

鋼橋溶接部の非破壊検査のための 超音波自動探傷システムの性能確認

三木 千壽¹・西川 和廣²・白旗 弘実³・高橋 実⁴

¹フェロー 工博 東京工業大学 教授 工学部土木工学科 (〒 152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

E-mail:miki@cv.titech.ac.jp

²正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所 評価研究官 (〒 305-0804 茨城県つくば市旭 1)

E-mail:nishikawa-k92br@nilim.go.jp

³正会員 博 (工) 武蔵工業大学 講師 工学部都市基盤工学科 (〒 158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)

E-mail:hshiraha@eng.musashi-tech.ac.jp

⁴正会員 修 (工) 独立行政法人土木研究所 研究員 構造物研究グループ (〒 305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail:mtakahas@pwri.go.jp

鋼溶接部における非破壊検査手法が放射線透過試験から超音波自動探傷試験に移行しつつある。しかしながら、鋼道路橋においては、溶接きず合否判定の基準が未整備であり、検査するための要領書も未整備である。きず合否判定基準と検査要領を整備するため、国土交通省などを中心とした共同研究が行われている。超音波自動探傷要領整備に関して、現在用いられている超音波自動探傷システムに対して2回の回送試験が行われた。本報告は、回送試験の目的、概要および結果を述べるものである。

Key Words : *nondestructive evaluation, automatic ultrasonic testing, round robin test, weld defect, performance based design*

1. はじめに

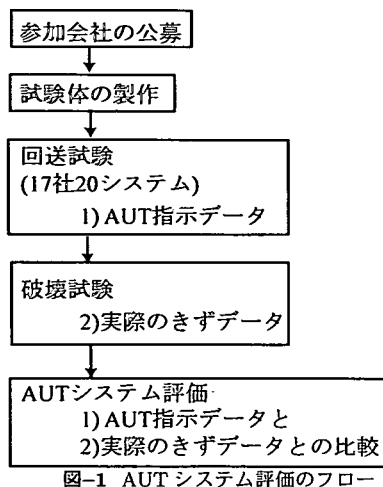
鋼溶接部の品質管理の手法として、放射線透過試験から超音波自動探傷試験に移行しつつある。超音波自動探傷装置の橋梁への適用としては1980年代の瀬戸大橋トラス弦材角継手のルート部に生じるブローホールなどの欠陥の検査に用いられたのがはじまりである¹⁾。当時は疲労破壊を防止する点からブローホールの許容寸法が定められ²⁾、超音波自動探傷システムにより許容寸法以上のきずの検出が要求された。1991年の道路橋示方書改訂の際に、十分な資料を有する場合に限り鋼橋溶接部の品質管理に超音波探傷試験が適用できるようになった³⁾。1990年代以降は超音波探傷試験の研究^{4),5),6),7),8),9),10),11),12)}のみならず、超音波自動探傷試験の適用性に関する研究^{13),14),15),16)}も行われている。しかしながら、溶接きずの判定には、対象物を限定せず一般的な構造物の溶接部の合否判定基準が定められているJIS Z 3060¹⁷⁾が準用された形となっており、鋼橋を特に対象とした許容きず寸法の検討はなされていない。

近年、鋼橋建設において少数主桁橋が建設されており^{18),19)}、その主桁の剛性は大きくなり、フランジの板厚は100mmとなるものもある。フランジ板は現場で溶

接されるが、許容きずと不合格きずを確実に検出する非破壊試験の実現は重要な課題である。従来から適用されている放射線透過試験は板厚40mmをこえる板には適用が困難であり、超音波自動探傷試験を適用せざるを得ないのが現状である。

1999年に、建設省(当時)土木研究所を中心とした超音波自動探傷試験の適用性に関する共同研究が発足した。共同研究においては2回の回送試験を行った。第1回の回送試験は現在適用されている超音波自動探傷システム性能の把握を目的としている。厚板突合せ溶接継手を対象とした場合に、現状のシステムがどれくらいのきず検出性能を有しているかの系統的な調査はなされていない。第2回目の回送試験では、現場での適用性をより重視した計画となっている。また、第2回目は第1回回送試験の結果を反映し、システムを改良し、現場での使用に耐えうるシステムであるかを確認することを目的としている。

本報告は、第1回および第2回回送試験の概要および試験結果を述べるものである。以降は超音波自動探傷試験をAUT(Automatic Ultrasonic Test)と記述することにする。



2. 第1回回送試験の実施

(1) 参加会社の公募および各システムの探傷条件

第1回回送試験の流れを図-1に示す。回送試験はまず参加会社を公募することからはじまった。参加会社は建設省(当時)土木研究所に設置した試験体を定められた時間内に定められた順番で検査し、検査データを提出した。全参加会社が試験をしたのち、試験体溶接部の破壊試験が行われた。破壊試験により実際の溶接きずデータが採取された。提出されたAUT検査データと実際のきずデータを比較し、各探傷システムの評価を行った。評価ではきずの検出および空振りを考慮した。

回送試験参加の公募に17社が参加を表明した。これらには現在、鋼橋の現場溶接に用いられているシステムや他分野で用いられているシステム、さらには新たに開発されたシステムが含まれている。各社のAUTシステムの探傷条件を表-1に示す。探傷条件として、送信波の周波数、屈折角およびエコー収録方法があげられる。参加会社の中には、複数の屈折角で試験を行い、それらの結果を組み合わせずきずを判断するシステムも存在したが、別々の探傷ケースとして評価を行った。

探傷システムでは、探傷範囲における出力信号にゲートをかけ、探傷箇所を抽出するものがある。ゲート内の一つのエコーだけの伝播時間およびエコー高さを記録するシステムを1エコーシステムとよぶ。1エコーシステムではゲート内の最大高さのエコーもしくはゲートしきい値をこえ最初に現れるエコーが選択されることが多い。2エコーシステムはゲートに現れるエコーのうち2つを選択し、伝播時間やエコー高さを記録するシステムである。全波形とはゲート内に現れる波形すべてを記録するシステムである。1エコーおよび2エコーシステムは構成が単純であるが、ゲート内より抽出したエコー以外の情報は捨ててしまうことになる。

表-1 第1回回送試験に参加したシステムの探傷条件

探傷システム	周波数 (MHz)	屈折角 (度)	エコー収録法
1	2	70	全波形
2	2	65	全波形
3	5	70	1エコー
4	2	65	2エコー
5	2	45	2エコー
6	2	70	全波形
7	3.5	63	全波形
8	5	50	全波形
9	5	70	1エコー
10	5	70	2エコー
11	5	45	2エコー
12	3	70	1エコー
13	3	45	1エコー
14	3	70	1エコー
15	2	70	1エコー
16	2	リニアアレイ	全波形
19	5	65	全波形
20	5	45	全波形

全波形システムは波形を記録するために大きなメモリが必要となるが、試験を再現し追跡できる点ですぐれている。

(2) 試験体、試験場および試験工程

回送試験は建設省(当時)土木研究所で行われた。試験体の形状および寸法を図-2に示す。試験体は主桁フランジの現場突き合わせ溶接継手をモデルとしたものである。開先は角度30度のV形であり、溶接法として、CO₂ガスシールドアーク溶接による多層盛裏波溶接法が採用されている。板厚は40mmから100mmであり、図-2に示す4種類の板厚の試験体を各3体ずつ製作した。合計12体が試験で用いられた。図-2に示すように、厚さ40mmおよび60mmの試験体には、さらに、溶接面側にテーパがあるものと裏波側にテーパがあるものの2種類が存在する。

試験体は図-3に示すように台状の骨組み上に置かれた。試験体は軸を中心に回転させることができる。現場での試験を考えた場合、上向き、下向きあるいは横向きの試験、さらには桁にウェブが存在するといった条件が加わる。回送試験においてはウェブ板なし、下向きの条件で行えるようにした。試験の向き、ウェブの存在なども考慮されるべき要因ではあるが、板の厚さや探傷子の屈折角度、周波数などの探傷条件をまず考慮すべき要因と判断したからである。

試験体は製作の過程で人為的に溶接条件や開先形状をかえることにより、きずを作成した。きずは人為的

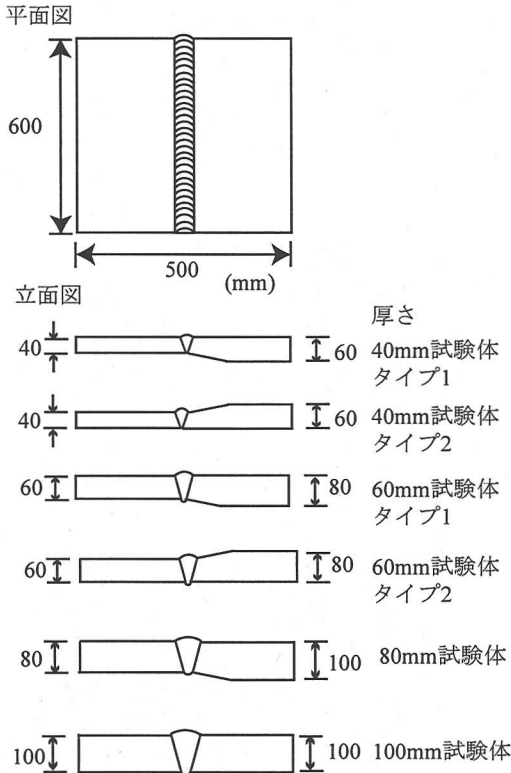


図-2 回送試験で用いられた試験体

に作成したものであるが、自然欠陥に十分近いものであるように工夫した。作成したきずの種類は割れ、融合不良、ブローホール、スラグ巻き込みおよび溶け込み不足である。

12体の試験体は土木研究所内の異なる2箇所に6体ずつ設置された。図-3は土木研究所内の一方の試験場である。参加会社には一定の時間が割り当てられ、別々の試験場で試験を行った。試験の準備、探傷、試験場の移動および試験のまとめとして各会社に与えられた時間は2日半であり、作業時間として23時間となる。その次の2日半は別の会社が試験を行うといった行程が繰り返された。試験時間は厳密に各会社公平になるように管理した。17社すべての会社が試験を行うのに1か月かかったが、試験の順番により会社間に有利不利が生じないよう配慮した。

(3) 提出データ

試験参加会社はきずの位置、長さおよびピークエコーの得られる位置データを提出した。図-4に示すように座標をもうける。 x, k, d を右手座標系が構成されるように選んだ。 x 方向は溶接方向、 k は溶接中心からの距離、 d は板厚方向である。きずの位置に関するデータとして x_s, x_e, x_p, k および d が提出された。 x_s はきず

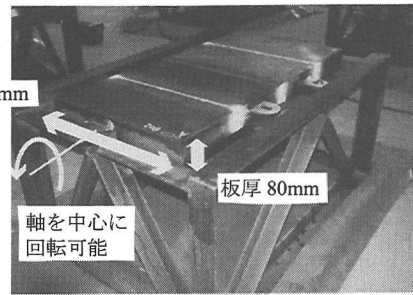
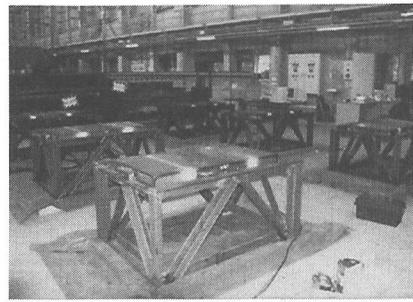


図-3 建設省(当時)土木研究所内の回送試験試験場

座標系

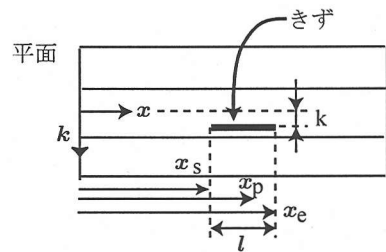
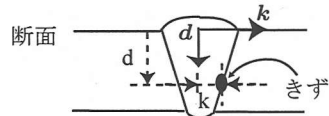
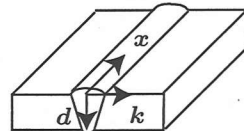


図-4 回送試験において提出するきずデータ

の開始位置、 x_e はきずの終点位置、 x_p はピークエコーの得られる位置、 k および d はそれぞれきずの k および d 座標値である。データの提出は試験終了後、2週間以内とした。

きず検出エコーレベルとして3つのレベルを設定した。エコーレベル設定のために、試験体を製作した鋼材と同一の鋼板より対比試験片を製作した。対比試験片は厚さ40mm, 60mm, 80mmおよび100mmの板であり、横孔が開けられた。対比試験片を図-5に示す。横孔の直径は厚さ40mm, 60mm, 80mmの板の場合は3mmで

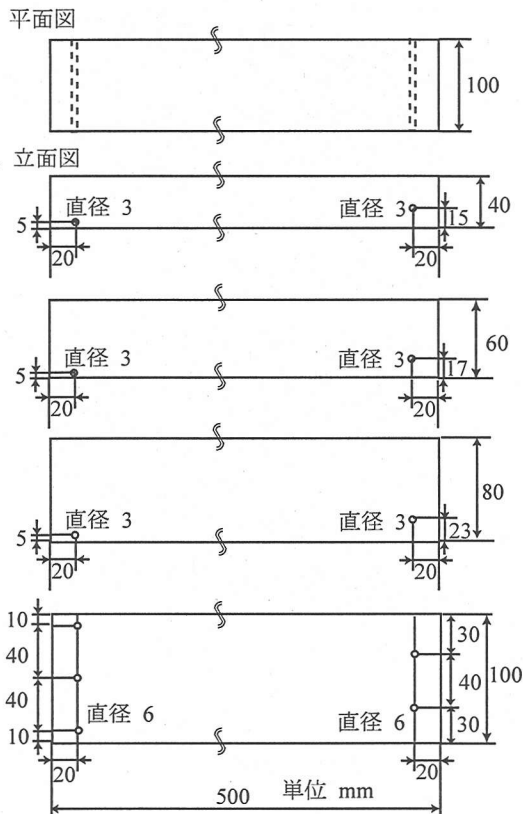


図-5 対比試験片

	Face Height	Xcp	Xcp	k	d	h	C1		
3	1.0	-8	28	26	29	3	-5.6	23.7	C1
4	1.0	5	32	24	41	17	6.3	22.2	7 D1
5	1.1	5	32	24	41	17	6.3	22.2	8 B1
6	2.0	-6	82	72	20	7	0.7	39.7	B1
7	2.0	-6	82	72	20	7	0.7	39.7	B2
8	3.0	-7	122	113	130	17	0.6	37.6	B2
9	3.0	-7	122	113	130	17	0.6	37.6	B2
10	4.0	-8	163	154	170	6	-8.4	13.5	9 D2
11	4.0	-8	163	154	170	6	-8.4	13.3	-
12	5.0	-9	204	197	226	5	0.6	39.1	12 A1
13	5.0	-9	204	197	226	5	0.6	39.7	B3
14	5.0	-9	204	197	226	5	0.6	39.1	-
15	6.0	-10	245	238	276	4	-4.4	29.7	8 A2
16	6.0	-10	245	238	276	4	-4.4	29.7	9 D3
17	6.0	-10	245	238	276	4	-4.4	29.7	-
18	7.0	-11	286	279	326	12	-6.3	21.4	-
19	7.0	-11	286	279	326	12	-6.3	21.4	-
20	7.0	-11	286	279	326	12	-6.3	21.4	-
21	8.0	-12	327	320	376	5	-4.8	24.7	3 C2
22	8.0	-12	327	320	376	5	-4.8	24.7	3 C2
23	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
24	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
25	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
26	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
27	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
28	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
29	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
30	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
31	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
32	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
33	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
34	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
35	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
36	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
37	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
38	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
39	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
40	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
41	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
42	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
43	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
44	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
45	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
46	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
47	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
48	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
49	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-
50	9.0	-13	368	361	426	7	-5.7	23.9	-

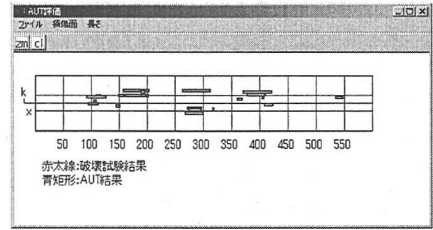
図-6 提出された AUT 試験データのサンプル

あり、厚さ 100mm の板に対しては 6mm である。横孔からのエコーレベルに対して、 -12dB のレベルを L 線レベル、 -18dB を L/2 線レベル、 -24dB を L/4 線レベルとした。

AUT により指示されたきずの長さ l は図-4 の $x_e - x_s$ で表される。破壊力学的取り扱いからはきずの高さが重要であるが、現在の超音波探傷試験の性能ではきず高さの推定は困難であり、提出を要求しなかった。ただし、きず高さまで推定できるアルゴリズムをもつシステムに対してはきず高さも報告させた。図-6 にある 1 システムから提出されたデータの例を示す。提出された

(a)

平面図



(b)

側面図

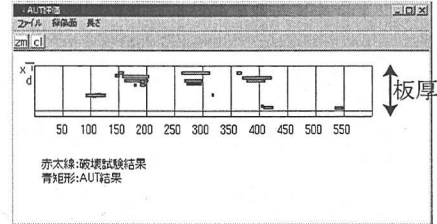


図-7 AUT 指示の 3 次元表示

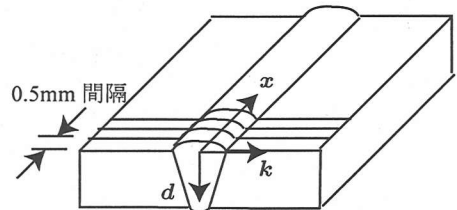
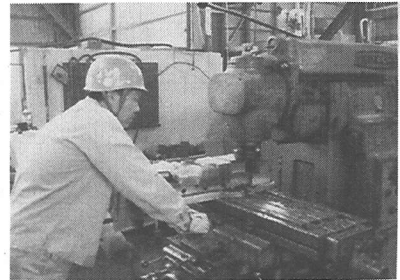


図-8 破壊試験溶接部切削状況

データをもとに、指示を 3 次元表示したものを図-7 に示す。図-7 は溶接部を上から見たものと板厚方向から見たものである。つまり、図-4 においてそれぞれ $x-k$ 平面と $x-d$ 平面を見たものである。

きずの検出限界寸法は実際のきず長さで与えられ、 $l \geq 6\text{mm}$ のきずを見落とすことなく検出することが要求された。 $l < 6\text{mm}$ のきず情報については報告することを必ずしも要求しなかったが、多くのシステムから報告がなされた。

(4) 試験体の破壊試験

すべての AUT システムによる試験終了後、試験体の破壊試験を行った。破壊試験においては、各試験体の溶接部分をとり出し、溶接部分を 0.5mm ピッチで切削し、断面のマクロ写真を撮影した。つまり、はじめに

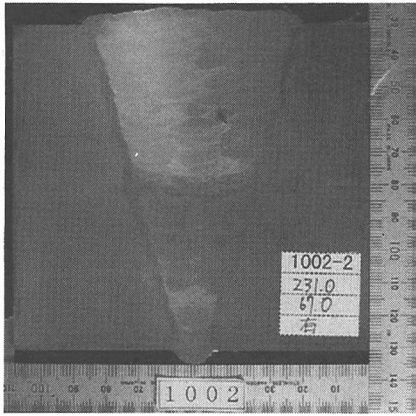


図-9 破壊試験で撮影された断面のマクロ写真例

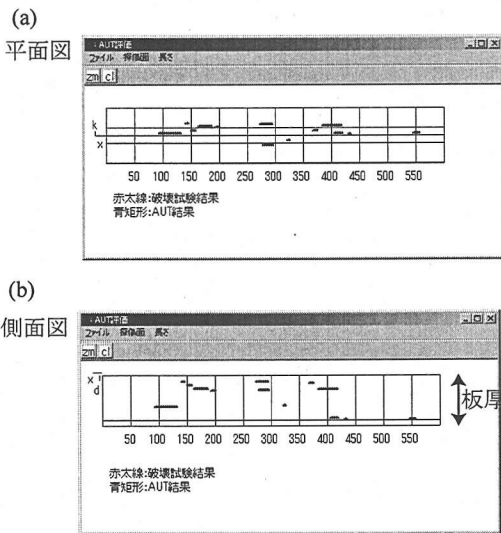


図-10 実際のきずの3次元表示

溶接部分のマクロ写真を撮り、断面を0.5mmだけ切削し、マクロ写真を撮るという行程を600mmの溶接線すべてに対して行った。1つの試験体に対し、1200枚の写真が撮られる。12体すべてに対し、各1200枚の写真が撮影された。切削時の様子を図-8に示す。図-9に撮影した断面マクロ写真の1例を示す。断面マクロ写真に現れたきずの位置を測定し、各断面での k および d 位置のきずデータが得られる。0.5mm間の k, d のきず位置データのつながりを考慮しながら、きずを x 方向に結合し、きず長さを求めた。

各断面マクロ写真撮影時において、きずの種類も記録した。きずデータに関しても x_s, x_e, k, d およびきず種類といった項目の記録が得られた。図-10は破壊試験で得られたデータをもとにきずを3次元表示したものである。図-10と図-7は別々に表示してあるが、AUT指示と実際のきずを同時に表示することも可能である。これらの図よりAUTシステムの評価を行い、見逃しお

よび空振りの原因を検討した。

(5) AUTシステムの評価項目

AUTシステムによる試験および破壊試験から、非破壊検査(AUT)によるきずデータと実際のきずデータが得られる。それらを比較することできずの検出性能を評価した。評価項目はきずの検出率ときずの空振り率である。いわゆる空振りとはきずが存在していないにもかかわらず、きずが存在すると判定する場合である。

きずの検出は図-11に示す方法で判定した。図-11(a)に示すように、実際のきずを中心として周りに直方体を設定する。直方体の長さは実際のきずの長さ l に等しく、 k 方向および d 方向には20mmの大きさをもつ。AUTによる指示が直方体内に存在する場合、そのきずは検出されたこととみなした。直方体にAUTの指示が存在しない場合、そのきずは検出されなかったこととみなした。空振りとは、AUT指示のうち、実際のきずを中心とした直方体内部にまったく含まれないものをさす。図-11(b)に検出されたきず、検出されなかったきずおよび空振りの例を示す。

評価に際しては、実際のきずの長さ l およびAUTにより指示されたきず長さ l をいくつかのパターンで抽出し、比較した。パターンを表-2に示す。表-2において、 t は板厚を示している。異なる板厚が溶接された試験体では t は薄いほうの板厚をさす。厚さ40mmおよび60mmの板からなる試験体に対しては長さ40/5mmつまり、8mmのきずを対象とした。

許容きず寸法に関しては本共同研究と並行に進められている疲労に関する研究において検討されている^{20),21),22),23)}。疲労に関する研究結果を考慮しながら許容きず寸法を定めたので、きず長さ抽出レベルをいくつか設定した。表-2に抽出レベルのパターンを示す。隣接した溶接きずから初期の疲労き裂が進展すると合体する可能性がある。合体の条件に関しては、破壊力学の観点から現在も検討が続けられているが、長さ6mm程度が検出できれば安全側であると第1回回送試験を開始する時点で判断されたことから、試験体の板厚にかかわらず、6mm以上のきずを見落とさないよう第1回回送試験要領に定めた。

その後の検討から許容きず寸法は $t/5$ mmから $t/6$ mmと結論づけられ報告されている(t :板厚)²³⁾。第1回回送試験においては表-2に示すパターン(1)および(2)で評価がなされた。評価結果はパターン(1)および(2)において検出率や空振り率に多少の違いはあるものの全体の傾向としてそれほど変化がなかったことを付記しておく。パターン(3)は隣接するきずの合体を考慮した値で、 $t/5$ の1/2の $t/10$ mmである。この許容寸法は第2回回送試験において反映されている。

検出率および空振り率の評価項目は式(1)および(2)

表-2 評価において考慮したきず長さ抽出パターン

	実際のきず長さ L	AUTで示されたきず長さ l	備考
(1)	$L \geq 6.0\text{mm}$	$l \geq 6.0\text{mm}$	疲労試験結果が得られる以前に安全側と予測された値 (第1回回送試験でアナウンス, 評価)
(2)	$L > t/5\text{mm}$	$l \geq t/5\text{mm}$	疲労試験結果より得られた値 (単独きず) (第1回回送試験で評価, 第2回回送試験でアナウンス, 評価)
(3)	$L > t/10\text{mm}$	$l \geq t/10\text{mm}$	破壊力学の観点から考慮した隣接きずの合体を考慮 (第2回回送試験でアナウンス, 評価)

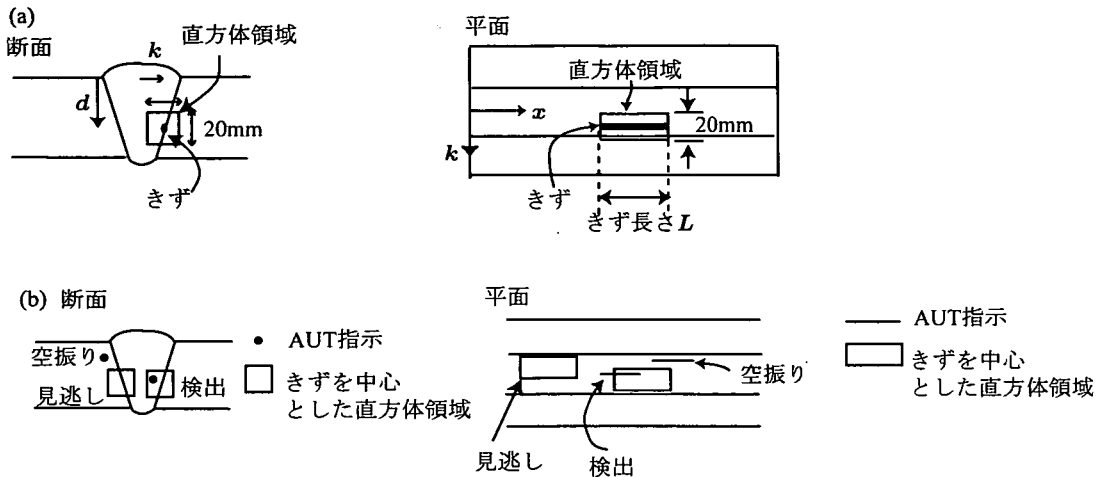


図-11 きずの検出および空振りの定義

で表される。

$$\text{検出率} = \frac{\text{AUTにより検出されたきずの個数}}{\text{実際のきずの個数}} \quad (1)$$

$$\text{空振り率} = \frac{\text{架空に検出した AUT 指示の個数}}{\text{AUT で得られた指示の総数}} \quad (2)$$

溶接欠陥が検出された場合には、補修を行うことになる。空振りの場合、補修に手間がかかるだけではなく、補修によって溶接部分の品質が悪くなる可能性があり、補修は最低限にとどめる必要がある。AUT システムには有害なきずを検出する性能が要求されることだけではなく、空振りをしない性能も同等に要求される。AUT システムを総合的に評価するには空振り率も考慮すべきである。

(6) 第1回回送試験参加 AUT システムの評価結果

AUT 評価結果を図-12に示す。図-12(a),(b),(c),(d) および (e) は縦軸に検出率と空振り率を、横軸に探傷システムをとったものである。探傷システムに序列をつけることが目的ではないので、横軸として並べた各システムの名称などは明示していない。図-12(a),(b),(c),(d) および (e) はそれぞれ試験体の板厚 40mm, 60mm, 80mm, 100mm および全試験体 12 体の合

計である。

評価に際し、実際のきず長さを $t/5\text{mm}$ として抽出すると、12体の試験体中に検出すべききずの数は110になる。また、きずの検出エコーレベルは $L/2$ 線レベルとした場合である。

図-12(a)より、板厚が比較的薄い40mmの場合では、検出率が高いことがわかる。図-12(b)より、板厚が60mmになると、検出率の高いシステムは板厚40mmの場合と比較して減少している。さらには、板厚100mmになるともっとも検出率の高いシステムにおいても高々80%となっている。板厚40mmから100mmまですべての試験体に対する結果ではもっとも検出率の高いシステムで90%である。板厚60mmでの検出率が板厚80mmの場合と比較して低い理由として、厚さ60mmの試験体には開先面側にテーパがあるものがあることや、検出すべききずの個数が厚さ60mmの場合のほうが多いこと、きずの断面内の位置などが考えられる。

検出率が高い探傷ケースに対して、空振り率の傾向について考察する。空振り率に関しては、板厚による傾向は特に見られず、まったく不規則に分布しているが、おおむね40%付近を中心に30%から50%に分布し

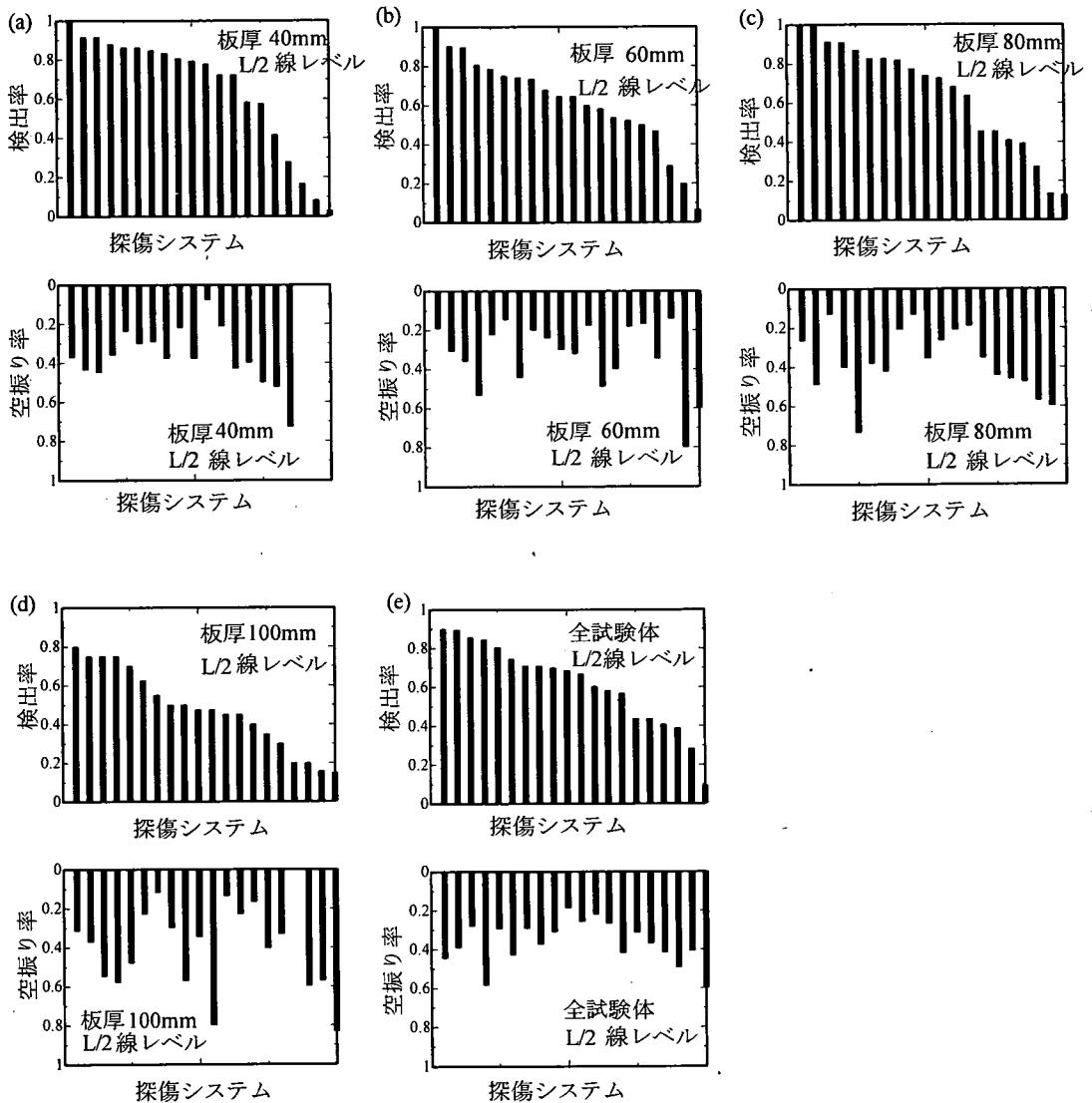


図-12 第1回回送試験 AUTシステム評価結果 (a)板厚40mm,(b)60mm,(c)80mm,(d)100mm,(e)40mmから100mmすべての試験体

ていることがわかる。

検出率の高い上位3システムの検出率および空振り率を表-3に示す。表-3(a),(b),(c),(d)および(e)はそれぞれ板厚40mm,60mm,80mm,100mmおよび全12体の試験体である。検出率の高い1,2,9,14,15,16番のシステムのさらに詳細な探傷条件を表-4に示す。表においてアンプとは探傷器に表示する波形振幅の縦軸のスケールである。ログアンプとは縦軸がログスケール、リニアアンプとは縦軸がリニアスケールであることを示す。距離振幅補正方式は波動伝播距離とエコー振幅に関連している。図-5に示した対比試験片横孔からのエコー高さが探傷器画面上において一定になるように距離に

応じてエコーを増幅する方式を距離振幅補償方式という。特に距離に応じてエコーを増幅せずに、対比試験片横孔からのエコー高さと比較し、きずを検出する方式を距離振幅補正と表-4には記述している。距離振幅補正と距離振幅補償の2つの方式を併用しているものを距離振幅併用と記述している。カップリングチェックとは探触子からの超音波が試験体に送信されているかを確認することを意味しており、鋼結晶レベルで反射される細かな林状エコーと呼ばれるエコーの状態から判断する方式を林状エコー方式、垂直探触子で底面からの反射エコー高さで判断する底面エコー方式がある。

表-3 第1回回送試験 検出率上位3システムの構成 (a)板厚40mm,(b)60mm,(c)80mm,(d)100mm,(e)40mmから100mm すべての試験体

(a) 板厚 40mm 検出すべききずの数 36

システム	検出率	空振率
2	1.000	0.371
15	0.917	0.435
14	0.917	0.448

(b) 板厚 60mm 検出すべききずの数 31

システム	検出率	空振率
1	1.000	0.191
14	0.903	0.308
2	0.897	0.359

(c) 板厚 80mm 検出すべききずの数 23

システム	検出率	空振率
16	1.000	0.264
14	1.000	0.488
9	0.913	0.129

(d) 板厚 100mm 検出すべききずの数 20

システム	検出率	空振率
1	0.800	0.316
15	0.750	0.371
14	0.750	0.548

(e) 12体全試験体 検出すべききずの数 110

システム	検出率	空振率
14	0.900	0.446
2	0.895	0.392
1	0.856	0.281

検出率上位の探傷システムの周波数を比較すると、板厚80mmにおいて、5MHzのシステムが見られるが、他は2MHzもしくは3MHzとなっている。これまで超音波探傷には周波数5MHzのものが一般的に用いられているが、ここでの結果は低い周波数が検出に有利といえる。板厚が厚くなると波動伝播距離が長くなり、減衰や散乱の影響が考えられることや、きずからの反射波の指向性が強くなり、探触子で受信するのが難しくなることが理由として考えられる。

検出率上位の探傷システムの屈折角を比較すると、65度もしくは70度が上位にすることがわかる。参加システムの中には屈折角45度のシステムもあったが、屈折角45度の検出率は低いものであった。面状欠陥に対しては屈折角を大きくしたほうが検出にすぐれている例が存在するが^{24),25),26)}、同様の結果であった。

検出率上位の探傷システムの波形保存方法を比較すると、1エコーシステムにおいても全波形保存型にお

いても特に差は見られなかった。今回の検討条件では探傷の結果をトレースするなどの全波形保存形式のメリットが活かされなかったためと考えられる。

空振り率に関しては、探傷条件の違いによる傾向を認めることは困難である。

3. 第2回回送試験の実施

(1) 計画

第1回回送試験終了後、検出率などの評価結果および破壊試験で撮影した断面マクロ写真を第1回回送試験参加会社に送付した。各参加会社に第1回回送試験のさらに詳細な分析ときず検出性能向上のために探傷システムの改善を依頼した。依頼後、第1回回送試験参加会社の中から、第2回回送試験参加を公募した。公募の際に、第1回回送試験の独自の分析と第2回回送試験に向けて、システムの改善点を報告することを課した。公募に対し、11社が参加を表明した。

改善点としては、使用する探触子の変更が多かった。多くのシステムで空振りの原因は試験体と探触子の音響結合(カップリング)にあると報告していた。音響結合状態により表面波が発生し、試験体表面に塗られた接触媒質を伝播し溶接止端部などで反射されたことが原因と考えられた。そこで、表面波の発生を少なくするために、周波数を高くしたり、屈折角度を小さくするといった対策を立てたシステムが多かった。その他にも接触媒質の粘性をかえたり、探触子を帯域が広く、感度が高いコンポジット形にしたシステムもあった。

第2回回送試験においては、現場での試験を想定したものとなっている。すなわち、工程への影響を最小限におさえた迅速な検査を想定している。第1回回送試験では試験終了後2週間以内に試験データを提出したのに対し、第2回では試験当日と試験1週間後にきず判定結果および試験データを提出させた。第1回回送試験では探傷条件が異なるごとに異なる評価対象としたが、第2回では探傷条件の組み合わせを認めた。表-5に第2回回送試験参加会社システムの探傷条件を示す。表-5において、たとえば探傷システム10は4つの探傷条件を組み合わせで判定するシステムとして評価した。第1回回送試験であれば4つのデータが提出されるわけであるが、第2回では4つを組み合わせで1つとしたデータが提出されたことになる。

第2回回送試験で用いられた試験体は図-2に示す第1回と同様の形状をしている。板厚により異なる4種類の試験体を製作したが、各試験体は2体ずつの合計8試験体を使用した。

試験会場は第1回と同様、建設省(当時)土木研究所で行われた。試験体を2か所に設置し、各参加会社は2日間で8試験体の試験を行った。作業のべ時間は16

表-4 第1回回送試験において検出率上位のシステムの詳細仕様

探傷システム	周波数 (MHz)	屈折角度 (度)	エコー収録法	使用アンプ	距離振幅補正方式	カップリングチェック方式	データ収録最小ピッチ	備考
1	2	70	全波形	ログ	距離振幅補正	林状エコー	1x1mm	板厚 40mm
	2	65	全波形	ログ	距離振幅補正	林状エコー	1x1mm	板厚 60mm 以上
2	2	65	全波形	ログ	距離振幅補正	林状エコー	1x1mm	
9	5	70	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	板厚 40, 60mm
	5	65	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	板厚 80, 100mm
14	3	70	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	
15	2	70	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	
16	2	70	全波形	リニア	距離振幅補償	未回答	1x1mm	リニアアレイ

表-5 第2回回送試験に参加したシステムの探傷条件

探傷システム	周波数 (MHz)	屈折角 (度)	エコー収録法
1	3	70	全波形
	2	65	全波形
2	3	65	全波形
3	5	70	1エコー
	5	65	1エコー
6	2	65	全波形
7	3	65	全波形
	5	50	全波形
9	5	70	1エコー
	5	65	1エコー
10	5	70	2エコー
	3	65	2エコー
	5	45	2エコー
	3	45	2エコー
12	5	70	1エコー
	5	65	1エコー
14	3	70	1エコー
15	3	70	1エコー
16	2	リニアアレイ	全波形

時間である。

きずに関する提出データは第1回回送試験と同様で、図-4に示す x_p, x_s, x_e, l, k および d である。きずの検出限界寸法は $t/5\text{mm}$ と $t/10\text{mm}$ の2ケースとし、実際のきず長さで報告するようにした。ここに t は薄い方の板厚である。試験当日には長さ $t/5\text{mm}$ のきずを報告させた。試験1週間後に長さ $t/10\text{mm}$ と $t/5\text{mm}$ のきずを報告させた。長さ $t/5\text{mm}$ は疲労試験による結果を反映させたもの、 $t/10\text{mm}$ は隣接きずの扱いに対応するため

である。きず長さの推定方法には特に規定はもうけていないが、検出限界寸法より長いと判定した場合のみ報告することを強調し、空振りに対する配慮を促した。

参加会社による回送試験終了後、第1回と同様に試験体の破壊試験が行われた。破壊試験では溶接部を切削し、断面マクロ写真を撮影したが、第2回では切削ピッチを1mmとした点が第1回とは異なっている。

(2) 第2回回送試験参加AUTシステムの評価結果

第2回回送試験に参加したAUTシステムの評価結果を図-13および図-14に示す。図-13は試験当日に提出させたデータによる評価で縦軸に検出率および空振り率、横軸に探傷システムを示している。図-13(a),(b),(c),(d) および (e) はそれぞれ板厚40mm,60mm,80mm,100mm および全8試験体の合計である。図-14は後日提出のデータによる評価結果であり、縦軸および横軸などは図-13と同じである。表-6および表-7は上位3システム名と検出率、空振り率を示したものである。表-6および表-7はそれぞれ試験当日と1週間後に提出されたデータによるものである。

表-8に、第2回回送試験で検出率が上位にくるシステムの詳細な仕様を示す。また、第1回目の試験の問題点と第2回目の試験での改善点も表に示している。第1回の試験で検出率の高かったシステムの多くは第2回の試験でも高い検出率を示している。試験体の厚さにより周波数をかえているシステムも多く、厚板の場合は周波数3MHzを採用しているシステムが多い。屈折角度はほとんどが65度から70度である。

図-13より、板厚が40mmの比較的薄い場合では当日の検出率もっとも高いもので80%以上あったが、板厚が80mm,100mmと厚くなるにつれ、当日の検出率は低くなり、板厚100mmの場合の検出率は最高でも

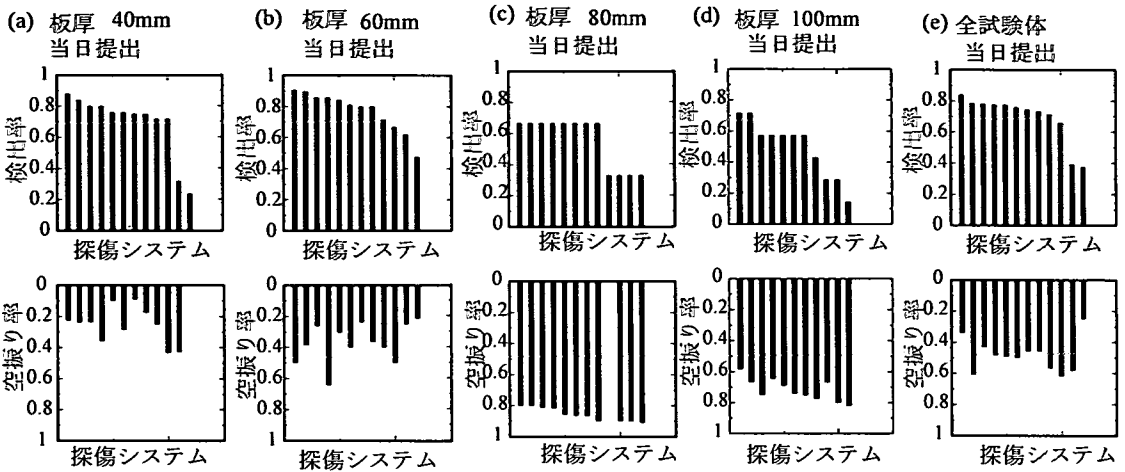


図-13 第2回回送試験 AUTシステム評価結果 当日提出データ (a)板厚40mm,(b)60mm,(c)80mm,(d)100mm,(e)40mmから100mmすべての試験体

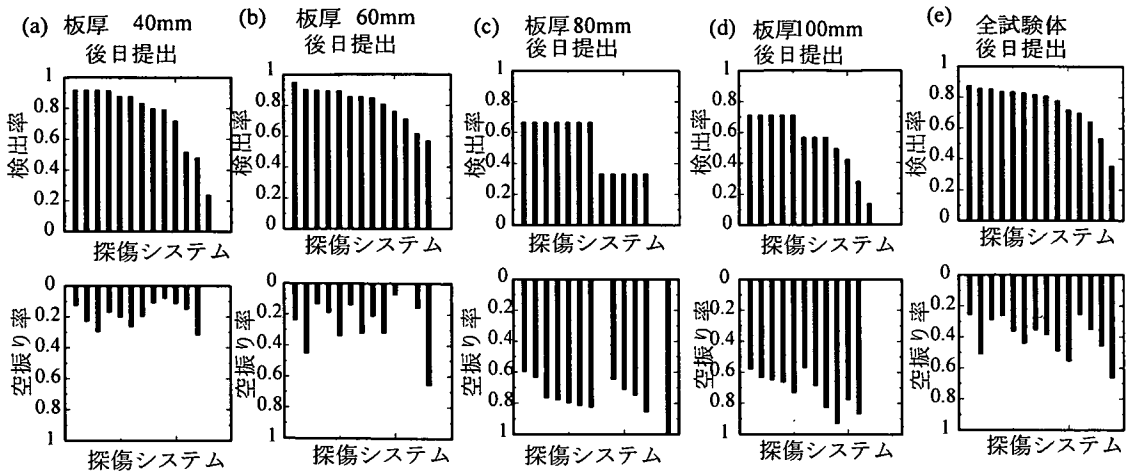


図-14 第2回回送試験 AUTシステム評価結果 後日提出データ (a)板厚40mm,(b)60mm,(c)80mm,(d)100mm,(e)40mmから100mmすべての試験体

70%程度となる。図-13(c)の板厚が80mmの場合では、検出すべききずの数が3個であったため、1つ見逃しただけでも検出率が2/3まで減少する。

図-13において空振り率は、板厚40mmの場合ではおよそ20%、板厚60mmではかなりのばらつきが見られる。板厚80mmでは80%程度、板厚100mmでは70%程度である。板厚80mmおよび100mmで空振り率が高くなる理由は検出限界寸法である $t/5\text{mm}$ よりも短いきずを $t/5\text{mm}$ 以上と判断したからであるが、検出すべききずの数が板厚80mmで3個、板厚100mmで7個で他の厚さの試験体と比較して少なく、合否判定を1つでも誤ると数値に大きく反映されることもあげられる。

図-15に、板厚が厚くなると空振り率と評価されるシステムが増加する例を示す。試験体は厚さ80mmのものである。図-15(a)は破壊試験により得られた実際のきずデータ、図-15(b)は、ある1つのAUTシステムからの指示である。図-15(a)において、 $t/5\text{mm}$ つまり16mm以上の長さのきずは4つであり、これら4つのきずのみを報告することが要求されている。図-15(b)に示したシステムは、図-15(a)の4つのきずの中で3つを検出している。しかしながら、このシステムは検出すべききず以外にも指示を得て報告している。図-15(b)で指示が得られている場所には図-15(a)を参照して、実際にきずが存在していることがわかる。しかしながらきずの長さは $t/5\text{mm}$ 未満であるため空振り率と評価された。

表-6 第2回回送試験 当日提出データによる検出率
上位3システムの構成 (a)板厚40mm,(b)60mm,
(c)80mm,(d)100mm,(e)40mmから100mmすべての
試験体

(a) 板厚40mm 検出すべききずの数25

システム	検出率	空振率
3	0.880	0.227
2	0.840	0.240
9	0.800	0.238

(b) 板厚60mm 検出すべききずの数21

システム	検出率	空振率
10	0.905	0.500
16	0.895	0.387
3	0.857	0.263

(c) 板厚80mm 検出すべききずの数3

システム	検出率	空振率
3	0.667	0.800
15	0.667	0.800
14	0.667	0.812

(d) 板厚100mm 検出すべききずの数7

システム	検出率	空振率
1	0.714	0.667
3	0.714	0.750
2	0.571	0.643

(e) 8体全試験体 検出すべききずの数56

システム	検出率	空振率
3	0.839	0.340
14	0.786	0.608
2	0.782	0.432

図-14において後日提出データによる検出率の評価は、板厚40mmおよび60mmの場合では80%以上が得られている。しかしながら、板がさらに厚くなると検出率は低下する傾向が見られる。

図-13および図-14の当日提出データと後日提出データとを比較すると、板厚40mm,60mmおよび100mmの場合の検出率は改善されていることがわかる。板厚80mmの場合は差がなかった。空振率に関しては4種類の板厚すべての場合において減少傾向にあることがわかる。

第1回回送試験と第2回回送試験評価結果を比較すると、図-12、図-13および図-14(e)より、第1回目と第2回目の当日提出データとでは、検出および空振りには改善はそれほど見られない。しかしながら、第2回目の後日提出データは検出率を上げたシステムが第1回目とも比較して、より多くなっていることがわかる。

表-7 第2回回送試験 後日提出データによる検出率
上位3システムの構成 (a)板厚40mm,(b)60mm,
(c)80mm,(d)100mm,(e)40mmから100mmすべての
試験体

(a) 板厚40mm 検出すべききずの数25

システム	検出率	空振率
2	0.920	0.130
14	0.920	0.232
9	0.920	0.299

(b) 板厚60mm 検出すべききずの数21

システム	検出率	空振率
3	0.952	0.241
14	0.905	0.456
2	0.900	0.140

(c) 板厚80mm 検出すべききずの数3

システム	検出率	空振率
3	0.667	0.600
15	0.667	0.636
1	0.667	0.769

(d) 板厚100mm 検出すべききずの数7

システム	検出率	空振率
10	0.714	0.583
9	0.714	0.636
1	0.714	0.650

(e) 8体全試験体 検出すべききずの数56

システム	検出率	空振率
3	0.875	0.259
14	0.857	0.513
2	0.855	0.293

第2回目の後日提出データは1週間後に提出させたものであるが、処理を迅速化できれば工程に影響を少なくすることができる。

4. 検出の困難なきず

検出の困難なきずおよび容易なきずについて考察を行った。ここに示す考察は第1回回送試験で行ったものである。図-12(e)に示した全試験体に対して検出率の高かった上位3ケースが検出できなかったきずの断面内の分布および種類を図-16に示す。図-16(a),(b),(c)および(d)はそれぞれ板厚40mm,60mm,80mmおよび100mmの試験体である。

図-16より、溶接裏波近傍の割れの検出が難しいことがわかる。裏波近傍の割れに関しては、割れからのきずエコーが裏波形状エコーと区別が困難であるからである。図-17に溶接第一パスに発生した割れの例を示

表-8 第2回回送試験において検出率上位のシステムの詳細仕様

探傷システム	周波数 (MHz)	屈折角度 (度)	エコー収録法	使用アンプ	距離振幅補正方式	カップリングチェック方式	データ収録最小ピッチ	備考
1	3	70	全波形	ログ	距離振幅補正	林状エコー	1x1mm	板厚 40, 60mm
	2	65	全波形	ログ	距離振幅補正	林状エコー	1x1mm	板厚 80, 100mm
2	3	65	全波形	ログ	距離振幅補正	林状エコー	1x1mm	
3	5	70	1エコー	リニア	距離振幅補正	底面エコー	1x1mm	板厚 40-80mm
	5	65	1エコー	リニア	距離振幅補正	底面エコー	1x1mm	板厚 100mm
9	5	70	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	板厚 40, 60mm
	5	65	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	板厚 80, 100mm
10	5	70	2エコー	リニア	距離振幅併用	林状エコー	1x1mm	板厚 40mm
	3	65	2エコー	リニア	距離振幅併用	林状エコー	1x1mm	板厚 60-100mm
	5	45	2エコー	リニア	距離振幅併用	林状エコー	1x1mm	板厚 40, 60mm
	3	45	2エコー	リニア	距離振幅併用	林状エコー	1x1mm	板厚 80, 100mm
14	3	70	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	
15	3	70	1エコー	リニア	距離振幅併用	底面エコー	1x1mm	
16	2	70	全波形	リニア	距離振幅補償	林状エコー	1x1mm	リニアアレイ

システム	第1回試験からの改善点
1	周波数 2MHz では表面波が出てしまい空振りの原因となった。周波数を 3MHz とし表面波の発生を抑える。
2	表面波を減らすために周波数を 2MHz から 3MHz とする。
3	探触子の入射中心が曲がっており、x 方向の位置推定精度がよくなかった。人工きずを含んだ試験片で独自に試験し補正する。
9	裏面形状エコーをきずと判定してしまった。MA スコープ像も確認しながら形状エコーを判別する。
10	接触媒質の粘性を低いものに変更する。
15	周波数を 2MHz から 3MHz にする。
16	エコー高さが安定する探触子、試験体間のギャップを保つ。

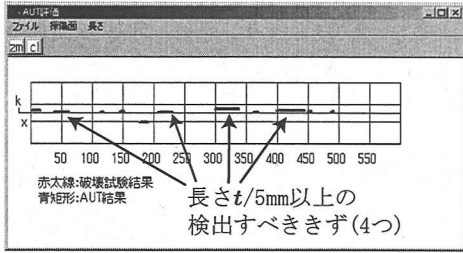
す。この割れは回送試験参加 18 システムが実際に探傷を行い、その中で計 7 システムが見逃したものである。

図-16 より、溶接面側余盛近傍のきずも検出が困難な傾向にあるといえる。きずの種類としてスラグ巻き込みがあげられる。溶接面側の余盛近傍を探傷する際にも形状エコーが得られる。スラグ巻き込みはパイプ状で、反射波の指向性は面状欠陥のように強くないので指示は得られやすい。しかしながら、微弱であるため、背後に現れる形状エコーから区別することが難しいと思われる。特に、余盛近傍のきずは入射波を一度底面

で反射させるいわゆる 1 スキップで探傷するため、きずエコーが弱くなってしまふものと考えられる。また、入射超音波が広がってしまうため、きず位置の推定も難しくなるものと思われる。図-18 に溶接面側余盛側に存在するスラグ巻き込みの例をあげる。図-18(a),(b) は回送試験参加 18 システム中、それぞれ 11 および 10 の計 2 システムで見逃されたものである。

図-19 は検出が容易であったきずの例である。このスラグ巻き込みきずは 18 参加システム中、1 システムのみが見逃したものである。

(a) 破壊試験



(b) AUT



図-15 検出限界寸法以下のきずを報告し、空振りとなった例

図-20は検出が困難なきず位置を模式的に描いたものである。傾向として、裏波近傍および溶接面側上側半分に位置するきずは検出が困難であるといえる。図-19に示したスラグ巻き込みは1スキップ探傷することなく、裏波形状エコーの影響を受けることなく、入射波が直射する位置にあるので検出が容易であったと考えられる。

5. 第1回および第2回回送試験のまとめ

第1回回送試験評価結果をここにまとめる。

- (1) 板厚が40mmほどであれば多くの探傷システムで高いきず検出率が示された。しかしながら、板厚が100mmになると、すべてのきずを検出できたシステムはなかった。検出は板厚に強く依存する。
- (2) 検出率の高かったシステムの探傷周波数は2および3MHzであった。
- (3) 検出率の高かったシステムの探傷屈折角は65度から70度であった。
- (4) エコー記録方式に関して、検出率の差は明確には現れなかった。

第2回回送試験評価結果をここにまとめる。

- (1) 第1回回送試験と同様に、板厚が40mmほどであれば多くの探傷システムで高いきず検出率が示された。しかしながら、板厚が100mmになると、すべてのきずを検出できたシステムはなかった。
- (2) 試験当日に提出させたデータと試験1週間後に提出させたデータを比較すると、1週間後のデータに検出

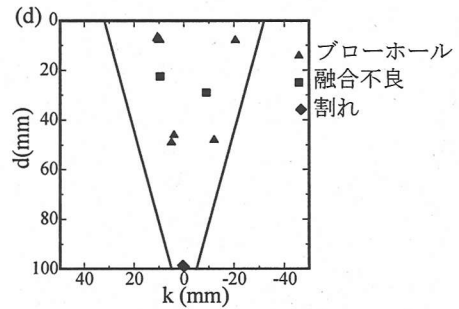
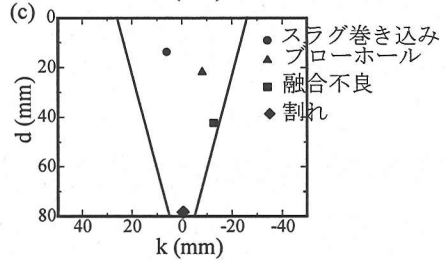
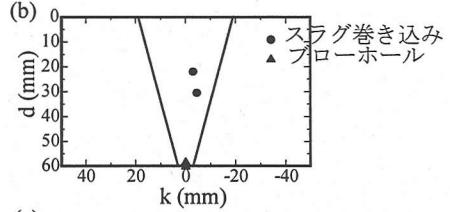
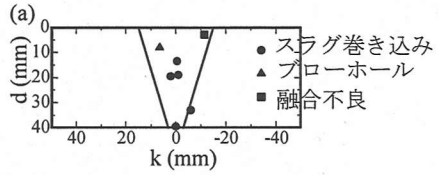


図-16 検出の困難なきずの断面分布

率、空振り率ともに改善傾向が見られた。

第1回回送試験と比較して、第2回回送試験は当日提出データに関しては検出率に改善は見られなかったが、後日提出データは検出率の高いシステムの割合が高くなり、改善効果があったとみることができる。後日提出のために行った処理の迅速化が望まれる。

6. 今後の課題

破壊試験で得られた断面マクロ写真や探傷方向などを考慮し、きずが見落とされた原因をさらに詳細に分析している。図-15にも示されるように、きずの見落としおよび空振りの原因を詳細に調べるには個々のケースを取り上げる必要がある。これらの個々のケースを系統的にまとめ、きずの見落としおよび空振りの原因を把握する必要があると考えている。これは現在、進行中である。

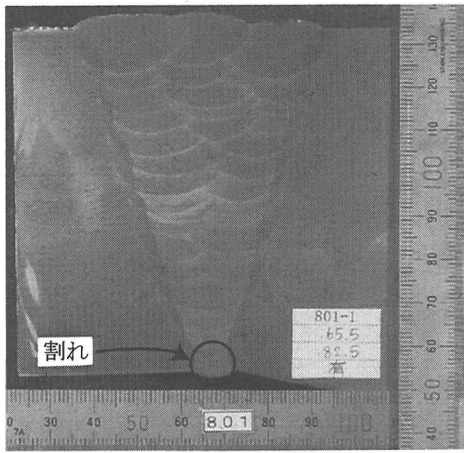


図-17 検出が困難なきずの例 溶接第1パスの割れ

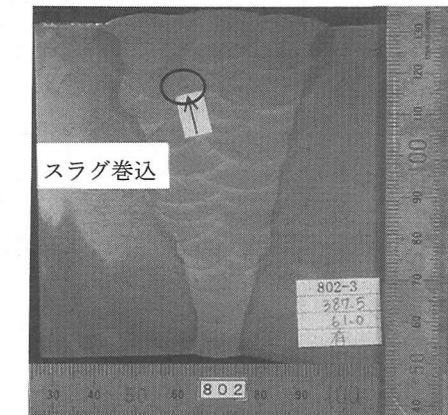
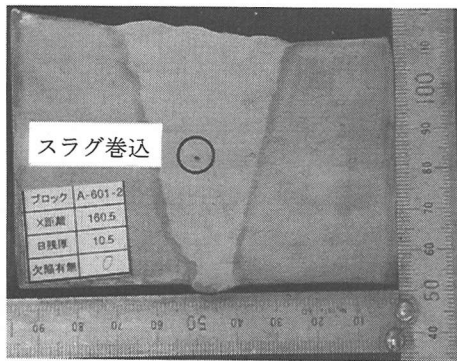


図-18 検出が困難なきずの例 開先側余盛近傍のスラグ巻込み

隣接するきずをも考慮し、AUTでどのように報告および評価するか検討する必要がある。

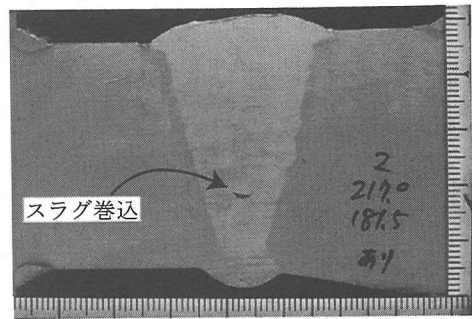


図-19 検出の容易なきずの例

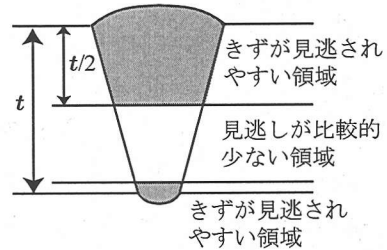


図-20 検出が困難なきずの分布領域

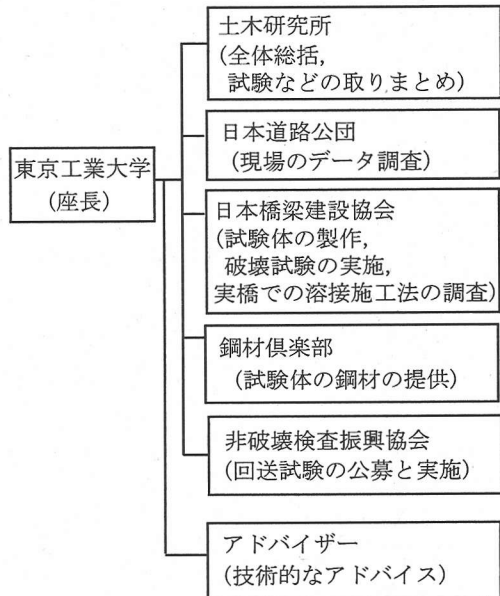


図-21 共同研究組織構成と主な役割

付録 共同研究構成について

共同研究のメンバーは建設省(当時)土木研究所、東京工業大学、日本道路公団、社団法人日本橋梁建設協会、社団法人鋼材倶楽部(当時)、および社団法人非破壊検査振興協会(当時)より構成される。各メンバーの主な役割、組織構成を図-21に示す。なお、現在は建設省土木研究所は国土交通省国土技術政策総合研究所お

よび独立法人土木研究所に、(社)鋼材倶楽部は(社)日本鉄鋼連盟に、(社)非破壊検査振興協会は(社)日本非破壊検査工業会に改組改編、名称変更されている。本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金を受けて実施されている。ここに記して謝意を表するしだいである。

参考文献

- 1) Miki, C.: Application of NDI in fracture control of Honshu-Shikoku bridge project, *Review of Progress in QNDE*, Vol.13, pp.2071-2082, 1994.
- 2) 三木 千壽, 田中 靖資, 奥川 淳志: 瀬戸大橋トラス弦材角溶接部の非破壊検査に対する確率および破壊力学手法を用いた評価, 構造工学論文集 Vol.37A, pp.511-520, 1991.
- 3) 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 社団法人 日本道路協会, 1991.
- 4) 構造工学委員会非破壊評価小委員会: 土木構造, 材料の定量的非破壊評価へのアプローチ(委員会報告), 土木学会論文集 No.428/I-15, pp.1-18, 1991.
- 5) 構造工学委員会非破壊評価小委員会: 土木工学における非破壊評価の現状と将来(委員会報告), 土木学会論文集 No.459/I-22, pp.1-18, 1993.
- 6) 荒川 敬弘: 非破壊試験の欠陥検出能力調査の動き, 溶接学会誌 Vol.55, No.4, pp.213-220, 1986.
- 7) 西村 直志, 廣瀬 壮一: 逆問題と非破壊検査, 構造工学論文集 Vol.37A, pp.425-434, 1991.
- 8) 廣瀬 壮一: 定量的非破壊評価(QNDE)とフラクチャーメカニクス, 構造工学論文集 Vol.35A, pp.269-278, 1989.
- 9) 北原 道弘, 野竹 正義, 小木 哲朗, J.D.Achenbach: 部材裏面クラックの一検出法, 構造工学論文集 Vol.37A, pp.465-477, 1991.
- 10) 北原 道弘, 羽田 幸寿: 後方散乱振幅スペクトルの周期性を利用したステンレスクラッド鋼界面のクラック長の計測, 構造工学論文集 Vol.45A, pp.321-327, 1999.
- 11) 三上 修一, 大島 俊之, 菅原 登, 山崎 智之: エコー波形の詳細解析による超音波探傷法の欠陥検出の定量的評価, 土木学会論文集 No.509/I-29, pp.103-112, 1994.
- 12) Sugawara, N., Oshima, T., Mikami, S. and Sugiura, S.: On the accuracy improvement in ultrasonic inspection by using computer graphics and waveform analysis, *Structural Eng./Earthquake Eng.(Proc. of JSCE)* pp.247s-256s, 1993.
- 13) 三木 千壽, 成宮 隆雄, 森下 統一, 加藤昌彦: 自動超音波探傷システムの板継ぎ溶接部品質保証への適用性の検討, 鋼構造論文集, Vol.1, No.4, pp.105-117, 1994.
- 14) 土屋 憲一郎: 橋梁用超音波自動探傷装置, 高精度でスピーディな現地溶接検査を目指して, 検査技術, Vol.2, No.12, pp.8-14, 1997.
- 15) 山田 裕久, 宇田川 健志, 小倉 幸夫: ガス導管円周溶接部の超音波自動探傷方法(案)の策定, 非破壊検査, Vol.47, No.1, pp.13-18, 1998.
- 16) 増田 智紀: ガス導管円周溶接部の超音波自動探傷方法(案), 非破壊検査, Vol.47, No.1, pp.19-24, 1998.
- 17) JIS ハンドブック 非破壊検査, (財)日本規格協会, JIS Z 3060 鋼溶接部の超音波探傷試験方法, 1994.
- 18) 山縣 敬二: 省力化に対応した橋梁構造, JSSC No.13, pp.2-11, 1994.
- 19) 高橋 昭一, 志村 勉, 橋 吉宏, 小西 哲司: PC床版2主桁「ホロナイ川橋」の設計および解析, 試験検討, 橋梁と基礎, Vol.30, No.2, pp.23-30, 1996.
- 20) 高橋 実, 西川 和廣, 田中 正明, 川間 重一, 三木 千壽: 内部欠陥を有する板厚50mmおよび75mmのV形開先突合せ多層盛り溶接継手の引張疲労強度試験, 土木学会第55回年次学術講演会 I-A79, 2000.
- 21) 高橋 実, 西川 和廣, 上仙 靖, 田中 正明, Fauzri Fahimuddin, 三木 千壽: 内部欠陥を有するV形開先突合せ溶接継手の疲労試験, 土木学会第54回年次学術講演会 I-A22, pp.44-45, 1999.
- 22) 金井 卓, Fauzri Fahimuddin, 三木 千壽, 穴見 健吾: 突合せ溶接継手における許容欠陥寸法の検討, 土木学会第53回年次学術講演会 I-A194, pp.388-389, 1998.
- 23) Miki, C., Fahimuddin, F. and Anami, K.: Fatigue performance of butt-welded joints containing various embedded defects, *Structural Eng./Earthquake Eng.*, JSCE, Vol.18, No.1, pp.13s-25s, 2001.
- 24) 木村 友則, 亀山 俊平, 和高 修三, 馬目 裕一, 小池 光裕: 斜角探傷法による面状きずからの超音波エコーの解析, 日本音響学会誌, Vol.54, No.4, pp.276-284, 1998.
- 25) 三木 千壽, 白旗 弘実, 塩崎 匡克: 厚板突き合わせ溶接部に存在する面状欠陥の超音波非破壊評価に対する基礎的検討, 土木学会論文集 No.598/I-44, pp.323-332, 1998.
- 26) 白旗 弘実, 三木 千壽: 突合溶接部表面近傍に位置する面状欠陥検出のための超音波探傷斜角法, 土木学会論文集 No.619/I-47, pp.279-291, 1999.

(2002.2.20 受付)

ROUND ROBIN TEST OF AUTOMATIC ULTRASONIC TESTING SYSTEMS OF COLLABORATIVE STUDY ON NONDESTRUCTIVE EVALUATION OF WELDED JOINTS OF STEEL BRIDGES

Chitoshi MIKI, Kazuhiro NISHIKAWA, Hiromi SHIRAHATA and Minoru TAKAHASHI

Ultrasonic test will be applied to evaluate welded joints of steel bridges. As the recent tendency of bridge construction, 2 or 3 main girder bridges are constructed. Flange plates of those bridges are welded at site. Automatic ultrasonic test (AUT) will be applied for the evaluation of field welded joints. However, there are not appropriate specifications for AUT. A collaborative study was started. The final goal of the study is establishment of AUT specifications for welded joints of steel bridges based on performance-based design. As the step of the study, round robin test was carried out. This paper describes the outline of the round robin test.