

トンネル内路盤噴泥対策工の試験施工における静的鉛直載荷試験

JR 東日本 正会員○滝沢 聡

JR 東日本 正会員 中村 宏

1. はじめに

軟岩地山（凝灰岩）に構築されたインバートの無いトンネルのスラブ軌道において、列車荷重により、りょう盤直下の凝灰岩が細粒化して噴泥が発生し、最近に至るまで路盤変状と軌道狂い等の発生と補修を繰り返してきた。そのため、恒久対策工として、桁構造化スラブ軌道を支持する杭の開発を進めてきており、平成10年11月にトンネル内において、杭20本の試験施工を行なうとともに、列車通過時の動的挙動の計測¹⁾を実施してきた。

本稿では、杭の支持力を精度良く把握するために、静的鉛直載荷試験を杭施工箇所と杭未施工箇所の両方において実施し、動的挙動との比較を行い、杭の支持力を検討したので報告する。

2. 計測概要

桁構造化スラブ軌道工法は、既設スラブ軌道の路盤下に、杭頭部を拡径した小口径の場所打ち杭を構築し、荷重を支持する工法である。図-1に示すように試験施工と同時に、路盤に加速度計を杭体内およびレールにひずみ計を設置して、列車通過時の動的挙動を計測してきている。その結果を要約すると、杭頭に最大60 μ のひずみが発生しているが、杭先端部ではひずみが0であり、ほぼ周面支持杭の挙動を示していること、および計測開始から2年以上の間、変位やひずみは増加傾向にないことが分かっている。

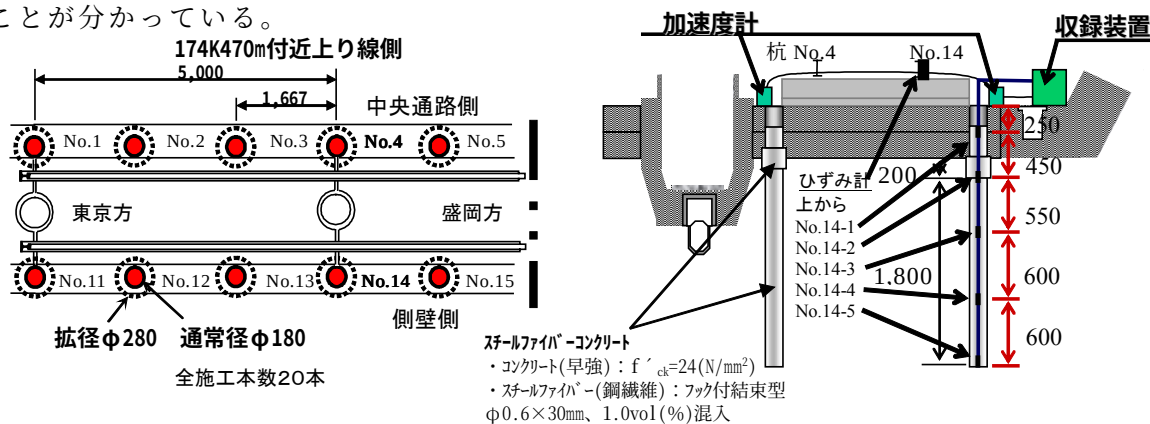


図-1 施工平面図と杭および計測断面

3. 静的鉛直載荷試験

実施方法は、写真1に示すように、2軸トロに鉄板を載せる方法でステップ載荷して、最大荷重は269KNとした。図-2の載荷荷重と杭体内のひずみの関係より、各位置とも概ね弾性的挙動を示していることが分かる。最大荷重時で杭頭部の発生ひずみは最大31 μ 、杭先端では0 μ であった。なお、沈下量は、杭施工箇所0.050mmとなり、杭未施工箇所の約1/4の沈下量であることから、杭施工により、噴泥の原因の1つである振動を抑制する効果が期待できる。図-3の杭体内ひずみ分布から、静的鉛直載荷試験時においても、周面支持杭の挙動を示している。



写真1 静的鉛直載荷試験

キーワード：拡径杭、周面支持杭、スラブ軌道、静的鉛直載荷試験、列車荷重

連絡先：〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 TEL 03-5334-1288 FAX 03-5334-1289

4. 鉛直支持力の検討

鉛直支持力の検討は、静的鉛直載荷試験結果と動的挙動のデータから、列車荷重の杭の荷重分担を求め、鉄道の設計標準²⁾によって行なうこととした。その際の計算モデルは、スラブ1枚につき6本の杭で支持するものと仮定している（図－4）。

1) 静的鉛直載荷試験時の杭の荷重分担

鉛直載荷荷重 269kN の杭のひずみは、図－2 の No. 14-1 より $\varepsilon=31\mu$ 、杭の断面積 $A=0.025\text{m}^2$ 、コンクリートの弾性係数 $E=2.70\times 10^7\text{kN/m}^2$ より、杭1本に作用する荷重は $Q_1=E\varepsilon A=20.9(\text{kN})$ 、杭6本で $20.9\times 6=125.4(\text{kN})$ となる。これより杭が分担する比率は $125.4/263=0.466$ となり約 47% と算出される。

2) 列車通過時の杭の荷重分担

レールに取付けたひずみ計より、輪重 98(kN) が計測された。列車荷重は、3軸で 588(kN)、2軸で 392(kN) となる。杭のひずみは、計測結果から 60μ より、杭1本に作用する荷重 $Q_1=E\varepsilon A=40.5(\text{kN})$ 、杭6本で $40.5\times 6=243(\text{kN})$ となる。列車荷重の杭の分担は3軸で $243/588=0.41$ 、2軸で $243/392=0.62$ より、41% から 62% 程度の間にあるものと考えられる。

1) と 2) 両方の結果を考慮して、列車荷重の約 50% を杭が分担し、残り 50% をりょう盤コンクリート下面の支持地盤が分担しているものと推定する。

3) 鉛直支持力の検討

杭1本に作用する死荷重は、レールと軌道スラブで 10(kN)、路盤とりょう盤で 29.4(kN) で計 39.4(kN) となる。支持地盤の一軸圧縮強度が $q=389\text{kN/m}^2$ である³⁾ ので、杭1本当たりの許容鉛直支持力は鉄道標準より、

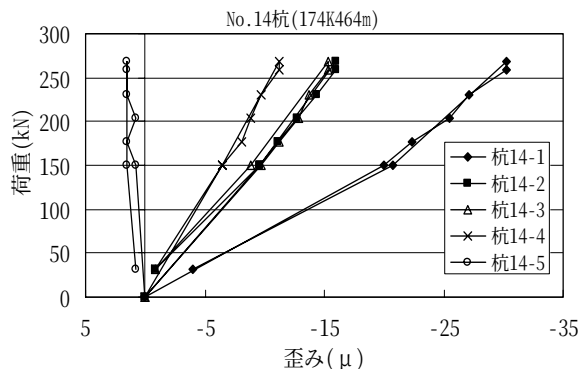
$$Q_a=\alpha_f Q_f+\alpha_p Q_p=0.5\times 198+0.8\times 29.7=123(\text{kN})$$

よって、 $Q_a=123(\text{kN})>40.5+39.6=80.1=W_{d+1}(\text{kN})$

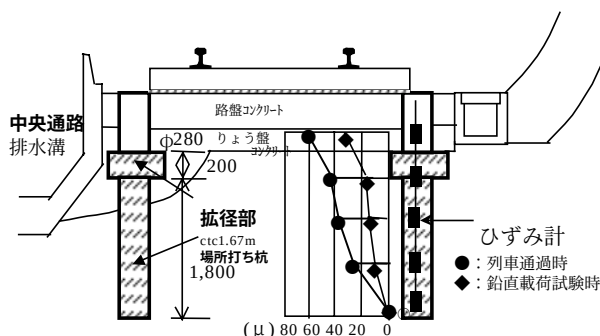
仮に将来、列車荷重を 100% 杭が分担すると考えても、

$$Q_a=123(\text{kN})>40.5\times 2+39.6=120.6(\text{kN})$$

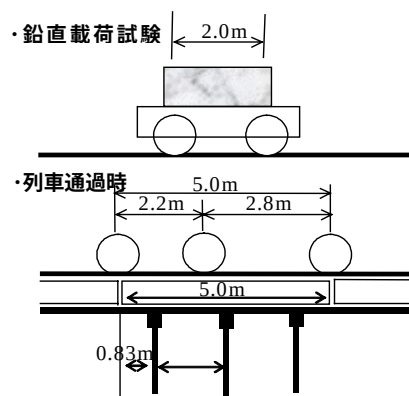
となり、支持力は問題ない結果となった。



図－2 杭体内ひずみ分布



図－3 杭体内ひずみ分布（断面）



図－4 計算モデル

5. まとめと今後の課題

以上の検討結果より、鉄道の設計標準による検討では、将来、列車荷重を全て杭が受け持つと仮定しても、杭の支持力は問題ないと判断できる。ただし、今回は簡易な手法で検討を行なっていること、死荷重に対し列車荷重の割合が大きい（概ね 1:1）杭の挙動は未解明であることから、今後も杭体内のひずみ計測を続けて、挙動の継続的な把握に努めることとした。

参考文献

- 1) 鈴木延彰 他：トンネル内路盤噴泥対策工の試験施工と計測について、第 55 回土木学会年次学術講演会，2000
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物，2000.6
- 3) 中村宏 他：固結度の小さい地山に造られたトンネルの路盤変状発生機構について、第 55 回土木学会年次学術講演会，2000