西松建設㈱技術研究所*	正会員	椎名	貴快,松井	健一,高橋	秀樹
			新谷	壽教,潮田	和司
戸田建設㈱土木工事技術部**	正会員	熊谷	成之 , 田中	徹	

1.はじめに

先の新幹線トンネルや高架橋からのコンクリート片剥落事故以降,コンクリート構造物の品質および維持管理の重要性が再認識され,その健全性を合理的に評価する検査技術の開発が進められている.本研究では構造物の補修・補強箇所を点検車両から各種検知機器で自動検出し,その後の対策工法の提案までを含めた健全度評価システムの開発を進めている.本報では,デジタルカメラと光波自動視準測距器を用いてひび割れや剥離,漏水等の表面変状箇所を検出する調査システムの概要および現場での性能検証実験結果について述べる.

2.調査システム概要

(1)調査機器および特長

本調査システムに搭載した主な調査機器を表 - 1,図 - 1に 示す.特長として, 撮影画像の位置座標を自動取得, 調 査データを利用して変状位置(座標)を特定し(竣工後の)経年 変化の追跡・把握が可能,等が挙げられる.

(2)調査手順

トンネル覆エコンクリートを検査対象とした場合の調査手 順概要を説明する. 調査台車をトンネル中央または任意の 側線上に設置・組立, 撮影諸条件(調査名/日時/平面線形/ 縦断線形/断面線形/基準点座標/撮影画角等)の入力, 撮影 基点の設定, 光波自動視準測距器によってトンネル内に設 置した2つの基準点(既知座標X,Y,Z)を自動計測, 台車前 後のプリズムを自動計測(台車の位置座標認識), 画像中央 部までの距離と角度を計測(画像座標を取得), デジタルカ メラ2台をトンネル円周方向に回転させて幅2.0mの画像を撮 影取得, 1断面撮影後に調査台車をトンネル軸方向に2.0m 移動させ順次撮影を繰り返す.(図-2参照)



(3)画像合成

撮影画像の合成処理過程を表 - 2 に示す.撮影時に光波自動視準測距器によって取得した画像中心までの距

計測機器(搭載台数)	仕様	使用目的	
デジタルカメラ (2)	・画素数 340 万画素	・表面変状撮影	ł
レンズ 焦点:35/50/85/135mm	(スーパーハニカム CCD613 万画素)		Ī
光波自動視準測距器(1)	・ハンプリズム測距	・調査台車の位置座標取得	Ī
	• 日勤悦华• 日勤迫尾機能	・画像座惊の取得 ・内空断面計測 ^{注)}	Ī
レーザー距離計 (2)	・測定精度±3mm	・調査台車の設置位置確認	Ī
デスクトップ・パソコン(1)	・搭載メモリ 1GB 以上 ・80GBHDD x 2	 ・調査機器の制御 ・調査管理 	Ī
	・CPU 1.70GHz 以上	・画像処理(補正/合成等)	Ĩ

表 - 1 調査機器

表-2 画像の合成処理過程

作業項目	作業画面例
撮影画像を PC に取込み	図 - 3 中段部
 画像座標の算出	
画像のあおり補正処理	図 - 3 下段部
画像の合成処理()	同上
 画像の切出し(幅1.0m)処理	図 - 4 下段部
画像の合成処理()	同上
合成画像の保存	

^{注)}調査対象がトンネルの場合である.

キーワード: デジタルカメラ,光波自動視準測距器,表面変状調査,ひび割れ検出 連絡先:* 〒242-8520 神奈川県大和市下鶴間 2570-4 TEL.046(275)0286/FAX.046(275)6796 ** 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 新八重洲ビル TEL.03(3535)6299/FAX.03(3535)1524 離および撮影に使用したカメ ラレンズ仕様から撮影画像サ イズを求め,画像四隅の座標を 算出して隣り合う画像を自動 合成(結合)処理する.例えばト ンネルの場合,必要な処理は円 周方向(図-3)および軸方向 (図-4)となる.同一画像内に

(図 - 4)となる.同一画像内に 図 - 3 画像合成 (円周方向) おいて撮影距離が変化する場合,あおり補正が必要となる.

3. 性能検証実験

本システムを用いてトンネル覆工コンクリートを対象に 表面変状調査を実施した.調査では検出可能な最小ひび割 れ幅(0.2mm)および調査速度(50m/hr)の目標スペックに対 して,撮影画像サイズおよび画像解像度等の調査条件を表 -3に示す仕様とした.

図 - 5(A)は本調査で撮影したトンネル覆工面天端部および側壁部画像(ひび割れ箇所)の一部である.また図 - 5(B) はひび割れ検出結果(二階調画像)である.撮影距離約7.0m の画像であるが,幅0.2mm以下のひび割れも確認および検 出できることがわかった.

開発中のコンクリート表面変状解析ソフトは, 撮影画像および現場で撮影したキャリブレーションデータを利用したひび割れ位置・幅の算出お よび変状抽出解析を行うものである.ひび割れの 抽出前処理として,各種の画像処理(画像輝度の 平均化,エッジ強調,輪郭抽出,照度・色調補正 等)工程を行う必要があり,ひび割れ幅の算出・ 区分はひび割れ部を含む 5pixel 四方の平均輝度 情報などを複合的に解析することで算出する.

4.まとめ

本実験で確認されたトンネルを対象とした場合の撮影性能は表 - 4 に示すとおりである.

- 1) 幅 0.2mm 以上のひび割れ検知が可能である.
- 2)調査速度は対象構造や使用レンズ,撮影画角 等で異なるが平均40~50m/hr程度を確保できる.
- 3) 画像の合成処理は開発したソフトによって自動的 に行い,作業の迅速化が図れた.
- 4)今後の課題としては、ひび割れ幅の特定(検出)自 動化が挙げられる.解析ソフトの開発と共に、撮 影距離が変化するような連続撮影の場合、若干画 像の色斑が発生しひび割れ幅の自動検出に支障が 生じるため、照明器具の改善を行う必要がある.



図-4 画像合成 (軸方向)

表-3 調查条件

項目	3			
調査対象		トンネル覆工コンクリート		
撮影距離	距離		約 7.0m	
ひび割れ検出目標 🕴		晿	0.2mm 以上	
撮影画像サイズ		峘	さ(<u>H</u>):71cm×巾	畐(<u>W</u>):107 cm
画像解像度(標準)		0.4	4mm/pixel	
使用焦点レンズ		望	遠系単焦点レン	ノズ 135mm
デジタルカメラ設定				
シャッター速度	絞り値	1	ホワイトパ ランス	ISO 感度
1/60	F16		DAYLIGHT	I \$0400

ſ					
	レンズ	撮影条件			
	焦点距離	撮影画角	回転角度	撮影枚数	撮影距離
	35mm	約 25 °	18 °	11 枚	1.5~1.8m
	50mm	約 18 °	15 °	13 枚	2.1~2.6m
	85mm	約 11 °	9 °	21 枚	$3.6 \sim 4.3$ m
	135mm	約 7 °	6 °	32 枚	5.8~7.0m





図 - 5 撮影画像とひび割れ検出結果

表 - 4 検証実験での撮影性能

項目	撮影性能		
調査速度 ^{注)}	平均 40~50m/hr		
検出可能ひび割れ幅	0.2mm 幅以上		
漏水・剥離箇所	位置記録,面積測定		
画像の自動合成時間	1km/3日程度		
表面変状の検出時間	100~150m/日程度		
断面測定	光波によるトンネル内空断面測定		
補修箇所	ひび割れ注入,断面修復箇所の記録		
注) 使用したプ 撮影画角 諸語定によって異なる			

⁾使用レンス,撮影画角,諸設定によって異なる

10mm