

(Ⅲ-30) ABフォアパイル工法の先受効果について

千葉県真間川改修事務所

水本 明喜

同 上

山田 雄三

同 上

清沢 健一

鹿島建設株式会社 正会員 ○ 三宅 広之

1. はじめに

都市NATMにおける補助工法のうち、切羽部の安定に効果があるものとして、先受工がある。その効果は定量的に評価することが困難であり、未知な部分が多いのが現状である。

本報告では、新しく開発された先受工法（ABフォアパイル工法）の効果を解析的に評価するために、二次元及び三次元のFEM解析を行い、その結果を報告するものである。

2. 従来の先受工法の問題点

都市NATMにおいて、軟弱地質の切羽の安定性確保及び地表面沈下の抑制に関して、トンネル掘削の際、地山をあらかじめ支持させる先受工法が必要となる。従来の先受工法としては、鉄矢木工法、フォアパイル工法、パイプルーフ工法等が使用されている。しかし、地山と支保部材との密着性の不足、パイル間の隙間からの土砂の崩落、施工性等に問題がある。

3. ABフォアパイル工法の概要

ABフォアパイル工法(Forepiling Method with Advanced Bil)は、従来の先受工法での問題点を解決するために、新しく開発された(図-1参照)。この工法の特長としては、以下の通りである。

- ① 地山と一体化した連続杭が掘削によるゆるみ土圧を面で支持する構造となるため、切羽部の安定を確保し、切羽前方の変位及び地表面沈下の抑制に効果的である。
- ② 地山と混合攪拌する固化剤のゲルタイムの調整が可能であり、施工スピードに追従できる。
- ③ 施工中にスライムは、ほとんど発生しない。

4. 解析的アプローチ

トンネル掘削において最も重要なことは、切羽部の安定である。また、切羽部の安定に付随する地表面沈下は、周辺環境に対して直接的な影響を与えるため、それがどの程度になるかを予測することが重要なこととなる。その地表面沈下を解析的に予測する際の要因としては、以下のように分類される。

- Ⓐ 切羽掘削に伴う地中内応力の解放による沈下：掘削に伴って地盤内の応力状態が変化し、これに応じて地盤の変形や移動が生じることに起因し、地盤の強度変形特性に依存する。
- Ⓑ 掘削進行に応じて生ずる沈下：支保構造物の変形・沈下による地山のゆるみの助長や不完全充填による空隙への地山の小崩落を生じ、さらには上部土砂のゆるみ等を引き起こす。
- Ⓒ 地下水位低下による沈下：地下水位低下に伴って地盤内有効応力が増加し、圧密沈下等を生じる。

ここで、ABフォアパイル工法は特長①に示すように、地山との空隙が生じることなく、且、地山内に連続したソイルモルタルのアーチを形成するため、要因Ⓑを抑制する効果がある。このことから、その作用効果を解析的に評価する際に、FEMによる弾性解析が有意な手段であると考えられる。

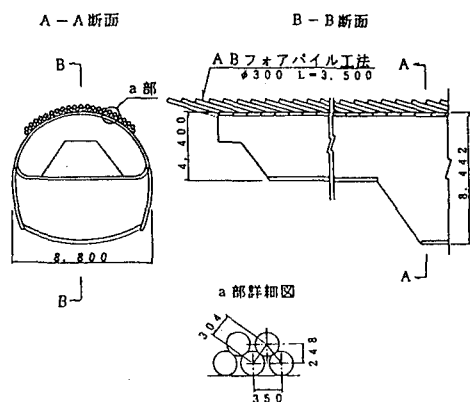


図-1 ABフォアパイル工法概要図

本報告では、土被りの浅い滞水未固結地盤におけるNATMへのABフォアパイル工法の適用例を基に、事前検討として二次元解析を用いて、本先受工法の有無による結果と計測結果との比較を行った。さらに、切羽部での地盤の挙動を確認し、二次元解析の妥当性を検証するために、三次元解析を行った。

(1) 二次元解析結果による検討

二次元線形弾性解析による地表面及び地中変位量を算出した。解析は、各施工過程を考慮して逐次ステップ解析とした。

尚、ここでは、地山物性値は、土質試験結果を用い、ABフォアパイルの物性値については現場より採取したABフォアパイルの材令と一軸圧縮強度の関係をを用いた。また、掘削による応力解放率は過去の実績等から設定した。

この結果、ABフォアパイル工法には、地表面沈下量を抑制する効果が見られる。また、トンネル天端付近沈下量では、その効果が顕著に見られ、約30%の沈下量が減少している。さらに、ABフォアパイル工法有の場合は計測結果との比較において、良好な一致を示している。このことから、地山条件及び掘削解放率の設定により、本解析は十分に地山挙動を表現している。ただし、ABフォアパイル工法無の場合には、地山の塑性化による弾性解析では表現できない沈下量が付加されるため、ABフォアパイル工法の有無による沈下量の差異は、本解析結果だけによるものではないと考えられる。

(2) 三次元解析結果による検討

三次元線形弾性解析では、先受工法の作用効果の発現が大きいトンネル天端付近沈下量について、三次元解析結果及び計測結果とを比較して図-2に示す。尚、参考として二次元解析結果を併記した。解析は、各施工過程を考慮して逐次ステップ解析とし、入力物性値については二次元解析と同様に設定したが、掘削による応力解放率は常に100%とした。

この結果、解析値と計測値について良好な一致が見られ、三次元解析においても十分に地山挙動が表現されている。すなわち、二次元及び三次元解析結果と計測結果が定量的な一致を示しており、また、モデルの容易さや経済性を考慮すると、今回の解析で用いたABフォアパイルの物性や掘削応力解放率の設定による二次元解析は、地山挙動を把握するための解析手法として、十分に有効であると言える。

以上より、ABフォアパイル工法は、従来の先受工法を使用する場合に発生する施工状況による解析上の不確定要素を、極力抑制する効果がある。つまり、本先受工法を用いたトンネル掘削では、あらかじめ解析で地山挙動が予測でき、地表面沈下や切羽崩壊等に起因する地表面陥没に対する未然の対策を施すことができると考えられる。

5. おわりに

ABフォアパイル工法は、都市部に多々存在する土砂地盤でのトンネル掘削に際し、NATMを適用する場合の補助工法として有効な手段であると考えられる。

しかしながら、この工法は、実績が少ないため、同種な都市NATMに対して実績を蓄積していく必要がある。また、対象地質の拡大や用途拡大等も必要とされる。

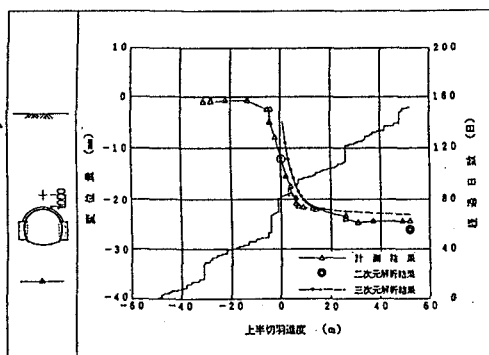


図-2 トンネル天端付近の地中変位図
(計測結果と解析結果との比較)