

## ビットひずみセンサによるシールド切羽前方の可視化技術の開発

東日本高速道路(株) 村田賢士 児玉亮治 尾関 淳  
鹿島建設(株) 正会員 ○高柳 哲 新川健二 劉 偉晨 川野健一 永谷英基

### 1. はじめに

近年、シールドトンネルの施工条件が複雑化している。そのため、施工中に切羽前方の地盤状況をリアルタイムに可視化（以下、切羽可視化）できれば、土質・地盤に起因する施工リスクの解消につながり、結果として安定的にシールド掘進を進めることができ、施工トラブルを回避した高速掘進が可能となる。

そこで、切羽可視化技術を確立するために、シールド掘進時における切羽前方地山やチャンバ内土砂の挙動を模擬できる実験装置を製作した。そして、切羽前方地山を可視化するために、センシング技術を用いて地山強度を評価したので、その結果を報告する。

### 2. 実験装置

#### 2.1 切羽可視化実験装置

泥土圧シールド工事や気泡シールド工事における切羽前方地山やチャンバ内土砂の挙動<sup>1)</sup>を模擬するために、切羽可視化実験装置（写真-1）を製作した。近年のシールド工事の大口径化・大深度化にあわせて、切羽可視化実験装置の土槽内は最大で500kPa（深度50m相当）程度の土水圧を付与できる仕様とした<sup>2)</sup>。

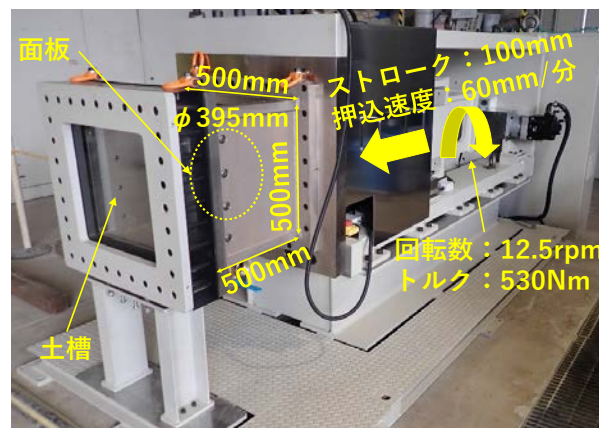


写真-1 切羽可視化実験装置

#### 2.2 ビットひずみセンサ

切羽可視化のためには、センシング技術で前方地山の強度を定量的に評価する必要があると考え、現場での使用実績を基に、ビットひずみセンサ（写真-2）を製作した。実験時は、写真-1に示す実験装置の面板にビットひずみセンサを取り付け、センサ位置で所定のずり速度となるように回転させる。センサ内に貼り付けたひずみゲージの測定値からビットひずみセンサに作用する抵抗力に換算することで、掘削している地山の強度を定量的に評価した。



(a) ビットひずみセンサ (b) 面板取付状況  
写真-2 ビットひずみセンサの取付状況

### 3. 実験概要

#### 3.1 実験方法

写真-3に実験状況を示す。流動化処理土の配合を調整することで、一軸圧縮強さが異なる模擬地山を製作した。模擬地山を実験用土槽に設置して、ビットひずみセンサを取り付けた面板を回転させることで、模擬地山を掘削した。



(a) 模擬地山設置状況 (b) 掘削状況

写真-3 実験状況

#### 3.2 実験条件

実験では、実際の現場条件を参考に、一軸圧縮強さが1.2～5.8MPaの4水準で模擬地山を製作した。また、

キーワード 土層検出, センシング, 可視化, シールド工法

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6552

各ケースにおいて地山への切込み速度を4水準設定して、ビットひずみセンサを2回ずつ周回させた。実験ケースを表-1に示す。

#### 4. 実験結果

実験結果の例としてケース1におけるビットひずみの時系列データを図-1に示す。切込み速度を変えることにより、ビットひずみの値が変わり、切込み速度の増大に伴い、ビットひずみも大きくなることが分かった。ケース1~4における掘削時のビットひずみの平均値と切込み速度の関係を図-2に示す。

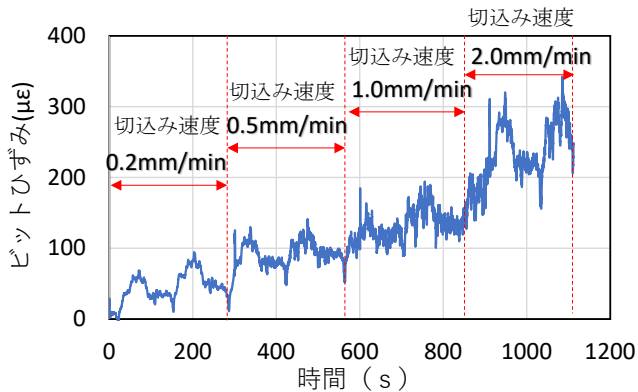


図-1 ビットひずみの時系列データ

これより、各ケースにおいては、掘削する模擬地山の一軸圧縮強さが異なるが、掘削時のビットひずみと切込み速度の関係はほぼ線形であることが分かった。

次に、切込み速度で正規化したビットひずみと掘削対象地山の一軸圧縮強さの関係を図-3に示す。同図より、切込み速度で正規化したビットひずみ値は地山の一軸圧縮強さの増加に伴って線形的に増大していることが確認できた。

従って、ビットひずみ値をモニタリングすることで、現在掘削している地山の一軸圧縮強さが推定でき、それにより土層区分を判定することが可能となる。

#### 5. おわりに

地山を掘削するときのビットひずみセンサの抵抗値から切羽前方の地山強度をリアルタイムで把握することができた。今後、現場での適用を進めるとともにその結果を分析し、シールド前方可視化システムを構築し、横浜環状南線公田笠間トンネル工事で実証していく。

#### 参考文献

- 1) 足立紀尚ほか: 土圧式シールド工法, 鹿島出版会, 2010.
- 2) 川野健一, 永谷英基: シールド切羽における塑性流動センシング技術の開発, 土木学会第76回年次学術講演会概要集, VI-394, 2021.

表-1 実験ケース一覧表

ケース	一軸圧縮強さ (MPa)	切込み速度 (mm/min)
1	1.2	0.2,0.5,1.0,2.0
2	1.6	0.2,0.5,1.0,2.0
3	3.6	0.2,0.25,0.3,0.35
4	5.8	0.2,0.25,0.3,0.35

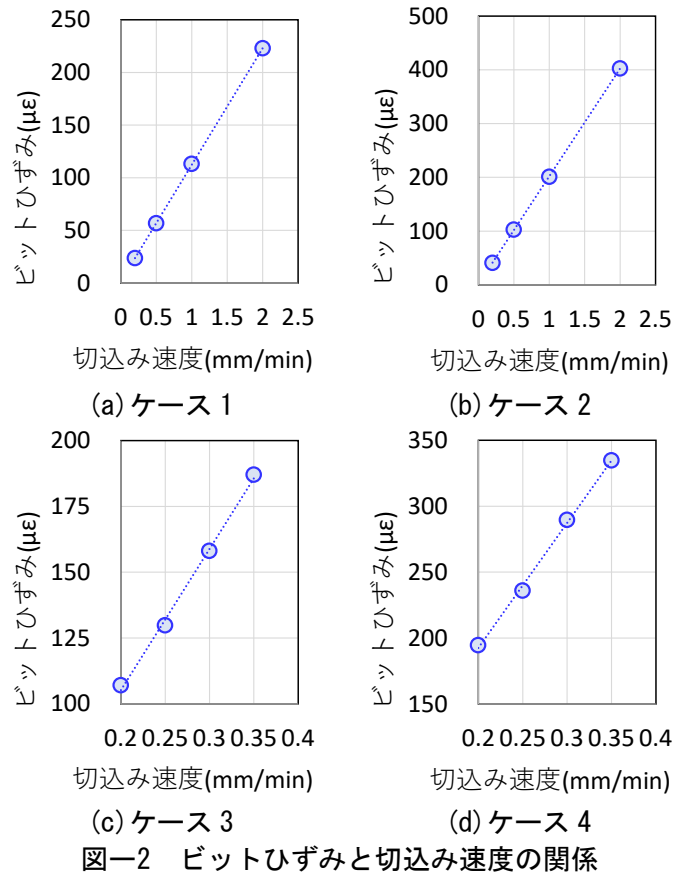


図-2 ビットひずみと切込み速度の関係

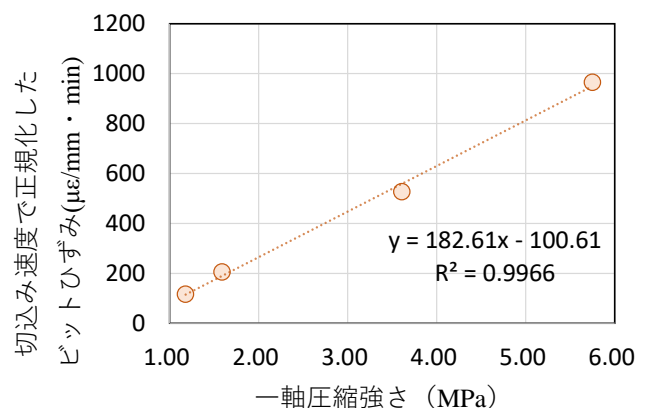


図-3 正規化したビットひずみと地山強度の関係