

堆積軟岩における長尺鋼管先受け工の挙動

鹿島建設 正会員 後藤直人 山本拓治 森 孝之
正会員 北本幸義 伊達健介

1 はじめに

近年、山岳トンネルを取り巻く施工環境は、都市化、大断面化などの急激な変化がみられ、それに伴い不良地質に合理的かつ安全に対処できる補助工法の適用が求められている。

従来の地質不良部での山岳トンネル工事では天端安定対策、地表面沈下防止対策として、長さ5m程度のロックボルトを打設・注入するフォアポーリングが多用されてきたが、現在では、支保効果も高く、大型の施工機械を利用して、急速に施工

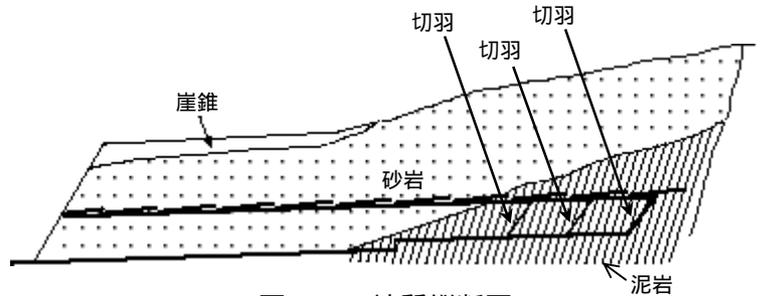


図 - 1 地質縦断図

できるという理由により、長さ12m程度の鋼管を打設・注入するフォアパイリング（AGF工法等）が、多用されている。この長尺鋼管先受け工法については、数多くの事例によりその効果が確認されているものの、支保メカニズムを基本にした設計方法が確立されているとはいいがたく、トラブルの例も幾つか報告されている。

本報告は、地質が膨張性の大きい堆積軟岩に急激な変化が発生した現場のトラブル事例より、変位挙動計測結果を分析し、長尺先受け工法独特の変位挙動メカニズムを確認したものである。

2 施工状況と計測結果

図 - 1 に地質縦断図と長尺鋼管先受け工の配置図を示す。地質は新第三紀の泥岩、砂岩からなり、砂岩部は比較的硬質（N値50以上）で切羽の安定性、地盤の支持力については問題のない地質であったが、途中から底盤部に出現した泥岩は、粘土鉱物を含有し、膨潤性に富むN値10程度の脆弱な地質であり、切羽の進行に伴い脚部沈下が大きくなってきた。また、砂岩部での湧水は、ほとんど発生していないが、泥岩部では、極端に湧水が多くなり、図の切羽位置で10L/min程度の湧水があり、切羽が崩落した。

先受けにはAGF工法を適用し、鋼管は径114.3mm、長さ12.5mのものをを用い、ラップ長を3.5mとして9mピッチで打設した。横断間隔は45cm、注入材料はウレタンである。

図 - 2 に掘削進行に伴う沈下形状の変化を示す。この図の切羽 ~ は、図 - 1 に示す位置に切羽が来た時の脚部沈下量である。この図によると切羽の時点での脚部沈下は37mmと通常のトンネルと比較してもそれほど大きな変位は発生していなかった。ところが切羽、切羽へと掘削が進行するに従って沈下量が増加し、切羽で93mm、切羽では254mmの沈下が生じた。変状の特徴としては、一般のトンネルの例では、トンネル切羽からの離れがほぼトンネル直径の2倍になった時点で最終変位量の90%が出現し、以後速やかに収束するのに対して、このトンネルでは切羽から5倍以上離れても大きな変位が見られる。

3 沈下モードに対する考察

トンネルの支保構造は、長尺鋼管+H型支保工+吹付けコンクリートであり、いわば長大なシェル構造を呈しているといえる。このシェル構造よりなる支保構造は、大きな剛性をもち地表面沈下の抑制や切羽の安定性の向上に大きな効果を発揮する反面、以下のようなマイナスの特徴もある。

キーワード；山岳トンネル、先受け工法

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7062 FAX 0424-89-7060

1) 鋼管自体の重量が大きい上に、縦断方向の先受け効果によりゆるみ土荷重を受ける構造となっているため、通常のH型支保工のみの場合より、より大きな地盤支持力が必要となる。地山の支持力が十分でない場合には脚部沈下が生じ、ルーフ部のパイプと地山や支保工との間が分離しやすく、垂れ下がり状態になることが懸念される。

2) また、通常のH型支保工のみによるトンネルでは、支保工1基、1基が独立しているため、局部的に支保工脚部に軟弱地盤がある場合には、独立した沈下挙動を取りがちであるのに対し、長尺鋼管を伴う剛性の高いシェル構造の場合、局部的な軟弱地盤上の支保工の前後は、弱層部の沈下を肩代わりするような形で全体的な沈下量を抑制するものと考えられる。

しかし今回は、脚部に極端に地質の悪い状態が出現し、膨潤性に対する十分な脚部補強対策がなされなかったため、あたかも、トンネル全体が梁であるかのような変位発生モードを示し、切羽からかなり後方まで影響を及ぼすこととなった。

4 梁モデル解析

次に地盤支持力低下がトンネルの沈下量に及ぼす影響について解析により検討した。解析は、沈下量がそれほど大きくなかった切羽①のケースを基準にして、沈下量が大きかった切羽②、切羽③のケースでの地盤支持力がどの程度であるかを解析によって求め、沈下量と地盤支持力の関係を見ることにした。解析ではトンネルを弾性梁と仮定し、鉛直荷重をかけ、沈下量を基に、切羽①の時と切羽②、③の時の地盤支持力(バネ定数)の比を求める。解析モデルは、実際の地表面形状を単純化し、載荷荷重の分布は土被り分の荷重を等分布荷重で載荷した(図-3参照)。

解析の結果は図-2に示すような沈下分布を示した。結果を見ると、切羽①の位置にある時の沈下量は実測値から37mm。この沈下量を生じる背面パネのバネ定数を k_0 とする。次に、切羽②の位置に来た時は、沈下量は93mmであった。この沈下量にほぼ等しくなるようなバネ定数は、切羽①の時の半分($1/2 k_0$)であった。さらに切羽③の時の沈下量は254mmであり、これと同等の沈下量を生じるバネ定数は $1/5 k_0$ であった。解析結果を表-1にまとめる。この結果から、地盤の支持力が半分になると変位量は倍以上に、支持力が $1/5$ になると沈下量は約6倍となる。地盤支持力と沈下量を掛け合わせて支持力が沈下量に与える影響を見る支持力影響比から、地盤支持力の低下は沈下量に大きな影響を与え、支持力の低下率以上に沈下量が増大することがわかった。

5 おわりに

長尺鋼管先受け工を連続して施工したトンネルで、膨張による地質劣化の大きい堆積軟岩が底盤に出現した場合の計測結果の分析を通じて、長尺先受け工では特に脚部補強対策が重要であることを示唆するとともに、梁モデル解析により地盤支持力の低下と切羽の進行が沈下量にどの程度の影響を与えるかについて検討した。今後とも、先受け工のメカニズム解明のために模型実験や現場計測を実施していく所存である。

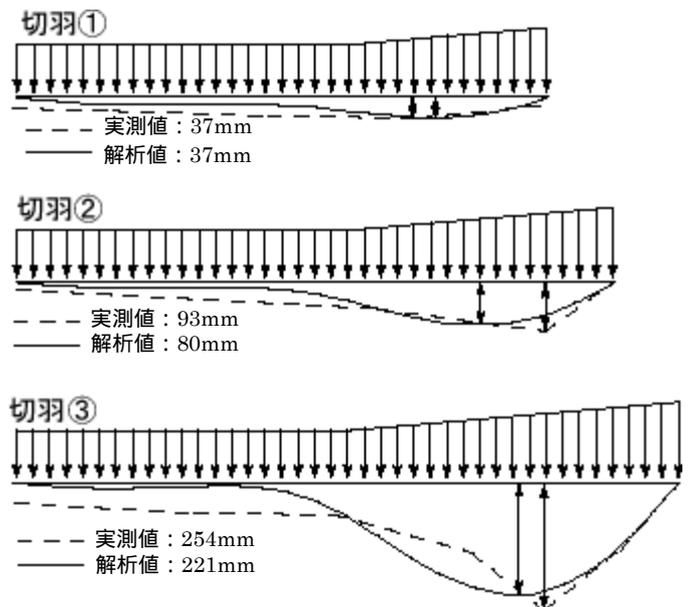


図-2 沈下量の実測値と解析値の比較

表-1 梁モデル地盤支持力と沈下量の関係

	切羽①	切羽②	切羽③
地盤支持力	k_0	$1/2 k_0$	$1/5 k_0$
沈下量(mm)	37	80	221
支持力影響比*	1.00	1.33	1.47

* (地盤支持力 × 沈下量) / (切羽①の地盤支持力 × 切羽①の沈下量)