

# デジタルX線画像処理システム（FCR）の 溶接継手検査への適用

庄司 廣治\*

Hiroharu Shouji

画像処理技術の急速な進歩により、デジタルX線画像処理装置が実用化された。その装置の実用例として、配管等の減肉調査に使用されている。日本規格ではDigital Radiography（以下DRという）が認められていないが、今回、DRを認めている海外規格を適用する輸出工事で、溶接部のX線検査として初めて適用した。

溶接部のX線検査にデジタルX線画像処理装置を適用するには、適用規格の要求を満たしていることが必須条件である。規格要求の中での必須条件である透過度計識別度及び画像の濃度、客先要求である裏ビード高さの管理方法等の条件を満足していることを実証し、実機に適用したので紹介する。X線検査にデジタルX線画像処理装置を使用すれば、撮影時間の短縮、被ばく線量の低減、暗室での作業が不要等の作業環境の改善ができ、現像液、定着液等の廃液やフィルム等の廃棄物の大幅な削減が可能である。

キーワード：X線検査、デジタル画像処理、イメージングプレート、透過度計識別度、画像の濃度、板厚測定

## 1. はじめに

近年の画像処理技術の急速な進歩によりデジタル画像処理装置が実用化されるようになった。今回紹介するデジタルX線画像処理装置FCR（Fuji Computed Radiography）は、DRの一種で、輝尽性蛍光体に放射線像を捕捉した後、画像読取装置で輝尽発光を電気信号に変換、デジタル処理を行なって画像をモニターに表示させる方式である。この方式はComputed Radiography（以下CRという）に分類される。DRには、これ以外にも、放射線像を検出器（主に半導体検出器）において

電気信号に変換し、その後デジタル処理を行なって画像を得るデジタル透視法、放射線像をフィルムに撮影した後、そのフィルム画像を画像読取り器（デジタイザ）を用いて電気信号に変換し、デジタル処理を行い画像を得るフィルムデジタイジング方式がある。（注1）

DRは様々な分野で普及しつつあり、工業界においては、配管等の腐食調査にFCRが使用されているものの、国内では溶接部の検査に使用した事例はなく、規格要求に適合していることの実証を行なった後、約18,000継手の溶接部検査に適用したので紹介する。

\* 西日本事業部 相生事業所 検査技術グループ 課長

## 2. CR方式の概要

システムの構成を図1に示す。システムのうちX線像を得るための撮影は従来とほぼ同じで、X線フィルムの代わりに輝尽性蛍光体を塗布したイメージングプレート（以下IPという）を用い、これにX線透過像を潜像として記憶させる。IPに記憶された潜像は、画像読取装置の中で電気信号に変換される。画像の読み取りは、IPにレーザー光を走査することにより、IPが受けた放射線量に比例した発光が得られる。この光を集光し光电変換素子で電気信号に変換後、AD変換する。その後、適度な画像処理を加えモニター上に表示する。又透過フィルムにも出力できる。

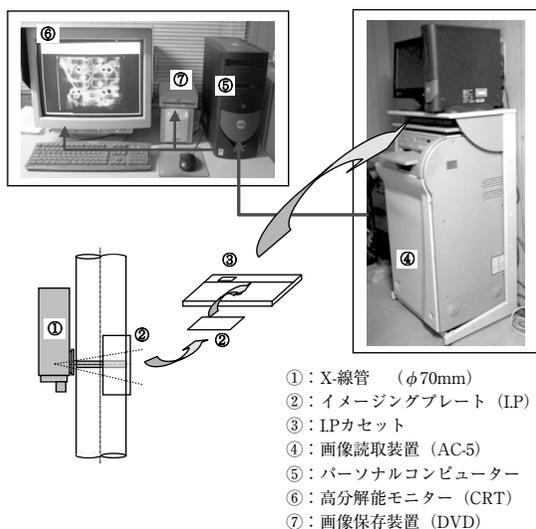


図1

## 3. FCRと従来のX線フィルムの比較とFCRの特徴

### (1) FCRとX線フィルムの比較

表1 FCRとX線フィルムの比較

作業項目	工業用X線フィルム	FCR
撮影作業	カセット、遮光袋等にフィルムを入れX線装置にてX線を照射する。	X線発生装置によるX線の照射はフィルムと同じ。フィルムの代わりにイメージングプレートを使用。
現像作業	暗室環境で現像機等による化学処理	通常環境で専用のIP読取り装置による光学的処理
判定作業	高輝度シャーカステン等を使用してフィルムを直接判定する	CRTによる判定作業。デジタルであるため見やすく画像処理が可能。
保管とデータ活用	フィルムを現物保管	DVD-RAMへの画像の記録。画像はデータ化されており他への活用可能。

### (2) FCRの利点と欠点

表2 FCRの利点と欠点

項目	内容
利点	① ダイナミックレンジが広いこと、画像処理条件の調整により、板厚が大きく異なる対象物でも、良好な画像が1回の撮影で得られる。
	② 読み取り精度 0.1 mm、表示精度 0.1 mmの、高解像度で画像を評価・判定することができる。又、2倍表示で傷像が見易い。
	③ QL値（フィルムの濃度に相当する値）から任意部の厚さを測定することが可能。又、ある断面の板厚変化を表示させることができる。
	④ IPの感度が高いことにより、従来のフィルム撮影に比べ、約半分の露出時間で良好な画像が得られる。
	⑤ IPは繰返し1000回以上使用可能。
	⑥ 暗室が不要で作業環境が改善できる。
	⑦ ドライシステムであるため、現像液、定着液、洗浄水等の廃液が出ない。又、フィルム等の廃棄物も出ない。
	⑧ パソコンでのデータ活用や、データ保存後の検索が容易である。
欠点	① 画像処理により画像の解像度が向上する反面、擬似指示が現れやすい。

#### 4. 実工事への対応と工事の実績

##### (1) 透過度計識別度（画像の解像度）

一般的な工事の溶接部検査で要求される透過度計識別度は、母材厚さの3～4%の径の線が識別できればよいが、今回の工事での透過度計識別度は、母材厚さの2%の径の線が識別できなければならなかった。この要求を満足するための画像処理条件の確立、並びに使用機材の選定を行なった。最終的には、X線装置の焦点サイズが小さなもの（一般的にミニフォーカスと言われている装置）とFCRの組み合わせで、客先要求の透過度計識別度を満足させることができた。通常のX線装置を使用する場合には、X線束を細く絞った精密撮影を行うことで客先要求の透過度計識別度を満足させることができ、実工事においてはこの方法も併用した。

解像度が向上した反面、微小な凹み状の像が輪郭強調され、画像上で見つけやすくなり、この像の判定に相違が生じた。微小傷を設けた限度見本の画像サンプルにより判定者間の判定レベルを統一し工事に対応した。

図2にFCR画像の代表例を示す。

##### (2) 裏ビード高さの測定

FCRでは、画像の任意点のQL値（フィルムの濃度に相当する値）を測定し、QL値から厚さへの換算が可能である。測定するためには基準厚さにより測定システムの校正を行なわな

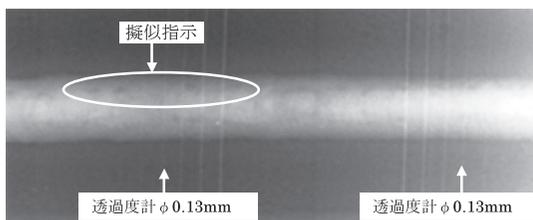


図2

ればならない。このために、厚さを0.5mm毎に変えたステップウエッジを、X線撮影しFCRで画像として取り込み、写しこまれたステップウエッジの段差のQL値により、測定システムを校正した。QL値を測定するための円形のカーソルは、直径が4mmあり、カーソル内で厚さが増えていると、FCRでの測定値の方が過小評価となる傾向があった。実機では裏ビード高さの管理値を下げ対応した。

図3にQL値と実厚さの関係を、図4に裏ビード高さの測定例を示す。

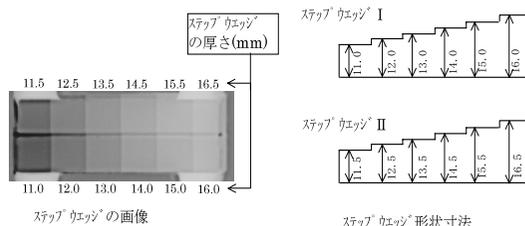
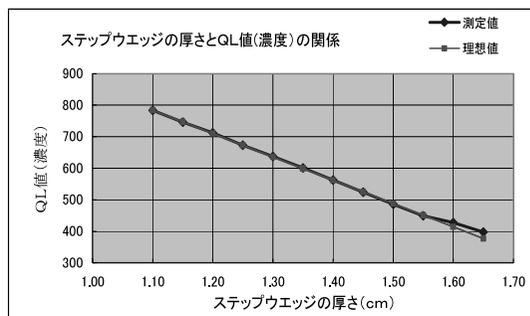


図3

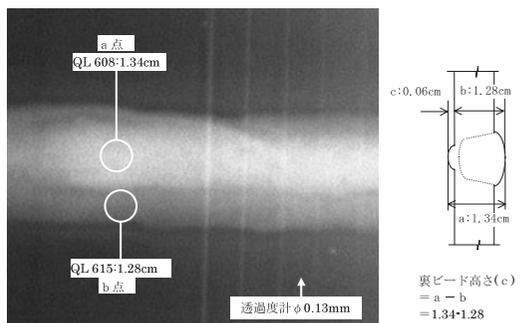


図4

(3) デジタル画像の濃度

FCRの画像の濃度は、従来のフィルムにおける光学的な濃度として表示はできないものの、光学的な濃度に変わるものとしてQL値で表示できる。運用に当たっては、FCR画像上で、規格で要求される透過度計識別度が得られるQL値の最低値と最高値を濃度範囲とすることで対応した。

(4) フィルム法との消化能力比較

FCRとフィルム法との消化能力の比較結果を表3に示す。

表3 FCRとフィルム法との消化能力の比較結果

項目	フィルム	FCR	削減率	
撮影時間	エージング	0.1分	0.1分	0%
	装置・マークフィルム配置	1.5分	1.5分	0%
	フィルム又はIPの配置	1.5分	1.5分	0%
	照射時間	1.5分	0.7分	53%
	撮影時間の合計	4.6分	3.8分	17%
現像時間	画像の読み取り又はフィルムの現像	1.0分	1.0分	0%
	IP又はフィルムの詰替え	0.7分	0.7分	0%
	判定前の画像又はフィルムの整理	0.5分	—	100%
	現像時間の合計	2.2分	1.7分	23%
判定	判定	1.0分	1.0分	0
	ビード高さの測定／濃度測定	1.5分	1.0分	33%
	判定時間の合計	2.5分	2.0分	20%
1枚当たりの撮影・現像・判定の合計	9.3分	7.5分	19%	

1日あたりの最大撮影枚数を700枚として算出した。

 FCRの方が優れていた項目

実工事でのFCRの消化能力を下記に示す。

検査対象物 : 4B×6.0 tの配管  
18,000継手

検査期間 : 10ヶ月

総撮影枚数 : 10万枚

1日あたりの平均撮影枚数 : 400枚

1日あたりの最大撮影枚数 : 700枚

①1枚の画像又はフィルムを、撮影・現像・判定するのに必要な時間は、FCRで7.5分、フィルム法で9.3分で、所要時間の削減率は約20%であった。

②計画では1日当たり700枚であったが、平均撮影枚数では計画値を下回ったが最大処理枚数は計画どおりであった。

6. おわりに

透過度計識別度並びに画像の濃度範囲が規格要求を満足していること、裏ビード高さが測定できること、検査時間の短縮（約20%）、消耗材の大幅な削減等のFCRの特徴を生かし、実機に適用、無事工事を完了させることができた。さらに、工事の適用規格がDRの使用を認めた海外規格であったことが、実機適用への最大のポイントでもあった。国内規格ではDRの使用を認めた規格はなく、国内向け工事では自主検査や調査に適用できるのみであることが非常に残念である。今後は、国内工事において、IHIと協力し自主検査で活用すべく基準を確立していく予定である。

最後に、FCRを工事に適用するに当たり、IHI関連部署の多大なご尽力が得られたことを深く感謝いたします。

注1) 引用図書 社団法人 日本非破壊検査協会 NDIS 1403「デジタルラジオグラフィックシステムによる放射線透過試験」