

排水性能を有する羽根付き補強材の現地引抜き試験に関する一考察

西日本旅客鉄道 正会員 ○鳥野 悟 正会員 西田 幹嗣 正会員 高馬 太一
新日鉄住金エンジニアリング 正会員 澤石 正道

1. はじめに

降雨により安定性が低下すると予想される盛土に対しては盛土内部の浸透水の排水が効果的な対策とされている。近年、水抜き孔を設けた鋼管に螺旋状の羽根を溶接した補強材(以下、補強材という)を土構造物に水平に回転圧入させて、地下水位抑制効果と力学的補強効果を同時に期待する工法が開発されている^{1)~3)}。

本稿では、鉄道盛土に施工した2種類の補強材と標準的な排水パイプ⁴⁾(以下、排水パイプという)の引抜き耐力を定量的に把握するとともに、補強材の極限周面摩擦抵抗力度を推定する周面支持力度の評価式⁵⁾の適用性について検討したので、その結果について報告する。

2. 引抜き試験の概要

(1) 盛土の概要

引抜き試験を実施した盛土は図1に示すように、のり面勾配が1:1.8で構築された高さ4.3mの新幹線の純盛土である。当該盛土から盛土材料を採取して調査したところ、盛土材料は粘性土質砂であった。また、盛土内の土層構造を確認するために簡易貫入試験を実施したところ $N_d=1\sim3$ 程度(換算N値:1.3)の緩い均質な盛土であった。なお、当該盛土のり面には、張ブロックやプレキャスト格子枠が全面に施工されている。

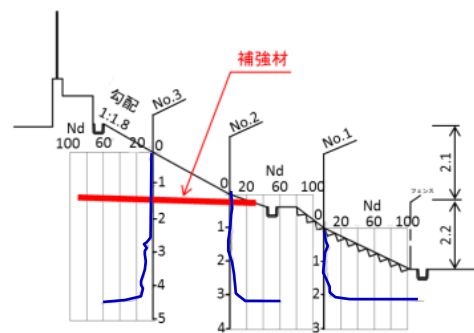


図1 当該盛土の概略図

(2) 補強材と排水パイプの仕様とその施工概要

盛土に施工した補強材を図2に、その仕様を表1に示す。補強材の羽根区間長が引抜き性能に与える影響を確認するために、鋼管の全周にわたって羽根がある補強材(以下、補強材(全周)という)と鋼管の先端のみに羽根がある補強材(以下、補強材(先端)という)、排水パイプの3種類を施工した。また、補強材(先端)に対しては、回転圧入前に実施する削孔が補強材の引抜き性能に与える影響を確認するため、削孔径 $\phi=72\text{mm}$ 、 66mm の2パターンに加えて、削孔しない条件の1パターンを加えた合計3パターンを施工した(表2)。補強材は小型ボーリングマシンを用いて回転圧入により施工し、排水パイプはパーカッションドリルを用いて打設により施工した。補強材と排水パイプの施工位置は犬走り上方にあるプレキャスト格子枠の最下段とし、打設角度はいずれも $3\sim5^\circ$ として排水勾配が得られるように施工した。なお、補強材と排水パイプからの排水状況は施工後に確認している。



(a)補強材(全周)



(b)補強材(先端)

図2 盛土に回転圧入した補強材

表1 補強材の形状

種類	鋼材仕様:規格、鋼管外形×板厚、開口率 Dw:羽根外径、Lw:羽根区間長(巻数)
補強材(全周)	STK400、 $\phi 60.5\text{mm} \times 4.2\text{mm}$ 、開口率約5% Dw:160mm、Lw:3200mm(20巻)
補強材(先端)	STK400、 $\phi 60.5\text{mm} \times 4.2\text{mm}$ 、開口率約5% Dw:160mm、Lw:480mm(3巻)

表2 補強材と排水パイプの施工仕様

ケース	種類	全長(m)	挿入長さ(m)	削孔径(mm)	本数
Case1	補強材(全周)	4.0	3.7	72	2
Case2	補強材(先端)	4.0	3.7	72	2
Case3		6.0	5.1	72	3
Case4		6.0	5.1	66	1
Case5		6.0	5.1	-	2
Case6	排水パイプ	5.4	5.1	-	2

3. 引抜き試験の方法

引抜き試験は、センターホール型油圧ジャッキを用いてロックボルト引抜き試験方法(JGS3731-2012)に準じて実施した(図3)。引抜き試験の方法は、引抜き試験用に加工したアタッチメントを補強材と排水パイプに設置したのち、そのアタッチメントをテンションバーと接続して油圧ジャッキで引っ張る方法とした。また、盛土に施工した補強材や排水パイプの角度に對

キーワード 鉄道盛土、補強材、排水パイプ、引抜き試験

連絡先 〒802-0002 北九州市小倉北区京町4-7 西日本旅客鉄道(株)小倉新幹線土木技術センター TEL 093-512-0921

して垂直な面となるように反力架台を設置し、ジャッキは反力架台に垂直となるように固定した。ジャッキの荷重は圧力計で管理して、変位は3箇所測定して平均値を求めた。なお、引抜き試験は最大引抜き荷重が得られた時点で終了することを基本とし、最大引抜き荷重が得られない場合は補強材の継手ボルトの強度から定まる最大引抜き荷重または補強材径の概ね10%に当たる変位量に達した時点で終了とした。

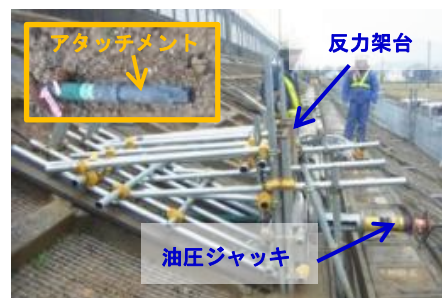


図3 引抜き試験の実施状況

本試験で得られた引抜き荷重と引抜き変位の関係(以下、荷重-変位曲線という)の一例を図4に示す。補強材(全周)と補強材(先端)の荷重-変位曲線は、鋼管に溶接した個々の羽根が盛土と一体に挙動するため、荷重とともに変位も増加する傾向となり、引抜き耐力は計画最大引抜き変位量における荷重となった。一方、排水パイプの荷重-変位曲線は、排水パイプと盛土の境界面の付着力に依存しているため、明確な最大値を示さない事例⁹⁾もあるが、今回は最大引抜き荷重が引抜き耐力となった。

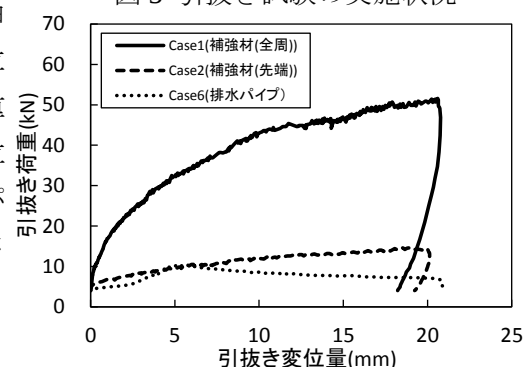


図4 引抜き試験結果の一例

引抜き耐力と極限周面摩擦抵抗力度の平均値を表3に示す。補強材の引抜き耐力の平均値は、Case1の羽根区間が長い補強材(全周)が55.9kNと最も大きく、次にCase2～5の補強材(先端)の13.9kN、排水パイプの12.5kNの順となった。また、補強材(先端)を回転圧入前に削孔したCase2～4の引抜き耐力(平均値)は13.2kNであるのに対して、Case5の削孔しない条件での引抜き耐力の平均値が15.9kNとあまり変わらないことから、削孔は引抜き耐力にほとんど影響を与えないことがわかった。

表3 引抜き耐力と極限周面摩擦抵抗力度

ケース	引抜き耐力 (kN)	極限周面摩擦抵抗力度 (kN/m ²)	N値(逆算)
Case1	55.9	28.5	2
Case2	7.4	43.4	5
Case3	19.5		
Case4	12.8		
Case5	15.9		
Case6	12.5	12.8	-

次に、極限周面摩擦抵抗力度の平均値について述べる。補強材(全周)と補強材(先端)の極限周面摩擦抵抗力度は羽根外形を直径とする円筒面積で除して算出し、排水パイプの極限周面摩擦抵抗力度は鋼管外径を直径とする円筒面積で除して算出した。同表から、補強材(先端)の極限周面摩擦抵抗力度(平均値)が43.4kNと最も大きく、次に補強材(全周)の28.5kN、排水パイプの12.8kNという順になった。この値を用いて補強材に対して周面支持力度の評価式($5 \cdot N + 20$)⁹⁾によりN値を逆算するとN=2～5となる。また、当該盛土の換算N値:1.3を周面支持力度の評価式に適用すると、今回の事例では補強材の極限周面摩擦抵抗力度の下限値を推定できることがわかった。今後の課題として、実盛土での引抜き耐力のデータを蓄積して、周面支持力度の評価式の適用性について検討する必要がある。なお、補強材(先端)を盛土に施工する場合には、補強材(全周)と異なり先端部分の羽根のみがすべりに対して抵抗するため、補強材がすべり土塊を押えられず崩壊後に補強材だけが取り残される可能性が推定される。このようなことから、補強材(先端)を施工する場合にはのり面工に補強材を結合させる必要があると考えられる。

5. まとめ

本稿では、鉄道盛土に施工した排水性能を有する補強材と排水パイプの引抜き試験の結果を述べた。今後も実盛土でのデータを蓄積するとともに、鉄道盛土に補強材や排水パイプを施工した場合の力学的補強効果を考慮した設計法について検討していきたい。

【参考文献】

- 1)渡邊諭・太田直之・西田幹嗣他：排水機能を有する回転鋼管杭の排水性能に関する一考察，第69回土木学会年次学術講演会 CD-ROM，pp525～526，2014，
- 2)澤石正道・和田昌敏他：覆土した盛土の安定に関する実大試験(その2)―補強材の引抜き抵抗カ―，第50回地盤工学研究発表会 CD-ROM，pp2051～2052，2015，
- 3)殿垣内正人・浜崎智洋他：排水機能を有するスパイラル羽根付き鋼管による盛土補強土工法，地盤工学会誌，Vol.63，No.10，pp40～41，2015，
- 4)高馬太一・金山幸司・山田孝弘他：排水パイプの盛土補強効果確認のための現地引抜き試験，第69回土木学会年次学術講演会 CR-ROM，pp255～256，2014，
- 5)公益社団法人土木学会：回転圧入鋼管杭(NS エコスパイラル)の設計施工法に関する技術評価報告書，2013，
- 6)泉並良二・森泰樹他：盛土内に打設された排水パイプの引抜き抵抗カについて，第45回地盤工学研究発表会 CD-ROM，pp1825～1826，2010