

横浜環状南線公田笠間トンネル工事の施工実績（その3：品質確保と振動抑制）

鹿島建設(株) 正会員 柴田佳彦 紀伊吉隆 岩端一也 新川健二 高柳 哲 ○星野恭平
東日本高速道路(株) 村田賢士 尾関 淳

1. はじめに

本工事は、大断面φ15.0mで小土被りかつ三次元曲線の道路トンネル工事である。また、近接構造物も多く高精度なマシン操縦が求められることから推進ジャッキ圧力制御（以下、FLEX）を採用している。FLEXの主目的は、シールド機の方角制御であるが、本報告では推進ジャッキ圧力制御方式に着目し、FLEXの有無がセグメントに与える影響について検証したのでその結果を報告する。また、高精度にシールド機の姿勢を維持した状態での振動抑制対策についても報告する。

2. FLEXの有無がセグメントに与える影響

本工事の中で、平面最小曲線半径R=592m（右カーブ）の区間において、FLEXの有無がセグメントに与える影響について比較検証した。図-1にジャッキ選択と圧力分布を示す。(i)はFLEXを使用せず手動によるジャッキ選択（42本中9本のジャッキ未選択）で掘進した結果であり、(ii)はFLEXを使用し全ジャッキ選択による掘進を行った結果である。なお、(i) FLEX無しでジャッキ未選択の場合には、追従圧の500kNが作用する。また、緑で示す点は力点位置を示す。水平方向の力点位置は、X=-0.56程度と同程度の値を示し、FLEXの有無に関わらず同じ様に曲線を曲がっていることがわかる。圧力分布に着目すると(i) FLEX無しに比べ(ii) FLEX有りの方が、全体的にジャッキ圧力が低いことが分かる。図-2にジャッキ圧力の比較結果を示す。(i) FLEX無しの場合、最大ジャッキ圧力は2355kNに対し、(ii) FLEX有りでは最大1625kNと730kN

（約3割）の差がある。また、それぞれの最大、最小圧力の差を比較すると、(i) FLEX無しは1855kN、(ii) FLEX有りは736kNと(ii) FLEX有りの方がばらつきは小さいことが分かる。この理由としては、FLEXを使用することで偏荷重が作用せずセグメントへの負荷が低減されたことによるものと推察される。特に、圧力差がピース間に生じて目開きや目違いが発生するリスクが低減されるものと考えられる。

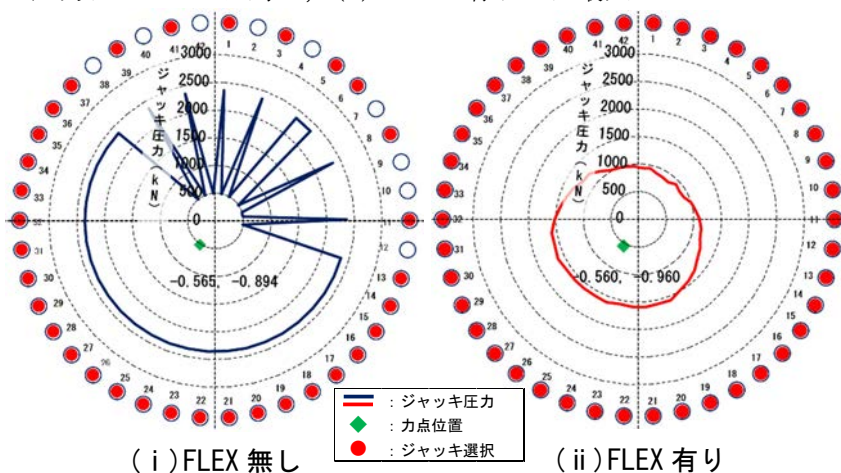


図-1 ジャッキ選択とジャッキ圧力分布図

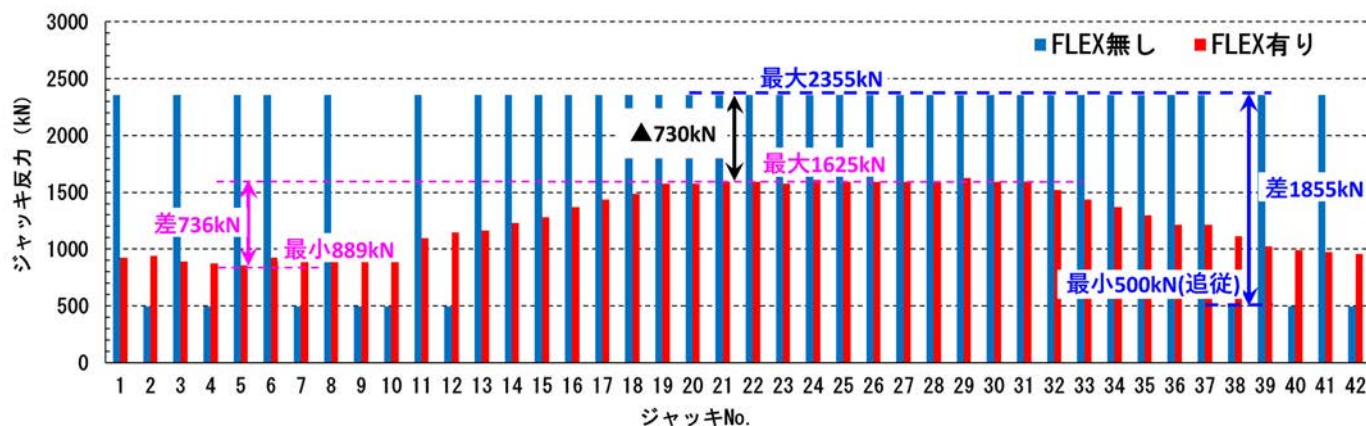


図-2 ジャッキ圧力の比較

キーワード シールド, FLEX, シールドジャッキ, 圧力制御, 振動抑制, セグメント品質

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)東京土木支店土木部 TEL03-3404-5511

3. 振動抑制対策

3.1 実施概要

シールド掘進時に発生する振動の原因として、下記の2点に着目した。①シールドジャッキが伸びる際に徐々に捻じれ、それが急激に戻る時に発生するもの、②ジャッキとマシンテールとの競りによるものがある。これらを解消するために、これまではシールド掘進中にジャッキの伸びを一旦停止してセグメントから離し、ジャッキの捻じれや競りを解放する「当て直し」を行ってきた（手動操作で実施）。今回適用した振動抑制対策は、これらの手動操作を掘進中に自動で行うものである。手

動での当て直しはシールド掘進を一旦停止して操作する必要があるが、これを自動化することでシールド掘進を継続したままで任意のジャッキを一時停止させることができ、掘進時間のロスを無くし、切羽土圧の変動も少なくすることが可能である。図-3に振動抑制装置の操作画面を示す。設定する項目は、①ジャッキの当て直し順序、②一時停止時間（ジャッキ毎に設定）、③推進確認圧、④インターバル時間、⑤開始するストロークの5項目である。力点位置や総推力の違いによって、ジャッキ毎に捻じれや競りの程度が異なるため、ジャッキ圧の状況を確認しながら個別の設定が可能である。

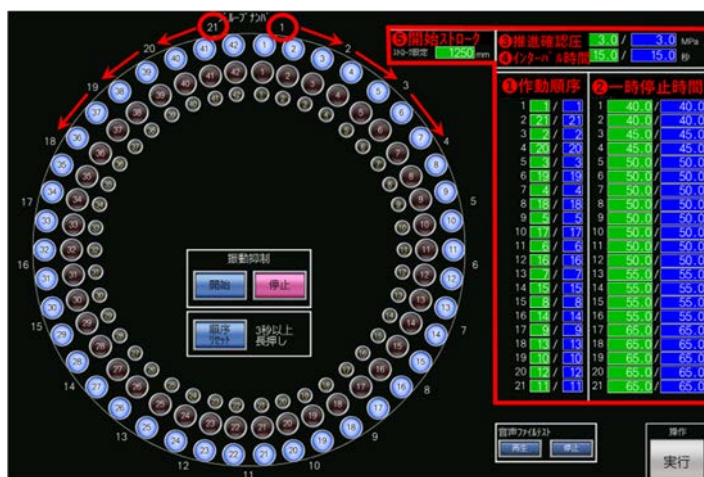


図-3 振動抑制装置の操作画面

3.2 振動抑制の効果

今回運用した区間の線形は、平面線形が直線、縦断線形が上り曲線であったため、ジャッキの当て直し順序は力点作用位置とは逆の頂部 (No.1, 21) から左右交互に下部に向かって行った。ジャッキが

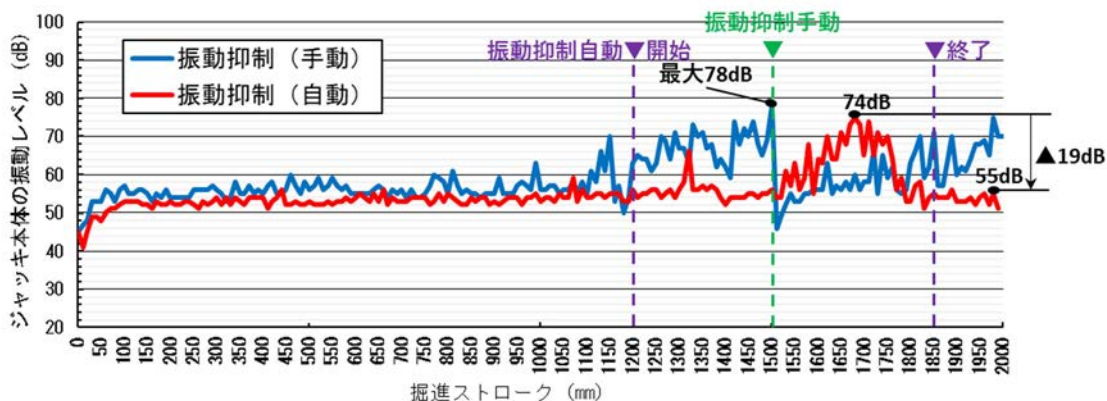


図-4 ジャッキ本体の振動レベル

セグメントから離れたことをジャッキ圧が 1MPa 以下となったことで確認し、それから 5~10 秒後に復圧するように一時停止時間を設定した。振動抑制装置の開始は、振動発生が想定される掘進の後半（1 リングの掘進長 2,000mm のうち 1,200mm）からとした。図-4 にジャッキ本体の振動レベルの結果を示す。手動の場合は、掘進ストローク 1100mm 付近から振動レベルが徐々に上昇し、ストローク 1500mm で最大 74dB を計測した。また、ジャッキ当て直し時に一旦振動レベルが低減したものの最終的に 78dB まで上昇している。一方、自動の場合には、振動抑制開始からストローク 1500mm までは瞬間的な振動上昇は見られるものの継続的な振動レベルの上昇はなかった。ストローク 1500mm から上昇傾向であったが、74dB をピークに 55dB 程度まで低下し、19dB の低減効果を確認した。なお、制御ブロックの細分化によって振動抑制作動中のジャッキ圧の抜けによるシールド機の方角およびピッチングの変動は無く、姿勢の制御ができていることを確認した。

4. まとめ

本報告では、推進ジャッキ制御方式による全ジャッキ掘進により最大ジャッキ反力が 730kN（約 3 割）低減されることを確認した。また、均一な圧力分布になることから、セグメントリング間やピース間の目開きや目違いなどのリスク低減に寄与することを確認した。振動抑制対策は、シールド機の姿勢を維持した状態で、掘進を停止させることなく振動抑制の効果を確認した。引き続き、安全で高品質・高精度なトンネルを構築する。