모르타르 및 수지가 주로 사용된다.	정착재를 사용해 심재 전장을 지반에 정착시킨다. 지반조건(균열, 용출수 상태)와 천공의 지립성 등에 따라 종류는 다양하다.	경암, 중경암, 연암, 미고결 지반부터 팽창성 지반까지 다양한 지반에 적용할 수 있다.
	마찰식	심재를 공벽 면에 밀착시켜서 얻는 마찰력으로 정착된다. 강관팽창형이 대표적이다.	강관팽창형에서는 천공된 구멍 안에 선단을 폐색한 강관을 삽입한다. 고수압을 주입해 강관을 팽창시켜 순식간에 지보 효과를 얻을 수 있다. 강관 표면의 부식과 공벽 면에 주어진 밀착력 저하 등 내구성 감소에 대해 충분히 검토해야 한다.	마찰식은 용출수가 많은 지반에 적용 가능하다. 강관팽창형은 천공된 구멍 반경 방향으로 커다란 소성 변형이 일어날 수 있으므로 공벽이 자립한다면 광범위한 지반에 적용할 수 있다.
터널설계기준 (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • 5.4 록볼트 <ul style="list-style-type: none"> /5.4.3 록볼트 정착방법의 선정 시에는 다음 사항을 따라야 한다. (1) 록볼트의 정착방법으로는 선단정착형, 전면접착형, 혼합형 등이 있으며 사용 목적, 지반 조건, 시공성 등을 고려하여 정착방법을 선정하여야 한다. 			

철도설계기준 (2014)	표 29. 록볼트의 정착방식			
		정착방법	특징	적용범위
	선단 정착형	기계적으로 정착하는 썬기형 및 확장형과 캡슐에 의한 정착형이 있으며 록볼트의 선단 정착 후 너트로 조인다.	썬기형은 자주 사용하지 않는다. 확장형 및 캡슐정착형은 봉합효과를 목적으로 하는 경우에 사용한다. 기계식의 경우에는 정착부의 원지반 상태에 따라 정착력이 부족하거나 발파에 따라 이완 등의 문제가 발생할 수 있다. 그러나 확장형은 발파후 적당히 다시 조이기를 하면 적용할 수 있는 경우도 있다.	절리 또는 균열 발달이 비교적 적은 경암 또는 보통암 층에서 일부 사용된다.
	전면 정착형	정착재료로 수지, 결합재 모르타르 등을 사용하거나 기계적인 방법으로 록볼트 전장을 원지반에 정착시킨다.	록볼트 전장에서 원지반을 구속한다. 원지반의 강도, 절리, 균열의 상태, 지하수의 유입상태 및 막장부의 자립성 등에 따라 여러 종류가 있다.	경암, 보통암, 연암, 토사 원지반에서 팽창성 원지반까지 적용 범위가 넓다.
혼합형	선단을 기계적으로 정착 후 결합재 밀크를 주입하는 방법과 전면정착형의 정착재료 충전시 선단에 급결용의 캡슐을 사용하는 방법 등이 있다.	선단 정착형과 전면 정착형을 혼합한 것으로 시공 공정이 2단계에 걸쳐 이루어지며, 시공에 따라서는 선단의 급결성이 얻어지지 않는 경우도 있다.	선단을 기계적으로 정착하는 록볼트는 많이 사용되고 있지 않다. 팽창성 원지반 또는 프리스트레스를 도입하는 경우에 유효하다.	

검토의견	<ul style="list-style-type: none"> • 일본터널표준시방서는 정착재식을 기본으로 기술되어 있음 • 철도설계기준에서는 전반적인 록볼트 정착방법이 기술되어 있음 • 터널설계기준에서는 정착방법 분류(선단정착형, 전면정착형, 혼합형)만 기술되고 특징 및 적용범위는 기술되지 않음
------	--

③ 정착재 적용범위

공벽의 조건	정착방식	정착재	일반 지반		특수지반		특수 조건				비고					
			중입암	경암	연암	토사	미고결	팽창성	애추	전서		다굴열	구멍조장	용출수		
2006년 (기준)	자립함	정착재식	선충전형	조강 몰탈	○	○	○	△	△	△	—	—	△	△	—	충전 호스의 삽입성, 용출수로 인한 몰탈의 유출에 주의
			캡슐 사용 (몰탈계, 수지계)	○	○	○	—	—	—	—	—	—	△	—	△	캡슐의 삽입성, 정착재의 누출, 용출수 상황에서의 경화 성능에 주의
		후주입형	몰탈계	—	—	—	△	△	○	△	—	△	△	△	록볼트의 삽입성, 정착재의 누출, 용출수 상황에서의 경화 성능에 주의	
	수지계					△	△	○	△	—	○	△	○			
	마찰식	강관팽창형	△	○	△	—	—	—	—	—	—	—	○	불량지반의 마찰력에 주의		
자립하지 않음	정착재식 (자천공)	후주입형	몰탈계	—	—	—	○	○	○	△	○	△	○	△	천공 성능, 주입재의 누출, 용출수 상황에서의 경화 성능에 주의	
		수지계	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

주) ○: 적당, △: 조건에 따라 부적당

해설 표 3.3.18 정착방식과 정착재 적용범위의 개념(예)

정착방식	정착재	지반조건				공벽의 상태 등				비고	
		경암, 중경암	연암	미고결	팽창성	애추	다균열	구멍 손상	용출수		
정착재식	선 충전형	모르 타르계	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	△	경암부터 미고결 지반까지 적용 가능하고 표준적인 길이나 보통의 시공 조건에서는 가장 넓게 적용된다. 공벽의 거칠기와 용출수 등 특수한 조건내에서는 다른 방식으로 검토할 필요가 있다. 충전 호스의 삽입성, 용출수로 인한 모르타르 유출에 주의한다.
	캡슐형	모르 타르계	○	○	○	○	○	△	△	○	용출수에 의한 선충전형의 정착재가 대부분 또는 일부가 유출하는 등, 적합하지 않는 경우 등에 적용된다. 캡슐의 삽입성, 정착재의 누출, 용출수 상황에서의 경화 성능에 주의한다.
		수지계	○	○	×	○	×	△	△	○	
	후 주입형	모르 타르계	○	○	○	○	○	○*	○*	△	공벽이 거칠어지고 충전 호스의 삽입이 곤란한 경우, 소정의 인발 내력을 얻을 수 없는 연약한 지반 등 가압 주입에 의한 부착력의 향상을 도모하는 경우 등에 적용된다. 록볼트의 삽입성, 정착재의 누출, 용출수 상황에서의 경화 성능에 주의한다.
		수지계	○	○	○	○	○	○*	○*	△	
	마찰식	강관팽창형	○	○	△	○	△	○	△	○	용출수에 의한 선충전형 또는 캡슐형 등의 정착재가 유출하는 경우에 적용된다. 록볼트의 삽입성, 불량한 지반 등에서 천공한 구멍 지름을 필요 이상으로 확대할 경우 마찰력에 주의한다.

주) ◎ : 적용할 수 있음(가장 일반적), ○ : 적용할 수 있음, △ : 조건에 따라 적용할 수 없는 경우도 있음(충분한 정착효과가 발휘된 경우가 있다.), × : 거의 적용할 수 없음

터널설계기준
(2016)
철도설계기준
(2014)

- 내용 없음 -
- 내용 없음 -

검토의견
 • 일본터널표준시방서는 정착재식을 기본으로 하여, 지반조건별 적용성을 분석했으며, 2016년 개정을 통해 각 정착방식에 따른 적용범위를 제시함
 • 철도설계기준에서는 지반조건별 적용성 및 정착재식 세부 적용범위 언급이 없음

④ 정착재 조기강도

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
13	46p	3.3.4 록볼트 정착방식 및 정착재	· '정착재 조기강도' 내용 추가	●

2006년(기준)	2016년(개정)	터널설계기준(2016) - 내용 없음 - 철도설계기준(2014)
정착재에는 몰탈과 수지 등이 있다. 일반적으로는 공장에서 조강 시멘트, 첨가제, 세사를 혼합해 생산된, 품질 차이가 적은 프리믹스타입 조강 몰탈이 흔히 사용된다.	정착재에는 모르타르와 수지 등이 있다. 일반적으로 품질 차이가 적은 프리믹스형 모르타르가 많이 사용된다. 일반적으로 이용되는 모르타르계 정착재 조기강도로는 철도터널에서 재령 3일, 고속도로터널에서 재령1일로 각각 10N/mm ² 이상의 압축강도라는 설정 사례가 있다. 게다가, 고속도로터널에서는 강제지보공이 이용되지 않는 지보패턴에서 봉합효과나 내압 효과를 조기에 발휘해야하는 경우에는 재령 12시간으로 10N/mm ² 이상의 압축강도가 발현되는 조강 모르타르가 사용되는 사례도 있다.	- 내용 없음 -

검토의견	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 일본터널표준시방서 대비하여, 철도터널, 고속도로터널에 대한 정착재 조기강도 사례 등을 기술하고 있음 · 철도설계기준에서는 해당 사항 없음
------	--

(3) 록볼트의 배치 및 길이 관련

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
16	49p	3.3.2 록볼트의 배치 및 치수	· '수로터널 록볼트 길이 산정식' 추가	●

2006년(기준)	2016년(개정)		터널설계기준(2016) - 내용 없음 - 철도설계기준(2014)	
해당 사항 없음	또한 수로터널의 경우처럼, 록볼트의 길이를 굴착 지름(De)을 기준으로 0.4De~0.6De로 삼는 결정 방식도 있다(해석 표 3.3.1참조).		- 내용 없음 -	
	해설 표 3.3.1 수로터널의 표준적인 지보패턴 예(굴착경 2.7m 이상 약 4m 이하)			
	터널타입	지질 상황		록볼트 길이(cm)
	A	균열이 작은 신선한 암석		-
	B	균열이 있는 다소 풍화된 암석 또는 연암		0.4De
B1 B2				
C	풍화암, 파쇄암, 경토	0.5De		
D	현저한 풍화암, 단층파쇄대, 연질토사 등	막장이 자립된 지반 막장이 자립되지 못해 록볼트가 필요하거나 지보공이 침하되거나 압출이 있는 지반	0.6De	
D1 D2				

검토의견	<ul style="list-style-type: none"> · 개정판 일본터널표준시방서에서는 수로터널에 대한 록볼트 길이 산정식을 기술함 · 철도설계기준에서는 해당 사항 없음
------	---

(4) 록볼트의 재질 및 형상 관련

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
17	54p	3.3.3 록볼트의 재질 및 형상	· '나사강봉 이형철근 고내력 볼트' 및 '나사형 PC강봉' 내용 추가	●

2006년(기존)			2016년(개정)			터널설계기준(2016)																																																																																																																							
<p>해설 표 3.19 정착재식 및 마찰식 록볼트의 기계적 성질</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>종류</th> <th>종류의 기호</th> <th>볼트 호칭지름</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">나사강봉</td> <td rowspan="2">STD610^{*2}</td> <td>TD21</td> </tr> <tr> <td>TD24</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">이형철근</td> <td>SD345^{*2}</td> <td>D25</td> </tr> <tr> <td>SD390</td> <td>D22</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">나사형 이형철근</td> <td>SD295A</td> <td>D22</td> </tr> <tr> <td>SD345^{*2}</td> <td>D25</td> </tr> <tr> <td>SD490</td> <td>D22</td> </tr> <tr> <td></td> <td>D29</td> </tr> <tr> <td>SD585</td> <td>D25</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">강관팽창형</td> <td rowspan="2">SS1232^{*2}</td> <td>37T2</td> </tr> <tr> <td>37T3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">STKM12A</td> <td>37T2</td> </tr> <tr> <td>37T3</td> </tr> <tr> <td>SS400^{*4}</td> <td>36T2,0</td> </tr> <tr> <td>SS490^{*4}</td> <td>36T2,2</td> </tr> </tbody> </table> <p>· 위 표와 같이 종류별 나사부 및 소재부의 기계적 성질 (단면적, 항복하중, 파괴하중) 및 단위질량 기술됨</p>			종류	종류의 기호	볼트 호칭지름	나사강봉	STD610 ^{*2}	TD21	TD24	이형철근	SD345 ^{*2}	D25	SD390	D22	나사형 이형철근	SD295A	D22	SD345 ^{*2}	D25	SD490	D22		D29	SD585	D25	강관팽창형	SS1232 ^{*2}	37T2	37T3	STKM12A	37T2	37T3	SS400 ^{*4}	36T2,0	SS490 ^{*4}	36T2,2	<p>해설 표 3.3.16 록볼트의 기계적 성질</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>종류</th> <th>종류의 기호</th> <th>볼트 호칭지름</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>나사강봉^{*3}</td> <td>STD510</td> <td>TD24</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">이형철근^{*3}</td> <td>SD345</td> <td>D25</td> </tr> <tr> <td>SD390</td> <td>D22</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">나사형 이형철근^{*3}</td> <td>SD295A</td> <td>D22</td> </tr> <tr> <td>SD345</td> <td>D25</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">나사강봉 이형철근 고내력볼트^{*5}</td> <td>SD685</td> <td>D24</td> </tr> <tr> <td>SD700</td> <td>M27</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">나사형 PC강봉^{*4}</td> <td rowspan="3">SBPD930/1080</td> <td>D23</td> </tr> <tr> <td>D26</td> </tr> <tr> <td>D32</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">강관팽창형^{*5}</td> <td rowspan="2">S355MC</td> <td>37T2</td> </tr> <tr> <td>37T3</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">NTRB-400^{*2}</td> <td>36T2,0</td> </tr> <tr> <td>NTRB-540^{*2}</td> <td>36T2,3</td> </tr> </tbody> </table> <p>· 위 표와 같이 종류별 나사부 및 소재부의 기계적 성질(단면적, 항복하중, 파괴하중) 및 단위질량 기술됨</p>			종류	종류의 기호	볼트 호칭지름	나사강봉 ^{*3}	STD510	TD24	이형철근 ^{*3}	SD345	D25	SD390	D22	나사형 이형철근 ^{*3}	SD295A	D22	SD345	D25	나사강봉 이형철근 고내력볼트 ^{*5}	SD685	D24	SD700	M27	나사형 PC강봉 ^{*4}	SBPD930/1080	D23	D26	D32	강관팽창형 ^{*5}	S355MC	37T2	37T3	NTRB-400 ^{*2}	36T2,0	NTRB-540 ^{*2}	36T2,3	<p>철도설계기준의 '표 27. 록볼트로 사용되는 이형 봉강의 기계적 성질'과 동일</p> <p>철도설계기준(2014)</p> <p>< KR C-12030 터널지보재 ></p> <p>· 해설 5. 록볼트/ 3. 록볼트의 재질과 형상 / 3.1 록볼트의 재질</p> <p>④ 록볼트의 재질 및 강도는 한국산업규격(KS E 3132와 KS D 3504)에 제정되어 있는 바와 같이 인장강도와 연신율이 큰 것이어야 한다. 록볼트로 사용되는 이형 봉강의 주요 기계적 성질을 요약하면 <표 27>과 같다.</p> <p>표 27. 록볼트로 사용되는 이형 봉강의 기계적 성질</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">종류</th> <th rowspan="2">재질 기호</th> <th colspan="3">기계적 성질</th> </tr> <tr> <th>항복강도 (MPa)</th> <th>인장강도 (MPa)</th> <th>연신율(%) (시험편 2호 기준)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">이형 봉강</td> <td>SD 350</td> <td>350 이상</td> <td>490 이상</td> <td>18 이상</td> </tr> <tr> <td>SD 400</td> <td>400 이상</td> <td>560 이상</td> <td>16 이상</td> </tr> </tbody> </table> <p>현재 터널에서 주로 사용하고 있는 이형봉강의 허용인장응력을 기준(철도설계기준(노반편)참조)으로 각 재질별 및 규격별로 허용응력, 허용내하력, 항복강도 및 항복내하력은 <표 28>과 같다.</p> <p>표 28. 록볼트용 이형봉강의 내력표</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>재질</th> <th>규격</th> <th>단면적 (mm²)</th> <th>허용응력 /항복강도 (MPa)</th> <th>허용내하력 /항복내하력 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">SD350</td> <td>D22</td> <td>387,1</td> <td>175/350</td> <td>68/135</td> </tr> <tr> <td>D25</td> <td>506,7</td> <td>175/350</td> <td>89/177</td> </tr> <tr> <td>D29</td> <td>642,4</td> <td>175/350</td> <td>112/225</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">SD400</td> <td>D22</td> <td>387,1</td> <td>180/400</td> <td>70/155</td> </tr> <tr> <td>D25</td> <td>506,7</td> <td>180/400</td> <td>91/203</td> </tr> <tr> <td>D29</td> <td>642,4</td> <td>180/400</td> <td>116/257</td> </tr> </tbody> </table>				종류	재질 기호	기계적 성질			항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율(%) (시험편 2호 기준)	이형 봉강	SD 350	350 이상	490 이상	18 이상	SD 400	400 이상	560 이상	16 이상	재질	규격	단면적 (mm ²)	허용응력 /항복강도 (MPa)	허용내하력 /항복내하력 (kN)	SD350	D22	387,1	175/350	68/135	D25	506,7	175/350	89/177	D29	642,4	175/350	112/225	SD400	D22	387,1	180/400	70/155	D25	506,7	180/400	91/203	D29	642,4	180/400	116/257
종류	종류의 기호	볼트 호칭지름																																																																																																																											
나사강봉	STD610 ^{*2}	TD21																																																																																																																											
		TD24																																																																																																																											
이형철근	SD345 ^{*2}	D25																																																																																																																											
	SD390	D22																																																																																																																											
나사형 이형철근	SD295A	D22																																																																																																																											
	SD345 ^{*2}	D25																																																																																																																											
	SD490	D22																																																																																																																											
		D29																																																																																																																											
	SD585	D25																																																																																																																											
강관팽창형	SS1232 ^{*2}	37T2																																																																																																																											
		37T3																																																																																																																											
	STKM12A	37T2																																																																																																																											
		37T3																																																																																																																											
	SS400 ^{*4}	36T2,0																																																																																																																											
SS490 ^{*4}	36T2,2																																																																																																																												
종류	종류의 기호	볼트 호칭지름																																																																																																																											
나사강봉 ^{*3}	STD510	TD24																																																																																																																											
이형철근 ^{*3}	SD345	D25																																																																																																																											
	SD390	D22																																																																																																																											
나사형 이형철근 ^{*3}	SD295A	D22																																																																																																																											
	SD345	D25																																																																																																																											
나사강봉 이형철근 고내력볼트 ^{*5}	SD685	D24																																																																																																																											
	SD700	M27																																																																																																																											
나사형 PC강봉 ^{*4}	SBPD930/1080	D23																																																																																																																											
		D26																																																																																																																											
		D32																																																																																																																											
강관팽창형 ^{*5}	S355MC	37T2																																																																																																																											
		37T3																																																																																																																											
	NTRB-400 ^{*2}	36T2,0																																																																																																																											
		NTRB-540 ^{*2}	36T2,3																																																																																																																										
종류	재질 기호	기계적 성질																																																																																																																											
		항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)	연신율(%) (시험편 2호 기준)																																																																																																																									
이형 봉강	SD 350	350 이상	490 이상	18 이상																																																																																																																									
	SD 400	400 이상	560 이상	16 이상																																																																																																																									
재질	규격	단면적 (mm ²)	허용응력 /항복강도 (MPa)	허용내하력 /항복내하력 (kN)																																																																																																																									
SD350	D22	387,1	175/350	68/135																																																																																																																									
	D25	506,7	175/350	89/177																																																																																																																									
	D29	642,4	175/350	112/225																																																																																																																									
SD400	D22	387,1	180/400	70/155																																																																																																																									
	D25	506,7	180/400	91/203																																																																																																																									
	D29	642,4	180/400	116/257																																																																																																																									

검토의견	<ul style="list-style-type: none"> · 기존 일본터널표준시방서 대비하여, '나사강봉 이형철근 고내력볼트'가 별도로 기술되고, '나사형 PC강봉'이 추가됨 · 철도설계기준에서는 '이형봉강 SD350 및 SD400에 대한 기계적 성질 및 내력표'를 기술함 · 터널설계기준에서는 철도설계기준의 '표 27. 록볼트로 사용되는 이형 봉강의 기계적 성질'과 동일한 내용을 기술함
------	---

(5) 록볼트의 배치 및 정착관련

구분			개정 내용	비고
구분	페이지	해당 절		
21	-	3.3.2 록볼트의 배치 및 정착(시공관리편)	*인발 내력 관리 및 정착방식에 따른 품질관리 중요성 내용 추가 등	●

2006년(기존)				2016년(개정)				터널설계기준(2016)
해설 표 7.2 록볼트공의 천공 정밀도 관리 예				해설 표 5.3.2 록볼트공의 천공 정밀도 관리 예				* '강지보공을 시공하는 경우, 사전에 강지보공에 삭제'
관리 항목	관리 방법	관리 빈도	비고	관리 항목	관리 방법	관리 빈도	비고	
위치 구멍 수	육안 관찰	시공 시마다	강지보공을 시공하는 경우, 사전에 강지보공에 록볼트 위치를 마킹해 둔다.	위치 구멍 수	육안 관찰	시공 시마다	록볼트 위치를 마킹해 둔다.	
방향	실측	필요 시마다	경사자로 확인한다.	방향	실측	필요 시마다	경사자로 확인한다.	
구멍 지름	실측	필요 시마다	비트경으로 확인한다.	구멍 지름	실측	필요 시마다	비트경으로 확인한다.	
길이	실측	필요 시마다	록볼트 길이로 확인한다.	길이	실측	필요 시마다	록볼트 길이로 확인한다.	
(2)에 대해 공벽의 황폐와 붕괴 등으로 록볼트 삽입과 정착재 충진이 어려워지는 경우가 있으므로, 사전에 소요 구멍이 확보되어 있는지 확인해야 한다.				(2)에 대해 연암이나 미고결 지반 등에서는 공벽의 황폐와 붕괴 등으로 록볼트 삽입과 정착재 충진이 어려워지는 경우가 있으므로, 사전에 소요 구멍이 확보되어 있는지 확인해야 한다.				* '연암이나 미고결 지반 등에서는' 추가
일반적으로 인장 내력은 록볼트의 항복점 내력(통상 나사부의 항복점 내력)과 같은 정도가 되도록 정하고, 제품의 제조공장 또는 품질 변경이 있을 때마다 확인할 필요가 있다.				록볼트의 정착력은 볼트와 정착제의 부착력, 정착제와 지반의 부착력에 의존하기 때문에 시공관리에서는 인발 내력을 보다 관리하도록 한다. 일반적으로 인장 내력은 록볼트의 항복점 내력(통상 나사부의 항복점 내력)과 같은 정도가 되도록 정하고, 제품의 제조공장 또는 품질 변경이 있을 때마다 확인할 필요가 있다.				* '인발 내력 관리 중요성' 추가
통상적으로 정착재는 록볼트 삽입 전에 충전되는 것으로, 그러한 선행 충전형 몰탈의 콘시스턴스 시험, 강도 시험 사례를 해설 표 7.4에 기재한다.				정착제의 시공방법으로는 정착제를 록볼트 삽입 전에 충전하는 선충전형, 정착제를 봉입한 캡슐부터 삽입하는 캡슐형, 록볼트 삽입 후에 주입하는 후주입형이 있는데, 각각 이용 정착 자체 성능이 다르므로, 각각에 따른 품질 관리가 중요하다. 선충전형의 몰탈의 콘시스턴스 시험, 강도시험의 사례를 해설 표 5.3.4에 기재한다.				* '정착방식에 따른 품질관리 중요성' 추가
마찰실에서는 록볼트를 공벽에 밀착시켜서 얻을 수 있는 마찰력을 통해 정착되므로 천공 정밀도에 주의하고, 강관 팽창형인 경우에는 강관이 충분히 팽창해서 필요한 정착력이 확보되었는지 인장 시험 등을 통해 확인할 필요가 있다.				마찰실에서는 록볼트를 공벽에 밀착시켜서 얻을 수 있는 마찰력을 통해 정착되므로 천공 정밀도에 주의하고, 강관 팽창형인 경우에는 강관이 충분히 팽창해서 필요한 정착력이 확보되었는지 인장 시험 등을 통해 확인할 필요가 있다. 또한 장기적인 내부식성을 고려하여 피복 처리한 볼트의 사용을 검토하는 경우도 있다.				* '내부식성을 고려한 볼트 사용 내용' 추가
- 없음 -				참고문헌 1)(공사) 토목학회: 2012년 제정 콘크리트 표준시방서(시공편), p.389, 2012.				* 참고문헌 추가

검토의견	* 기존 일본터널표준시방서 대비하여, '한정적인 의미를 담는 내용을 일부 삭제하고, 인발 내력 관리의 중요성 및 정착방식 종류 등 부가적 내용'을 추가 기술함
------	--