

VI-332

旧沢地に構築された土被りの浅いトンネルに作用する土圧

小田急建設技術研究部
同 上正会員 小林 孝行
正会員 和田 光弘

1. はじめに

供用中の道路にインターチェンジを新設する工事において、道路の直下、7.0m程度の浅い土被りで横断するトンネルをNATMにて施工した。トンネルに作用する土圧には、通常、Terzaghiの緩み土圧を採用する場合が多い。しかし、土被り厚が非常に小さい場合、トンネルは、周辺の地山に作用する重力や水平方向から作用する不均等な地圧の影響を受ける。また、地表面沈下対策等により採用される様々な補助工法も原因し、掘削相当外力が全土被りによる土圧を超えるケースも報告されている。このため、この工事では、トンネルの安定を確保するため支保工応力の計測を実施する事とした。

ここでは、支保工応力の計測結果をFEMによる解析値とTerzaghiの緩み土圧による算定値との比較を含めて報告する。

2. 工事概要および地形・地質

図-1にトンネル部の平面図を示す。このトンネルは、道路の直下を平面線形(R=30mで横断する延長42mのトンネルであり、その掘削断面積は56m²である。トンネルの施工は、地表面沈下の抑制を目的としたパイプルーフ工を施工した後、上部半断面先進工法にて計画されていた。なお、ここでのパイプルーフは、トンネルの平面線形の関係より、図-2に示すような扁平なルーフ形状となっている。

トンネル建設箇所は、かつての沢に位置し、現在では二次堆積物による土石流堆積物に覆われ緩やかな傾斜地形を形成している。地質は、表層の2m程度がローム層であり、一部にシルト層や砂礫層が介在する。この表層の下位には、土石流堆積物である粘土混じり玉石層が厚く分布している。この層は、 $\phi 30\text{mm} \sim \phi 100\text{mm}$ 程度の玉石を主体とするが、 $\phi 500\text{mm} \sim \phi 1000\text{mm}$ 程度の転石も含む。そして、粘土および砂礫よりなるマトリックス部の固結度は非常に低いものとなっていた。

3. 計測および解析概要

図-1に示す①-①断面、②-②断面にて計測を実施した。計測項目は、天端沈下、内空変位、鋼製支保工応力、吹付けコンクリート応力、ロックボルト軸力となっており、その計器配置を図-3に示す。

解析は、二次元平面ひずみモデルによる弾性解析とした。本解析では、側圧係数を0.5, 1.0, 1.5, 2.0と変化させた4ケースを実施し、側圧の変化に伴う掘削相当外力の大きさおよび分布の相違を照査する事とした。また、解析に使用した地山物性値は、土質試験、坑内水平載荷試験、平板載荷試験より総合的に判断し表-1に示す値とした。

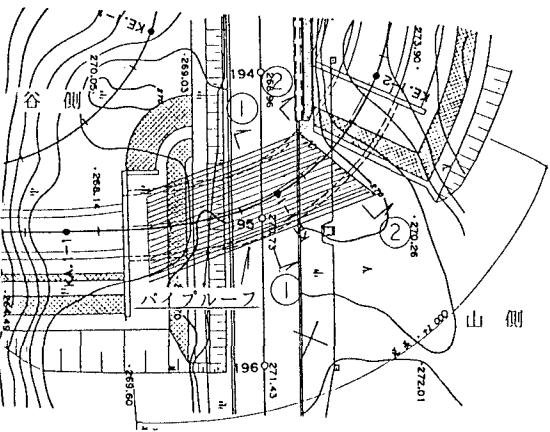


図-1 平面図および計測位置図

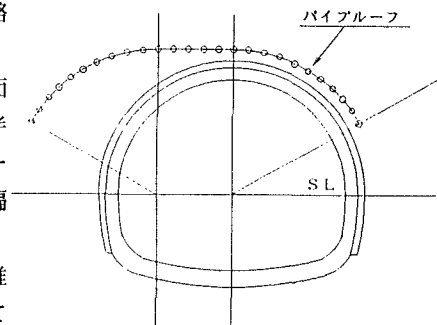


図-2 トンネル断面図(①-①断面)

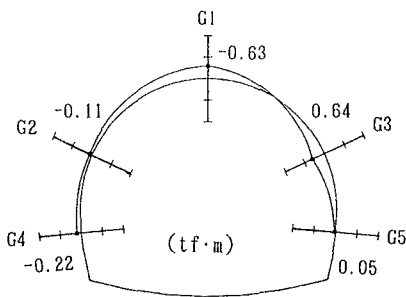
表－1 地山物性値

地 層	単位体積重量 (tf/m^3)	変形係数 (tf/m^2)	ポアソン比	粘着力 (tf/m^2)	内部摩擦角 ($^{\circ}$)
ローム層	1.3	2500	0.4	6.4	14.89
粘土混じり玉石層	2.0	3500	0.4	1.0	39.00
吹付けコンクリート	2.3	2500000	0.2	—	—

4. 計測および解析結果

ここでは、トンネル支保工応力である鋼製支保工応力および吹付けコンクリート応力の計測結果と解析結果について述べる。表－2に吹付けコンクリート応力の計測値、解析値およびTerzaghiの緩み土圧による算定値を示す。計測値は、各測点においてはほぼ同等な値を示し、算定値の約2.5倍を示した。また、解析に用いる側圧係数は、計測された応力の分布傾向から判断して1.0前後の値を採用することが妥当ではないかと考える。しかし、計測値より幾分小さな値を示している。

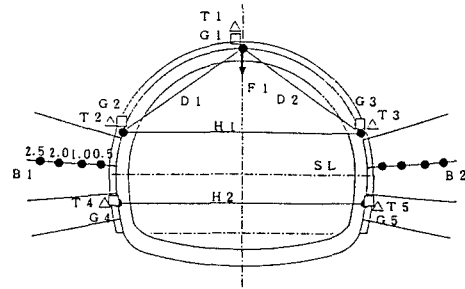
図－4に鋼製支保工曲げモーメントの分布を示す。両計測断面とも山側肩部において内空側に凸のモーメントが生じ、トンネルには左右から押しつぶされる様な応力が発生している。これは、変則的に設置されたパイプルーフの山側部分が、トンネルの①－①断面で接するような構造となっており、パイプルーフが受け持つ縦断方向の土圧がトンネルの接点部分に集中的に作用したためではないかと考える。また、このことは図－5に示す吹付けコンクリート応力の経時変化グラフにおいて、応力がトンネル掘削完了時点まで収束しないことからもうかがえる。そして、このパイプルーフが縦断方向に受け持つ土圧が、トンネルに作用し吹付けコンクリートに多大な応力が発生したものと考える。



図－4 鋼製支保工
曲げモーメント分布図（①－①断面）

5. おわりに

計測された支保工応力から推定される掘削相当外力は、Terzaghiの緩み土圧による算定値よりも非常に大きな値を示した。これは、予想外に卓越した側圧と変則的に採用されたパイプルーフが関連し、多大な土圧がトンネルに作用したものと考える。今後、同種のトンネル工事における計測結果を分析する事により地山応力を正確に表現した適切な解析方法を見出すための調査を進めていきたい。



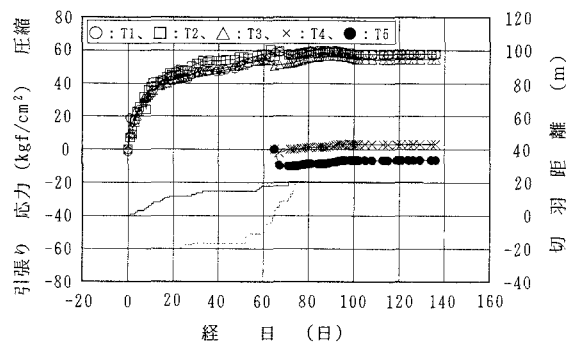
天 端 沈 下 : F1
内 空 変 位 : D1, D2, H1, H2
鋼 製 支 保 工 応 力 : G1, G2, G3, G4, G5
吹 付 け コ ン ク リ ート 応 力 : T1, T2, T3, T4, T5
ロ ッ ク ボ ル ト 軸 力 : B1, B2

図－3 計器配置図

表－2 吹付けコンクリート応力値

(単位: kgf/cm^2)

計測位置	計 測 値		解 析 値				Terzaghiの緩み土圧 よりの算定値
	①－①	②－②	K=0.5	K=1.0	K=1.5	K=2.0	
T 1	57.6	42.1	22.5	35.5	48.2	61.0	11.2
T 2	57.8	45.9	29.3	34.1	39.1	44.2	22.9
T 3	54.6	56.6	28.9	33.8	39.0	44.3	22.9



図－5 吹付けコンクリート応力
経時変化（①－①断面）