

도상작업에 의한 도상 횡저항력 변화

Variation of Lateral Ballast Resistance due to Ballast Work

임남형* · 황성호** · 이지하*** · 양신추****
Lim, Nam-Hyoung · Hwang, Sung-Ho · Lee, Jee-Ha · Yang, Shin-Chu

ABSTRACT

Lateral ballast resistance is one of track components that causes much effects in track buckling. Ballast work or tie renewal if is done the ballast original lateral resistance lose. Reduction of lateral ballast resistance may significantly reduce the stability of track. Lateral ballast resistance that is decreased by these work increases slowly according to the increase of train passing tonnage.

We measured the ballast lateral resistance in Okchon station neighborhood in Seoul-Busan line to grasp fluctuation phenomenon of ballast resistance by ballast class-2 work. The rate of decrease of ballast lateral resistance shortly after ballast work and the rate of increase by increase of train passing tonnage were investigated.

1. 서론

장대레일 궤도의 좌굴에 영향을 미치는 많은 궤도 구성요소들 중에서 도상 저항력은 매우 중요하다. 궤도 구조는 연직방향, 횡방향, 그리고 수직방향에 대해 도상 자갈에 의해 지지된다. 연직방향에 대한 도상 저항력은 궤도 계수로 표현되며 횡방향 및 종방향에 대해서는 각각 도상 횡저항력과 도상 종저항력으로 표현된다.

장대레일 궤도의 좌굴 강도에 많은 영향을 미치는 도상 저항력은 도상 횡저항력과 도상 종저항력이다. 도상 횡저항력은 상한좌굴온도와 하한좌굴온도에 영향을 미치며 도상 종저항력은 하한좌굴온도에 영향을 미친다. 이 두가지 도상 저항력 중에서 도상 횡저항력은 궤도의 좌굴 강도 결정에 매우 중요한 요소로 평가될 수 있다.

철도청 “보선작업표준”에 의하면 도상 작업 중 기계작업은 1종과 2종으로 분류된다. 1종 기계작업은 멀티플 타이 탬퍼를 사용하여 선로를 차단하고 궤도 들기, 먼맞춤, 줄맞춤 및 다지기 등을 동시에 다기능적으로 수행하는 작업을 말한다.

* 한국철도기술연구원, 공학박사, 선임연구원

** 한국철도기술연구원, 공학사, 연구원

*** 한국철도기술연구원, 공학석사, 선임연구원

**** 한국철도기술연구원, 공학박사, 책임연구원

도상의 오염 정도가 증가하면서 궤도의 내구성과 궤도 품질이 약화되며 그 결과 더 짧은 보수 주기가 필요하게 된다. 이러한 오염된 도상에 대해서는 적절한 도상 클리닝(cleaning)이 필요하게 된다. 2종 기계작업, 즉 도상 클리닝 작업은 도상 클리너(ballast cleaner), 자갈수송 화차, 컨베이어 호퍼 차, 도상 레귤레이터(ballast regulator), 멀티플 타이 탬퍼(MTT), 그리고 궤도 안정기(DTS) 등의 장비로 일련의 작업이 수행된다. 도상 클리너는 도상 자갈을 치환하며, 컨베이어 호퍼 차는 자갈에서 발생된 토사를 운반하고, 도상 레귤레이터는 자갈을 정리한다. 자갈 다짐 및 방향 정정을 위한 멀티플 타이 탬퍼 그리고 도상 자갈층의 공극을 줄이고 밀도를 높이기 위한 궤도 안정기가 사용된다.

이와 같은 도상 작업 후에는 도상 횡저항력이 많게는 약 50%정도 감소하게되며 이로 인해 궤도의 좌굴 강도가 감소하게되어 장대레일 궤도의 장출에 취약한 상태가 되기도 한다. 그러므로 각 도상 작업 전,후의 도상 횡저항력의 증감 효과를 분석하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 도상 2종 작업에 의한 도상 횡저항력의 변화 양상을 추적하여 도상 작업에 따른 도상 횡저항력의 증감량을 제시하고자 한다. 이를 위하여 경부선 옥천역 부근의 181km 지점에서 행해진 도상 2종 작업 전,후의 도상 횡저항력을 현장 실측하였다.

2. 현장 실측 개요

도상 횡저항력의 현장 실측은 경부선 181km에 위치한 옥천역 부근에서 행하여 졌다. 측정 개소는 2개소로서 일반 토공구간과 암거-토공 접속구간에서 수행되었다. 그림 1과 같이 일반 토공구간에서는 침목 3분을 측정하였으며 암거-토공 접속구간은 그림 2와 같이 접속부로부터 일정 거리에 따라 침목 3분을 측정하였다.



그림 1. 토공구간



그림 2. 암거-토공 접속구간

일반 토공구간은 2004년 3월 16일 02시에서 05시까지 그리고 암거-토공 접속구간은 2004년 3월 17일 02시에서 05시까지 도상 2종 기계작업이 수행되었으며 도상 작업 후 24시간동안 40km/h로 열차 서행 운전이 행해졌다. 도상 횡저항력은 2004년 3월 15일부터 2004년 5월 18일까지 상기와 같은 침목 6분에 대하여 6회 측정하였다. 측정 장비는 2ton 유압잭과 10mm 변위계(그림 3), 그리고 컨트롤러와 전원 장치(그림 4)로 구성되는 KS625N 장비를 사용하였다.



그림 3. KS625N 장비의 변위계와 유압잭
3. 측정 결과

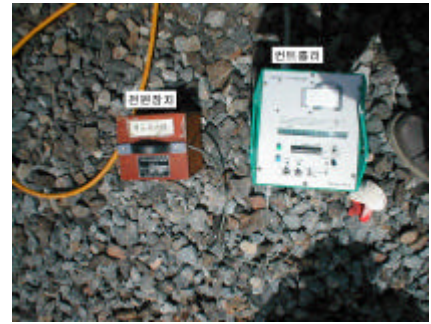


그림 4. KS625N 장비의 컨트롤러와 전원장치

측정 개소의 레일은 KS60이며 침목은 P.C.T 그리고 체결구는 팬드릴 e-clip으로 구성되어 있다. 도상 길이와 어깨 폭 그리고 어깨 높이는 각 침목 부분에서의 평균치로 그림 5 그리고 그림 6 과 같다.

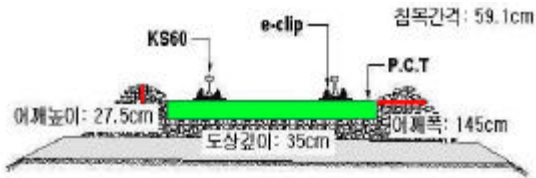


그림 5. 도공구간 궤도 단면

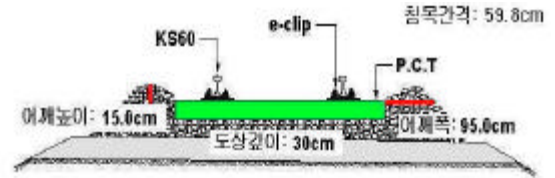


그림 6. 암거-도공 접속구간 궤도 단면

3.1 도공구간의 도상 횡저항력 변화

그림 1과 같은 일반 도공 구간에서, 각 침목에 대한 열차 톤과 톤수에 대한 침목 횡저항력과 침목 횡변위 관계 곡선은 그림 7, 8, 9와 같다.

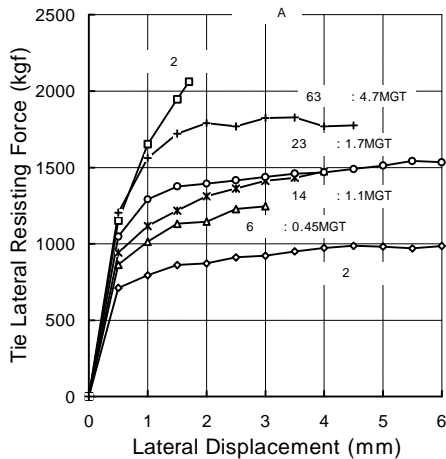


그림 7. 횡력.vs.횡변위(도공, 침목A)

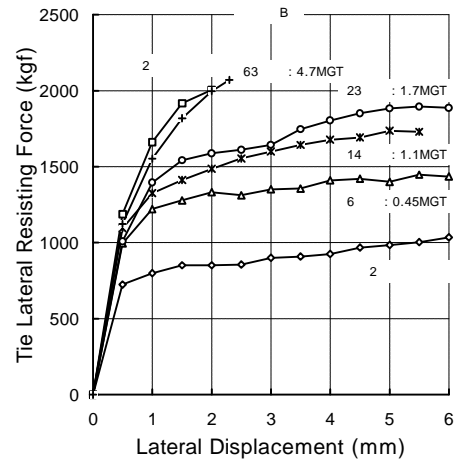


그림 8. 횡력.vs.횡변위(도공, 침목B)

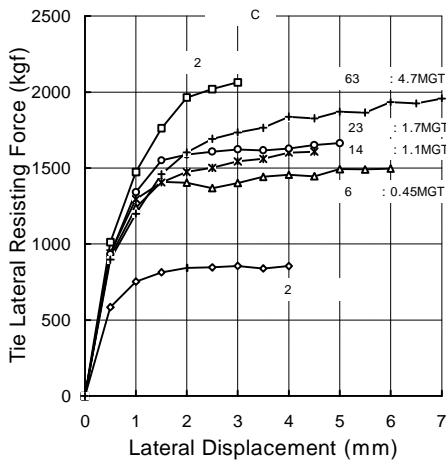


그림 9. 횡력.vs.횡변위(토공, 침목C)

또한 3본 침목에 대한 침목 횡저항력의 평균과 횡변위 관계 곡선은 그림 10과 같다. 열차의 통과 톤수는 2002년 기준(27.5MGT/YEAR)을 사용하여 도상 2중 작업이 시행된 날을 기준으로 산정하였다.

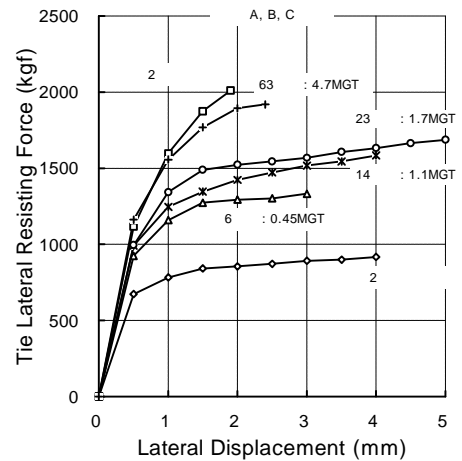


그림 10. 횡력.vs.횡변위(토공, 평균)

그림 11은 도상 2중 작업이 수행되기 전에 측정된 도상 저항력을 기준으로 열차 통과 톤수에 따른 도상 저항력의 비율을 횡변위 1mm와 2mm를 기준으로 나타낸 그래프이다. 그림 7부터 그림 11까지의 그래프로부터 도상 2중 작업이 수행된 후, 통과 톤수가 약 4.7MGT 이상이 되어야 원래의 도상 횡저항력을 확보하는 것을 알 수 있다. 또한 그림 11로부터, 도상 횡저항력의 복귀 비율은 횡변위가 작을수록 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

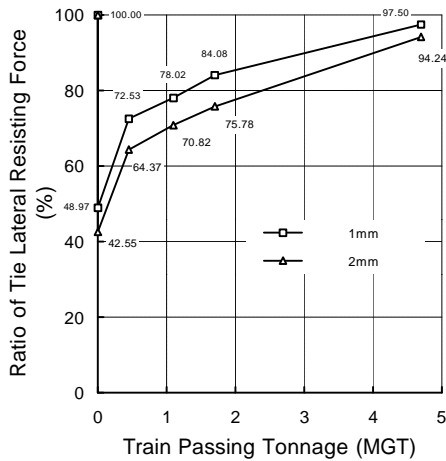


그림 11. 통과 톤수.vs. 횡력 비율(%)

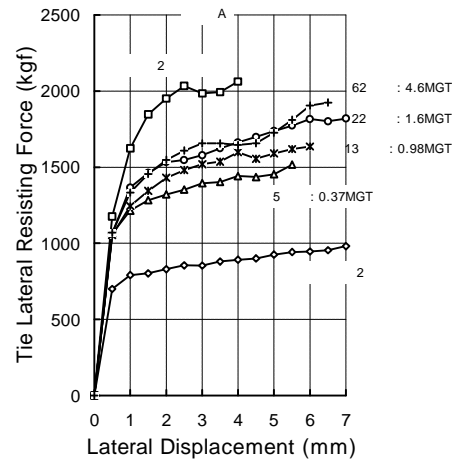


그림 12. 횡력.vs.횡변위(집속, 침목A)

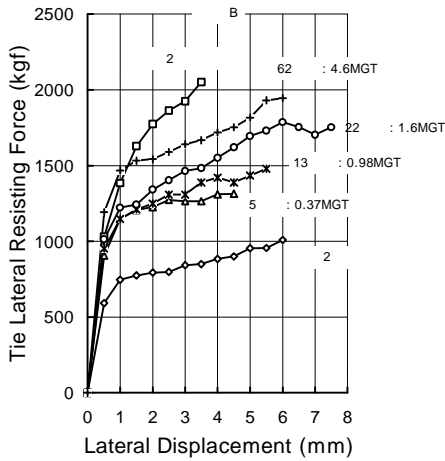


그림 13. 횡력.vs.횡변위(접속, 침목B)

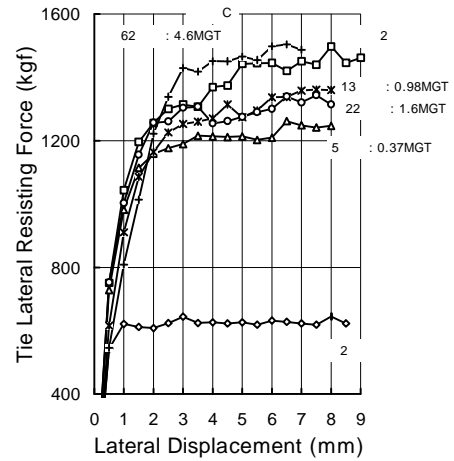


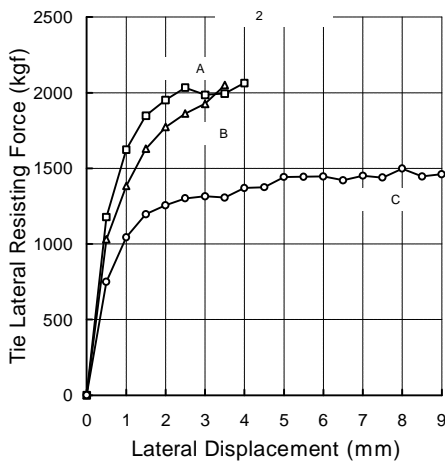
그림 14. 횡력.vs.횡변위(접속, 침목C)

3.2 접속구간의 도상 횡저항력 변화

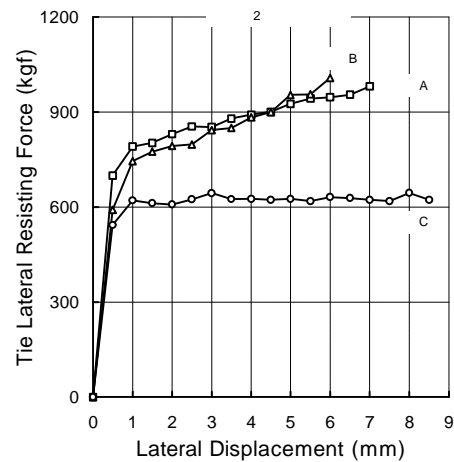
그림 2와 같은 암거-토공 접속 구간에서, 각 침목에 대한 열차 통과 톤수에 대한 침목 횡저항력과 침목 횡변위 관계 곡선은 그림 12, 13, 14와 같다.

그림 15는 접속 구간에서의 도상 작업 전,후의 횡저항력과 횡변위 관계를 침목 별로 비교한 것이며 그림 16은 암거의 단부로부터 측정 침목의 거리에 따른 횡변위 2mm 기준의 저항력을 비교한 것이다. 접속구간에서는 암거 단부에서 가장 낮은 저항력을 보이고 있으며 암거 단부로부터의 거리에 따라 선형적으로 도상 저항력이 증가하고 있음을 알 수 있다.

일반 토공구간에 위치하는 침목과 달리, 접속 구간에 위치하는 침목은 열차의 통과 톤수가 약 4.6MGT에 도달하였는데도 아직까지 원래의 도상 저항력을 회복하지 못하고 있으며 일반 토공구간보다 더 많은 통과 톤수가 필요함을 알 수 있다.



(a) 도상 작업 전



(b) 도상 작업 직후

그림 15. 횡력 .vs. 횡변위(접속구간, 침목비교)

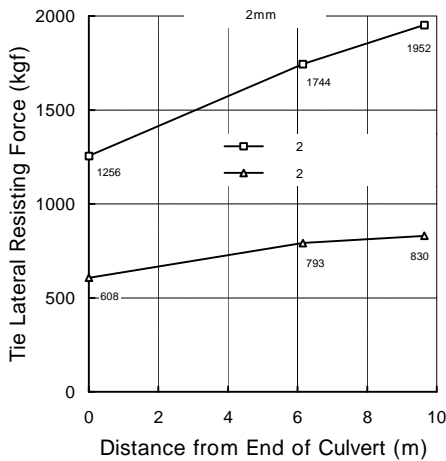


그림 16. 암거 단부로부터 거리.vs. 횡력

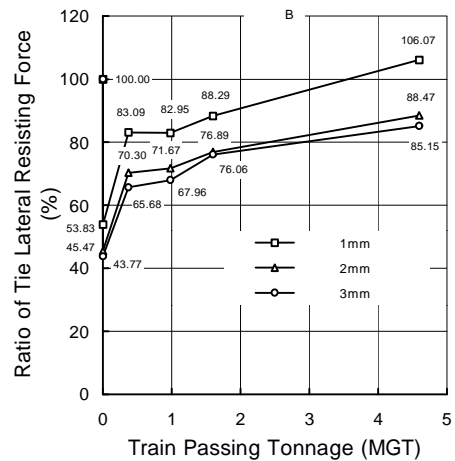


그림 17. 통과 톤수 .vs. 횡력비율(접속구간, %)

그림 17은 도상 2중 작업이 수행되기 전에 측정된 도상 저항력을 기준으로 열차 통과 톤수에 따른 도상 저항력의 비율을 횡변위 1mm, 2mm, 그리고 3mm를 기준으로 나타낸 그래프이다. 일반 토공구간의 침목과 동일하게 도상 횡저항력의 복귀 비율은 횡변위가 작을수록 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

4. 결론

도상 2중 작업에 따른 도상 횡저항력의 변화 양상을 추적하기 위하여 경부선 옥천 부근에서 현장 시험을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 도상 2중 작업 직후의 도상 횡저항력은 횡방향 변위 기준에 따라 약간의 차이가 발생되나, 거의 원래 도상 횡저항력의 40~50%정도로 매우 낮게 평가되었다.
- (2) 열차 통과 톤수 증가에 따른 도상 횡저항력의 회복율은 초반에 급격하게 증가하다가 서서히 감소하는 경향을 보이고 있으며 일반 토공구간에 위치하는 침목이 암거-토공 접속구간에 위치하는 침목보다 회복율이 우수한 것으로 평가되었다.
- (3) 일반 토공 구간의 도상 횡저항력은 도상 작업 후 약 4.7MGT의 열차 통과 톤수에서 원래의 도상 횡저항력을 회복하는 것으로 평가되었다.
- (4) 암거-토공 접속구간의 도상 횡저항력은 도상 작업 후 약 4.6MGT의 열차 통과 톤수에서 원래의 도상 횡저항력을 회복하지 못하였으며 일반토공구간보다 좀 더 많은 통과 톤수가 소요됨을 알 수 있다.
- (5) 암거의 단부에 인접한 침목(C)의 횡 저항력은 도상 2중 작업이 수행되기 전을 기준으로, 일반 토공구간에 위치하는 침목의 약 60%정도로 매우 낮게 평가되었다.
- (6) 암거-토공 접속구간의 도상 횡저항력은 암거 단부로부터의 거리에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원의 기본연구사업으로 수행되었으며 현장시험에 협조해주신 경부선 옥천분소 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 철도청(2000), “보선작업표준”, 철도청
2. 서사범(2000), “궤도장비와 선로관리”, 열과알