

Ⅲ-659

砂質地盤中の覆工作用土圧に与える裏込注入の影響

大阪市交通局
大 林 組
大阪土質試験所

正会員 伊奈昭二 伊藤 仁
正会員 土屋幸三郎 美馬健作
正会員 橋本 正 ○長屋淳一

1. はじめに

シールドトンネルの設計にはセグメントに作用する土・水圧（以下セグメント土・水圧と称する）を把握することが重要であるが、周辺地盤の土質特性や施工条件等に影響されるため正確に把握することは非常に難しい。例えば、現行のシールドトンネルの設計においては土被りが1～2D以上の砂質地盤では緩み土圧を採用しているが、地山を緩ませてアーチ作用が生じる状態であるかどうかは、裏込注入条件に左右される。最近のシールド施工では切羽における変位は小さく、裏込注入を100%以上の注入率で行うため緩みが生じる状態とは言い難い。本論文では、砂質地盤を掘進する実施工現場において裏込注入条件の異なる計測断面を設け、裏込注入による覆工土圧への影響を現場計測結果より検討を行った。

2. 工事概要

計測現場は大阪市高速鉄道7号線における大阪城公園下を掘進するシールドトンネルである。シールドマシンは土圧式(気泡)シールドであり、裏込注入は同時裏込注入方式としシールドマシンの左右肩部より注入を行った。セグメントは外径 $\phi 5300\text{mm}$ 、桁高280mm、幅1200mmのRCセグメントである。図-1に計測位置における土質柱状図を示す。土層構成はGL-8mまで沖積砂層と粘土層、GL-8～11mに洪積砂礫層、GL-11～13mに洪積粘土層、GL-13～22mに大阪層群砂質土層(Os8層)が堆積している。シールドの土被りは16.8mであり、掘進土層はほぼ全面にわたりOs8層である。表-1にOs8層の土質特性を示す。土質試験ではOs8層より凍結サンプリングにより採取した試料を用いてCD試験を行っており、その結果 $c_d = 0.23\text{kgf/cm}^2$ 、 $\phi_d = 39.1^\circ$ であった。

3. 計測概要

計測は表-2の示す裏込注入条件を設定した計測断面を2断面を設け、セグメントに土圧計および水圧計を設置した。裏込注入ケース1では通常の裏込注入（注入率135%）を行い、ケース2では前後5リングを裏込注入により地山を押し上げない様に低圧力で注入率100%の注入を行った。図-2にセグメント計測の計測器設置位置を示す。また、セグメント土圧計測にはパッド式土圧計¹⁾を用いた。

表-2 裏込注入条件

	ケース1	ケース2
計画注入圧	水圧+1.5kgf/cm ²	水圧+0.2kgf/cm ²
計画注入率	135%	100%
裏込材	標準配合	低強度配合
注入方法	通常注入	注入圧が計画圧力より大きくなるようであればその時点で注入完了とする。

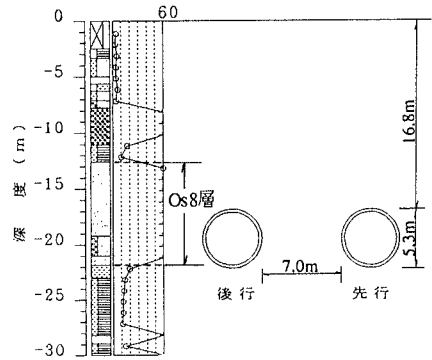


図-1 計測位置における土質柱状図

表-1 Os8層の土質特性

粒	礫 (%)	1～18
度	砂 (%)	72～87
分	シルト (%)	7～11
布	粘土 (%)	5～8
均等係数 U_c		9.0～18.3
曲率係数 U_c'		2.3～4.87
N 値		50≤
粘着力 c_d (kgf/cm ²)		0.23
内部摩擦角 ϕ_d (度)		39.05

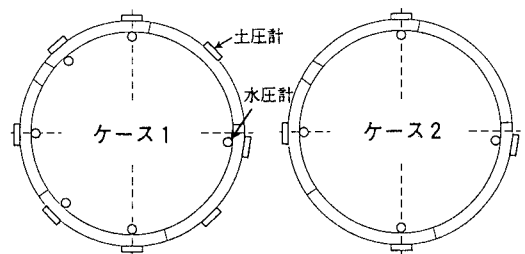


図-2 計測器設置位置図

4. 現場計測結果

図-3に上部、側部、下部における覆工全土圧の経時変化図を示す。ケース1では計測断面の裏込注入直

後は $1.0 \sim 1.5 \text{ kgf/cm}^2$ であるが、後続リングの裏込注入時に計測断面における土圧が約 2.0 kgf/cm^2 まで上昇し、テール通過後4カ月において $2.0 \sim 2.5 \text{ kgf/cm}^2$ の土圧が残存している。一方、ケース2では計測断面の裏込注入後は $0.8 \sim 1.1 \text{ kgf/cm}^2$ であり、後続リングの注入時に若干の増加が見られるが、その増加量は小さくテール通過後4カ月において $1.2 \sim 1.6 \text{ kgf/cm}^2$ の土圧が分布している。また、両ケースとも長期的な土圧は増加傾向にあるが、これは後続シールド通過および兵庫県南部地震時の影響とセグメント周辺地盤の水位回復によるものであり、有効土圧は裏込注入後大きな変化はない。図-4にテール通過後4カ月における全土圧とセグメント周辺水圧より求めた有効土圧分布を示す。セグメント周辺地盤の水圧はシールド上端部で 0.79 kgf/cm^2 でほぼ静水圧分布であった。ケース1では裏込注入による押し抜けにより $0.6 \sim 1.2 \text{ kgf/cm}^2$ の有効土圧が作用しているが、ケース2では覆工に作用する有効土圧はセグメント上部で 0.5 kgf/cm^2 、下部では 0.03 kgf/cm^2 であり、ケース1に比べて小さな値である。

5. 緩み土圧と計測値の比較

表-3に設計およびCD試験結果の c_d 、 ϕ_d を用いて算出した緩み土圧とセグメント上部における土圧の計測結果を示す。実測土圧と緩み土圧を比較するとケース1では実測土圧は緩み土圧よりも大きな値であり、設計値の約2倍、CD試験結果の c_d 、 ϕ_d を用いて算出した緩み土圧の約6倍の土圧が作用している。これは裏込注入により地山を押し抜け、初期の裏込注入圧が長期的に残存したためである。これに対して低圧力で注入率100%のケース2では緩み土圧に近い値を示しており緩みゾーンが形成された状態にあると考えられる。

6. まとめ

- 1) 覆工に作用する土圧は通常の裏込注入では緩み土圧よりも大きな土圧が作用し、長期的にも残存する。
- 2) 低圧力で注入率100%の裏込注入では緩み土圧に近い土圧が作用し、長期的にも大きな変化はない。
- 3) 覆工に作用する土圧は裏込注入に大きく影響され、設計土圧を設定するには裏込注入条件に留意する必要がある。

参考文献

- 1) 橋本 正, 矢部興一, 山根明彦, 伊藤博昭(1993): パッド式シールドセグメント用土圧計の開発, 第28回土質工学研究発表会, pp.2055~2058

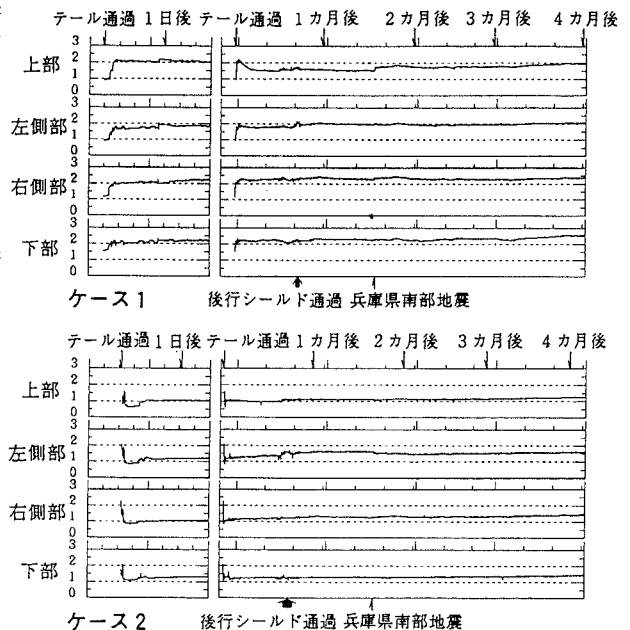


図-3 覆工に作用する全土圧の経時変化図

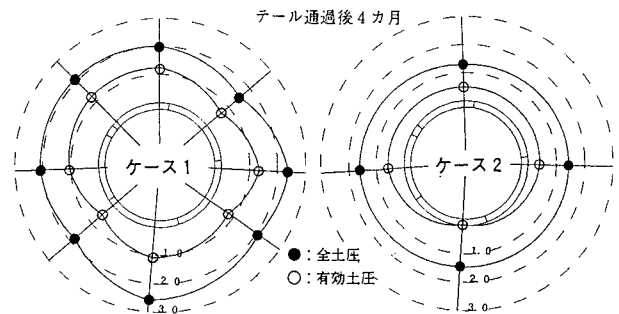


図-4 覆工に作用する土圧の分布図

表-3 緩み土圧と計測値の比較

		緩み土圧及び実測土圧 (kgf/cm^2)	c (kgf/cm^2)	ϕ (度)
緩み土圧	設計値	0.60	0.0	34
	CD試験	0.20	0.23	39.1
計測値	ケース1	1.21		
	ケース2	0.49		