

## 4 様式集

### (1) トンネル台帳

トンネルが完成した場合には、トンネル台帳を作成し、道路維持係や管理係等の施設管理関係係へ引き継ぎすること。

トンネル台帳とは、「様式1～8と委託成果品及び工書の電子納品成果品」とする。

また、公益財団法人鹿児島県建設技術センターへ、トンネル台帳1式を情報提供すること。

詳細については「第6編 参考資料」を参照すること。

### (2) トンネル工事記録誌

トンネルが完成した場合には、トンネル工事記録誌を作成し、道路建設課橋りょう係へ提出すること。

トンネル工事記録誌の作成は、本体工を受注した建設業者へ協力※依頼すること。（※トンネル本体工発注時に作成する旨を特記仕様書に記載すること）

(参考) 特記仕様書記載例

#### 第 条 トンネル工事記録誌の作成

請負者は、工事完成前までにトンネル工事記録誌を作成し、監督職員に提出すること。

なお、作成に当たっては、監督職員と協議すること。

# トンネル工事記録誌

〇〇〇トンネル  
(主)〇〇〇〇線

〇〇〇地域振興局

# 工事報告書

## 道路改築工事（知覧トンネル）

福重博之<sup>1</sup>・仁禮景一<sup>2</sup>・加藤正人<sup>3</sup>・吉屋竜太<sup>4</sup>・杉田真也<sup>5</sup>

- 1 鹿児島県南薩地域振興局建設部土木建築課長（〒897-0031 鹿児島県南さつま市加世田東本町 8-13）
- 2 鹿児島県南薩地域振興局建設部土木建築課技術補佐（〒897-0031 鹿児島県南さつま市加世田東本町 8-13）
- 3 鹿児島県南薩地域振興局建設部土木建築課道路建設第二係長（〒897-0031 鹿児島県南さつま市加世田東本町 8-13）
- 4 鹿児島県南薩地域振興局建設部土木建築課技術主査（〒897-0031 鹿児島県南さつま市加世田東本町 8-13）
- 5 東急・南生・上東・桑畑特定建設工事共同企業体所長（〒812-8608 福岡県福岡市博多区祇園町 2-1）

**Key word：**山岳トンネル、火砕流堆積物、地層境界

### 1. 工事概要

南薩縦貫道は、鹿児島市から南九州市を經由し枕崎市に至る総延長約 40km の地域高規格道路であり、このうち南九州川辺ダム IC～南九州川辺 IC までの 6.5km の区間が「川辺道路」として開通している。また南九州川辺 IC～知覧交差点(仮称)の 5.7km が「知覧道路」として、知覧交差点(仮称)～塗木交差点(仮称)の 3.4km が「霧出道路」として整備が続けられている。

知覧トンネルは、現在整備中の南薩縦貫道「知覧道路」の一部として南九州川辺 IC と南九州知覧北 IC (仮称)の間に位置する延長 L=1135m の道路トンネルである。

#### (工事概要)

|        |   |
|--------|---|
| 工事名    | 道路改築工事（知覧トンネル）                            |
| 発注者    | 鹿児島県（南薩地域振興局 建設部 土木建築課）                   |
| 工事場所   | 鹿児島県南九州市川辺町両添地内                           |
| 工期     | 平成 24 年 1 月 20 日～平成 27 年 3 月 20 日（821 日間） |
| 設計者    | 株式会社 建設技術研究所                              |
| J V 構成 | 東急 40%・南生 25%・上東 20%・桑畑 15%               |

### 工事数量

|                 |                      |
|-----------------|----------------------|
| トンネル延長          | 1,135m               |
| 掘削断面積（C II - b） | 75.9 m <sup>2</sup>  |
|                 | (代表断面)               |
| トンネル掘削          | 91,900m <sup>3</sup> |
| 覆工コンクリート        | 10,300m <sup>3</sup> |
| 非常駐車帯（拡幅断面）     | 2 箇所                 |
| 坑門工（面壁型）        | 2 箇所                 |

### 2. 地形・地質概要

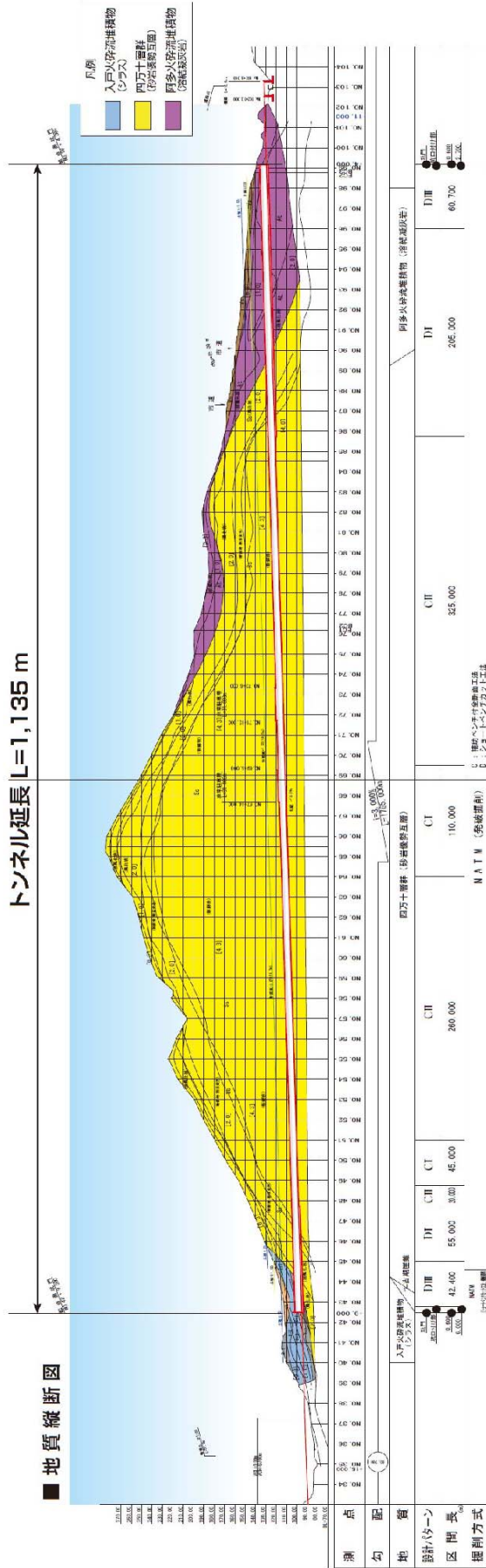
トンネルの地質縦断面図を図-2 に示す。

当該トンネルの主たる地質は、約 8000 万年前の中生代白亜紀に形成された四万十層群の砂岩優勢互層であり、その中心部は弾性波速度が約 5km/sec と高く、また一軸圧縮強度も約 200MN/m<sup>2</sup> ときわめて硬質である。

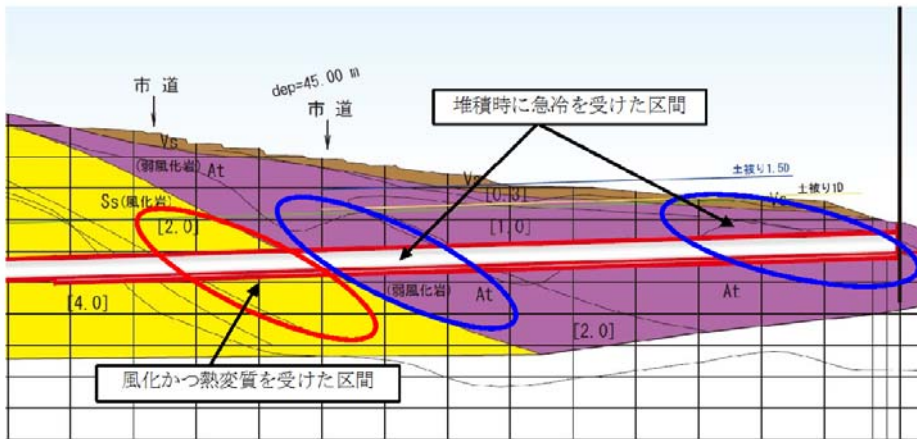
両坑口については、起点方の約 35m 区間は入戸火砕流堆積物（シラス）が、また終点方は約 200m 区間は阿多火砕流堆積物（溶結凝灰岩）が低土被りでトンネルを覆う。これらの火砕流堆積物は 10 数万年前に形成されたと考えられる。すなわち四万十層群単体で一つの山を形成した時代が極めて長く、図-3 に赤く囲った部分は、昔の地山表面に当たり風化が進んでいるものと考えられる。また阿多火砕流堆積物は堆積の際に中心部はゆっくりと冷却されるため、緻密かつ非常に強度が高いものとなるが、図-2 の青で囲った旧地山と接する境界部や地表部分は急冷されるため、亀裂が発達した構造になるものと推察できる。また旧地山部分は逆に火砕流により熱変質を受け、さらに劣化が進むものと考えられる。全体として地下水位はトンネル中心部で水頭約 70m と高く、施工にあたっては四万十層と阿多火砕流堆積物の境界付近では、切羽・天端の崩壊、突発湧水などに留意しなければならない。



図-1 トンネル位置図



図一2 知覧トンネル地質縦断面図

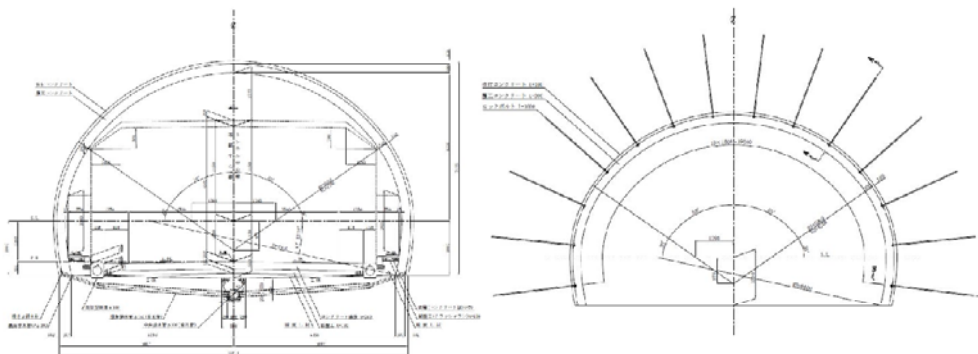


図一3 終点方層境区間における地質状況

### 3. 設計概要

#### 3.1 トンネル標準断面

トンネル標準断面図および支保パターン(CIIパターンで代表する)を図一4に示す。



図一4 トンネル標準断面図と支保パターン

#### 3.2 基本的な施工法

掘削対象となる地質は、四万十層群（砂岩優勢互層）、阿多火砕流堆積物（溶結凝灰岩）であり、これらの一軸圧縮強度は、砂岩優勢互層が  $75 \sim 200 \text{ MN/m}^2$ 、溶結凝灰岩が  $10 \sim 20 \text{ MN/m}^2$  程度である。このうち砂岩優勢層がトンネル全体の約80%程度を占める。したがって本トンネルの掘削方式としては、発破方式が採用されている。また掘削工法としては、CI, CIIで補助ベンチ付全断面工法、DI, DIIIで上半先進ベンチカット工法となる。

#### 3.3 補助工法

##### ①坑口区間における地下水位低下対策

本トンネルは、入坑口より約35m区間がシラス掘削区間となる。この区間におけるシラスは軟質あるいは極軟質なものが大半を占めており、このような条件での掘削は、地山の含水比が高い状態では、切羽の崩壊、天端の崩落あるいはロックボルトの定着不良を招きやすい。

詳細設計では、水位低下対策として水平水抜ボーリング2本（ $L=160\text{m}$ ）が計画されている。シラス区間に対して十分な水抜長を有しているが、地形的に地下水が豊富に供給されると考えられるため、切羽をドライな状



態に保てるかが大きなポイントとなる。

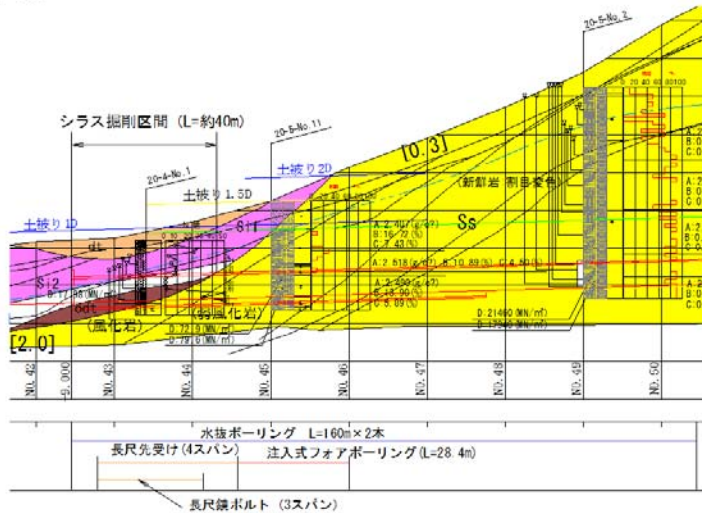
上記対策で切羽をドライにするために不十分であれば、水抜ボーリングの追加あるいはウェルポイントの実施などが考えられる。

②起点型シラス掘削区間における補助工法

シラス区間における補助工法としては、設計では、

- i) 長尺先受け工法 (4 スパン) …シラス通過区間
- ii) 長尺鏡ボルト (3 スパン) …シラス通過区間
- iii) 注入式フォアボーリング …シラス通過後の四万十層弱風化岩

が採用されている。

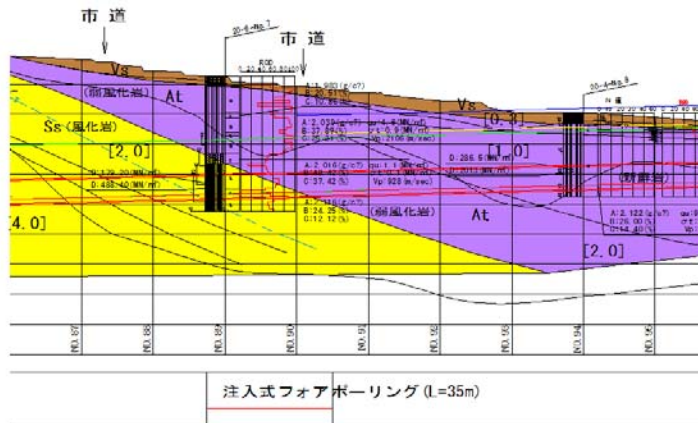


図一五 坑口区間における補助工法

③No.89～90 付近層境部掘削時の補助工法について

No.89～90 付近は四万十層から火砕流堆積物への層境区間となっている。その境界部は土砂状を呈しており切羽の安定性に乏しいと予想される。またその区間長は極めて不明瞭であり、上記坑口区間と同様に、探りのみ等により前方を確認しながらの慎重な施工が要求される。

設計では、地層境界から両側に 10m を確保して注入式フォアボーリングが採用されている (地層境界区間 15m+10m+10m=35m)。



図一六 層境区間における補助工法

#### 4. 施工状況および補助工法の変更

##### 4.1 施工状況

###### 1) 起点方坑口区間

当初設計で坑口より約35m 区間分布していると想定されていたシラスは坑口付時点でほぼなくなり、その下部から黒ボクを主体とする古期崖錘堆積物(odt)が出現した。古期崖錘堆積物は、きわめて軟質で強い粘性を示し、時間の経過とともに10~30cmの塊状で崩れ落ちる。全体的に風化が進み、ブレーカーの刃先のみで土砂状に容易に崩すことができる。坑口ではシラス区間における切羽・天端安定対策として、長尺先受け4スパン、長尺鏡ボルト3スパンが計画されていたが、古期崖錘堆積物についても非常に切羽の自立性が悪く、もろく崩れやすい状況にあるため、鏡ボルトは3スパンから4スパンに変更して切羽の安定を確保した。

懸念された湧水については、水抜ボーリングの効果もあり、晴天時には切羽からの湧水は少ない。しかし雨天時には湧水が増加し、掘削毎に小崩落が発生する。

写真-1に坑口部における切羽状況、写真-2に長尺鏡ボルト施工後の切羽の安定状況を示す。

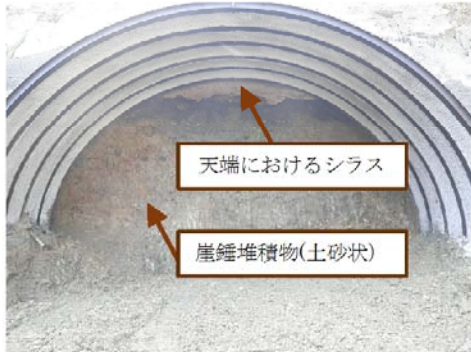


写真-1 坑口部における切羽状況



写真-2 長尺鏡ボルト打設状況

###### 2) 層境区間

層境に近づくにつれ、切羽は茶褐色の粘土混じり礫層となり非常にもろく崩れやすい状況になった。当初設計では、想定層境の10m手前から補助工法として注入式フォアボーリングが計画されていたが、それよりも25m手前において切羽・天端の安定が保てなくなり、前倒しで補助工法を適用した。さらに層境が近づくと、岩塊はもろく、削孔水の使用により切羽が崩れる状態が続いたため、短尺(L=3m)から長尺先受け工法(L=12.5m)に変更した。長尺先受け工法採用後は、切羽の安定性向上により6m/日の進捗が得られた。

湧水については、注入後はほとんど発生せず、雨天時ににじむ程度であった。

写真-3に層境区間における切羽状況、写真-4に長尺先受け施工後の切羽の安定状況を示す。

図-7には層境区間における補助工法の実施状況を当初設計と対比して示す。

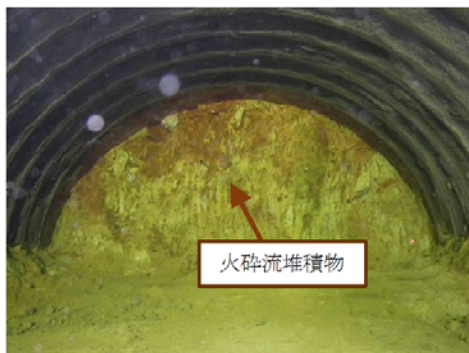
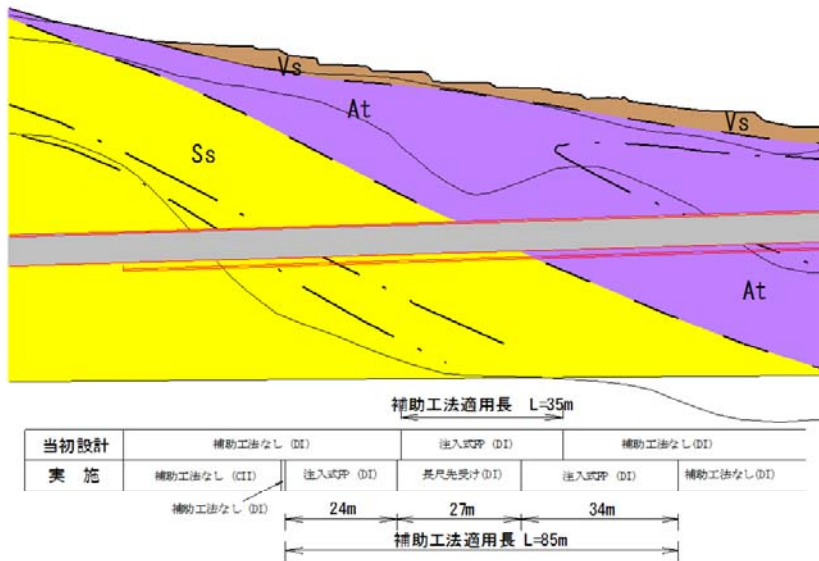


写真-3 層境部の切羽状況



写真-4 長尺先受け打設状況



図一七 層境区間における補助工法の実施状況

#### 4.2 支保パターンおよび補助工法の変更

表一に当初設計および実施支保パターンおよびその延長比率を示す。

興味深いのは、地山分類で比較すると、CIパターン、DIIIパターン延長はほとんど変わらず、DIは設計に対して実施のほうが全体の10%減っており、CIが増加していることである。すなわち地山自体は設計よりも実施のほうが良好と判断していることになる。

その一方で層境区間付近における補助工法延長（注入式フォアボーリングと長尺先受けを合算したものは、逆に設計で35mであったのに対し、実施では85mと増加している。層境区間における脆弱帯区間は、四万十層群および阿多火砕流区間に及ぶと2.で述べたが、その影響域は設計で想定されたよりも深度が深いものであった

表一 支保パターンの設計と実績の比較

| 地山分類 | 延長(m)  |        | 比率(%) |       | 支保パターン    | 延長(m)  |        | 比率(%) |       |
|------|--------|--------|-------|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|
|      | 設計     | 実施     | 設計    | 実施    |           | 設計     | 実施     | 設計    | 実施    |
| CI   | 155.0  | 139.5  | 13.7  | 12.3  | CI        | 122.9  | 139.5  | 10.8  | 12.3  |
|      |        |        |       |       | CI-L      | 32.1   | 0.0    | 2.8   | 0.0   |
| CII  | 605.0  | 737.3  | 53.3  | 65.0  | CII-b     | 572.9  | 673.1  | 50.5  | 59.3  |
|      |        |        |       |       | CII-L     | 32.1   | 64.2   | 2.8   | 5.7   |
| DI   | 260.0  | 143.2  | 22.9  | 12.6  | DI-b      | 205.0  | 37.5   | 18.1  | 3.3   |
|      |        |        |       |       | DI-b-1    | 55.0   | 50.7   | 4.8   | 4.5   |
|      |        |        |       |       | DI-b-1(1) | -      | 1.0    | -     | 0.1   |
|      |        |        |       |       | DI-b-1(2) | -      | 27.0   | -     | 2.4   |
| DIII | 115.0  | 115.0  | 10.1  | 10.1  | DI-b-M-1  | -      | 27.0   | -     | 2.4   |
|      |        |        |       |       | DIII      | 60.7   | 20.5   | 5.3   | 1.8   |
|      |        |        |       |       | DIII-1    | 8.4    | 48.3   | 0.7   | 4.3   |
|      |        |        |       |       | DIII-1(1) | -      | 1.2    | -     | 0.1   |
|      |        |        |       |       | DIII-M-1  | 9.0    | 9.0    | 0.8   | 0.8   |
|      |        |        |       |       | DIII-M-2  | 18.0   | 18.0   | 1.6   | 1.6   |
|      |        |        |       |       | DIII-M-3  | 9.0    | 0.0    | 0.8   | 0.0   |
|      |        |        |       |       | DIII-M-4  | -      | 9.0    | -     | 0.8   |
| 坑口付  | 8.7    | 7.8    | 0.8   | 0.7   |           |        |        |       |       |
| 坑門   | 1.2    | 1.2    | 0.1   | 0.1   |           |        |        |       |       |
| 合計   | 1135.0 | 1135.0 | 100.0 | 100.0 | 合計        | 1135.0 | 1135.0 | 100.0 | 100.0 |

といえる。



## 5. 地元とのコミュニケーション

本現場では、地元の方々や小中学校の生徒を対象として、トンネル工事を理解していただき地域とのコミュニケーションを持つことを目的に現場見学会を12回開催した。参加者は合計300人以上に及ぶ。



写真一五 川辺小学校現場見学会(2013/2/13)



写真一六 地元現場見学会(2014/5/25)



写真一七 川辺中学校現場見学会(2014/5/26)



写真一八 鹿児島県建設技術センター見学会(2014/7/30)



写真一九 鹿児島県トンネル研修会見学会(2014/8/29)



写真一〇 東京都トラック協会現場見学(2015/2/7)

## 6. おわりに

本文でも述べたように、本トンネルは、約8000万年前に形成された四万十層群の上に約10万年前の火山活動による火砕流堆積物が覆った地山を貫くものであった。その層境付近には脆弱帯が存在していることが事前に予想されていたが、風化や熱変質、急冷による劣化などの影響により、脆弱な範囲は想定よりも大幅に広いものであった。このような層構造の場合に地形・地質的性状を事前によく理解しておくことの重要性を認識させられた事例であったと思う。

本工事を進めるにあたり、多大なるご指導をいただいた臨床トンネル工学研究所 中川浩二理事長には、心よりお礼申し上げます。また本工事の完成は関係各機関や地元住民の方々のご協力・ご理解無しでは得られないものでした。心よりお礼申し上げます。

本工事が、今後のトンネル工事の参考になれば幸いです。

# トンネル工事記録誌 原稿作成要領

## － 副題がある場合 －

○○○○<sup>1</sup>・△△△△<sup>2</sup>・□□□□<sup>3</sup>・◎◎◎◎<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 所属および役職 (〒???-???) 住所  
E-mail:????@????

<sup>2</sup>賛助会員 所属および役職 (〒???-???) 住所  
E-mail:????@????

<sup>3</sup>特別会員 所属および役職 (〒???-???) 住所  
E-mail:????@????

<sup>3</sup>非会員 所属および役職 (〒???-???) 住所  
E-mail:????@????

概要を7行以内で簡潔にまとめる。使用するフォントは、明朝体（和文）およびTimesNewRoman（英文）を原則とし、サイズを9ptとする。

**Key Words:** 内容に特に関係のあるキーワード（和文）を3～5個程度

### 1. 題目および著者

タイトル（題目）はできるだけ簡潔にし、40文字以内とする。タイトル（題目）のフォントをゴシック体を標準とし、サイズは20ptとする。サブタイトル（副題）を使用する場合は、サブタイトル（副題）の左右に「－」をつける。サブタイトル（副題）に使用するフォントは、ゴシック体を標準とし、サイズを16ptとする。

著者は、原則として会員・非会員の種別を問わない。著者と所属・役職等とは肩付き数字で対応づけ、上記のように並べる。E-Mailアドレスを記載する場合は、上記のように所属記入欄の下行に示す。

### 2. 章タイトル（ゴシック体11pt）

#### 2.1 節タイトル（ゴシック体10pt）

##### 2.1.1 項タイトル（ゴシック体10pt）

タイトルレベルは、[章]（見出しレベル1）、[節]（見出しレベル2）、[項]（見出しレベル3）までとする。それぞれ、「1. 章タイトル」「1.1 節タイトル」「1.1.1 項タイトル」のように書く。なお、上記のように章タイトルの上行を2行、下行を1行ずつ空ける。また、節タイトルの上行を1行空け、項タイトルの上下行は空けずに続けて書く。

### 3. 本文

#### 3.1 用紙

##### 3.1.1 用紙サイズ

用紙サイズはA4版（縦）とする。

### 3.1.2 余白

余白部は、上辺 19 mm、下辺 24 mm、左右ともに 20 mm とし、タイトル部分の左右のマージンは、本文の左右のマージンよりもそれぞれ 10 mm ずつ大きくとる。

### 3.1.3 段組み

タイトルおよび本文は、全て 1 段組みとする。

## 3.2 本文の書き方

### 3.2.1 文字数・サイズ

文字は横書きとし、標準として 48 字/行および 52 行/ページとする。章節項の各タイトルはゴシック体、本文は明朝体（和文）および TimesNewRoman（英文）を原則とし、サイズを 10pt とする。

### 3.2.2 句読点

句点は「，」（カンマ）および読点は「。」（ピリオド）を標準とする。

## 3.3 図・写真・表

### 3.3.1 図

図タイトルは、「図-1 タイトル」のように、図番号を太字ゴシック体（9pt）とし、タイトルを明朝体（9pt）とする。原則として、図の下部にタイトルをつける。

### 3.3.2 写真

写真タイトルは、「写真-1 タイトル」のように、写真番号を太字ゴシック体（9pt）とし、タイトルを明朝体（9pt）とする。原則として、写真の下部にタイトルをつける。

### 3.3.3 表

表タイトルは、「表-1 タイトル」のように、表番号を太字ゴシック体（9pt）とし、タイトルを明朝体（9pt）とする。原則として、表の上部にタイトルをつける。

## 3.4 参考文献

参考文献がある場合、本文中に「●●●●<sup>1)</sup>」のように出現順に番号を振り、その引用箇所を上付き右括弧付き数字で指示する。

### 【参考文献】

- 1) 著者 1, 著者 2 . . . 著者 N: 文献タイトル, 掲載雑誌, 巻・号, 年月