

VI-71 土砂NATMにおける新しい先受け工法

（その2） 3次元掘削解析による先受け効果の検討

千葉県真間川改修事務所
鹿島建設(株)
同

水本 明喜 清沢 健一
永井 文男 ○安東 伸泰
天野 光也 平和男

1. はじめに

NATM等のトンネル掘削問題を有限要素法により数値解析する場合、トンネル掘進に伴う先行沈下や切羽通過後の変形、先受け工の効果等、2次元解析では表現し切れない3次元的な現象が多く存在する。

本報告では、切羽の安定及び地表面沈下を抑制するための新しい先受け工法として開発したABフォアバイル（以下ABFと称す）の3次元的效果の検討を目的として、国分川分水路トンネル工事¹⁾²⁾を例に取り、FEMによる3次元掘削解析を行い現場計測値と比較した。

2. 解析概要

本解析に用いた3次元解析モデルを図-1に示す。面对称性を考慮してトンネル中心線から半分の領域をモデル化した。節点数は6192、要素数は5658である。

施工では上部半断面リングカット1次閉合NATMが採用されている。切羽および地表面の変形への影響が大きい上半掘削時のみを解析の対象とした。掘削した要素の応力は、それに相当する節点力を掘削面に一挙に作用させることにより開放させた。また、掘削に先立ち実施された水平水抜きボーリング工による圧密沈下は考慮せず、地下水位は既に DS_{12} 層の下まで低下しているものとした。検討ケースとして、ABFの3次元的效果を検討するために、ABFを施工した場合と施工しない場合の2ケースを実施した。

施工手順をできるだけ正確にモデル化するために解析ステップは1ステップあたり1m（1日に2m）掘削するものとした（図-2参照）。初期に土被りによる自重計算を行い、その後18ステップの掘削解析を行った。原地盤及びABF、吹付けコンクリート、薬液注入域は線形弾性材料とした（表-1参照）。ABFと吹付けコンクリートの材令による剛性の変化を考慮するため、打設後の剛性を3段階に変化させた。

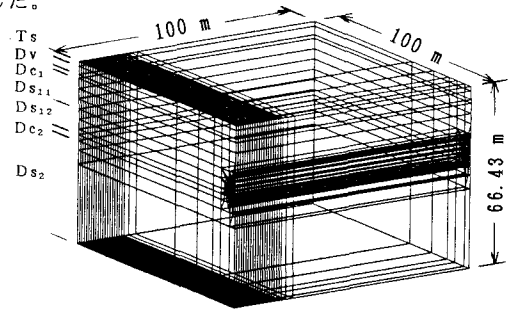


図-1 解析メッシュ図

表-1 物性値一覧

		γ (tf/m ³)	E (tf/m ²)	ν
表土	Ts	1.55	240.0	0.45
粘性土	Dv	1.55	240.0	0.45
粘性土	Dc ₁	1.55	800.0	0.45
砂質土	DS ₁₁	1.75	3000.0	0.35
砂質土	DS ₁₂	1.75	5000.0	0.35
粘性土	Dc ₂	0.55	4600.0	0.495
砂質土	DS ₂	0.80	8000.0	0.35
薬注部	DS ₁	1.75	8000.0	0.35

	材令(時間)	E (tf/m ²)	ν
ABF-1	6	35000.0	0.30
ABF-2	18	45000.0	0.30
ABF-3	30	55000.0	0.30
覆工-1	9	90000.0	0.17
覆工-2	21	110000.0	0.17
覆工-3	33	130000.0	0.17

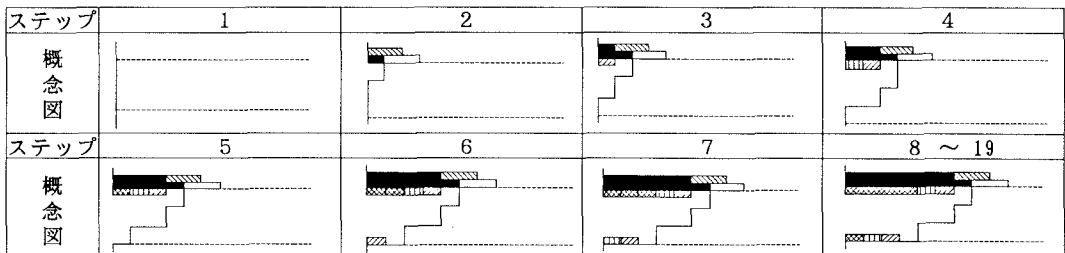


図-2 解析ステップ

3. 解析結果

図-3に地中変位の計測位置を示す。図中に★印で示した地中変位計はトンネル天端から1mの距離にあり、天端沈下とほぼ同じ挙動を示すものと思われる。

切羽の進行に伴う天端沈下量の計測値及び解析結果と切羽位置との関係を図-4に示す。図中の実線はABFが有る場合、一点鎖線はABFが無い場合、○印は計測結果を表している。なお、施工では切羽到達前に水平水抜きボーリングを行っており、そのため地下水位が4.26m低下している。したがって、解析結果には水位低下に伴う即時圧密による沈下量を加算した。

図-4から、天端沈下量の計測結果とABFが有る場合の解析結果とを比較すると、切羽が計測点に到達する以前の先行沈下量には若干の違いが見られるものの切羽通過後の沈下量の変化は良く一致していることがわかる。

ABFが有る場合と無い場合を比較すると、まだ最終沈下量には達していないもののABFが有る場合は無い場合の約75%の沈下量に収まっている。このことからABFが天端沈下量の抑制に有効であることがわかる。

図-3中に◆印で示した地点における吹付けコンクリート応力の解析結果と切羽位置との関係を図-5に示す。図中の実線はABFが有る場合、一点鎖線はABFが無い場合を表している。なお、解析モデルでは鋼製支保工はモデル化しておらず、覆工コンクリートのみを考慮している。

図-5からABFが有る場合と無い場合を比較すると、ABFのアーチ状の構造が覆工及び鋼製支保工の応力を緩和させていることがわかる。

4. おわりに

以上の結果をまとめると、次に示す通りである。

- (1) ABフォアパイルを施工した場合の天端沈下量の解析結果と計測結果は比較的良く一致しており、ABフォアパイルの3次元効果が表せている。
- (2) ABフォアパイルを施工した場合と施工しない場合について3次元解析で比較した結果、天端沈下量、覆工応力ともにABフォアパイルの先受け効果が確認できた。

<参考文献>

- 1) 水本、飯豊、天野、平:住宅密集地における地下水位下での土砂NATM 国分川分水路下流トンネル工区、トンネルと地下、VOL. 22, NO. 2, 1991
- 2) 水本、清沢、天野、平:土砂NATMにおける新しい先受け工法(その1)ABフォアパイル工法の概要および計測結果、土木学会第46回年次学術講演会概要集、1991

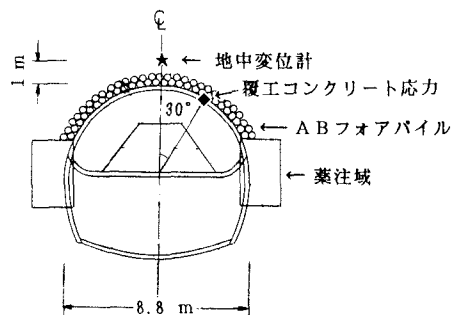


図-3 計測位置

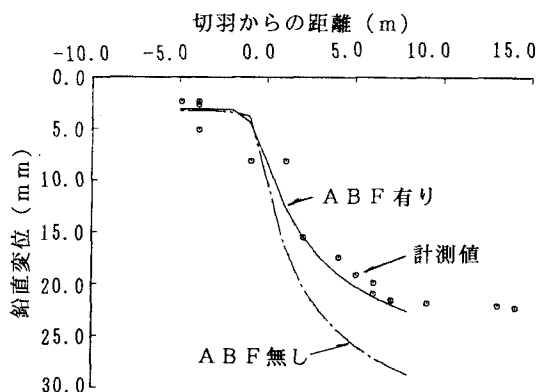


図-4 切羽からの距離と鉛直変位の関係

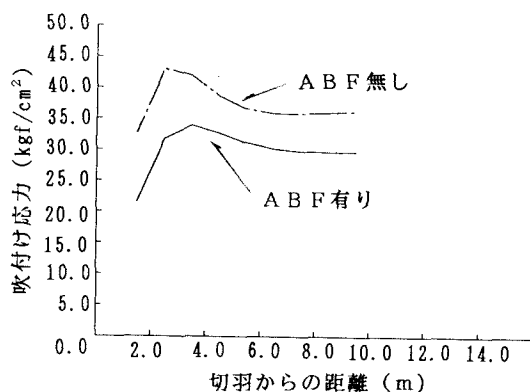


図-5 切羽からの距離と吹付け応力の関係