

강관팽창형 록볼트 개발과 성능 평가

손성곤, 유진오, 유정훈, 신시언, 김형철 (코오롱건설(주))

1. 서 론

터널 현장의 지보재로 사용되는 록볼트는 슛크리트, 강지보재와 함께 3대 주요 지보재로 터널 내 원지반에 정착시켜 지반의 변형에 저항하고 이완 암괴의 붕락을 억제시키는 역할을 하며, 발파(Blasting)에 의한 지반거동(터널, 흙막이가시설, 사면 등)에 대처하기 위해 조기성능 발휘가 요구된다.

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

본 연구에서는 기존 록볼트(이형철근과 정착재료를 사용)의 문제점을 해결하고 시공직후 지보능력을 발휘할 수 있는 강관팽창형(팽창 전에 접힌 상태의 강관 내에 고수압을 주입하여 강관을 팽창) 록볼트 개발과 현장적용(시험시공 포함)을 통한 인발성능 평가 결과에 대해 소개하고자 한다.

2. 록볼트의 기능 및 종류

터널, 지반굴착 및 사면안정 등에서 사용되는 록볼트의 주요 기능은 그림 1과 같이 이완 암괴를 원지반에 고정시키는 봉합(매달음)효과, 절리면의 전단력을 전달하는 보 형성효과, 직·간접 프리스트레스에 의한 터널 내 3축 응력상태를 유지시키는 내압효과, 시스템 록볼트에 의한 터널 내 아치(Arch) 형성효과, 항복 이후의 잔류강도를 증가시켜주는 지반보강효과 등이 있다.

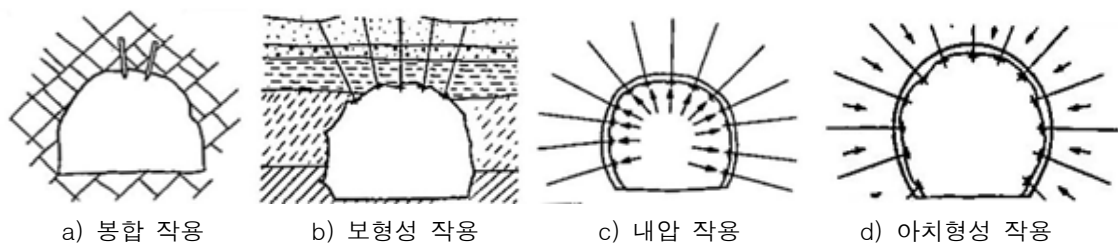


그림 1. 록볼트의 기능

록볼트의 종류는 정착방식에 따라 선단정착형, 전면접착형, 혼합형, 마찰형 등이 있으며, 국내 건설현장에서는 재료 구입이 용이하고 가격이 저렴한 이형철근을 시멘트 몰탈 또는 레진(Resin)으로 정착시키는 전면접착형 록볼트가 많이 사용되고 있다.

그러나 록볼트는 다양한 지반조건에서 소요의 성능이 요구되므로 현장 시공성, 균일한 품질관리, 이완 압괴에 대한 조기 지보효과 그리고 경제성 등을 고려하여 사용해야 한다.

3. 강관팽창형 록볼트 개발

강관팽창형 록볼트는 록볼트 내부에 고압의 압력유체를 주입하여 강관을 팽창, 암반에 강하게 밀착하여 견고하게 정착시킴으로써 암반과 록볼트 사이의 마찰과 기계적 맞물림 효과로 설치 즉시 록볼트 전장에 걸쳐 마찰력을 발휘하는 방식이다.

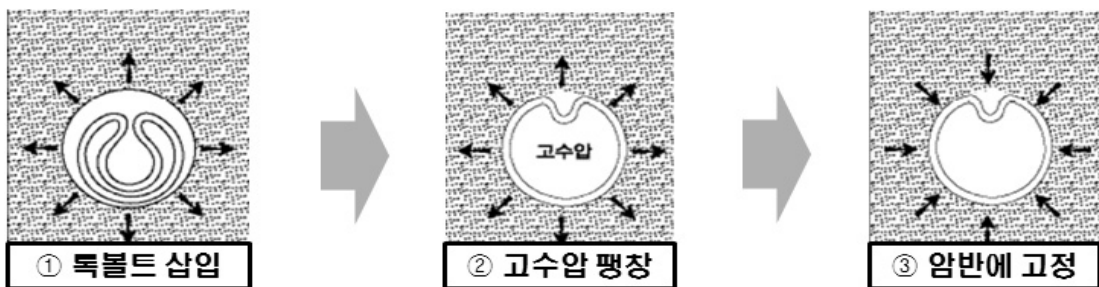


그림 2. 강관팽창형 록볼트 개념도

강관팽창형 록볼트 재료는 신장률이 뛰어난 기계구조용 탄소강을 사용하며, 정착부(유체 주입부), 강관 팽창부(외주면 일측이 내부로 요입된 형태) 그리고 선단부로 구성되고 용접에 의해 일체화된 형태로 제작된다.



그림 3. 강관팽창형 마찰식 록볼트(SI Bolt)의 구성

정착부(유체 주입부)는 직수형태로 제작되어 신속한 유체 주입이 가능하여 이완된 암반에 조기 지보효과를 가져올 수 있으며, 강관 팽창이 완료된 후에는 내부에 주입되어 있던 유체가 원활하게 배수된다. 또한 록볼트의 선단은 강관 내부로 고수압을 가할 때 수압이 외부로 새어나가지 않도록 밀폐되어 있다.

4. 현장 시험 평가

강관팽창형 록볼트는 개발 이후 현장 시험시공 및 현장적용을 통해 간편한 시공성과 굴착면의 조기 지보효과에 유리하며, 충전재(몰탈 또는 레진)를 사용하지 않아 환경친화적인 공법으로 평가되고 있다. 현장 시험 평가가 수행된 현장은 표 1과 같으며, 현장여건을 고려한 다양한 시공법으로 안정성, 시공성, 경제성을 확인하였다.

표 1. 강관팽창형 록볼트 적용현장 개요

현 장 명	적용구간	길이	비 고
인천지하철 212공구	환기구	4m	시험시공 3회(9공)
부산도시철도 1호선 4공구	수직구, 횡갱	3m	시험시공 1회(2공) 및 현장적용(33공)
OO 전력구 건설공사	수직구	4m	시험시공 1회(1공)
OO 지하차도 건설공사	터널 본선	4m	시험시공 1회(4공)

현장 시험 평가가 수행된 현장은 모두 철근 록볼트(정착재료는 몰탈 또는 레진)가 적용된 현장으로 시험시공의 경우 기존 철근 록볼트와 간섭되지 않는 암반 굴착면에서 수행하였으며, 현장적용(1회)은 시험시공으로 성능평가 후 설계변경을 통해 진행되었다.

특히 부산도시철도 1호선 4공구 현장은 퇴적암(이암 및 사암)이 분포하며, 횡갱구간은 본선터널, 횡갱, 수직구가 서로 연결된 형태로 단면 접속부의 경우 응력집중이 예상되므로 간편한 시공성 및 조기 지보효과가 우수한 강관팽창형 록볼트를 적용하였다.

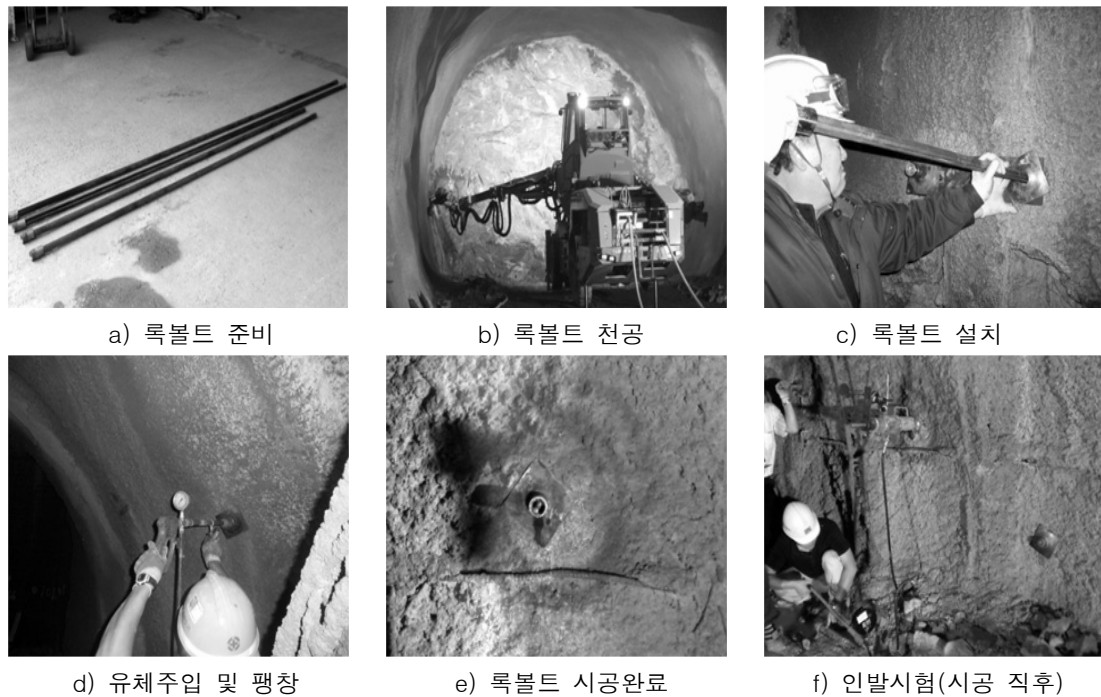
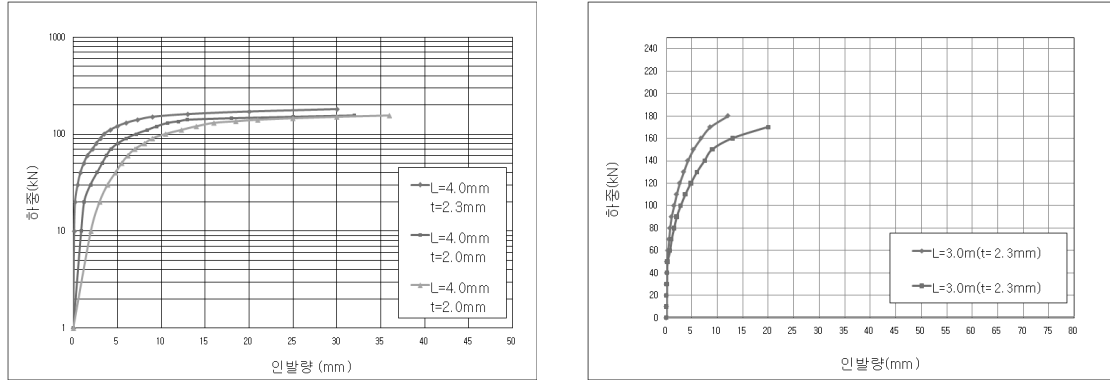


그림 4. 강관팽창형 록볼트 시공 순서

강관팽창형 록볼트 설치 직후 실시된 인발시험 결과 모두 15 ton의 재하력에도 인발되지 않아 현장의 설계축력(최대 7.0 ton)을 모두 상회하는 것으로 나타나 충분한 인발저항력을 확보하는 것으로 나타났다.



a) 인천도시철도 212공구

b) 부산도시철도 1호선 4공구

그림 5. 강관팽창형 록볼트 인발시험 결과

5. 결론

본 논문에서는 시공직후 록볼트의 지보능력을 발휘할 수 있는 강관팽창형 록볼트의 개발과 현장시험을 통한 성능평가 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 터널 현장의 지보재로 사용되는 록볼트는 슛크리트, 강지보재와 함께 3대 주요 지보재이며, 발파(Blasting)에 의한 지반거동에 대처하기 위해 조기성능 발휘가 요구된다.
- (2) 강관팽창형 록볼트는 고압의 압력유체를 록볼트 내부에 주입하여 강관을 팽창, 암반에 강하게 밀착하여 견고하게 정착시킴으로써 암반과 록볼트 사이의 마찰과 기계적 맞물림 효과로 설치 즉시 지보성능을 발휘할 수 있다.
- (3) 현장 시험평가 결과 간편한 시공성 및 설치 즉시 충분한 인발저항력을 만족하였으며, 수입 제품을 대체한 국산화로 경제성 확보와 충전재(시멘트 몰탈 또는 레진)를 사용하지 않아 환경친화적인 공법으로 평가되고 있다.

참 고 문 헌

1. 한국지반공학회(1997) 지반공학시리즈 No.7 터널, pp.101-140
2. 한국터널공학회(2002) 터널공학시리즈 No.1 터널의 이론과 실무
3. 지왕률, 이호성, 정해성(2001) 대단면 장대터널에서의 Swellex Bolt 설계적용, 한국암반공학회 추계학술발표회 논문집, pp.25-35

4. 손성곤, 유진오, 김양균, 임중수, 김진영(2011) 강관팽창형 마찰식 록볼트 개발 및 현장 시험 평가, 대한토목학회 부산·울산·경남지회 학술대회 논문집, pp.39-42
5. Stillborg, B(1994) Professional Users Handbook for Rock Bolting(2nd edition), Trans Tech Publications