

Ⅲ－B17

列車の繰返し荷重を受ける小径支持杭の動的載荷試験

東日本旅客鉄道株式会社

正会員 富田修司

正会員 清水 満

正会員 森山智明

正会員 齋藤 貴

はじめに

トンネル内の軌道構造はスラブ軌道の採用を原則としているが、比較的良好な岩盤中に建設されるトンネルではインバートを作らないことが多いことから、掘削、整形した岩盤上に無筋コンクリート製の「りょう盤」及び鉄筋コンクリート製の「路盤」を介してスラブ軌道を敷設することとなる。

近年、このようなスラブ軌道で噴泥が発生し、乗り心地悪化等の問題を生じている。この噴泥は、砂質凝灰岩のような軟岩地山のトンネルで、地下水位が高く、常にりょう盤下の岩盤が飽和しているような場所において、列車の繰返し荷重によって発生することが分かっている。しかし噴泥により生じたりょう盤下の空隙に薬液注入をしても、しばらくするとまた噴泥を起こし、抜本的な対策とはならない。地下水位を下げればよいが、そのためには新たに排水トンネルを掘る必要があり、既設トンネルへの影響やコストの問題、また渇水など周辺環境への影響も懸念される。そこで、場所打ち杭によりスラブ軌道を桁構造化する工法（図1）が提案された。

今回、この場所打ち杭について、列車走行時に発生する振動を考慮した動的載荷試験を行ったので、その結果について報告する。

1. 試験概要

図2に示すような試験体を作成し、パイプロを用いて加振する。与える周波数は新幹線の高速走行時を考慮し、200、260km/hにそれぞれ対応する24、30Hzとした。なお、地山条件は表1に示すような強風化凝灰岩である。

2. 静的載荷試験

動的載荷試験に先立ち、長さ4mの杭を用いて静的載荷試験を行い、基礎データの収集を行った。

3. 動的載荷試験

3.1 SWEEP 試験

今回の試験は、連続した正弦波による強制加振となることから、共振等の動的性状を把握するため、4mの杭において周波数を20～60Hzまで変化させるSWEEP試験を行った。

結果は図3に示すとおり、22Hz付近に明確な共振点のある

キーワード：噴泥、場所打ち杭、振動、鉄道、動的載荷試験

連絡先：東日本旅客鉄道株式会社 建設工事部 構造技術センター

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

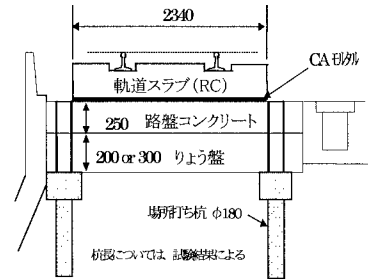


図1 桁構造化スラブ軌道

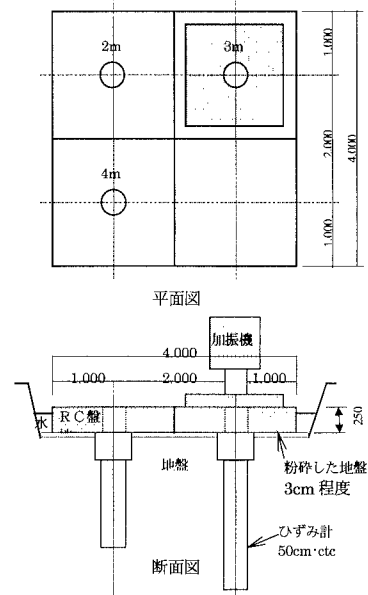


図2 試験体概要

表1 地山試料試験結果

項目	試験結果
湿潤密度 (g/cm ³)	1.897
一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	1.12
静弾性係数 (kgf/cm ²)	52.3
粘着力 (kgf/cm ²)	0.48
内部摩擦角 (°)	14.6

ことが分かった。図中の実線は、今回の試験体を2質点ばねマスモデルとして数値解析により求めた共振曲線である。解析的に求めた共振点は23.5Hzであったが、両者は比較的良好に一致している。また、杭に発生したひずみは図4に示すとおりである。

3.2 動的載荷試験

載荷荷重は、設計軸重に相当する0~8tf(78.5kN)とする。載荷時間は各周波数とも8hずつで、ピーク数を計算すると合計1,555,200となり、毎日58本(片道)運転されている列車すべてが16両編成だと仮定した場合の1年間のピーク数1,354,880を上回る。

結果は、

- ① 杭なしのものは、30Hz載荷開始後20minで沈下が見られ、75min経過時点でスラブの傾斜角が急増したことから載荷不能となった。
- ② 杭ありのものは、30Hz(8h) → 24Hz(8h)の順に載荷試験を行った。設計軸重に相当する8tf(78.5kN)が載荷された30Hzでは8h経過後、2、3、4mいずれの杭にも沈下は見られなかった。24Hzでは2mのものが載荷開始120min後、3mのものは130min後に沈下が発生した(図5)。4mのものは載荷終了まで、特に変化は見られなかった。試験終了後、杭を掘り出して周面及び杭先端を観察したが、噴泥の発生は認められなかった。ちなみに各杭から等距離にあたる試験体中央部版下2.5mにおける土の飽和度は94.8%であった。
- ③ 今回の試験結果を杭に発生したひずみの分布から1mあたりのひずみ減少量で見ると図6ようになる。極限支持力から逆算したひずみは37.3μであることから、沈下した2、3mの杭もよく頑張っているものの周面支持力を超えたことから先端だけでは受けきれずに沈下したものと思われる。

おわりに

今回、動的載荷試験を行った試験箇所の地山条件は支持力が小さく、実際に噴泥が発生しているトンネル内の岩盤に比べて、極めて悪いものであった。また、荷重を正弦波で与えたことにより共振現象を引き起こし、沈下が発生した。しかし、設計軸重の作用した周波数では沈下を生ずることもなく、また飽和に近い地山条件であったにもかかわらず噴泥の起きた形跡は認められなかった。このことから、既存の路盤構造を場所打ち杭で受け替える本工法の有効性が確認できたものと考えている。

《参考文献》

- 1)噴泥対策に用いる支持杭の列車走行シミュレーション、第33回地盤工学研究発表会、1998.7
- 2)鉄道トンネルにおける路盤噴泥対策工法の開発、第33回地盤工学研究発表会、1998.7

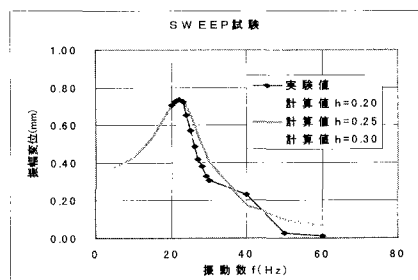


図3 SWEEP試験結果

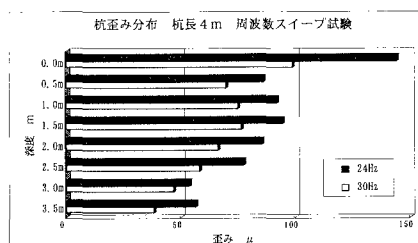


図4 杭に発生したひずみの分布(24Hz, 30Hz)

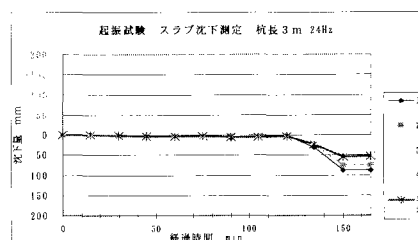


図5 杭の沈下状況(3m, 24Hz)

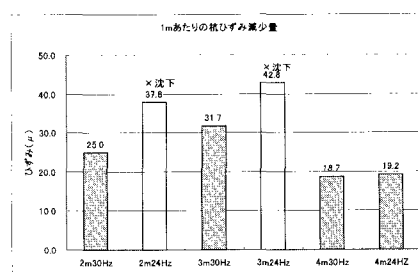


図6 1mあたりの杭ひずみ減少量