

デジタルカメラによるダム調査法について

関西電力株式会社*1

河野 幸彦

株式会社環境総合テクノス*2

石井 政博

株式会社ニコンシステム*3 ○正会員

小出 博

1. はじめに

ダム表面のひび割れ調査は、調査者が高所にアクセスする必要があり、その際、ロープアクセスや仮設足場などによる方法で行われている(写真-1)。しかしながら、これらの方法は、危険が伴うとともに、多大な費用を要する。一方、デジタルカメラの性能や画像処理技術は、近年著しい進歩を遂げている。そこで、調査時の危険性や費用の低減を目的として、デジタルカメラによる画像と画像処理技術を応用して、ダム表面のひび割れ調査を試みた。本手法は、デジタルカメラによる多数の画像をパソコン上で効率的に合成するとともに、座標値を基に画像調整することで、150m 迄の距離から 0.2mm 以上のひび割れ長さと同幅を計測することが可能である。調査面積が広範囲で形状が複雑なダム表面において、適切な調査が可能であるか、得られる結果の妥当性を供試体および実ダムで評価したのでここに報告する。

2. 画像計測手法の原理

デジタルカメラは CCD (Charge Coupled Device) 又は CMOS イメージセンサーが撮像素子となりカメラの光学系から投影された画像を電子的に記録するものである。取り込んだ画像はデジタルカメラ内の処理装置により記録媒体にデジタル画像データとして記録される。デジタルカメラの基本性能は撮像素子及び光学レンズの性能に依存するところが大きく、画素数が多ければ同面積を撮影したときの解像度が高くなる。4m×6m 角のコンクリート表面を撮影したとき 2,900×4,350 画素のデジタルカメラで撮影した場合の分解能(1画素の1辺長)は1.4mmである。この分解能で、微細なひび割れを認識する方法は、デジタル画像の各画素は一般的に RGB3 原色の 256 階調で構成されており、これをモノトーンで示したのが図-1になる。1画素内の長さは座標から換算が可能で、1画素内におけるひび割れに占める割合(面積)と画像階調の関係が明確化されれば、ひび割れを長方形と仮定し、面積を長さで除した値を幅とし、デジタル分解能以下のひび割れ幅が認識できるということになる。

3. 遠隔画像手法の概要

本手法は、高解像度のデジタルカメラでの複数の画像を高精度距離計(トータルステーション)による画像上の座標と併せて、角度、曲率、サイズ補正および

画像合成を行い、正面から見た合成画像を設備部位単位で作成する。この画像を用い、ディスプレイ上で認識できるひび割れをトレースし、ひび割れ長さを評価するとともに、最大と認識できる位置でのひび割れ幅を評価するものである(図-2)。評価精度は、画像の分解能に依存される。すなわち、カメラの画素数、撮影距離および倍率から求まる1画素あたりのサイズが小さいほど評価精度が高まる。また、1画素以下の幅のひび割れにおいても、ひび割れが1画素内に占める面積比率に応じた色の階調を評価することにより認識が可能となる。



写真-1 ダム調査状況

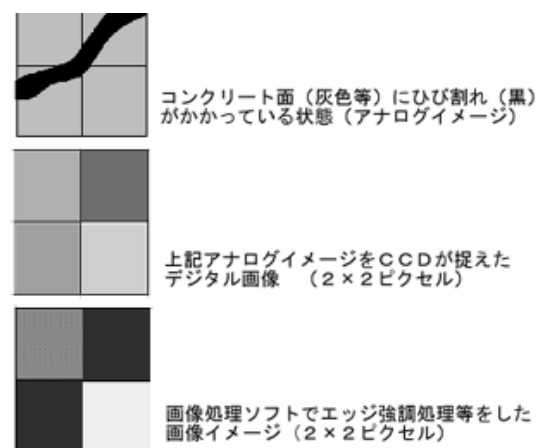


図-1 ひび割れのデジタルイメージ

キーワード：ダム、ひび割れ、デジタルカメラ、画像処理

*1 〒661-0974 尼崎市若王寺3丁目11番20号

TEL 06-6494-9707 FAX 050-7104-2586

*2 〒661-0974 尼崎市若王寺3丁目11番20号

TEL 06-6497-2121 FAX 06-6497-2817

*3 〒220-6116 横浜市西区みなとみらい2-3-3 クイーンズタワーB 16F

TEL 045-682-0140 FAX 045-682-0133

4. 供試体評価

現場計測で求められる撮影距離・角度・日照条件に対して妥当性を確認するとともに、撮影ノウハウを蓄積するためにひび割れを導入した供試体を用いて評価を行った。撮影距離・画角を変化させ、ひび割れ認識精度を評価した結果、距離に関係なく、望遠レンズを用いて画角を7.3m以下に抑えることで、0.2mm幅以上のひび割れを90%以上の認識率で計測が可能であることが分かった。また、600mmの望遠レンズを用いることで、今回の実ダム計測における150m程度の離隔距離からの撮影でも精度を確保できることが分かった(図-3)。撮影角度においては、45°以内であれば日陰においても認識率90%以上を確保できる結果が得られた。

5. 実ダム評価

当社の2地点のダムにおいて、画像計測を仮設足場等の設置が不要な安全な場所から、気中部のコンクリート表面(2ダム合計約10,000m²)を対象に行った。画像撮影は、供試体評価の結果から6m画角、角度45°、離隔距離150m以下となる場所を選定して行い、2ダム合計約1,500枚を7日間で取得した。また、適切な撮影位置を選定することで、対象箇所全てにおいて画像を取得することができた。撮影画像は全て座標計測を行い、角度、曲率、サイズ補正、画像合成後展開画像を作成し、幅0.2mm以上のひび割れ抽出を行った。実処理としてダム下流面で撮影画像28枚を合成したものと、角度、曲率、サイズ補正後、ひび割れを抽出したもので行った。2ダムの全てのひび割れに対して、幅0.2mm以上のひび割れ長さを従来手法と比較評価した結果、約97%の個々のひび割れにおいて計測差の比率が±10%以内であり(図-4)、設備部位単位のひび割れ総延長の計測差は-2.1%~+6.2%であった。ひび割れ幅は、約98%で従来手法との差が±0.1mm以内であった。

6. まとめ

デジタルカメラと高精度距離計(トータルステーション)を用いた遠隔計測によるひび割れ検出手法を提案し、供試体および実ダムで検証した結果、幅0.2mm以上のひび割れに対して、総延長の計測差の比率が±10%以内であることが確認でき、ダム劣化調査において、本手法による外観調査に活用できる見通しがたった。今後は、省力化の検討を行うとともに、画像撮影補助技術の検討を行い、水槽など水力発電所その他設備への適用拡大を図る予定である。

7. 参考文献

- 1) 小出他 デジタル画像によるコンクリート構造物ひび割れ認識アルゴリズムの開発 土木学会第55回年次学術講演会(平成12年9月)
- 2) 外川他 デジタル画像による撮影角度と認識可能なひび割れ幅の検証 土木学会第55回年次学術講演会(平成12年9月)

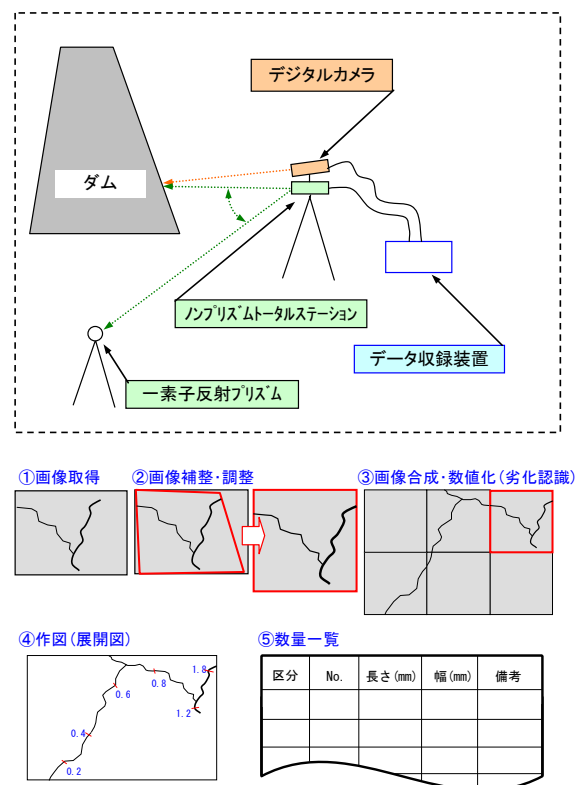


図-2 画像計測手法のイメージ

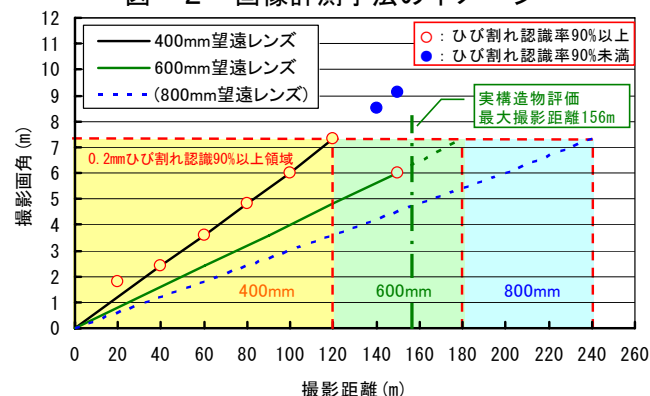


図-3 ひび割れ認識評価結果(撮影距離, 画角)

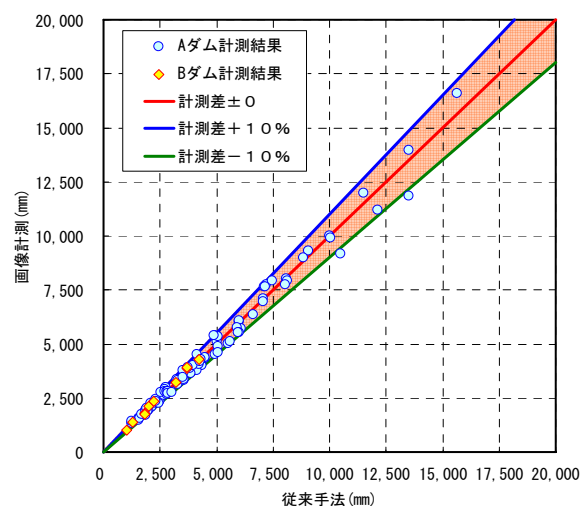


図-4 ひび割れ長さ計測結果