デジタル画像によるトンネル覆工コンクリートひび割れ点検システム

京都大学大学院 正会員 朝倉 俊弘
○（株）ニコン技術工房 * 正会員 小出 博
国際航業株式会社 ** 正会員 東田 正樹

1.まえがき

トンネル補修計画をする上で、トンネル覆工面のひび割れ等の変状調査は必要不可欠である。従来よりトンネル覆工コンクリート点検は近接目視を主体とした方法が多く利用されている。本調査方法は暗く環境の悪いトンネル坑内での苦渋作業であることから点検結果の個人差や道路交通規制時間の増大を招いている。

本システムの構築は近接目視方法からの苦渋作業の回避、点検結果の個人差の解消、道路交通規制時間の減少、点検データの客観化を主目的とした。またシステム構築の要素として近年急速に進歩し普及しているデジタル画像機器を採用した。本システムの利用により効率的かつ経済的なトンネル覆工コンクリートの点検が期待できる。

2.システム要素の検討

トンネル覆工コンクリートの点検は近接目視点検が最初に行われることから、これに置き換わる手法として検討した。高画素のデジタル画像がデジタルカメラ（ＣＣＤカメラ）で容易に得られることから、デジタル画像からトンネル覆工展開画像を作成し机上でトンネル覆工面状態を観察することにした。システム要素として画像機器の選択、画像処理ソフトの開発が大きな要素である。判定可能なひび割れ幅は 0.5mm 以上を対象とした。

2-1 画像機器の選択

市場にて入手可能な画像機器は表 2-1 であり、各々に利欠点があるが現場業務時間の短縮が可能であり、机上での処理しやすさからハイビジョンカメラシステム（ＨＤＶＳ）を選択した。現場業務時間については走行撮影可能で速度として 50㎞/h を目標とした。写真１は選択したハイビジョンカメラ(SONY HDW700A 撮像素子は 200 万画素ＣＣＤ)である。

写真１ HDVS カメラ

表2-1機材比較

画像機器	記録方式	静止画素数	動画撮影	走行撮影	ｼｬｯﾀｰ速度	機材導入費用
デジタルカメラ	ｺﾝﾊﾟｸﾄﾌﾗｯｼｭ他	最大600万画素	×	不可	1/16000Max	約100万円
デジタルビデオカメラ	磁気テープ	66万画素（記録:動画）	◎	可	1/4000Max	約100万円
ハイビジョンカメラ	磁気テープ	196万画素（記録:動画）	◎	可	1/10000Max	約2500万円

2-2画像処理ソフトの検討

トンネル覆工表面を撮影した画像からひび割れを抽出するにはトンネル画像特有の機能が必要になる。0.5㎜幅のひび割れ幅を抽出するには約5m画角での撮影が必要になる。従ってトンネルの内径10m、管理目地間隔10.5mとした場合のトンネル展開画像には約24枚の画像合成が必要になる。撮影元画像からトンネル覆工面展開画像への処理機能として以下のものがある。

①近距離撮影時でのレンズによる収差補正機能
②トンネル内面曲率補正機能
③複数画像の効率的な合成機能
④変状管理図の作成

2-3 その他検討

ハイビジョンの時速 50Km 走行撮影はシャッター速度を 1/1000 秒以上で設定して撮影する必要がある。この時レンズのアイリスを６以上（焦点深度を深くする為）にした。従って照明は対象面で 1000 ﾙｯｸｽ程度必要な為 600W×2 基で 5×3mの対象面を照明する。尚照明はバラストランプを使用するがハイビジョンフレームに影響を与えない為高周波点灯方式を採用した。

キーワード ：トンネル覆工コンクリート、ひび割れ、ハイビジョン(HDVS)、デジタル画像、画像処理ソフト
＊ 〒244-0843 横浜市栄区長尾台町４７１ TEL 045-852-2111 FAX 045-853-8484
＊＊ 〒102-0075 東京都千代田区三番町５番地 TEL 03-3288-5677 FAX 03-3262-6714

3.システムの運用

実トンネル点検への本システムの構成はハイビジョンカメラ、ハイビジョンデッキ、画像キャプチャーボード、パソコン、画像処理ソフト（画像診断ソフト改良）等である。トンネル覆工面の撮影はトンネル内空面を４分割にて撮影した（図 3-1 参照)。撮影は４t トラックに撮影機材及び照明機材を設置し２往復で動画像を取得する（写真 2 参照)。撮影した画像は HDVS ビデオデッキとパソコンにて 196 万画素の静止画像としてキャプチャーする。静止画像はトンネル内空面の曲率分が画像に影響するため、疑似アフィン変換を用いて曲率補正する（写真３及び 4 参照)。

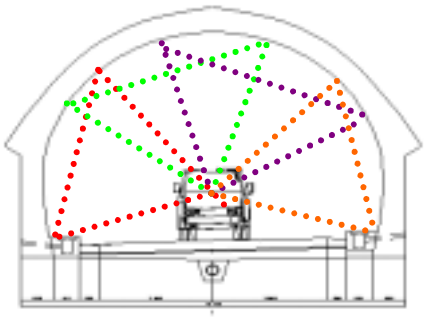

図 3-1 トンネル撮影方法

写真 2　撮影状況

写真 3　静止画像

写真 4　曲率補正画像

曲率補正した画像からトンネル覆工面の展開画像を作成し、机上にて点検調査資料を作成する。写真 5 は合成した展開画像であり図 3-2 が CAD データ損傷図である。これらのデータは全てデジタルデータであり経年変化を捕捉できる。したがって、今後のアセットマネジメントへの適用が可能である。

4.まとめ

本システムの適用は現場撮影業務時間を大幅に軽減することができた。数 km 内のトンネルでの撮影時間は準備時間を除いてデータ取得時間は約２時間程度である。机上での画像処理時間および点検業務時間を含めても近接目視による点検業務方法に対して効率的に工数低減が確認できた。但し１００m 長程度のトンネルを１本だけ撮影するのでは機材損料費や機材の調整工数から効果的ではない。本システムの特徴としては一日で数１００m 以上のトンネル覆工コンクリートの近接目視点検する場合に効果があり、現場業務が一日以内で消化できる点にある。今後は机上での処理時間の効率化を図るべく、ひび割れ抽出の省力化、展開画像合成の省力化を図る必要がある。またハイビジョンカメラの感度帯域が 800nm 迄あり且つ照明帯域も近赤外線領域迄あることから、道路トンネルでの表面汚れを透視する効果も確認できたが、波長帯域と汚れの程度についての相関は今後の課題である。今回現場撮影にて機材協力頂いた（株）三和ビデオセンター殿へ謝意を表します。

参考文献

1)　岡田他：走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究（その３）　土木学会第 56 回年次学術講演会
　　朝倉他：走行式トンネルコンクリート点検システムに関する研究（その４）　土木学会第 56 回年次学術講演会
2)　仲田他：走行車両からのハイビジョンカメラを用いたコンクリートひび割れ調査　土木学会第 56 回年次学術講演会

写真 5　トンネル展開合成画像

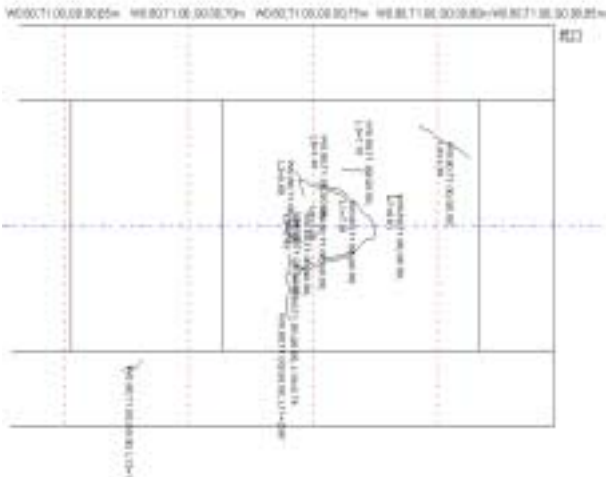

図 3-2　CAD 損傷データ