

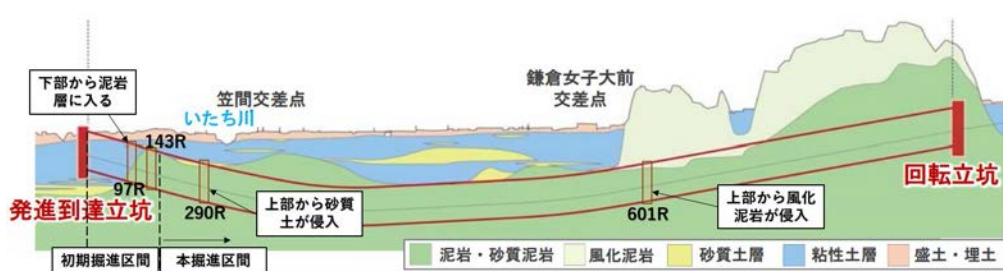
ビットひずみセンサによるシールド前方土層変化のモニタリング

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

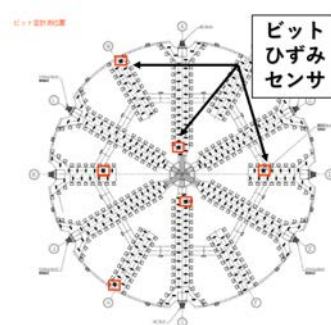
1. はじめに

シールドトンネルの施工条件のうち、切羽土圧の管理手法として施工中にカット前方地山の地盤条件をリアルタイムに把握できる可視化技術が求められている¹⁾。そこで、シールド掘進時の地盤掘削状況を模擬できる実験装置を用いて、掘削ビットから前方地山の地盤条件をモニタリングできる可視化技術を開発した²⁾。本報では、この技術を横浜環状南線公田笠間トンネル工事において適用したので、その実績について報告する。

2. 工事概要およびビットひずみセンサの配置状況



図一1 公田笠間トンネル工事の地質縦断面図



図二2 センサ配置図

本工事は、直径 15.28 m の大断面泥土圧シールド工事であり、図一1 に示すとおり工事対象区間の土層は主に泥岩層であるが、泥岩層上部に沖積砂質土層が存在する区間がある。シールド掘進を安定的に進めるには、土層の変化をリアルタイムにモニタリングして、気泡材の注入条件を調整することが肝要である。そこで、土層変化を検知するためにビットひずみセンサ（図二2）をカッタスポーク上のビットに装着し、地山掘削時の抵抗をひずみ値としてモニタリングした。

3. 初期掘進におけるデータ分析

本工事は小土被り（地上）発進であり、図一1 に示すように初期掘進当初は軟弱な沖積粘性土層が掘削対象であるため、地表面変状対策として地盤改良（15 リングまで：発進保護としての全断面改良，15～80 リング：部分改良）を実施している。改良区間を通過すると、掘進断面の下から徐々に泥岩層が出現し、初期掘進完了時はマシンの全断面が泥岩層に入る状況であった。

図三3 に初期掘進における最外周ビットの計測ひずみ値を示す。全周のひずみ平均値は全断面改良区間が高かったが、部分改良区間では低下し、泥岩層への進入に伴って上昇が続いた。この結果は、改良体の室内強度試験および地山ボーリング試料の強度試験結果と良く整合していた。図三3 中に赤枠で示す 80～100 リングの区間では、掘削断面の下から泥岩層が徐々に出現してくるため、下部における計測値が上部よりも先になる傾向が明確であり、実際の土層構成を正確に検知できることが分かった。

図四4 に 97 リング、143 リングにおける最外周ビットの計測結果をレーダー図で示す。96～100 リングにおいては、上部は Ac 層（沖積粘性土層）、下部は Oc 層（泥岩層）であるため、断面下部の泥岩層を掘削している時の計測値が上部よりも明らかに上昇している。143 リングでは、掘削断面が完全に Oc 層（泥岩層）になったため、計測ひずみ値は全周において概ね同一であった。以上のように、ビットひずみセンサで掘削断面の土層変化をリアルタイムで検出できることが明らかとなった。

キーワード ビットひずみ，土層変化検知，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 042-485-1111

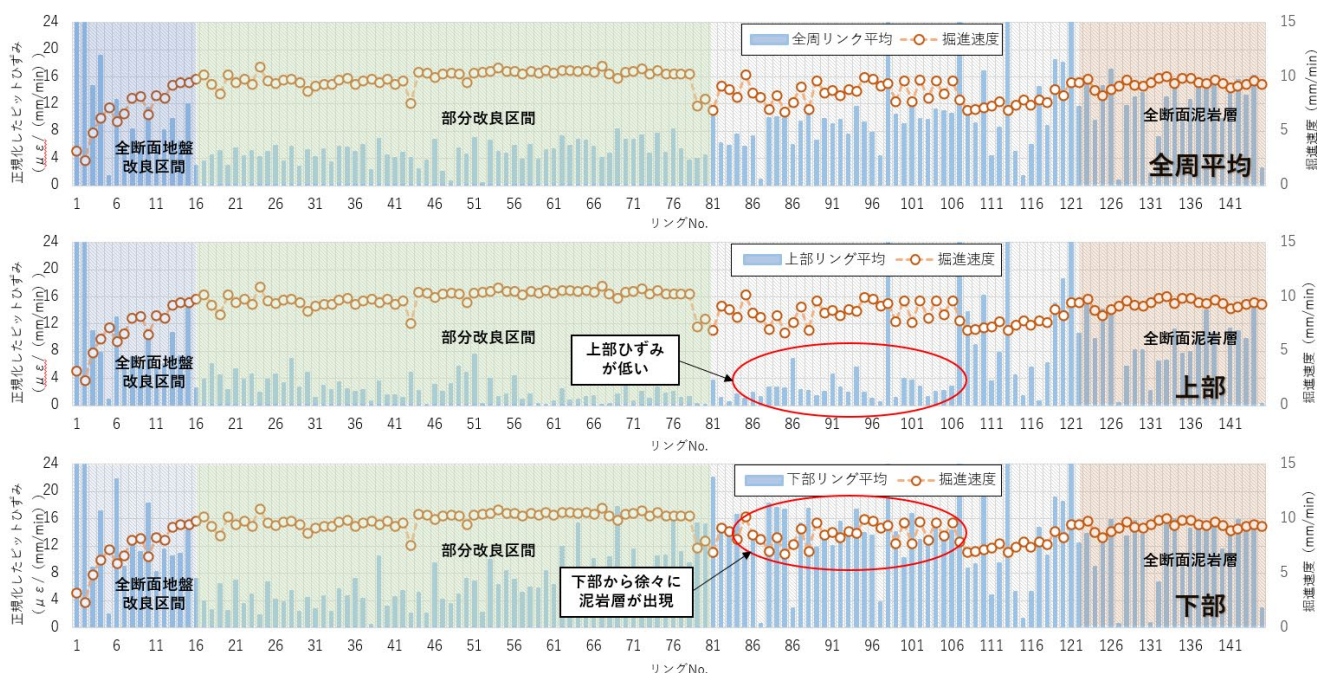


図-3 最外周に装着したビットひずみの計測ひずみ値（上：全周平均；中：上部平均；下：下部平均）

4. 本掘進におけるモニタリング

図-1 の地質縦断面図に示すとおり，初期掘進後の本掘進からは全断面が概ね泥岩層となるが，図中に示した場所において，掘削断面の上部から As 層（砂質土層，290 リング前後）と Oc_w 層（風化泥岩層，601 リング前後）が出現することが分かっている．砂質土層と風化泥岩層はメインの掘削対象土層である泥岩層より，一軸圧縮強度が著しく低いので，ビットひずみセンサで土層変化の検知ができると想定していた．

図-5 に 290 および 601 リングの最外周ビットの計測結果をレーダー図で示す．290 リングでは，掘削断面上部における計測ひずみ値が低下しており，想定どおり As 層（砂質土層）の出現を検知できた．601 リングでは，掘削断面上部における計測ひずみ値が V 字型に低下しており，風化泥岩層の出現を検知できた．

5. おわりに

ビットひずみセンサの計測ひずみ値をモニタリングすることで，シールド掘進断面における前方土層の変化をリアルタイムに検知することができた．大断面シールド工事では，地盤条件の変化をリアルタイムに検知することで，合理的な切羽土圧管理，気泡材注入を実現することができる．当該技術によって切羽の安定性をより高度に監視し，安全・安心なシールド工事の施工に貢献していく．

参考文献

- 1) 国土交通省：シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン，2021．
- 2) 高柳ら：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，土木学会第 77 回年次学術講演会概要集，VI-114，2022．

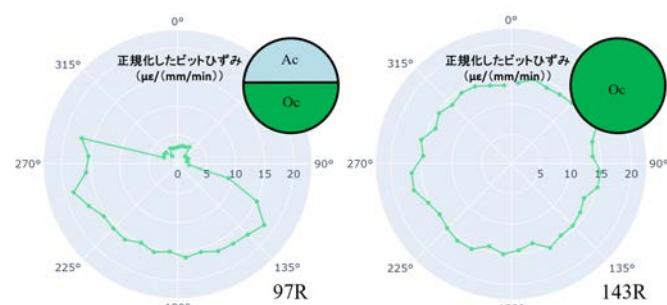


図-4 ビット計測ひずみレーダー図（97，143 リング）

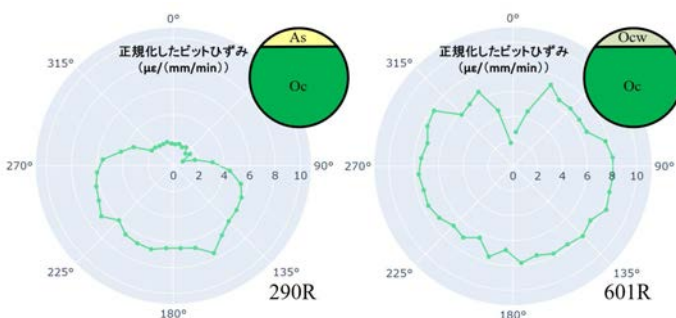


図-5 ビット計測ひずみレーダー図（290，601 リング）