

터널 천공시 기울기 자동화 측정을 이용한 정확성 향상

김재용*, 김동환**, 문성우***

*부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정

**부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정

***부산대학교 사회환경시스템공학과 교수

e-mail:kjy8599@naver.com

Constructability Improvement Using Automated Inclination Measurement in Tunnel Drilling

Jae-Yong Kim*, Dong-Hwan Kim**, Sung-Woo Moon***

*Dept. of Civil and Environment Engineering, Pusan National University

**Dept. of Civil and Environment Engineering, Pusan National University

***Dept. of Civil and Environment Engineering, Pusan National University

요약

강관다단 그라우팅 작업시 천공작업은 터널 구조물의 안정성을 위해서 정확성을 갖춰야 한다. 그러나 현재 천공작업을 살펴보면 수동식 기울기 자를 사용하기 때문에 천공각도의 정확성을 확보하기 힘들며, 작업중단 중 문제점을 가지게 된다. 본 논문은 강관다단 그라우팅 작업시 천공작업에 기울기 자동화를 이용하여 천공작업의 정확성을 달성하는 방법을 제시한다. 기존 수동식 기울기 자와 다르게 연구과정에서 개발된 기울기 자동화 시스템은 천공기사가 천공기에서 내리고 작업중단을 할 필요없이 모니터에서 바로 천공각도를 실시간으로 모니터링할 수 있으며, 결과적으로 천공각도의 정확도를 확보하여 터널 구조물의 안정성을 가질 수 있게 한다.

1. 서론

1.1 연구의 배경

도시의 광역화, 도심지의 인구 집중현상 등으로 인한 교통량 증가 및 차량의 대형화, 고속화 등 교통상황의 변화에 따라 도로터널, 지하철 등 지하구조물의 건설수요가 증가되는 추세이다.[3] 또한 산악지형이 많은 건설현장의 여건을 고려했을 때 터널공사는 고속도로, 철도노선의 직선화 및 공기단축, 공사비 절감 등의 효과를 위해 중요한 역할을 한다. 터널공사의 핵심 중 하나는 강관다단 그라우팅 공법이 있다. 강관다단 그라우팅 순서 중 첫 번째인 천공작업의 품질을 확보하기 위해서는 천공작업 중 천공각도가 중요한 기능을 한다. 천공각도가 설계기준을 벗어나면 강관이 일정하게 설치되지 못하여 오히려 구조적 안정성을 해치게 되며 터널단면 붕괴 및 붕락 사고로 이어질 수 있다. 따라서 천공작업의 신뢰도와 품질을 높이기 위해 기울기를 확인 할 수 있는 시스템의 제공이 필요한 실정이다. 이러한 기울기 자동화 측정시스템이 도입되면 천공기를 조종하는 천공기사의 작업환경 개선 뿐만 아니라 천공작업의 품질을 확보 할 수 있을 것이다.

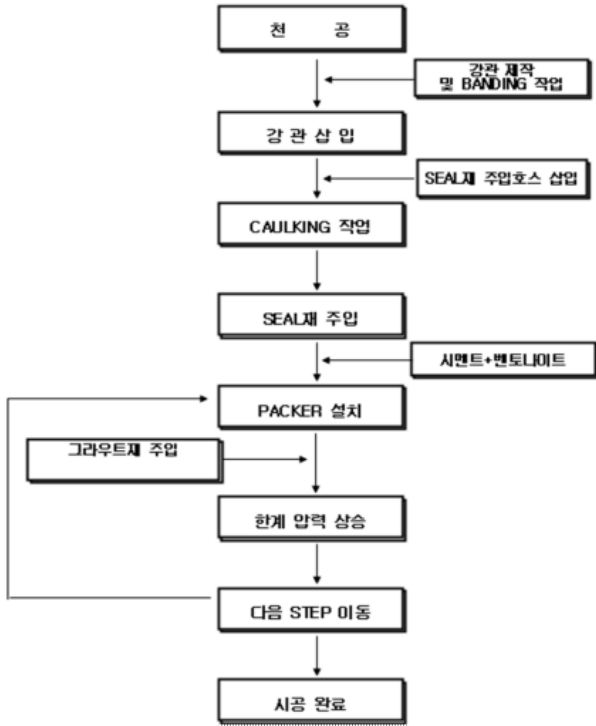
1.2 연구의 목적

본 논문은 터널공사 중 강관다단 그라우팅 작업시 천공작업에 기울기를 자동화를 이용하여 천공작업의 정확성을 달성하는 방법을 제시한다. 기존 수동식 기울기 자와 다르게 연구과정에서 개발된 기울기 자동화 시스템은 천공기사가 천공기에서 내리고 작업중단을 할 필요가 없다. 천공기사는 모니터에서 바로 천공각도를 실시간으로 모니터링할 수 있게 된다.

2. 터널공사 중 강관다단 그라우팅 작업절차

2.1 천공작업 준비 및 순서

[그림 1] 은 강관다단 그라우팅의 시공순서도 이다. 많은 종류의 강관다단 그라우팅 공법이 있지만 거의 대부분 동일한 시공순서를 가지고 있으며 시공순서의 첫 번째는 천공작업이다. 천공작업을 시작 하기 전에 먼저 터널 단면에서 설계도상의 천공홀 위치를 확인하고 천공기를 막장면으로 이동시키고 단면과 천공기 가이드를 일직선 상에 위치시킨 후 천공기의 붐 끝단을 천공홀에 근접시킨 뒤 천공작업이 진행된다. 하지만 붐 끝단을 천공홀에 근접시키고 천공보조공 혹은 천공기사가 천공기에서 내려서 천공기 가이드에 부착된 각도기를 통해 눈으로 직접 천공각도를 확인하는 경우가 많다.



[그림 1] 강관다단 그라우팅 시공 flow chart

3. 기울기 자동화 구성

3.1 시스템 구성

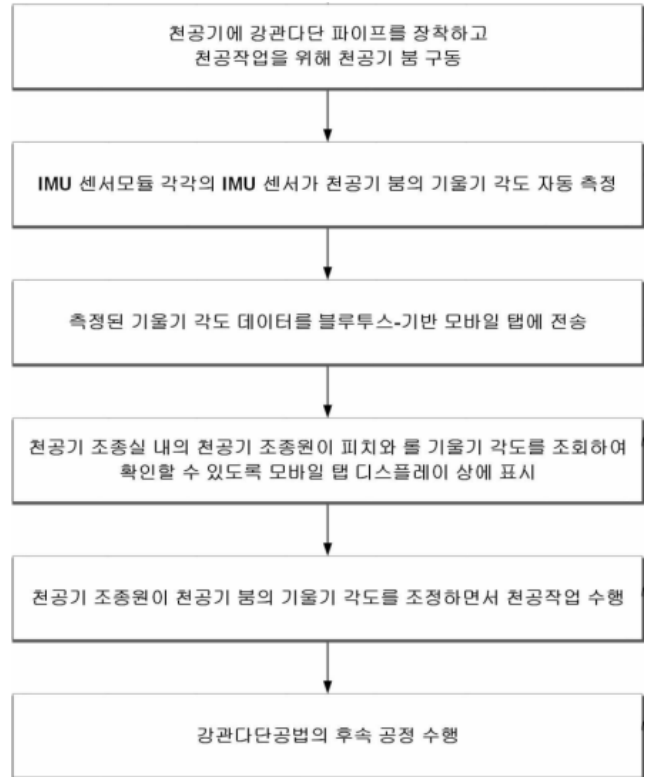


[그림 2] IMU센서 부착 개요도

기울기 자동화 시스템은 [그림 2]처럼 적어도 2개 이상의 IMU(Intertia Measurement Unit) 센서모듈을 사용하여 천공기 붐의 기울기 각도를 자동으로 측정하고, 이때, 상기 IMU 센서모듈은 상기 천공기 붐의 기울기 각도를 정확하게 측정할 수 있도록 천공기 붐의 상단과 하단에 각각 설치된다. 이때 센서모듈 각각은 천공기 붐의 각도를 1축 방향의 기울기만 측정하는 것이 아니라 피치(pitch)와 롤(roll)의 2방향 각도를 입체적으로 정확하게 지속적으로 측정할 수 있고, 이에 따

라 천공 작업의 품질과 생산성을 동시에 향상시킬 수 있다.[1]

3.2 IMU센서가 장착된 천공작업 절차



[그림 3] IMU센서가 장착된 신규 천공작업 절차

IMU센서가 장착된 기울기 자동화 시스템으로 인해 [그림3]처럼 천공기사가 천공기에서 하차 후 직접 확인할 필요없이 조종석 내에서 휴대폰 및 태블릿을 통해 천공각도를 확인하고 작업을 진행 가능하기 때문에 시공시간의 단축이 이루어짐과 천공기 주변에서의 안전사고도 예방할 수 있다.

3.3 기울기 자동화 측정효과

공정	(1막장 수량)	작업 시간		비고
		예상 공사	실제 공사	
1. 천공	27공	27공×50min (1350min)	27공×30min (810min)	540min (단축)
2. 강관삽입	27공	27공×8min (216min)	27공×8min (216min)	
3. 코킹	27공	27공×3min (81min)	27공×3min (81min)	
4. 실링	27공	27공×5min (135min)	27공×5min (135)	
4-1. 양생	27공	24hour (1440min)	3hour (180min)	21hour (단축)
5. 주입	27공	27공×10min (270min)	27공×10min (270min)	
총 작업 시간	27공	58.2hour (3492min)	28.2hour (1692min)	30hour (단축)

[표 1] 예상 천공작업과 실제 천공작업 비교

실제로 고속국도 OO현장에서 시험시공결과서의 [표 1] 따르면 천공시간이 540min 정도 단축됨을 확인 할 수 있었으며, 발주처 및 도로교통연구원의 의견도 천공작업의 정밀도가 올라갈 것으로 판단된다고 하였다.[2]

4. 결론

결론적으로 천공시간 단축과 천공각도의 정확도를 확보하여 터널공기단축과 터널 구조물의 안정성을 가질 수 있게 한다. 터널붕괴시 보수작업으로 인한 공기연장, 인명손실 등 직간접적인 피해를 가져올 수 있다는 점을 고려할 때 기울기 자동화 측정 시스템은 터널보강공사의 효과를 향상시킬 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 지산특수토건, 블루투스-기반 관성측정장치 센서를 이용한 강관다단 천공기 붐의 기울기 각도 측정시스템 및 그 방법, 제 10-2079762호, 출원일 2019년 09월 17일, 등록일 2022년 02월 14일
- [2] 지산특수토건, OO현장-시험시공결과보고서
- [3] 박이근, 임종철(2004), 강관 다단 그라우팅 공법(UAM)의 설계법 제안, 한국지반공학회논문집 제20권 3호 2004년 4월, pp.97~106