

画像撮影によるトンネル維持管理システムについて

(株)東設土木コンサルタント ○土井孝一 高木悟志 杉崎直人
中川光貴 多田佳史 鈴木康夫

1 まえがき

近年、トンネル等の地下構造物においてコンクリートの剥落やトンネル内の設備が落下する事故が発生しており、第三者や設備に与える影響が懸念されている。

そこで、鉄道トンネルや高速道路トンネル等の点検調査は時間が限られていることから、時速30km～80km程度で走行しながら画像撮影を行い、コンクリートのひび割れ、剥離、鉄筋の腐食、漏水状態等を調査し、今後の維持管理システム¹⁾として「Crack Draw21」²⁾を用いたデータベースの構築について報告する。なお、本報告は鉄道トンネルを例とした。

2 調査方法

調査の全体フローを図1に示す。

1) 現地踏査

現地踏査は、撮影計画の立案に必要な撮影時の撮影パターン（カメラ配置パターン）および撮影ルート等を検討するために、断面変化個所の確認やトンネル形状等の計測を行うものである。

写真1に現地踏査状況を示す。



写真1 現地踏査

2) 画像撮影

現地踏査結果の断面形状を基に複数の撮影パターンを設定し、その撮影パターンからカメラおよび照明器具の配置を検討した。カメラの配置として、隣り合うカメラの撮影範囲は

20%程度重複させるように配置した。いくつかの撮影パターンの中から二つのパターンを図2に撮影パターン及びカメラ配置の概念図として示す。

写真2に撮影機材と撮影状況を、写真3に画像確認状況を示す。

調査期間として鉄道トンネルにおいては、調査距離約50kmで撮影パターンをおよそ5パターンとし、時速30kmで走行した場合、約15日程度を要する。

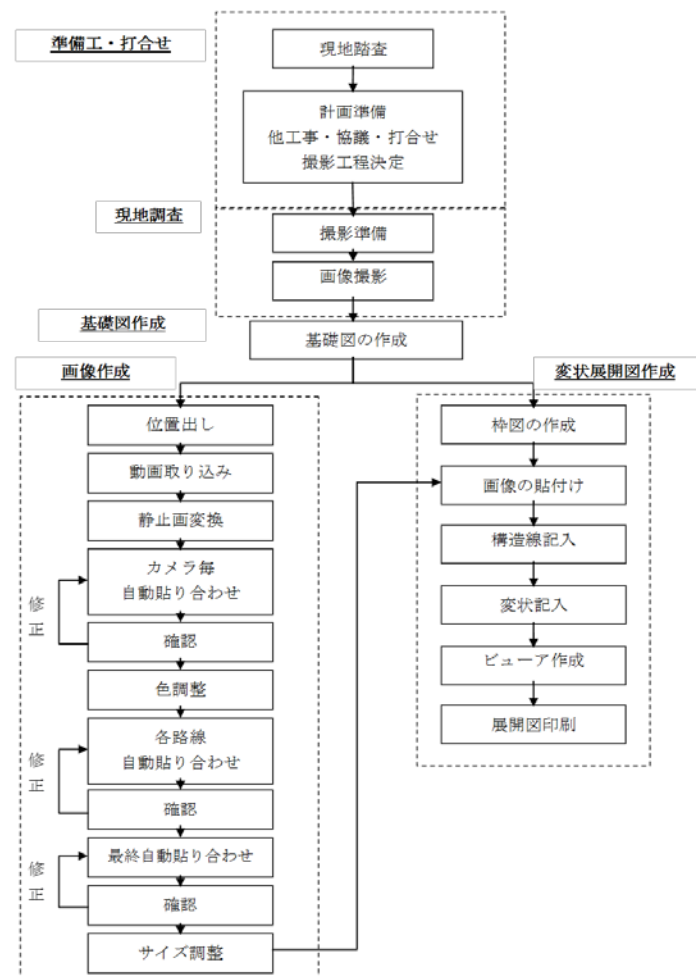
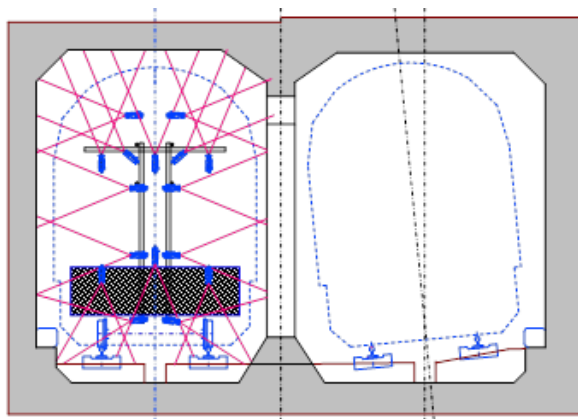


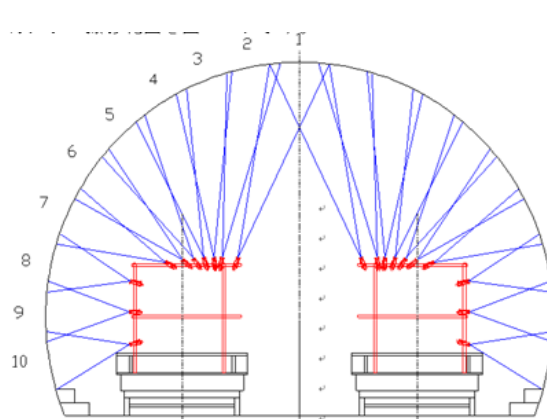
図1 調査フロー

Tunnel Maintenance System by the Image Photographing

Kouiti DOI, Satoshi Takagi, Naoto SUGISAKI,
Mituki NAKAGAWA, Yoshihumi TADA and Yasuo SUZUKI



a)単線箱型の場合



b)複線ｼｰﾙﾄﾞの場合

図2 撮影パターン及びカメラ配置の概念図



写真2 撮影機材と撮影状況



写真3 画像確認状況

3. 基礎図作成

基礎図は、展開画を精度良く連続的に並べるための枠図である。そのためには、現地踏査の計測結果および竣工図から構造物の境界位置、形式、代表断面の寸法の抽出、トンネル構造物の形状等を確認し、駅間または構造形式毎に1ファイルとし、10m毎に区切り線を記入した。なお、基礎図は「Crack Draw21(展開図作成支援ソフト)」で見下げ展開図を作成した。図3に基礎図のサンプルを示す。

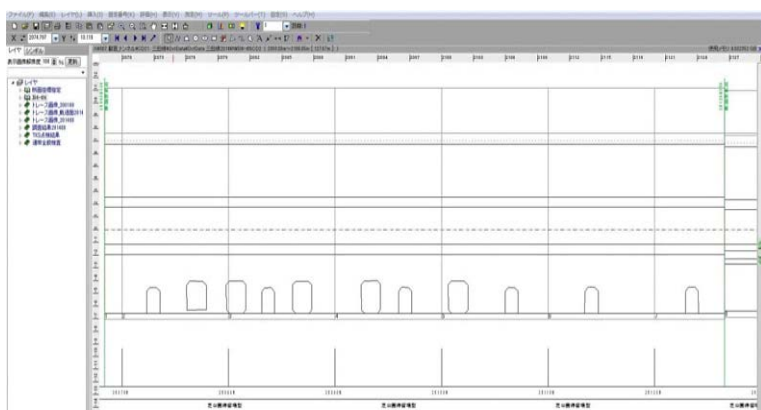


図3 基礎図サンプル

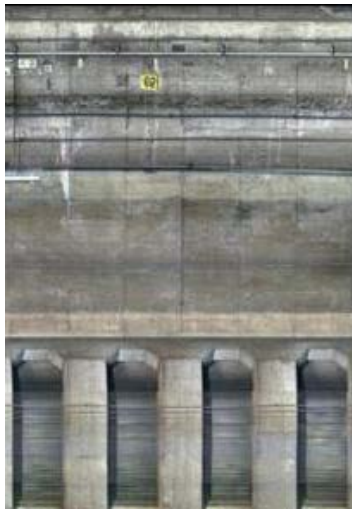
4. 展開画像作成

現場で撮影したテープを画像記録装置からデジタルデータに変換し、PCに取り込み、専用ソフトを用いて静止画像に変換する。図4に展開画像作成状況を示す。

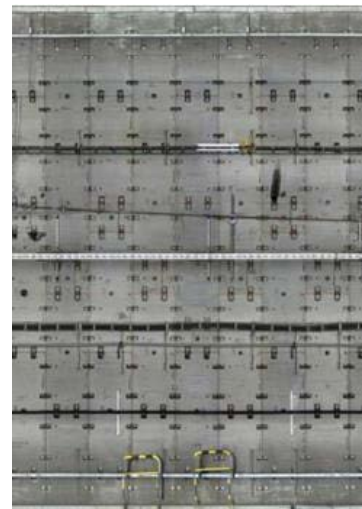
変換した静止画像は、専用ソフトを用いて歪みの少ない画像中央部分切り取り、画像補正を行う。さらに専用ソフトを用いて、隣り合う画像を貼り合わせトンネル全体の連続写真を作成する。図5に作成した展開画像を示す。



図4 展開画像作成



a)単線箱型



b)シールド

図5 展開画像

5. 変状展開図作成

1) 作成条件

「Crack Draw21 (展開図作成支援ソフト)」で作成した基礎図に展開図を貼り付けて、トンネル内の変状内容をPCのディスプレイ上でトレースし、変状展開図を作成した。

変状展開図作成に当たり、抽出すべき変状の種類、入力規則は以下の通りとした。

(1) 抽出種別

①ひび割れ、②コールドジョイント、③漏水・漏水跡、④析出物他、⑤剥離・はつり跡、⑥鉄筋露出、⑦ジャカ、⑧浮き、⑨補修跡、⑩樋掛工、⑪防護ネット、⑫中間杭処理跡、⑬亀甲状ひび割れ、⑭補強工、⑮目地、⑯開口閉塞部、⑰開口(換気口)、⑱化粧パネ、⑲その他

以上の項目は、「Crack Draw21」で作業する際、各項目別に別レイヤーとした。

(2) ひび割れ幅(G)の分類

ひび割れ幅は次の4段階に分類し、それぞれの属性(線幅や色など)を変えて表現した。

$0.2\text{mm} \leq G < 0.5\text{mm}$	$0.5\text{mm} \leq G < 1.0\text{mm}$
$1.0\text{mm} \leq G < 2.0\text{mm}$	$2.0\text{mm} \leq G$

(3) ひび割れパターン

ひび割れは発生原因によりひび割れパターンが異なる。ここでは図6のひび割れ模式図「鉄道構造物等維持管理標準・同解説書(構造物編): 鉄道総合技術研究所編」³⁾を参考にした。

(4) 浮き・剥離

浮き部は、長時間経過すると剥離、剥落をもたらす恐れがある。剥落に対する目安としては、「鉄道構造物等維持管理標準・同解説書(構造物編): 鉄道総合技術研究所編, PP93, 付属表6.4はく落に対する健全度の目安-都市トンネル鉄筋コンクリート覆工(く体)用-」に示す変状を参考に変状抽出を行った。

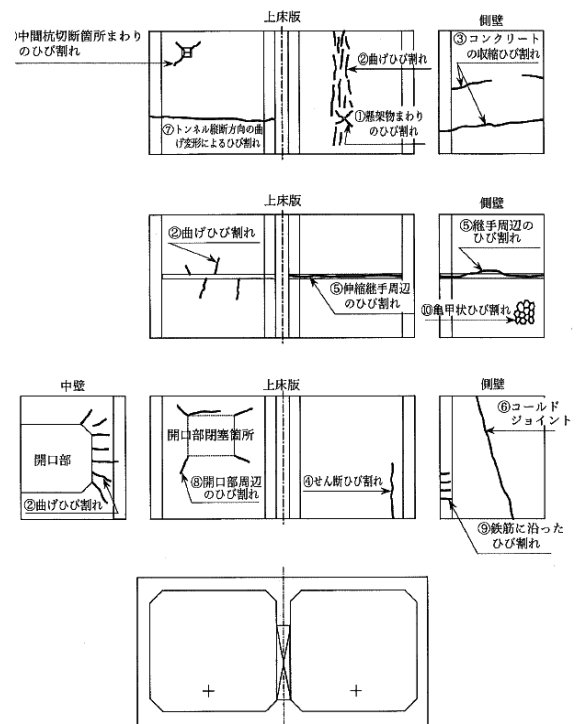


図6 ひび割れ模式図

2) Crack Draw21の機能

変状展開図は、画像情報整理支援ソフト「Crack Draw21 (展開図作成支援ソフト)」⁴⁾で作成した。上記ソフトの有する主な機能を以下に示す。

- ①調査回毎のフォルダおよび変状毎のレイヤー管理
- ②展開画像および調査回毎のフォルダ、変状毎のレイヤーの表示・非表示
- ③展開画像の背景取り込み④変状の始点、終点、変化点の座標値出力およびひび割れ長さ、漏水面積等の一覧表出力 (CSV形式)

- ④個々の変状の固有番号設定
 - ⑤個々の変状にスナップ写真(JPG形式等)、別途作成ファイル(Excel形式等)をリンク表示および複数データの一元管理
 - ⑥展開画像および変状展開図の3D表示および回転、ワークスルー機能
 - ⑦dxf出力機能およびdxf読み込み機能(展開図、格種変状データ、補修データ等)
- 上記、機能を有するサンプルを図7～図9に示す。

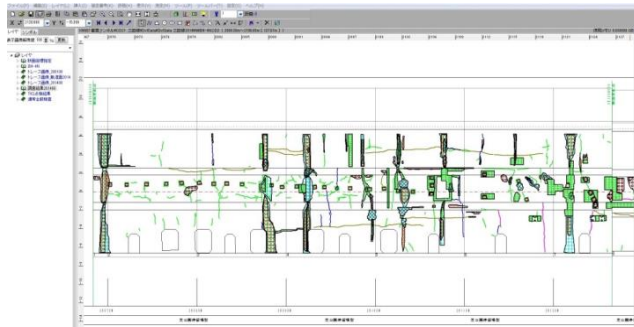


図7 変状展開図

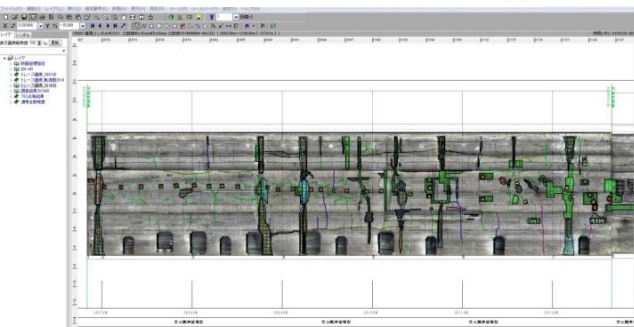


図8 画像+変状展開図

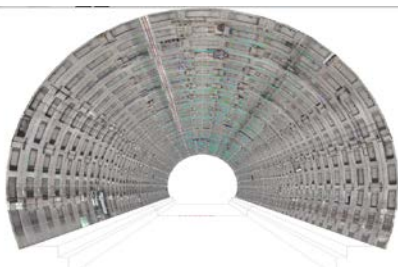


図9 展開図の3D表示

6. データベースの構築

1) データの取込み及び出力

既存の点検結果およびその他のデータを変状展開図上に取込む際、変状のIDを振り分けデータ化し、変状展開図に取込んだ。

出力としては、データベース化したCSV形式図10に示す様にした。

2) 維持管理データベース

維持管理データベースとして、今後の点検データの更新を図11の様にプルダウンで可能なシステムとした。

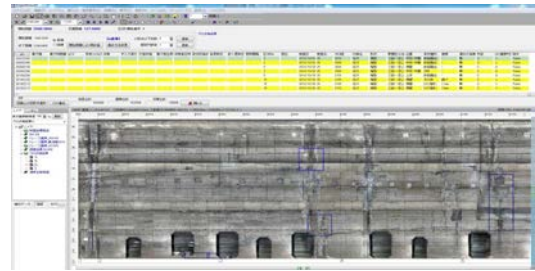


図10 データベース出力図(サンプル)



図11 維持管理データベース図(サンプル)

また、本システムは、タブレットパソコンにより、現地において変状の記入やデータの更新をすることも可能とした。

7. あとがき

例として挙げた、鉄道トンネルにおける画像撮影および「Crack Draw21」を用いた変状展開図作成とデータベース構築は、限られた時間内で効率良く調査出来ると共に、変状等を定量的に把握することが可能である。

また、今後一定間隔で行われる点検や補修・改修結果等の変状進行状況の監視、健全度評価としての維持管理用データベースとして本システムの利用は有効と考えられる。

「参考文献」

- 1) 後藤 和夫・篠原 秀明 他：デジタル画像を用いたトンネルの変状調査・管理支援システムの開発,2006.10
- 2) NETIS登録番号:HR-030010-A:Crack Draw21 ,特許番号:KR-100597963: 変状管理システム
- 3) 鉄道構造物等維持管理標準・同解説書(構造物編)：鉄道総合技術研究所編
- 4) NETIS 登録番号:QS-020025-V:コンクリート構造物の損傷・劣化抽出システム