

## 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2） -ハイビジョンひびわれ検知システムにおける撮影条件および照明特性の影響

竹中技術研究所 正会員 大野定俊\* 正会員 岡田正美\*  
 正会員 米澤敏男\*  
 京都大学大学院 正会員 朝倉俊弘\*\*

### 1. はじめに

トンネル内の覆工コンクリートの落下事故が社会的に大きな問題となっており、トンネルの安全性を確保するための合理的で精度の高い検査技術がもとめられている。本研究ではコンクリートの剥落に繋がる欠陥を走行する点検車両から各種の検知機器で検知し、剥落の危険性を判断する一連の研究を実施している。本報では走行下でのひび割れを検知するシステムとして、ハイビジョンカメラを用いたシステムについて検討した。本研究ではひび割れを、速度5km/h以上の走行車両から撮影する場合における最適な撮影条件について検討するために、カメラ移動下におけるシャッター速度と照明条件との関係を明らかにすると共に、照明種類やその分光特性がひびわれ検知精度に及ぼす影響について検討を行った。

### 2. 実験概要

実験に用いたハイビジョンカメラの仕様を表-1に示す。ハイビジョンカメラの特徴は高解像度で画像を記録できること、また10万分の1秒の高速シャッター速度等が挙げられる。撮影画像はデジタル変換後専用ビデオデッキで録画し、録画画像から必要な画像をキャプチャーして評価に用いた。撮影結果に影響を与えると考えられる因子について各々3水準以上として評価を実施した。実験の要因と水準を表-2に示す。本実験では実コンクリート壁に入った0.3mmから約1.0mmのひびわれを対象として、壁から1.5m離れた位置にカメラを設置し撮影を行った。また、カメラの移動は図-1に示すようなアクチエーター装置を用いて速度を正確にコントロールした。一方、照明装置の分光特性がひびわれの検出性能に及ぼす影響を評価する実験では、周波数カットフィルターをカメラに取り付けて撮影を実施した（図-2参照）。フィルターの周波数透過特性およびハイビジョンカメラのCCD周波数感度特性を、それぞれ図-3、図-4に示す。



図-1 HVカメラによる移動撮影実験



図-2 周波数カットフィルターを取り付けたHVカメラ撮影実験

表-1 実験計画表（実験要因と水準）

要因	水準、範囲
ひびわれ幅	3水準（0.3、0.5、0.8mm）
照明種類	5種類（レフ、ハイ、ハロゲン、水銀灯、MHD）
照度	200～3200 lx（5水準以上）
シャッター速度	1/60～1/4000 lx（7水準）
絞り値	3水準（1.9、2.8、5.6）
カメラの移動速度	3水準（500、1000、1750mm/s）
フィルター	3種類（Fuji BP45 BP53 BP60）

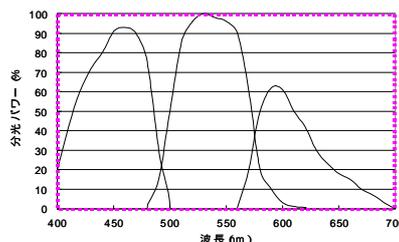


図-3 HVカメラの周波数感度特性

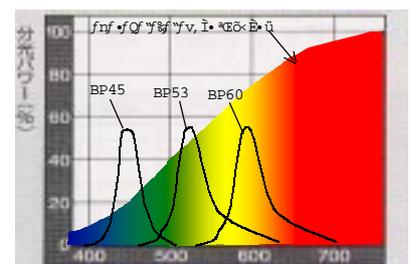


図-4 フィルターの周波数透過特性

キーワード：ハイビジョン、ひび割れ、調査診断、照明、分光特性、覆工コンクリート

連絡先：\* 千葉県印西市大塚1-5-1、TEL:0476-47-1700、FAX:0476-47-7333

\*\* 京都府左京区吉田本町、TEL:075-753-5409、FAX:075-753-4774

### 3. 実験結果および考察

ハイビジョンカメラ (HVC) システムでのひびわれ検知能力は CCD の解像度に依存しているが、カメラを静止した撮影実験では、0.3mm程度のひびわれを検知するためには撮影画角の大きさを56x100cm以下にする必要があることが明らかになった。また、HVCを移動させる場合にはひびわれの撮影画像が流れないようにするために、移動速度に応じた電子シャッター速度を設定すると共に、照度を上げる必要がある。HVCを移動させて撮影した実験によれば、カメラの移動速度と電子シャッター速度および最適照度の間には、図-5に示すようにそれぞれ線形な関係が認められた。HVCを速度1750mm/sで移動させ、0.8mmのひびわれをシャッター速度1/2000秒、照度1600lxで撮影した画像とそのひびわれ抽出画像を図-6に示す。

図-7に照明装置による撮影画像の色成分の輝度値の違いを示す。HVCの周波数感度領域全般に渡って比較的フラットな分光特性を有するレフランプでは色成分毎の輝度分布はほぼ一致しているが、長波長側の周波数成分の多いハロゲンランプでは緑や赤色成分の輝度値が高く、幅も若干広くなっている。これは青色成分の画像に比べて長波長側の光成分の画像の方がひびわれ抽出に適していることを示唆している。また、ハロゲンランプに周波数カットフィルターを取り付けて撮影した画像から、ひびわれ抽出処理(2値化)を行った結果を図-8に示す。HVCの長波長側の感度はそれほど大きくないが、周波数が大きな波長成分における画像の方がひびわれを抽出し易いことが明らかとなった。同様な傾向はランプの種類によらず認められた。

### 4. まとめ

- 1) HVCを用いて適切に照度とシャッター速度を設定することにより移動条件下のひび割れ検知が可能であることが明らかになった。
- 2) 周波数カットフィルターを用いた実験から長波長成分の撮影画像の方がひびわれ抽出し易いことが明らかになった。

<謝辞> 本研究は運輸施設整備事業団「運輸分野における基礎的研究推進制度」の平成11年度(第2次募集)研究課題「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」の成果の一部であり、ご協力いただきました皆様に感謝の意を表します。

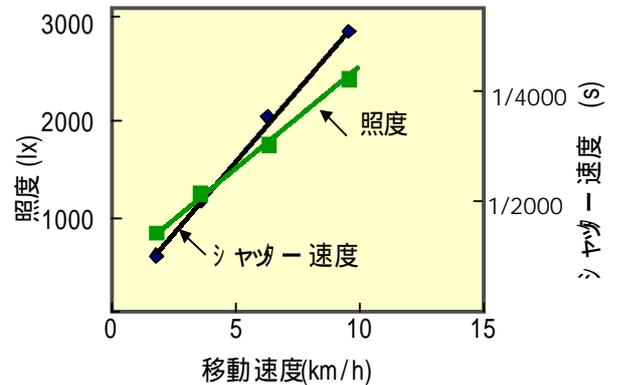


図-5 移動速度と照度およびシャッター速度の関係

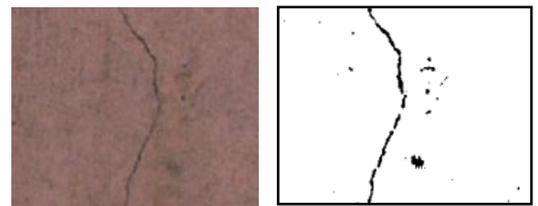
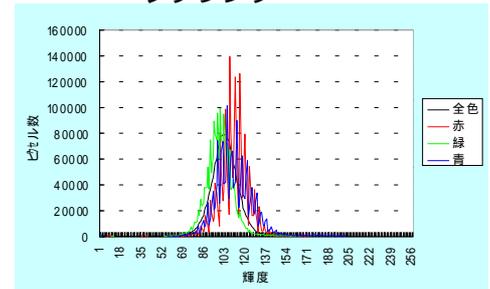


図-6 移動下でのひびわれ撮影画像の拡大図

(シャッター速度1/2000秒、照度1600lx)  
レフランプ



ハロゲンランプ

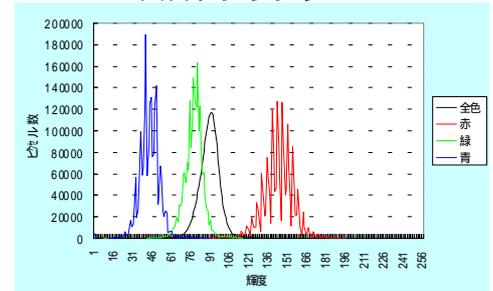


図-7 照明装置による撮影画像の色成分の輝度値の違い

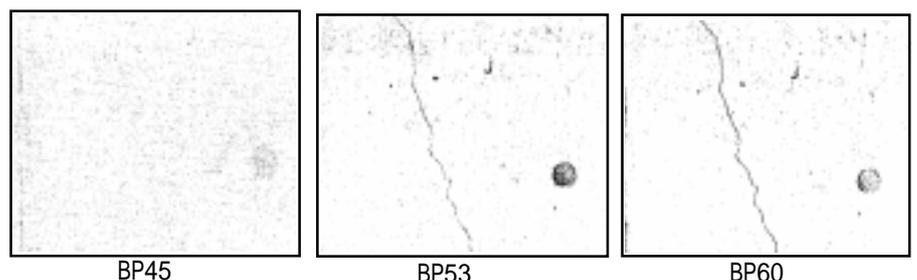


図-8 ひび割れ抽出(2値化)処理画像に及ぼす周波数カットフィルターの効果