

전면주입구가 형성된 튜브형 강관 록볼트 기술



유진오
코오롱건설
기술연구센터
차장



손성곤
코오롱건설
기술연구센터
차장

1. 개발 배경

지하에 건설되는 터널은 주변의 지반 조건에 따라 구조물의 안정성을 확보하기 위하여 강지보, 슛크리트 및 록볼트 등의 주요 지보재와 다양한 보조공법들이 시공되고 있으며, 부분적으로 파쇄된 암반의 보강 및 낙반을 방지하기 위해 적용되는 록볼트의 보강효과 증대와 시공성 개선을 위해 이미 국외에서는 다양한 록볼트의 개발이 이루어지고 있다.

국내 건설현장의 경우 록볼트는 대부분 이형봉강(철근)을 사용하고 암반과 정착을 위한 정착재료는 시멘트 몰탈 또는 레진이 주로 사용되고 있으나, 지하수 유출구간 및 파쇄대 구간에서 사용성이 제약되며, 특히 록볼트 설치 후 성능 발휘까지는 소요의 양생시간(약 7~24시간 이상)이 필요하여 암반 조기지보 효과에 문제점을 가지고 있다.

본 신기술은 기존 록볼트의 문제점을 해결하고 시공 즉시 지보능력을 발휘할 수 있는 튜브형 강관(튜브형 강관

내부에 유체를 고압으로 주입하여 강관을 팽창) 록볼트 기술로 지반굴착 과정에서 발생할 수 있는 낙반사고 예방에도 매우 효과적이며, 완전 국산화와 대량 생산체계 구축으로 가격 경쟁력을 확보하여 수입대체 효과와 함께 시공효율 향상을 가져올 수 있다.

2. 기술의 원리

본 신기술은 터널 시공시 주요 지보재인 록볼트를 설치하기 위하여 천공한 구멍에 튜브형 강관을 넣은 후 유체(물)를 고압(250~300bar)으로 록볼트 내부에 주입하여 강관을 팽창, 암반에 강하게 밀착하여 정착시킴으로써 암반과 록볼트 사이의 마찰과 기계적 맞물림 효과로 설치 즉시 지보효과를 발휘하는 조기 지반보강 기술이다.

튜브형 강관 록볼트 재료는 신장률이 뛰어난 기계구조용 탄소강을 사용하고 정착부(유체 주입부), 강관 팽창부

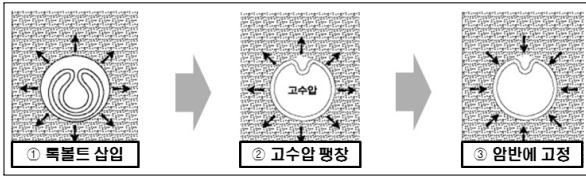


그림 1. 튜브형 강관 록볼트 설치 개념도

(외주면 일측이 내부로 요입된 튜브형 강관) 그리고 선단부로 구성되며, 용접에 의해 일체화된 형태로 제작된다.

3. 튜브형 강관 록볼트의 구성

튜브형 강관 록볼트는 정착부(유체 주입부), 강관 팽창부(외주면 일측이 내부로 요입된 튜브형 강관) 그리고 선단부로 구성되며, 신장률이 뛰어난 재질의 원형 강관(록볼트 천공 직경에 따라 변경 적용)을 외주면 일측이 내부로 요입된 형태로 제작하고 정착부(유체 주입부)와 선단부 캡을 부착시켜 제조하게 된다.

정착부(유체 주입부)는 튜브형 강관 내부로 유체를 주입하는 곳으로 원활한 유체 주입과 팽창 완료 후 신속한 배수가 가능하도록 전면 주입구가 형성되어 있으며, 수압인가 장치의 연결을 위해 끝부분은 나사형태로 제작된다. 강관 팽창부는 강관의 외주면 일측을 내부로 요입하여 굽혀진 튜브형 강관 모양으로 완성제품의 직경은 34mm로 제작되며, 선단부는 강관 내부로 고수압을 가하여 팽창이 이루어질 때 수압이 외부로 새어나가지 않도록 밀폐되어 있다.

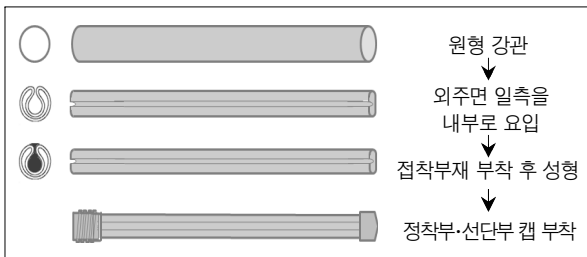


그림 2. 튜브형 강관 록볼트 제조과정

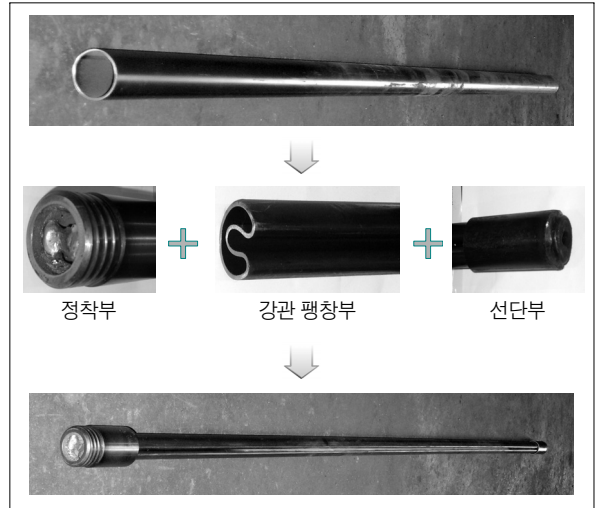


그림 3. 튜브형 강관 록볼트 제품 형상

4. 기술의 특징 및 효과

튜브형 강관 록볼트는 유체(물)를 고압(250~300bar)으로 록볼트 내부에 주입하여 강관을 팽창, 암반에 강하게 밀착하여 견고하게 정착시킴으로써 암반과 록볼트 사이의 마찰과 기계적 맞물림 효과로 설치 즉시 지보효과를 발휘(설치시간 2분 이내)하는 방식으로 기존 이형봉강(철근) 록볼트(정착재료 양생시간 7~24시간 이상 소요)에 비해 암반 조기지보 효과가 탁월하며, 지반굴착 과정에서 발생할 수 있는 낙반사고 등의 예방에도 매우 효과적이다.

그리고 이형봉강(철근) 록볼트와 암반의 정착을 위한 정착재료(시멘트 몰탈 또는 화학첨가물)를 사용하지 않아 인체에 무해하고 수질오염의 우려가 없으며, 정착재료를 사용하지 않으므로 용수 유출구간에도 완벽한 시공이 가능하다.

튜브형 강관 록볼트와 유사한 Swellex Bolt는 강관의 팽창을 위해 정착부 측면에 형성된 작은 구멍으로 유체를 주입하므로 4m의 록볼트를 수압으로 팽창하는데 약 3~4분이 소요되지만, 튜브형 강관 록볼트는 정착부에 형성된



튜브형 강관 록볼트

이형봉강(철근) 록볼트

그림 4. 록볼트 시공순서 및 암반 지보 형태 비교



기존 록볼트 정착재료(레진) 손실

작업장 환경오염 및 폐기물 처리

그림 5. 정착재료 사용에 따른 문제점

전면 주입구를 통하여 유체를 주입하므로 동일 길이의 록볼트 팽창에 소요되는 시간이 대략 10~20초로 시공속도가 훨씬 빠르다.

또한 Swellex Bolt는 간편한 시공성과 암반 조기 지보 효과 등으로 해외에서 널리 사용되었으나, 국내에서는 가

격 경쟁력이 불리하여 제한적으로 사용되었다. 이에 비해 튜브형 강관 록볼트는 완전 국산화와 대량 생산체계 구축으로 가격 경쟁력을 확보하여 수입대체 효과와 함께 시공 효율 향상을 가져올 수 있다.

5. 튜브형 강관 록볼트 시공

튜브형 강관 록볼트는 유체(물, 시멘트 몰탈 등)를 고압(250~300 bar)으로 록볼트 내부에 주입하여 강관을 팽창, 암반에 강하게 밀착하여 견고하게 정착시키는 방식으로 현장의 시공순서는 그림 6과 같이 이루어진다.

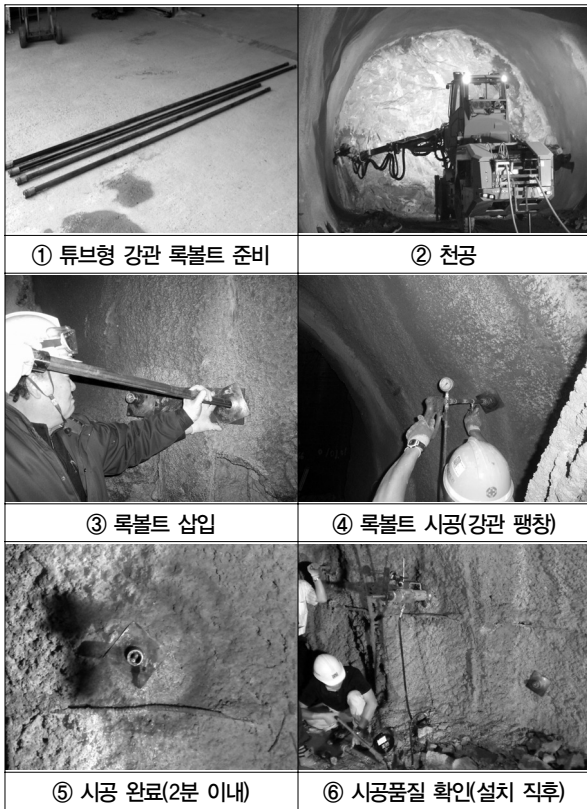


그림 6. 튜브형 강관 록볼트 시공순서

그리고 경량(기존 이형봉강 록볼트 3.98kg/m, 튜브형 강관 록볼트 2.5kg/m)으로 편리한 시공과 작업속도(1공 설치시간 2분 이내)가 빠르고 수압인가 장치를 이용하여 균일한 시공품질을 제공할 수 있으며, 록볼트 정착을 위한 정착재료(시멘트 몰탈 또는 화학 첨가물)를 사용하지 않으므로 인체에 무해하고 수질오염의 우려가 없다.

6. 현장 적용사례

튜브형 강관 록볼트는 기술개발 이후 시험시공 및 현장 적용을 통해 간편한 시공성과 암반 조기 지보효과에 유리하며, 정착재료(시멘트 몰탈 또는 화학첨가물)를 사용하지 않아 환경친화적인 공법으로 평가되고 있다.

현장 적용성 평가가 수행된 현장은 모두 이형봉강(철근) 록볼트(정착재료는 시멘트 몰탈 또는 화학첨가물)가 적용된 현장으로 시험시공의 경우 기존 록볼트와 간섭되지 않는 암반 굴착면에서 수행하였으며, 현장적용(1회)은



그림 7. 튜브형 강관 록볼트 시공을 위한 부가장비 구성

표 1. 튜브형 강관 록볼트 적용현장 개요

현장명	적용구간	길이	비고
인천도시철도 212공구	환기구, 본선터널	3m, 4m	시험시공 3회(9공)
부산도시철도 1호선연장 (다대구간) 4공구	수직구, 횡갱, 터널 본선	3m, 4m	시험시공 3회(4공) 현장적용 1회(33공)
○○ 전력구 건설공사	수직구	4m	시험시공 1회(1공)
○○ 지하차도 건설공사	터널 본선	4m	시험시공 1회(4공)

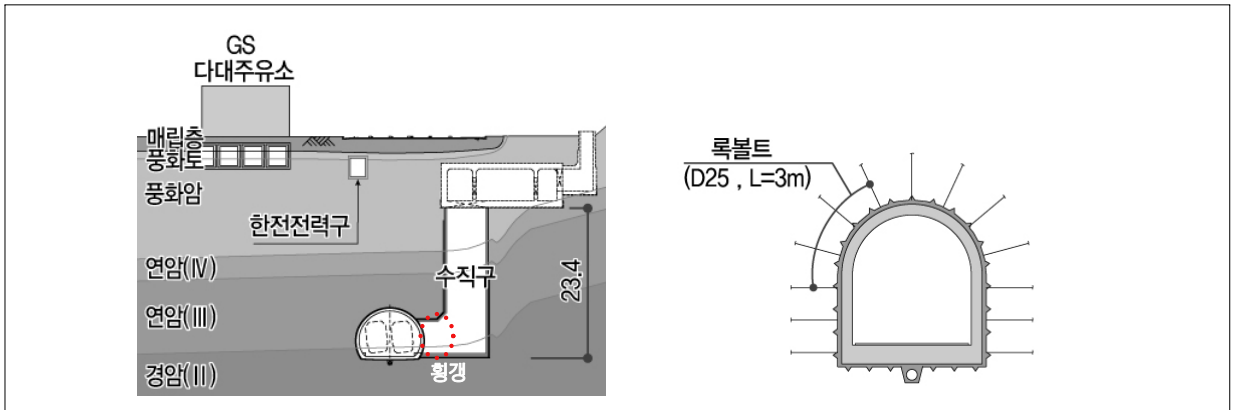
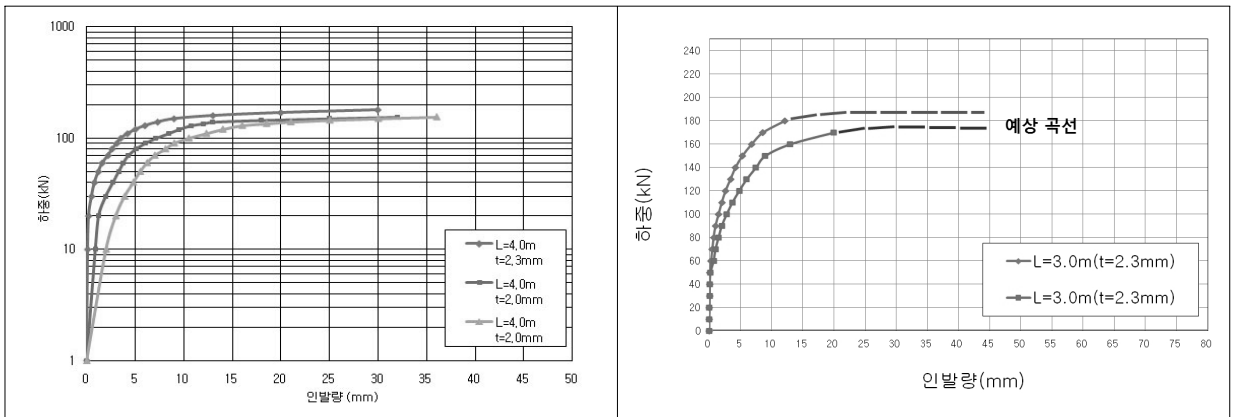


그림 8. 튜브형 강관 록볼트 적용구간 현황



인천도시철도 212공구

부산도시철도 1호선 연장(다대구간) 4공구

그림 9. 튜브형 강관 록볼트 인발시험 결과

시험시공으로 성능평가 후 설계변경을 통해 진행되었다.

부산도시철도 1호선 연장(다대구간) 4공구 현장은 기반암으로 퇴적암(이암 및 사암)이 분포하며, 튜브형 강관 록볼트 시험시공과 현장적용은 수직구(환기구 #11과 연결), 횡갱(수직구와 본선 연결부) 및 본선 터널에서 수행되었다.

먼저 수직구 시험시공에서 튜브형 강관 록볼트의 팽창성 확인 및 성능평가를 수행하였으며, 횡갱구간(수직구와 본선 연결부)은 수직구와 본선 터널 연결부로 단면 접촉부의 경우 응력집중이 예상되므로 간편한 시공성 및 조기

지보효과가 우수한 튜브형 강관 록볼트를 적용하였다.

횡갱구간 시공은 상·하 반단면 굴착(굴진장 1.0m)과 보조공법으로 튜브형 강관 록볼트 33공, 숏크리트(t=15cm)를 적용하였으며, 록볼트 설치 직후 시행한 인발시험(Pull out Test, 2공) 결과 모두 15ton 이상의 재하력에도 인발되지 않아 충분한 기능을 확보하는 것으로 나타났다.

(시험대상 록볼트의 경우 횡갱부 본 시공에 적용된 수량으로 성능평가는 17~18ton에서 종료)

▶ 기술개발자 : 코오롱건설(주), (주)티에스테크노