

大口径連結式パイプルーフ工施工時の計測結果について

建設省 中国地方建設局 松江国道工事事務所 正会員 岡 邦彦  
(株) 大本組 安来道路作業所 正会員 丸山 功  
(株) 大本組 技術本部 技術研究所 正会員 鈴木昌次  
山口大学 工学部 社会建設工学科 正会員 中川浩二

1. はじめに

安来道路塩津山トンネルは安山岩質火砕岩風化物を主体とした地山を貫く延長72mの新設トンネルである。同建設地域には多くの古墳が点在し、本トンネル上部には弥生時代後期から奈良時代にかけての歴史的遺産価値の高い塩津山墳墓群が発見された。このため、墳墓群の保護を目的として鋼管外径φ812.8mm、延長61.3mの大口径長尺パイプルーフ工を採用した。本文では、計測結果に基づいてパイプルーフ工施工時の鋼管および地山挙動を報告する。

2. トンネルと地山条件

地山は風化・脆弱化の著しい安山岩質火砕岩であり、角礫状～一部粘土化し、所々に岩芯状に堅岩部を残す箇所も見られる。ただし、地下水は無いと予想されている。地山物性値を表-1に示す。トンネルの最大土被り厚は5m以下であり、パイプルーフは墳墓群保存のための地表沈下抑制と切羽安定を目的とした。鋼管径の決定においては掘削時の地表面沈下を30mm以下に抑制すること、地山には人頭大以上の転石の点在が予想され、人力による礫の排除が必要となる可能性が高いこと等が主要因となった。また、パイプ間からの土砂抜け落ちを防止するために、パイプ相互をジョイント結合する連結管方式を採用した。施工方法は片押し施工である。表-2に推進機の仕様を示す。

表 - 1 地山物性値

| 地層     | N  | E (kN/m <sup>2</sup> ) | C (kN/m <sup>2</sup> ) | φ (deg) |
|--------|----|------------------------|------------------------|---------|
| 古墳群    | 7  | 9800                   | 48                     | 27      |
| トンネル上半 | 12 | 14700                  | 58                     | 29      |
| トンネル下半 | 35 | 55860                  | 83                     | 32      |

表 - 2 推進機の仕様

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 推進力   | 2940kN                             |
| 掘削トルク | 23.5kNm × 7.3rpm、11.8kNm × 12.2rpm |
| 出力    | 45kw                               |
| 掘削方式  | スクリーオーガ排土方式                        |
| 方向制御  | 先端シューを装着し、管体を回転させることにより方向修正        |

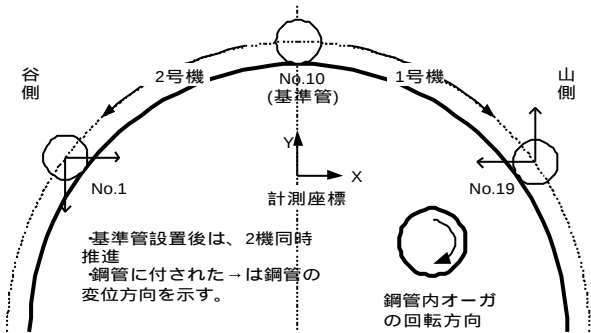


図 - 1 パイプルーフ説明図

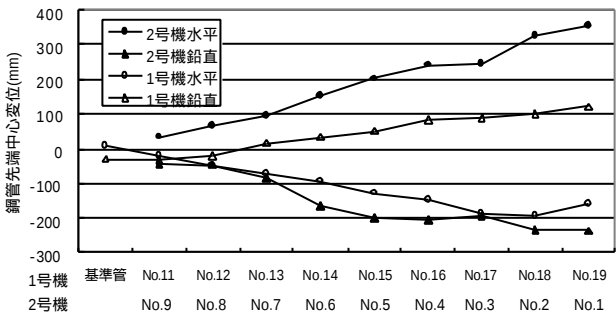


図 - 2 推進時の鋼管先端中心変位

3. 施工時のパイプルーフ挙動

パイプルーフ鋼管は2機の推進機での同時施工とした。図-1に示すように、トンネルセンターに基準管(No.10)を設置後、基準管のジョイントと接合しつつ、山側に No.11～No.19(1号機)、谷側に No.9～No.1(2号機)の後続管を順次打設する。鋼管推進時はオーガ先端に設けられたダイオードの動きを後方のセオドライトで監視しつつ方向を制御する。図-2は貫通時の

鋼管中心位置（座標方向は図 - 1 に記載）を示したものである。図より、基準管の最終変位は水平 10mm、鉛直 29mm であるものの、後続の鋼管ほど大きく変位することがわかる。また、全ての後続管は図 - 1 に示すように、山側で上方内側、谷側で下方内側に変位する。掘削時のオーガ回転方向は時計回りであり、鋼管はオーガと反対方向に変位していることになる。

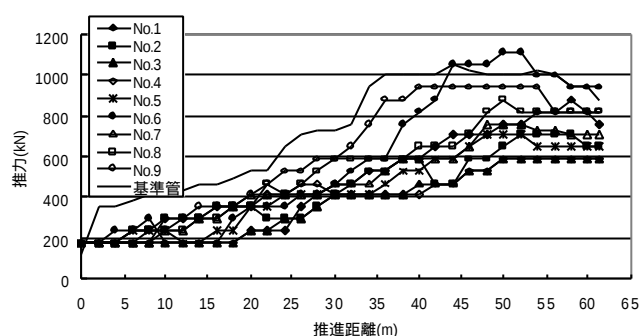


図 - 3 推進距離と推力の関係（1号機）

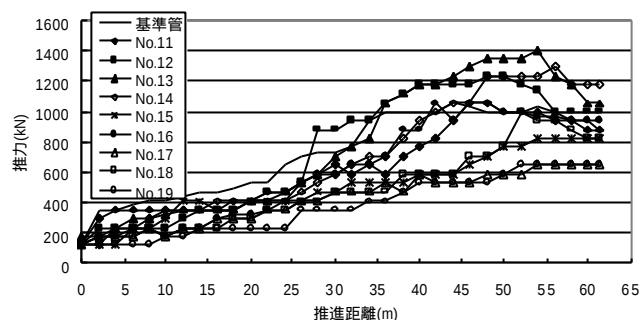


図 - 4 推進距離と推力の関係（2号機）

図 - 3 と図 - 4 は推進距離と推力の関係を示したものである。両図より、後続管での推力は基準管掘削時の推力を下回っている。No.6、No.12～No.14において推力が上昇しているのは転石によるものであり、通常の場合には推進距離の増加にしたがって徐々に推力が増加するが転石に遭遇した場合には急激に上昇する。なお、本地山は低強度であり、推進距離も比較的小さいため、転石に遭遇しつつも最大 1400kN の推力で施工可能であった。

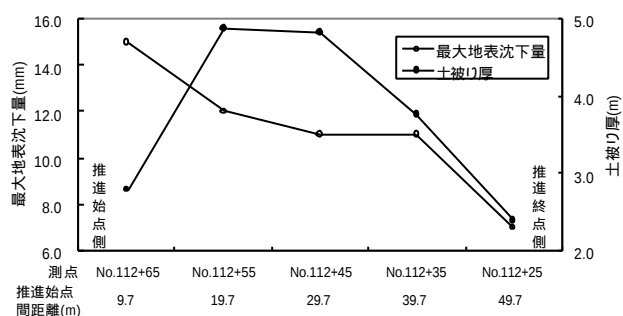


図 - 5 トンネル中心軸上の地表面沈下

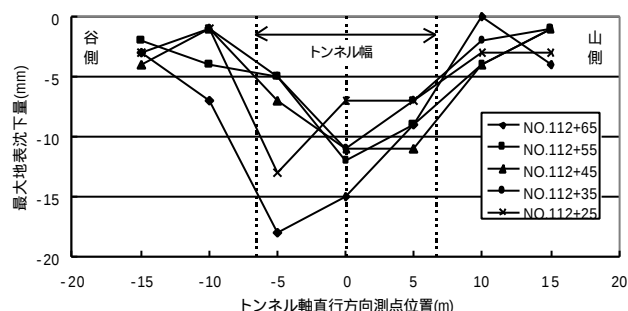


図 - 6 トンネル横断方向の地表面沈下分布

#### 4．地表面沈下

図 - 5 にトンネル中心軸上での地表面沈下量を示す。地表沈下は推進始点側で最大となり、終点側で最小となっているが、始点側は土被りが小さいことが主因であり、終点側はさらに被り厚が小さくなるため、ほぼ鋼管位置に支配されているものである。図 - 6 にはトンネル横断方向の 5 断面での沈下量を示した。図より、No.112+65（始点側）での沈下量が最大となっている。また、谷側での沈下量が大きくなっている。これは、始点側の谷側部では、センター部よりさらに被り厚が小さくなることと、鋼管の下方への変位が大きいことに起因するものと考えられる。なお、沈下範囲はトンネル幅外側 5m 範囲内に止まっている。また、最大沈下量は 18mm であり、余裕を持って目標を達成できた。

#### 5．終わりに

本トンネルでは、φ 812.8mm、延長 61m のパイプルーフ工を施工し、最終打設鋼管において最大水平変位 353mm、鉛直変位 237mm、最大地表面沈下 18mm という精度であった。施工にあたって、連結管式パイプルーフ工では基準管を精度良く施工できても、ジョイントによる拘束のため後続管の方向制御が困難となり、後続の鋼管ほど変位が増大した。また、鋼管はオーガ回転と逆方向に変位する傾向が認められた。