

シールド切羽可視化システムの構築と実現場への適用 (その4：層境を掘削するビットの応答加速度に関する実験的研究)

(株)奥村組 ○正会員 伊東 俊彦 (株)奥村組 松田 顕伍
(株)奥村組 正会員 今泉 和俊 (株)奥村組 正会員 木下 茂樹

1. はじめに

シールド工事の長距離化に伴い、掘進中に地盤変化に遭遇する事例が増えている。地盤状況に応じた掘進管理が重要である中、弊社では「切羽可視化システム」¹⁾を導入し、ビットの応答加速度から切羽地盤を評価することで、地盤変化に応じた適切な掘進管理を行っている。一方で、室内試験では地質種別ごとの応答加速度に関する検証結果は得ているが、地層境界の詳細な検証事例はない。本稿では、層境を模擬した地盤を掘削した際に生じる応答加速度の傾向を把握することを目的とした要素試験について報告する。

2. 切羽可視化システム・応答加速度実験装置について

切羽可視化システムは、密閉型シールド工法の掘削機構であるカッタービットに加速度センサーを埋込み、カッターの回転とシールド機の掘進により地盤をビットが切削する時に発生する加速度から地盤の構成を判定する技術である(図-1)。既往の実験²⁾では、シールドの掘進とカッターの回転を模擬し、ビットで地盤を掘削する実験装置を製作して土質・カッター回転速度・ビット形状ごとの応答加速度の違いを検証している。本検証では同実験装置を使用して、地層の境界を模擬した地盤を掘削する際の応答加速度の傾向を把握することを目的とした。実験装置の概要を写真-1に示す。上下方向の押し付け速度(z方向)はシールドジャッキの伸長速度(シールド掘進速度)に、横方向の水平移動速度(x方向)はシールドカッターの回転速度に相当する(写真-2)。

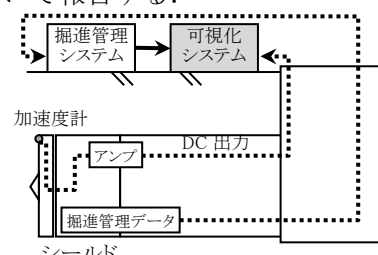


図-1 切羽可視化システムの概要

3. 応答加速度測定実験の概要

実験項目を表-1に示す。供試体は、粘土、砂、RC40(砂礫地盤を模擬)のうち2種類を組み合わせ構成し、土質境界を模擬した土層を作成した(図-2)。また、水平移動速度(x方向)は実験実績¹⁾と同様に低速～高速の3種類とし、カッタービットも同様の仕様である実物の先行ビット2種類を使用した。使用したビットを図-3および図-4に示す。ビット1は礫地盤に有利なシェルビット、ビット2は粘性土に有利なフェースビットとした。なお、ビットの押し付け速度(z方向)は35mm/minで統一し、土層材料の湿潤密度は全実験を通して同一とすることで、土質・速度・ビット形状それぞれの違いによる応答加速度の差異を確認した。

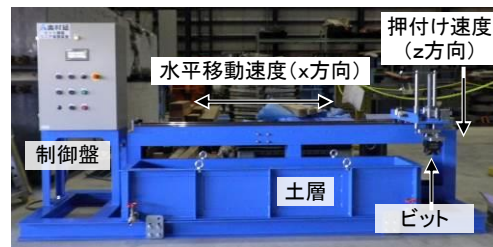


写真-1 応答加速度実験装置

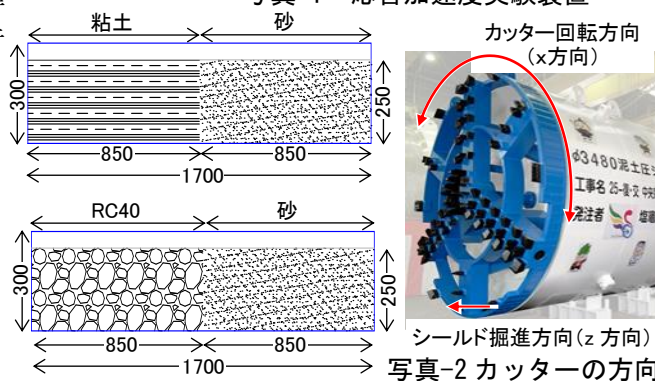


図-2 土層構成

表-1 実験項目

地盤構成	ビット	x方向速度[mm/s]
粘土/砂	ビット1	(低速) 150
		(中速) 225
砂/RC40	ビット2	(高速) 300



写真-3 計測状況

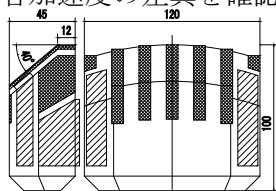


図-3 シェルビット
(ビット1)

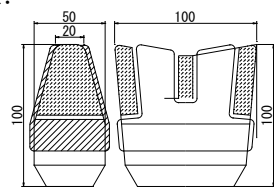


図-4 フェースビット
(ビット2)

キーワード シールドトンネル、切羽、可視化、応答加速度

連絡先

〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 (株)奥村組 東日本支社 土木技術部 TEL 03-5427-8356

4. 実験結果

(1) 砂/RC40 地盤に関する検証

RC40 と砂で構成した地盤をビット 1 およびビット 2 で掘削した応答加速度 (x 方向) を図-5, 図-6 に示す. 縦軸は応答加速度, 横軸は時間を表し, 土質境界の位置をグラフ中に破線で示している. 合わせて, RC40 および砂の各区間における応答加速度の平均値を折れ線で示した. 層境においてビットが RC40 から砂へ移動した場合と砂から RC40 へ移動した場合を比較すると, 前者の波形は約 0.4 秒で立ち上がる一方で, 後者の波形は約 0.9 秒で下降するため, 砂から RC40 へ移動する場合の方がゆるやかに変化する傾向が見られる. また, RC40 と砂の各区間で応答加速度の違いが明確であり, 表-2 に示すように最大値から最小値への変化量が大きく異なっている. なお, RC40 区間で波形の表れ方に違いが見られるのは, RC40 の粒度のばらつきによるものと考えられる.

(2) 粘土/砂地盤に関する検証

粘土と砂で構成した地盤をビット 1 およびビット 2 で掘削した応答加速度をそれぞれ図-7, 図-8 に示す. 既往の実験において, 粘土と砂では応答加速度の大きさの平均値には, 明確な違いが表れないことが確認されている. 本実験でも土質境界において波形の顕著な変化は見られず, 層境の移動方向によらず約 15cm/s^2 の変化であった. また, ビット形状を変更してもその傾向は変わらなかった.

5. まとめ

実験結果から以下の考察を得た.

- 1) 土質境界における応答加速度の変化は, 砂と粘土を跨ぐ場合には大きく変化しないが, RC40 と砂を跨ぐ場合に大きく変動する.
- 2) RC40 から砂へビットが移動する場合, 応答加速度の波形がなだらかに下降し, 砂から RC40 へ移動する場合と比較して境界判定の精度が劣る.
- 3) 本実験におけるビットの水平移動は, カッターヘッドの回転を模擬しているため, 掘進時の回転方向によって土質境界の評価に差異が生じる.

現時点での切羽可視化システムでは, 層境の評価にカッターヘッドの回転方向を考慮していない. 本実験結果を地盤構成判定の精度向上のための知見とし, 今後も, より正確な評価へ向けた研究を続ける所存である.

参考文献

- 1) 外木場, 木下ら: シールド切羽可視化システムの構築と実現場への適用(その1)(その2), 第 69 回土木学会年講
- 2) 木下ら: シールド切羽可視化システムの構築と実現場への適用(その3), 第 72 回土木学会年講

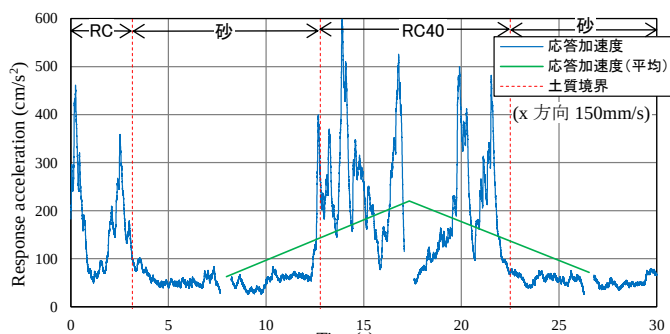


図-5 応答加速度 (砂/RC 地盤; ビット 1)

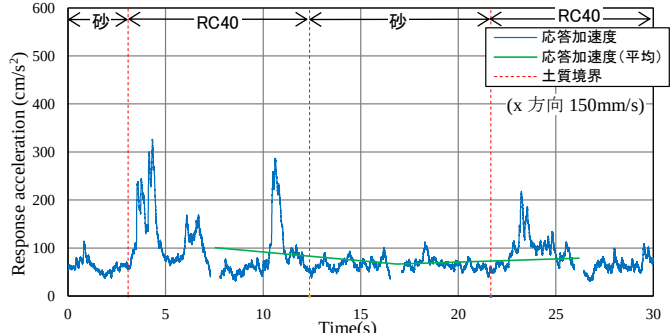


図-6 応答加速度 (砂/RC 地盤; ビット 2)

表-2 応答加速度変化量 [cm/s^2]

ビット	ビット1		ビット2	
地盤	砂	RC40	砂	RC40
最大値	100.25	598.25	114.25	326.50
最小値	27.75	15.75	36.75	12.25
変化量	72.50	582.50	77.50	314.25

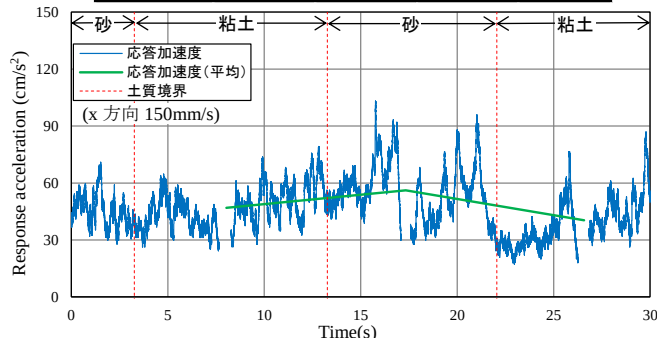


図-7 応答加速度 (粘土/砂地盤; ビット 1)

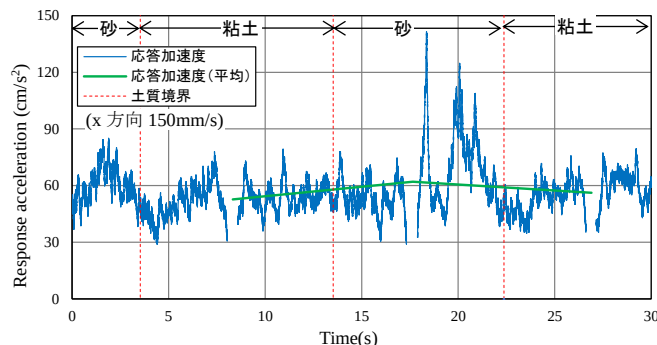


図-8 応答加速度 (粘土/砂地盤; ビット 2)