

Ⅱ-4 高倍率WEBカメラを用いたひび割れ計測

Measurement of Crack by High-Magnification WEB Camera

塩崎正人¹・佐田達典²・斯波明宏³・樋口正典⁴

Masando Shiozaki, Tatsunori Sada, Akihiro Shiba and Masanori Higuchi

抄録： コンクリート構造物の維持・補修を実施する際に、ひび割れの位置および幅を簡便に検出することは、構造物を判断する上で重要であり、正確なひび割れの情報を得る事は、範囲・工法の選定等の省力化へと繋がるものである。

今回、高倍率WEBカメラを用いたひび割れ計測を実施し、この画像を自動的にパノラマ化するシステムを用いることで、計測時間の省力化、ひび割れ展開図のCAD化を可能とし、今後への可能性を明らかにした。

キーワード： ひび割れ、WEBカメラ、パノラマ画像

1. はじめに

今般、既設構造物において劣化度診断調査を行うケースが増加している。特にRC構造物では、トンネルや橋梁床版においてコンクリート剥離・落下事故が発生したことから、コンクリートのひび割れ・浮きに関する調査が急ピッチで進められており、様々な計測手法が開発されている。

特に、デジタル画像を利用したひび割れ検出手法については、ここ数年でデジタルカメラの進歩は目覚ましく、総画素数が1000万画素を超えるカメラも登場している。価格も1万円台から100万円台まで多種多様なカメラが販売されており、デジタルカメラは、解像度の向上や価格の低下に伴い、ひび割れ検出の主流となりつつある。

もうひとつ、デジタルカメラと並行して開発が進んでいるものとしてWEBカメラが挙げられる。一般に監視カメラとして、繁華街や商店に設置されていることも多く、価格も数万円から数十万円の範囲で販売されている。デジタルカメラと比較した場合、画素数が10万画素から100万画素と解像度において劣ってしまいが、Pan・Tilt機能や動画撮影が可能など、デジタルカメラにはない特徴を有している。

今回、SONY株式会社が開発したWEBカメラを用いたパノラマ画像作成システム（Dynamic Frame Monitoring, 以下DFMとする）を使用し、パノラマ画

像からひび割れ検出する方法で試験計測を実施した。この結果について以降で述べるものである。

2. 特徴

(1) WEBカメラ

今回の計測では、WEBカメラにSONY株式会社のSNC-RZ30Nを使用した（図-1）。このカメラは、ネットワークカメラであるため、パソコンとLANケーブル接続することで、パソコンから回転操作やシャッター操作が可能である。また、以下の特徴を併せ持っている。

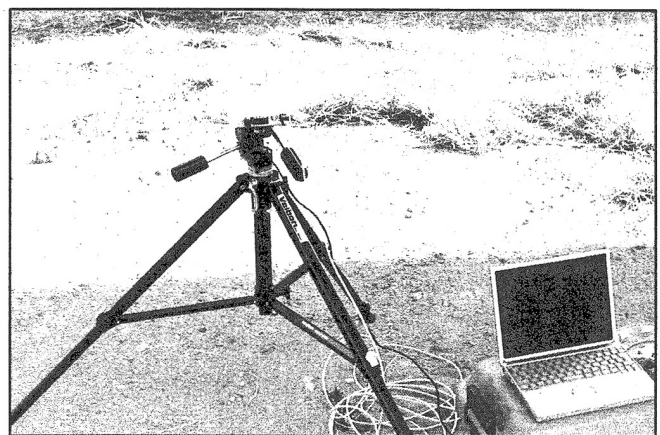


図-1 SNC-RZ30N

-
- 1：正会員 三井住友建設(株) 技術研究所 生産情報研究開発部
(〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1、Tel: 04-7140-5203, E-mail: MasandoShiozaki@smcon.co.jp)
- 2：正会員 工博 三井住友建設(株) 技術研究所 生産情報研究開発部
- 3：正会員 三井住友建設(株) 技術研究所 土木研究開発部
- 4：正会員 工博 三井住友建設(株) 技術研究所 土木研究開発部

- ① 光学 25 倍ズーム (f=2.4~60 mm)
- ② 水平回転 340° 上下回転 115°
- ③ 総画素数約 80 万画素 (998^H×797^V)

デジタルカメラでは、フィルムの代わりに CCD に画像を記録する。この CCD サイズがカメラ毎に違っているため、レンズ倍率を表す際に「35mm フィルム換算」¹⁾ が使われることが多い。これは (1) 式^{2), 3)} により表される。

$$D35/Dy = \frac{35\text{mm フィルムの対角線長}}{\text{CCD 面の対角線長}} \quad (1)$$

RZ30N の場合、CCD サイズは 3.30×2.95mm であるため、35mm フィルム換算倍率は、

$$D35/Dy = \frac{\sqrt{36^2 + 24^2}}{\sqrt{3.30^2 + 2.95^2}} = 9.77 \quad (2)$$

となり、f=2.4~60 mm ズームレンズの 35mm フィルム換算した場合の焦点距離は、

$$fw = 2.4 \times 9.77 = 23 \text{ mm} \quad (3)$$

$$ft = 60 \times 9.77 = 586 \text{ mm} \quad (4)$$

よって、RZ30N は f=23~586 mm に相当するズームレンズを装着しているカメラとなる。

(2) カメラ自動制御

劣化度診断調査等で、ひび割れといった微小な対象を撮影する場合、

- ① 接写する
- ② 望遠レンズを使って写す

という方法が、一般的な撮影方法と思われる。至近距離からの撮影の場合、ひび割れ位置を視認することは可能であり、対象となるひび割れを撮影することも容易である。しかし、視認が困難な位置から撮影を行う場合、望遠鏡やカメラファインダーによって視認する情報が全てとなり、画像のみでひび割れ位置を特定することが難しい。

例えば、図-2のように○□▽を撮影した場合、対象物の形状がある程度判別できる画像となっており、この画像を重ね合わせてパノラマ画像を作成することは可能である。広角側で撮影を行った場合は、図-2のように写すことになる。

しかし、図-3のように、対象物の一部を望遠側で

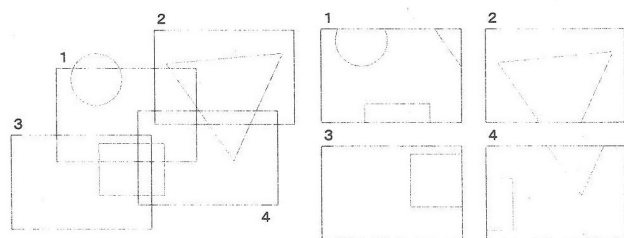


図-2 広角側での撮影画像

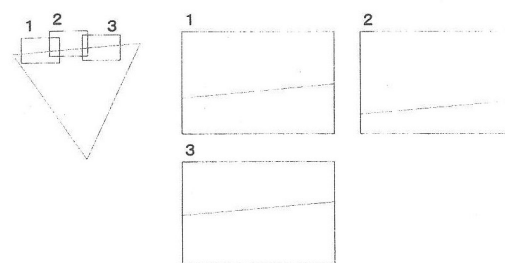


図-3 望遠側での撮影画像

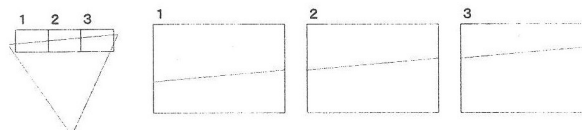


図-4 カメラ位置を制御した望遠画像

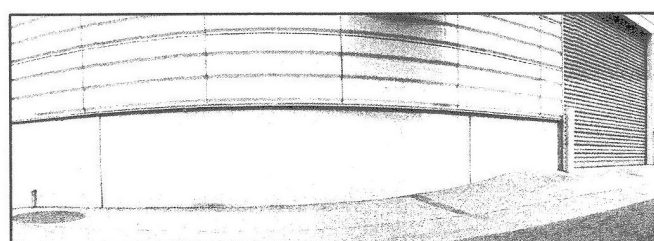


図-5 DFM による画像のパノラマ化

撮影した場合、画像からだけでは、撮影位置の特定が困難となる。

手動でカメラ位置を制御することは、非常に困難である。カメラを自動制御することで、図-4のような格子状のパノラマ画像を作成することが必要である。

DFM は、WEB カメラを自動制御し、その撮影画像を格子状に並べ、パノラマ画像を作成するプログラムである。図-5では、50枚の画像を自動で格子状に並べている。

DFM によるカメラの自動制御と画像の格子状配置により、手動では困難な望遠撮影でのパノラマ化を可能としている。

3. 基本性能の検証

RZ30N を用いてひび割れ検出を実施するにあたり、先にひび割れの検出精度や斜角の影響について、基本性能を検証した。また、デジタル一眼レフカメラとコンパクトカメラとの比較も同時に行った。

図-6にあるような、市松模様のターゲットを撮影し、その検出精度を検証した。ターゲットは白黒の境となる端部において、その検出精度に差が出るため、ターゲットを市松模様とし、その形状認識精度を比較したものである。

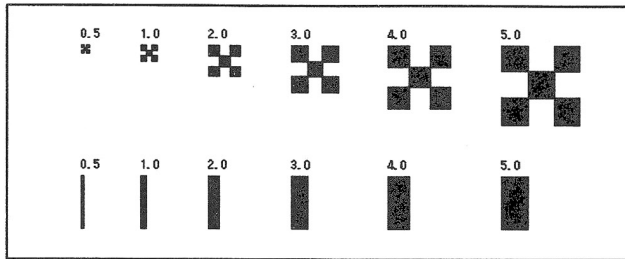


図-6 検証用ターゲット

カメラ	富士フイルム Finepix S1 Pro	Canon Poweshot S1 IS	SONY SNC-RZ30N
総画素数	613 万画素	320 万画素	80 万画素
CCD サイズ*	21.3×15.6	5.34×4.00	3.30×2.95
レンズ※1	28～105	5.8～58	2.4～60
	43～162	38～376	23～586

※1：上段：レンズ焦点距離 (mm)
下段：35mm フィルム換算値 (mm)

表-1 検証カメラの性能比較

表-1にある3機種のカメラで比較検討した。

Finepix S1 Pro は、デジタル一眼レフカメラとしては標準的な 600 万画素クラスのカメラであり、レンズも標準装備のものを用いている。

Poweshot S1 IS は、コンパクトカメラの比較対象として採用しているが、画素数はこのクラスの標準的な 300 万画素クラスだが、光学 10 倍ズームを搭載しており、特に最大 58 mm というレンズを採用しているところに特徴がある。

総画素数とレンズの 35mm フィルム換算値を見比べると、RZ30N が極端に画素数が少ないことがお判り頂ければと思う。しかし、レンズの 35mm フィルム換算値では 586mm と、3 機種の中で最大の望遠レンズを搭載している。これらの 3 機種はそれぞれに特徴を持っており、今回の基本性能比較では、画素数と焦点距離のどちらがひび割れ計測に対して有利に働くのかを見極める上でも重要な試験であるといえる。

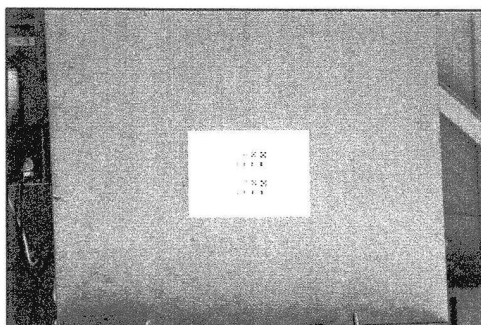


図-7 Finepix S1 Pro の画角

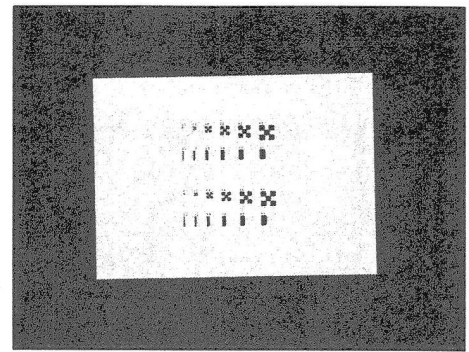


図-8 Powershot S1-IS の画角

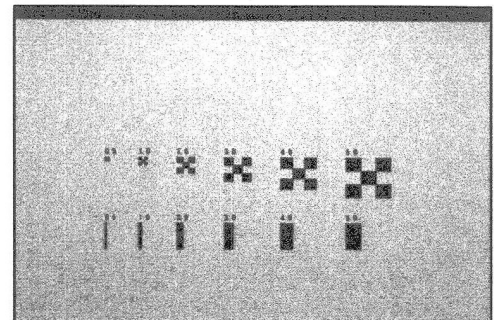


図-9 SNC-RZ30N の画角

	Finepix S1 Pro	Poweshot S1-IS	SNC-RZ30N
二値化画像			
分解能	0.327	0.222	0.272
検出 pixel	2～3	4～5	4～5

表-2 カメラ毎の解像度の比較

図-7～9は、距離 5 m からターゲットを撮影したものである。レンズ倍率の違いは一目瞭然と思われる。しかし、画素数がそれぞれ違っているため、単純に比較することはできない。そこで、1 mm 四方のターゲットについて解像度を比較した。表-2はその結果である。

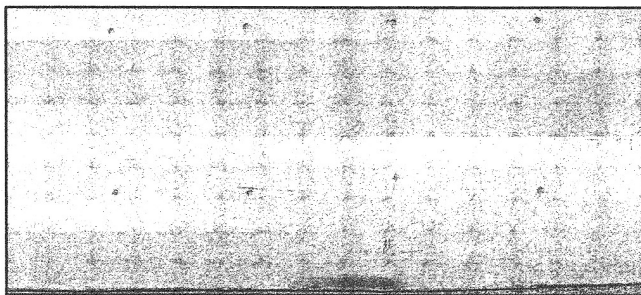
4. ひび割れ展開図の作成

パノラマ画像を利用したひび割れ展開図を作成するため、図-5にある所内施設の壁面を利用して実験を行った。

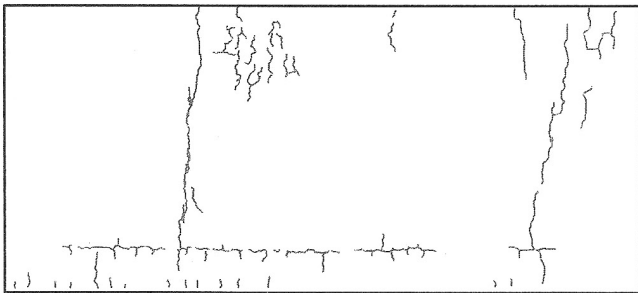
計測は、図-10にあるように距離約 5 m から撮影を行った。撮影時の天候は晴れていたが、計測壁面は日陰という条件であった。



図－１０ 壁面計測状況



図－１１ RZ30N によるパノラマ画像



図－１２ ひび割れの CAD 出力

図－１１にある壁面について、RZ30N を用いて撮影した。撮影は光学 20 倍の望遠にて実施し、作業は約 1 時間程度で作業を終了した。なお、ひび割れの検出作業については、現地では行わず後日撮影画像を用いて検出した。

パノラマ出力した画像を確認し、ひび割れの検出結果を CAD 出力したものが図－１２である。この検出作業はデータ処理も含めて 30 分程度で完了した。

5. まとめ

WEB カメラを用いたひび割れ計測を実施した結果、以下の知見を得た。

- ① 地上から撮影し、ひび割れ検出を行うため、足場等の仮設機材が不要である。
- ② パノラマ画像を利用するので、ひび割れの位置特定がし易い。また 1 つのファイルに出力されるので、CAD とのリンクが容易である。
- ③ カメラ・三脚・パソコンがあれば計測が可能であり、移動も容易である。
- ④ ひび割れを見つけてから撮影するのではなく、撮影した後でひび割れ検出を行うため、現場作業が省力化される。

一方、課題としては以下の点が挙げられる。

- ① 数十枚の画像を重ねるため、1 枚のパノラマ画像が 100MB 以上になるため、画像処理には処理能力の高いパソコンが必要である。
- ② 個々の写真の明暗が大きいと、パノラマ化した画像を二値化した際、濃淡に偏りが発生し、ひび割れの検出が困難になる。

今回一連の試験・計測から高倍率 WEB カメラとパノラマ画像に関して、劣化度診断業務への適用性を確認することができた。

今後は、ひび割れの自動検出・焦点距離 600 mm 以上の超望遠レンズを使ったひび割れ検出など、今回の課題を踏まえた上で、更に研究を進めていきたい。

謝辞：本計測の実施にあたり、無理難題にご対応いただいた SONY 株式会社の喜多村悠様、鈴木雅晴様をはじめとする関係者の方々に、深く感謝の意を表します。また、計測全般に亘りご協力頂いた株式会社タクモの清水哲也様にも、重ねて感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本写真機工業会デジタルカメラ委員会：デジタルカメラのカタログ等表記に関するガイドライン，JCIA GLA03，2001。
- 2) 米本和也：CCD/CMOS イメージ・センサの基礎と応用，CQ 出版社，2003。
- 3) 田中益男：写真の科学，共立出版，1999。