

CMI 報告

# 山岳トンネルの地山評価 —三重県の事例—

石原 廣和

支保構造とは、トンネルを安定に保つための構造物であり、構成する部材としては、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工、覆工等がある。支保構造の選定は、工費および工期に影響することから、施工時に適切な地山評価を実施することが重要である。また、一般に山岳トンネルの事前調査では、線状構造物であるという特殊性から、地山性状を細部にわたり確実に把握することが難しいことから、当研究所では、発注者、施工者、当研究所の3者で施工時に実際に切羽を観察することにより、地山評価を実施し、適切な支保構造の選定を行っている。

本報告では、当研究所で多数の山岳トンネルにおいて地山評価を実施している三重県について、近年行った地山評価事例の概要を紹介する。

## 2. 三重県における地山評価の概要

### 1. はじめに

施工技術総合研究所（CMI）では、山岳トンネルの施工時に、当研究所のトンネル技術者が中立的な立場で、品質と安全性を確保しつつ、適切な支保構造の選定を実現するための地山評価を静岡県、山梨県、三重県等で実施している。

当研究所では、平成7年度から三重県発注の山岳トンネルの地山評価を実施している。図-1に示すように、平成24年度までに計30本の山岳トンネルにおいて地山評価を実施しており、地質構造区分で見ると、中央構造線内帯～外帯に分布する領家帯、三波川帯、秩父帯、四万十帯と多岐にわたっている。

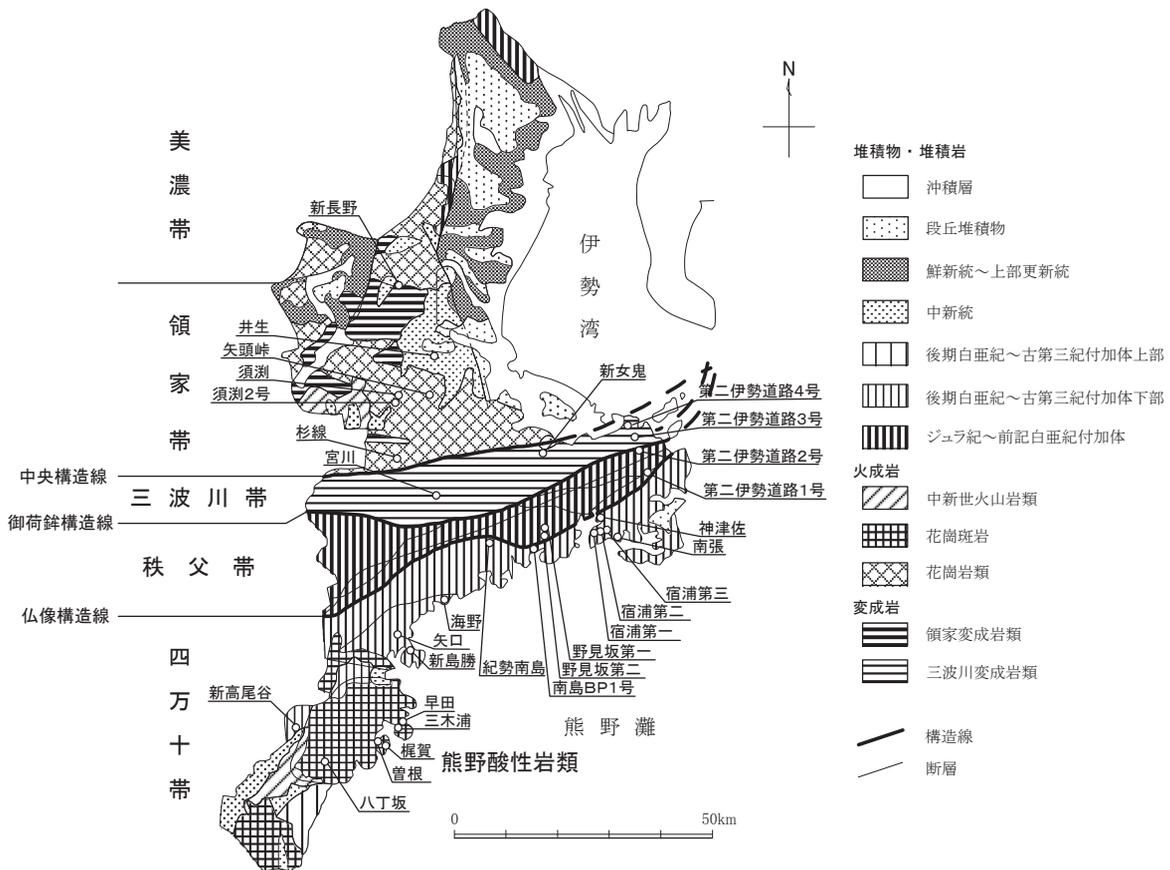


図-1 三重県発注の地山評価実施トンネル位置図（文献1）に加筆

### 3. 地山評価方法

当研究所では、平成7年度から地山評価方法として、定性的な観察を定量化する評価手法（岩盤評価点法）を採用してきた。しかし、道路トンネル技術基準（構造編）・同解説<sup>2)</sup>や道路トンネル観察・計測指針<sup>3)</sup>では、切羽観察評価手法の一つとして、新切羽評価点法<sup>4)</sup>が示されており、また、近年設計された道路トンネルの地山評価は、新切羽評価点法を採用しているものが多いことから、平成16年度以降は、新切羽評価点法を採用している。

新切羽評価点は、「圧縮強度」、「風化変質」、「割れ目の間隔」、「割れ目の状態」の4項目の観察項目の足し合わせで最高点の100点を構成し、その点数に対して、「湧水量」、「水による劣化」の2項目の調整点を減じることにより求められる。評価点が高い程、堅硬な地山状況を示しており、軽い（剛性の低い）支保構造（例えば、B、C I等）の選定が可能となる。逆に、評価点が小さい程、脆弱な地山状況を示しており、トンネルの品質と施工時の安全性を確保するためには、重い（剛性の高い）支保構造（例えば、D I、D II等）が必要となる。

### 4. 各地質帯の地山評価結果

以下に、三重県における各地質帯のうち、新切羽評価点法による地山評価実績の多い領家帯および三波川帯の地山評価結果について述べる。

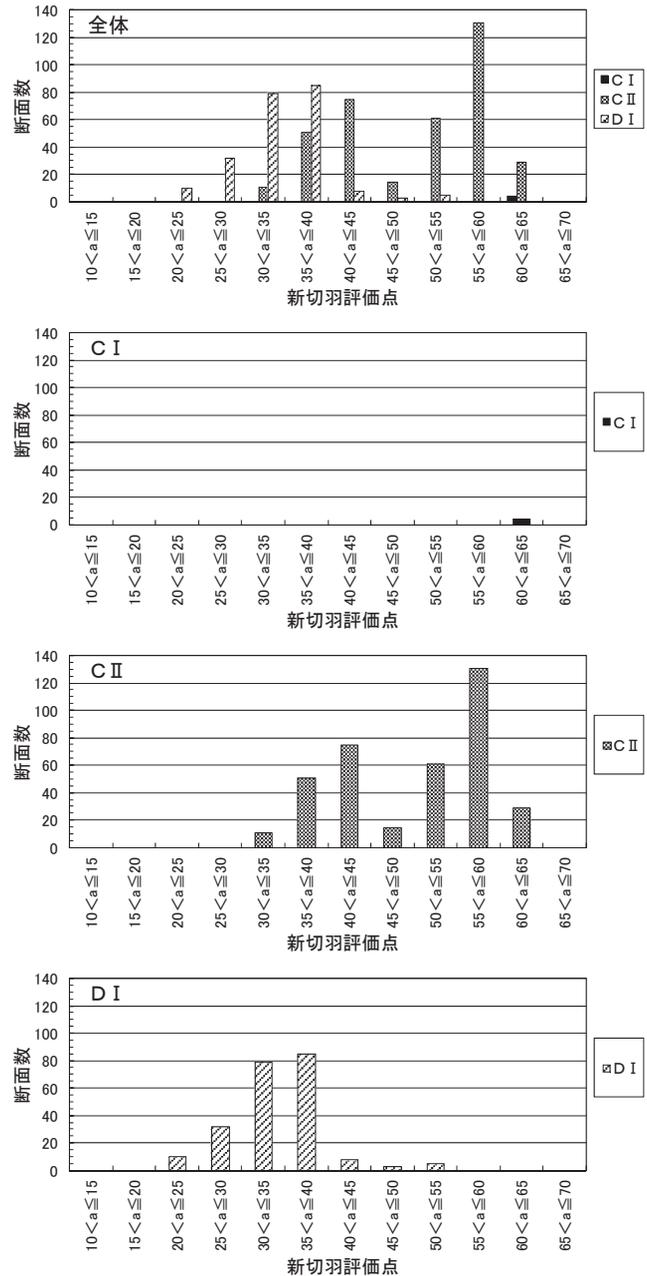
#### (1) 領家帯

##### (a) 切羽観察結果

領家帯では、表—1の杉線トンネルを除く4本のトンネルで新切羽評価点法による地山評価を実施している。

領家帯の支保構造別の新切羽評価点を図—2に示す。C Iは60～65点の範囲、C IIは40～45点および55～60点をピークとする山型の分布、D Iはおもに25～40点の範囲を示しており、概ね新切羽評価点の支保選定の目安の範囲（C I：55～70点、C II：35～60点、D I：40点以下）に該当する。

また、各支保構造の断面数（標本数）を見ると、C IIおよびD I主体の地山状況であったことが分かる。



図—2 領家帯における支保構造別の新切羽評価点

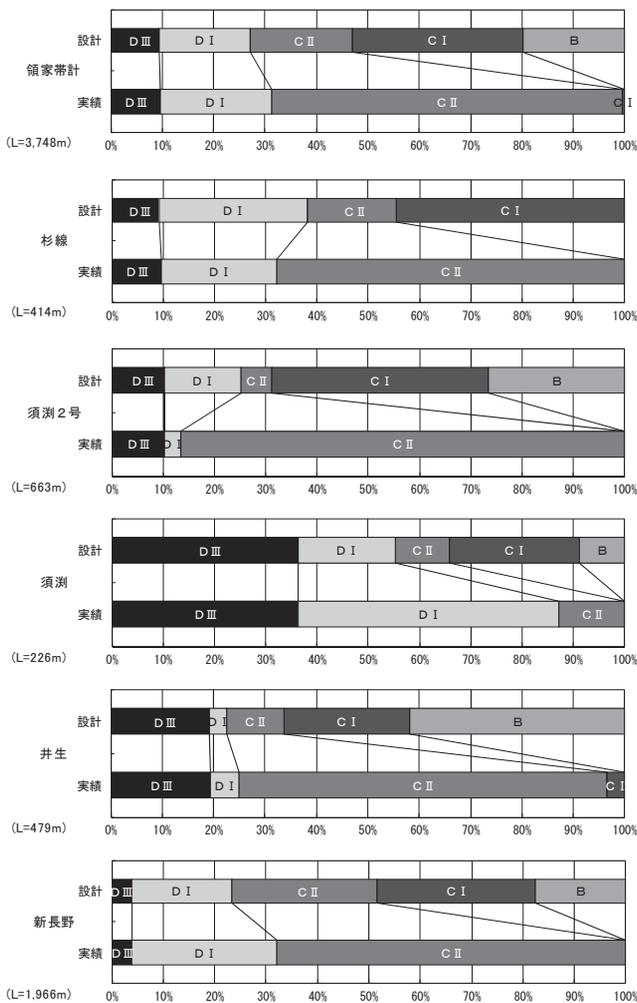
##### (b) 支保構造

領家帯における支保構造変更の内訳（支保構造の設計と施工実績の比較）を表—1および図—3に示す。領家帯の支保構造の選定には以下の特徴が見られる。

設計では、Bを最上位の支保構造とし、約20%の延長で計画されていたが、施工実績ではBは採用されていない。また、設計ではC Iも約33%の延長で計画されていたが、施工実績では約0.4%（延長16.5m）の延長のみしか採用されていない。全体としては、C IIの施工実績が全体の約68%の延長を占めており、C II主体の支保構造であった。

表一 領家帯における支保構造の設計と施工実績の比較

| 支保構造  | DⅢ | DⅠ      | CⅡ      | CⅠ       | B        | 計       |          |
|-------|----|---------|---------|----------|----------|---------|----------|
| 領家帯計  | 設計 | 356.0 m | 662.0 m | 744.0 m  | 1243.0 m | 741.0 m | 3746.0 m |
|       | 実績 | 359.8 m | 812.7 m | 2559.1 m | 16.5 m   | 0.0 m   | 3748.0 m |
| 杉線    | 設計 | 38.0 m  | 119.0 m | 72.0 m   | 183.0 m  | 0.0 m   | 412.0 m  |
|       | 実績 | 40.0 m  | 93.6 m  | 280.4 m  | 0.0 m    | 0.0 m   | 414.0 m  |
| 須測 2号 | 設計 | 68.0 m  | 99.0 m  | 40.0 m   | 280.0 m  | 176.0 m | 663.0 m  |
|       | 実績 | 67.4 m  | 22.0 m  | 573.6 m  | 0.0 m    | 0.0 m   | 663.0 m  |
| 須測    | 設計 | 82.0 m  | 43.0 m  | 24.0 m   | 57.0 m   | 20.0 m  | 226.0 m  |
|       | 実績 | 82.2 m  | 115.0 m | 28.8 m   | 0.0 m    | 0.0 m   | 226.0 m  |
| 井生    | 設計 | 92.0 m  | 16.0 m  | 53.0 m   | 118.0 m  | 200.0 m | 479.0 m  |
|       | 実績 | 93.3 m  | 26.0 m  | 343.2 m  | 16.5 m   | 0.0 m   | 479.0 m  |
| 新長野   | 設計 | 76.0 m  | 385.0 m | 555.0 m  | 605.0 m  | 345.0 m | 1966.0 m |
|       | 実績 | 76.9 m  | 556.1 m | 1333.1 m | 0.0 m    | 0.0 m   | 1966.0 m |



図一 領家帯の支保構造変更の内訳

(c) 地質の特徴

領家帯では、地山評価実施時に花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩、片麻岩、緑色片岩が出現したが、その主体は花崗岩および花崗閃緑岩であった。

領家帯の花崗岩は水平および垂直節理が発達しており、節理間隔は最大で 50 cm 程度、通常 10 ~ 30 cm 程度であり、節理面に沿って剥離しやすい状況であっ

た。また、花崗閃緑岩は片麻状を呈し、節理に加えて弱い片理に沿って剥離しやすい状況であった。

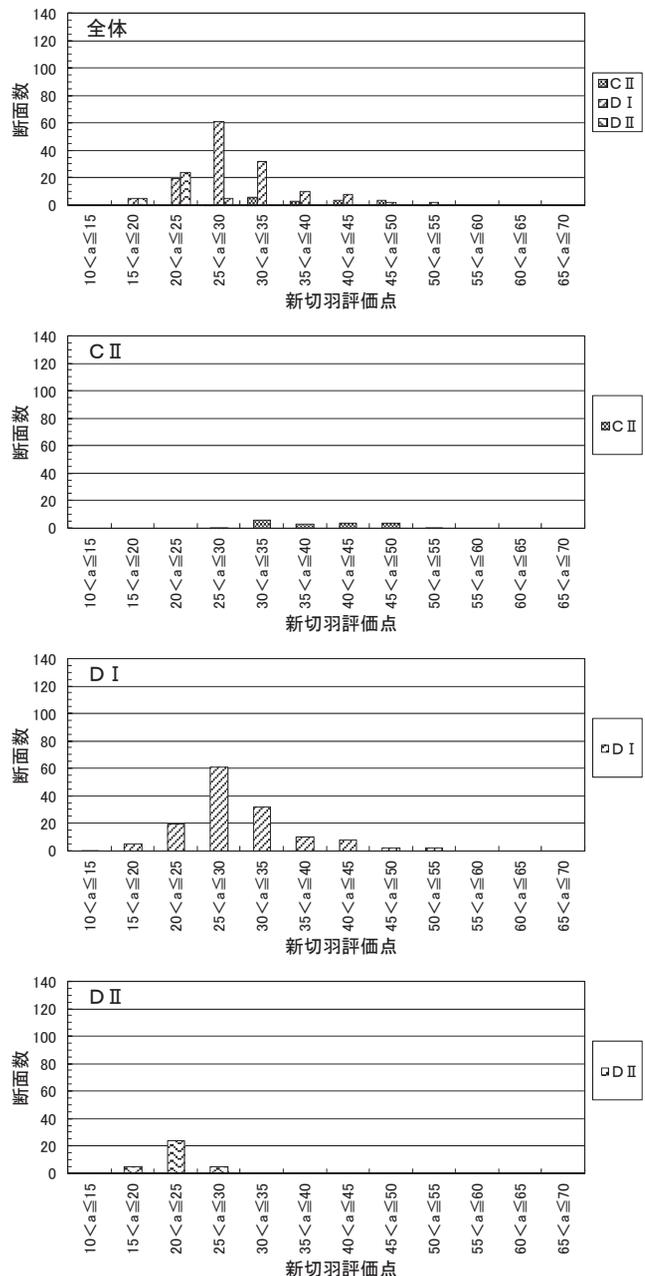
したがって、領家帯では、CⅡ主体でDⅠ（一部CⅠ）を伴う地山状況となったものと考えられる。

(2) 三波川帯

(a) 切羽観察結果

三波川帯では、表一 2 の新女鬼トンネルを除く 3 本のトンネルで新切羽評価点法による地山評価を実施している。

三波川帯の支保構造別の新切羽評価点を図一 4 に示す。CⅡは 30 ~ 50 点の範囲、DⅠは 25 ~ 30 点をピークとする山型の分布、DⅡは 20 ~ 25 点をピークとする



図一 4 三波川帯における支保構造別の新切羽評価点

る山型の分布を示しており、概ね新切羽評価点の支保選定の目安の範囲（CⅡ：35～60点，DⅠ：40点以下）に該当する。

また、各支保構造の断面数（標本数）を見ると、DⅠ主体の地山状況であったことが分かる。

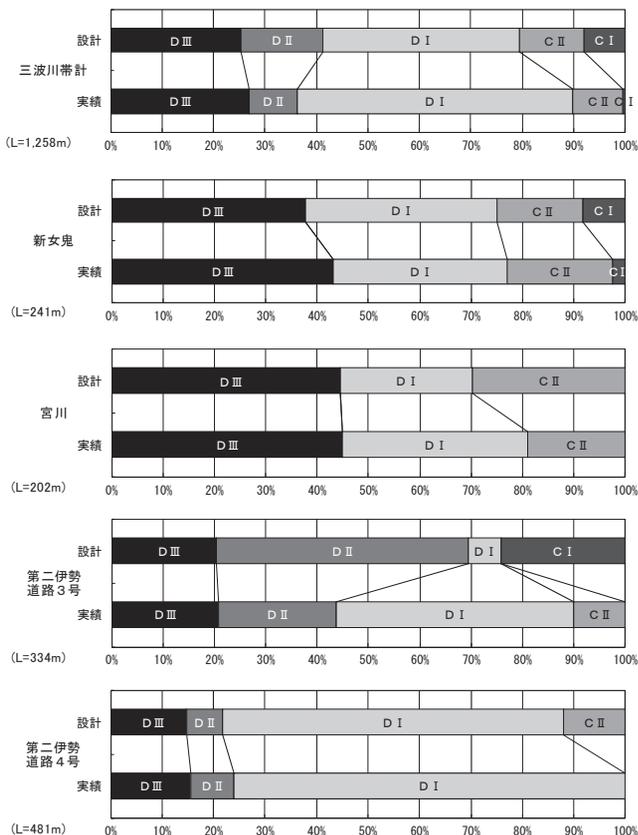
(b) 支保構造

三波川帯における支保構造変更の内訳（支保構造の設計と施工実績の比較）を表一2および図一5に示す。三波川帯の支保構造の選定には以下の特徴が見られる。

設計では、CⅠを最上位の支保構造とし、約8%の延長で計画されていたが、施工実績では約0.5%（延長6m）の延長のみしか採用されていない。また、設

表一2 三波川帯における支保構造の設計と施工実績の比較

| 支保構造     |    | DⅢ      | DⅡ      | DⅠ      | CⅡ      | CⅠ      | 計        |
|----------|----|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 三波川帯計    | 設計 | 320.0 m | 198.0 m | 481.0 m | 158.0 m | 101.0 m | 1258.0 m |
|          | 実績 | 338.8 m | 117.0 m | 675.0 m | 121.2 m | 6.0 m   | 1258.0 m |
| 新女鬼      | 設計 | 91.0 m  | 0.0 m   | 90.0 m  | 40.0 m  | 20.0 m  | 241.0 m  |
|          | 実績 | 103.8 m | 0.0 m   | 82.0 m  | 49.2 m  | 6.0 m   | 241.0 m  |
| 宮川       | 設計 | 90.0 m  | 0.0 m   | 52.0 m  | 60.0 m  | 0.0 m   | 202.0 m  |
|          | 実績 | 90.6 m  | 0.0 m   | 73.0 m  | 38.4 m  | 0.0 m   | 202.0 m  |
| 第二伊勢道路3号 | 設計 | 68.0 m  | 164.0 m | 21.0 m  | 0.0 m   | 81.0 m  | 334.0 m  |
|          | 実績 | 69.4 m  | 77.0 m  | 154.0 m | 33.6 m  | 0.0 m   | 334.0 m  |
| 第二伊勢道路4号 | 設計 | 71.0 m  | 34.0 m  | 318.0 m | 58.0 m  | 0.0 m   | 481.0 m  |
|          | 実績 | 75.0 m  | 40.0 m  | 366.0 m | 0.0 m   | 0.0 m   | 481.0 m  |



図一5 三波川帯の支保構造変更の内訳

計ではDⅡも約16%の延長で計画されていたが、施工実績では約9%の延長のみしか採用されていない。全体としては、DⅠの施工実績が全体の約54%の延長を占めており、DⅠ主体の支保構造であった。

(c) 地質の特徴

三波川帯では、地山評価実施時に泥質片岩、砂質片岩、緑色片岩、珪質片岩が出現したが、その主体は泥質片岩であった。

三波川帯の泥質片岩は片理が発達しており、片理間隔は数mm程度であった。また、片理面は鏡肌が発達し、粘土を狭在しており、片理面に沿って剥離しやすい状況であった。さらに、南斜面の坑口部では、北斜面と比べ気温変化が大きいことにより風化変質が進行し、褐色化および粘土化しており、小土被り区間では小断層が存在し、脆弱であった。

したがって、三波川帯では、DⅠ主体でCⅡ、DⅡ（一部CⅠ）を伴う地山状況となったものと考えられる。

5. おわりに

上記のとおり、当研究所では、これまでに多数の山岳トンネルにおいて地山評価を実施している。今後も更に施工時の地山評価データを収集・分析することにより、各地質帯の地山評価結果の特性について検証していく予定である。

また、支保構造の設計と施工実績の乖離が見られることから、その様な乖離を極力減らすことが可能となるように、設計時の類似地山の支保構造選定の際に、今回の事例を始めとした地山評価結果が参考資料と成り得るよう、今後も取り組みを進めていく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 坂 幸恭, 綿谷好修: 三重県の地盤, 地質と調査, 2002年第4号, pp.35～45, 2002.
- 2) (社)日本道路協会: 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説, 2003.11.
- 3) (社)日本道路協会: 道路トンネル観察・計測指針(平成21年改訂版), 2009.2.
- 4) 東・中・西日本高速道路(株): トンネル施工管理要領(計測工編), 2006.10.

【筆者紹介】

石原 廣和 (いしはら ひろかず)  
 一般社団法人 日本建設機械施工協会  
 施工技術総合研究所 研究第一部  
 主任研究員

