

シールド工事に伴う発生振動に関する調査

大成建設横浜支店 正会員 ○川上 航平、斉藤 功輔、山田 紀之
 大成建設技術センター 田中ひかり
 大成建設技術センター 正会員 竹中 計行、磯部 将吾

1. はじめに

シールド工事では掘進時に振動が生じ、振動が大きい場合には問題となる。掘進に伴う振動には、定常的な振動と、衝撃的な振動（以降、衝撃振動）がある。前者はカッター回転の際にビットと地盤間において発生する。振動の大小に関わらず常に生じる振動であるため、測定報告例も多い^{例えば[1]}。一方、衝撃振動は、砂地盤などにおいてマシン胴体が周辺地盤に締め付けられて拘束され、その解放時に発生すると考えられる。しかし、常に発生する振動ではないため、測定による把握が難しく、詳しい報告は見当たらない。本報では大口径のシールド工事で発生した衝撃振動を対象として詳しく調査した事例を報告する。

2. 調査概要

調査対象は横浜環状南線の桂台トンネル工事である。シールド外径 15.28 m の泥土圧シールド機で、発進立坑から回転立坑まで延長 1,320 m を上下線 2 本掘進する。掘進地盤は N 値 100 以上の砂岩が主体である。トンネル勾配は発進から回転立坑まで 0.3% の下り勾配となっており、調査は上り線の凡そ土被り 30 m の地点で行った。工事中、頻繁に発生していた衝撃振動について、2 回の調査を行い、発生原因の把握を行った。

3. 第 1 回調査

3.1 調査方法 地盤上およびマシン内（隔壁、スキンプレート、ジャッキ付近胴体側）にそれぞれ振動加速度センサを設置し、衝撃振動を測定した（図 1）。マシン内については全てのセンサの出力を同期をとってレコーダに収録した。振動発生方向を把握するため、各測定点にセンサを X（トンネル軸方向）、Y（X と直行する水平方向）、Z（鉛直方向）の 3 方向に向けて設置した。

3.2 調査結果 地盤上の振動加速度の時刻歴波形を図 2 に示す。約 2 秒おきに振動が生じている。X 方向（青）が大きいいためトンネル軸方向の振動が顕著である。時間軸の一部を拡大し図 3 に示す。地盤上において X 方向はまず、前方（縦軸上向き）に振動し、その後、後方、前方と振動を繰り返しながら小さくなっている。マシン内の各測定点においても同様に、まず前方に振動している。マシン内の測定点ではほぼ同じタイミングで振動している。したがって、マシンのいずれか一部が振動しているのではなく、全体がほぼ同時に、まず前方へ動いて振動を発生し、その振動が地盤面にも伝わっていると考えられる。

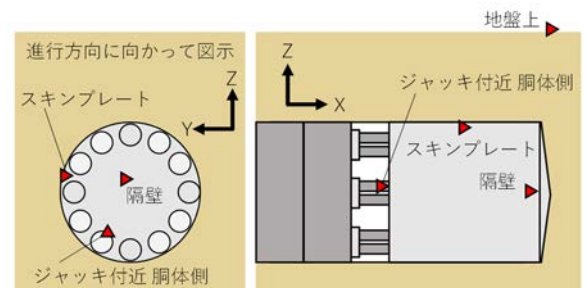


図 1 測定位置（第 1 回）

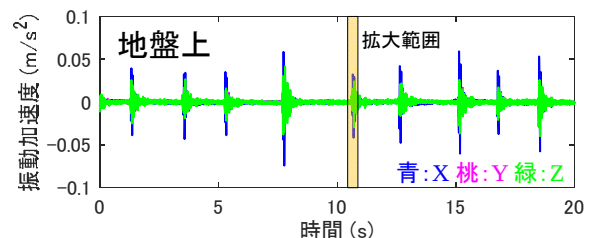


図 2 地盤上の振動加速度（第 1 回）

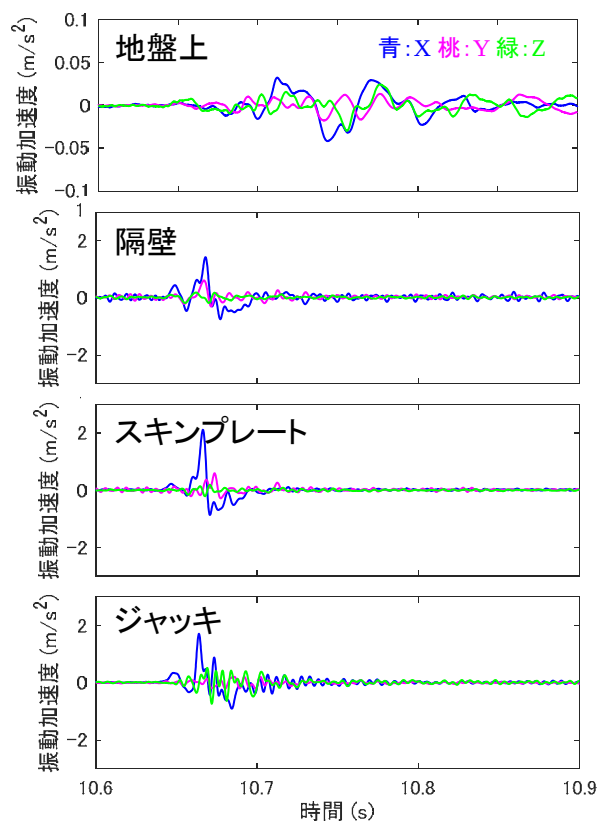


図 3 振動加速度（第 1 回）

4. 第2回調査

4.1 調査方法 第1回調査で、マシン全体がX方向に振動することが分かったため、第2回調査ではX方向の振動をマシンの断面方向の多数の点で測定することとし、測定点を図4に示すように、ジャッキ付近の胴体側の6か所に設けた。時計盤に見立てて1時、3時、5時、7時、9時、11時の位置と呼ぶこととする。また、ジャッキに加わる力を把握するため、ピストンに歪センサを設置した。

4.2 調査結果 9時位置で測定した振動加速度および歪を図5に示す。振動が頻発する時間とほとんど発生しない時間がある。歪が増加（ジャッキの圧縮力が増加）すると振動が発生し、振動発生後に歪が減少する傾向がある。この結果より、マシン胴体と地盤間の摩擦が大きくなり、ジャッキで推しているにもかかわらず、前進しにくくなると圧縮力が増加し、圧縮力が摩擦力よりも大きくなると摩擦が切れ、マシンが勢いよく前方に

動いて衝撃振動が発生すると考えられる。また、衝撃振動を繰り返しながら周辺地盤による締め付けがやや小さい地盤箇所に入ると、ジャッキの圧縮力は減少して振動が生じない時間が続くと思われる。

次に、図5の赤線で示す時間に生じた1回の衝撃振動の6か所の加速度波形を図6に示す。発生タイミングを比較すると測定位置によって若干異なる。最も早く発生するのは3時位置であるが他の位置よりも振動は小さく、3時位置と対向位置にある9時位置で最も大きい加速度が生じている。このように振動が始まる位置（以降、トリガー位置）に続いて他の位置が順次振動する現象は他の時間の振動にも見られ、トリガー位置を同じくする振動が発生し続ける傾向がみられた。また、別の時間帯では別の位置がトリガー位置となる様子もみられた。

この結果から、地盤との間に大きな摩擦が生じて拘束される付近がトリガー位置となり、摩擦が切れた瞬間に前方へ動くが、トリガー位置では依然摩擦の影響があるため振動は小さく、対向する周辺は相対的に摩擦が小さいため動きやすく振動が大きいと考えられる。

5. まとめ

シールド工事で発生した衝撃振動の詳細調査を行った。その結果、振動時にはマシン全体がほぼ同時に進行方向へ動くことがわかった。また、マシンの断面において6か所で測定した結果より、衝撃振動はトリガー位置における振動発生に続いて順次発生し、トリガー位置と対向する付近で振動が大きくなる傾向がみられた。

参考文献 [1] 田中他、日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集、pp.195-198、2015.09

キーワード シールド工事、振動、摩擦

連絡先 〒231-8616 神奈川県横浜市中区長者町6-96-2 大成建設（株）横浜支店 土木部 TEL 045-232-5812

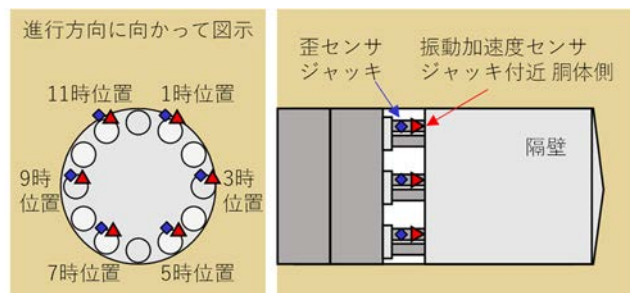


図4 測定位置（第2回）

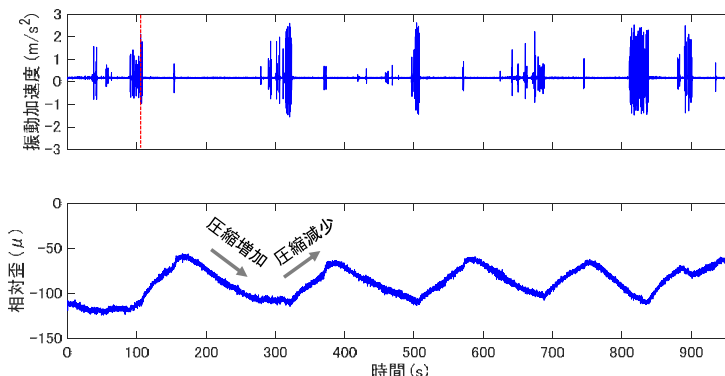


図5 9時位置の振動加速度および歪（第2回）

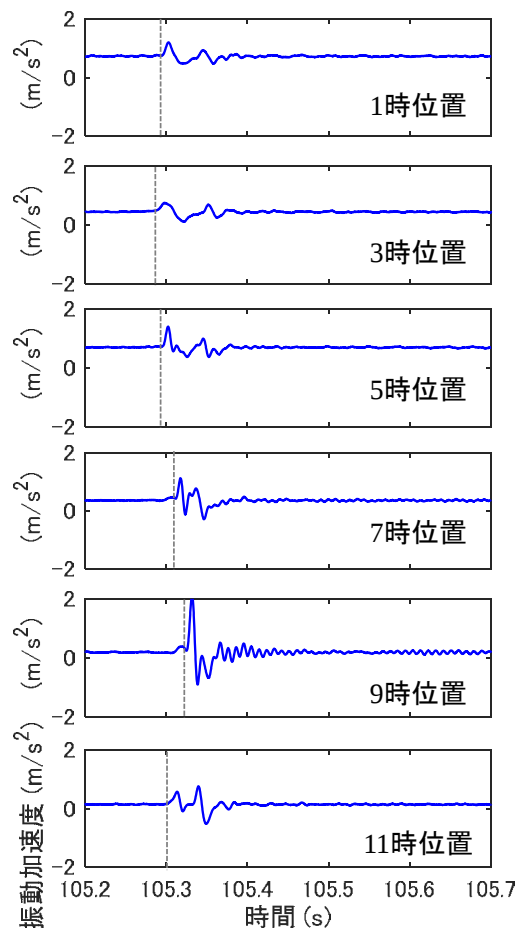


図6 各測定位置の振動加速度（第2回）