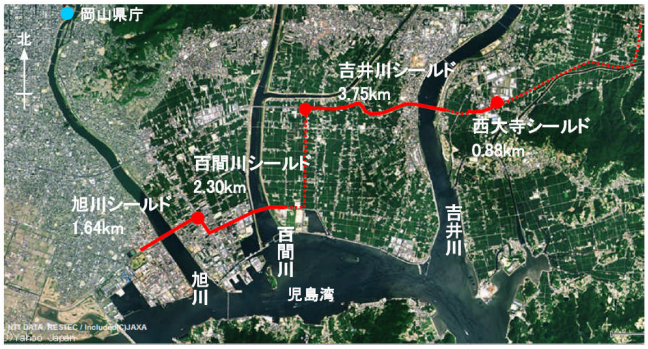
道路盛土に近接した小土被り軟弱地盤でのシールド掘進

－高圧ガス導管　姫路・岡山ラインにおける小断面非開削工事（その 8）－

鴻池組・奥村組共同企業体　　正会員　○樋口　昌典
鴻池組・奥村組共同企業体　　中川　直彦
大阪ガス株式会社　　正会員　　満田　規夫

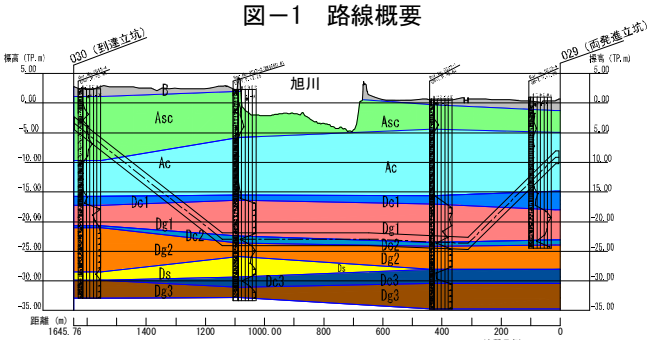
１．はじめに

大阪ガス(株)の高圧ガス導管（φ600㎜）姫路岡山ラインのうち、岡山平野の南端部を東西に縦断する 4 本のシールド工事は、3 箇所の一級河川横断やブルーラインの道路盛土に並走し横断するガス導管敷設用のさや管トンネルである。いずれの工区もφ2,270 ㎜の泥土圧式シールド工法により施工した。これらの路線は、吉井川や旭川などの河川の沖積作用によって形成された岡山平野に位置し、江戸時代から戦後にかけて「児島湾干拓地」として整備された場所である（図－1）。



図－1　路線概要

地質は、TP-15m以深は構造物の支持層となる砂礫主体の洪積層であるが、TP-15m以浅は、N値＝0～2 程度の沖積砂層もしくは沖積粘性土層で構成されている。図－2 の路線概要図に示すように、各路線ともこれらの地層を縦断する線形である。



図－2　旭川シールド路線概要図

シールド路線周辺は市街化が進み、重要構造物と近接または横断する。そのため、発進直後と到達直前の沖積粘性土層を対象に、シールド掘進による周辺地盤への影響を低減するため、シールド掘進時の切羽土圧と裏込め注入圧の管理方法を設定し施工を行った。

２．沖積粘性土層の特性

軟弱地盤のシールド掘進においては、①切羽前沈下または隆起、②シールド機通過沈下、③テールボイド沈下、④後続沈下などが複合的に発生し地盤変状要因として大きな影響を及ぼす。

一方、各路線の沖積粘性土層の特性は、自然含水比（Wn）が液性限界（WL）より大きく、液性指数（IL）＞1 であることからも、攪乱等により容易に軟弱化することが予想できた（表－1 の着色部）。

	地層記号	深度 GL-	湿潤密度	自然含水比 Wn	コンシステンシー特性 液性限界 WL	塑性限界 Wp	塑性指数 Ip	液性指数 IL	一軸圧縮強度 qu
		m	t/m³	%	%	%		IL=(Wn-Wp)/Ip	kN/m²
西大寺シールド	Ac	8.3	－	63.8	－	－	－	－	－
	Ac	9.4	1.62	62.1	47.8	22.1	25.7	1.6	53.7
吉井川シールド	Ac	6.4	1.52	80.7	75.4	23.8	51.6	1.1	57.2
	Ac	9.4	1.61	64.8	65.8	21.6	44.2	1.0	73.3
百間川シールド	Ac	9.3		58.5	72.7	25.6	47.1	0.7	－
旭川シールド	Ac	12.3	－	45.4	40.9	16.7	24.2	1.2	
	Ac	13.4	1.77	40.2	44.3	17.7	26.6	0.8	－

表－1　岡山平野における沖積粘性土層の特性

このような軟弱粘性土地盤では、過大な切羽圧では先行隆起、過小な圧力では取込過多による沈下を生じ、また裏込め注入材が割裂注入となり易く、背面地盤の乱れの発生が長期間にわたって沈下の原因となることが懸念された。

３．管理切羽土圧と裏込め注入圧

地盤の変状をきたす要因として、シールド掘進における切羽土圧と裏込め注入圧に着目し、軟弱地盤の掘進

キーワード　小土被り，軟弱地盤、道路盛土
連絡先　　〒541-0057　大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1　㈱鴻池組大阪本店土木部　TEL06-6245-6370

管理については、地盤が降伏状態に至らない弾性的挙動の範囲内で切羽土圧ならびに裏込め注入圧を管理することとした。(参考文献：軟弱粘土地盤中の密閉式シールドにおける切羽土圧管理について, 第 25 回土質工学研究発表会, 平成 2 年 6 月)

シールド掘進時における切羽土圧を前面地山の静止土圧±2ｃの範囲内で制御できるかが、粘性土地盤においてシールド施工が可能か否かの判断基準となる。ただし、トンネル周辺地盤の変形がそのまま地表面変位として表れることが懸念される今回の軟弱鋭敏粘土層の掘進は、より慎重な切羽土圧管理が要求され、静止土圧±ｃの範囲内での土圧管理を目安とした。具体的な管理値の設定方法を下記に示す。

切羽土圧上限値；静止土圧＋水圧＋c（粘着力）

切羽土圧目標値；静止土圧＋水圧

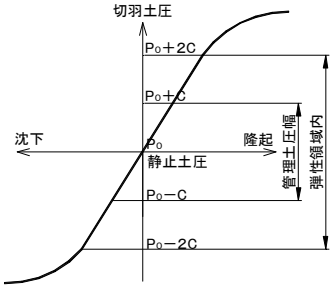
切羽土圧下限値：静止土圧＋水圧－c（粘着力）

ここに、静止土圧＝有効鉛直土圧×k_0（静止土圧係数k_0=0.5）

また、裏込め注入圧については、下記のように設定した。

裏込め注入圧（最大値）＝min（鉛直土圧、割裂圧）

鉛直土圧＝σｖ＋c　ここに、σｖ＝有効鉛直土圧（シールド天端）＋水圧、ｃ：粘着力



図－3　切羽土圧管理の概念図

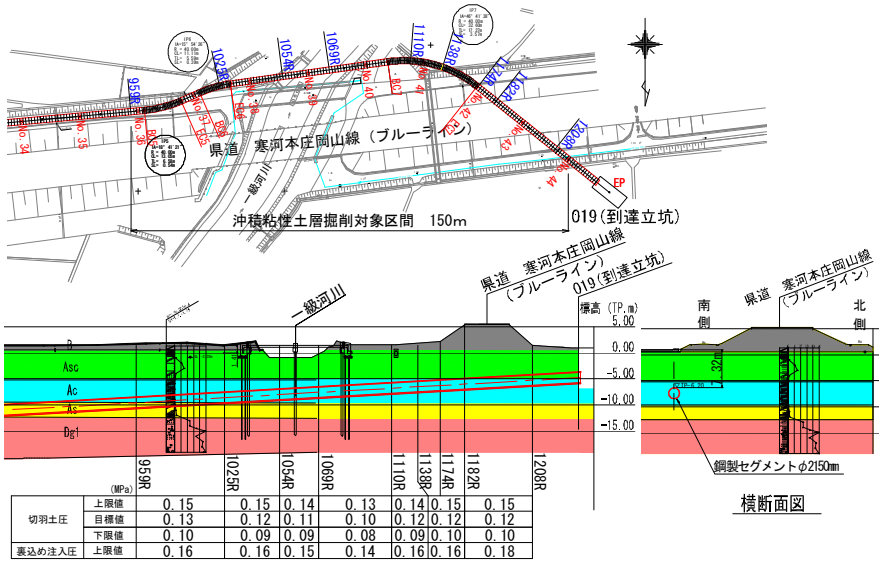
割裂圧＝σｈ＋qu　ここに、σh＝有効鉛直土圧（シールド天端）×k_0＋水圧、qu：一軸圧縮強度

なお、切羽土圧はシールド機中心、裏込め注入圧はシールド機天端の位置で算出した。

４．軟弱粘性土地盤の掘進

西大寺シールドでは、軟弱粘性土層にカッタヘッドが差しかかった地点から道路盛土通過完了するまでの 150ｍ区間について土被り変化点毎に管理値(図－4)を設定し掘進管理を行った。実施工では、目標値から上限値の間で切羽土圧の管理を行った。圧力の制御はリボンスクリュー回転数の調整を主体に、ジャッキスピードと排土ゲートの開口率でコントロールした。

込め注入圧は、グラウトホール直前に取り付けた圧力計の値を上限値とし、後続注入設備の吐出圧との差を考慮して注入を実施した。



(MPa)		955R	1025R	1054R	1069R	1110R	1138R	1174R	1182R	1208R
切羽土圧	上限値	0.15	0.15	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15		
	目標値	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.12	0.12		
	下限値	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10		
裏込め注入圧	上限値	0.16	0.16	0.15	0.14	0.16	0.16	0.18		

図－4　掘進管理値（西大寺シールド）

軟弱地盤の R=40m急曲線掘進時は余掘りに対し、テールでの裏込め注入を行うまでの間に地盤の変形防止と余掘り量確保のため、シールド機内から可塑材の注入を併用した。

沖積粘性土を通過した道路盛土周辺の地表面沈下は、最大２㎜の沈下量となった。この結果は、今回実施した管理方法が周辺地盤の沈下低減に効果的な方法であったと考える。

５．おわりに

小土被りで軟弱粘性土地盤のシールド掘進では、特に切羽土圧と裏込め注入圧については地盤特性を踏まえて管理値の上下限幅を細かく設定し、掘進することが重要である。

近年のシールドは、１路線で小土被りから大土被り、軟弱地盤から硬質地盤、縦断線形の変化、重要構造物に近接など施工条件が多岐にわたって変化する場合が多くなっており、それぞれの条件に見合った掘進管理システムを工夫していきたい。