

## 自動超音波探傷装置の紹介

〈建築用ボックス柱の角溶接部およびダイヤフラムエレクトロスラグ溶接部に適用〉

工藤 憲二<sup>1)</sup> 清水 光弘<sup>2)</sup>

建築鉄骨の溶接部に対する非破壊検査は手動超音波探傷法の適用が主流になっている。この検査法は軽量のポータブル型超音波探傷器を被検査対象物に持ち運び、探触子を手動で走査する事により、その場で溶接欠陥を判別できる簡便さに大きな特徴がある。反面、探触子の走査が手動である事に起因し、下記に示す問題点が指摘されている。

- ① 検査結果の判定が技術者のレベルにより左右されることがある。
- ② 検査データの再現性が完全でない。
- ③ 第三者が判別する際不可欠な欠陥位置と長さを明示した記録性の欠如。

今回、以上の問題点を排除した自動超音波探傷装置をボックス柱製造ラインの最終工程に導入した。以下にボックス柱の角継手完全溶込み溶接部およびダイヤフラムエレクトロスラグ溶接部に対する検査の概要を紹介する。

### まえがき

当社のボックス柱製造ラインは高品質なものを高効率で供給する目的で導入され現在稼働している。高品質なボックス柱である事を証明する品質保証の一部として、溶接内部品質について従来は、手動超音波探傷器により検査を行い、その結果を分析し製造ラインにフィードバックしていた。

しかし、製造ラインの最終工程を人手にたよるが故の問題点も多く、自動超音波探傷装置（㈱アスペクト社製）を1992年2月に設置した。現在導入後約1年を経過し、本装置の特性について概ね把握する事が出来、ボックス柱製造ラインの最終工程を担い、フル稼働している。（写真-1、2、3）

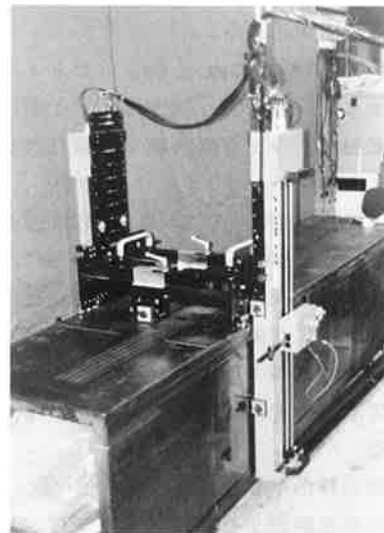


写真-2 ダイヤフラムエレクトロスラグ溶接部自動探傷装置

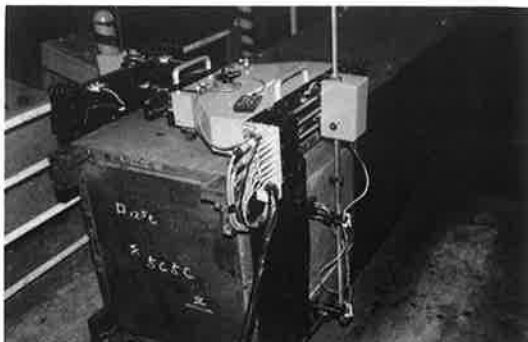


写真-1 角溶接部自動探傷装置



写真-3 データ収録用コンピューター

1) 東京工場技術部技術課課長 2) 東京工場技術部技術課

### 1. システム構成

システムの概要を図-1に示す。

1) 超音波探傷装置 [4chUT+4chCC]……①

4チャンネル探傷のAスコープ表示と4チャンネルのカップリングチェックが、1台のCRT画面表示でスイッチの切り換えにより、リアルタイムで監視できる。

2) データ収録用コンピュータ……②

データ収録用プログラムが組み込まれており、探傷前に行うキャリブレーションの設定値をキー入力する。表示は4チャンネル探傷のリアルタイムCスコープ表示および探触子走査軌跡表示を行う。またチャンネルごとのエコー高さ(%）、ピーク路程(mm)をデジタルで示す。さらにカップリング状態G(Good)・N(No Good)を表示する。データ収録は300mmごとにハードディスクへ約1秒の転送時間で自動転送され、転送後直ちに次の300mmの自動収録体制に入る。

3) ボックス柱UT台車 [BP]……③

自動走行台車(BT)と自動走査機構部(AP)から構成される。BTは、ボックス柱フランジ面をマグネットローラにて駆動する主駆動部、ボックス柱端部を検出する端部検出センサー部、AP用X軸駆動機構部で構成される。

APは走査駆動部本体、Y軸シャフト4本のZ軸探触子ホルダーおよび、複合探触子4個により構成されており、ウェブ面角継手4線に対し超音波を同時に入射する。

探触子は探傷面から0.2~0.5mm程度浮かしたギャップ法により探傷する。探傷面の凹凸に対しては探触子ホルダー部のジンバル機構(接触面に対して常に自由に可動して面の傾きなどに追従する機構)およびZ軸の伸縮スプリング機構が機能し、探触面に沿った安定した走査ができるよう設計されている。

4) 自動走行台車制御部 [BTC]……④

走行台車を制御する。探傷モード選択スイッチ・

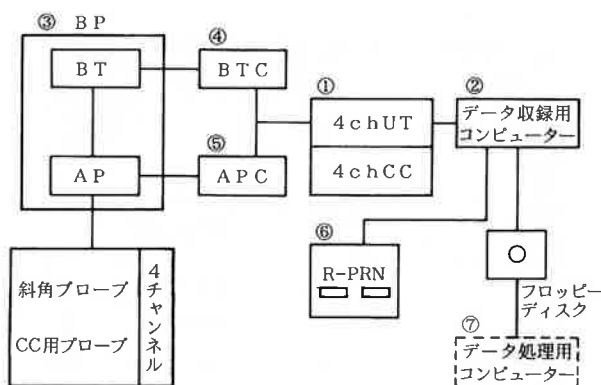


図-1 システムの概要

フルベネ検出用探触子ゲイン・ゲート調整ツマミ・走行スイッチ・台車走行速度調整ツマミ・走行方向操作レバー・台車走行距離デジタル表示・アラームランプにて構成されている。

5) 自動走査機構制御部 [APC]……⑤

走査機構部の制御を行いX軸・Y軸座標をデジタル表示する。原点およびストローク設定スイッチ、開始・中断・終了スイッチ、マニュアル時の走行方向走査レバー、X軸・Y軸スピードツマミ、アラームランプなどで構成される。

6) リアルタイムプロッタ [R-PRN]……⑥

300mmごとにデータ収録された4チャンネルのA・B・Cスコープ表示をデータ転送直後に印字する。

7) データ処理用コンピュータ……⑦

収録データの解析作業用コンピュータ。標準のデータ処理プログラムは収録データのA・B・Cスコープ表示、ピークエコーリスト、ピークエコー高さ、検査成績書などである。

### 2. 操作方法概要

1) 角溶接部の探傷

探傷前作業として、入射点、屈折角の測定を行い、探傷感度の設定時にDAC曲線を作成する。次に検査対象部材マーク、開先形状寸法、測定範囲、検査位置および検査ゾーンをデータ収録用コンピュータに入力する。検査対象物の置き方は、フランジ面を天地方向にする。探傷子が走査するウェブ面のケレン作業を行った後、検査ゾーンに探触媒質を塗布する。走行台車を検査対象物の材端近傍にセットする。以上で準備作業は終了となる。

探傷手順を図-2に示した自動UTフローチャートに基づき以下に説明する。

- ① 探傷スタートスイッチをONにする。
- ② 台車は自動走行にて材端へ移動し、材端部をリミットスイッチにて検知した後
- ③ あらかじめ入力された検査ゾーンのスタート位置へ移動する。
- ④ 探触子の走査が始り300mm毎に探傷・データ収録・走行を繰り返す。
- ⑤ 1FL分の検査ゾーンが終了すると次の1FL分の検査ゾーンのスタート位置に台車が移動する。
- ⑥ 柱1本分全ての検査ゾーンの探傷が終了すると最初のスタート位置(原点)に台車が移動し検査が終了する。

2) ダイヤフラムエレクトロスラグ溶接部の探傷  
探傷前の作業としては、内部欠陥検出用について探傷感度の設定時にDAC曲線を作成する。溶込み幅測定については、探傷開始前に健全部の

底面エコー高さを80%に合わせる。探触子が走査する面は、4面エレスラの為、両サイドウェブ面探傷後、ボックス柱を90°反転させ、両サイドフランジ面を探傷する。

探傷手順を図-3に示した自動UTフローチャートに基づき以下に説明する。

- ① ダイアフラム部に台車移動。
- ② 走査機構探触子位置をダイアフラム位置表示逃げ線に合わせ原点のセット。
- ③ スタートスイッチON。
- ④ 走査範囲設定用リミットスイッチの検出によりストップ。
- ⑤ 次のダイアフラム部に台車移動。
- ⑥ ②、③、④、⑤を繰返し、フランジ面を全て検査する。
- ⑦ ボックス柱を90°反転。②、③、④、⑤を繰返しウェブ面を全て検査する。
- ⑧ 検査終了。

### 3. 自動超音波探傷法(AUT)と手動超音波探傷法(MUT)の比較

#### 1) 欠陥検出性能

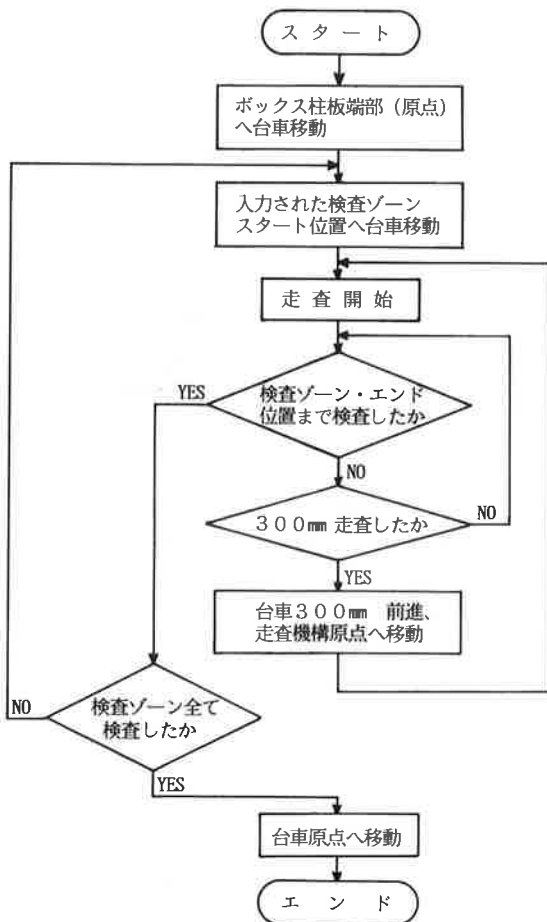


図-2 自動UTフローチャート(角溶接部)

- ① 走査法はAUTの場合最大1mmピッチで縦方型走査を行う事ができる。MUTでは手動によるジグザグ走査にて行う為、均一な走査は困難である。
- ② 欠陥指示長さの測定精度はAUTの場合最大1mm単位で行う事ができ、L線を超える範囲の探傷子移動距離をコンピュータにより自動読み取りにより行う為、何度検査しても同じ結果(再現性が良い)ができる。MUTではL線を超える範囲の探傷子移動距離を目視でスケールにて読み取る為、測定精度にバラツキが出る。
- ③ 長時間の連続運転による影響はAUTの場合探傷装置を1度セットしてしまえば検査ゾーンがいくら長くても連続運転が可能であり、検出性能に影響を与える事は無い。MUTでは人間の集中力、持続時間に限界がある以上、長時間作業の際、欠陥判定精度に誤差を生じる場合がある。

#### 2) 欠陥データの採取および記録

- ① AUTの場合、探傷作業、データ収録、収録データのプリントアウトがコンピュータ制御により、全て人間が介在せず自動的に行うことができる(図-4)。

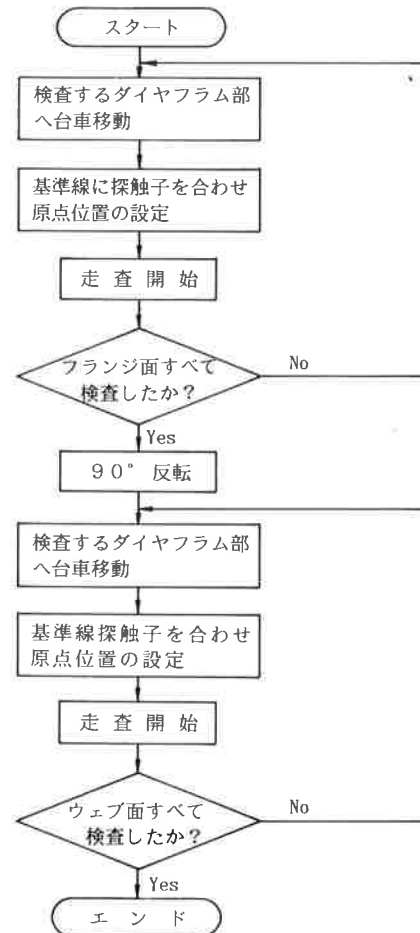
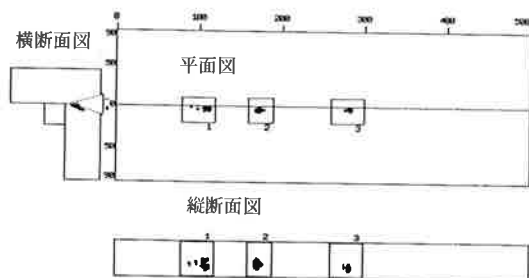


図-3 ダイアフラムエレクトロスラグ溶接部



評価記録

検出位置	深さ	長さ	幅	形状	評価	備考
1	0.5	905	103	152	2	0.5mm
2	1.6	973	143	148	5	96%
3	1.5	1022	148	142	30	10%

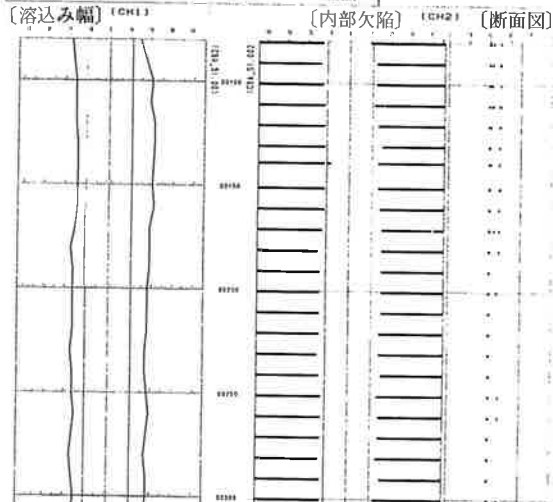
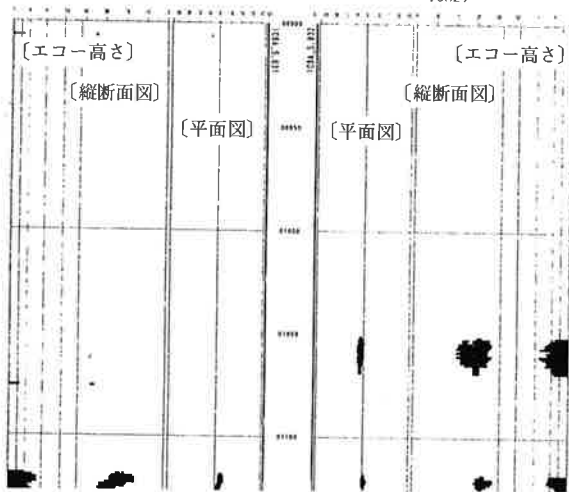
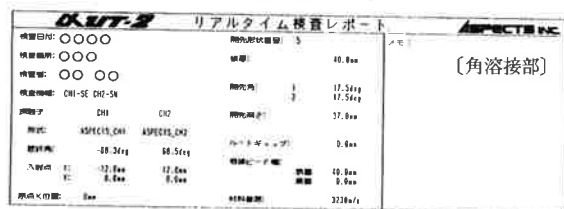


図-4 欠陥データの採取および記録

② MUTでは探傷作業、欠陥データの記録および報告書作成まで全作業を人手に頼って行っている。

3) 探傷作業能率の比較

AUTとMUTの探傷作業能率の比較例を表-1に示した。比較例からAUTの作業能率がMUTの約2倍である。

4. ま と め

現在、自動超音波探傷装置 (AUT) 導入後約1年を経過した。本装置はボックス柱製造ラインの最終工程に位置付し、溶接品質保証の有力な武器として活躍している。導入後の効果として下記4点があげられる。

- ① 手動UTでは成し得なかった欠陥の分布がリアルタイムで、しかも図示により解り易く表現されている。
- ② 同じ溶接部位を数回繰り返して探傷しても同じデータが得られ再現性が良い。
- ③ 長時間の連続運転を得意とし溶接線が長い程探傷効率が良い。
- ④ 時間の経過に伴って検出能力に差が生じる事は無い。
- ⑤ 溶接品質データの解析が容易になった事。さらに溶接オペレータへの情報伝達が正確にしかも迅速に行えるようになった。

あとがき

① 欠陥検出能力では、1検査単位(300mm)内での欠陥指示長さの測定能力を除くとMUTとの差はまず無いと考えられる。これはAUTとMUTで探傷法の基本原理は同じである事による。被検査材の板厚が極厚化するに伴って欠陥位置の測定精度は両者共悪くなる。一般探触子ではビーム距離が長くなる程ビームの拡がりが大きくなる為である。

この結果ルート部に発生した欠陥の評価に誤差が生じる。対策としてルート部に限定して探傷する目的でフォーカスタイプの探触子を使用する。(超音波ビームが焦点近傍で細く絞られたタイプ)

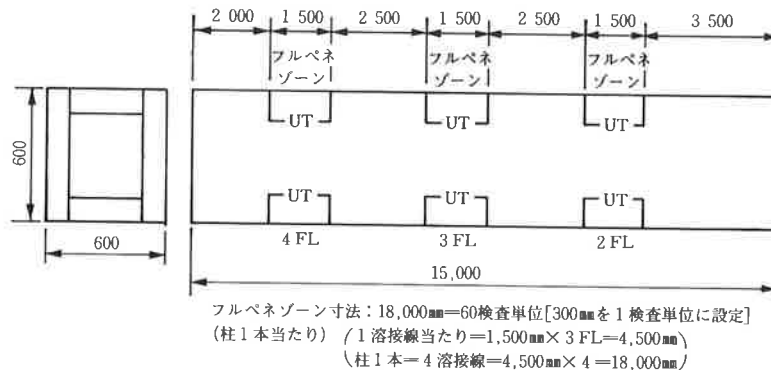
② 接触媒質をソニコートから水に変換する。現状は被検査体にソニコートを塗布した後探傷を行っている。ソニコートは粘性が高く検査の後工程の障害になる為、ウエスで拭き取る作業が必要である。現状の装置には探触子位置にノズルから水を噴出する機能を持っている。しか

表-1 AUTとMUTの探傷作業能率の比較例

比較項目	AUT (H)		MUT (H)	
	内訳	小計	内訳	小計
検査柱の配置	柱5本を所定場所に配置する 20分×5本	1.7h	検査可能な柱に検査員が移動して検査する	0.0h
探傷準備作業 探触子探傷装置の調整およびキャリブレーション	朝と昼の作業開始時 30分×2回	1.0h (8.9%)		3.0h (8.2%)
探傷面の手入れ	スパッタ、スラグ除去 接触媒質の塗布	0.5h (4.4%)	AUTと同じ	0.5h (2.1%)
探傷作業	30分×5本	2.5h	平均100検査単位/日5h	15.0h
探傷結果の記録 欠陥位置計算	探傷作業時に収録し 柱1本単位でリアルタイムにてプリントアウト	0.4h	欠陥数により大きく異なるが平均的な値を採用した	2.5h
合否判定	データ解析用コンピュータにて自動判定	1.0h	検査員が判定規準と照合	1.25h
探傷台車の移動	専用治具にて移動	0.4h	—	0.0h
検査結果表のまとめ	データシートの整理収録	2.0h	報告書作成	3.0h
検査終了柱の移動	次工程へ移動する	1.7h	—	0.0h
合計		11.2h		25.25h
AUTとMUTの比較	1		2.25	

設定条件

- 1) 検査柱数量を1日当り5本に設定する。
- 2) 検査柱のサイズ：スキンプレート板厚(mm)×断面寸法(mm)×全長(mm)=40×600×15,000
- 3) 検査対象部位：BOX柱角溶接の各FL毎フルベネゾーン(UT部位)
- 4) 検査員数は2人-1組(A・MUT=探傷装置1台)



し現状では床面に排水用設備が無い為、この機能を使用できない。今後はソニコートと水の音響インピーダンスをチェックした上で適用を検討したい。

- ③ 制御装置と台車間の接続ケーブルを極力減らしたい。

台車走行時のケーブルが台車に沿って移動する機構になっている。ケーブル損傷防止の為、制御装置からの指令を無線化の方向で検討したい。

- ④ 従来建築鉄骨の分野では同じ溶接部を製作者側が行う自主検査と、受入側が行う第三者検査とが二重に行われている。AUTによる客観性の有るデータを得られるようになった現在、AUT

データ提出により、第三者検査を省略もしくは同検査の抜取率低減を働きかけて行きたい。

- ⑤ AUT検査データとBOX柱製造装置類とを接続した総合品質保証体制の確率。

現在検査終了柱毎にUTデータシートを溶接オペレータにフィードバックして次の溶接サイクルに反映している。しかし製品の最終品質に影響を及ぼす因子は溶接工程のみならず、全工程が含まれる。この事から将来は全てのBOX柱製造装置と接続し、互いに情報交換できるシステム創りにはげみたい。

最後に、本装置の導入およびその後の改良に対し多大な協力をいただいた(株)アスペクト社に感謝の意を表します。