

公益社団法人土木学会  
エネルギー委員会 新技術・エネルギー小委員会  
水路設備保全技術の実務者育成に関する調査・研究分科会

水路トンネル保全実務者を対象とした技術講習会

『水路設備保全のホームドクターを目指す』

日比野悦久 東京発電(株), 田村 孝史 東京電設サービス(株)

## 講師紹介

氏名: 日比野悦久  
(ひびの よしひさ)

所属会社:  
東京発電株式会社  
水力開発推進担当



連絡先: yoshihisa.hibino@touhatu.tgn.ne.jp

### 資格・経歴等

資格:

技術士(総合技術監理部門, 建設部門)  
第一種ダム水路主任技術者  
土木学会フェロー

経歴等:

水力発電所の運用・維持管理  
送変電・配電設備の運用・維持管理  
水力土木設備維持管理に関する技術開発  
揚水発電所の調査・計画  
ロックフィルダムの建設並びに品質管理  
人材育成(研修計画・実施)他

社外委員:

電力土木技術協会 水圧鉄管専門部会委員

氏名: 田村 孝史  
(たむら たかし)

所属会社:  
東京電設サービス(株)  
土木事業本部



連絡先: tamurat@tdsnet.jp

### 資格・経歴等

資格:

技術士(建設部門)  
コンクリート診断士  
第一種ダム水路主任技術者

経歴等:

水力発電所土木設備の維持管理業務  
ダム建設(フィルダム, 重力式コンクリートダム)  
水力発電所SB, 水路トンネル保全工事  
人材育成(水路保全技術)  
水力土木設備 調査・診断業務

## 目次

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 1. 水路トンネルの損傷事例              | 14:00～14:20(20分) |
| 2. トンネル変状のメカニズム             | 14:20～14:50(30分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 14:50～14:55( 5分) |
| 3. 水路トンネル点検の実務              | 14:55～15:45(50分) |
| 4. 変状事例に学ぶ                  | 15:45～16:05(25分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 16:05～16:15(10分) |
| 5. 水路保全業務における課題に<br>関する意見交換 | 16:15～17:00(45分) |

# 1. 水路トンネルの損傷事例

## 1.1 発電所建設年代と損傷例

図2.2.2は、発電所が建設された年代と水路トンネルに損傷が発生した事例を対比したものである。この図からは、経年化による損傷の増大は認められない。

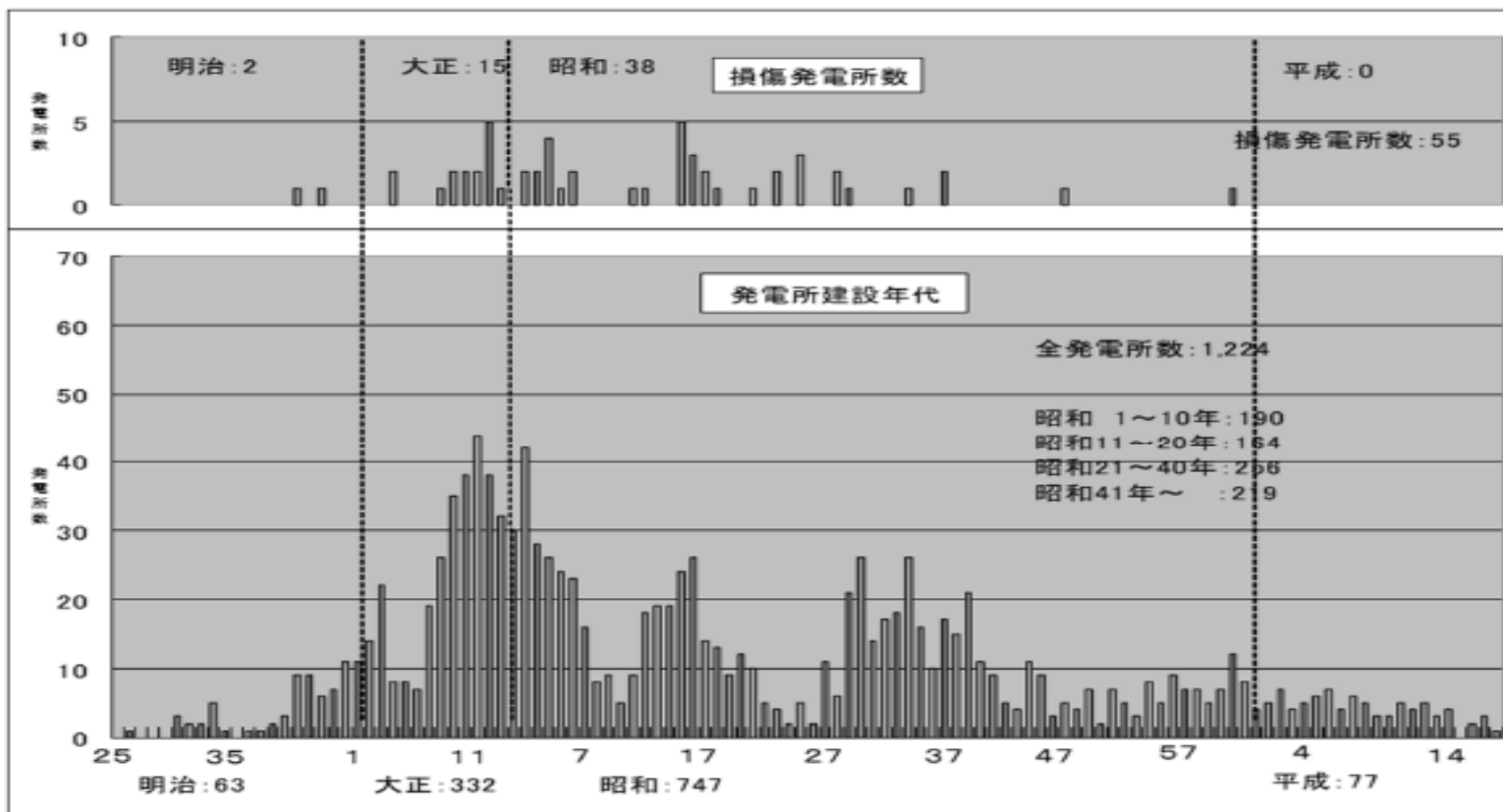


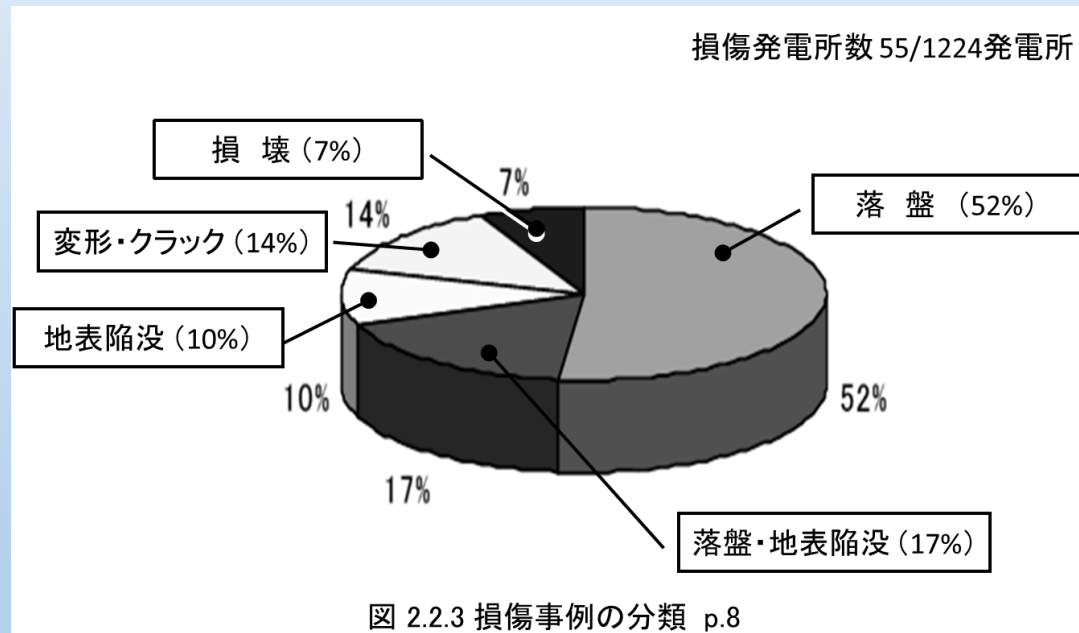
図 2.2.2 発電所建設年代と損傷例<sup>3)</sup>

(出典:水土木設備の維持管理・補修技術報告書, p. 10, (社)土木学会, 2008. 3.)

## 1. 水路トンネルの損傷事例

### 1.2 損傷事例の分類

図2.2.3は、トンネル損傷事例をその事象によって整理したものである。トンネル上部の地山が緩み、落下して起きる「落盤」「地表陥没」が全体の約8割を占めている。ついで、地圧の増大によって起きる「変形・クラック」が14%、残りは損壊で、地すべり・山崩れ、地震などの外的要因によるものである。



水路トンネルの機能を維持する上で、このような設備事故を起こさないよう、トンネルの安定性を確保することが重要である。

## 1. 水路トンネルの損傷事例

### 1.3 損傷事例分析による損傷予測の可能性

- (1) 土被りの少ない場所（特に20m以下）は、これ以外の場所と比較すると、損傷が生じる可能性がある
- (2) 覆工背面が土砂地山の場合は、岩盤に比較して損傷が生じる可能性がある。背面が岩盤であっても破砕帯などが存在する場合は損傷が生じる可能性がある
- (3) 湧水がある場合は、ない場合より損傷が生じる可能性がある
- (4) 地表部の地すべりや崩落、地表部の形状改変はトンネルに変状を及ぼす可能性がある
- (5) 日常の点検から、損傷に至る前兆を把握することは困難である



## 1. 水路トンネルの損傷事例

### 1.4 トンネルの損傷例

#### 損傷例(1) 「落盤・地表陥没」

2017年9月8日午前5時45分ごろ、福井県あわら市柿原の北陸新幹線・柿原トンネルの工事現場で土砂が崩落し、地表のグラウンドが直径約15メートル、深さ約8メートルにわたって陥没した。工事を管理している鉄道・運輸機構大阪支社によると、当時は5人の作業員がいたが、直前に避難して無事だった。



グラウンドが陥没した現場

出典：朝日新聞デジタル<<https://www.asahi.com/articles/photo/AS20170908004635.html>>、2019.7.23



トンネル内部の状況

出典：福井新聞online、<<https://www.fukuishimbun.co.jp/articles/gallery/237462?ph=2>>、2019.7.23

## 1. 水路トンネルの損傷事例 1.4 トンネルの損傷例

### 損傷例(2) 「地表陥没」

湖成層（砂礫層）でできた段丘面に発生した地表陥没。背面空洞の崩壊がゆっくり進行した場合、覆工付近の崩積土は圧密して自立し、覆工に変状をきたさないことがある。



地表陥没の現場(リンゴ園)



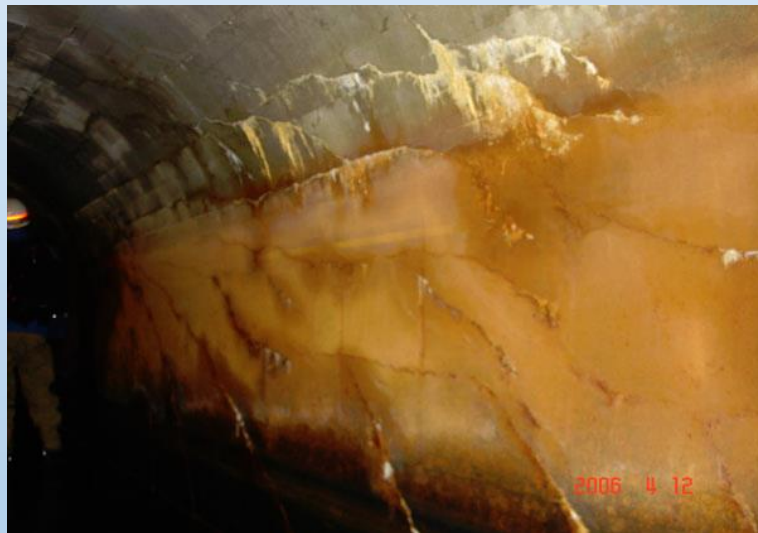
陥没地点の水路内部(変状なし)



## 1. 水路トンネルの損傷事例 1.4 トンネルの損傷例

### 損傷例(3) 「変形・クラック」

比較的高深度に脆弱な地盤が出現した場合、トンネル周辺の地山が地圧に耐え切れず、塑性変形（塑性圧）を起こす。変状例①は火山碎屑岩、変状例②は第三紀堆積岩で変状が発生している。



変状例 ①



変状例 ②

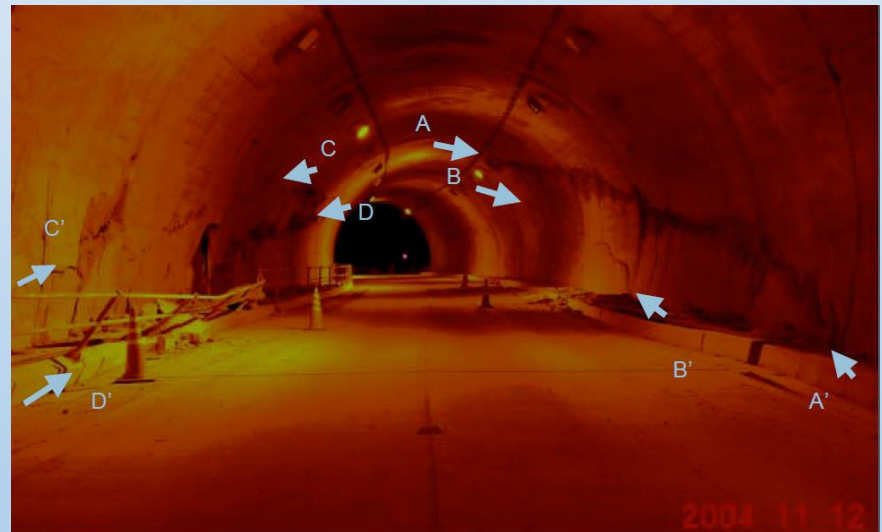
## 1. 水路トンネルの損傷事例 1.4 トンネルの損傷例

### 損傷例(4) 「損壊（地震による変状）」

中越地震(2004年10月23日)により木沢トンネルに発生した変状。木沢トンネル周辺の地質は新第三紀の砂岩泥岩の互層で固結度は低く、地震による地盤の動き(地層間のすべり)によりトンネル覆工にせん断破壊が発生した。



木沢トンネル坑口



木沢トンネル内部の変状

出典: 森伸一郎、土谷基大, 新潟県中越地震における木沢トンネルの被害とそのメカニズム, 土木学会地震工学論文集, 2005.3.15

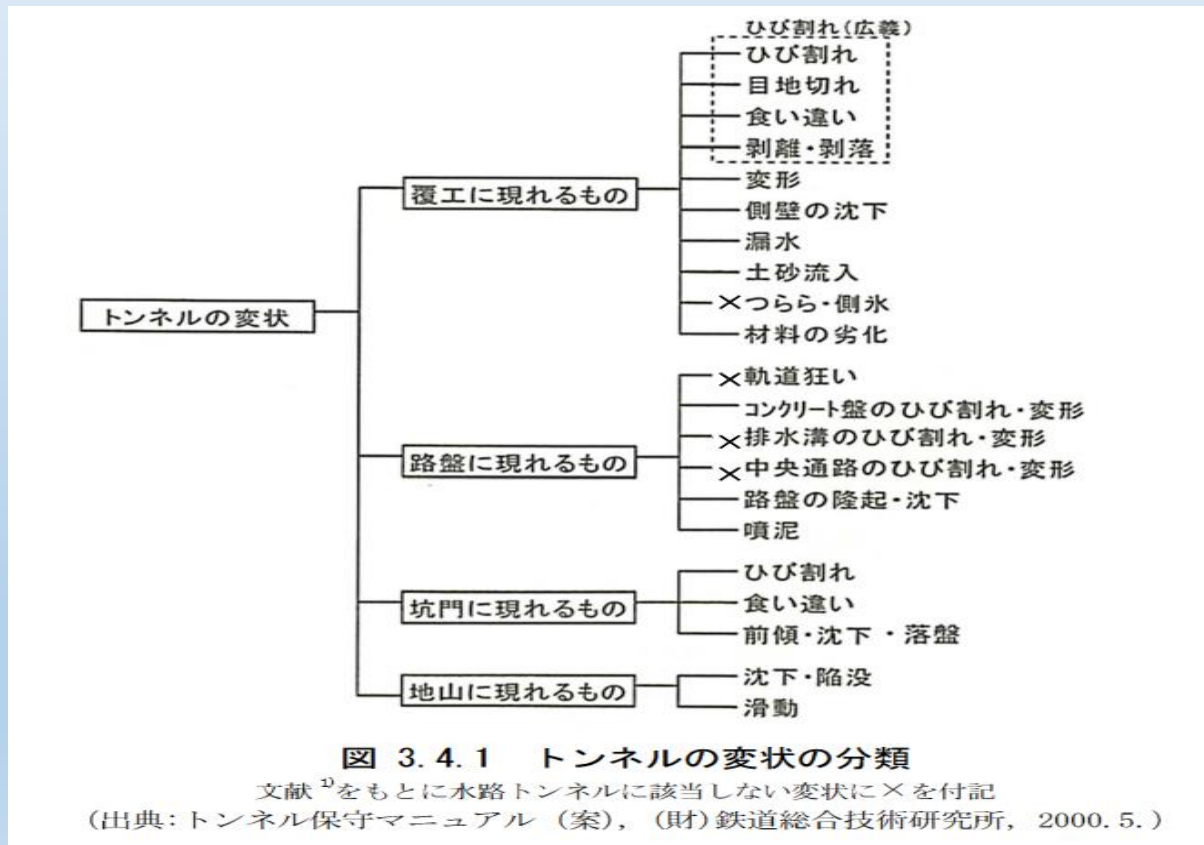
## 目次

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 1. 水路トンネルの損傷事例              | 14:00～14:20(20分) |
| 2. トンネル変状のメカニズム             | 14:20～14:50(30分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 14:50～14:55( 5分) |
| 3. 水路トンネル点検の実務              | 14:55～15:45(50分) |
| 4. 変状事例に学ぶ                  | 15:45～16:05(25分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 16:05～16:15(10分) |
| 5. 水路保全業務における課題に<br>関する意見交換 | 16:15～17:00(45分) |

## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.1 トンネル変状の分類

変状現象は、変状原因毎に特徴がある。そのため、変状現象を正確に把握することにより、変状原因の推定、健全度の診断、対策工の設計に適切に反映させることが可能となる。ただし、**道路・鉄道トンネルと水路トンネルとは要求機能・構造が異なる**ので注意が必要である。

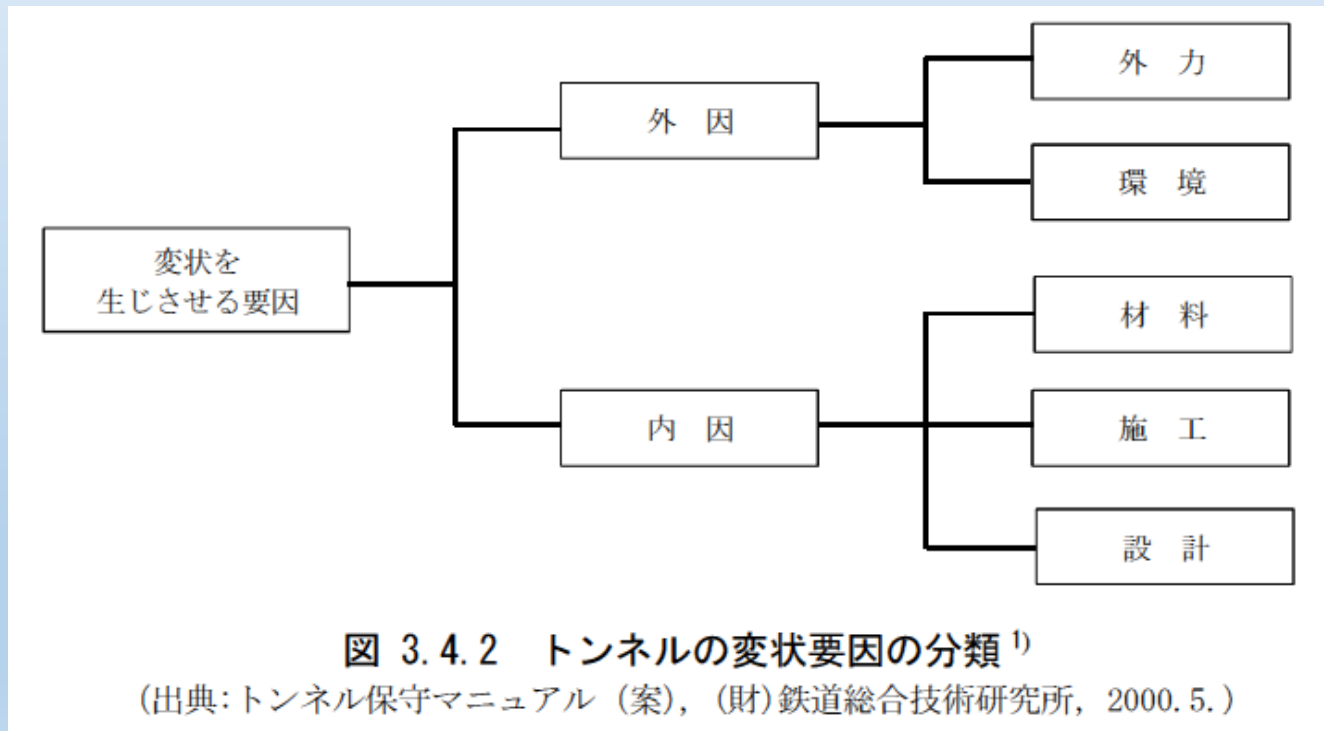




## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.2 トンネルの変状要因の分類

トンネルの変状原因は、図 3.4.2に示すように、外因（外力や環境等の外的な要因）と内因（材料や設計、施工等に起因する構造的な要因）に大別される。トンネルの変状現象の多くは複数の原因によって生じるため、外因と内因の組合せによって変状原因を推定しなければならない。



## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.2 トンネル変状要因の分類（外部要因，内部要因）

外因と内因は、各々図 3.4.3、図 3.4.4のように細分化できる。ここでも道路・鉄道トンネルとの違いに注意が必要である。

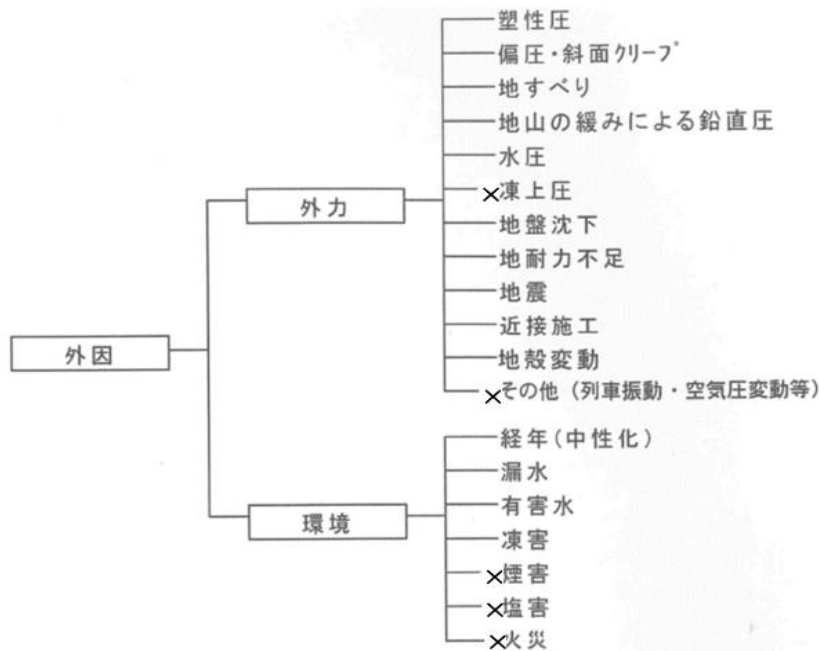


図 3.4.3 外因の分類

文献<sup>3)</sup>をもとに水路トンネルに該当しない外因に×を付記  
 (出典:トンネル保守マニュアル(案), (財)鉄道総合技術研究所, 2000.5.)

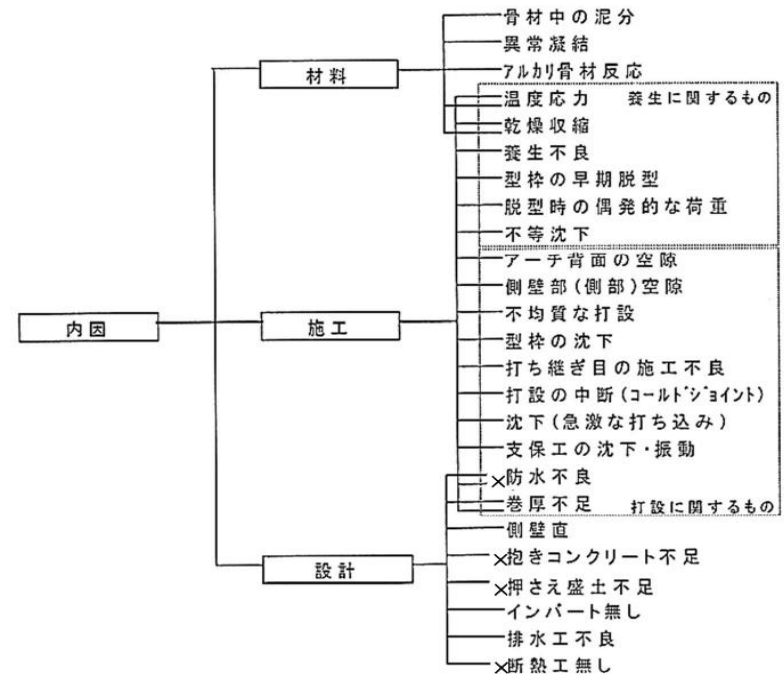


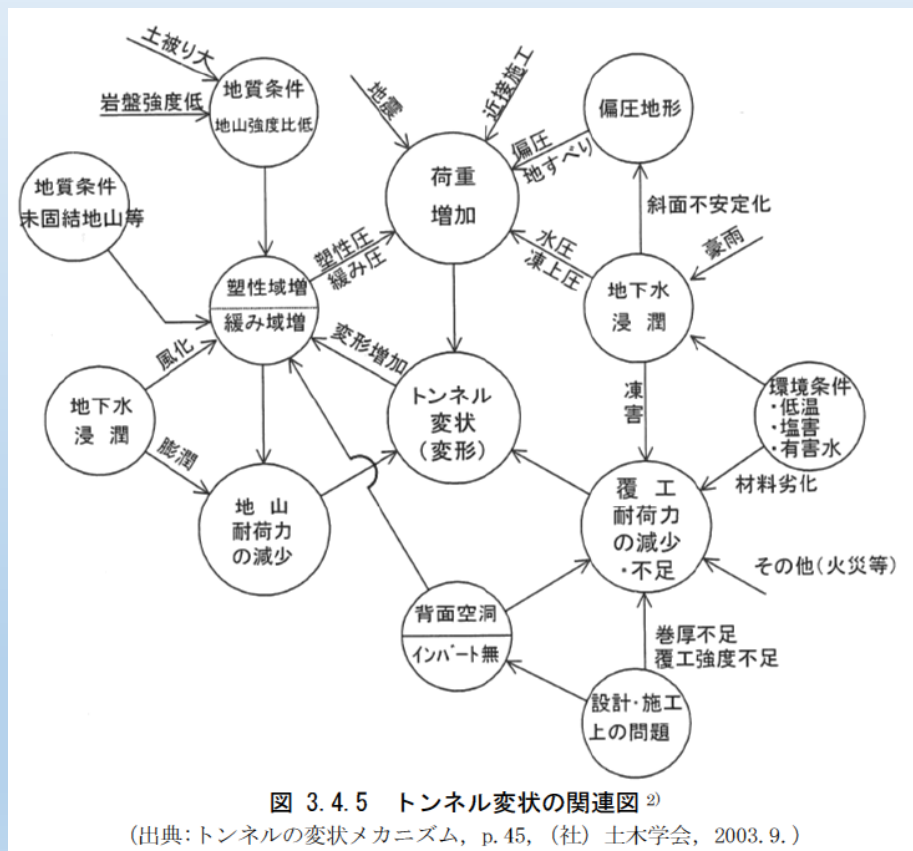
図 3.4.4 内因の分類

文献<sup>3)</sup>をもとに水路トンネルに該当しない内因に×を付記  
 (出典:トンネル保守マニュアル(案), (財)鉄道総合技術研究所, 2000.5.)

## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.3 トンネル変状原因の関連

トンネルの変状は、様々な現象と原因が相互に複雑に関連しながら発生する。図 3.4.5は、このような変状の関連性を、地圧によるトンネル変状（変形）を中心にしてわかりやすく整理したものである。



## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.4 地圧と代表的な変状状況

トンネルに変状を及ぼす原因のうち、水路トンネルの安定性に重大な影響を及ぼすのが地圧である。表 3.4.2に地圧と代表的な変状状況を示す。

表 3.4.2 地圧と代表的な変状状況<sup>3)4)</sup>

(出典：山岳トンネル覆工の現状と対策 トンネル・ライブラリー12, p. 66, (社)土木学会, 2002., 道路維持管理便覧, (社)日本道路公団, 丸善, 1993. 11.)

	地圧	代表的な事例図	事例写真
塑性圧			
緩み圧			
偏圧		<p>偏圧・斜面掘削による変状を生じたトンネルにおける変状展開図の例</p>	



## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.5 地圧による変状と地形・地質要因との関係

図 3.4.6は地形・地質要因と地圧発生の様式図である。

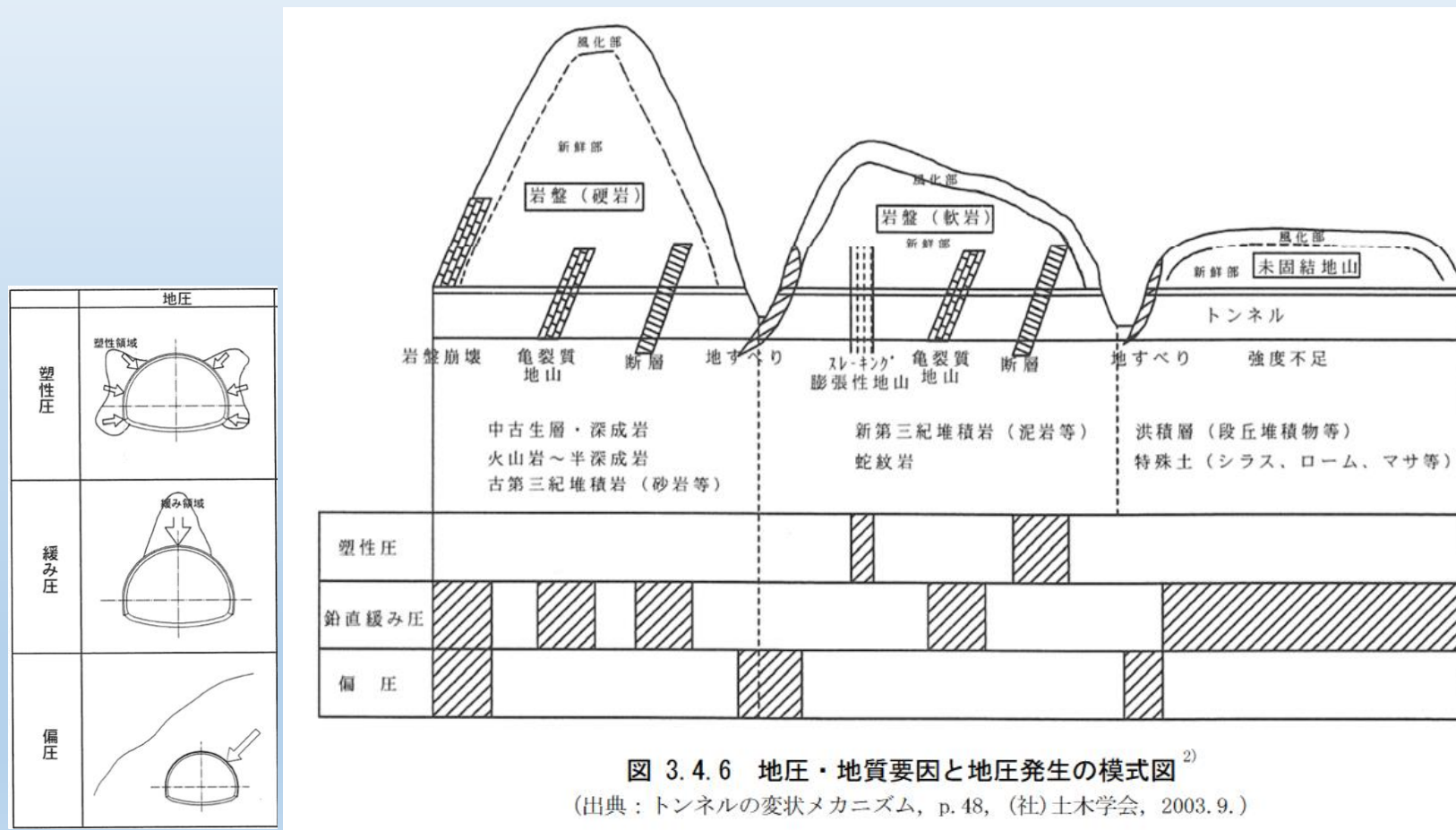


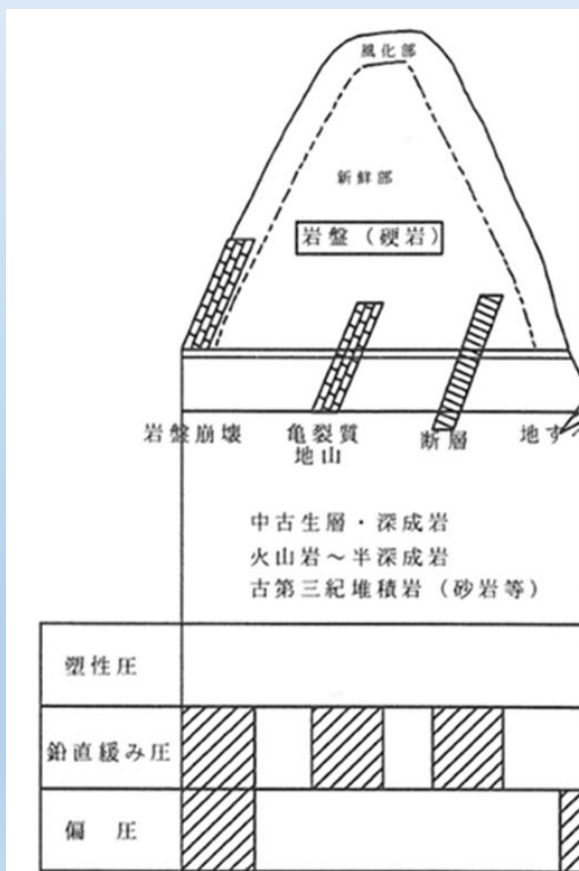
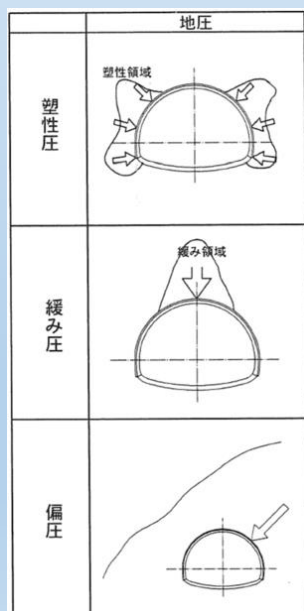
図 3.4.6 地圧・地質要因と地圧発生の様式図<sup>2)</sup>

(出典：トンネルの変状メカニズム, p. 48, (社)土木学会, 2003. 9.)

## 2. トンネル変状のメカニズム 2.5 地圧による変状と地形・地質要因との関係

### (1) 岩盤（硬岩）に現れる地圧

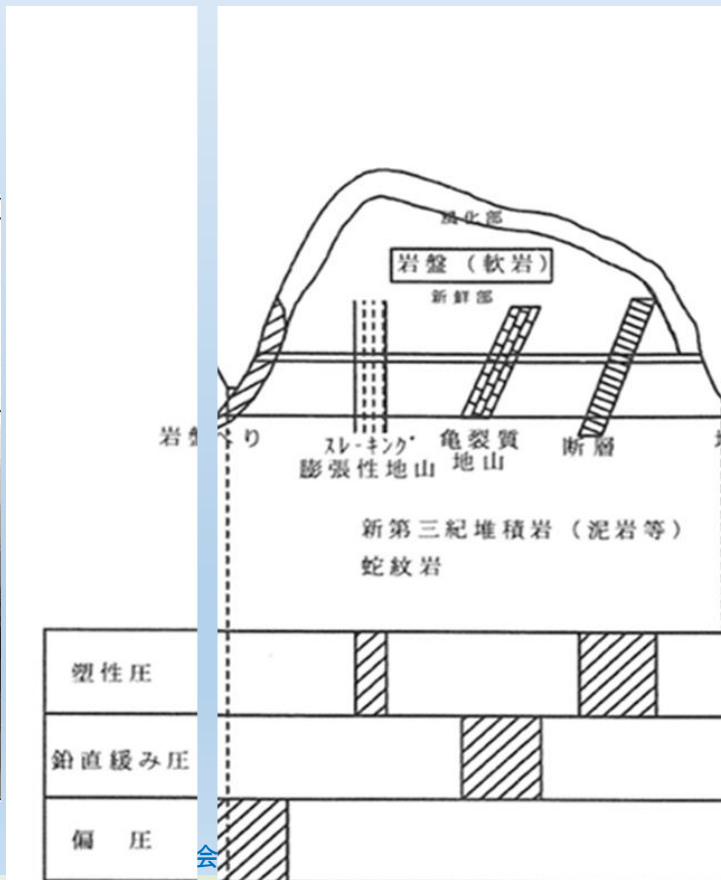
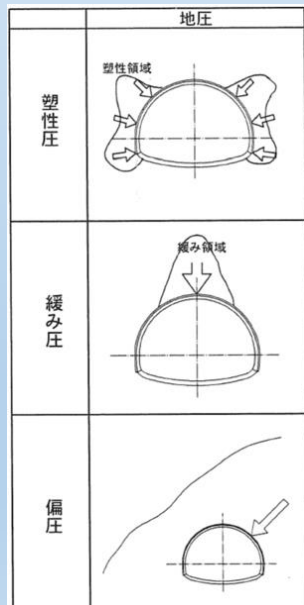
この図は岩盤（硬岩）に現れる地圧について示している。花崗岩や閃緑岩などが該当するが、地表部分では風化が進行し緩み圧・偏圧が発生しやすく、内部では断層等で破碎された箇所では緩み圧が発生する可能性がある。



## 2. トンネル変状のメカニズム 2.5 地圧による変状と地形・地質要因との関係

### (2) 岩盤（軟岩）に現れる地圧

この図は岩盤（軟岩）に現れる地圧を表している。地盤の強度が低いために地表部では偏圧・地すべりが発生しやすく、内部では亀裂質の地盤(新第三紀の礫岩等)で緩み圧、断層付近では地盤強度の低下により塑性圧が発生する可能性がある。また地質によっては、スウェリング（膨潤、膨張）・スレーキング（土砂化）により塑性圧を発生する。

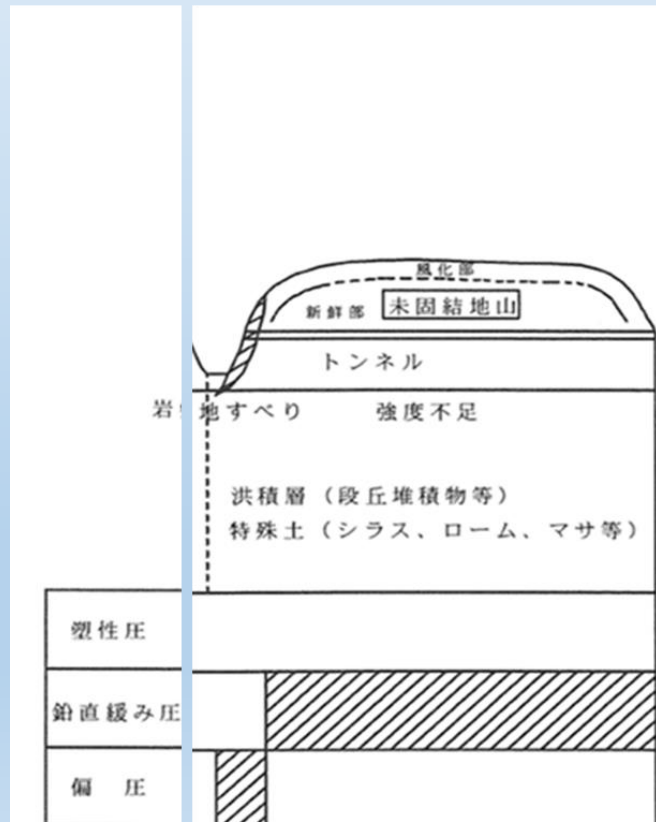
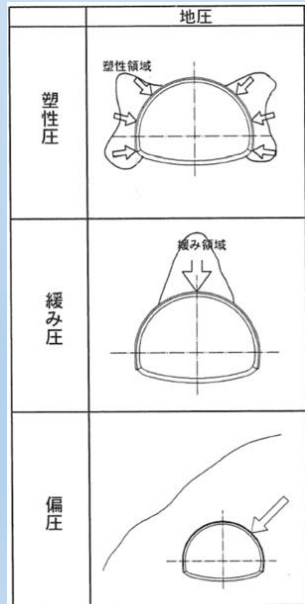




## 2. トンネル変状のメカニズム 2.5 地圧による変状と地形・地質要因との関係

### (3) 未固結地山（土砂山）に現れる地圧

この図は未固結地山（土砂山）に現れる地圧を示している。地表部では地すべりや斜面崩壊が発生しやすく、内部では鉛直緩み圧が発生しやすい。矢板工法で建設された水路トンネルでは、残置された背面空洞による地表陥没も発生しやすい。





## 2. トンネル変状のメカニズム

### 2.6 地圧と変状

#### (1) 塑性圧による変状

塑性圧は、トンネル掘削によって周辺の地山が塑性化（破壊）して発生する。時間の経過とともに塑性領域が拡大し、トンネル内空側に地山が押し出して、覆工に荷重として作用する地圧である。

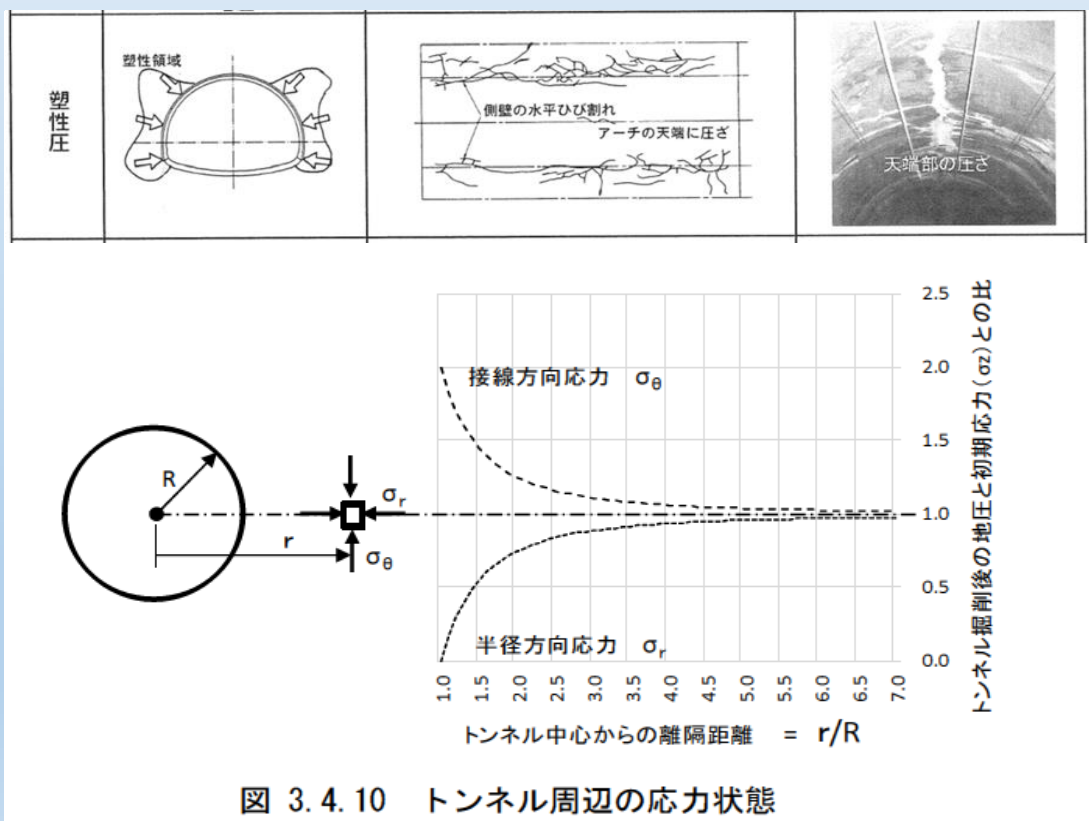


図 3.4.10 トンネル周辺の応力状態

## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

### (1) 塑性圧による変状

この時の地盤の安定性はモール・クーロンの破壊基準に従う（図 3.4.9）。掘削前の地盤では、 $\sigma_r = \sigma_\theta = P_0$ であり安定しているが、トンネル掘削に伴い坑壁の接線方向応力（ $\sigma_\theta$ ）は  $2P_0$ に、半径方向応力は 0 になる。この時の応力円が地盤強度を超えた場合に地盤は破壊し、塑性化する。

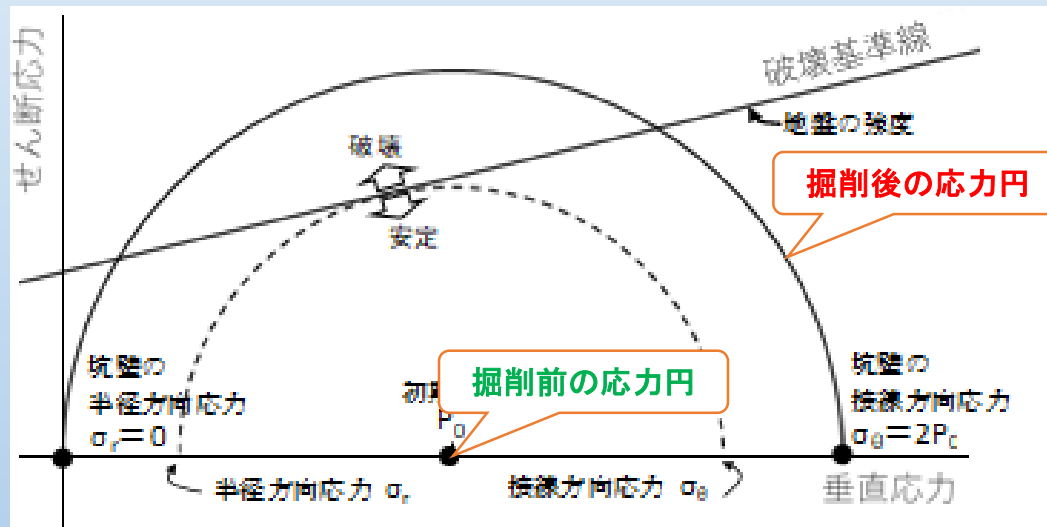


図 3.4.9 トンネル周辺の応力状態（主応力表示）

## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

### (1) 塑性圧による変状

塑性圧による変状の例を図 3.4.11 に示す。

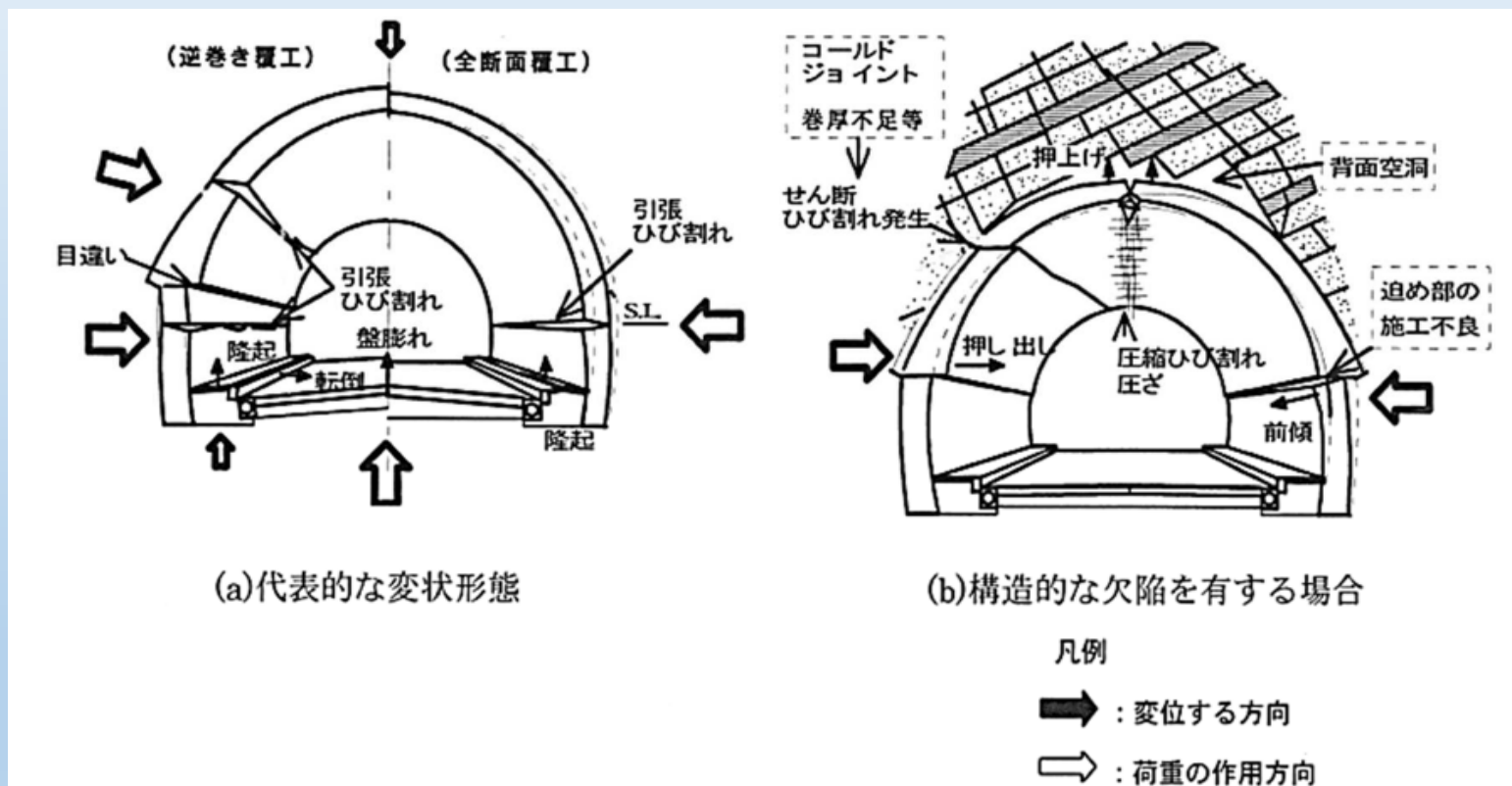


図 3.4.11 塑性圧による代表的な変状形態模式図<sup>3)</sup>

(出典：山岳トンネル覆工の現状と対策 トンネル・ライブラリー12, p. 66, (社)土木学会, 2002.)

## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

### (2) 緩み圧による変状

緩み圧は、トンネルの上方に形成された塑性領域（応力の開放された免圧圏）の地山が重力で落下することにより生じた地圧である。

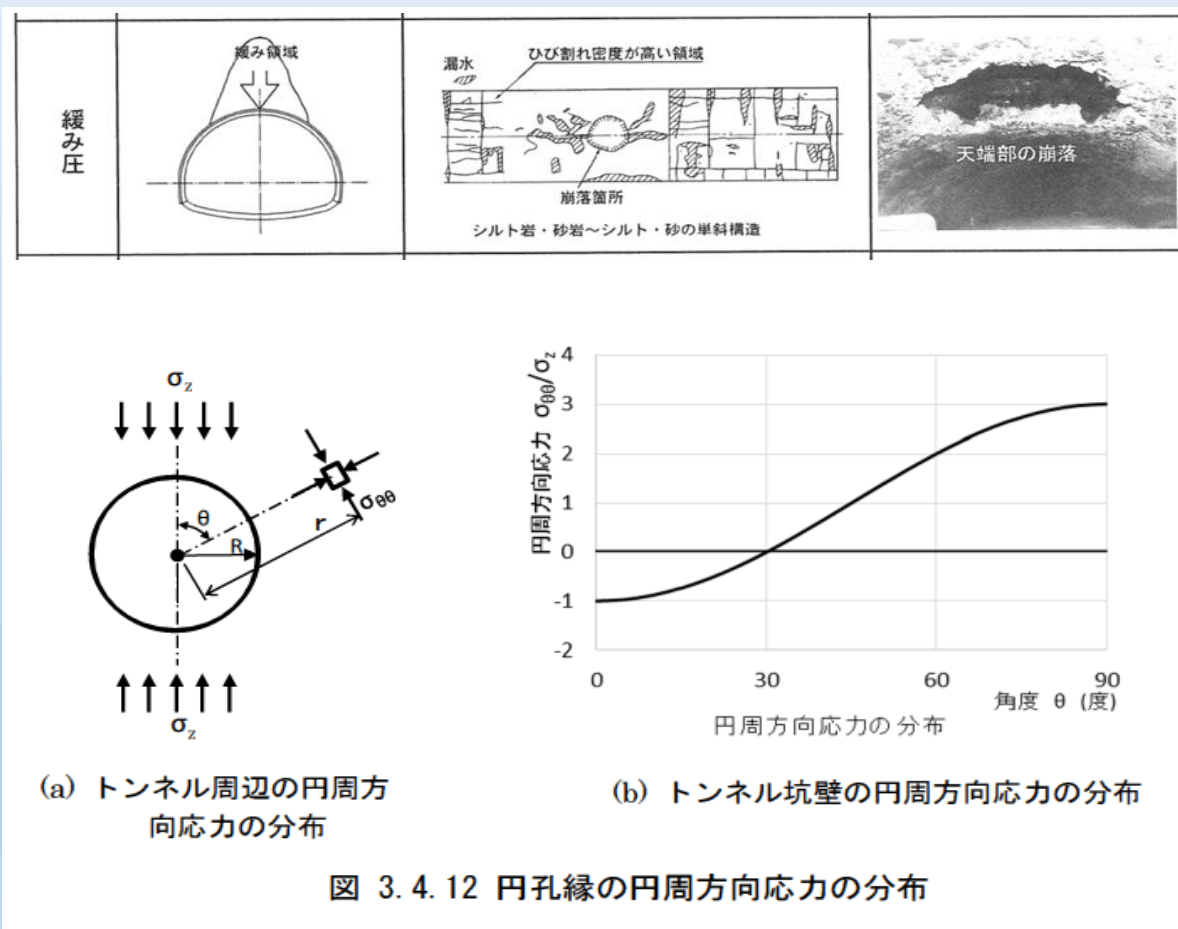


図 3.4.12 円孔縁の円周方向応力の分布

## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

### (2) 緩み圧による変状

緩み圧は下図により推定されることが多いが、現実には地質構造や環境により一様ではないので、土圧の推定は容易ではない。

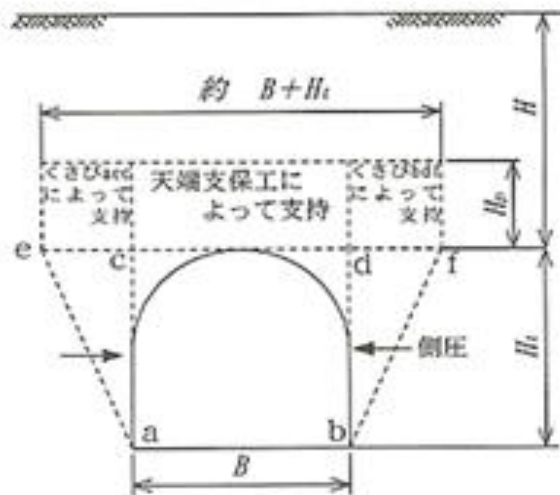


図 3.4.13 Terzaghi の地圧<sup>5)</sup>

(出典：トンネル標準示方書(山岳編)・同解説，  
p. 168，土木学会，1986. 11)

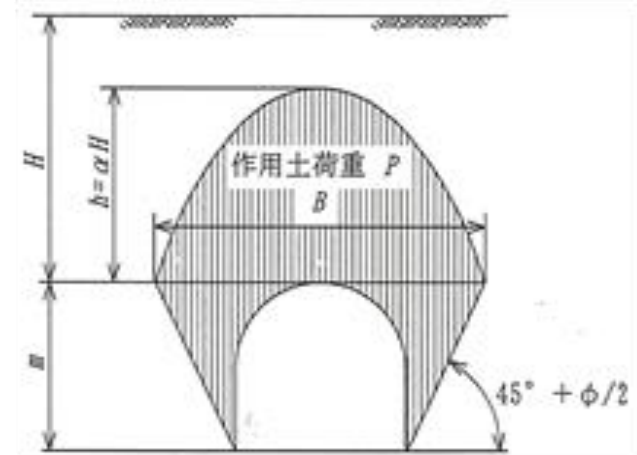


図 3.4.14 Bierbaumer の地圧<sup>6)</sup>

(出典：宮下和夫，アーストンネルの設計と施工，  
p. 15，山海堂，1973.)



## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

### (3) 偏圧による変状

覆工の変状は、地形の変形が覆工に作用して発生する。斜面の不安定化のプロセスから整理すると、①まず不安定な斜面(e)にトンネルが建設される。②その後経年による斜面の不安定化や開発・河川の浸食等による地形の変化(c) (f) (g) により安全率が低下し、③岩盤クリープ、地すべり(a) (b) をおこす。

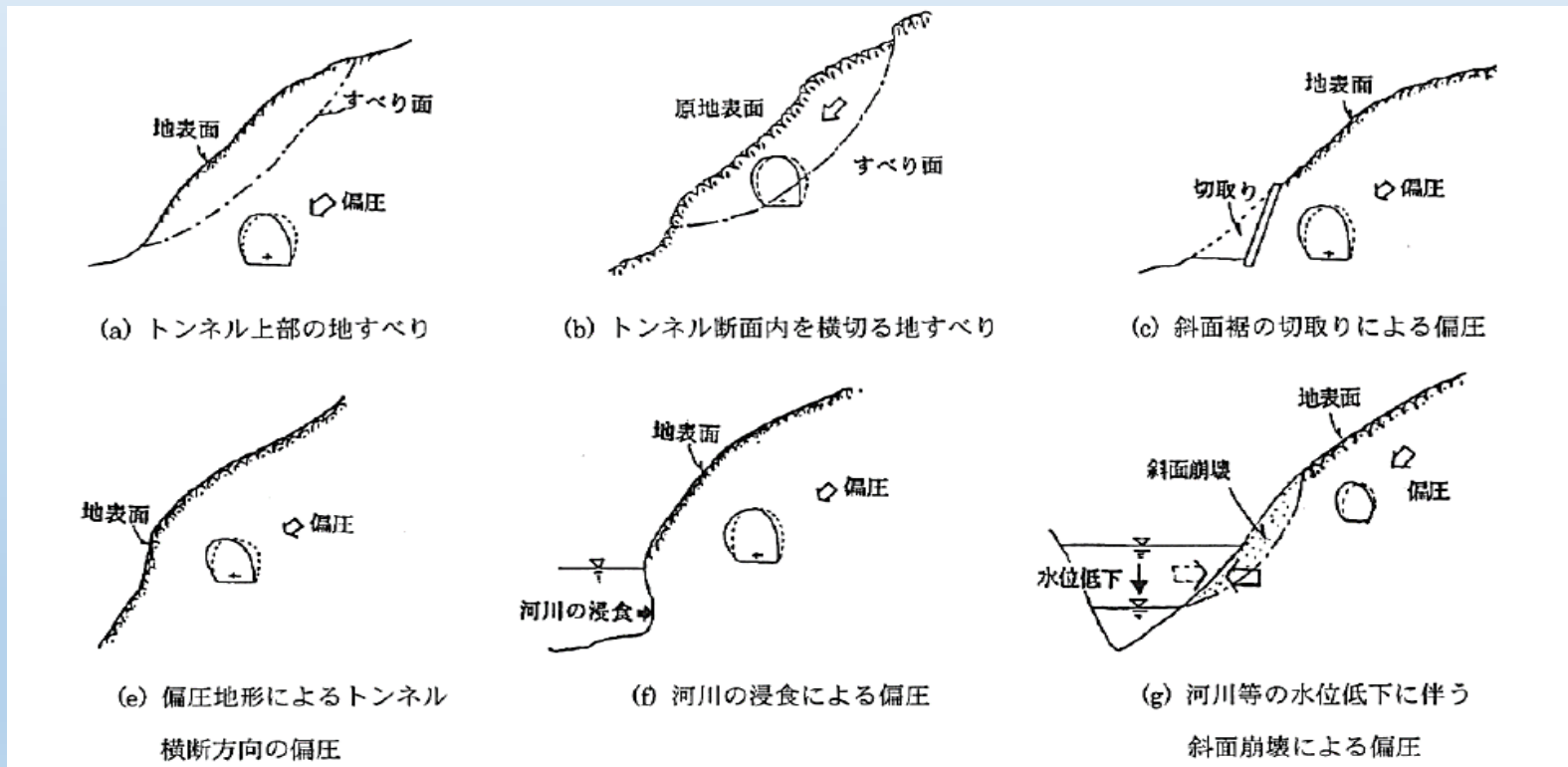


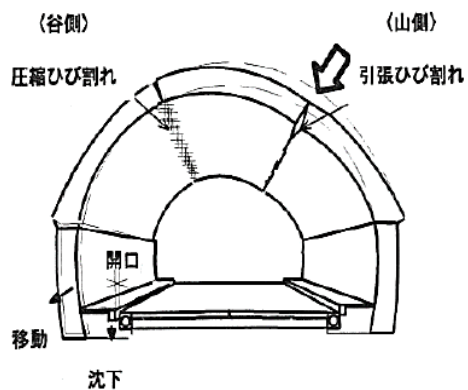
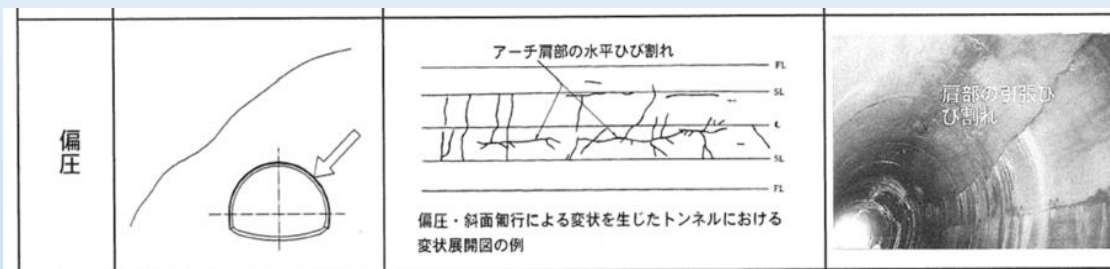
図 3.4.17 偏圧の発生例と変状の模式図<sup>9)</sup>

(出典：トンネル補修・補強マニュアル，(財)鉄道総合技術研究所，研友社，1990.)

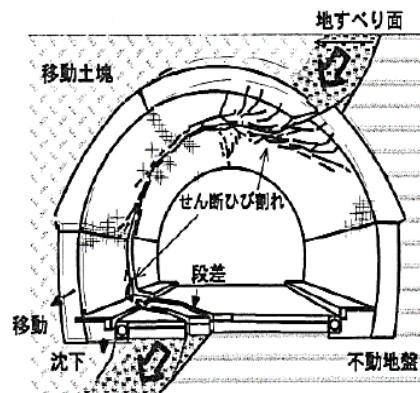
## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

### (3) 偏圧による変状

偏圧による変状の例を図 3.4.18 に示す。



(a) 偏圧，斜面クリープの場合



地すべり面付近では複雑にひび割れが密集する。

(b) 地すべりの場合

凡 例: ← 外力の方向 → 引張、せん断ひび割れ + + + 圧縮ひび割れ、圧さ

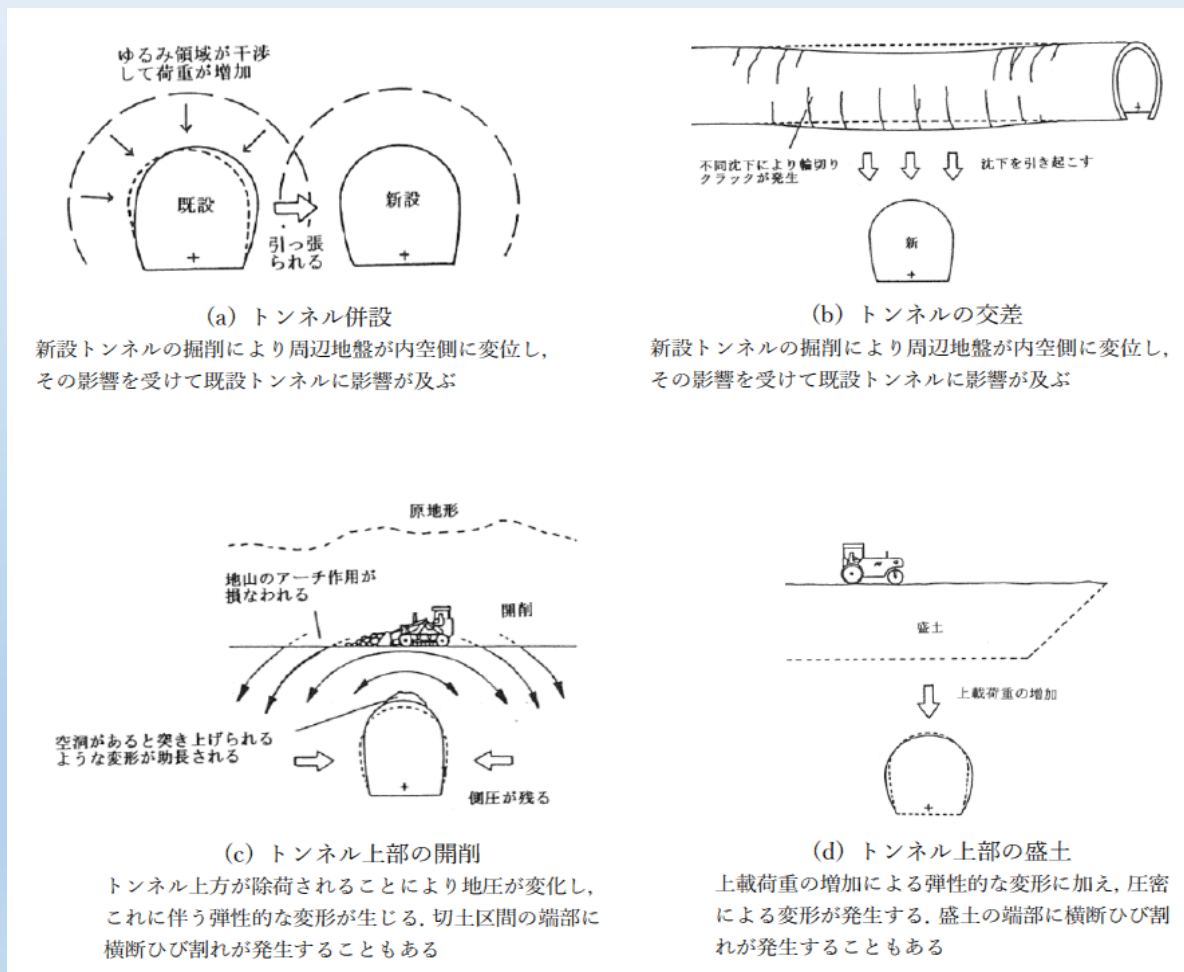
図 3.4.18 偏圧による代表的な変状の模式図<sup>3)</sup>

(出典：山岳トンネル覆工の現状と対策 トンネル・ライブラリー12, p.66, (社)土木学会, 2002.)

## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

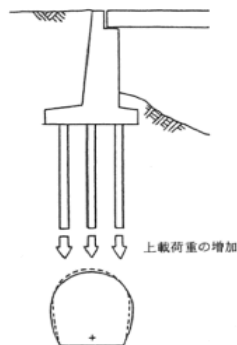
### (4) 近接施工による変状

近接施工の分類と影響を図 3.4.20に示す。

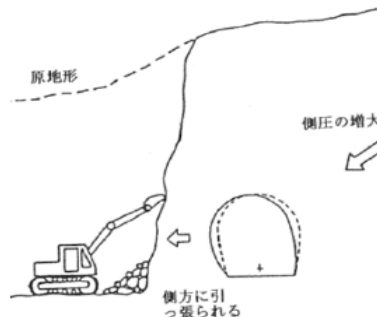


## 2. トンネル変状のメカニズム 2.6 地圧と変状

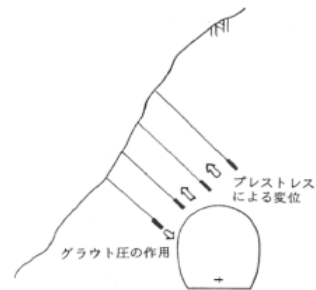
### (4) 近接施工による変状



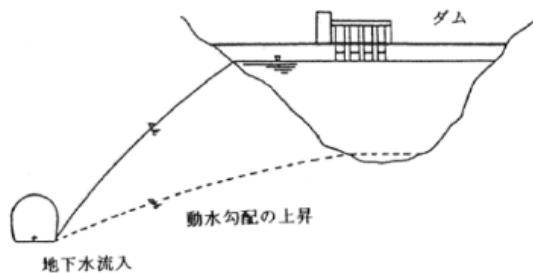
(e) トンネル上部の構造物基礎  
橋脚建設時の振動・荷重変化と供用後の振動・荷重増によりひび割れの発生や変形が発生する。



(f) トンネル側部の掘削  
トンネル側部が掘削されることで地盤内の応力が変化し地盤が変形，これに伴いトンネルが変形する



(g) トンネル近傍のアンカー  
グラウト時には注入圧が覆工に作用し、アンカー緊張後は引張力による地盤の地圧変化によってトンネルが変形する



(h) トンネル上部の湛水  
トンネル上部の湛水により地下水面が変化し、湧水量の増加や、これに伴う周辺地盤の不安定化が発生する



(i) 地盤振動  
発破等の振動による地盤の挙動により覆工に変状が発生する。



## 2. トンネル変状のメカニズム

### まとめ

- ✓ 水路トンネルの機能を損なうトラブルは、ほぼ『地形・地質』に起因する地圧により発生する
- ✓ トラブルに直結する地圧には『塑性圧』『緩み圧』『偏圧』があり、それぞれに固有の地形・地質条件がある
- ✓ 『塑性圧』『偏圧』は進行を管理、予測することが可能だが、トラブルの約8割を占める『緩み圧』は突発的で予測が困難
- ✓ 変状原因を推定するには、トンネルの変状パターンと地形・地質条件を総合的に評価することが必須となる

## 目 次

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 1. 水路トンネルの損傷事例              | 14:00～14:20(20分) |
| 2. トンネル変状のメカニズム             | 14:20～14:50(30分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 14:50～14:55( 5分) |
| 3. 水路トンネル点検の実務              | 14:55～15:45(50分) |
| 4. 変状事例に学ぶ                  | 15:45～16:05(25分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 16:05～16:15(10分) |
| 5. 水路保全業務における課題に<br>関する意見交換 | 16:15～17:00(45分) |

# 3. 水路トンネル点検の実務

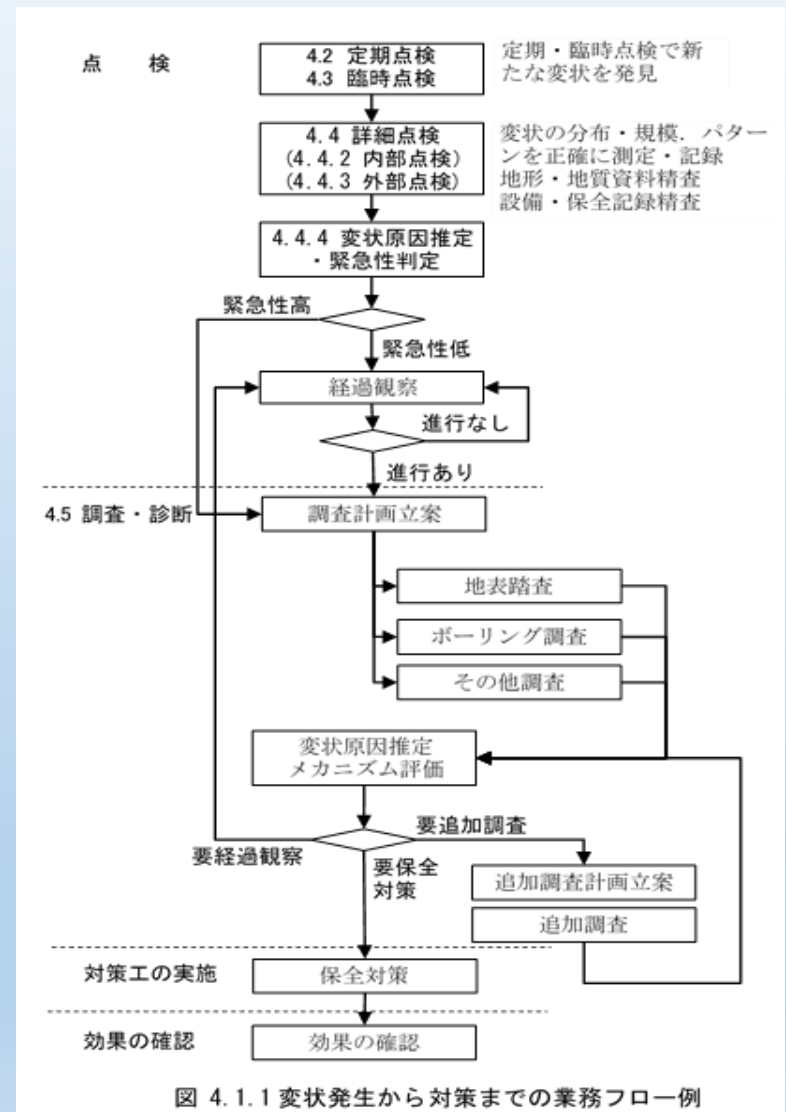
## 3.1 水路トンネル保全の基本的な流れ

水路トンネルは、いつでも点検できる設備ではないため、平時の低コストで簡便な点検から、

状況に応じて、段階的に精度の高い点検・調査に移行することが合理的である。

ここでは、東京電力RPの事例をもとに点検の実務を紹介する。

図 4.1.1に、定期・臨時点検・詳細点検から調査・対策までの業務フロー例を示す。



### 3. 水路トンネル点検の実務 3.1 水路トンネル保全の基本的な流れ

#### 点検の種類と目的（私感）

##### 定期点検（巡視）、臨時点検

トラブルの有無、状態の変化、を把握するために行い、質よりもスピードを重視して行う。実施者は専門家でなくても可

##### 詳細点検

変状原因を推定し、運転継続の可否、調査・対策の必要性を判断するために行う。正確な判断を実行するためには専門技術者が対応することが望ましい。

##### 調査・診断

基本的に専門会社が行うが、全体を統括し、実施内容、評価、判断の妥当性を評価監督するため、専門技術者が係ることが望ましい。

##### 対策工の実施、効果確認

点検・調査・診断の誤りや過不足をフォローする最後の機会であり、専門技術者の関与が望まれる。

特に、対策後の維持管理方針の設定は、設備を安全に長く使用するために必須である。

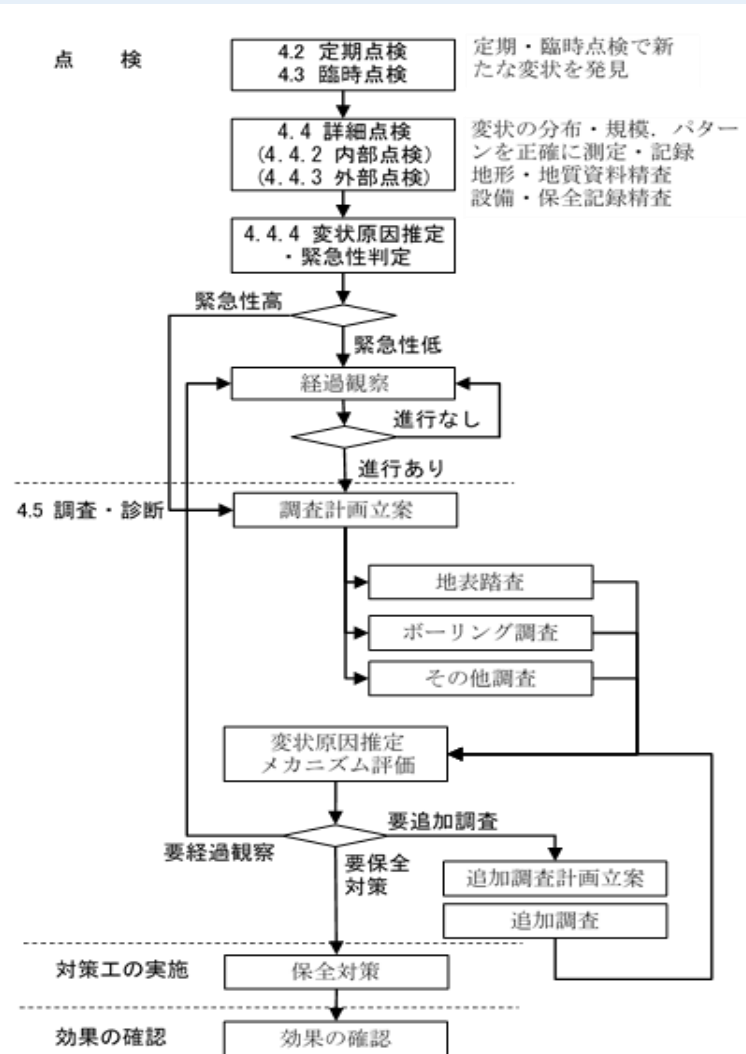


図 4.1.1 変状発生から対策までの業務フロー例



### 3. 水路トンネル点検の実務

#### 3.2 定期点検

定期点検は、設備管理上最も基本的な点検で、設備の「異常・変化」を発見し、次の工程につなげていくことが大切。

表 4.2.1 定期点検の目的

点 検	目 的
外部点検	外部点検は、水路上部の地形変化およびその予兆を発見することを目的に実施する。外部点検は内部点検に先立ち事前に実施し、その結果問題となる状態を発見した場合には、影響範囲の内部点検を注意深く実施し、影響の有無を確認する。外観点検の主な確認項目は、①地形変化(地すべり、崩壊、沈下等)、②漏水、③開発行為、等となる。
内部点検	内部点検は、水路内部全線の状態把握を目的とし、各事業者が定める頻度、タイミングで実施する。前回点検記録をもとに新たな変状の有無を確認し、点検記録を作成する。点検の速度はおおむね1~2km/時間程度である。点検において変状の進行性や新規変状が確認された場合、詳細点検の必要性等の判断を行う。

#### 事前資料の確認

前回外部点検報告書、前回内部点検報告書、保守管理記録、設備図面、地形図、地質図ほか

### 3. 水路トンネル点検の実務 3.2 定期点検

#### (1) 外部点検

外部点検では、前回点検との変化を確実に把握し、記録することが重要となる。点検は車両または徒歩で行い、異常を確認した場合に対象箇所を観察測定を行う。表 4.2.4 に点検項目と着眼点を示す。

表 4.2.4 外部点検の項目と着眼点

点検項目		着眼点等
地形の変化	地すべり 斜面崩壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 諸資料から地すべりの可能性を把握する。</li> <li>・ 地すべり地形の特徴に沿った、崩壊、崩れ、押出し、地形のズレ、樹木の根曲りなどの有無・変化の確認。</li> <li>・ 地すべり等が認められた場合はその状況を記録するとともに、その規模を推定し、位置、範囲を記録する。</li> </ul>
	沈下 地表陥没	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 未固結土層の水路上部は要注意。ただし、花崗岩等深層風化で発生する場合もある。</li> <li>・ 水路上部のほか、作業横坑、仮設跡などでも発生の可能性が高い。</li> <li>・ 沈下・地表陥没が認められた場合は、位置・規模等を記録・報告するとともに、第三者被害の防止を最優先に立ち入り禁止などの対策を実施する。</li> <li>・ 沈下・地表陥没が発生しても地権者により埋め戻されている場合があるので、注意深く観察することが必要。</li> </ul>
漏水	漏水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水路水位より低い位置で発生し、水路の断水と共に消滅する。</li> <li>・ 漏水量に増加傾向が認められる場合、および濁りが認められる場合には浸透経路の拡大が想定されるので、必要な調査を計画する。</li> </ul>
開発行為	住宅等家屋の 新・増設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上載荷重の変化、杭基礎の施工によるトンネルへの影響が危惧される。近年は戸建て住宅であっても杭基礎が施工されることが多くなっている。</li> <li>・ 住居の新設等が確認された場合には、情報を収集し、適切な対処を行う。</li> </ul>
	切土・盛土	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切土・盛土等の地形改変により、地盤内の応力が変化し変状が現れることがある。</li> <li>・ 地形の改変が確認された場合には、情報を収集し、適切な対処を行う。</li> </ul>
	近接トンネルの 施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 近接トンネルの施工による地盤内の応力分布の変化により、変状が現れる場合がある。</li> <li>・ 地下水面の変化により漏水の発生の可能性がある。</li> <li>・ トンネルの建設が確認された場合には、情報を収集し、適切な対処を行う。</li> </ul>

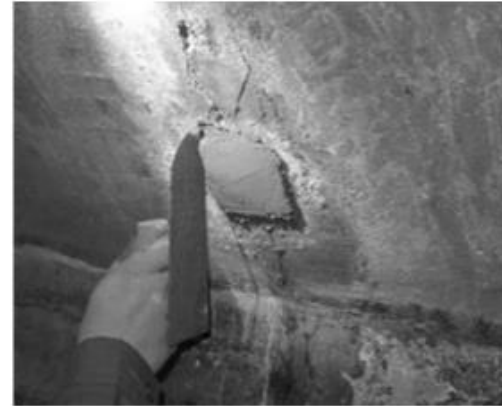
### 3. 水路トンネル点検の実務 3.2 定期点検

#### (2) 内部点検

内部点検では、前回点検との変化を確実に把握し、異常を発見した場合には詳細点検の必要性を判断する。内部点検は限られた時間内で行うため、事前に外部点検や前回内部点検記録等を確認し、要注意箇所を抽出のうえ異常を確認した場合速やかに対応を行う。



湧水量測定の様子（写真提供：東京電設サービス(株)）



テストモルタル施工状況（写真提供：東京電設サービス(株)）

コンクリート覆工区間の点検項目と留意点を手引書の表 4.2.6に、無巻トンネルや内巻きトンネル等、特殊なトンネルの点検項目等について手引書の表 4.2.7 に示している。参照されたい。

### 3. 水路トンネル点検の実務 3.2 定期点検

#### (3) 点検結果の整理

内部点検で得られた情報は、所定の書式により整理する（下表参照）。  
 点検報告書には展開図を添付するほか、外部点検結果、地質平面図・縦断図等点検時に使用した資料を可能な限り添付する。

表 4.2.9 点検報告書例(1)

工作物名	名称種別	区間		状況										写真No	対策				
		自m	至m	破損	孕出し	ひび割れ	土砂堆積	水虫水苔	その他	前回	今回	前回	今回			前回	今回		
水路	第2号トンネル	906.0															全断面横断ひび割れ B=毛~1mm,L=6.2m 変化なし	20	
導水路																	同右アーチ TM(24/4) 変状なし		
導水路		1,087.0	1,091.0														アーチ中央縦断ひび割れ B=毛~1mm,L=4.0m 変化なし	21	
導水路		1,138.0		△	△												敷中央洗掘 B=0.4m×L=0.6m 変化なし		
導水路		1,142.0															全断面横断ひび割れ B=毛~1mm,L=6.2m 変化なし		
導水路		1,158.0															全断面横断ひび割れ B=毛~1mm,L=6.2m 変化なし		
導水路		1,285.0		△	△												右アーチジャンカ B=0.3m×L=0.3m 変化なし(施工不良)		
点検所見	点検区間に新たな変状、変状の進行は認められなかった。																		

凡例：×新たな変状および変状の進行、△変化のない変状 ○対策済み

表 4.2.10 点検報告書例(2)

工作物名	名称種別	区間		状態				進行性	状況	写真No	対策
		自m	至m	岩種	断面拡大	浮き石 緩み	不良岩盤				
導水路					<input type="checkbox"/> A-1 <input type="checkbox"/> A-2 <input type="checkbox"/> A-3	<input type="checkbox"/> B-1 <input type="checkbox"/> B-2	<input type="checkbox"/> C-1 <input type="checkbox"/> C-2 <input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 進行なし <input type="checkbox"/> 進行あり (状況を記載)			
導水路					<input type="checkbox"/> A-1 <input type="checkbox"/> A-2 <input type="checkbox"/> A-3	<input type="checkbox"/> B-1 <input type="checkbox"/> B-2	<input type="checkbox"/> C-1 <input type="checkbox"/> C-2 <input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 進行なし <input type="checkbox"/> 進行あり (状況を記載)			
導水路					<input type="checkbox"/> A-1 <input type="checkbox"/> A-2 <input type="checkbox"/> A-3	<input type="checkbox"/> B-1 <input type="checkbox"/> B-2	<input type="checkbox"/> C-1 <input type="checkbox"/> C-2 <input type="checkbox"/> 良好	<input type="checkbox"/> 進行なし <input type="checkbox"/> 進行あり (状況を記載)			
点検所見	「状態」の評価区分 断面拡大 <input type="checkbox"/> A-1：ほぼ全周で断面拡大 <input type="checkbox"/> A-2：アーチ部で断面拡大 <input type="checkbox"/> A-3：部分的に拡大 浮き石、節理の緩み・開口 <input type="checkbox"/> B-1：ほぼ全周に認められる <input type="checkbox"/> B-2：部分的に認められる 不良岩盤 <input type="checkbox"/> C-1：ほぼ全周にCL,D級岩盤が分布 <input type="checkbox"/> C-2：一部にCL,D級岩盤が分布										

凡例：×新たな変状および変状の進行、△変化のない変状 ○対策済み



### 3. 水路トンネル点検の実務 3.2 定期点検

#### (4) 点検記録の整備

図 4.2.1に、補修履歴や地質調査結果等、維持管理に必要な情報を総括して記載した「総合地質図（東京電力・東電設計）」を示す。このように必要な情報を一括整理すると情報の伝達と管理が確実に行われ、作業の精度と効率上がる。

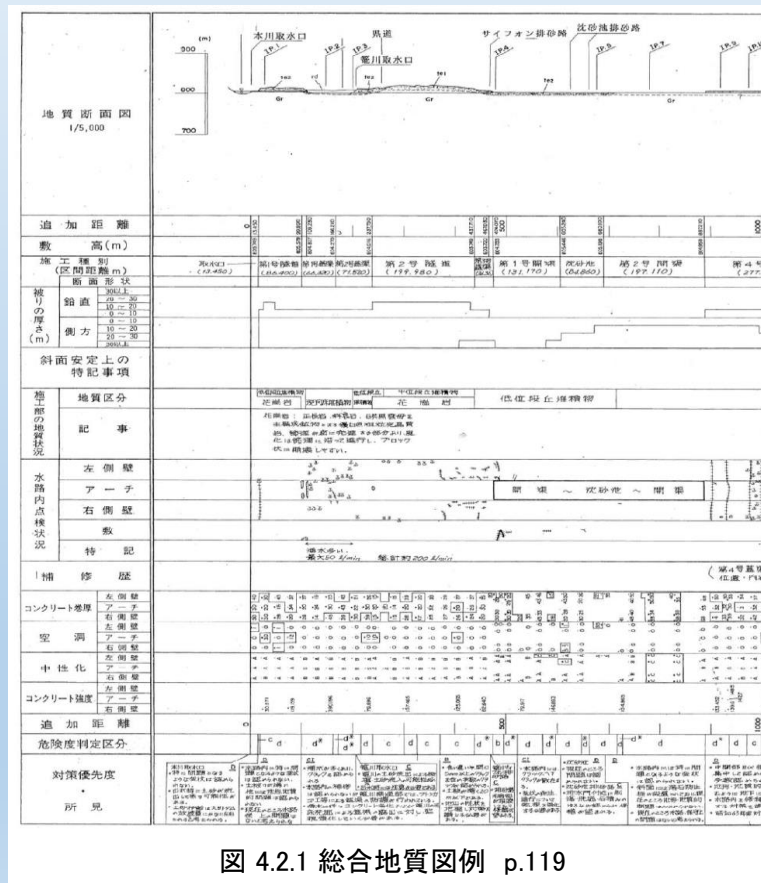


図 4.2.1 総合地質図例 p.119

## 3. 水路トンネル点検の実務 3.2 定期点検

## (5) 定期点検結果の判定

定期点検で新たな変状が確認された場合、および変状の進行が確認された場合には、変状原因を推定し、必要な対応（経過観察または追加調査）を決定する必要がある。その際の判断の例を表4.2.11に示す。

表 4.2.11 詳細点検の必要性判断（例）

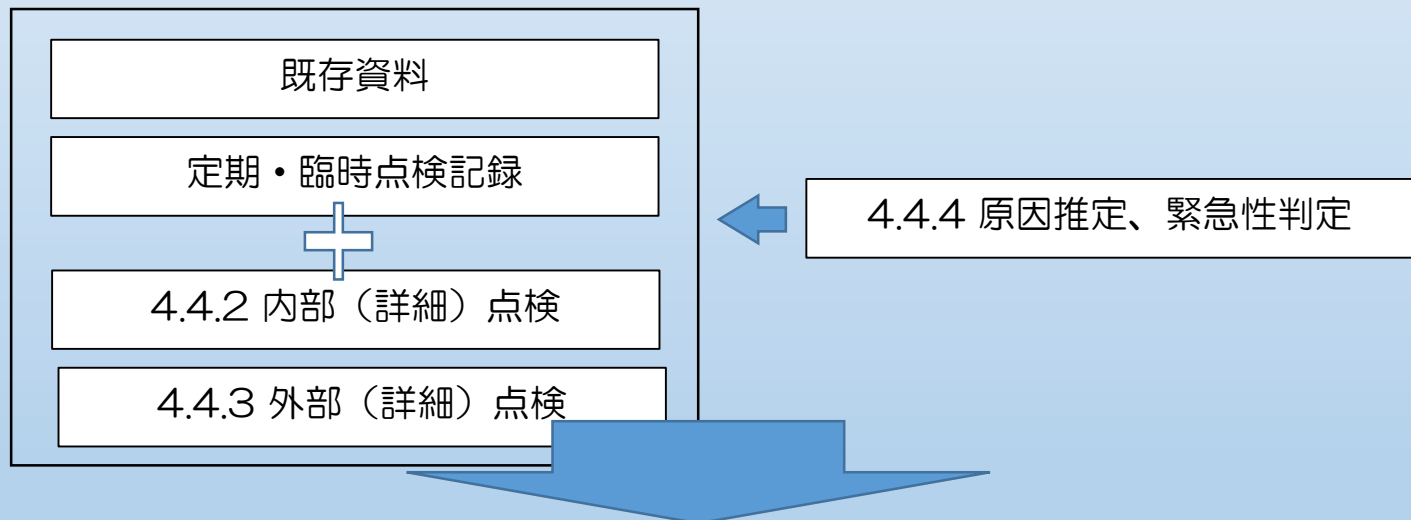
必要な対応	判断材料
<p><b>経過観察</b></p> <p>変状が進行した場合でも重篤な事故に発展する可能性が低い。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地形・地質的な要因が認められない。</li> <li>・トンネル断面に変形が見られない（微細なひび割れ，開口のみのひび割れ）。</li> <li>・災害発生時に公衆に与える影響が軽微。</li> </ul>
<p><b>詳細点検</b></p> <p>変状が進行した場合，重篤な事故に発展する可能性がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地形・地質的にトンネルへの影響が懸念される。</li> <li>・トンネル断面に進行性の変形が見られる（圧ざ，せん断ひび割れ，食い違いが発生）</li> <li>・災害発生時に公衆に与える影響が大きい。</li> </ul>
<p><b>対策工事</b></p> <p>既に重篤な状況が発生した。又は移行しつつある状態。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検により通水に障害となる変状（破損）が発見された。</li> <li>・点検により公衆災害に発展する可能性が確認された。</li> </ul>

### 3. 水路トンネル点検の実務

#### 3.3 詳細点検の目的

定期点検・臨時点検で異常が確認された場合、詳細点検によりその原因を特定し、必要な保全対策を検討していく。このプロセスには多くの工程と費用を必要とすることから、初期の判断が特に重要となる。

詳細点検ではまず、内部点検でトンネル変状の状態を正確に調査のうえ、変状原因を絞り込み、次いで外部点検を実施し、地形・地質の状況と照らして原因推定の精度を上げていく。最終的な判断は、水路内・外部点検双方の結果をもとに、不足する情報を諸調査で補完して実施する。



変状の危険度・緊急性・リスク等を総合的に評価する。  
水路保全技術者は、設備特性、トンネル工学、地形・地質、変状発生メカニズム、点検（調査）技術、等の専門技術を広く修得していることが望まれる

### 3. 水路トンネル点検の実務

#### 3.4 内部詳細点検

##### (1) 作業手順と留意点

覆工のひび割れは、背面地山の動きを反映して発生する。その規模、成因、分布等の状況を正確に把握し、地形・地質等の状況と照合することで、変状原因のかなりの部分を判定することが可能である。表 4.4.1 に内部詳細点検の手順、留意点を示す。

表 4.4.1 内部詳細点検の作業手順とポイント

作業手順と項目	概 要
① 詳細点検範囲の確認	定期・臨時点検(内部)で確認された変状範囲に対し、外部点検での情報を加味し、詳細調査範囲の漏れを防止する目的で実施 特に、地すべり等が想定される場合は、その影響範囲を考慮し調査箇所を設定する
② 各変状位置の確認	展開図作成等を効率よく正確に実施する目的で、調査対象箇所に近傍の距離表示を基準点として、距離表示を 1m 間隔にカラースプレー等で実施 次に、ひび割れ等の始点と終点位置を、チョーク等でトレースする
③ ひびわれ等変状の詳細調査	ひびわれ等の状況確認や区分を目的として、詳細な観察を実施する 観察の項目としては、種類、幅、方向、食い違いの方向、剥離の有無等を各ひびわれ毎に記録し整理する
④ 覆工構造調査 (可能な場合)	変状原因を推定するうえで特に重要な、覆工厚、背面地山の状態、背面空洞の有無、鉄筋の有無等の情報を、ドリル、ファイバースコープ、鉄筋計等で把握する
⑤ 現地評価	ひび割れの状態と既往資料をもとに、可能な限り現地で原因を分析し、採取情報に不足、誤りがないように努める
⑥ 水路内部状況展開図の作成	水路内部の変状状況を詳細に記録することを目的として実施 水路展開図記録用紙は、耐水紙を使用し作成する 各変状の範囲や方向を展開図に記録

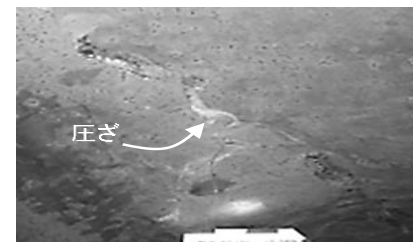
### 3. 水路トンネル点検の実務 3.4 内部詳細点検

#### (2) ひび割れ等の詳細調査

内部詳細点検では、変状から覆工背面地山の動きを推測しトンネルの健全性を評価する。このため、ひび割れ等の変状の状態を正確に測定、記録することが求められる。表 4.4.3 にひび割れの種別と特徴を示す。

表 4.4.3 ひび割れ種別と特徴

種別 (概念図)	特徴
<p>開口(純引張)ひび割れ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開口性のひび割れ</li> <li>・コンクリートの収縮や内水圧によって発生する</li> <li>・ひび割れ幅は、表面から深部まで一定</li> </ul>
<p>開口(曲げ引張り)ひび割れ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開口性のひび割れ</li> <li>・曲げによる内面の曲げ引張りにより発生する</li> <li>・ひび割れ幅は、表面で広く深部では密着している</li> </ul>
<p>圧ざ(曲げ圧縮ひび割れ)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリート表面に圧ざ、または剥離を伴うひび割れ</li> <li>・ひび割れは密着して、明確な方向性は確認ではない場合が多い</li> <li>・内面が、曲げ圧縮+軸力(圧縮)がコンクリート強度を超過した場合に発錆する</li> <li>・圧ざが出る状態は覆工耐力の限界に近い</li> </ul>
せん断ひび割れ	・食い違いを伴うひび割れ



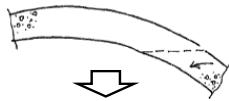
覆工天端に発生した圧ざ



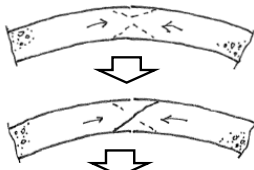
### 3. 水路トンネル点検の実務 3.4 内部詳細点検

#### (2) ひび割れ等の詳細調査

##### せん断ひび割れ



(a) 純せん断ひび割れ



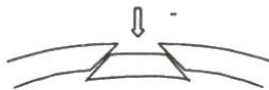
(b) 圧縮せん断ひび割れ

- 食い違いを伴うひび割れ
- ひび割れの方向は、コンクリート表面に対し、斜め方向に発生するが多い
- せん断力による場合(a)と、圧縮破壊後にずれて発生するケース(b)がある
- せん断ひび割れが発生した覆工は、耐力が大幅に低下している
- 特に、圧縮せん断ひび割れ(b)は覆工の破壊状態であり、緊急に対応が必要である
- せん断ひび割れは、コンクリート表面に対し斜めに発生するので、ひび割れの方向、状態、食い違いの寸法を測定する。

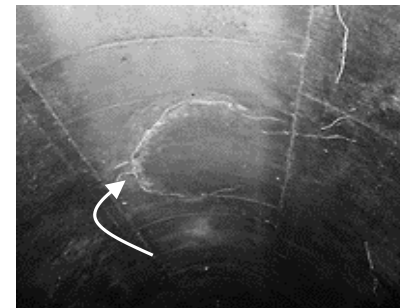


天端45°付近に発生したせん断ひび割れ

##### 押抜きせん断ひび割れ



- コンクリート表面に放射状や円形のひび割れが発生する
- 開口性のひび割れで食い違いを伴う場合が多い



天端に発生した押抜きせん断ひび割れ

### 3. 水路トンネル点検の実務 3.4 内部詳細点検

#### (3) 覆工の初期欠陥

覆工の初期欠陥自体は、進行性が認められない限り問題となることは無いが、初期欠陥があることで、覆工機能の低下や、変形を助長するなどの影響が懸念されるので、初期欠陥についても可能な限り識別し、記録することが求められる。

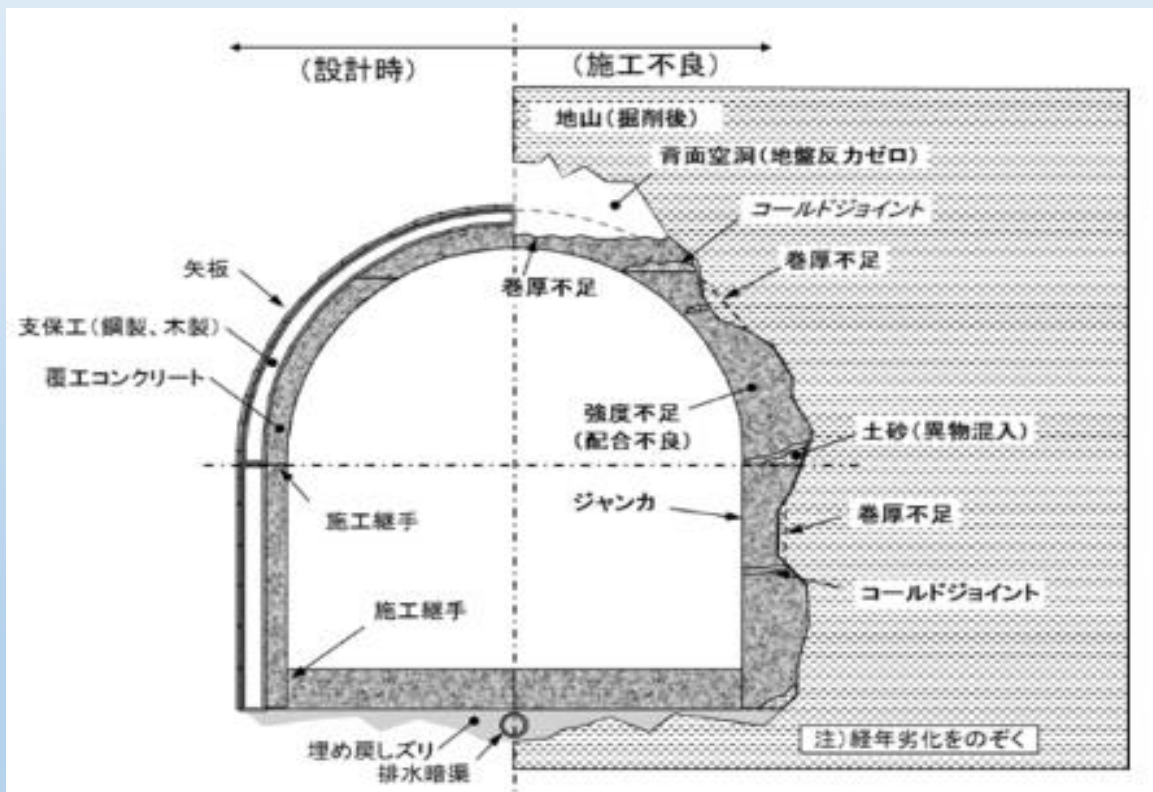


図 4.4.1 初期欠陥の模式図

### 3. 水路トンネル点検の実務

#### 3.5 外部詳細点検

##### (1) 地質構造の把握（地表踏査）

図 3.4.6は地形・地質要因と地圧発生の様式図である。詳細点検では、外部点検でトンネルの変状と関連のある地形・地質の状態を確認する

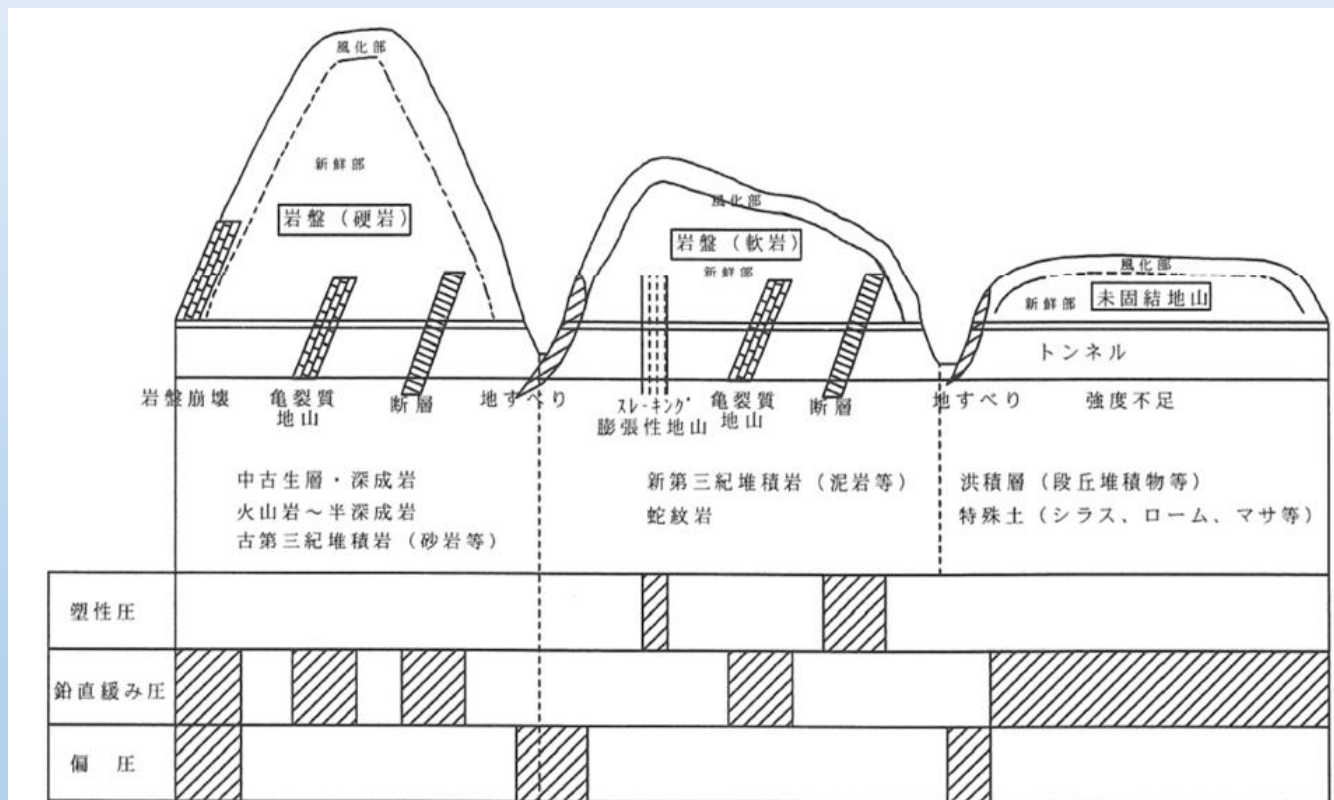
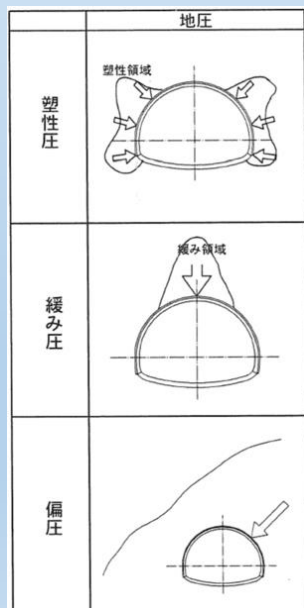


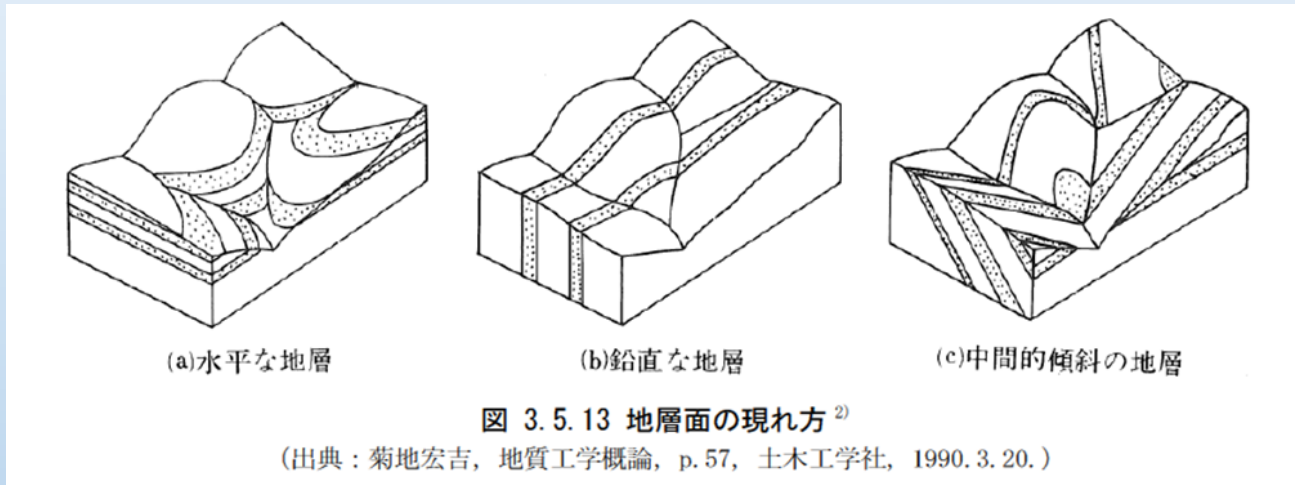
図 3.4.6 地圧・地質要因と地圧発生の様式図<sup>2)</sup>

(出典：トンネルの変状メカニズム，p.48，(社)土木学会，2003.9.)

### 3. 水路トンネル点検の実務 3.5 外部詳細点検

#### (1)地質構造の把握（地質構造と露頭）

地形・地質の構造は既往の文献から知ることが出来る。これらの文献をもとにトンネルの変状箇所と関連性の高い露頭を確認し、変状の発生原因（地圧）を推定する



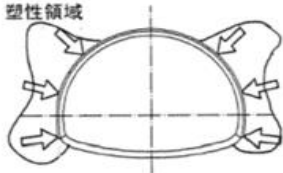
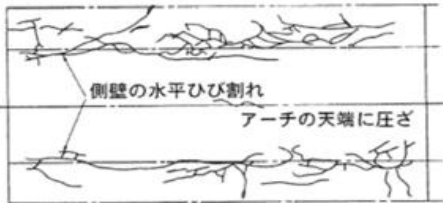

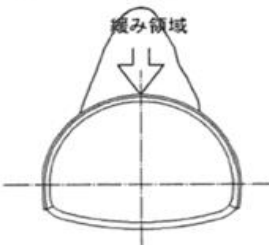
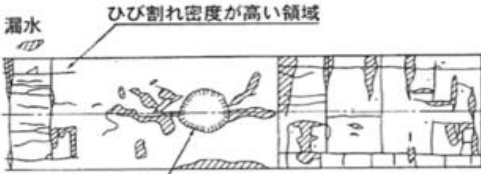

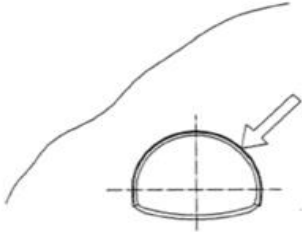
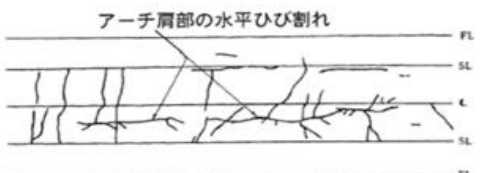
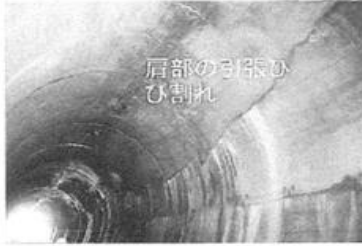


### 3. 水路トンネル点検の実務 3.5 外部詳細点検

#### (1) 地質構造の把握（地圧と代表的な変状状況）

表 3.4.2 地圧と代表的な変状状況<sup>3)4)</sup>

(出典：山岳トンネル覆工の現状と対策 トンネル・ライブラリー12, p.66, (社)土木学会, 2002.,  
道路維持管理便覧, (社)日本道路公団, 丸善, 1993. 11.)

	地圧	代表的な事例図	事例写真
塑性圧			
緩み圧		 <p>シルト岩・砂岩～シルト・砂の単斜構造</p>	
偏圧		 <p>偏圧・斜面匍行による変状を生じたトンネルにおける変状展開図の例</p>	



### 3. 水路トンネル点検の実務

#### 3.6 詳細点検での変状原因推定・緊急性判定

限られた時間の中ですべてを完結することは困難なので、現実的には変状原因をできる限り推定し、追加調査・緊急対策等の必要性、対策のタイミング等について判断する

##### (1) 変状原因推定

変状原因の推定は、

内部点検結果（トンネル内に発生した変状）から推定される原因と、外部点検結果（地形・地質および地表の状況）にみられる状況とのマッチングを確認して追究していく。

表 4.4.11 に変状原因を推定する際の参考例（チャート）を示す。

表 4.4.11 変状原因の推定チャート例 p.140

①変形モードの推定			断面のつぶれ	天井落下	断面の傾斜	線形のズレ	断面拡大
ひび割れの状況（縦断）	アーチ中央	開口ひび割れ		○			○
		圧ざ	○				
		せん断ひび割れ	○	○			
	アーチ左右	開口ひび割れ			○	○	○
		圧ざ		○	○	○	
		せん断ひび割れ			○	○	
	側壁	開口ひび割れ	○		○	○	○
		圧ざ	○				
		せん断ひび割れ	○			○	
	敷	開口ひび割れ	○				
		せん断ひび割れ	○				
ひび割れの状況（横断）	開口ひび割れ				○		
	せん断ひび割れ				○		
	圧ざ				○		
想定される変状原因			塑性圧	緩み圧	偏圧	地すべり	覆工収縮
②地形・地質から想定される変状原因			断面のつぶれ	天井落下	断面の傾斜	線形のズレ	断面拡大
地形・地質	硬質岩・中硬質岩	偏圧地形		緩み圧	斜面崩壊		
		断層・亀裂性地山		緩み圧	斜面崩壊	岩すべり	
		熱水変質	塑性圧	緩み圧	岩すべり	岩すべり	
			塑性圧	緩み圧	塑性圧	地すべり	
	軟質岩	粘板岩・頁岩	塑性圧	緩み圧	塑性圧		
		グリーンタフ	塑性圧	緩み圧	塑性圧		
		偏圧地形				地すべり	地すべり
		断層	塑性圧			地すべり	地すべり
		亀裂性地山		緩み圧	塑性圧	地すべり	
		熱水変質	塑性圧		塑性圧	地すべり	
未固結地盤			緩み圧				
	偏圧地形				斜面崩壊 円弧滑り	斜面崩壊 円弧滑り	

注) 「①変形モードの推定」で示した「○」は発生の可能性を示したもので、判定条件ではない。ひび割れ等の変状は、支保工の有無や覆工の構造、内部欠陥等により複雑に変化するもので、慎重な判断が求められる。  
 「②地形・地質から想定される変状原因」では、一般的に想定される変状原因を示しており、原因を特定するものではない。現実には、複数の原因が複雑に関連して変状をひき起こしていることが多いので、安易な判断は避けるべきである。

### 3. 水路トンネル点検の実務 3.6 詳細点検での変状原因推定・緊急性判定

#### (2) 緊急性判定

水路トンネルに要求される機能は「通水機能」である。切迫した状態でない限り、通水を優先することが多いと思うが、判断を誤ると重大なトラブルを引き起こす可能性がある。主要な変状に対する基本的な考え方を次に示す。

##### a) 塑性圧による変状

- ・ 維持管理段階のトンネルに発生する塑性圧による変状は、通常進行速度は遅い。
- ・ 継続監視のうえで、追加調査を行い対策を決定していくことが可能でなる。
- ・ しかし、対応が遅れると、塑性領域が拡大し、さらに大きな地圧が発生することがある。

##### b) 緩み圧による変状

- ・ 覆工背面に残された空洞（背面空洞）が、経年と共に不安定化し、落下して落盤事故・地表陥没事故を引き起こす。
- ・ 事故の発生は突発的で予測は難しい。
- ・ 緩み圧（地表陥没）の発生リスクは、地形・地質条件等から推定することが出来る。重要な設備や公衆災害の恐れのある区間では、早期に空洞充填等の対策が行う必要がある。

### 3. 水路トンネル点検の実務 3.6 詳細点検での変状原因推定・緊急性判定

#### c) 偏圧・斜面崩壊による変状

- 維持管理段階で発生する偏圧は、斜面の不安定化が進行して発生する。したがって、斜面の不安定化のプロセスを理解し対策を検討することが重要となる。
- 斜面崩壊の発生は突発的で、進行予測は困難である。
- 偏圧に対して、根本的な解決には斜面の安定化対策が必要となる。トンネル側の対策としてできることは、被害の軽減を目的とした対策となる。

#### d) 地すべりによる変状

- 地すべりの活動は継続的で、速度は一般にゆっくり（0.01～10mm/日程度）といわれている（手引書表3.5.1参照）。
- 地すべり範囲は比較的大きく、水路トンネルがすべり土塊中にある場合には、トンネルが寸断され通水機能を損なううえに、水路からの漏水により地すべりを誘発・加速させることにもなり得る。
- 地すべりが疑われる場合には、水路トンネルとの因果関係を確認するとともに、地すべりの変位速度を測定する。
- 地すべり対策は基本的に地上からの対策となるが、多くの場合地表の権利者や関係者との協議や調整が必要となり、多くの時間と費用を要する。トンネルの廃止や移設を検討する場合もある。水路トンネルにとって地すべりは特に重大なリスクとなるので、注意深い対応が必要である。

### 3. 水路トンネル点検の実務

#### 3.7 点検・保守記録の整備

供用中の水路トンネルの点検機会は少なく、容易に点検できない環境下にある。このような設備を健全に維持するためには、設備の状態を正確に把握しておき、トラブルに迅速に対応することが重要である。

手引書には、水路トンネルを保全していく上で重要となる記録について記載している。

- (1) 建設記録
- (2) 点検記録
- (3) 調査記録
- (4) 保守記録

図 4.2.1 に、維持管理上必要な情報をまとめて整理した『総合地質図』を示す。

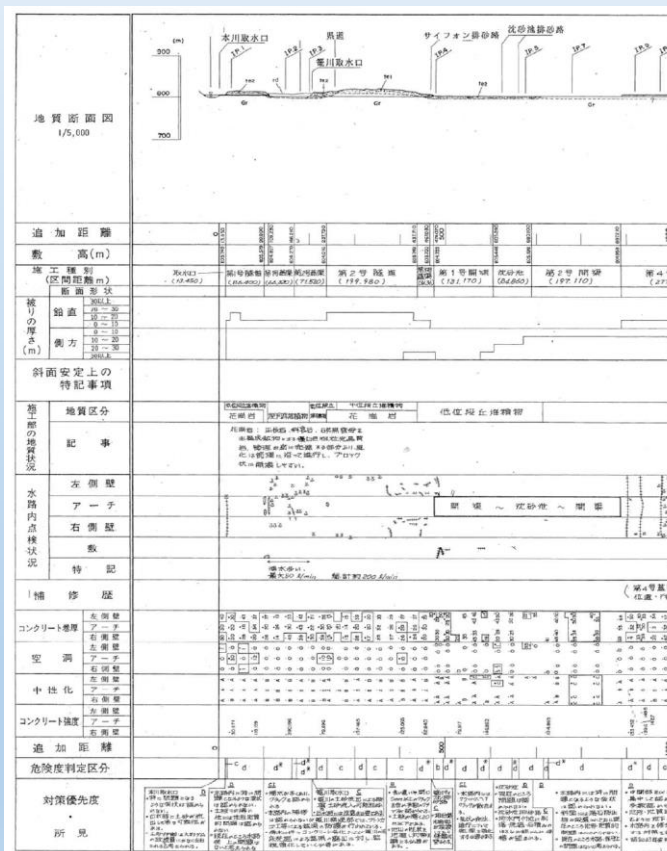


図 4.2.1 総合地質図例 p.119

## 目次

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 1. 水路トンネルの損傷事例              | 14:00～14:20(20分) |
| 2. トンネル変状のメカニズム             | 14:20～14:50(30分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 14:50～14:55( 5分) |
| 3. 水路トンネル点検の実務              | 14:55～15:45(50分) |
| 4. 変状事例に学ぶ                  | 15:45～16:05(25分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 16:05～16:15(10分) |
| 5. 水路保全業務における課題に<br>関する意見交換 | 16:15～17:00(45分) |



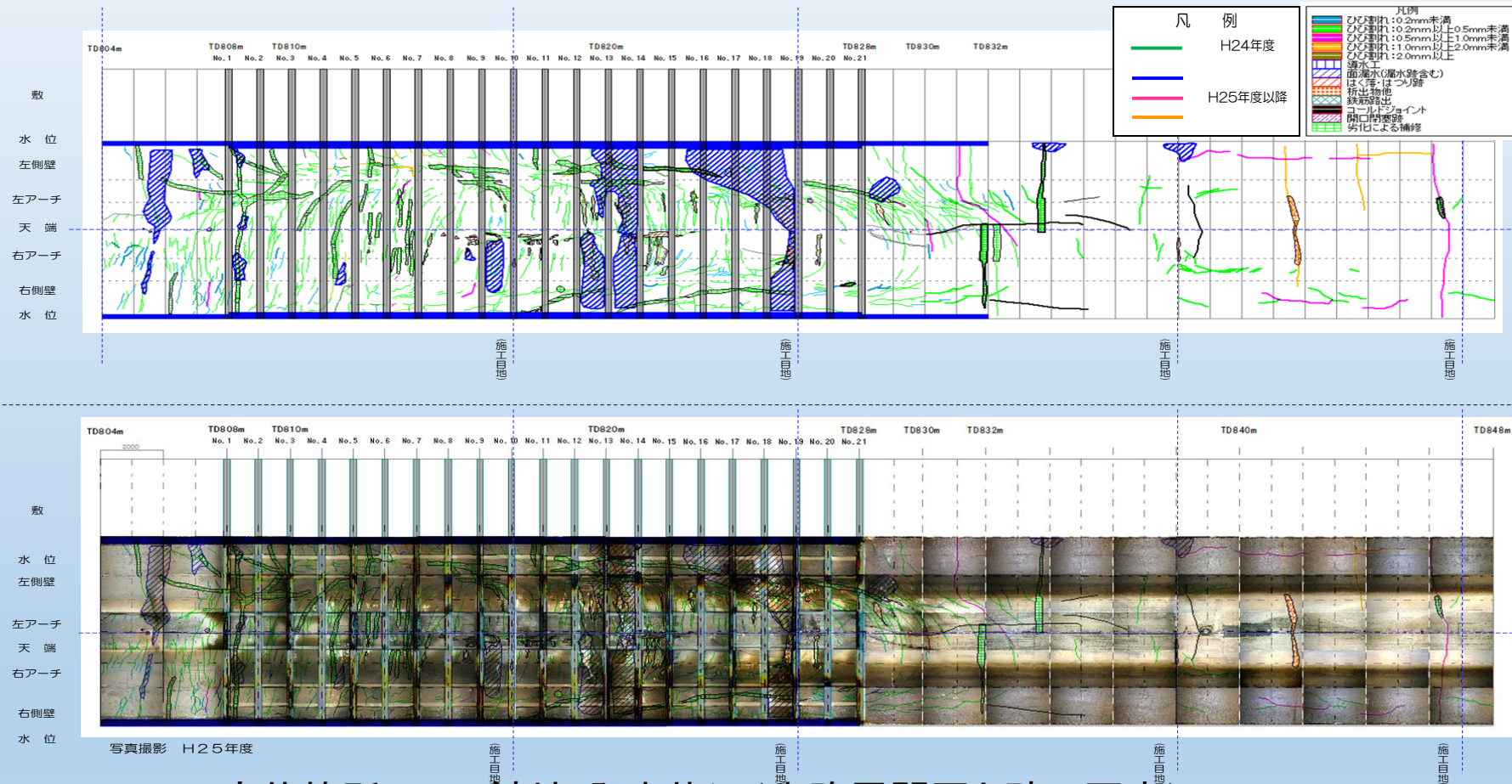
## 4. 変状事例に学ぶ

手引書には、水路トンネル保全業務における9つの実事例を掲載している。第3章必要とされる基礎知識、第4章水路トンネルの保全（実務編）を読んで学んだことを踏まえ、個々人の管理設備の課題として事象を読み込んで頂きたい

- 6.1 塑性圧による水路トンネル変状事例
- 6.2 偏圧による水路トンネル変状事例
- 6.3 水路トンネル落盤事象への予防対策検討事例
- 6.4 大規模地震による水路トンネル変状
- 6.5 水路トンネルからの漏水事例
- 6.6 水路トンネルにおける変状・劣化箇所の管理方法検討事例
- 6.7 水路トンネルにおける緩み圧対策検討事例
- 6.8 水路トンネルにおける不断水補修事例
- 6.9 水路トンネル内部点検でICタグを活用した事例

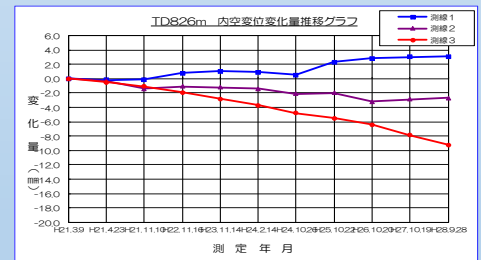
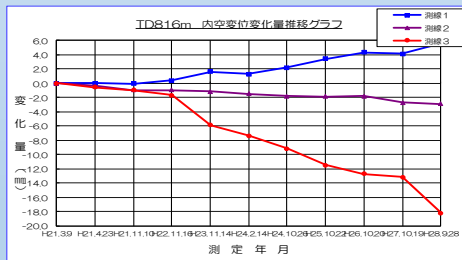
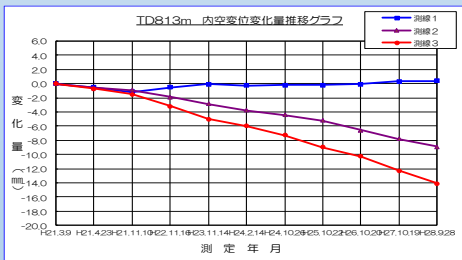
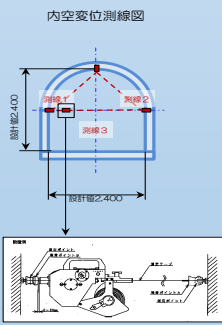
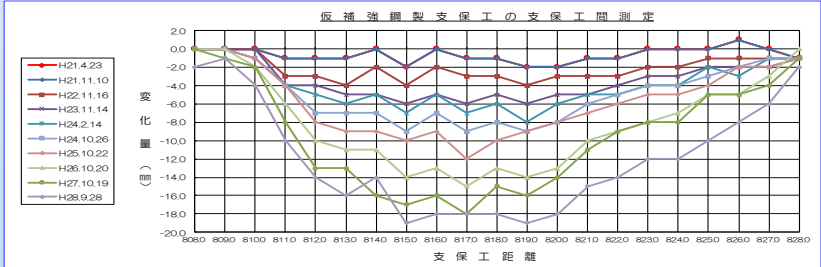
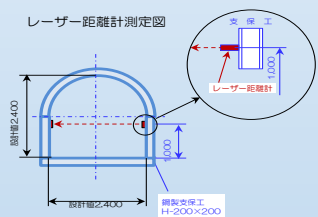
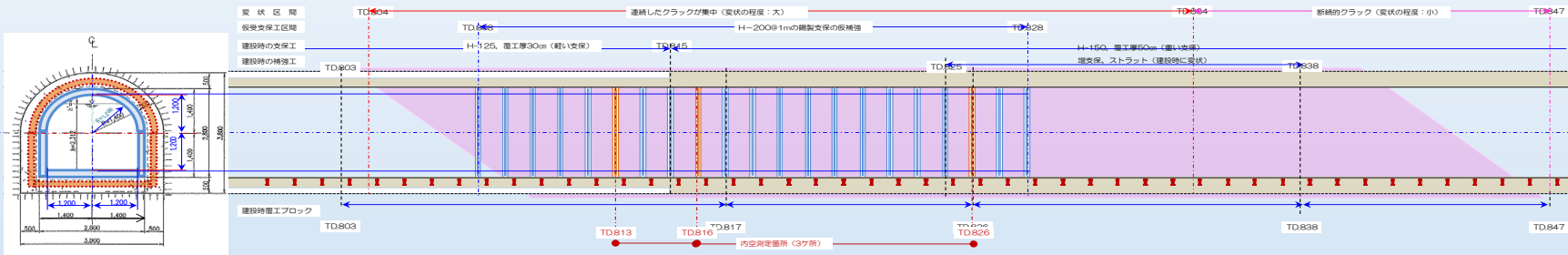
## 4. 変状事例に学ぶ

### 事例1: 塑性圧による変状



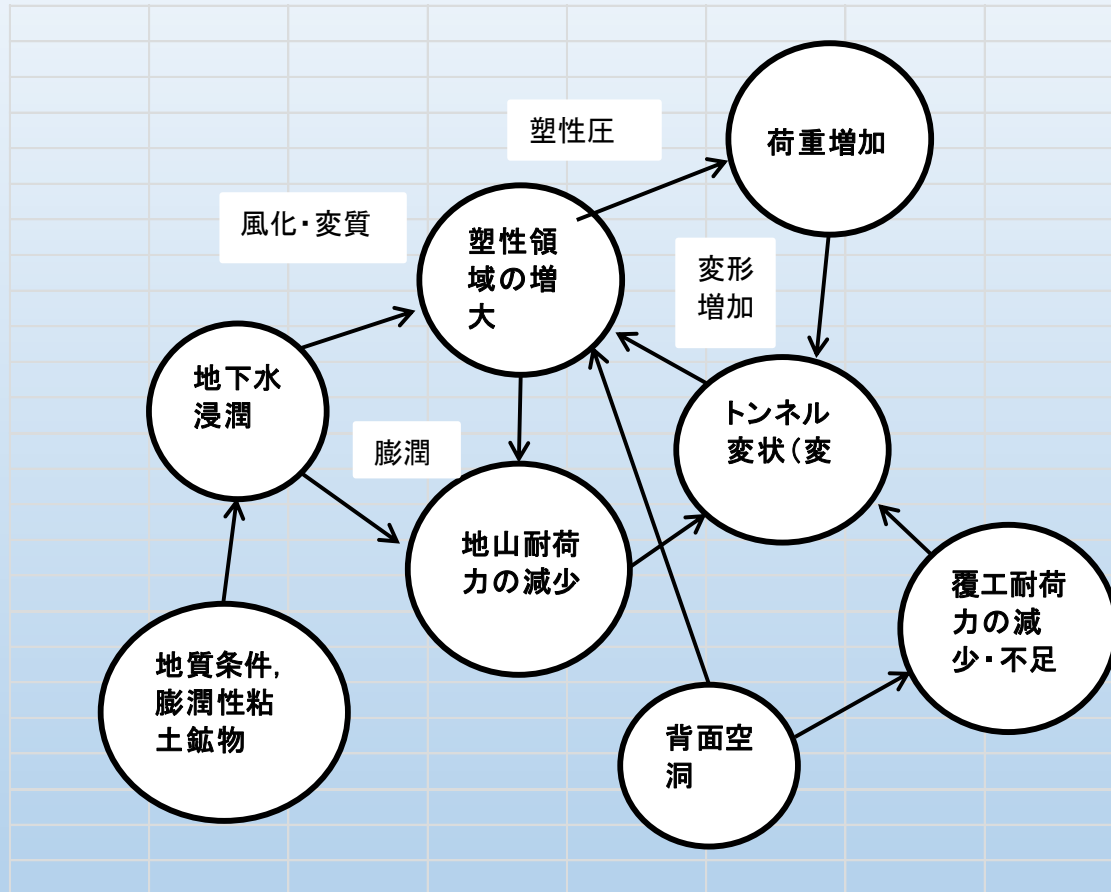
変状箇所のひび割れ発生状況(水路展開図と壁面写真)

## 4. 変状事例に学ぶ



### 内空変位の経年変化

## 4. 変状事例に学ぶ



(推定される変状のメカニズム)

- ①変状箇所背面地山の地質は、熱変質作用及び風化作用を受け脆弱化した蛇紋岩帯。蛇紋岩には膨潤性粘土を含むことを確認
- ②トンネル掘削による緩みから、背面に塑性域が形成、拡大することで塑性圧が発生
- ③塑性域拡大による加重により、トンネルが変形、覆工側壁上部に縦断クラック発生、覆工構造耐力低下により、縦断クラック進展し天端部に圧ぎ発生
- ④水路内部の水が周辺地山に供給され、地山の劣化、塑性域が拡大し一連のトンネル変状を助長させた

トンネル変状の関連図

## 4. 変状事例に学ぶ

### 本事例に学ぶ教訓

教 訓	なぜそう考えたか	今後どうすべきか
①初期の変状確認から変状の進行度を判断する監視の重要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転開始4年経過後に縦断クラック確認。</li> <li>・内空変位測定による監視は14年経過後から開始</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・縦断クラックの進行性が確認された段階で詳細点検の実施。変状原因を推定並びに監視を実施</li> </ul>
②変状部の原因究明の必要性判断の時期（早期の判断）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原因究明調査は22年経過後に実施</li> <li>・翌々年に補強対策実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内空変位増大傾向（5mm／年の増大）から、原因究明並びに補強対策判断は早期にするべき</li> <li>・別の補強選択も可能（支保工＋RB補強）</li> </ul>
③建設時の不具合事象を保守管理部門に伝えることの重要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工事記録には地山が悪く重支保掘削、覆工も有筋の記載あり。保守への伝承は暗黙知（想定）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設から保守側への設備引渡し時の相互レビューの実施（設計、施工での設備品質、気になる事）</li> </ul>



## 4. 変状事例に学ぶ

### 事例2:水路トンネルからの漏水

#### 1. トンネル概要

- ・無圧トンネル(暗渠), 断面・延長; 円形D=1.51m 延長465m(導水路総延長6.7km)
- ・覆工構造: 鉄筋コンクリート造, 覆工設計厚; 169mm
- ・施工方法: 地山開削後、水路構築し埋め戻し
- ・完成年: 1927年

#### 2. 漏水による設備損壊事象の概要

発電出力 3, 100kw(最大出力4, 500kw)で運転中, 使用水量2.14m<sup>3</sup>/s

- ・設備巡視にて発見, TD445m付近
- ・漏水量: 0.2~0.3m<sup>3</sup>/s(目視による), 直下の河川へ流出
- ・設備被害: 暗渠一部損壊(右下45度 B=0.6m×H=0.8m 欠損)  
水路石積み擁壁一部崩落(L=4.9m)
- ・対応: 漏水確認後、取水停止操作を行ったのち、発電所運転停止後、損傷箇所調査を実施。なお、漏水による下流河川及び河川利用者への影響と人的被害はなし

## 4. 変状事例に学ぶ

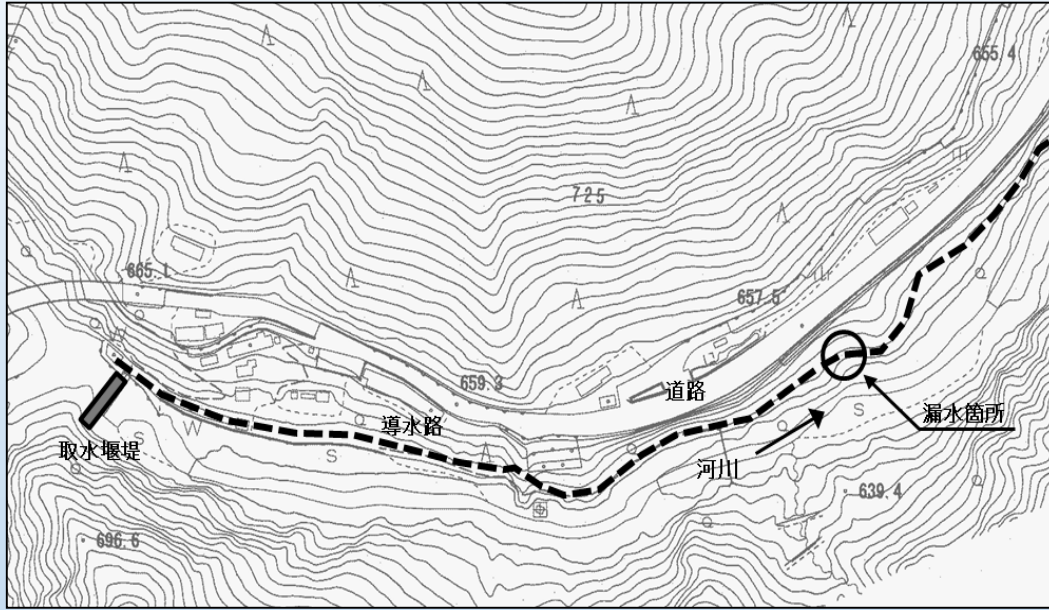


図 6.5.1 漏水箇所位置図

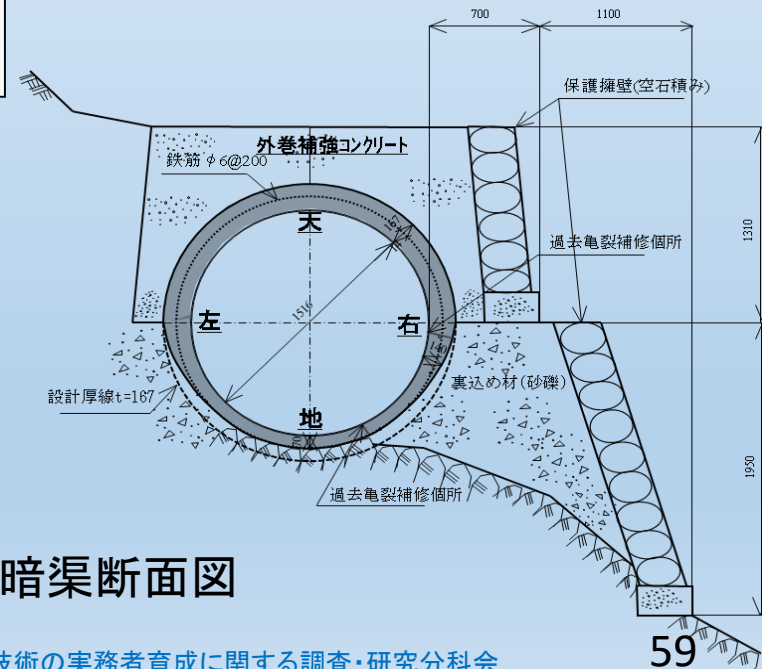


図 6.5.2 暗渠断面図

## 4. 変状事例に学ぶ



写真 6.5.3 石積み擁壁崩落状況および



写真 6.5.4 同左（正面より）



写真 6.5.1 損傷箇所（水路内部）



写真 6.5.2 既設覆工厚状況

## 4. 変状事例に学ぶ

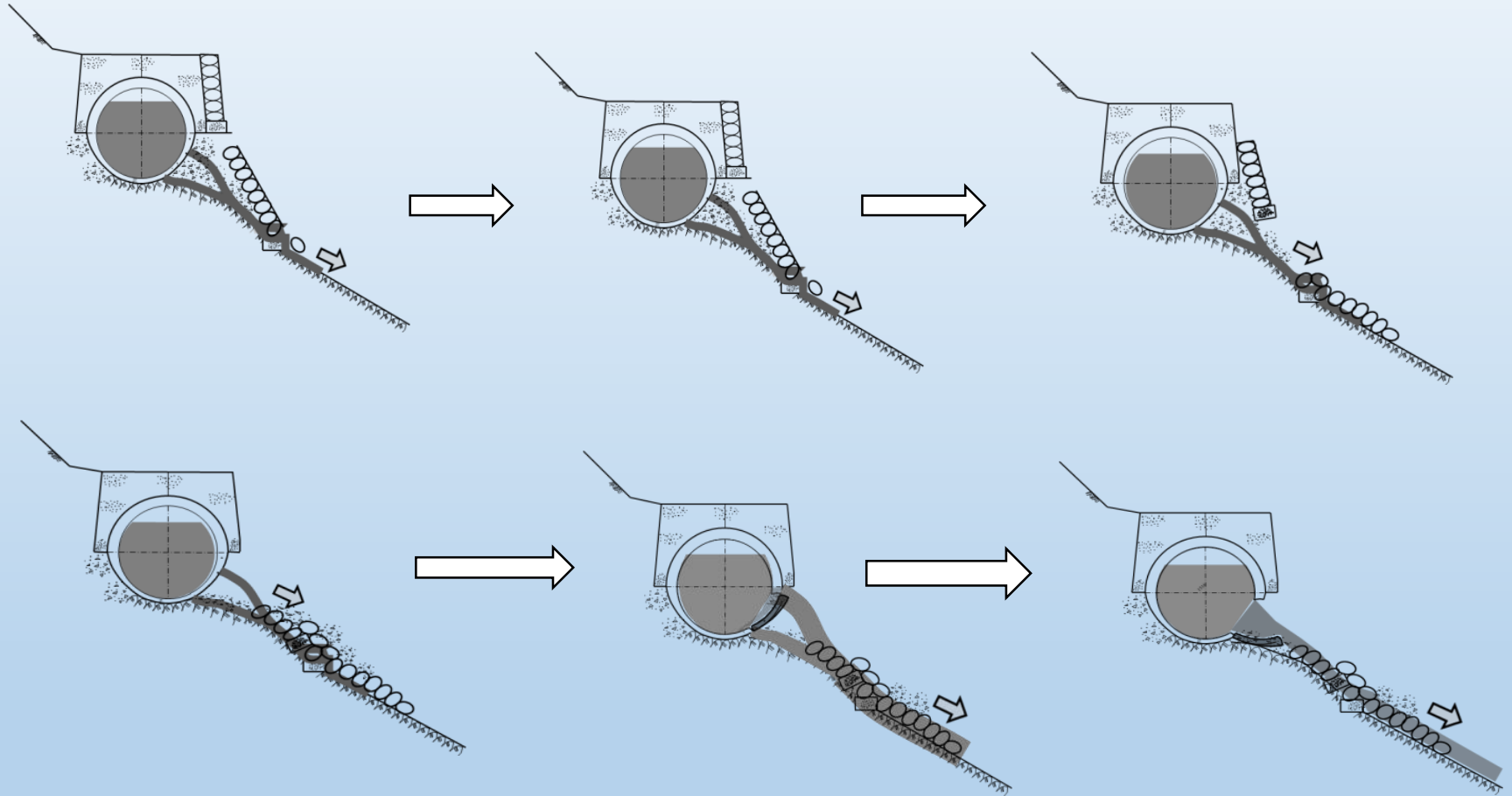


図 6.5.3 推定メカニズム



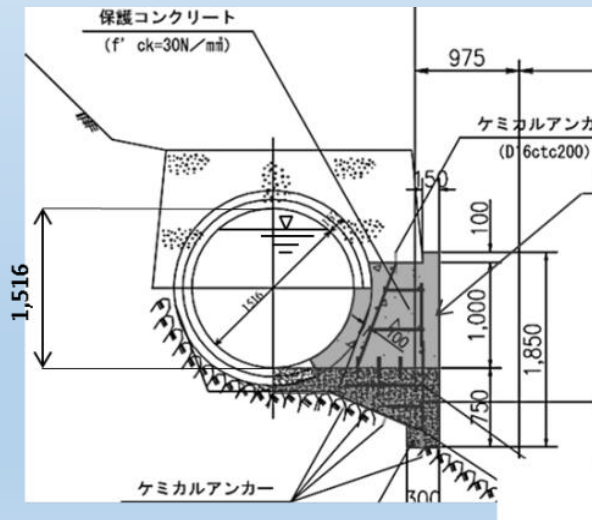
## 4. 変状事例に学ぶ

### 内部詳細調査の実施

- 1)レーダー探査による覆工巻厚, 背面空洞の確認(補足でドリル削孔)
  - 2)テストハンマーによる打音調査(レーダー探査測線以外の箇所)
- ⇒ 覆工巻厚は、大半が設計巻厚を下回る結果(平均130mm~140mm)  
背面空洞は、大きな空洞や連続的に広がる空洞は認められず

### 損傷箇所の復旧

損傷箇所の状況並びに暗渠部全線の状態確認後、コンクリートによる復旧を実施





## 4. 変状事例に学ぶ

### 本事例に学ぶ教訓

教 訓	なぜそう考えたか	今後どうすべきか
① 日常点検から変状の兆候を察知、特定できた可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>水路からの漏水は認識、日常巡視で漏水の有無、量の変化を目視確認。季節、運転に注目した監視までは未実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>巡視における監視強化（漏水箇所的位置・現地表示、漏水量の計測）季節毎、最大使用水量で運転時の変化に注目</li> </ul>
② 設備劣化状況、損傷時の影響度（公衆災害リスク）に着目した補修計画のレビュー	<ul style="list-style-type: none"> <li>年度展開で、断水時に漏水防止（PCMを塗布）対策を計画。 ⇒漏水発生の原因想定に基づいた優先箇所、設備損傷時のリスクを勘案の補修計画でない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏水の発生状況、水路内部の状態から優先箇所を選定漏水による設備損傷時のリスク勘案した補修計画</li> <li>長期設備停止に併せた抜本対策（水路付け替え）</li> </ul>
③ 設備健全性を検討できる維持管理資料整備・充実の重要性	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設年代が古く、施工記録はなし。今回の事例から改めて設備状態（真の悪さ）を確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象設備の弱点（地形・地質、設計、施工品質）の確認。それらを評価する点検・調査資料の整備</li> </ul>

## 目次

- |                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| 1. 水路トンネルの損傷事例              | 14:00～14:20(20分) |
| 2. トンネル変状のメカニズム             | 14:20～14:50(30分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 14:50～14:55( 5分) |
| 3. 水路トンネル点検の実務              | 14:55～15:45(50分) |
| 4. 変状事例に学ぶ                  | 15:45～16:05(25分) |
| (質疑・応答, 休憩)                 | 16:05～16:15(10分) |
| 5. 水路保全業務における課題に<br>関する意見交換 | 16:15～17:00(45分) |

## 5. 水路保全業務における課題【意見交換】

テーマ1：水路トンネル維持管理の基本方針  
(道路トンネル, 鉄道トンネルとの違い)

テーマ2：点検における変状の見方  
(外部要因, 内部要因)

テーマ3：水路設備としての健全性評価(診断)

テーマ4：補修・補強工の選定

テーマ5：維持管理の最新技術の動向