

溶接ルート部に内在する未溶着部高さ寸法の超音波測定方法

(財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○村野 益巳 首都高速道路公団 正会員 並川 賢治
(財) 首都高速道路技術センター 正会員 平林 泰明 東京工業大学 フェロー会員 三木 千壽

1. はじめに

鋼製橋脚の隅角部にて発見されたき裂は、その発生要因を隅角端部での応力集中、車両荷重の増大とした疲労き裂であることが解っている。首都高速道路においても、この問題解決のため、発生き裂及び発生部位の詳細調査方法、隅角部の補強及びき裂補修方法の検討を重ねているところである。

2. 目的

既設鋼製橋脚の隅角部にて発見された疲労き裂の多くは、部分溶け込み溶接によって溶接線に形成された未溶着部を起点として発生している。補強及び補修方法を判断する上で、溶着金属の溶け込み量の情報は重要な要素であり、現在、溶込み量の調査はコア抜きにより最終確認しているのが実状である。しかし、コア抜きが難しい箇所等での溶込み量の調査には非破壊検査手法である超音波探傷検査が適しており、その精度について整理が必要であった。

本検討では、超音波探傷検査において高さ方向のきずの測定方法として有効とされる手法を用いて、K 型開先溶接ルート部に内在する未溶着部の高さ寸法の測定及び断面マクロ実測値との精度比較を行っている。

3. 未溶着高さ測定方法

1)10 連タンデムアレイ探傷法（図 3-1）

ルート部に内在する未溶着部のように探傷面に垂直な面状欠陥の場合、一般的な一探触子法では未溶着面で超音波が鏡面反射してしまい適切なデータの採取が難しい。東京工業大学にて開発された 10 連タンデムアレイ探傷では、間口を広げたタンデム探傷が可能となり、反射エコーを的確に捕えることができる。また、探傷データは開口合成処理を行うことによりきずの断面画像を得ることができる。

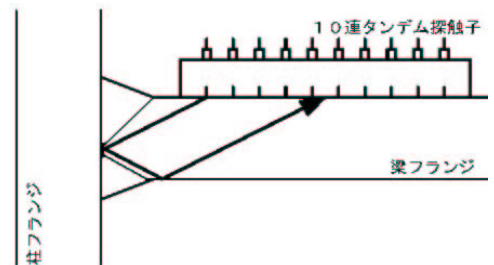


図 3-1 10 連タンデムアレイ探傷法

2)点集束斜角法（端部エコー法、6dB ドロップ法）（図 3-2）

超音波がきず先端に斜めに当たると、回折波である端部エコーが発生する。この原理を利用し、内在する未溶着部に対して表裏面から斜角探傷し、上下端からの回折波を捕えようとするのが端部エコー法である。本検討では点集束型の斜角探触子を使用し端部エコーの検出及び 6dB ドロップ法による溶け込み線の測定を行った。

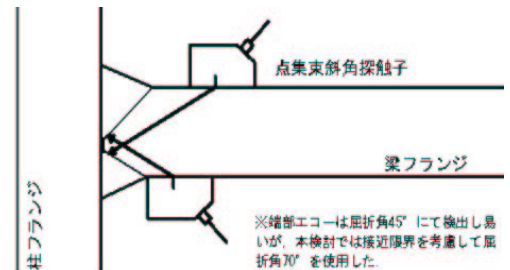


図 3-2 点集束斜角法

3)表面 SH 斜角法（図 3-3）

一般的に使用されている斜角探傷の横波（SV 波）が板面に対して垂直方向に振動するのに対し、SH 波は板面に平行方向に振動する波である。この SH 波を屈折角 90° に設定し、超音波が板面直下を伝達するようにしたもののが表面 SH 波探触子であり、表面 SH 波はその振動方向の性質上、板面の状態に影響を受け難く、余盛り等に遮られることなくルート部へ超音波を伝達することができる。しかし、検出すべき未溶着面の密着度が高い場合、超音波が伝達され未溶着上下端での反射エコーが確認できない場合がある。

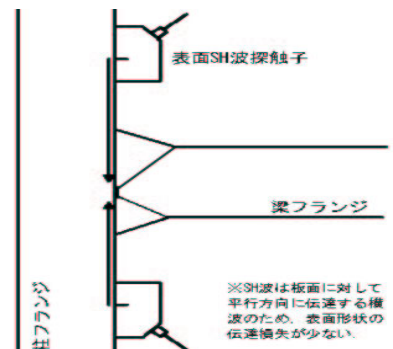


図 3-3 表面 SH 斜角法

4. 探傷結果及び断面マクロ

試験体は板厚を変化させ、開先形状はルート部 2mm 残しを基本とし 1～3mm まで変化させた。溶接に際しては裏はつり省略区間を設けルート部に未溶着を生じさせ、73 箇の未溶着（高さ 1.0～6.8mm）を有する断面を得た。（図 4-1）

キーワード 隅角部, 超音波探傷, 10 連タンデムアレイ, 端部エコー, 6dB ドロップ, 表面 SH 波

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (財) 首都高速道路技術センター構造管理部 TEL 03-3578-5757

表 4-1 に探傷結果を示す。

10 連タンデムアレイ探傷では未溶着部を 100%検出できた。点集束斜角での端部エコー法はエコーを表裏面から検出できたものは 74%となったが 6dB ドロップ法は片面のみでも測定可能であり 100%の検出率が確保できた。表面 SH 斜角法については密着度の影響を受け、69%と低い検出率となった。

5. 測定誤差

1)10 連タンデムアレイ探傷法

探傷結果である原画像は開口合成処理によって増幅されたものである。未溶着高さ測定にはしきい値を設定しノイズ成分を除去する必要がある。検討にあたり、しきい値 50～90%にて変化させ計測値と断面マクロ実測値とを比較した結果より、しきい値 75%が最適と判断した。

図 5-1 に測定値と実測値との誤差を板厚別に示す。図より、板厚 t= 30mm 未満では誤差+2～－5mm とばらつくのが解る。これは斜角探傷の直射領域が狭くなること、または溶接ビードからの妨害エコーに起因するものと考えられる。

2) 点集束斜角法

点集束斜角探触子を用いた端部エコー法では、未溶着上下端にて明確な回折波の様相を得ることができず、ピークエコーを端部からのエコーとし実測値と比較したが、誤差が大きく探傷法としては適さないものであった。そこで、6dB ドロップ法を用いて計測値を求めることとした。

図 5-2 は 6dB ドロップ法による測定値と実測値との誤差を示したものである。点集束斜角法についても 10 連タンデムと同様の問題があり、板厚 t=30mm 未満では+5～－3mm と誤差がばらつくことが解る。

3) 表面 SH 斜角法

図 5-3 は表面 SH 斜角法による測定値と実測値との誤差を示したものである。シンプルな探傷であり精度も期待されたが、誤差範囲は広がった。要因としては、今回のような密着度のある未溶着面では未溶着端部からの反射エコーの判定が難しかったことがあげられる。

表 5-1 に探傷方法別の誤差平均及び標準偏差を示す。

探傷方法	板厚30mm未満		35mm以上		全体	
	誤差平均	標準偏差	誤差平均	標準偏差	誤差平均	標準偏差
10連タンデムアレイ探傷法	-1.2mm	1.9mm	0.3mm	1.0mm	-0.5mm	1.7mm
点集束斜角法 6dBドロップ	0.4mm	1.9mm	1.3mm	1.1mm	1.0mm	1.5mm
表面SH斜角法	—	—	—	—	0.0mm	2.2mm

6. まとめ

未溶着部の高さ方向測定方法として有効と思われる各種超音波探傷方法について、実橋を想定した試験体にて精度を検証した。中でも良好な結果を得たものは 10 連タンデムアレイ探傷法、点集束斜角探触子を用いた 6dB ドロップ法であり標準偏差 2mm 以内、特に板厚 35mm 以上では 1mm 程度に納めることができた。また、10 連タンデムでは 30mm 未満の板厚にて未溶着高さを過小評価し、6dB ドロップ法では 35mm 以上の板厚にて過大評価する傾向が見られた。また、表面 SH 斜角法については良好な結果を期待したが、標準偏差も 2.2mm と大きく対象とした未溶着からの反射エコーの検出も難しかった。表面 SH 斜角法は挟み板での探傷が困難な場合に立板側から探傷可能な方法であるが、精度に関しては課題を残した。

表 4-1 探傷方法別未溶着エコー検出率

探傷方法		探傷断面数	エコー検出数	検出率(%)
10連タンデムアレイ探傷法		72	72	100%
点集束斜角法	端部エコー	73	54	74%
	6dBドロップ	57	57	100%
表面SH斜角法		64	44	69%

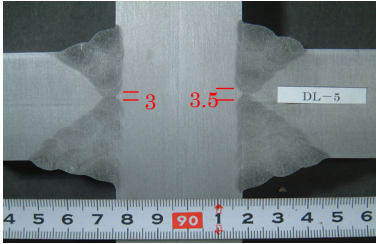


図 4-1 断面マクロ結果(例)

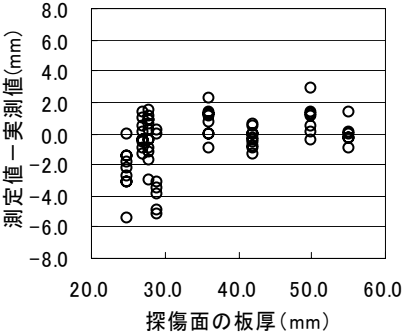


図 5-1 10 連タンデムによる測定誤差

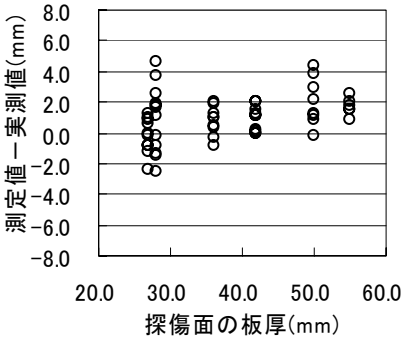


図 5-2 点集束斜角による測定誤差

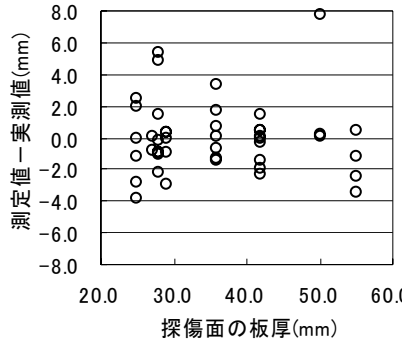


図 5-3 表面 SH 斜角による測定誤差