

土砂・岩盤境界部シールド掘削時の作用土圧の計測

阪神高速道路株式会社 正会員 岩里 泰幸
 同 上 正会員 足立 幸郎
 株式会社大林組 正会員 東出 明宏
 株式会社建設技術研究所 正会員 小嶋 勉

阪神高速 8号京都線稲荷山トンネル(シールド区間)は、稲荷山断層を通過し岩盤と土砂地盤にまたがって施工されるトンネル外径は 10.6mの並列トンネルである。施工延長は西行 870m、東行 849mで 1台のシールドマシンで西行きトンネルから掘進し、あらかじめ隣接する稲荷山トンネル(NATM 区間)内に設置したマシン転回場所でUターン施工した。本文は岩盤と土砂の地盤境界部(以下、「地盤境界部」)において土圧とトンネル内空変位の計測を行い、セグメント作用荷重についてとりまとめたものである。

1. 地層概要と計測内容

地盤境界部の地層状況と計測位置を図 1 に示す。計測は岩側から土砂側へ向けて掘進する東行トンネルで実施した。トンネル掘削地盤は頁岩層、チャート層、砂礫層の順に変化する。頁岩層は岩級区分CLでRQD 30%、一軸強度は $40\text{MN/m}^2 \sim 60\text{MN/m}^2$ であると推定される。チャート層は岩級区分CL~DでRQD 15~0である。砂礫層は大阪層群に属しN値 50 程度と良く締まっている。また、トンネル上部の岩被り厚は稲荷山断層部の計測断面 1 で土被り 1.5D 程度、計測断面 2 で土被り 0.5D 程度、計測断面 3 ではトンネル上半が砂礫層でトンネル下半がチャート層である。今回の計測では各計測断面で写真計測による内空計測を行うとともに計測断面 2 において土圧計測及びユニバーサル変位計で変位計測を行った。

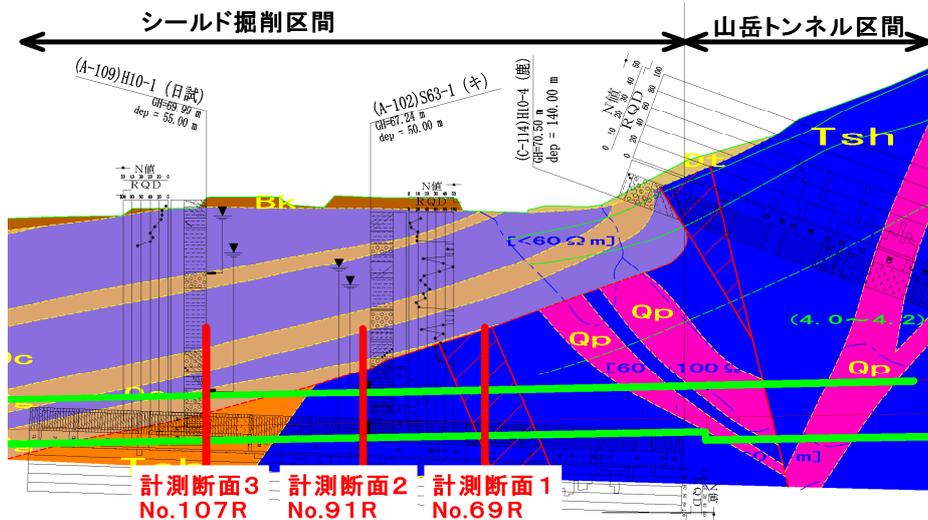


図 - 1 計測位置と土層縦断図

地層名	記号	岩相・層相
大阪層群	Oc	固結粘性土 (N値: 10以上)
	Og	よく締まった礫砂質土 (N値: 50以上)
貫入岩	Qp	ひん岩 (RQD: 10~30%)
丹波帯	Tsh	頁岩 (RQD: 0~30%)
	Tch	チャート (RQD: 0~15%)

なお、シールドマシンは岩盤対応の泥水式シールドマシンで地盤境界部は岩盤対応のディスクカッターローラービットにより掘削する。掘削時のマシン周辺の余掘り量は 150mm である。裏込め注入は即時注入で実施する。覆工は合成セグメント(NMセグメント)で、セグメント幅は 1.5m、セグメント厚は 0.25m である。

2. 計測結果

(1) 内空断面変化の挙動

写真計測はデジタル写真計測により実施する。計測方法はセグメント組立直後、裏込め注入後、裏注材硬化後の 3 回についてトンネル内面形状を測定し施工過程の内空挙動を把握した。

計測結果の内空変位を図 - 2 に示す。各計測断面での組立て直後からの内空変化は表 - 1 のとおりである。

キーワード シールド工法、岩盤対応シールド, 土圧, 写真計測

連絡先 〒604-8152 京都市中京区烏丸通錦小路上ル 烏丸中央ビル 6F TEL 075-223-1779

上記の結果より、岩被りが1.5D程度ある計測断面1（稲荷山断層部）では鉛直方向の縮小がなく、岩被りが0.5Dの計測断面2と岩被りがない計測断面3では鉛直方向の内空断面縮小が確認された。

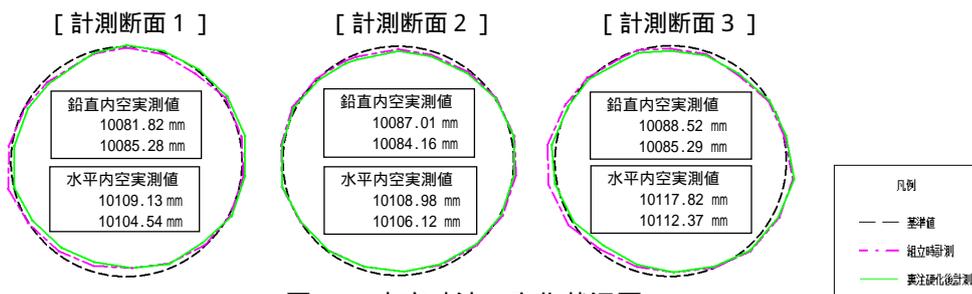


図 - 2 内空寸法の変化状況図

表 - 1 内空変位量一覧表 (組立時と裏注硬化後の差)

計測断面	鉛直方向内空変位量	水平方向内空変位量
1	+3.5mm	-4.6mm
2	-2.9mm	-2.9mm
3	-3.2mm	-5.5mm
(備考)	+内空拡大 -内空縮小 を示す	

(2)土圧の計測

岩被りが0.5Dの計測断面2において、セグメント周囲にパッド式土圧計を装備して土圧計測を行った。計測はセグメント組立て直後から裏込め注入材が硬化し設計強度程度を発現すると思われる2週間後までの期間について実施した。掘進に伴う土圧計の計測値の変化を図-3に示す。

掘進直後において土圧計は泥水圧0.2(MPa)相当の値を示し、裏注圧0.4(MPa)による裏込め注入実施後0.32(MPa)相当まで上昇する。その後、裏込め注入材が設計強度に達する20日後までに0.45(MPa)まで上昇して安定している。この値は表2に示すとおり設計土圧+水圧より10%~20%程度大きな数値となっている。

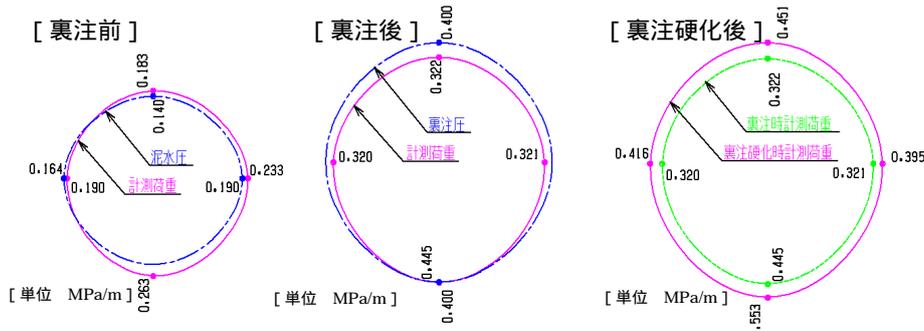


図 - 3 作用土圧の変化状況図

表 - 2 計測土圧と設計荷重の比較

位置	計測荷重	設計荷重 (水圧考慮)		設計荷重 (水圧非考慮)	考 察	
		土圧	水圧			合計
上部荷重 (MPa/m)	0.45	0.10	0.27	0.37	0.20	上部の計測荷重は水圧考慮の設計荷重の合計より20%程度大きい値となっている。
側部荷重 (MPa/m)	0.40	0.07	0.32	0.39	0.09	上部の計測荷重は水圧考慮の設計荷重とほぼ同等の値となっている。
下部荷重 (MPa/m)	0.55	0.10	0.37	0.47	0.20	下部の計測荷重は水圧考慮の設計荷重の合計より17%程度大きい値となっている。

3. 考察

計測断面1で鉛直内空変位の縮小が計測されなかったのは、岩被りが1.5Dと他の測線より大きかったことに加えて稲荷山断層付近は頁岩が細かく粉砕されて再固結した状況であり、シールド掘削時において周辺地盤にゆるみの拡大が少なく、トンネルに作用する土圧が小さかったことも要因として考えられる。

裏注直後の計測値は裏注圧が大きく作用しているものと考えられるが、裏注材は硬化に伴い体積収縮することと、地質調査と西行きトンネル施工時の状況から掘削地盤においては地下水が確認されていないことから、20日経過後の計測値は周辺地盤からの作用土圧が主体となっていることが考えられる。

計測断面2では裏注施工後20日経過時点での土圧計測値は土被り1.5D程度のゆるみ土圧に相当し、隣接する土砂部の設計ゆるみ土圧(土被り2.2D相当)の70%程度と比較的大きな荷重が作用している。

4. まとめ

近年、軟岩部におけるシールドの施工事例が増えてきているが、岩盤部を掘削するシールドの作用荷重に関するデータはまだ少ない。今回の計測結果は、劣化した頁岩を掘削するシールドの計測結果の一事例として今後の都市周辺の同種地盤におけるシールド施工において参考となれば幸いである。

参考文献

・西岡、仲：京都市街地のシールド転回用大断面 NATM、トンネルと地下、2003年6月・藤井、足立：土砂岩盤境界領域におけるセグメント設計、第58回年次学術講演会、2006年9月・桜井：都市トンネルの実際、鹿島出版会、1998年1月