

VI-318

低土かぶり土砂地山における改良型の注入式鋼管先受工法の適用
（その2．計測結果と効果の評価）

長野県土木部大町建設事務所

駒村 佳男

飛島・金森建設共同企業体

杉浦 大介

飛島建設 土木本部

会員 ○小原 勝巳

飛島建設 技術本部

会員 川端 康夫

1. はじめに

小島信濃木崎（停）線木崎湖トンネル木崎工区では、薄土被りで軟弱な土石流・湖沼堆積物中を掘削するため、改良型注入式鋼管先受工法を工区内全区間（延長337m）で実施した。本工法は切羽の拡幅を行わないことが特徴であるが、鋼管の先端に向かって掘削面が離れるため、鋼管がトンネル周辺地山とより一体的な挙動を示すものと推定される。長尺先受工法の作用効果について種々研究が進められているが、本工法においても、当該施工箇所における効果の確認および今後の設計手法の確立を目的とし、鋼管の変形挙動を中心とした計測を行ったので以下に報告する。

2. 計測の概要

計測は、先受け工としての効果を確認する目的で鋼管内に曲げひずみ計（ $\phi 50\text{mm}$ ；アルミ製パイプにひずみゲージを貼付けたもの）を設置し、切羽通過時の鋼管の曲げの挙動を調べた。同時に、先受け工による支保と地山の挙動を知るために鋼製支保工軸力および曲げモーメント、吹付コンクリート応力、ロックボルト軸力、地中変位等を測定した。

3. 鋼管の挙動について

1) 切羽の進行に伴う鋼管の変形

図-1に計器の配置図を、また、図-2に切羽の進行に伴う鋼管の変形を示す。なお、鋼管の変形は計測器の各点の曲げひずみから、鋼管前方の先端部のたわみ、たわみ角を0と仮定して求めたたわみ形状で、絶対変位量とは異なるものである。

鋼管の変形は切羽の進行に伴う変化がみられた。

a) まず、切羽が鋼管の手前端部に近づくと深部によって支持される片持ち梁として働く（図-2①）。

b) 鋼管の手前端部に到達するとさらにその傾向が顕著になる（同②）。

c) 切羽が鋼管の中央部に近づくと鋼管中央部が下に凸に変形する（同③）。

d) さらに先端部に近づくと全体の曲げモードが前方に向かって移動する（同④）。

なお、中間部のたわみが大きくなると手前側が持ち上がる形状となるが、これは先端部をたわみ角、たわみを0と仮定しているためであり、実際には先端部で回転を伴う変位が生じていると考えられる。なお、鋼管に発生した曲げ応力の最大値は約 400kgf/cm^2 であった。

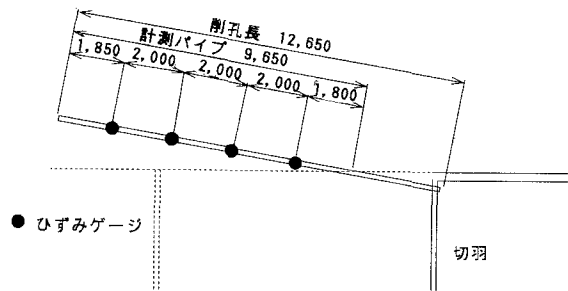


図-1 計測器の配置図

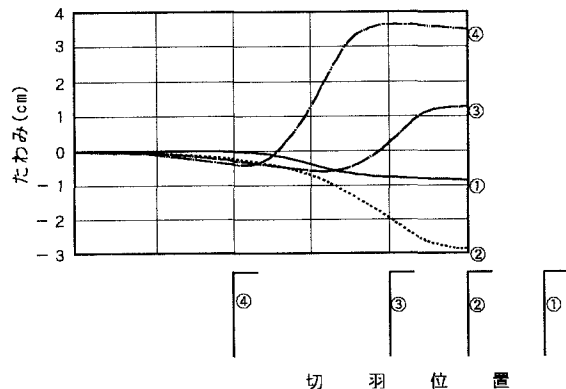


図-2 鋼管曲げひずみから求めた鋼管の変形

2) 鋼管の変位モードに関する考察

図-2に示した鋼管の変位モードに関連して、以下のことが分かる。

- ・鋼管の変形は、R J F Pに今回と同様の曲げひずみ計を設置して得られた計測例と類似している¹⁾。
- ・たわみが切羽の進行に伴って移動し、先受工として連続した効果を持つ。
- ・ただし、切羽が手前側端部に達するまでは、切羽前方を支点とする片持ち梁として作用する。本工法では、鋼管手前側（打設位置）で鋼管が支持されている従来の注入式鋼管先受工法の場合と、違った曲げ挙動を持つものと思われる。
- ・掘削面より8 m程度前方まで変形が及んでおり、鋼管の曲げ剛性によって先行変位が抑制されている可能性がある。その場合、鋼管の曲げ剛性を高めることで先行変位抑制効果の向上が期待できるが、先行変位の抑制に関しては鋼管よりも注入効果による地盤の力学特性の改良がより重要と思われる。

4. 支保の挙動について

本トンネルでは全延長で本工法を採用したため先受けの有無による比較はできないが、計測結果から支保の挙動に関して以下の特徴が見られた（図-3、4：分布図は上半最終値を示す）。

- ・鋼製支保工軸力と吹付コンクリート応力の天端の値を用いて支保に作用する換算上載荷重を算出すると45t/m²となる。この値は土被り（約20m）以上に相当するものである。
- ・支保の応力は全般に切羽後方4 Dでも僅かずつ増加した（図-3）。上半と同様に、下半においても、掘削後に一旦は軸力が減少するものの、再びゆっくりと増加した。このような比較的緩やかな増加は地山の特性によると思われるが、支持力不足による沈下は観測されなかった。
- ・上記のように支保の応力が高いにも拘わらず、内空変位および天端沈下は各々18mm、20mmと小さく、また地表面沈下も僅かな値であった。このことは、地山の変形に対して支保（吹付コンクリート25cm、鋼製支保工H-200）の剛性が高いためと考えられる。

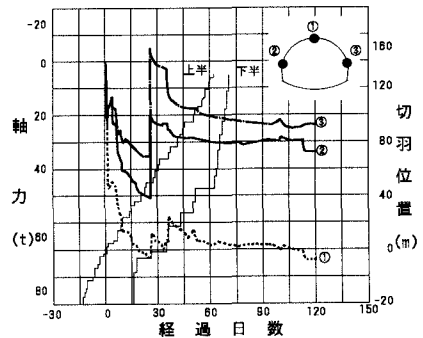
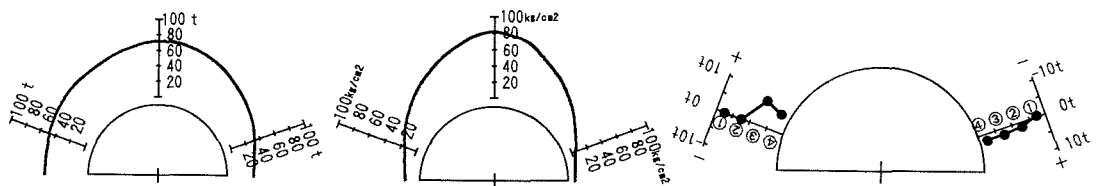


図-3 鋼製支保工軸力の経時変化



鋼製支保工軸力

吹付コンクリート応力

ロックボルト軸力

図-4 支保の応力分布（上半最終時）

5. まとめ

計測で得られた鋼管の曲げ挙動には、切羽の進行に伴う地山の動きが反映されており、先受けとして十分な機能を有するものと思われる。また、支保の応力が高くなっている点は、長尺先受工の従来のいくつかの計測事例に合致する傾向と見ることができる。

本工法はトンネル断面を拡幅しない点や鋼管手前側を吹付コンクリート等で拘束しないことなど、従来のものと異なる点もあり、今回のデータも含め、今後はさらに多くの計測データを収集し、先受工としての作用機構の解明を行い、実務的に有効な設計手法の確立を進める必要がある。

《参考文献》

- 1) 師岡，清水，高橋，手島；坑口部の軟弱二次堆積ロームを克服，トンネルと地下第22巻2号