

## インバート変状下部の地山の物性値（地芳トンネル第2工事）

清水建設(株) 四国支店 土木部 正会員 宮本 健太郎  
 清水建設(株) 土木事業本部 技術第2部 正会員 山本 和義  
 国土交通省 四国整備局 中村工事事務所 正会員 宮脇 工

### 1. はじめに

押し出し性地山では、路盤の盤膨れによる変状が、供用後にしばしば報告されている。本地芳トンネルにおいても付加体メランジェの角礫状～粘土状蛇紋岩の断層に遭遇し、二重支保とインバート早期閉合によって突破した。インバート打設後6ヶ月経過した段階で、約50m区間にわたりインバートが上昇するのが認められた。調査の目的で5カ所のインバート下部の地質調査を実施した。本稿はこの調査結果を報告するものである。

### 2. 調査項目

5カ所の調査項目は、(1)ボーリング調査、(2)P S 検層、(3)電気検層、(4)孔内載荷試験、(5)三軸圧縮強度試験、(6)インバート応力試験である。各ボーリング孔には地中内変位測定計器を設置し、また、インバートにも応力計測計器を設置し、時間経過に伴う変化を計測している。

#### (1)ボーリング調査

ボーリングのコアの状況は、5カ所ともに複雑な様相を呈した。具体的には砂岩の硬質岩が転石状に出現し、粘土化した蛇紋岩、亀裂の著しく発達した粘板岩や凝灰岩が出現している。また、インバート掘削時にはほとんど確認できなかった地下水が全体的に回り込み、S L 付近まで湧水が認められ、水によって劣化している様相も認められた。

#### (2) P S 検層

P S 検層では明確な速度区分が得られた。低速度部は 1.5～1.7km/s であり、それ以深のゆるみの影響を受けていない部分は 4.1km/s となった。以前の断層部で実施した坑内での弾性波探査結果が、ゆるみ部で 2.2km/s、新鮮部で 4.3km/s であったことと比較すると、ゆるみ部で一層の速度低下があり、新鮮部では同等の値であった。なお、速度境界が 3 m と浅い NO.3 孔は、3 m 程度まで比較的硬質な転石であった箇所である。

#### (3)電気検層

電気検層は、速度検層ほど明確な深度方向の境界は認められなかった。比抵抗値は 100 Ω・m～1000 Ω・m まで変化しており、数百 Ω・m の低比抵抗が多く認められる。掘削時には非常に含水比が低かったことを考慮すると、100 Ω・m の比抵抗は水により飽和した部分であると想定できる。また、比抵抗値の変化は主に岩種による相違と考えられる。

#### (4)孔内載荷試験

孔内載荷試験結果では、変形係数は測定不能～3,000MPa まで広い範囲に分布している。このなかでも測定不能～150MPa、300～500MPa、800～1,500MPa、2,000MPa 以上の4つに分類することが可能である。測定不能～150MPa は1点を除き速度境界（5～6 m）より浅いところに分布している。300～500MPa の分布もまた速度境界より浅いところに多く見られるが、深いところにも分布し

表-1 P S 検層による P 波速度分布

P S 検層	低速度層	深度	高速度層	深度
NO. 1	1.6km/s	5.5m	4.4km/s	5.5m以深
NO. 2	1.7km/s	5.0m	4.1km/s	5.0m以深
NO. 3	1.6km/s	3.0m	4.1km/s	3.0m以深
NO. 4	1.5km/s	6.0m	4.1km/s	6.0m以深
NO. 5	1.5km/s	6.0m	4.1km/s	6.0m以深

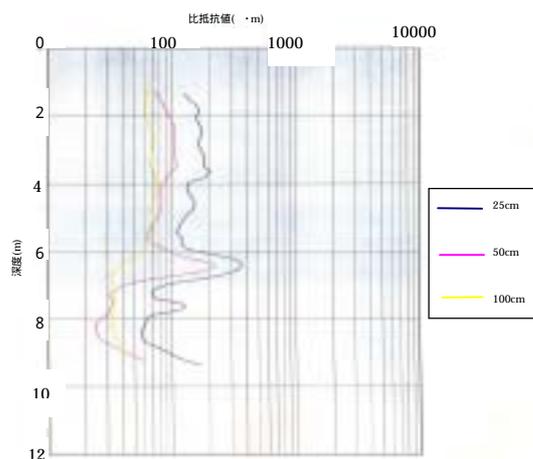
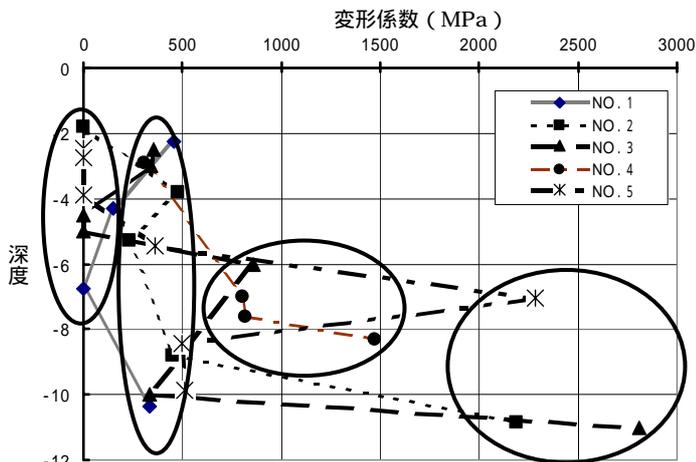


図-1 電気検層の例

キーワード 押し出し性地山、変形係数、強度定数、インバート応力

連絡先 〒785-0601 高知県高岡郡橋原町永野 2050 清水・熊谷共同企業体 TEL 0889-68-0123

ている．500～1000MPa は速度境界より深いところに分布している．この3つの速度層のうち 150MPa 以下は断層粘土ないし著しく破碎された土砂状の部分であり，掘削により塑性化した部分であると想定できる．300～500MPa は広く分布している．この部分は堅岩部がゆるんでいるものと新鮮部の中でも破碎が進行した部分が存在することを示唆するものである．言い換えると，新鮮部で 300～500MPa を示したものがゆるみ部 150MPa まで低下し，800～



(m) 図-2 深度別変形係数

1000MPa のものがゆるみ部では 300～500MPa まで低下したと考えられる．また，2,000MPa 以上を示すものは，転石の可能性が高い．ボーリングコアの状態と同様に変形係数の分布も複雑な様相を呈している．

(5)三軸圧縮強度試験

三軸圧縮強度試験は供試体の採取が困難であったため，1供試体で側圧を変化させる多段載荷形式で実施した．したがって，値そのものは試験可能な結果であり，真に不良地山の強度ではない．粘着力は 20～70kN/m<sup>2</sup>と，絶対値としては非常に小さくかつ深度方向に増加は認められない．内部摩擦角は1点を除き 20°以下であり，非常に不良なことがわかる．したがって，せん断強度そのものが小さく塑性流動により押し出し現象が生じたことがわかる．

(6)インバート応力試験

インバート応力は圧縮応力で 5 N/mm<sup>2</sup>程度発生し，設計基準強度 18 N/mm<sup>2</sup>コンクリートの無筋許容応力の 7 N/mm<sup>2</sup>の 70%程度まで発生している．また，値は 0.06 N/mm<sup>2</sup>と小さいもののインバート中央部には引張応力が発生し，インバート下部からの土圧が作用している状況が読みとれる．

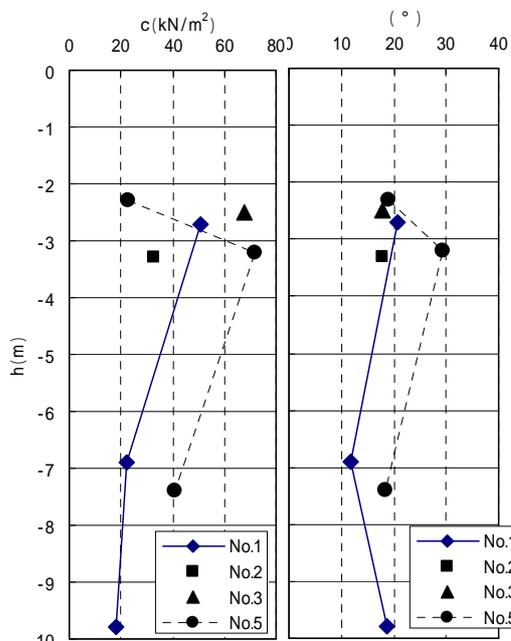


図-3 三軸試験結果（全応力）

3. おわりに

現在，地中内変位計測を実施し，状況の進展を監視している．地中内変位は値そのものは微少なものの，深度 4 m程度で上方に変位するものと下方に変位する傾向が認められている．また，インバート応力も覆工の施工が完了し，1ヶ月程度経過した時点で若干の応力の変動が認められている．

このような盤膨れ現象は長期にわたる可能性が高いため，これらの挙動を慎重に把握し，最終的に長期的安定性の確保のための対策を検討することとしている．

本報告は，押し出し性地山の物性値のデータとして紹介するものである．

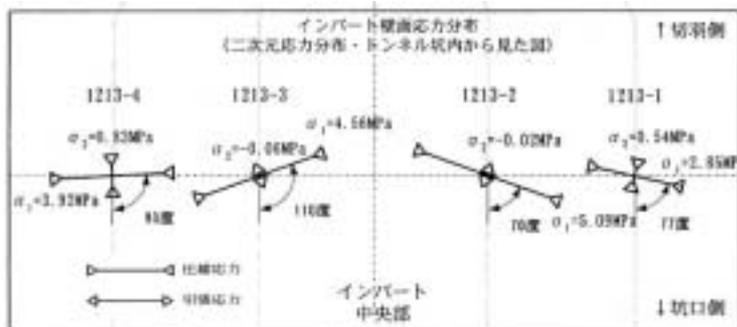


図-4 覆工応力測定結果（主応力）