

연약지반 침하 억제를 위한 성토지지 말뚝 공법 적용성 평가

Evaluation of pile-supported embankment system for restraining soft ground settlement

유민택*, 이성지*, 이수형**, 백민철*, 최규문*, 이일화*†

Mintaek, Yoo*, Sungji Lee*, Suhjung Lee**, Mincheol Baek*, Gyumoon Choi*, Ilhwa Lee*

Abstract When railroad structure is constructed on soft ground, long-term settlement due to static dead load and dynamic train load could cause a number of problems, such as reduction of safety and ride quality. In order to resolve this problem, Geosynthetic-reinforced and Pile-supported(GRPS) embankment method is widely used to construct structures on the soft soil due to restraining residual settlement and their rapid construction.

The load transfer mechanism of GRPS system is that almost external load is transferred on the pile by arching effect and tensile strength of geogrid. In this paper, static and cyclic loading tests were conducted to investigate load transfer characteristics of pile-supported embankment under additional loading. Based on test results, the load transfer mechanism is analyzed and verify the efficiency of GRPS method.

Keywords : Geosynthetic-reinforced and Pile-supported(GRPS), real-scale tests, restraining soft ground settlement

초 록 연약지반에 철도 구조물을 건설하는 경우, 궤도구조물에 의해 발생하는 정적 사하중(Dead load) 및 열차 하중에 의한 활하중(Live load)에 의한 장기 침하는 구조물의 안전성 및 승차감 측면에서 문제를 야기하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 연약지반 상부에 건설되는 성토구조물의 잔류침하를 억제하고, 공사기간을 단축할 수 있는 방법으로 토목섬유를 보강한 성토지지말뚝(GRPS) 공법의 적용이 확대되고 있다. 토목섬유를 보강한 성토지지말뚝 공법의 경우 성토체 내 지반의 아칭형상과 토목섬유의 인장력을 이용하여 상부로부터 전달되는 하중을 말뚝으로 전이 시키게 된다. 본 연구에서는 이러한 섬유보강 성토지지말뚝 공법에 대한 성토하중 및 열차하중 재하실험을 수행하였고, 이를 바탕으로 하중전이 매커니즘 분석 및 공법의 효율성에 대해 규명하였다

주요어 : 성토지지말뚝, 실험실시험, 연약지반 침하 억제

1. 서 론

연약지반 층에 설치한 말뚝을 통하여 성토하중의 대부분을 지지층으로 전달하는 성토지지 말뚝공법은 말뚝과 성토지반 사이에 토목섬유를 보강한 형태로 시공한다. 그러나, 토목섬유를 적용하여 성토지지말뚝공법을 설계할 경우 말뚝으로의 하중전달은 매우 복잡한 메커니즘을 가진다. 하중전이는 크게 지반내 형성하는 아칭효과와 토목섬유의 인장력에 의해 발생하며 토목섬유의 인장효과에 대한 정량적인 평가가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 성토지지말뚝공법을 적용한 실험실 재하시험을 수행하여 토목섬유를 보강하지 않은 무보강 상태의 말뚝상부 하중결과를 바탕으로 보강한 경우와 비교함으로써 토목섬유의 설치효과를 평가하고자 한다.

† 교신저자: 한국철도기술연구원 책임연구원
 * 한국철도기술연구원 첨단인프라연구팀
 ** 한국철도기술연구원 도기쇼통실용화연구팀

2. 본 론

2.1 실대형 재하시험

2.1.1 시험개요

성토지지말뚝 시스템의 하중전이 작용에 있어서 토목섬유의 인장력이 말뚝으로 전달되는 하중에 기여하는 효과를 분석하기 위하여 다음 Fig. 1과 같이 두 가지 경우의 시험을 진행하였다. 말뚝의 설치간격 및 성토고의 높이는 독일 EBGEO 설계법에 근거하여 동일한 조건으로 구성하였으며, 토목섬유의 설치여부를 변수로 시험체를 구성하였다.

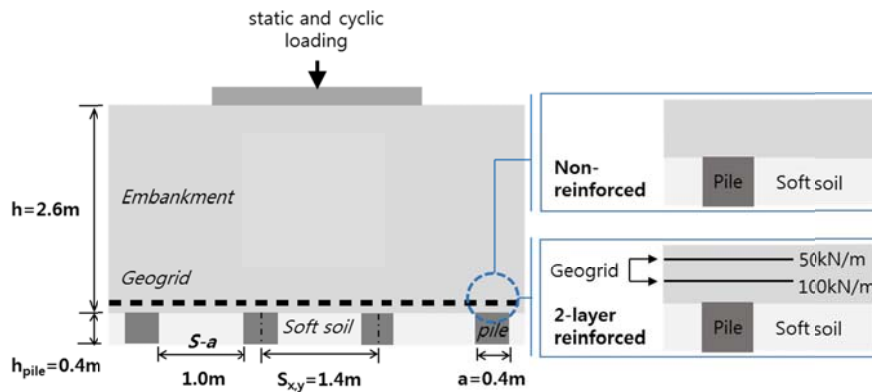


Fig. 1 Schematics of full-scale loading test

2.1.2 하중조건

열차운행에 따라 지지말뚝 성토지반 상부에 작용하는 하중을 모사하기 위하여 Fig. 2와 같은 대형토조에 말뚝과 연약지반을 배치한 후 성토를 실시하였다. 실대형 시험에 적용된 하중의 크기는 재하장치가 안전하게 작동할 수 있는 최대하중 220kN을 축하중으로 Fig. 3과 같이 정적재하 한 후, 4Hz의 주파수로 10만회 반복재하 하였다.



Fig. 2 Before embankment



Fig. 3 View of static and cyclic loading test

2.2 실대형 재하시험 결과

Fig. 4는 220kN의 정적재하를 유지하는 동안 시간(sec)에 따라 말뚝 상부 하중계에서 측정된 수직하중을 나타낸 그림이다. 무보강 시험조건에서 말뚝이 부담하는 정적하중은 Fig. 4(a)와 같으며 오로지 아칭효과(load A)만으로 13.1kN의 정적하중이 말뚝에 전달되었다(load A=load A+B). Fig. 4(b)는 토목섬유를 2겹(150kN/m) 보강한 경우의 시험결과로, 말뚝 위치의 토목섬유 상부(load A)와 하부(load A+B)에서 측정된 수직하중을 보여준다. 아칭효과로 인하여 전이되는 하중의 크기는 무보강의 경우와 비슷한 값을 보였지만, 최종 말뚝이 부담하는 정적하중(load A+B)은 무보강에 비하여 약 13% 증가하였다. 이는, 인장력이 사진 토목섬유가 보강됨에 따라 말뚝효율이 증가한 결과이며, 토목섬유의 설치효과를 의미한다.

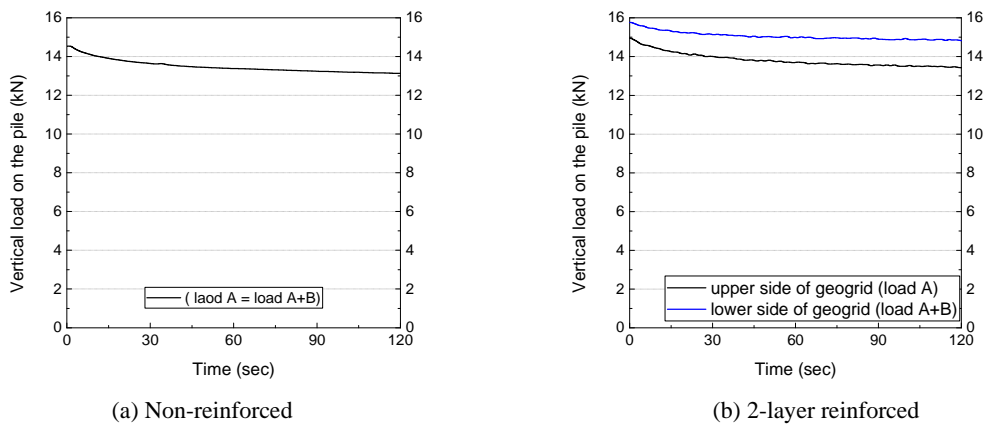


Fig. 4 Vertical static load upper and lower side of geogrid on the pile

축하중 220kN 반복재하 횟수에 따른 결과는 다음 Fig. 5에서 보여주며 전체적인 하중전이 경향은 정적하중 재하시와 유사하게 나타났다. 아칭효과만으로 하중전이 작용이 발생하는 무보강 조건의 경우(Fig. 5(a)), 재하된 반복하중이 아칭효과의 크기만큼 말뚝으로 전달되었다. 그러나, 2겹 보강한 시험체의 경우(Fig. 5(b))에는 토목섬유의 인장성분에 의해 약 20% 증가된 말뚝효율을 보여주었다.

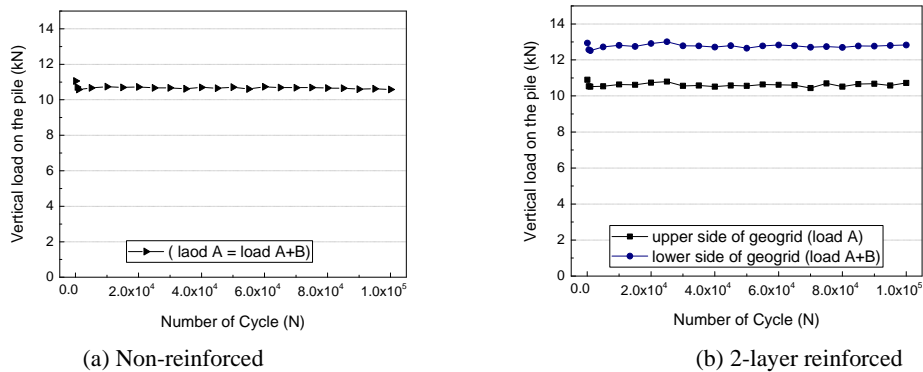


Fig. 5 Vertical cyclic load upper and lower side of geogrid on the pile

3. 결 론

열차하중이 작용하는 성토지지말뚝 시스템에서 토목섬유의 보강으로 인한 하중전이 작용을 정량적으로 평가한 결과는 다음과 같다.

1. 토목섬유 보강으로 인한 아칭효과의 감소지수는 1.0으로 토목섬유를 설치하여도 아칭효과가 부담하는 하중전이 작용에는 변화가 없음을 의미한다.
2. 토목섬유 보강으로 인한 말뚝효율의 증가지수는 최대 1.2로 산정되었으며, 정적하중보다 반복하중 작용시에 토목섬유의 보강효과가 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(연약지반구간 교량대체를 위한 침하억제공법 개발, 16RTRP-B067919-03)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] EBGEO (2010) Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen e EBGEO, *German Geotechnical Society*, vol. 2. Auflage, ISBN 978-3-433-02950-3 (in German). Also available in English: Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements EBGEO, 2011. ISBN 978-3-433-02983-1 and digital in English ISBN 978-3-433-60093-1.
- [2] Heitz, C.(2006) Bodengewölbe unter ruhender und nichtruhender Belastung bei Berücksichtigung von Bewehrungseinlagen aus Geogittern. Schriftenreihe Geotechnik, *University of Kassel*, Issue 19, November 2006 (in German).
- [3] Heitz, C., Lüking, J., and Kempfert, H.-G. (2008) Geosynthetic reinforced and pile supported embankments under static and cyclic loading, *Proceedings of the 4th European Geosynthetics Conference EuroGeo 4*, Edinburgh (United Kingdom)
- [4]] S.H. Lee (2009) Numerical Study on the Effects of Geosynthetic Reinforcement on the Pile-supported Embankment, *Journal of the Korea Society for Railway*, 12(2), pp.276-284
- [5] S.J. Lee, K.T. Yoo, S.H. Lee, I.W. Lee (2016) Dynamic Load Transfer Characteristics of a Pile-Supported Embankment according to the Strength of Geogrid, *2016 Autumn Conference of the Korea Society for Railway*.