

III-209 土かぶりの浅い砂地盤をNATMで施工（鹿島線大貫トンネル）

日本鉄道建設公団東京支社（正会員） 谷 正史

1 はじめに

鹿島線は、常磐線水戸駅から分岐して、大洗町をきて鹿島灘に沿って南下し、銚田町、鹿島町、潮来町を至由し、成田線香取駅に至る延長70.2kmの路線で、鹿島湾海工業地帯と北関東、東北、京浜地帯と結ぶ貨物輸送、並びに大洗、涸沼及び鹿島、潮来、香取を併せた、水郷国定公園の観光開発等に伴う、旅客輸送を主たる使命とする路線であって、これが完成することによつて、沿線の産業開発に寄与する効果大なるものがあると、期待されている。

線路は水戸駅起算より、1.2km付近までは平坦であるが、これより先は標高約55mの鹿島台地がつづいていて、この台地を大貫トンネル（延長1.380m、土かぶり約25m～12m）が、単線特1号型で施工された。トンネル上部の台地には、1日約12,000台の交通量を有する国道5号線が、土かぶり約7mで横断し、また、トンネル直上には5戸の農家が点在、更に国道5号線に沿って原子力研究所の冷却水圧送管（φ700mm）が埋設されている。

この台地は、第四期洪積世の下総層群から成る土砂山で、今までのトンネルの地質概念では、サイロット工法が、メッセル工法でないとい施工出来なかったと思われる土砂山に、NATMを採用したものである。

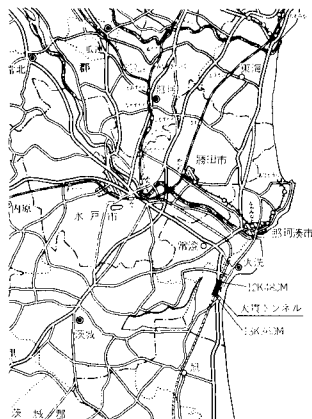


図-1 位置図

2 地質概要

大貫トンネルの位置する鹿島台地は、幼年期地形で準平原状を呈していて、台地の表面は層厚の一定しない関東ローム層で被われ、その下層は、下総層群の見和層が層厚約20m前後で下部層の上位にほぼ水平に中部・上部層が分布している。トンネルはこの上部層をかぶり平均7mで通過して、層の中間には、50cm～2m位の層厚で粘土層が分布している。この粘土層は水戸方より700mはフラウン部、残り400mについてはスプリング付近にあらわれた。この粘土層上部には富水を貯留して、たまたま、揺さくに伴ってこれが湧水となって作業に影響をあたえ、またフラウン部の粘土層はN値20以下と軟弱なものであったが、天井壁を構成してくれて、揺さくに莫献してくれた部分もあった。

砂層のN値は、スプリング付近より上部は、20～50とバラツキが見られ、下部は50以上と非常に良く締った層であった。

なお、地質縦断面図は、図-2、地山物性値は、表-1のとおりである。

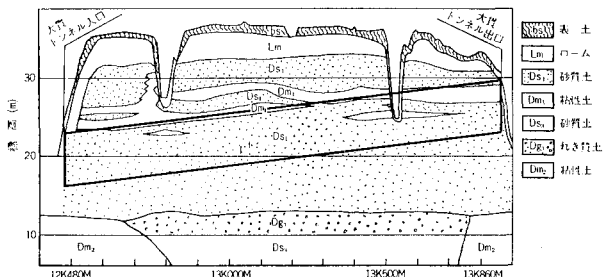


図-2 地質縦断面図

表-1 地山物性質					
資料採取場所		12K480M付近		18K420M付近	
		粘土	砂	粘土	砂
項 目					
単位体積重量 (kg/m^3)		1.2	1.5	1.8	1.9
弾性係数 (kg/cm^2)		100	120	200	250
ポアソン比		0.4	0.4	0.4	0.4
粘着力 (kg/cm^2)		0.7	0.13	1.2	0.8
内部摩擦角 (度)		14	30	0	40

3 予備試験について

本施工前に、砂山の地山補強としてのロックボルト、吹付コンクリートの柔構造としての信頼性、施工性を把握するため予備試験を行った。

ロックボルトの試験は、粘性土、砂質土と地質別に、1 穿孔機による作業性と作業能率、2 穿孔された孔壁の形成並びに自立状態、3 ボルトでん充剤の組合せによる引抜特性、について行い結論としては、穿孔機械は、粘性土に対しては、エアーオーガー、砂質土に対してはフカシ棒（鋼管 $\phi 50$ mm）を採用、ボルト及びでん充剤については、スミネジバーと主体とした全面接着方式を採用した。なお、引張強度は、 $\phi 40$ mmで $6 \sim 10$ tonを得た。

吹付コンクリートの試験は、特に砂山に対しての施工性と把握するために行った。その結果、砂山では吹付コンクリートの吐出圧によって地山がえぐられ、付着がわるいので、地山にメタルラスをアンカーピンで固定して吹付た結果、良い成果を得た。吹付コンクリートの配合は表-2 によって行い、 $G/F = 300$ の割合を得た。

4 試験施工について

地山が粘着力のない砂層と、軟弱な粘土層より構成されているため、これ等によって生ずる地表沈下、及びトンネル周辺の地山の変位が考えられるので、FEMによって断面の適合性を検討し、解析にあたっては、いくつかの不確実な仮定を取り入れているため、仮定の妥当性を確かめ本施工のパターンを得るため、予備試験の結果を踏えて試験施工を実施した。

試験施工区間及び、施工パターンは、図-3、表-3のとおりである。

5 本施工について

試験施工の結果、計測値は各々 10^{-4} mm以下で収束しているので、本施工の基本的なパターンは表-4によって施工した。

なお、本施工の主計測点における計測結果の収束値は、いずれも 10^{-4} mm以下であった。

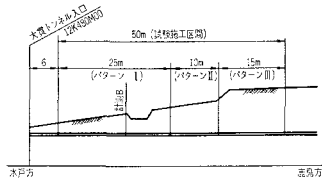


図-3 試験施工区間

表-2 配合表

$\phi 28$	C	W	S	G	W/C	S/G	合計
(kg/cm ³)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)	(%)	(%)
160	360	173	1,177	644	48	65	4-6

表-3 施工パターン

項目	内容	パターンI			パターンII			パターンIII
		25m	10m	15m	4m	6m	9m	
上	吹付コンクリート(1次)	5m	5m	5m	5m	5m	5m	5m
	鋼製支保工	125H $\phi 1m$	125H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$
	吹付コンクリート	15cm	10cm	10cm	15cm	10cm	10cm	15cm
	ロックボルト	$\phi 3m$ 6本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本
下	吹付コンクリート(1次)	5m	5m	5m	5m	5m	5m	5m
	鋼製支保工	125H $\phi 1m$	125H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$	100H $\phi 1m$
	吹付コンクリート(2次)	15cm	10cm	10cm	15cm	10cm	10cm	15cm
	ロックボルト	$\phi 3m$ 6本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本	$\phi 3m$ 4本
インバート		吹付コンクリート	20cm	15cm	15cm	15cm	15cm	15cm

表-4 支保パターン

支保パターン	吹付コンクリート厚(cm)	鋼製支保工(H)(mm)	アンカーボルト(本)	2次覆工(cm)	摘要
I	20	125	10	40	国道51号線下および原子力研究所冷却水圧送管埋設区間、地形の傾斜により偏圧が予想される区間(かぶり2.5m)
II	15	100	10	45	地上に支障物なく、平坦な区間
III	20	100	10	40	直上家屋下およびパターンIの前後の区間

6 本施工に実施した補助工法について

湧水区間の施工にあたっては、粘土層がスプリング付近にあって、その上部の地下水が湧水となって、切羽では流砂現象が起き、切羽の自立は勿論、吹付コンクリートの付着性にも問題があったので、深層ウエルポイントを採用、その結果切羽の自立もよく、吹付コンクリートにも特に問題なく、地表面沈下は 5 mm以下で収束した。

次に、国道51号線並びに原研冷却水圧送管下の施工にあたっては、まづかぶりが浅いため、道路交通振動の地表面下におよぼす影響が考えられたので、その振動の波及状態把握のため、地表面より 6 mm、 9 mm(クラウン部)ノ 2 mm(スプリング付近)の位置に、道路面下に斜めボーリングによって測点と設け、振動計を設置し、試験車を重量及び速度別に編成、軸方向、直交方向、鉛直方向の3方向同時に振動測定を行った。その結果、 6 mmから 2 mmの間で殆んど常振動の域に達していることが判明した。しかしながら、引張強度が極めて小さい砂質土中のトンネルで、切羽の接近によりしかも繰返し振動が加わるることによって、切羽等の剥落に対する安全対策上、道路面より薬液注入を行い切羽を進め、道路面の沈下は計測の結果最終 2 mmであった。

7 おわりに

各々変更要素を組合せて、約 $1/2$ パターンの施工を行ったが、変位の収束時期はおおむねインバート閉合後 $7 \sim 10$ 日で、地山内の三次元の挙動についても、主計測点と基準にして $2 \times D$ で変位が始り、 $3 \times D$ 前後になると全体が収束する傾向があった。土かぶりの浅い土砂山でも変位がミリ単位で、NATMの有利さが十分発揮された。