

VI-73 併設シールドトンネルの影響計測について （大径礫混じり砂礫地盤における計測結果）

札幌市交通局 伴辺正裕 高平秀樹
（株）熊谷組 ○正会員 岸谷 真 野口慎男

1. はじめに

札幌市地下鉄東豊線延長工事（豊水すすきの駅～福住駅間）5.5 kmのうち、豊水すすきの駅から学園前駅間は、一級河川石狩川水系豊平川を横断する南行線・北行線2本の併設トンネルをシールド工法により施工した。シールド延長938mのうち、到達部付近約20mの区間で併設するトンネルの離隔が4.0mから2.1mに順次接近するため、後行シールド（北行線）の掘進による先行トンネル（南行線）への影響が懸念された。本文は併設シールド掘進の影響によるトンネルの挙動等の計測結果について報告する。

2. 計 測

（1）目的 本工事の施工では大径礫混じり砂礫地盤を掘削するために、次のような現象による先行トンネルへの影響が考えられた。

- ①礫地盤内掘削時のカット負荷および泥土圧の伝播による押し出しによる影響、あるいは緩み範囲の拡大による鉛直土圧の増加による影響。
- ②シールド外周部に存在する巨礫の取り込みによる空隙の発生とそれに伴う緩み範囲の拡大による鉛直土圧の増加および水平地盤反力の低下による影響。

そこで、本計測では後行シールド掘進時の影響による先行トンネルの挙動を定量的に把握しながらその構造上の安定性を確保することを目的として先行トンネルのセグメントの計測を行った。

（2）計測概要 計測項目は、セグメントの応力度、ボルトの応力度（円周方向・トンネル軸方向）、トンネル内空変位で（表-1参照）、計測位置は図-1に示すA、B、Cの3断面とした。

計測フローを図-2に示すが、セグメントおよびボルトの応力度が許容応力度に達した時点で、変形防止工を作動させることとし、いつでも使用できる状態に設置した。

表-1 計測項目

計測項目	計測断面数	計測点数 (1断面あたり)	使用計器
セグメントの応力度	3	12	ひずみゲージ
ボルトの応力度 (円周方向)	3	16	ひずみゲージ
ボルトの応力度 (トンネル軸方向)	3	6	ひずみゲージ
内空変位	5	4測線	内空変位計 (0.1mm読み)

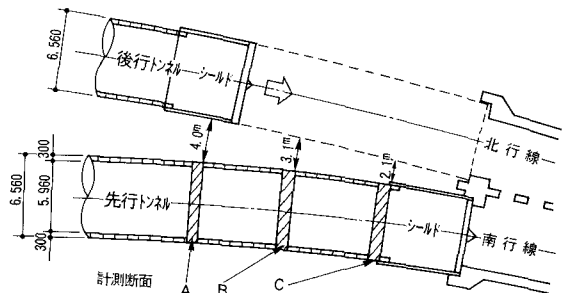


図-1 近接度合いと計測位置

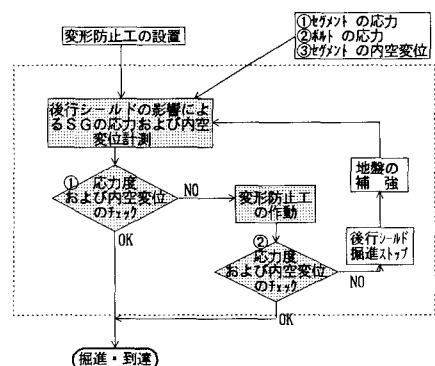


図-2 計測フロー

3. 計測結果

先行トンネル完成時（後行シールド掘進前）のセグメントの発生応力度は、最大で500 kgf/cm²前後と許容応力度の1/3～1/4程度であり、後行シールド掘進時の応力度の変動幅は許容応力度の一割以内におさまっており、変形防止工を作動させることなく先行トンネルの安全性を確保することができた。

また、後行シールド掘進にともなう先行トンネル（セグメント）の挙動は、曲げモーメントの経時変化および内空変位より把握することができる（いずれも、後行シールド再掘進開始時を初期値とした）。

① 計測断面Bのセグメントの挙動： シールド切羽通過後から、ポイント1,4（ポイント No は図-3の配置Noを示す）が正曲げ（内側引張）に変化し、2,6が負曲げ（外側引張）に変化している。テール通過後も変化が継続している。これは、後行シールドの掘進の影響により、鉛直土圧の増大あるいは水平地盤反力の低下によるセグメントの鉛直つぶれが発生していることを意味しており、内空変位でもその現象が現れている。

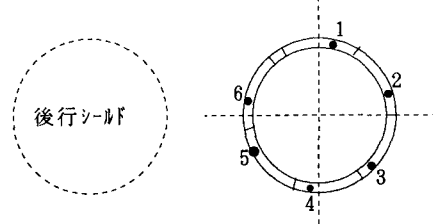
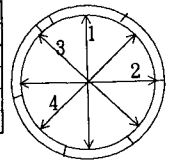


図-3 歪み計の配置

表-2 内空変位量

測 線	内空変位量(mm)			
	1	2	3	4
B断面				
①	0.3	0.0	-	-
②	-1.2	0.8	-0.5	0.1
C断面				
①	0.5	-0.4	-	-
②	-1.1	0.4	-1.3	0.8

※ ①：切羽が計測断面に到達する直前の変位量
②：切羽通過後の最終変位量



② 計測断面Cのセグメントの挙動： 切羽到達の5m以上手前より切羽圧による押し出しの現象が現れており直前の掘削でその影響はさらに顕著である。その後、シールド切羽通過後から、ポイント4が正曲げ（内側引張）に変化し、2,6が負曲げ（外側引張）に変化している。これは、切羽圧による押し出し力によりセグメントが縦長へ変形した後、シールド通過に伴ってセグメントの鉛直つぶれが発生していることを意味しており、内空変位でもその現象が現れている。

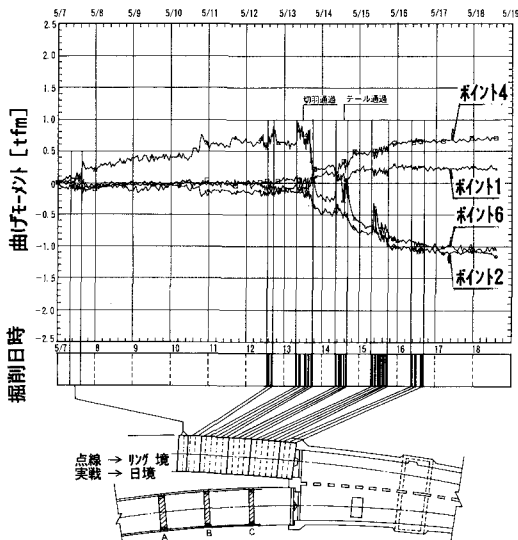


図-4 断面Bの曲げモーメント経時変化図

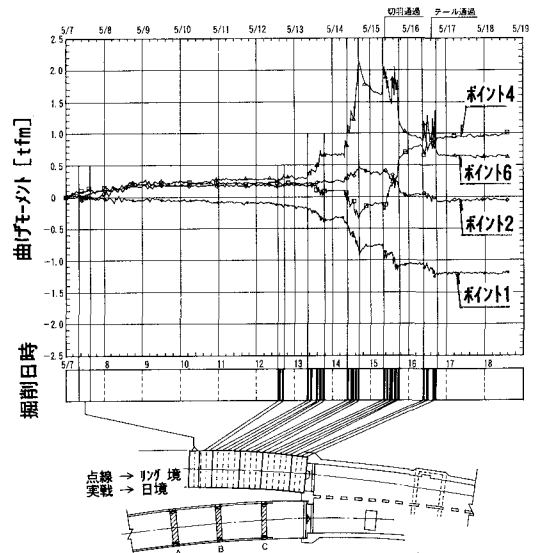


図-5 断面Cの曲げモーメント経時変化図

4. おわりに

今回の大径礫混じり砂礫地盤での併設トンネルの計測では、先行トンネルへの影響は少なかったが収集されたデータより以下のことが言える。

- ①セグメントの鉛直つぶれは、シールドが計測断面の側部を通過している時から発生している。
- ②後行シールドの切羽圧あるいはカッタ負荷の伝播によると思われるセグメントの押し出し現象が、離隔2.1m(0.3D)の時に発生している。

併設の影響は、トンネルの近接度合いや対象となる地盤によって異なってくるものと判断されるが、今回の計測結果が同様な地盤での参考資料となれば幸いである。