第４回新都市社会技術セミナー

“道路トンネル健全性評価技術の研究”

道路トンネル健全性評価プロジェクト

プロジェクトリーダー　大西有三（京都大学）

2007年2月27日(火)

発 表 次 第

1. プロジェクト概要
2. 現状調査
3. 現地計測
4. ３次元データベース構築
5. データマネジメント

2

プロジェクト概要

◇研究目的

◇プロジェクトの体制

◇プロジェクトの全体フロー

◇研究項目

◇今年度の研究スケジュール

3

プロジェクト概要（研究目的）

トンネルの現状

トンネル覆工の健全性評価劣化予測手法が確立されていない

↓

補修・補強の適切な時期を定めることが困難

プロジェクトの設立

↓ このような背景を受け

トンネル健全性評価技術の研究の実施

研究の目的

現在、社会資本の根幹をなす道路資産の効率的な維持管理が必要とされている中、補修等が困難な道路トンネルに対する検討が課題となっている。本プロジェクトは、道路トンネルの効率的な維持管理を行うための健全性評価技術およびその手法の研究を行うものである。

4

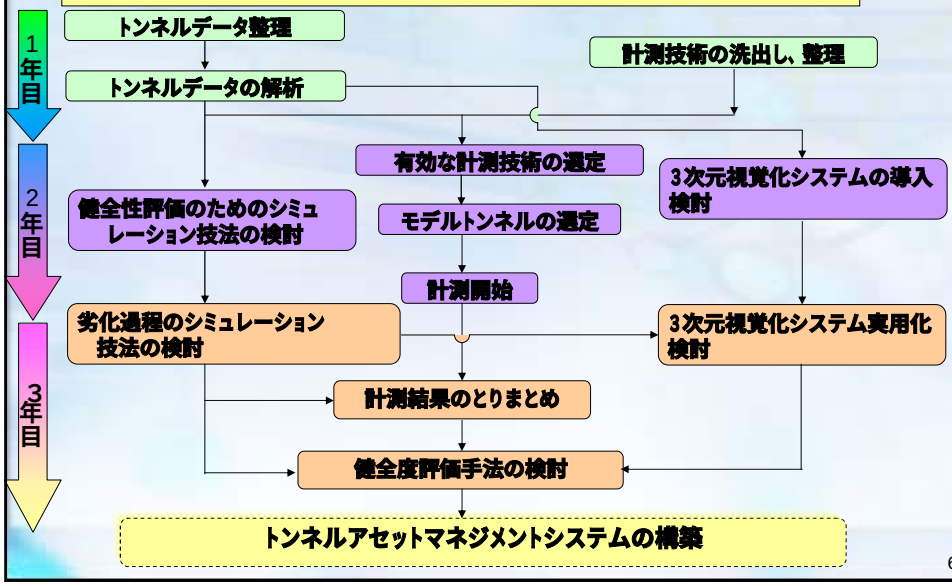
プロジェクト概要（プロジェクトの体制）

リーダー（学）	京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻　教授　大西有三
産	(株)ニュージェック　(株)アーステック東洋 エヌ・ティ・ティインフラネット(株)　綜合計測(株) パシフィックコンサルタンツ(株)　応用地質(株) 三井住友建設(株)　(株) ウエスコ
学	京都大学大学院工学研究科
官	国土交通省　近畿地方整備局 道路部　道路管理課 近畿技術事務所 豊岡河川国道事務所 和歌山河川国道事務所

5

プロジェクト概要（プロジェクト全体フロー）

本プロジェクトの基本方針は以下の研究フローに従って今後研究を進めていく。

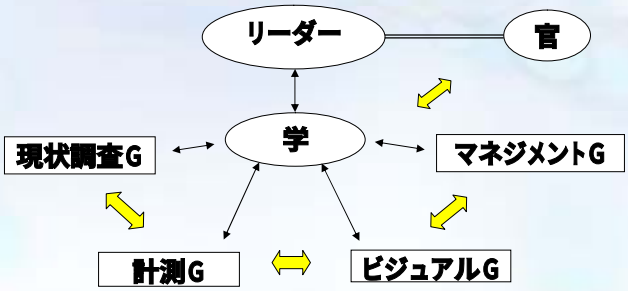


6

プロジェクト概要（研究項目その1）

本プロジェクトは、4つのグループに分け、道路トンネルの健全性の評価方法について検討を実施する。

- 現状調査グループ
- 計測グループ
- ３次元ビジュアル化グループ
- データマネジメントグループ



7

プロジェクト概要（研究項目その2）

グループ	内容
現状調査グループ	・トンネル管理者へのアンケートによる現状調査 →管理者の課題、ニーズの整理 ・モデルトンネルの絞り込み
計測グループ	・文献調査、実績調査、技術調査 ・必要な計測方法の絞り込み ・計測方法の検討 ・計測システムの構築
ビジュアル化グループ	・実トンネルの点検評価データから3次元表示への展開検討 ・現場でのデータベースの使いやすさの追求 ・本当に実用的な方法かどうかの議論
データマネジメントグループ	・マネジメントへつなぐための必要なデータの整理 ・具体的な方法論の検討 ・損傷原因、点検結果からなる経年変化の分析 ・トンネル劣化メカニズムの仮説

8

プロジェクト概要（今年度の研究スケジュール）

今年度

アンケート調査	・点検、調査、データベース等に関する課題、ニーズ
アンケート分析・整理	・トンネル管理の現状について ・課題、ニーズの整理 ・アンケートの取りまとめ
モデルトンネルの抽出	・現地調査結果 ・アンケート結果 ・プロジェクト会議における意見の集約 ・研究方針の決定
モデルトンネルの基本調査	Mトンネル（○○国道事務所管轄） →延長84m
モデルトンネルの損傷調査	・トンネル諸元（延長、構造地質条件等） ・損傷状況（点検データ、調査データ等より） ・施工条件、補修履歴
検　証	特定の損傷に対して ・損傷原因の把握（仮説） ・損傷メカニズムの把握（仮説） ・点検結果のからなる経年変化の分析 ・3次元データベースの適用性の検討
継続的な計測の実施	

9

現状調査

◇道路トンネルの健全性評価について

◇道路トンネル損傷の現状について

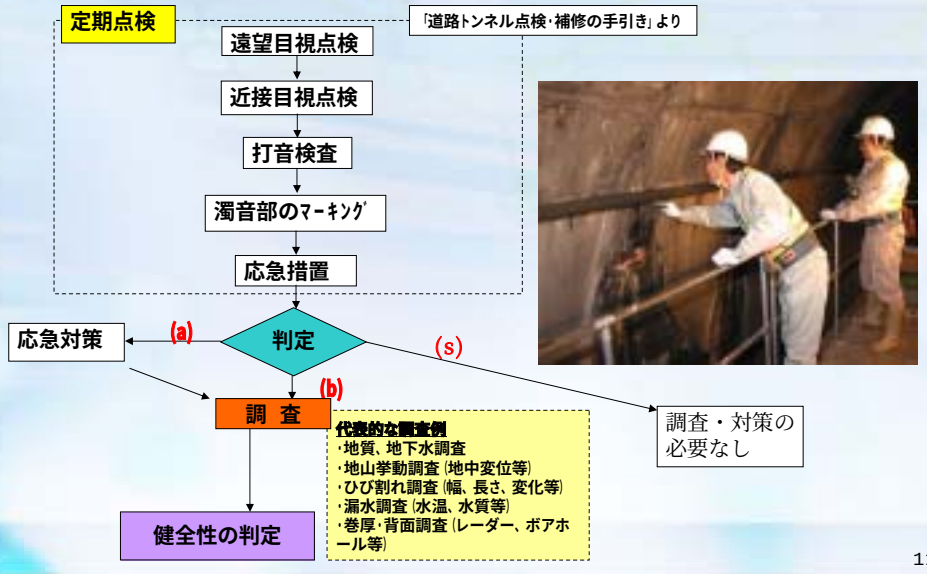
◇道路管理者アンケートの整理

◇現状調査のまとめ

10

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

①健全性判定の手順



11

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

②定期点検の判定区分

「道路トンネル定期点検要領」より

判定区分	判定の内容
A	変状が著しく、通行車両の安全を確保できないと判断され、応急対策を実施した上で補修・補強対策の要否を検討する標準調査が必要な場合
B	変状があり、応急対策は必要としないが補修・補強対策の要否を検討する標準調査が必要な場合
S	変状はないか、あっても軽微で応急対策や標準調査の必要がない場合

12

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

③定期点検の判定基準（覆工部）

「道路トンネル定期点検要領」より

変状の種類	判定区分A	判定区分B
ひび割れ、段差	急激にひび割れが進行し、ブロック化して落下する恐れがあるもの	天端、肩部で幅3mm以上、延長方向に5m以上の規模を有するもの
うき、はく離、はく落	コンクリートのはく離がある場合、うきの部分がはく落する恐れのあるもの	はく落に結びつく、うき（圧ざ）があるもの
傾き、沈下、変形	目視により明らかに傾き、沈下、変形があるもの	左記の場合で交通に支障のない場合
打継目の目地切れ、段差	止水板や目地モルタルが落下する恐れのあるもの	左記の場合で交通に支障のない場合
漏水、つらら、遊離石灰	大規模な漏水、つらら、側氷があるもの	左記の場合で交通に支障のない場合

13

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

④調査結果の判定方法

「道路トンネル点検・補修の手引き」より

代表的な調査例
・地質、地下水調査
・地山挙動調査（地中変位等）
・ひび割れ調査（幅、長さ、変化等）
・漏水調査（水温、水質等）
・巻厚・背面調査（レーダー、ボアホ　ール等）

変　状

調査の実施

⇩

要因の究明

外的要因
外力作用に起因するもの
環境変化に起因するもの

内的要因
材料劣化に起因するもの
施工に起因するもの
断面構造に起因するもの

第三者被害を誘発する変状 → 判定区分Ⅰ

うき、はく落、漏水、つらら・側氷・土砂流出

トンネル構造自体の安全性に問題はないが、覆工コンクリートの部分的な落下による直接的にすぐ被害や漏水等に起因する事故等を引き起こす恐れのある変状

構造的な変状 → 判定区分Ⅱ

覆工コンクリートの変形・移動・沈下、ひび割れ、構造的なうき、はく落（材質劣化）、鋼材腐食

トンネル構造自体の安定が問題となる変状

14

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

⑤調査結果の判定方法

「道路トンネル点検・補修の手引き」より

第三者被害を誘発する変状

判定区分Ⅰ	判定の内容
3A-Ⅰ	変状が大きく、通行者・通行車両に対して危険があるため、直ちになんらかの対策を必要とするもの。
2A-Ⅰ	変状があり、それが進行して、早晩、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの。
A-Ⅰ	変状があり、将来、通行者・通行車両に対して危険を与える可能性があるため、必要に応じて対策工を計画的に実施するもの。
B-Ⅰ	変状があっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して大きな影響はなく、日常点検での注視を実施するもの。

15

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

⑥調査結果の判定方法

「道路トンネル点検・補修の手引き」より

構造的な変状

判定区分Ⅱ	判定の内容
3A-Ⅱ	変状が大きく、トンネル構造自体の安定に問題があり、早急に対策を必要とするもの。
2A-Ⅱ	変状があり、それが進行して、トンネル構造自体の安定に問題が生じるため、計画的に対策を必要とするもの。
A-Ⅱ	変状があり、将来的にトンネル構造自体の安定に問題が生じる可能性があると考えられ、継続的な調査または調査項目を追加し再調査を必要とするもの。
B-Ⅱ	軽微な変状で、現状ではトンネル構造の安定に問題はなく、日常点検での注視を実施するもの。

16

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

⑦調査結果の判定の目安（判定区分Ⅰ）

「道路トンネル点検・補修の手引き」より

うき、はく落の判定の目安

位 置	うき、はく落 落下のおそれ	判定区分Ⅰ
アーチ	有	3A－Ⅰ
	無	B－Ⅰ
側 壁	有	2A－Ⅰ
	無	B－Ⅰ

漏水の判定の目安

位 置	漏水の度合い	利 用 者への影響	判定区分Ⅰ
アーチ	噴出	有	3A－Ⅰ
	流下	有	2A－Ⅰ
	滴水	有	A－Ⅰ
	にじみ	無	B－Ⅰ
側 壁	噴出	有	2A－Ⅰ
	流下・滴水	有	A－Ⅰ
	にじみ	無	B－Ⅰ

17

現状調査（道路トンネルの健全性評価について）

⑧調査結果の判定の目安（判定区分Ⅱ）

「道路トンネル点検・補修の手引き」より

ひび割れ（進行性あり）

ひび割れ		判定区分
幅	長さ	
3mm 以上	5m 以上	3A-Ⅱ～ 2A-Ⅱ
	5m 未満	2A-Ⅱ～ A-Ⅱ
3mm 未満	5m 以上 ・ 5m 未満	A－Ⅱ

判定区分の幅は、ひび割れ方向、段差のあるなし、圧ざのあるなし、密度により判定する

ひび割れ（進行性なし）

ひび割れ		判定区分
幅	長さ	
5mm 以上	10m 以上	3A-Ⅱ～ 2A-Ⅱ
	10m 未満	2A-Ⅱ～ A-Ⅱ
3～5 mm	10m 以上	2A-Ⅱ
	5～ 10m	2A-Ⅱ～ A-Ⅱ
	5m 未満	A-Ⅱ
3mm 未満	－	A-Ⅱ～ B-Ⅱ

18

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

◆定期点検データ

変状の種類

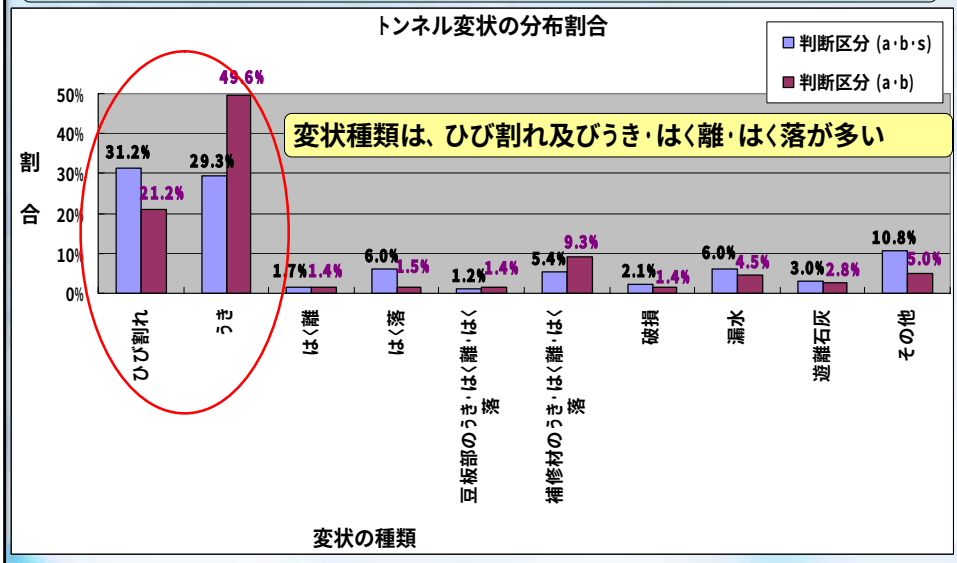
トンネルの損傷は、これらの種類のものが複合的に発生している

1　：ひび割れ	１３：変形
2　：段差	１４：鉄筋の露出
3　：うき	１５：破損
4　：はく離	１６：漏水
5　：はく落	１７：遊離石灰
6　：豆板部のうき・はく離・はく落	１８：つらら
7　：コールドジョイント部のうき・はく離・はく落	１９：側氷
8　：補修材のうき・はく離・はく落	２０：帯水
9　：打継ぎ目の目地切れ	２１：氷盤
１０：打継ぎ目の段差	２２：沈砂
１１：傾き	２３：その他
１２：沈下	２５：路面のひび（路面の変状）

19

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

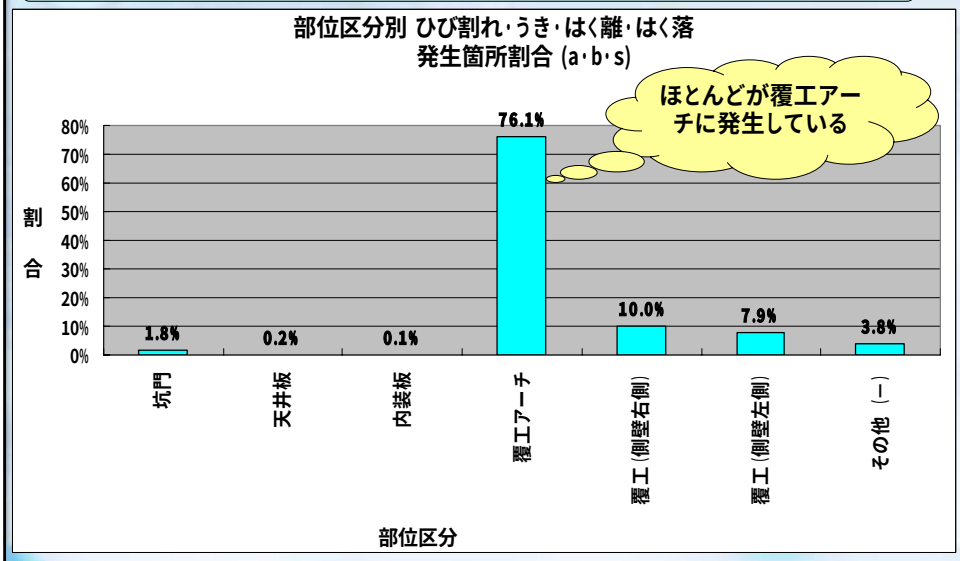
◆変状種類（グルーピング）　（点検データを集計）



20

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

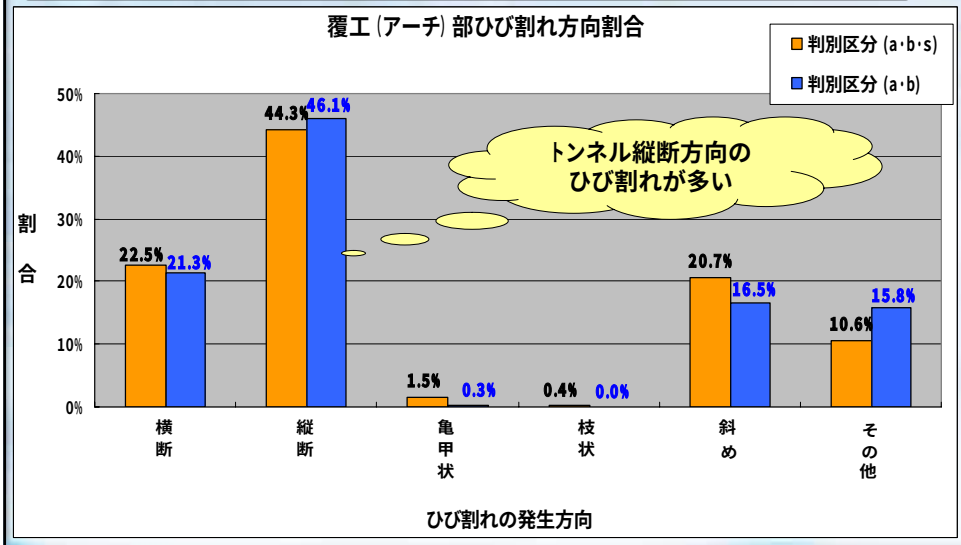
◆ひび割れ・うき・はく離・はく落の発生箇所　（点検データを集計）



21

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

◆ひび割れの発生方向　（点検データを集計）

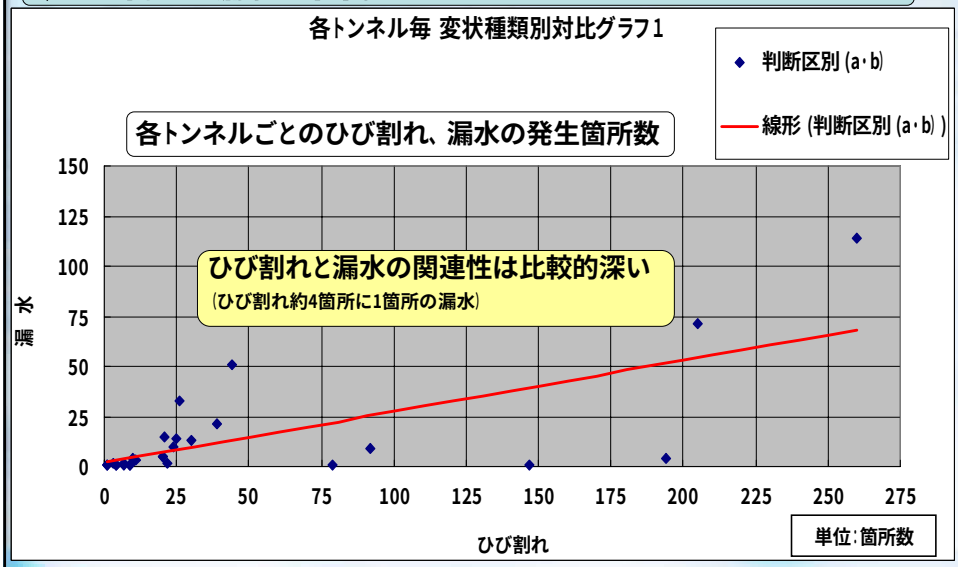


22

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

◆ひび割れと漏水の相関

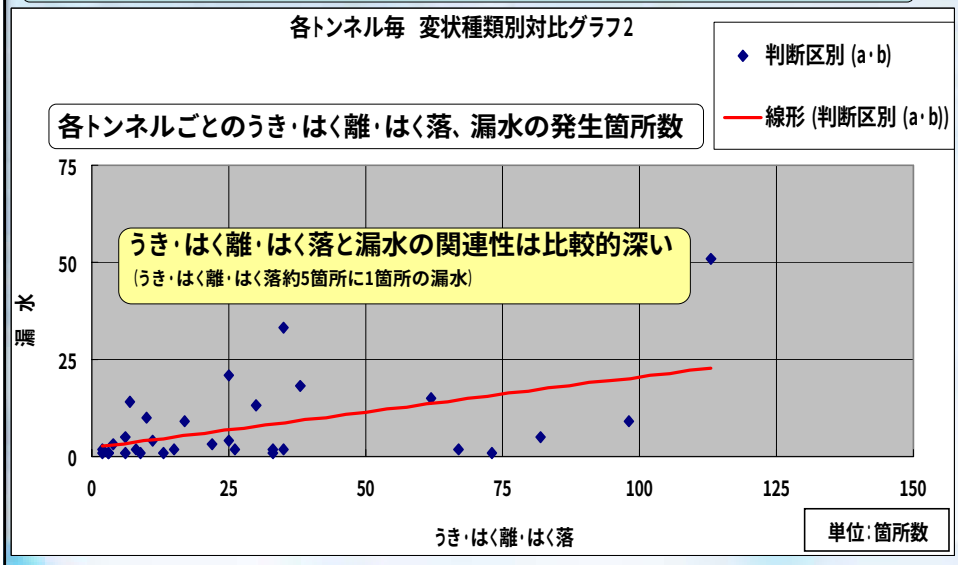
（点検データを集計）



23

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

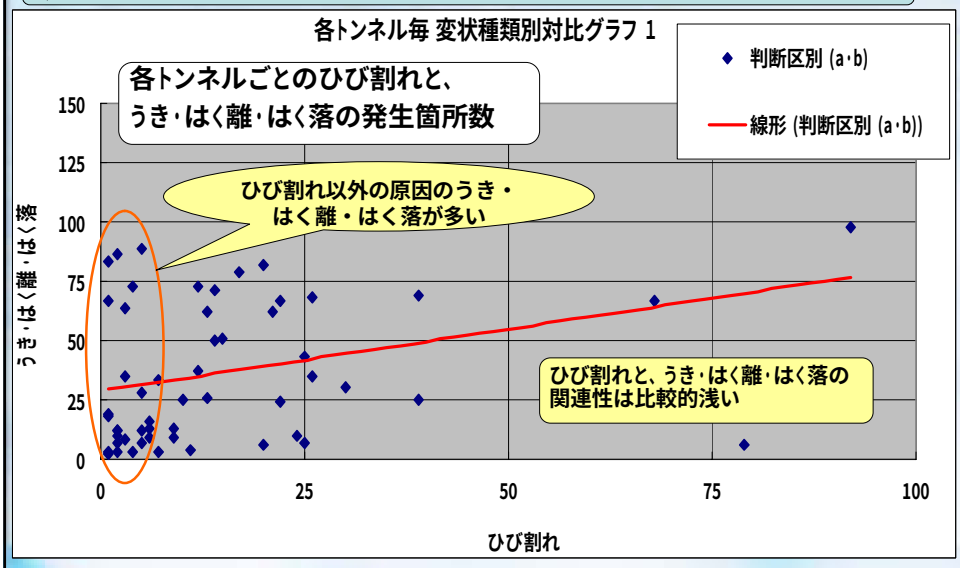
◆うき・はく離・はく落と漏水の相関



24

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

◆ひび割れとうき・はく離・はく落の相関



25

現状調査（道路トンネル損傷の現状について）

◆道路トンネル損傷の現状のまとめ

- トンネル損傷ではひび割れ、うき・はく離・はく落が多く発生している
- ほとんどが覆工（アーチ部）に発生している（通行に支障）
- ひび割れは、縦断方向に多く発生している
- ひび割れと漏水の関連性が比較的深い → ひび割れ4：漏水1
- うき・はく離・はく落と漏水の関連も比較的深い → うき・はく離5：漏水1
- ひび割れと、うき・はく離・はく落の関連は浅い

→ うき・はく離・はく落がひび割れ以外の原因が多い
（目地周辺、施工不良、補修跡等）

課題

◇ひび割れ
◇うき・はく離・はく落
◇漏水

◇発生原因究明
◇関連性究明
◇進行予測

→ モデルトンネルにおける
データ分析、計測分析などにより

健全性評価手法の確立

26

現状調査（道路管理者アンケートの整理）

◆アンケートの目的

近畿地方整備局国道事務所対象

- トンネル管理の現状把握
- トンネル管理における課題把握
- トンネル管理者のニーズの把握

種　　別	内　　容
健全性の評価項目	どのような評価項目が重要なのか、あるいは管理者のニーズはどこにあるのか
評価を実施する計測技術	評価のためにどの計測方法が有効であり、そのデータをどのように活用するか
評価データの活用方法	点検や調査により得られたデータをどのように保存し、維持管理に活用するのが望ましいのか

27

現状調査（道路管理者アンケートの整理）

◆アンケートの内容

1. トンネル定期点検に関する質問
   - 1-1　2回目の定期点検の実施の有無
   - 1-2　点検結果に伴う損傷状況について
   - 1-3　トンネル点検に関する新技術の活用
2. トンネル調査に関する質問
   - 2-1　点検後の調査の実施の有無
   - 2-2　点検後の調査の実施方法について
3. データベースの関する質問
   - 3-1　トンネルの地質データについて
   - 3-2　トンネル施工時データについて
   - 3-3　トンネル補修履歴データについて
   - 3-4　データベースの保有方法について
   - 3-5　データベースの活用方法について
4. その他の質問

28

現状調査（道路管理者アンケートの整理）

◆アンケート結果（1）　トンネル定期点検に関する質問

- 2回目以降の定期点検は、全体の約50%実施
- 損傷の多いものは、ひび割れ、うきはく落、漏水で、全体の85%
- ひび割れの着目点は、幅、本数で、全体の45%
- ひび割れの深刻度は、幅：3mm以上、本数：亀甲状（3重クロス）、長さ：1スパン以上、場所：アーチ部、方向：縦断方向、漏水：吹き出す程度
- 定期点検に対する課題
  →点検費が高い（44%）、交通規制（21%）、対策の時期が不明（21%）
- 新技術、新工法への期待　→前向きである（89%）
- 新技術、新工法採用の条件　→コストがあえば（56%）、必要に応じて（33%）
- 点検に求める成果は、正確さ（62%）簡単さ（25%）

⇒ 点検は、重要であるが、高価であり、新技術、新工法を用いることでコストが安く、正確に、簡単になればよい

⇒ トンネルの損傷は、ひび割れ、うきはく落が多く、利用者被害につながるものに着目している（アーチ部の幅3mm以上、亀甲状）

29

現状調査（道路管理者アンケートの整理）

◆アンケート結果（2）　トンネル調査に関する質問

- トンネル詳細調査の実施は少ない（13%：一部で実施）
- 調査は、当面は不要であるが必要に応じて行う、時期未定（86%）
- トンネル調査は費用が高い（23%）
- 点検時に危険箇所をたたき落とすため、あまり必要でない（31%）
- 調査を行わなくてもある程度原因がわかるため、補修工事はできる（15%）

⇒ トンネル調査の実施例は少なく、必要に応じて実施

⇒ 現実的に調査に委ねる意識は少なく、点検のニーズが高い

30

現状調査（道路管理者アンケートの整理）

◆アンケート結果（3）　データベースに関する質問

地質データの保管年数 → 10年 60%、3年 40%
施工データの保管年数 → 10年 80%、3年 20%
補修履歴データの保管年数 → 10年 67%、5年 33%
マイクロフィルムや電子データの保管が多く、概ね半分程度保管
トンネル管理に使用するデータベース →定期点検データ（36%）とMICHIデータ（36%）
データベースを使用するとき →トラブル発生時（35%）、点検時（29%）、補修工事時（29%）
必要な考えられるデータベース →点検データ（24%）、地質、施工時データ（21%）、補修履歴データ（21%）

- 概ね半分程度のデータ（地質、施工時、補修履歴）は、電子データやマイクロフィルムで残されている
- 管理に必要なデータは、点検データであり、特にトラブル発生時に使用している

31

現状調査（道路管理者アンケートの整理）

◆アンケート結果（4）　その他に関する質問

トンネル点検に充てる費用の捻出が困難
漏水対策で交通規制が短期間で済み安全に対応出来る工法が必要
トンネル点検によって得るデータに求められる重要な点は、正確でバラツキが少ない客観的なデータ が必要
コンクリートの剥離箇所が特定できる新技術の開発が必要
当面の点検に当たっては従来の点検手法＋αとして位置づけ、徐々にその割合をシフトさせていく等の配慮が必要

- 点検に伴う予算の捻出
- 漏水の補修工事は、何回も繰り返すため、交通規制も含め困難である
- 新技術、新工法に求められる要素は、正確、安全、安価、短期間であるが、打音検査に伴う、うき・はく離箇所の特定が重要である

32

現状調査（現状調査のまとめ）

◆健全性の評価項目

・現状の点検ベースとした評価項目を基本として、ひび割れ、うき・はく離・はく落、漏水に着目する必要がある（利用者被害に着目）
・ひび割れ幅、本数、方向に着目した評価が重要である
・点検をより安く、正確に、安全に行うことが重要である

◆評価を実施する計測技術

・現状の点検に変わる計測システムの開発が重要である（安く、正確に、安全）
・ひび割れの将来予測（進展）を行う必要がある
（地形・地質条件や周辺環境に応じたひび割れの挙動を確認）
→ モデルトンネルにおける現状のひび割れ計測の実施が必要

◆評価データの活用方法

・現場でのデータベースの有効活用が重要である
・データの保存方法は、半永久的な電子化が望ましい
・現状のデータベースであるカルテを活用するのが望ましい

33

現地計測

◇計測概要
◇近接目視調査
◇変状の分析
◇画像取り込み計測
◇ひび割れ計測

34

現地計測（調査概要）

◆計測目的

本研究では、道路トンネルのひび割れに着目し、モデルトンネル（Mトンネル）におけるひび割れの状況を調査（ひび割れデータの採取～挙動計測）し、原因の推定、メカニズムの把握、将来の予測（ひび割れの進行、他の損傷への発展）、効率的な維持管理を目指したデータベースの構築を実施するものである。

◆計測場所

Mトンネル（国道○号：○○国道事務所管内）
→現在地すべりの影響により、使用されておらず計測作業が容易であるため

◆トンネル概要

- トンネル延長：82m
- トンネル内空幅：7.72m
- トンネル内空高さ：5.75m

- 供用年月：昭和３７年１２月
- トンネル工法：矢板工法
- 壁面：覆工コンクリート
- 天井：覆工コンクリート

35

現地計測（調査概要）

◆トンネル坑口部（北側）

36

現地計測（調査概要）

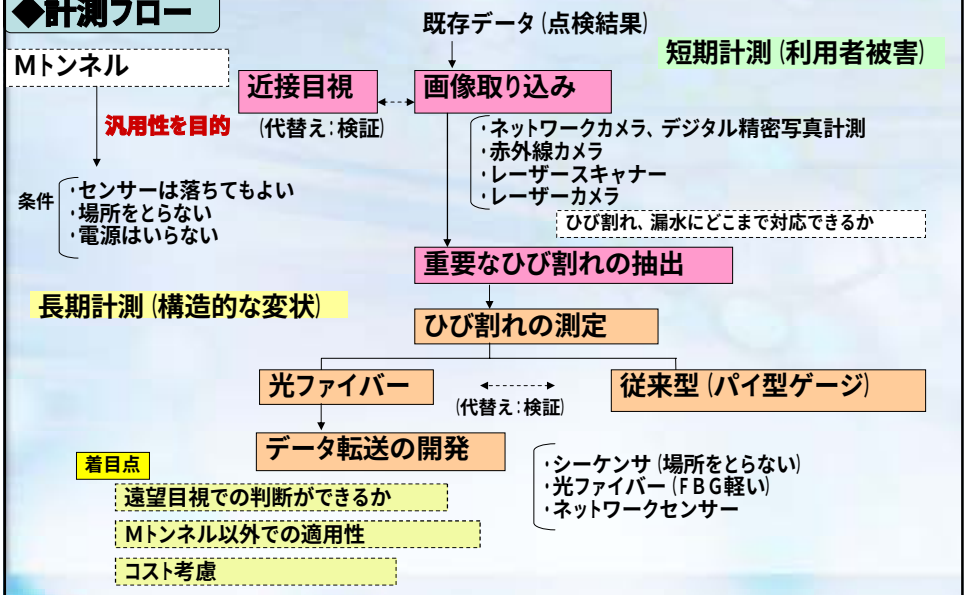
◆調査項目

種別	計測項目（案）
近接目視調査	近接目視調査
画像取り込み計測	高倍率ネットワークカメラ撮影
	レーザスキャナー計測
	赤外線カメラ撮影
	デジタル精密写真計測
	レーザーカメラ撮影
ひび割れ計測	ひび割れ計測（光ファイバー、NWセンサー）
	ひび割れ計測（パイ型歪みゲージ）
	内空断面計測、天端沈下計測
	衝撃弾性波によるコンクリート強度測定
	温度、地下水等（既存）

37

現地計測（調査概要）

◆計測フロー



38

現地計測（近接目視調査）

◆調査方針

近接目視調査は、現状の損傷を正確に把握するために実施するものであり、従来の定期点検の手法（ただし打音検査は行わない）に従い調査を行う。調査範囲は、スパン5～スパン9分（約28.6m）とし、現地にて損傷の多い箇所を限定する。クラックスケールにて、ひび割れ幅、長さを計測し、損傷状況をスケッチし写真撮影を実施する。

◆調査フロー

資料収集・整理

↓

実施計画書作成

↓

現地点検調査
（トンネル近接目視調査）

↓

カルテの作成
（損傷展開図作成含）

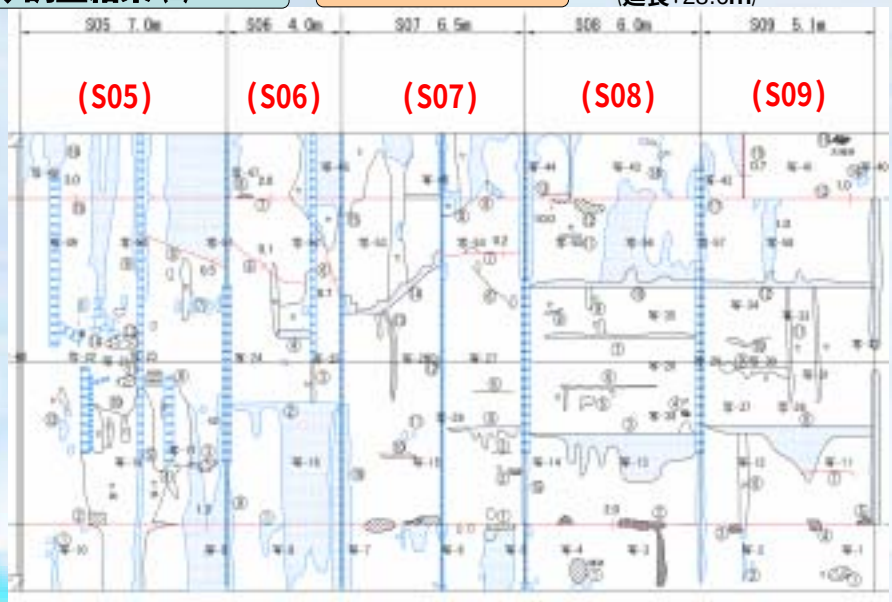
◆損傷展開図凡例

表　示	目視点検での変状種類	打　音　検　査
	施工目地	ⓐ 濁音（ボコボコ）がし、はく落の可能性がある。
	ひび割れ（0．3㎜）未満	ⓑ 濁音がする。
5.0	ひび割れ（0．3㎜）以上 数値はひび割れ開口幅（㎜）	ⓢ 清音を発し，反発がある。
2.0	段差 矢印側突出、数値は段差（㎜）	打音検査により推定できる深さ方向のひび割れの表示方法
	コールドジョイント	打音検査範囲
	圧ざ	（推定できるひび割れの方向）
	うき、はく離 （ハンマー打診異常箇所）	清　音　濁　音
	はく離（はく落跡）	
	骨材の露出（豆板部）	
(0.5)	漏水（漏水量 リットル／分）	（表示方法）
	漏水（濡れている部分）	
	滞水、氷盤、沈砂 （○ ○厚さ cm）	
	溶脱物（遊離石灰など）	
	漏水防止工（導水工）	

現地計測（近接目視調査）

◆調査結果（1）

トンネル覆工展開図　（延長：28.6m）　見下げ方向



40

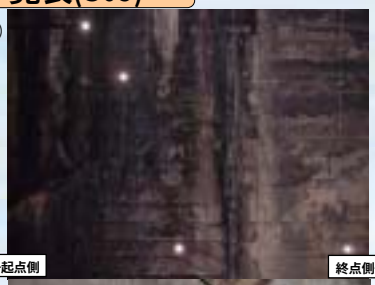
現地計測（近接目視調査）

◆調査結果（2）

点検結果一覧表(S05)

スパン 番号	スパン 判定	変状箇所番号	変 状	点検時の判定	調査時の判定 I	調査時の判定 II
S05	b	①	漏水	s		
	A- I	②	ひびわれ、漏水、遊離石灰	s		
	A- II	③	豆板	s		
		④	遊離石灰	s		
		⑤	漏水	s		
		⑥	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A- I	
		⑦	遊離石灰、漏水	s		
		⑧	ひびわれ、漏水	b	A- I	
		⑨	漏水	s		
		⑩	ひびわれ、遊離石灰	s		
		⑪	豆板	s		
		⑫	遊離石灰、漏水	s		
		⑬	豆板	s		
		⑭	漏水	b	A- II	
		⑮	ひびわれ	s		
		⑯	漏水	s		

⑧



⑭

41

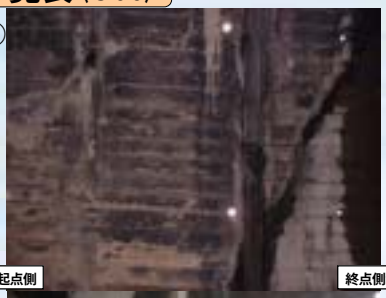
現地計測（近接目視調査）

◆調査結果（3）

点検結果一覧表（S06）

スパン 番号	スパン 判定	変状箇所番号	変 状	点検時の判定	調査時の判定 I	調査時の判定 II
S06	b	①	ひびわれ、漏水	s		
	A- I	②	ひびわれ、漏水	b	A- II	
	A- II	③	遊離石灰	s		
		④	ひびわれ、遊離石灰、漏水	s		
		⑤	ひびわれ	s		
		⑥	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A- I	
		⑦	ひびわれ、漏水	s		
		⑧	漏水	s		
		⑨	漏水、遊離石灰	b	B- II	

⑥



⑨

42

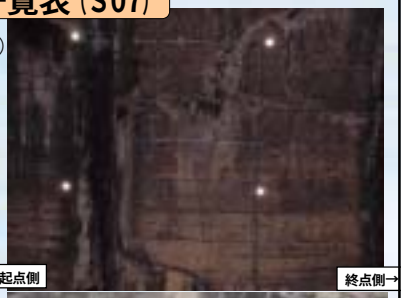
現地計測（近接目視調査）

◆調査結果（4）

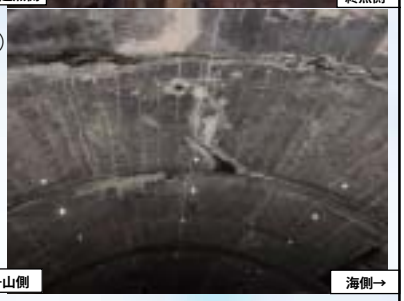
点検結果一覧表（S07）

スパン 番号	スパン 判定	変状箇所番号	変状	点検時の判定	調査時の判定 I	調査時の判定 II
S07	b	①	はく離、はく落、漏水	s		
	A-II	②	豆板	s		
	B-I	③	ひびわれ、遊離石灰	s		
		④	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑤	ひびわれ、遊離石灰	s		
		⑥	ひびわれ、遊離石灰	b	A-II	
		⑦	ひびわれ	b	A-II	
		⑧	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑨	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	B-I	
		⑩	ひびわれ、遊離石灰	s		
		⑪	漏水	s		
		⑫	ひびわれ、遊離石灰	s		
		⑬	ひびわれ、遊離石灰	b	A-II	
		⑭	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑮	遊離石灰	b	B-I	
		⑯	漏水	b	B-I	

⑥



⑬



43

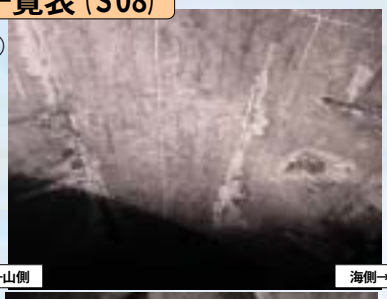
現地計測（近接目視調査）

◆調査結果（5）

点検結果一覧表（S08）

スパン 番号	スパン 判定	変状箇所番号	変状	点検時の判定	調査時の判定 I	調査時の判定 II
S08	b	①	はく離	s		
	A-II	②	はく落	s		
		③	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		④	豆板	s		
		⑤	ひびわれ、遊離石灰、漏水	s		
		⑥	ひびわれ、遊離石灰	b	A-II	
		⑦	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑧	ひびわれ、遊離石灰、漏水	s		
		⑨	遊離石灰	s		
		⑩	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑪	遊離石灰	s		
		⑫	はく離	s		
		⑬	段差、ひびわれ、遊離石灰	s		
		⑭	ひびわれ、遊離石灰、漏水	s		
		⑮	漏水	s		

⑥



⑩

44

現地計測（近接目視調査）

◆調査結果（6）

点検結果一覧表（S09）

スパン 番号	スパン 判定	変状箇所番号	変　状	点検時の判定	調査時の判定 I	調査時の判定 II
S09	b	①	豆板	s		
	A-II	②	漏水	s		
	B-I	③	はく落	s		
		④	豆板	s		
		⑤	はく落	s		
		⑥	遊離石灰	s		
		⑦	ひびわれ	s		
		⑧	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑨	ひびわれ、遊離石灰	b	B-I	
		⑩	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	B-I	
		⑪	ひびわれ、遊離石灰	b	B-I	
		⑫	ひびわれ、遊離石灰、漏水	b	A-II	
		⑬	ひびわれ	s		
		⑭	漏水	s		
		⑮	ひびわれ、漏水	s		
		⑯	豆板	s		
		⑰	漏水	s		

⑧

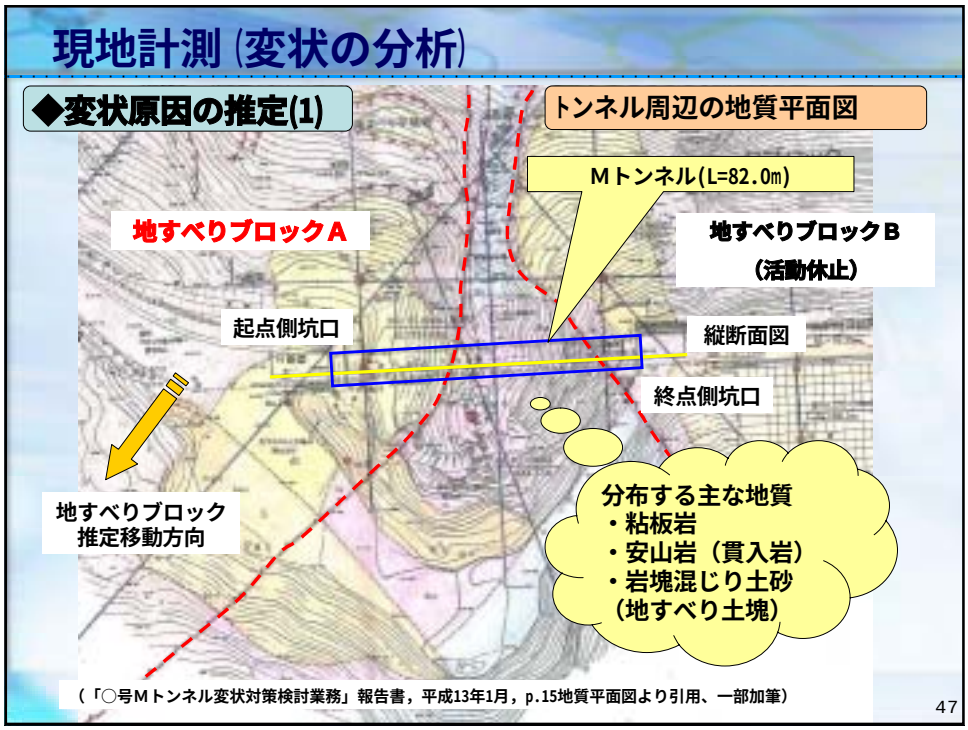
⑫

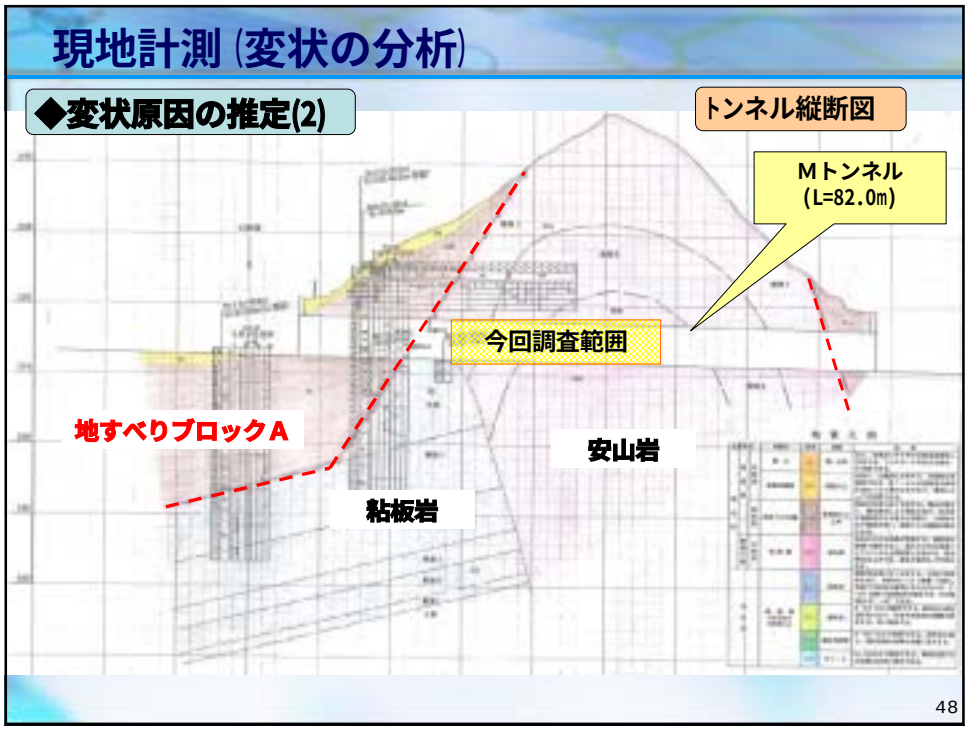
45

現地計測（変状の分析）

◆着目すべき主な変状状況

46


現地計測（変状の分析）
◆変状原因の推定(1)
トンネル周辺の地質平面図
Ｍトンネル(L=82.0m)
地すべりブロックＡ
地すべりブロックＢ
（活動休止）
起点側坑口
縦断面図
終点側坑口
地すべりブロック
推定移動方向
分布する主な地質
・粘板岩
・安山岩（貫入岩）
・岩塊混じり土砂
（地すべり土塊）
（「○号Ｍトンネル変状対策検討業務」報告書，平成13年1月，p.15地質平面図より引用、一部加筆）
47

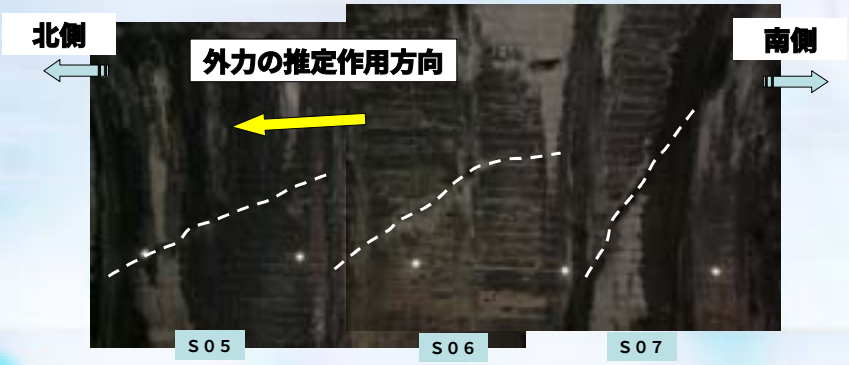

現地計測（変状の分析）
◆変状原因の推定(2)
トンネル縦断図
Ｍトンネル
(L=82.0m)
今回調査範囲
地すべりブロックＡ
安山岩
粘板岩
48

現地計測（変状の分析）

◆変状原因の推定(3)

①覆工アーチ肩部左側の斜め方向ひび割れ

・地すべり面近傍の影響ゾーンで、地すべりの動きに伴う外力の作用により発生したことが推定される。



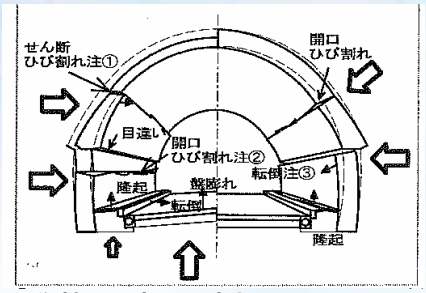
49

現地計測（変状の分析）

◆変状原因の推定(4)

②覆工アーチ部の左右対称のひび割れ

・覆工巻厚の不均一性やコールドジョイントを素因として、塑性圧や水圧の増加により開口ひび割れが発生したことが推定される。



塑性圧、水圧、凍上圧による代表的な変状形態模式図

（土木学会：「山岳トンネル覆工の現状と対策」トンネルライブラリー第12号、p.66より抜粋）

50

現地計測（変状の分析）

◆変状原因の推定(5)

③全線でのひび割れからの漏水

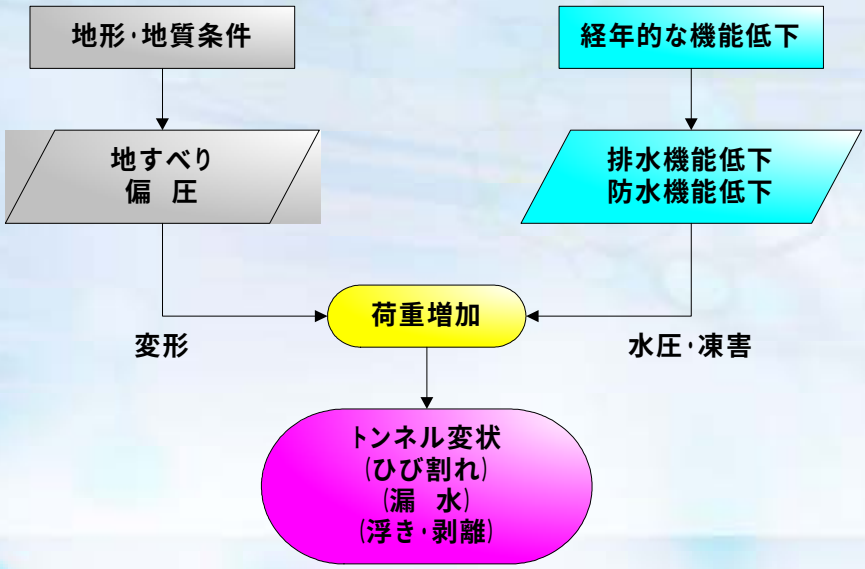
- 地すべり面が難透水層となり、背後の水位が上昇し水圧が増加
- 裏面排水材や導水工の目詰まりによる排水機能の低下
- ひび割れ発生による防水機能の低下

アーチから側壁にかけての漏水状況

51

現地計測（変状の分析）

◆変状のメカニズムについて



52

現地計測（画像取り込み計測）

◇高倍率ネットワークカメラ撮影

◇赤外線カメラ撮影

◇デジタル精密写真測量

◇レーザーカメラ撮影

◇画像取り込み計測のまとめ

53

現地計測（画像計測）

◆調査方針

画像計測は、近年のデジタル画像の発展に伴い汎用化した計測手法であり、近接目視調査と異なり足場や高所作業車を必要としないことが特徴である。

調査範囲は近接目視調査と同様であり、近接目視調査で捉えた坑内の変状を画像によってどこまで捉えることができるのか検証を行う。今回はひび割れに着目し、デジタルカメラ等を用いた計測を実施する。

◆調査フロー

資料収集・整理

↓

実施計画書作成

↓

現地点検調査
(坑内画像計測)

↓

カルテの作成
(損傷展開図作成含)

54

現地計測（画像取り込み計測）　高倍率ネットワークカメラ

◆システム構成

パソコンによる制御で、上下左右回転可能な高倍率ネットワークカメラを用いて、坑壁を撮影する。撮影状況はモニターでも確認する。

◆調査状況写真

投光器を２台使用し光量を確保

カメラが可動し壁面を撮影

55

現地計測（画像取り込み計測）　高倍率ネットワークカメラ

◆調査結果（1）

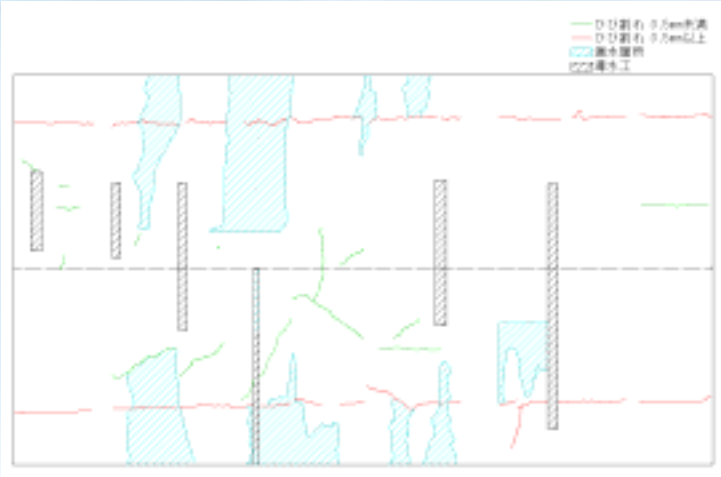
トンネル覆工展開画像

56

現地計測（画像取り込み計測）　高倍率ネットワークカメラ

◆調査結果（2）

トンネル覆工展開ひび割れ図



画像計測では近接目視と同等の検出精度を得られるものと判断

57

現地計測（画像取り込み計測）　赤外線カメラ計測

◆現場の作業状況

58

現地計測（画像取り込み計測）

赤外線カメラ計測

トンネル覆工壁面の亀裂や目地部より地下水漏出が見られる場合、**発生箇所での地下水の分布状況と帯水状況を把握する**ために、熱赤外線映像法による調査を行った。

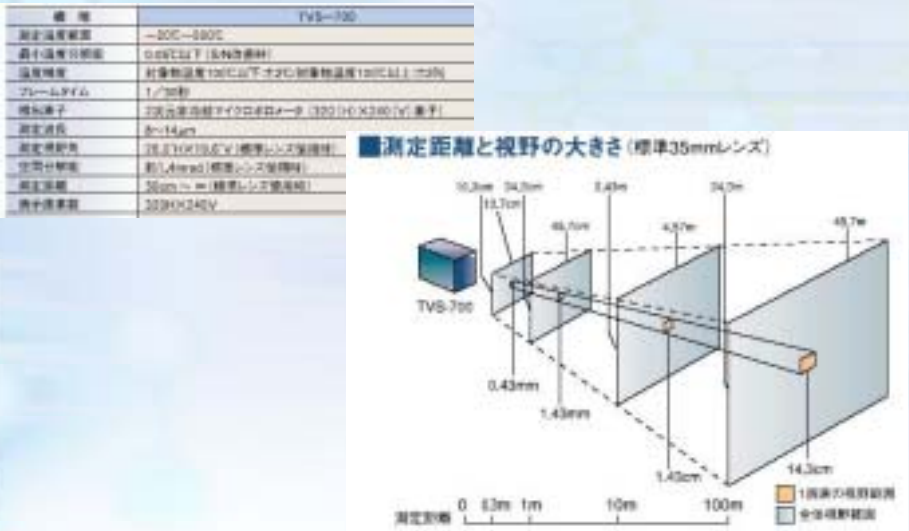
熱赤外線映像法とは、対象物を熱赤外線映像装置で撮影することにより表面の微妙な温度差から物体の性質や物体内部の状況について非接触非破壊で調査する手法である。熱赤外線映像装置は、物体の可視像を画像化するカメラと異なり物体の温度を面的に画像化することができる。

使用機器　：　熱赤外線映像装置
日本アビオニクス製　TVS-700
最小温度分解能：0.05℃

59

現地計測（画像取り込み計測）

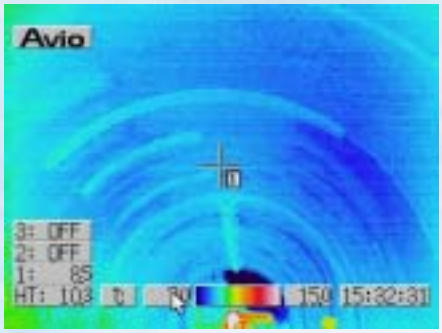
赤外線カメラ計測

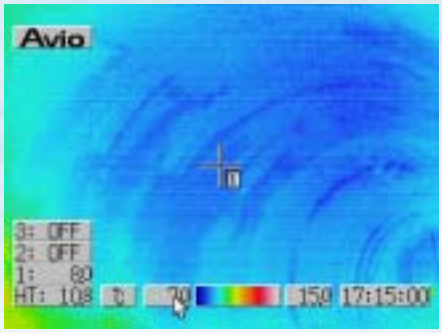


60

現地計測（画像取り込み計測）

赤外線カメラ計測





トンネル全景

20～30m付近

20～30m付近

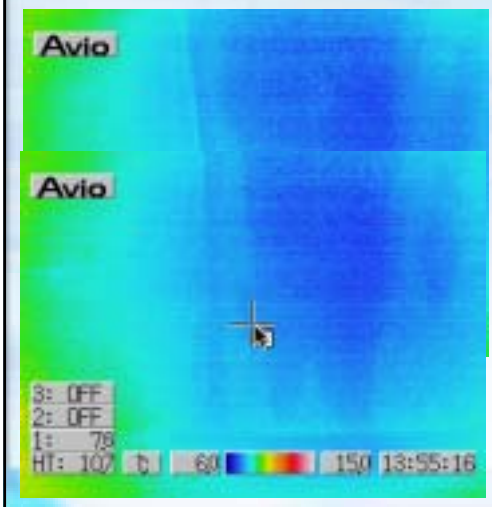
61

現地計測（画像取り込み計測）

赤外線カメラ計測

デジタル写真画像との比較　30～35m(海側)

赤外線カメラ画像



デジタルカメラ画像

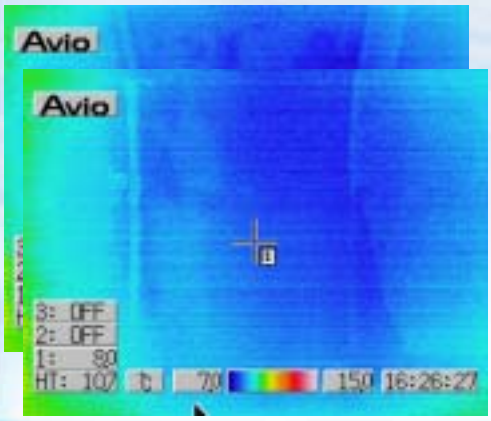
62

現地計測（画像取り込み計測）

赤外線カメラ計測

デジタル写真画像との比較　25～30m(山側)

赤外線カメラ画像



デジタルカメラ画像

63

現地計測（画像取り込み計測）

赤外線カメラ計測

赤外線カメラによる計測は、トンネル内に直接日射の影響を受けないため、漏水などによる健全部と劣化部の温度差が現れ、トンネル覆工の浮き・剥離、ひび割れなど劣化部の抽出に有用である。

64

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆ターゲット設置の状況

＊高所作業者、梯子などを使用する。

＊174点の設置が約3時間。

65

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆ターゲットの設置後全景

66

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆現場撮影写真

三脚などを必要としない適当な位置から撮影

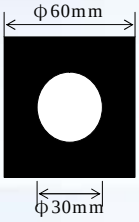
67

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆ 使 用 機 材

《 撮 影 機 材 》
カメラ：Nikon製　Ｄ１００
レンズ：Nikkor製　１８mm
スピードライト：Nikon製　SB-28
CCD
記録画素数：3,008(H)×2,000(V)
有効画素数：3,026(H)×2,018(V)
CCDサイズ　：　23.7mm(H)×15.6mm(V)
６１０万画素、　ピクセル=0.078 mm

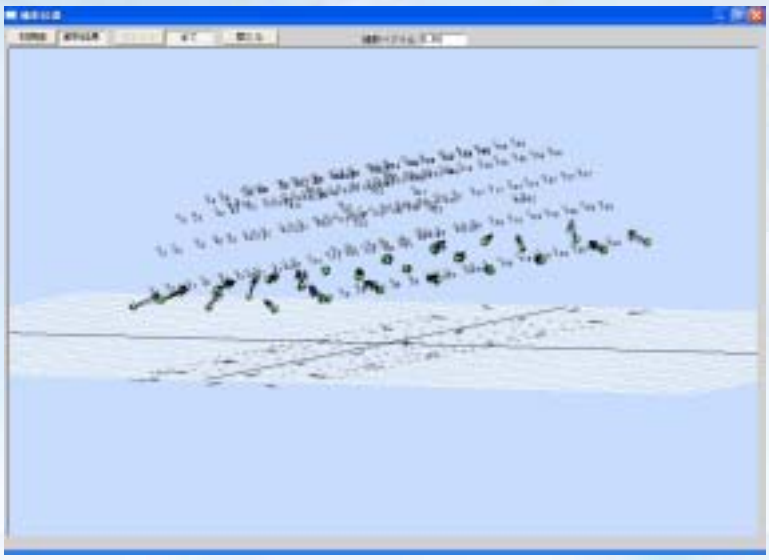
《ターゲット・基準尺》
60mm×60mm のL型反射ターゲット
1,000 mm の基準尺



68

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆ターゲットと撮影位置



69

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆現場条件と解析結果の精度

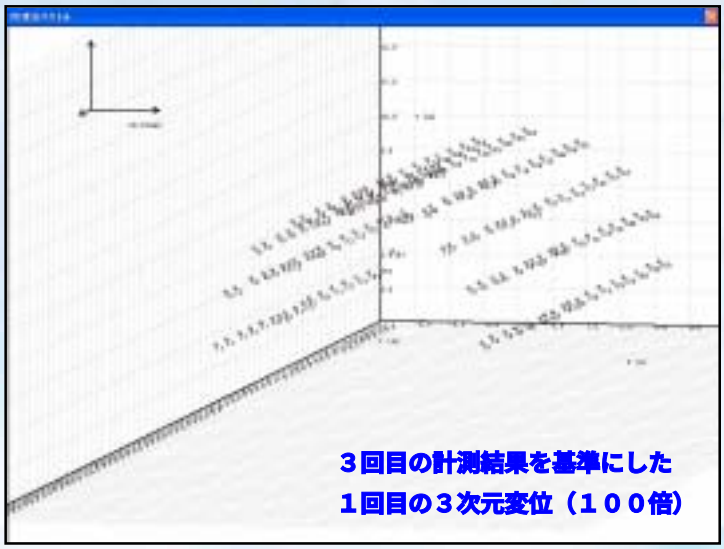
測定日	平成19年11月13日		
測定段階	1回目	2回目	3回目
ターゲット数（点）	174	174	174
写真枚数（枚）	159	160	163
焦点距離(mm)	18.565	18.568	18.567
撮影平均距離（m）	10	10	10
X軸の平均精度(mm)	0.6173	0.7414	0.5869
Y軸の平均精度(mm)	0.3056	0.3657	0.2898
Z軸の平均精度(mm)	1.8139	2.1805	1.7252
平均精度(mm)	1.1202	1.3464	1.0653

◆１日の３回計測で同様な内的精度が得られた。

70

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

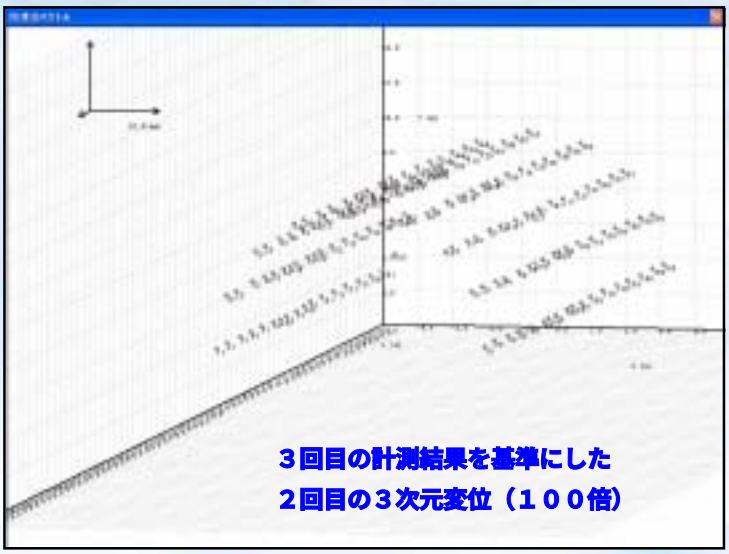
◆解析結果（1）



71

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

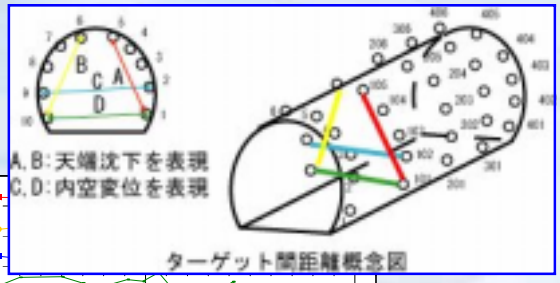
◆解析結果（2）

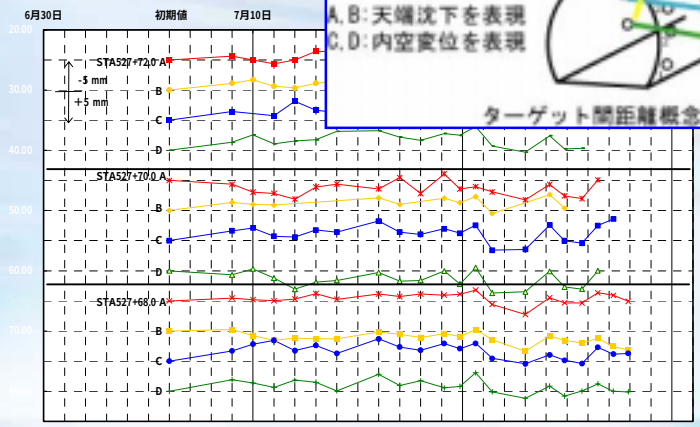


72

現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

◆ 解 析 結 果 利 用





現地計測（画像取り込み計測）　デジタル精密写真計測

［デジタル精密写真計測］

三次元座標を高精度、迅速、容易、経済的に
トンネルの予防保全、説明責任、ＬＣＭの最適化変状計測の高度化

［従来技術］

コンバージェンスメジャー
作業性（時間、安全性）
計測項目：ピン間の変位

トータルステーション
操作、取扱性、精度
計測項目：ターゲット間の変位

現地計測（画像取り込み計測）　レーザーカメラ計測

◆現場の作業状況

75

現地計測（画像取り込み計測）　レーザーカメラ計測

デジタル写真画像との比較 1.37(山側)

地上から約5m地点（砂埃が比較的多い場所）

デジタルカメラ画像

レーザー画像

汚れに隠れた部分がレーザー画像に写した可能性がある。

76

現地計測（画像取り込み計測）　画像取り込み計測のまとめ

◆画像計測の利点

近接目視 → 遠望目視

- デジタル機器の進歩により、画像計測による遠望目視が可能
- 足場・高所作業車が不要となるため、道路占有が不要
- 計測機器を車載化することで、短時間に広範囲の計測が可能

◆課題

- 見たままを評価するため、明暗に影響されやすい（漏水・浮きは検出困難）
  - ⇒　画像単体での計測ではなく、サーモグラフィ等との組合せが効果的
- 車載化計測はコストの問題から、調査・点検には使いにくい
- 他の画像計測との精度や使いやすさなどの比較が必要

安価な計測システムの開発が必要である

77

現地計測（ひびわれ計測）

◇ひび割れ計測のフロー

◇ひび割れ計測の種類

◇ひび割れ計測の新技術

◇ひび割れ計測の実施方法

78

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測のフロー

◆ひび割れ計測全体フロー

・計測技術調査技術一覧表

⇩

・計測技術調査選定フロー作成

⇩

・モデルトンネルにおける計測計画策定

⇩

・計測開始

画像系

センサ系

⇩

・計測結果より
⇒計測方法を評価・検討
⇒計測方法の見直し、高度化
⇒他グループとの連携、調整

既設トンネル
⇒着目する項目を抽出

・ひびわれ　（漏水　・変形）

【候補トンネル】 MT

新設トンネル
・当初より、計測着目点にセンサを設置
・施工時より完成時を考慮した計測仕様を検討

79

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測のフロー

◆ひび割れ計測フロー

第一ステップ ⇨ 近接目視、画像調査

⇩

ひびわれ箇所抽出、
ひびわれ着目箇所抽出　（10箇所程度）
⇒接触型センサ設置箇所の決定

⇩

第二ステップ ⇨ 接触型センサー設置、計測装置、計測小屋設置

⇩

第三ステップ ⇨ 計測　(H19/2～)

⇩

測定値変動

⇩

現地確認

異常なし

異常あり
（ひびわれ増など）

80

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の種類

◆ひび割れ計測の種類 (1)

ひび割れ挙動の把握

◇ひびわれ挙動を計測

幅の増加 ⇒
- ひずみゲージ
- Πゲージ

長さの増加 ⇒
- ひびわれ進行ゲージ

検証として ⇒ 内空断面計測、天端沈下計測
温度、地下水など

81

現地計測（ひびわれ計測）

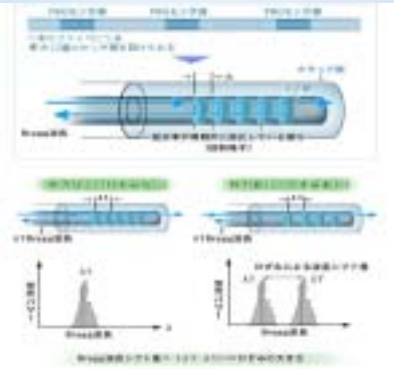
ひび割れ計測の種類

◆ひび割れ計測の種類 (2)

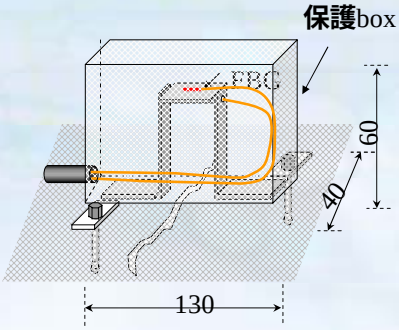
光ファイバ方式

【FBGセンサ】

ひびわれを挟んで
直貼り



【FBG式ひびわれ変位計】



仕　様	
測定範囲	±5mm
分解能	0.01mm
精　度	0.1mm
本体寸法	130×40×60
材　質	ステンレス スティール
ケーブル径	6 mm
許容温度範囲	−10℃～60℃

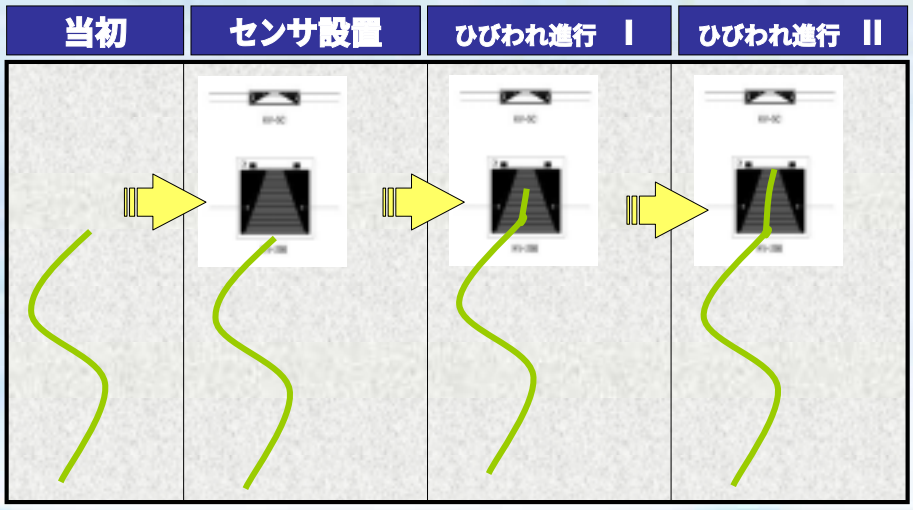
82

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の種類

◆ひび割れ計測の種類 (3)

ひびわれ進行ゲージ



83

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の新技術

◆ひび割れ計測の新技術 (1)

従来

トンネル内あるいは近傍に計測装置を設置

・計測ハウスが必要

・電源が必要

新技術

○シーケンサ

○光ファイバ遠隔モニタリング

○無線センサ

84

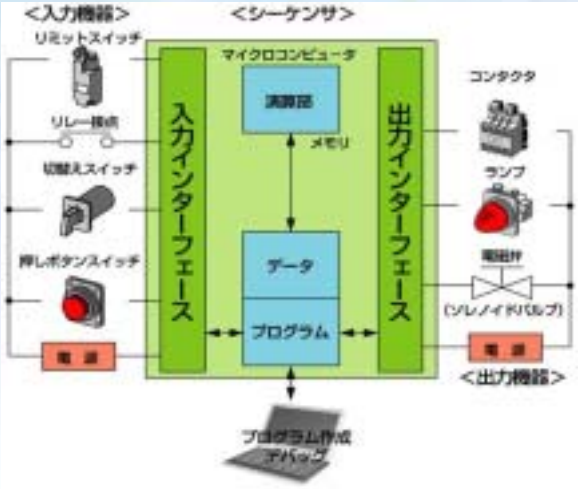
現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の新技術

◆ひび割れ計測の新技術（2）

シーケンサ

シーケンサ
とは？



＊三菱電機　HPより

85

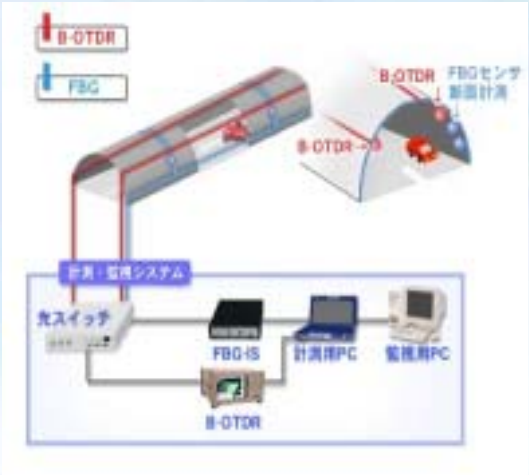
現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の新技術

◆ひび割れ計測の新技術（3）

光ファイバ遠隔モニタリング

○光ファイバ遠隔モニタリングの概要



86

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の新技術

ー光ファイバ計測による遠隔広域道路トンネル監視ー

87

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の新技術

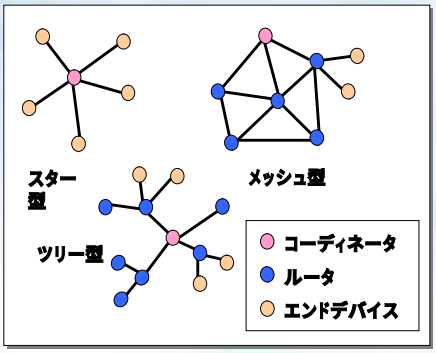
◆ひび割れ計測の新技術（4）

無線センサー

◆無線センサ　？

◆センサーネットワークとは？

数多くのセンサーを相互に接続したネットワークのこと



ZigBeeのネットワークトポロジー

88

現地計測（ひびわれ計測）

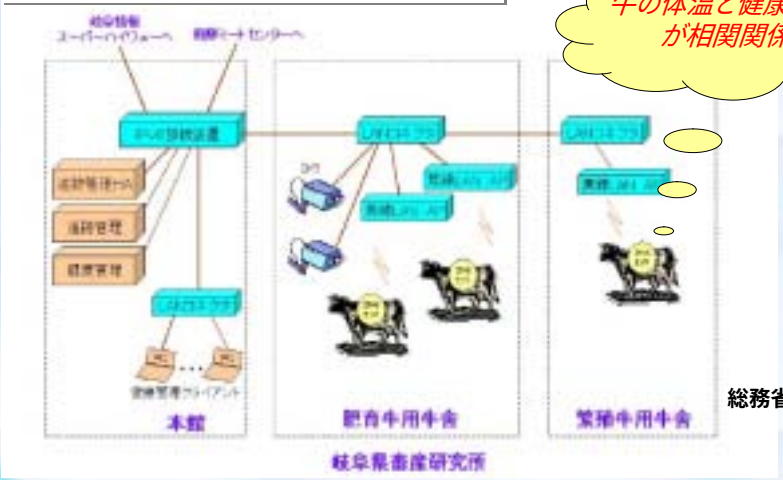
ひび割れ計測の新技術

◆無線センサ＆センサーネットワーク利用の具体例

⇒肉牛遠隔監視システム（平成14年度：岐阜県）

肉用牛に温度センサーを取り付け、遠隔にて監視を行い、牛の健康状態のモニタリングを実施した

牛の体温と健康状態が相関関係



総務省HPより

89

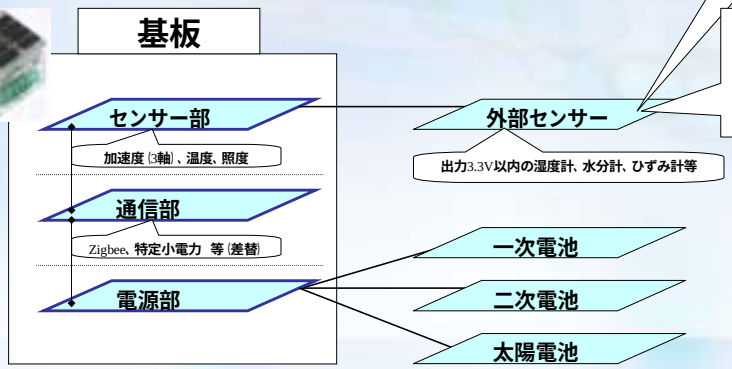
現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の新技術

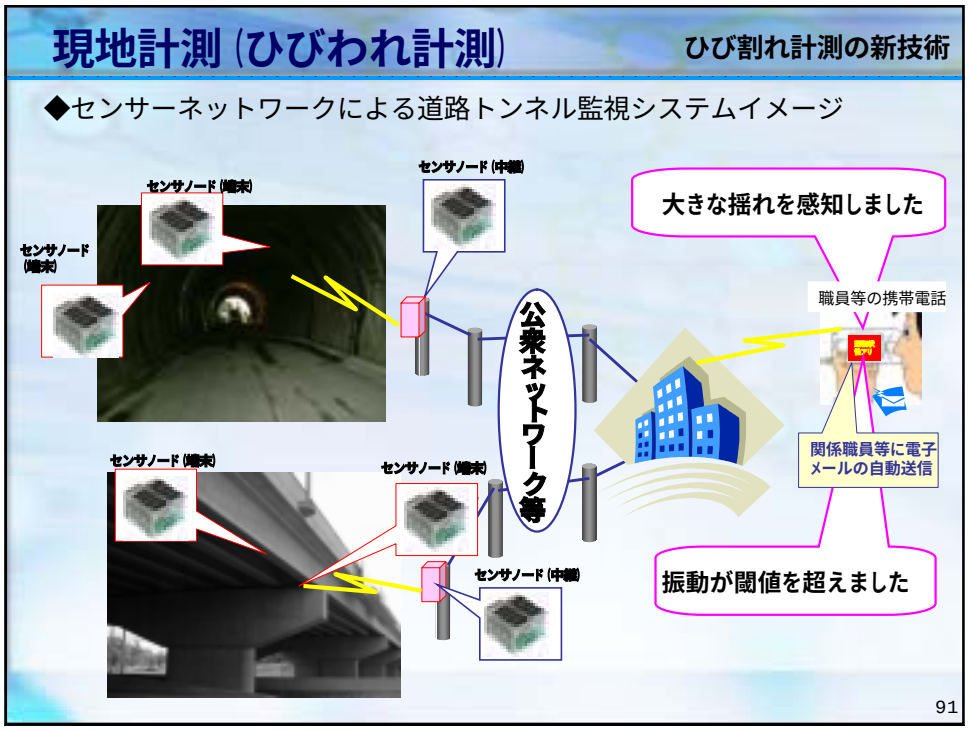
◆無線センサ

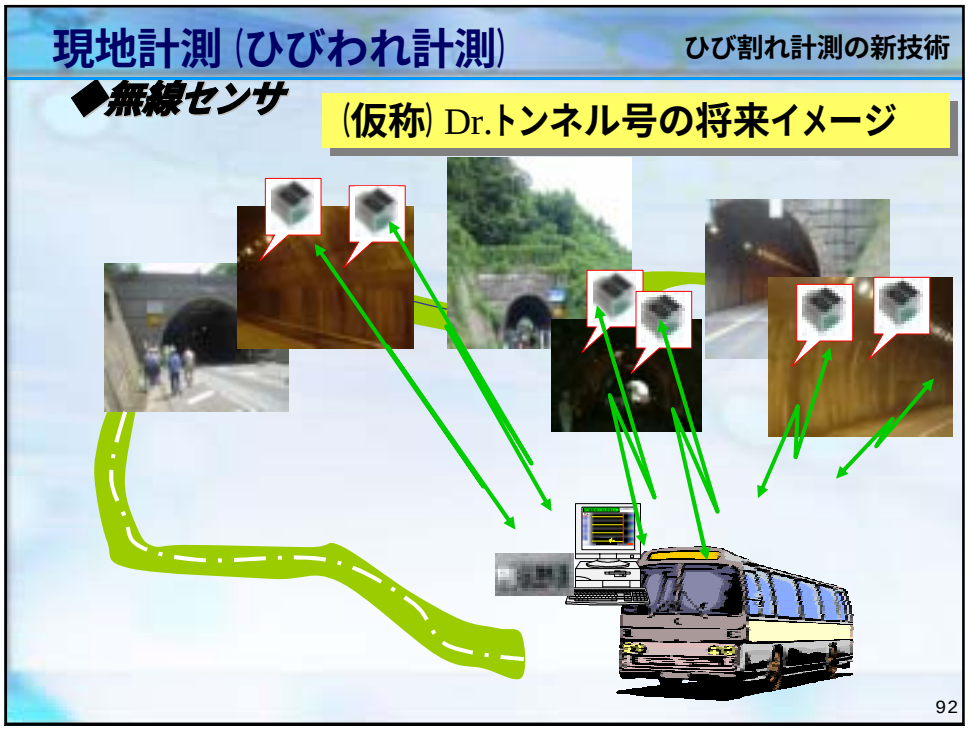
■適用条件に合わせてカスタマイズが可能

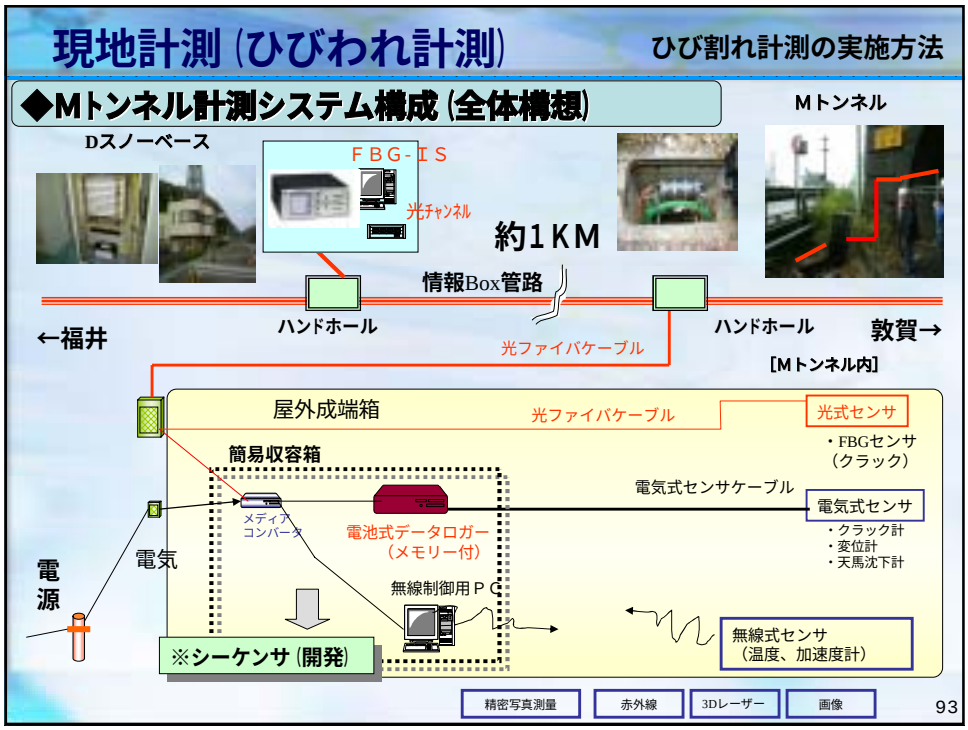
より幅広い適応を目的として、センサー部、通信部、電源部においてカスタマイズが可能

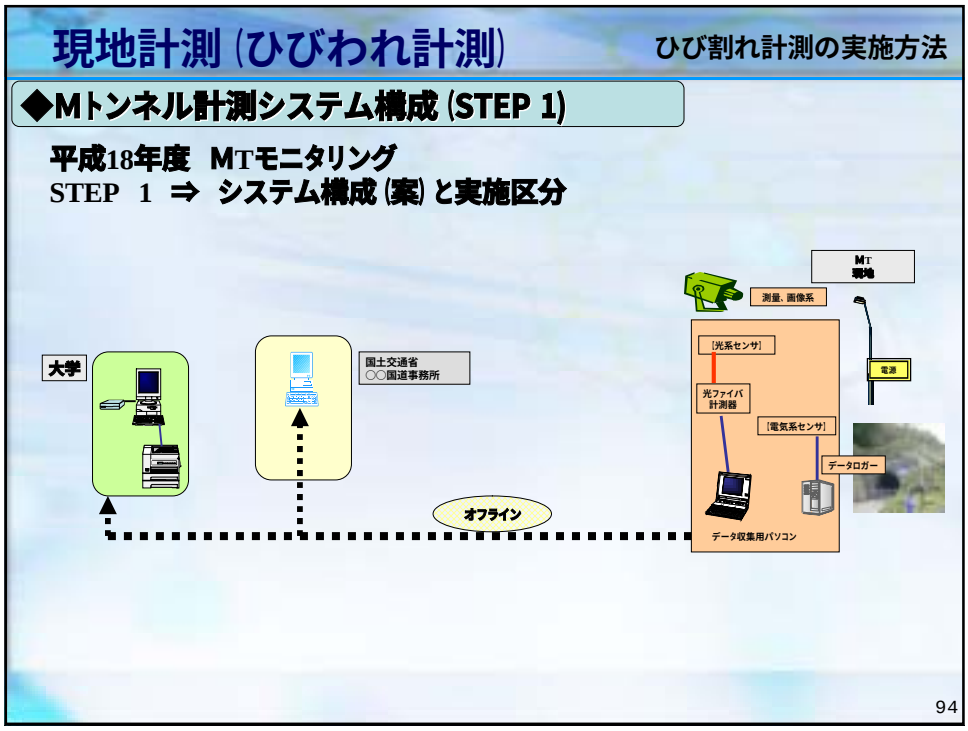


90


現地計測（ひびわれ計測）
ひび割れ計測の新技術
◆センサーネットワークによる道路トンネル監視システムイメージ
センサノード（端末）
センサノード（中継）
センサノード（端末）
センサノード（端末）
センサノード（端末）
センサノード（中継）
公衆ネットワーク等
大きな揺れを感知しました
職員等の携帯電話
関係職員等に電子メールの自動送信
振動が閾値を超えました
91


現地計測（ひびわれ計測）
ひび割れ計測の新技術
◆無線センサ
（仮称）Dr.トンネル号の将来イメージ
92


現地計測（ひびわれ計測）
ひび割れ計測の実施方法
◆Mトンネル計測システム構成（全体構想）
Mトンネル
Dスノーベース
ＦＢＧ-ＩＳ
光チャンネル
約１ＫＭ
情報Box管路
ハンドホール
ハンドホール
←福井
敦賀→
光ファイバケーブル
[Mトンネル内]
屋外成端箱
光ファイバケーブル
光式センサ
・FBGセンサ
（クラック）
簡易収容箱
電気式センサケーブル
電気式センサ
・クラック計
・変位計
・天馬沈下計
メディア
コンバータ
電池式データロガー
（メモリー付）
電気
電源
無線制御用ＰＣ
無線式センサ
（温度、加速度計）
※シーケンサ（開発）
精密写真測量
赤外線
3Dレーザー
画像
93

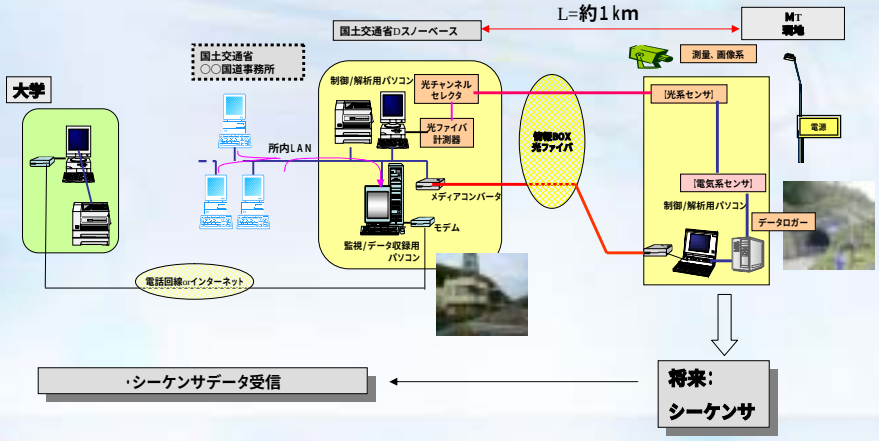

現地計測（ひびわれ計測）
ひび割れ計測の実施方法
◆Mトンネル計測システム構成（STEP 1）
平成18年度　MTモニタリング
STEP　1　⇒　システム構成（案）と実施区分
大学
国土交通省
○○国道事務所
オフライン
MT
現地
測量、画像系
[光系センサ]
光ファイバ
計測器
[電気系センサ]
データロガー
電源
データ収集用パソコン
94

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の実施方法

◆Mトンネル計測システム構成(STEP 2)

平成18年度　MTモニタリング
STEP　2　⇒　システム構成（案）と実施区分



95

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の実施方法

◆光ファイバセンサ設置計画ルート

Mトンネル　南側坑口

96

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の実施方法

◆光ファイバセンサ設置計画ルート

Mトンネル　北側坑口

97

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の実施方法

◆Dスノーベース（計測箇所から約1km）

光ファイバ　成端箱

FBG測定器　設置予定場所

98

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の実施方法

◆Mトンネル計測使用機器一覧

基本項目		項目		方式	センサ数	その他
		環境	温度	電気式	2箇所	
				（加速度計に付属）無線式	2箇所	
	既設		温度計		4箇所	継ぎ目計に付属

計測項目		センサ名	方式	センサ数	その他
		加速度計	無線センサ	2箇所	
		断面変位計	電気式	1箇所	
		天端沈下計	電気式	1箇所	
		ひびわれ幅(亀裂)	電気式	5箇所×1断面＝5箇所	
		変位計	光式	5箇所×2断面＝10箇所	
		ひびわれ進行ゲージ	電気式	5箇所×1断面＝5箇所	
	既設	水位計	自記録計(SDL水位計)	1箇所	
		孔内傾斜計	（手動式）	地すべり観測　7孔	
		孔内傾斜計	（埋設型）	地すべり観測　2箇所	2孔各1深度
		継ぎ目計	電気式	4箇所	1時間毎データ収録
		クラックゲージ	読み取り式	4箇所	

99

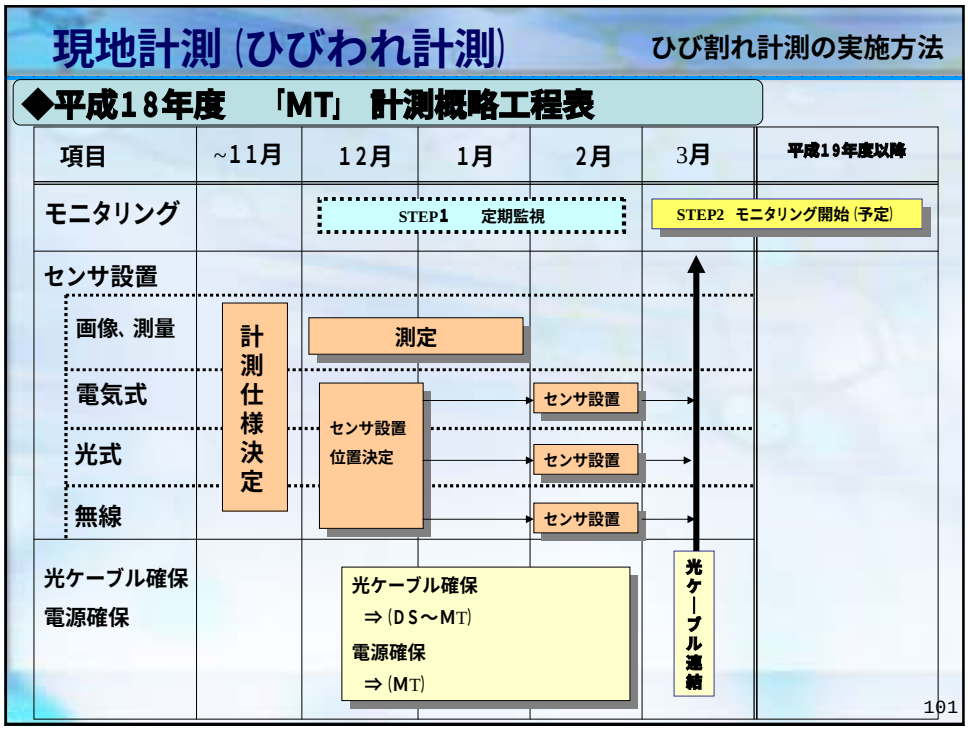
現地計測（ひびわれ計測）

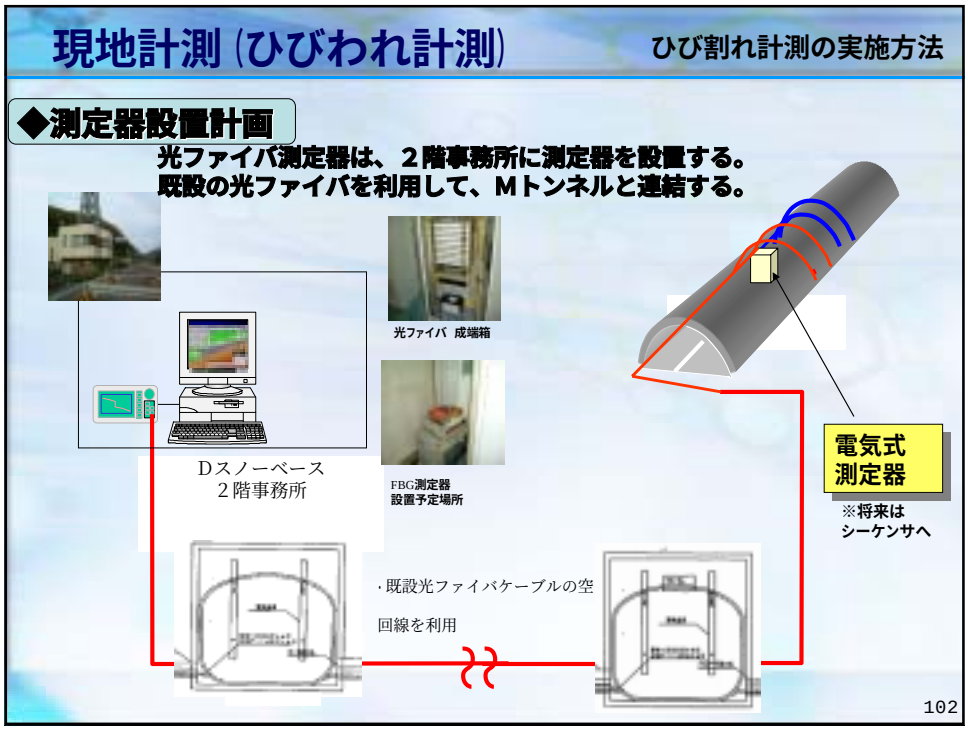
ひび割れ計測の実施方法

◆Mトンネル計測機器開発項目一覧

開発項目	項目	方式	その他
	データ収録	シーケンサ	
	データ無線伝送	マルチホップ等	ひびわれゲージ ＋ 無線通信

100


現地計測（ひびわれ計測）
ひび割れ計測の実施方法
◆平成１８年度　「MT」 計測概略工程表
項目
~11月
12月
1月
2月
3月
平成19年度以降
モニタリング
STEP1　定期監視
STEP2　モニタリング開始（予定）
センサ設置
画像、測量
電気式
光式
無線
計測仕様決定
測定
センサ設置位置決定
センサ設置
光ケーブル確保
電源確保
光ケーブル確保
⇒（DS～MT）
電源確保
⇒（MT）
光ケーブル連結
101


現地計測（ひびわれ計測）
ひび割れ計測の実施方法
◆測定器設置計画
光ファイバ測定器は、２階事務所に測定器を設置する。
既設の光ファイバを利用して、Ｍトンネルと連結する。
光ファイバ　成端箱
Dスノーベース
２階事務所
FBG測定器
設置予定場所
電気式
測定器
※将来は
シーケンサへ
・既設光ファイバケーブルの空
回線を利用
102

現地計測（ひびわれ計測）

ひび割れ計測の実施方法

◆トンネル内センサー設置計画 (1)

トンネル内損傷状況

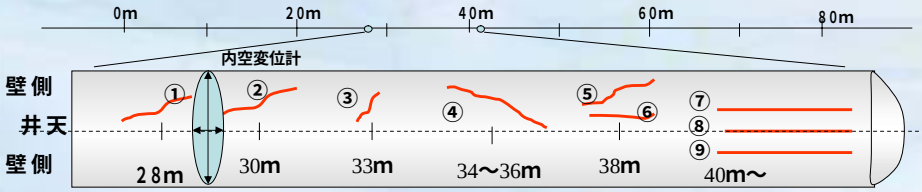
103

現地計測（ひびわれ計測）

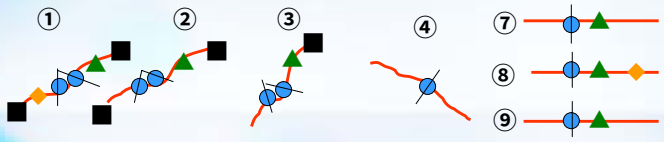
ひび割れ計測の実施方法

◆トンネル内センサー設置計画 (2)

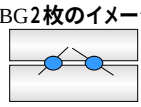
センサー設置位置



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	他	
FBG	2	2	2	1			1	1	1		
クラックゲージ	1	1	1				1	1	1		
ひびわれ進行ゲージ	2	2	1								
NWセンサ	1							1			
変位計	1										



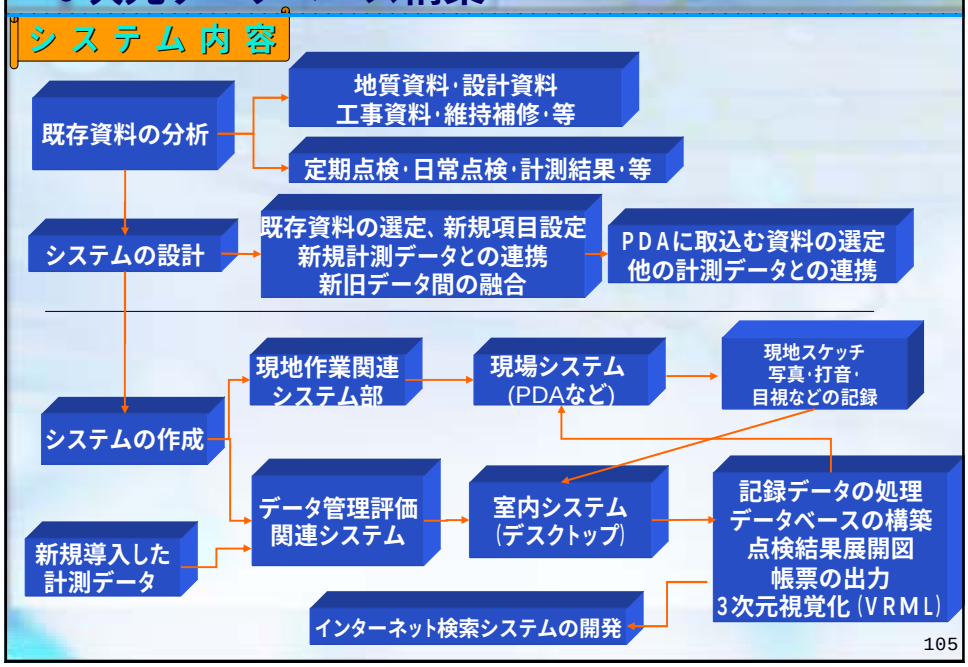
FBG2枚のイメージ



圧縮+圧縮、引張+引張、圧縮+引張　というように2枚のFBGのひずみ量から変位ベクトルの算出が可能となる

4

3次元データベース構築



105

3次元データベース構築

➢目的及び機能

- 目的：トンネル健全性評価の
  データ管理システム
- システムの特徴：

1.既存資料の閲覧・・・・・・・・・・・トンネル設計図表･点検結果及び補修記録の閲覧。

2.現地での点検記録・・・・・・・・・スケッチの作成･打音検査の記入･評価点の記入等。

3.点検結果の3次元可視化・・・PDAなど携帯PCへ転送し、現場で確認しながら点検を行う。
現地点検データの記入等。

4.点検結果の総合評価。

5.帳票の出力

106

3次元データベース構築

➢システムの特徴

①トンネル坑口や周辺の地形を入力し、地形や坑口構造物とトンネル管理の連携をしやすくする。

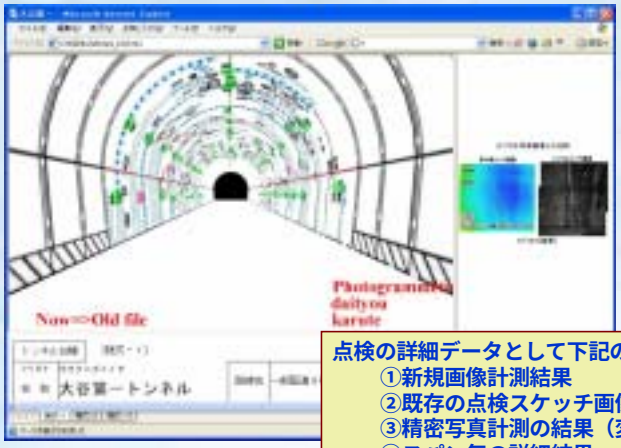
③写真、スケッチなどのデータを階層化して、表示して3次元の中を歩いてアクセスする。

②トンネルに関わる断層などの地質構造を入力し、健全性に関わる判定を補助できるようにする。

107

3次元データベース構築

平成１７年１２月１３日の最新点検結果



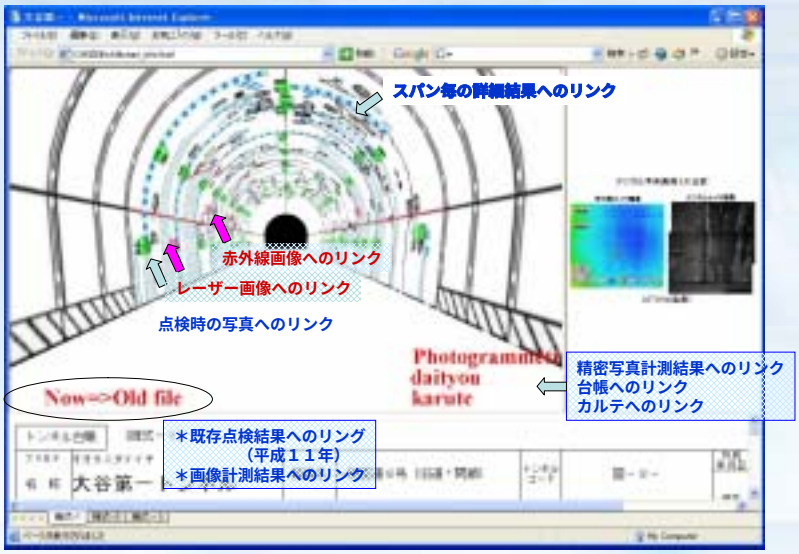
点検の詳細データとして下記のリンク機能がある。

①新規画像計測結果
②既存の点検スケッチ画像（平成１１年の展開図）
③精密写真計測の結果（変位ベクトル）
④スパン毎の詳細結果
⑤点検時の写真
⑥赤外線画像計測の結果
⑦レーザー画像計測の結果
⑧台帳・カルテなどの既存資料

108

3次元データベース構築

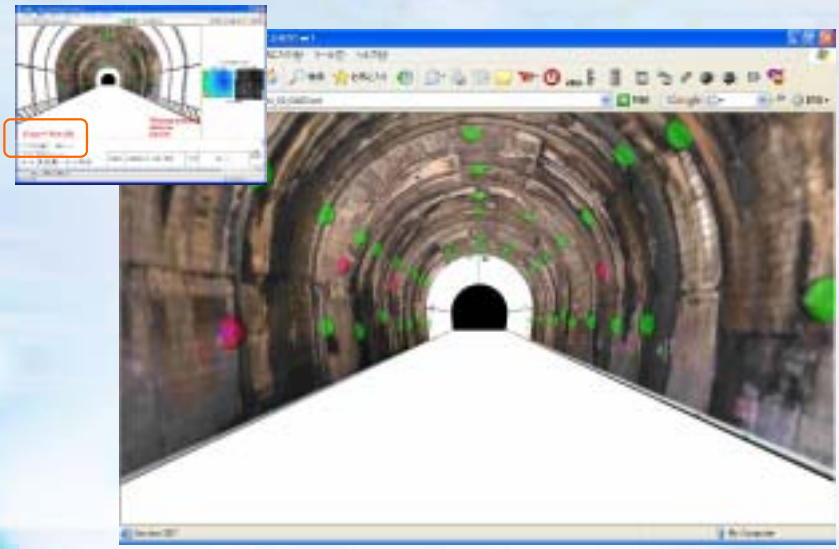
平成１７年１２月１３日の最新点検結果



109

3次元データベース構築

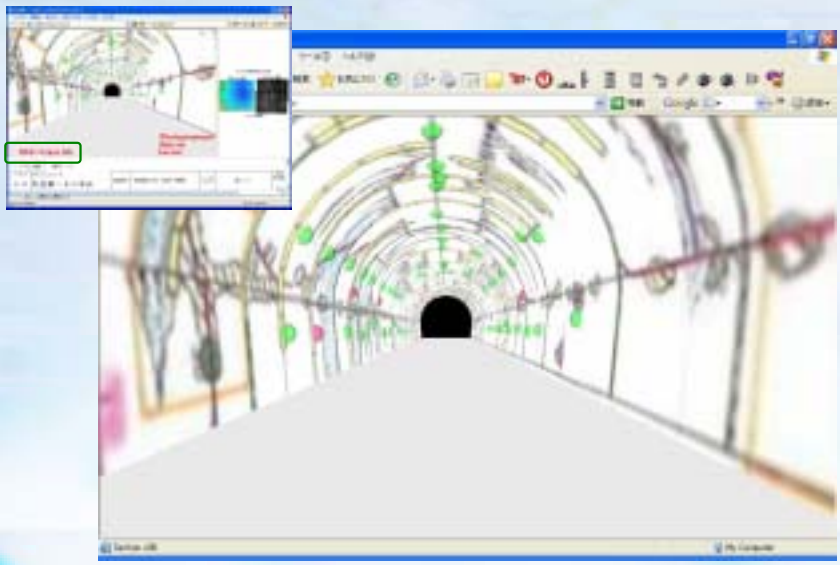
新規画像計測結果



110

3次元データベース構築

既存の点検スケッチ画像（平成１１年の展開図）



111

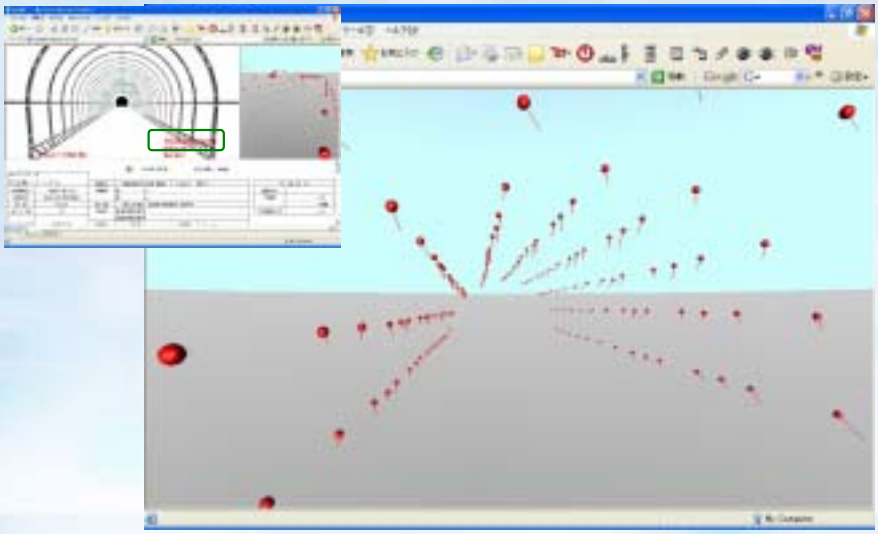
3次元データベース構築

新点検結果の比較

112

3次元データベース構築

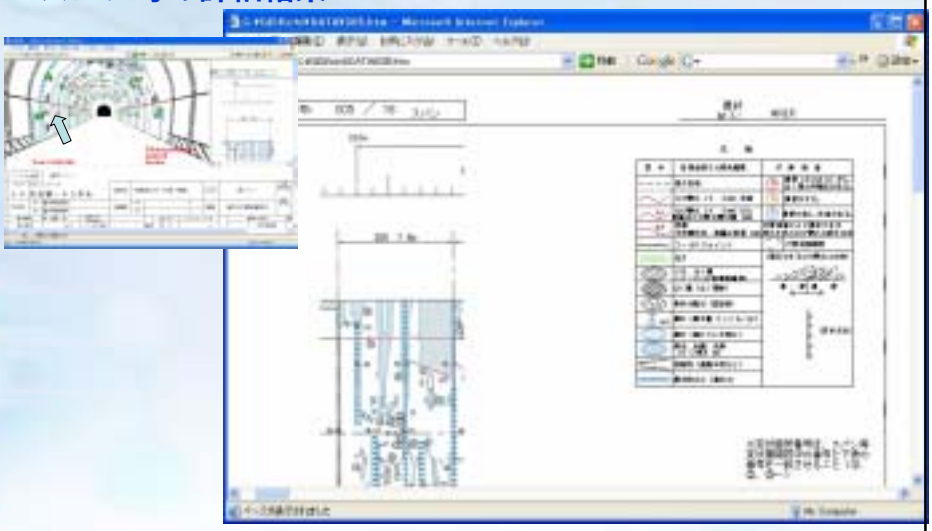
精密写真計測の結果（変位ベクトル）



113

3次元データベース構築

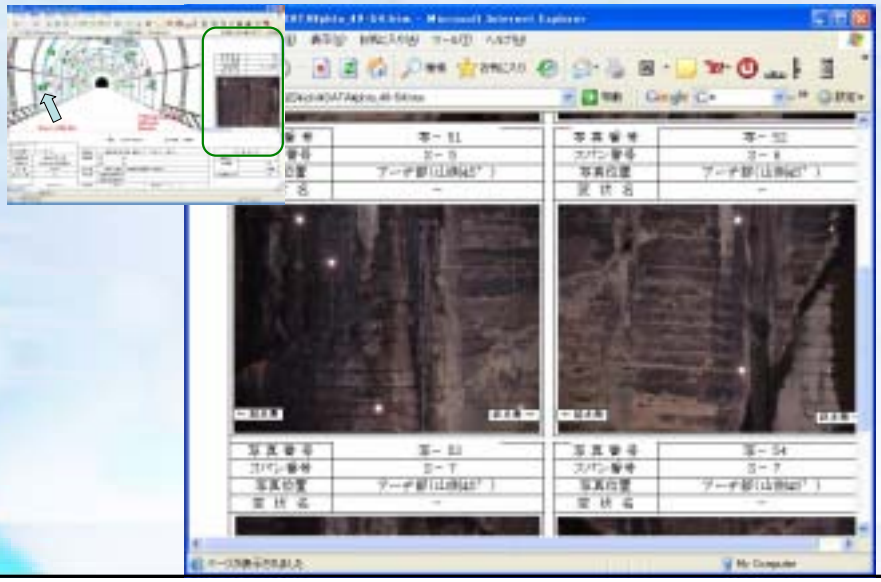
スパン毎の詳細結果



114

3次元データベース構築

点 検 時 の 写 真



115

3次元データベース構築

赤外線画像計測の結果

116

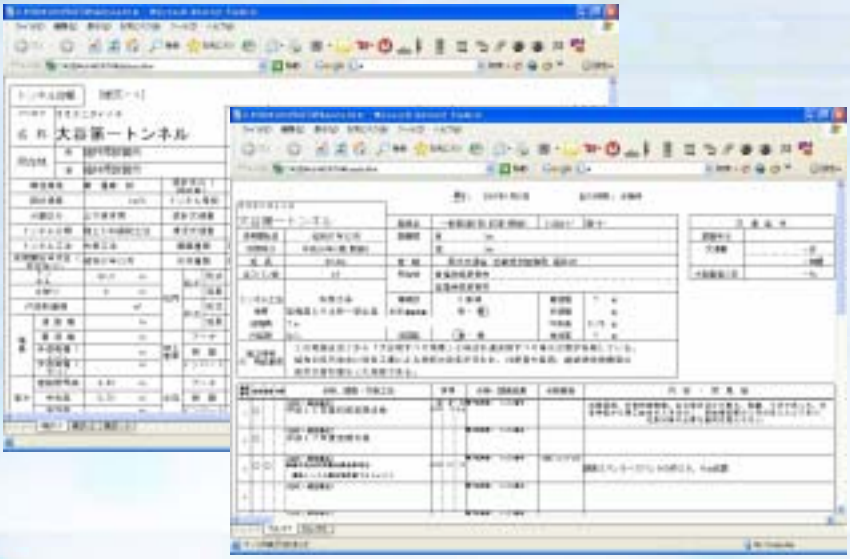
3次元データベース構築

レーザー画像計測の結果

117

3次元データベース構築

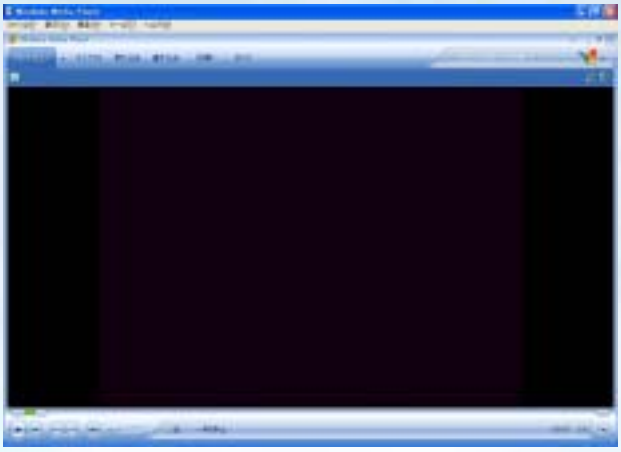
台帳・カルテなどの既存資料



118

3次元データベース構築

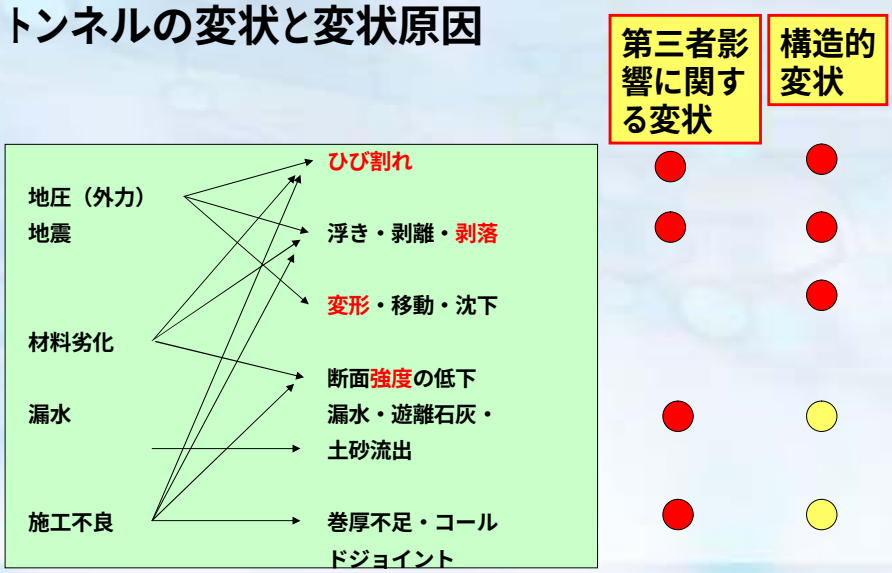
トンネル健全性の履歴可視化の開発



119

データマネジメント（変状原因）

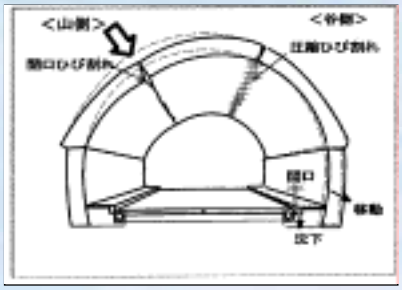
トンネルの変状と変状原因



120

データマネジメント（変状原因に応じた対応）

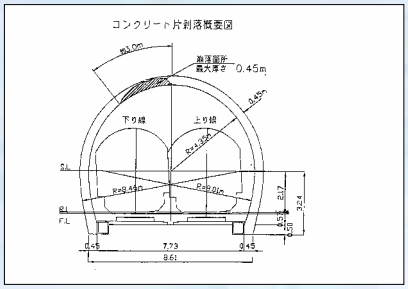
構造的な変状



モニタリング可能
予測可能
事前に変形を伴う

計測技術の活用

第三者影響に関する変状



モニタリング困難
予測困難
突然変状発生

画像処理技術の活用

121

データマネジメント（維持管理の基本的な考え方）

(1)　トンネル点検のミニマムメンテナンス
- **遠望目視、近接目視・打音、点検不要をスパンごとに使い分ける。**
- **点検結果に応じて、柔軟な頻度設定を行う。**

(2)　サービスレベルに応じた管理
- 交通量，緊急輸送道路，損傷進行度，都市・山間部など

(3)　**構造的変状と第三者影響に分けて考える**

(4)　覆工の剥落、漏水などの利用者への影響回避を優先的に扱う。
- **変状発生の高い目地，天端周辺に着目。**
- **ひび割れに着目し，早期検知。**

(5)　維持管理計画に活用できる簡便な健全度評価基準を導入する。
- **点検シート活用により、簡単に健全度評価を行う。**

122

データマネジメント（予防管理型点検法）

- 事後対策
  日常的に点検実施せず
  変状が発生してから事後対策（かつてのトンネル維持管理）
- 予防保全
  変状が発生する前に早めの対策で予防する
  （明らかに変状の進行が認められる場合，簡易な手法）
  （トンネルの目地部剥落防止などの事前対応）
- 予防管理
  変状を点検・管理しながら，壊れる前に対策を行う

123

データマネジメント（健全性評価法）

トンネル構造物の望ましい健全性評価法

- 性能照査型評価法
  性能と評価法が不整合となっている
  要求性能，評価指標，評価手法が整合していること
  点検，モニタリングと一致
- 性能低下予測
  非モデル：残存耐用年数，確定的決定法
  モデル化：不確実性を考慮した確率モデル
- 簡便型性能評価法
  問題のある変状は事前対策（低コスト，応急処置）
  簡便型点検法を受けた，評価のルール化
  簡易な指標，判定ルール → 最悪の事態は避ける
  予防保全 → 予防管理という概念の導入

124

データマネジメント（性能照査型評価法）

要求性能	性能評価指標	照査手法	
		数値評価	ﾚｲﾃｨﾝｸﾞ
構造安定性能	内空変位，覆工耐力，鋼材腐食，ひび割れ，目違い，目地欠け等	数値評価 基準による判定 ⇨	5 段階評価
安全性能	ｺﾝｸﾘｰﾄ片落下，耐火性		5 段階評価
耐久性能	防食，防水，塩害，中性化	数値評価 ⇨	5 段階評価
使用性能	走行性，剥落，漏水		5 段階評価
環境影響	地下水，地表面，近接物		5 段階評価

↓

部材毎，各性能の判定（5 段階評価）
↓
重み付けによる統合（連続量 100 点満点）
↓
トータル性能インデックス

125

データマネジメント　（簡便型性能評価法）

- 簡易点検シートによる評価
- 問題のある変状は事前対策
  （低コスト，1回目点検時：応急処置）
- 簡便型点検法を受けた評価のルール化
  評価項目を限定したレイティング
- 簡易な指標，判定ルール
  → 最悪の事態は避ける

126

データマネジメント（トンネル点検および健全度評価方法）

(1)諸元

トンネル名		延長(m)		路線名		スパン数	
完成年次							
覆工厚		空洞厚		コンクリート強度		曲山	

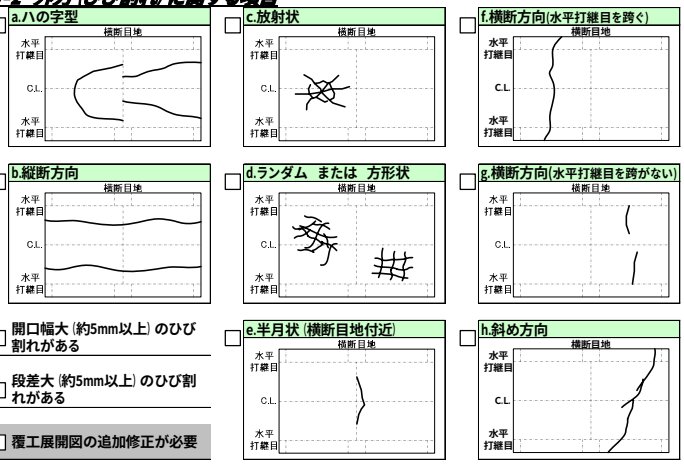
(2)点検結果

(2)-1

スパンNO.		坑口からの距離	m～ m	前回判定

(2)-2 外力（ひび割れ）に関する項目

- ☐ a.ハの字型
- ☐ b.縦断方向
- ☐ c.放射状
- ☐ d.ランダム　または　方形状
- ☐ e.半月状（横断目地付近）
- ☐ f.横断方向(水平打継目を跨ぐ)
- ☐ g.横断方向(水平打継目を跨がない)
- ☐ h.斜め方向



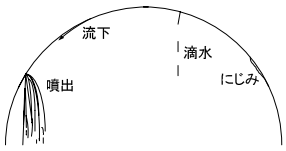
- ☐ 開口幅大（約5mm以上）のひび割れがある
- ☐ 段差大（約5mm以上）のひび割れがある
- ☐ 覆工展開図の追加修正が必要

127

データマネジメント　（トンネル点検および健全度評価方法）

(2)-3 漏水に関する項目

- ☐ 噴出している
- ☐ 流下している
- ☐ 滴水している
- ☐ にじみがある
- ☐ （　　）



(2)-4 材質劣化に関する項目

- ☐ 覆工に穴が開いている
- ☐ 目地が角欠けしている
- ☐ ジャンカがある
- ☐ 断面欠損している
- ☐ 打音異常箇所（薄く剥がれそうな音）がある
- ☐ 打音異常箇所（にぶい音）がある

(2)-5 路面舗装・歩道に関する項目

- ☐ ひび割れがある
- ☐ 水溜りがある
- ☐ 穴がある
- ☐ 走行性が悪い
- ☐ 縁石が破損、または傾いている
- ☐ （　　）

(2)-6 長寿命対策工に関する項目

- ☐ 破損しているが問題ない
- ☐ 破損しており機能を果たしていない、再設置が必要
- ☐ 破損しており落下するなど交通に支障があり撤去する必要がある（再設置は不要）
- ☐ （　　）

(2)-7 付属物に関する項目

即交換	要調査	
☐	☐	電気設備（照明、ケーブル）に異常がある
☐	☐	機械設備（ジェットファン）に異常がある
☐	☐	非常用設備、標識に異常がある
☐	☐	排水施設に異常がある

(2)-8 所見・コメント

点検年月日　　／　／　　点検者（　　）

128

データマネジメント　(健全度ランク表)

健全度	THI値 暫定	対策 余寿命	状態・定義	対応	
				曲山	その他
1	20 未満	１年 以内	直ちになんらかの対策を必要とするもの	調査設計を行い，対策を実施	
2	20～ 40	３年 以内	早急に対策を必要とするもの		
3	40～ 60	１０年 以内	重点的に監視をし，計画的に対策を必要とするもの	調査監視 計測実施	定期 点検 対応
4	60～ 80	６０年 以内	将来対策を必要とすると考えられるもの	定期点検 対応	
5	80 以上	∞	影響はないと考えられるもの		

129

データマネジメント　(サービスレベルに応じた維持管理法)

日常点検
定期点検
標準調査
モニタリング

サービスレベル３区分
交通量，劣化進行度
都市･山間部
重要路線
緊急輸送道路
ネットワーク

点検データベース
変状原因の推定

点結果の定量化
健全度（性能）評価

第３者影響　＝剥落，漏水
構造的変状　＝外力

劣化（性能低下）予測
LCC最適化

対策工等実施の意思決定

		交通量中，（国交省			市部，ワーク
分類	変状	第３者影響			造的変状
日常点検	（監視ﾎﾞｲﾝﾄ）	日常の巡回			日の巡回
定期点検	実施 に監視ﾎﾞｲﾝﾄ 実施	2～5年に1回			年に1回 ｽｷｬﾝ実施 2年以内）
標準調査		応急処置			実施
ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ		定期点検で判定			ひび割れ進 造耐力判定の 計測
点検DB	記入，基DB，2回目以	検要領の記録ｼｰﾄに 記入，電子データDB 体系表	点検要領の記録ｼｰﾄに	壁面画像+ＧＩＳ	壁面画像+ＧＩＳ
変状原因		専門技術者			
点検定量化 健全度評価		イティング 連続データ変換	+連続データ変換	+連続データ変換	→連続データ化
劣化予測		タに基づ 年数等に 的に予測	上記連続データ+簡易計測データに基づき，残存耐用年数等による確定論的に予測	上記連続データに基づき，不確実性を考慮した確率論的に健全度低下予測	同左 + ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞﾃﾞｰﾀに基づき，時間依存性を考慮した構造解析的に予測
LCC最適化		実施	実施	実施	実施
対策工等の意思決定		LCC最適化により，点検頻度，対策工実施時期（対策工は想定）を選定，計画的投資を意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工種別・実施時期を選定，計画的投資を意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工種別・実施時期を選定，計画的投資を意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工種別・実施時期選定，計画的投資を意思決定

データマネジメント　（サービスレベル　低位）

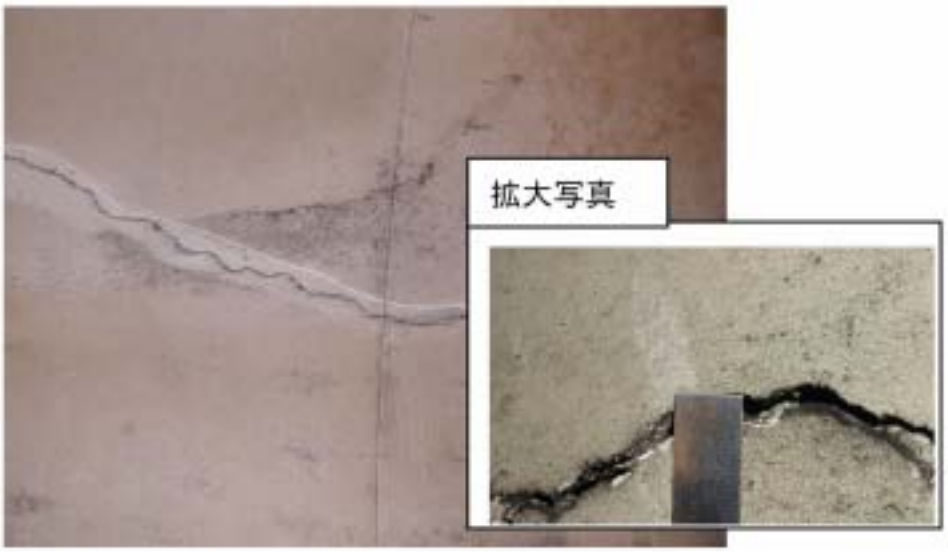
	サービスレベル　低 交通量小，劣化進行低，山間部（離島） （ミニマムメンテナンス）	
分類	第3者影響	構造的変状
日常点検	日常の巡回（低頻度），通行者通報	日常の巡回（監視ﾎﾟｲﾝﾄ明示）
定期点検	一度は実施 必要に応じて実施（頻度5年以上） （遠望目視）	一度は実施 必要に応じて監視ﾎﾟｲﾝﾄのみ実施 （遠望目視が基本）
標準調査	―	―
ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ	―	必要に応じ，監視ﾎﾟｲﾝﾄのみ簡易計測 （簡易ひび割れ計：目視観測）
点検DB	点検要領の記録ｼｰﾄに記入，紙DB，2回目以降は追記	点検要領の記録ｼｰﾄに記入，紙DB，2回目以降は追記
変状原因	1回目定期点検後，専門技術者が判定	1回目定期点検後および必要に応じて専門技術者が判定
点検定量化 健全度評価	レイティング	レイティング
劣化予測	―	必要に応じて，専門技術者が点検，簡易計測結果を確認し， 進行度を判定
LCC最適化	―	必要に応じ
対策工等の 意思決定	目地周辺の浮き・剥落，トンネル天端の横断ひび割れ，ﾌﾞﾛｯｸ状開合ひび割れ，路面への漏水に対してのみ判定． 目地部については，簡易で経済的な導水施方式で必要な箇所は事前に対策．その後は点検結果に応じて判断．	

131

データマネジメント（変状事例１　目地剥離）

132

データマネジメント（変状事例２　ひび割れ）



133

データマネジメント（変状事例３　漏水）

134

データマネジメント　（サービスレベル　中位）

	サービスレベル　中	
	交通量中，劣化進行中，中間地域 （国交省での標準的な手法）	
分類	第３者影響	構造的変状
日常点検	日常の巡回	日常の巡回
定期点検	2～5年に1回	2～5年に1回
標準調査	応急処置	点検に併せ実施
ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ	定期点検で判定	簡易計測実施 必要に応じて右の計測実施
点検DB	点検要領の記録ｼｰﾄに記入，電子ﾃﾞｰﾀDB化，体系表	点検要領の記録ｼｰﾄに記入，電子ﾃﾞｰﾀDB化，体系表
変状原因	専門技術者	専門技術者 標準調査で判定
点検定量化 健全度評価	レイティング +連続データ変換	レイティング +連続データ変換
劣化予測	上記連続データに基づき，残存耐用年数等による確定論的に予測	上記連続データ+簡易計測データに基づき，残存耐用年数等による確定論的に予測
LCC最適化	実施	実施
対策工等の意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工実施時期（対策工は想定）を選定，計画的投資を意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工種別・実施時期を選定，計画的投資を意思決定

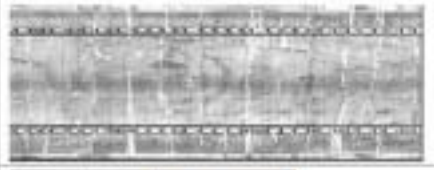
135

データマネジメント　（サービスレベル　高位）

	サービスレベル　高	
	交通量大，劣化進行高，都市部， 重要路線，災害道路，ネットワーク	
分類	第3者影響	構造的変状
日常点検	日常の巡回	日常の巡回
定期点検	2～5年に1回 ﾚｰﾀﾞｰｽｷｬﾝ実施 (標準2年以内)	2～5年に1回 ﾚｰﾀﾞｰｽｷｬﾝ実施 (標準2年以内)
標準調査	実施	実施
ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ	ﾚｰﾀﾞｰｽｷｬﾝで判定	内空変位，ひび割れ進展など構造耐力判定の計測
点検DB	壁面画像+GIS によるﾃﾞｰﾀ化，数量処理，変状分析	壁面画像+GIS によるﾃﾞｰﾀ化，数量処理，変状分析
変状原因	専門技術者 標準調査で判定	ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞによる構造解析により定量的に分析
点検定量化 健全度評価	レイティング +連続データ変換	性能照査型評価 →連続データ化
劣化予測	上記連続データに基づき，不確実性を考慮した確率論的に健全度低下予測	同左＋ ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞﾃﾞｰﾀに基づき，時間依存性を考慮した構造解析的に予測
LCC最適化	実施	実施
対策工等の意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工種別・実施時期選定，計画的投資を意思決定	LCC最適化により，点検頻度，対策工種別・実施時期選定，計画的投資を意思決定

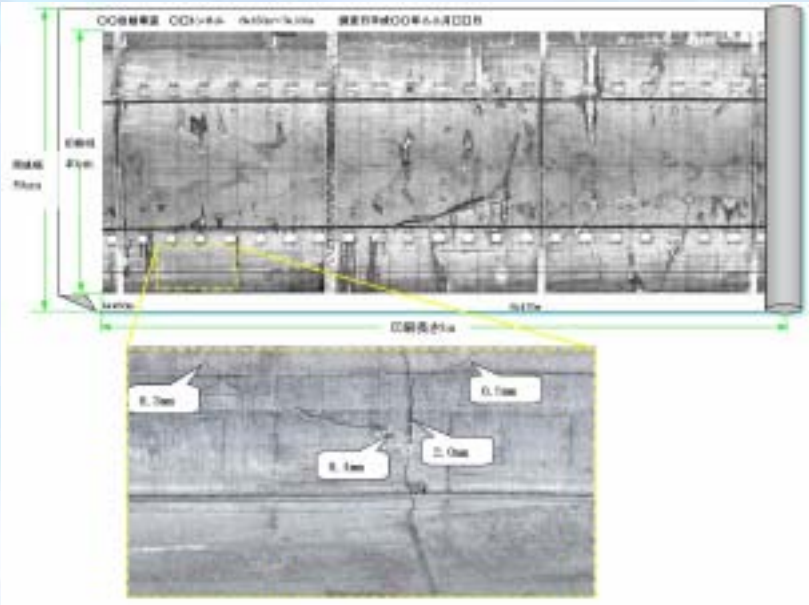
136

データマネジメント（ＧＩＳの活用）

名　称	内　容
基礎情報	・当初地質調査、設計 ・施工時の岩判定、計測データ、変状記録
トンネル覆工展開画像	つなぎ目なしの連続画像 紙上でトンネル現況把握と、詳細調査箇所の特定や健全度判定が可能 
点検結果を位置情報として組み込み	 帳票形式でスパン毎にデータ組込み

137

データマネジメント（ＧＩＳの活用）



138

データマネジメント（ＧＩＳの活用）

内空変位記録	・レーザー距離計による内空変位計測 ・３次元データを座標で組み込み ・３次元処理が可能　→　差分を取り変形の進展が判別可能
計測監視情報	・各種計測情報 ・基本的には、変位速度、ひび割れ開口速度により判定 ・管理基準に対する判定
解析ツール	・ひび割れ進展解析ツール ・ＦＥＭによる変状原因推定ツール ・健全度低下予測解析ツール
対策意思決定	・対策工種別選定、実施時期 ・ＬＣＣを考慮した意思決定

139