

超音波検査合否判定システムの開発

相山 英明, 矢崎 憲治*

Development of an Acceptability Judgement System for Ultrasonic Testing

Hideaki AIYAMA, Kenji YAZAKI*

抄 録

超音波検査は機械・構造物の健全性確保の観点から極めて重要であり、様々なところで利用されている。本研究ではパソコンを用い超音波検査結果の合否判定を行うシステムの開発を行った。測定データ（検査部位、探触子位置、超音波ビーム路程、欠陥エコー高さ、欠陥指示長さ等）を入力することにより、欠陥の位置及び評価長さ等を算出し合否判定を行い、検査結果の成績書が作成される。開発に用いた言語は N88BASIC を使用した。

本システムにより成績書作成に要する時間が短縮され、検査技術者の負担を軽減することができた。

1. はじめに

近年、溶接構造物の大型化、複雑化が進む中、構造物の安全性・信頼性を確保するため、厳しい品質が要求されてきている。品質を保障する一つ的手段として非破壊検査がある。特に、超音波検査は装置が手軽なこともあり様々なものの検査に適用されてきている。特に大型の鋼構造溶接部ではほとんどの場合超音波検査が義務づけられている。

鋼構造溶接部の超音波検査結果の評価は JIS または建築学会基準等の規格、基準によって行われているが、これらの判断にはかなりの熟練を要し、検査技術者の負担は大きなものとなっている。そのため、検査技術者の代わりとなって検査結果のデータ処理を行うことのできるコンピュータシステムの開発が強く要望されている。

そこで、本研究では建築学会の超音波検査基準に従いパソコンを利用し、検査結果の合否判定及び成績書作成を行うシステムを開発した。

2. 欠陥評価法（日本建築学会基準）

2.1 欠陥指示長さ

超音波検査において、欠陥寸法を推定する方法は幾つかあるが、一般的には欠陥エコー高さがある一定値を超える範囲の探触子の移動距離を欠陥指示長さとして表す方法を取っている。この一定値としては標準試験片の基準欠陥エコー高さを取るもの（L線 Cut法）、または欠陥の最大エコーの1/3の高さを取るもの（10dB down法）等があるが、日本建築学会では前者が用いられている。

2.2 欠陥評価長さ

合否判定の対象とする欠陥は、被検材の板厚に応じて

* 北日本電極(株)

表1 欠陥指示長さの最小値

被検材の板厚(㎜)	欠陥指示長さ(㎜)
9 以上 20 以下	5
20を越え48 "	t/4
48を越えるもの	12

欠陥指示長さが表1に示す値以上のものとなっている。
 また、表1に規定された欠陥指示長さ以上の欠陥が複数個検出された場合にはそれぞれの欠陥の深さ方向及び溶接線に直行した方向の間隔が表1に示す値以下の場合に同一断面内の欠陥と判断し、隣り合う欠陥と欠陥の間隔が、長い方の欠陥指示長さより短いときは一つの欠陥と考え、それらの欠陥指示長さと間隔を含んだ総和をもって欠陥評価長さとしている。

以上により求められた欠陥評価長さについて、表2に示す様に板厚に応じて欠陥評価長さの境界値を定める。

表2 欠陥評価長さの境界値

被検材の板厚(㎜)	t:板厚				
	S	M	ML	L	LL
9 以上 20 以下	10	15	20	30	40
20を越え48 "	t/2	3t/4	t	3t/2	2t
48を越えるもの	24	36	48	72	96

2.3 合否判定

溶接部の合否判定を行うために、300mmを単位として単位溶接線を定める。溶接線長が300mm以上の時は欠陥が最も密となるような連続した長さ300mmを、また溶接線長が300mm未満の時は全長を単位溶接線とする。

単位溶接線の合否は、溶接線に作用する応力の種類に応じて表3~5に示す境界値により判定する。検出された欠陥のエコー高さ領域に応じて、欠陥評価長さあるいはその総和が表に示す値以上ある単位溶接線は不合格となる。

表3 引張応力が作用しない溶接部

エコー高さ領域	欠陥評価長さ	欠陥評価長さの総和
II	LL	規定なし
III, IV	L	LL
V	ML	L

表4 引張応力が作用する溶接部

エコー高さ領域	欠陥評価長さ	欠陥評価長さの総和
II	L	LL
III, IV	ML	L
V	M	ML

表5 疲労を考慮した溶接部

エコー高さ領域	欠陥評価長さ
II	ML
III, IV	M
V	S

3. システムの概要

3.1 プログラム言語及び動作環境

本システムは現場での適用性を考慮し、パソコンで稼働可能であることを基本とした。そこで、プログラム言語はMS-DOS上のN88BASICを用いた。

パソコンの機種は現在研究開発用として最も広く利用されている「PC9801シリーズ(NEC製)」を用いた。

3.2 システムの構成

図1にシステムのフローチャートを示す。

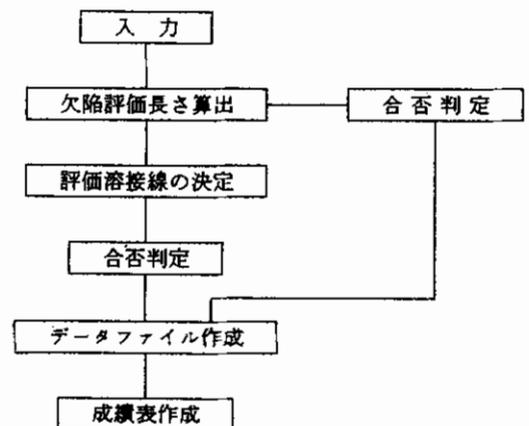


図1 システムのフローチャート

システムは大きく次の5つに分けられる。

- 1) データ入力部

- 2) データ演算部
- 3) 合否判定部
- 4) ファイル部
- 5) データ表示部

データ演算部は更に欠陥評価長さ算出と単位溶接線の決定とに分かれている。入力されたデータについて欠陥の個数が1個の場合はそれが評価対象欠陥となるか判断を行い、評価対象欠陥の場合はその欠陥指示長さが欠陥評価長さ及び欠陥評価長さの総和となる。

欠陥の個数が複数個の場合はそれぞれの欠陥について、評価対象欠陥かどうかを判断し、評価対象欠陥に対し隣接する欠陥との位置関係により欠陥評価長さを求める。

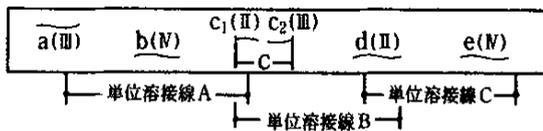


図2 単位溶接線の設定方法

図2に単位溶接線の考え方を示す。ある溶接線について各々の欠陥から300mmの距離を取り、その中に含まれる欠陥の評価長さの合計を行い、その値の最も大きい300mmをこの溶接線の単位溶接線とする。また、合否判定に必要とされる単位溶接線のエコー高さ領域はその中

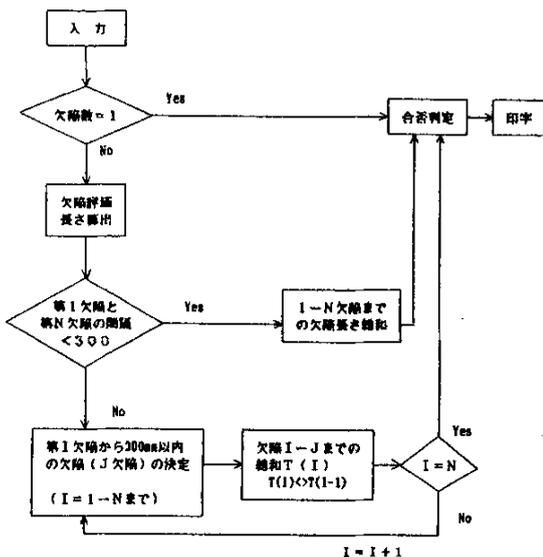


図3 合否判定アルゴリズム

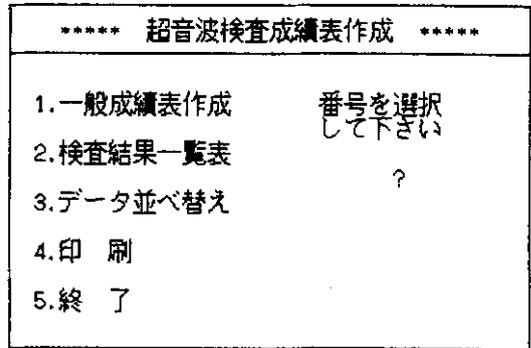


図4 メニュー画面

番号	日付	工事名	登録番号
1	91/11/01	札幌本社工場新築工事	
2	91/11/19	札幌本社工場新築工事 2	
3	91/11/29	北海道ビル新築工事	
4	91/11/29	北海道ビル新築工事	
5	91/11/30	北海道ビル新築工事	
6	91/11/29	札幌ビル改築工事	
7	91/12/03	札幌ビル改築工事	
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			

登録番号を選んで下さい?

図5 工事名入力画面

に含まれる欠陥のエコー高さの最も高い値が用いられる。図3に合否判定のアルゴリズムを示す。

データファイル部は各工事名ごとにファイルが作成され、入力データが記録される。ファイルの項目は日付、検査部位、板厚、溶接長、屈折角、欠陥数、探触子位置、ビーム路程、欠陥指示長さ、エコー領域、欠陥評価長さ、欠陥評価長さの総和及び合否判定である。ファイルはメインファイルとデータ修正用ファイルの2つを用いた。

データの並べ替えはBASICでは一般にN個のデータを小さい順に並べ替える場合は前後のデータを比べ、後者が小さければ各々のデータを入れ替えることを順次1番目のデータからN番目まで繰り返す。この操作をN-1回繰り返すことによりデータの並び替えが行われる。しかし、この方法は非常に時間がかかり、今回数十

***** 超音波検査表作成 *****

[継続]

工事名 : 鶴巻本社工場新築工事 2
日付 : 91/11/21

1 部材	2 階高	3 方向	4 部位	5 板厚	6 溶長	7 屈折角	8 欠陥数	確認
? Y6X1	? 2F	? Y2	? CL	? 19	? 350	? 70	? 2	?

データを入力して下さい 確認 --> 正 (C/L)、訂正 (番号)

図 6 検査条件入力画面

Y6X1-2F-Y2-CL

No	1 X	2 W	3 Y	4 指示長	5 領域	確認
1	? 0	? 45	? 44	? 10	? 3	?
2	? 332	? 45	? 42	? 18	? 4	?

データを入力して下さい 確認 --> 正 (C/L)、訂正 (番号)

図 7 欠陥データ入力画面

工事名 :

No.	部材番号・探傷箇所	結 果		補修後検査結果		データ No.
		判 定	検査日	判 定	検査日	
241	Y6X5-2F-Y2-BU	合 格	10/30			
242	6L	//	10/30			
243	Y9X1-RF-X2-CL	//	11/14			
244	SU	//	10/30			55
245	Y1-BU	//	10/30			
246	FL	//	10/30			
247	Y2-BU	//	10/30			
248	SL	//	10/30			
249	1F-Y2-BP	不 合格	11/14	合 格	11/19	56
250	2F-X2-CU	合 格	11/14			
251	SU	//	10/30			
252	Y1-BU	//	10/30			
253	Y2-CU	//	11/14			
254	CL	//	11/14			
255	SU	//	10/30			
256	SL	//	10/30			

前ページ (↑)、次ページ (↓)、訂正 (R)、削除 (D)、終了 (Q)

図 8 合否判定一覧表示

個のデータ数になると 30 分以上の時間を要した。そこで今回は前後のデータを比較したときにデータの大きさに番号をつけ、番号順にファイルに書き込む方法を用いた。この方法によると 100 個以上のデータ数でも数分で並べ替えが終了した。

3.3 システムの流れ

システムを起動するとまずメニュー画面が表示される。それを図 4 に示す。1 の一般成績表作成の項目ではデータの入力から合否判定までを行う。1 番を選択すると新規工事が継続工事かをきいてくるのでどちらかの選択を行う。次に日付と工事名の入力であるが、ここで以

PAGE 1						
超音波探傷検査結果一覧表						
国産本社工場新築工事 2						
No.	部材番号・探傷箇所	結 果		(補修後検査結果)		データ No.
		判 定	検査日	判 定	検査日	
1	Y6X1-RF-X1-SU	合 格	11/07			
	SL	"	11/07			
	X2-CL	"	11/21			
	Y1-SL	"	11/07			
	BU	"	11/07			
	FL	"	11/07			
	1F-X2-BP	"	11/21			
	2F-X1-SU	"	10/31			
	SL	"	10/31			
	X2-CU	"	11/21			
	CL	"	11/21			
	Y2-CL	"	11/21			1
	CL	"	11/21			2
	SU	"	10/31			
	BU	"	10/31			
	BL	"	10/31			
	Y6X2-RF-X1-CL	"	11/19			3
	CL	不 合 格	11/19	合 格	11/19	4
	FL	"	11/01	合 格	11/01	5
	Y1-SL	合 格	11/01			6
	Y2-SU	"	11/01			
	SL	"	11/01			
	BU	"	11/01			
	FL	"	11/01			
	1F-X1-BP	"	11/19			7
	2F-X1-CU	"	11/19			
	CL	不 合 格	11/19	合 格	11/19	8
	SU	"	10/30	合 格	10/30	9
	BU	合 格	10/30			
30	Y1-CL	"	11/19			

株式会社 国産建設

図9 検査結果成績書印字

前に検査を行った工事名の一覧が出力されるようになっている。新規工事の場合は登録する番号を選び日付、工事名を入力するとその工事名のファイルが作成される。継続工事の場合はその工事名が表示されている番号を選択することにより、データはその工事名のファイルに追加される。図5にその画面を示す。

次に検査箇所の部材番号、板厚、溶接長さ、探触子の屈折角及び欠陥数を入力する。さらに個々の欠陥につい

て探触子の位置 (X, Y 座標)、欠陥までのビーム距離、欠陥指示長さ及びエコー領域の入力を行う。それらの入力の模様を図6及び図7に示す。

それぞれの入力の最後に確認の項目があり、もし入力データに間違いがあれば訂正する項目の番号を選択することにより、そのデータの訂正が可能である。入力データに間違いがなければリターンキーを押すことにより次に進む。

データ NO.	部材番号・検査箇所	板厚	検査長	厚さ角	欠陥位置 (mm)				欠陥長さ	領域	欠陥長さ	欠陥長さ	判定	
					X	W	Y	d						z
1 2	Y6X1-2F-Y2-CL	19	350	70	0 332	45 45	44 42	15.4 15.4	1.7 -0.9	10 18	IV	10 18	18	合格
3 4	Y6X2-RF-X1-CL	16	#	69.5	0 192	46 29	44 36	15.9 10.2	0.9 8.8	160 8	II	160 8	168	不合格
*	補修後再検査結果	#	#	70	ナシ									合格
5	FL	#	300	#	0	52	52	17.8	3.1	300	IV	300	300	不合格
*	補修後再検査結果	#	#	#	ナシ									合格
6	Y1-SL	16	380	#	334	32	32	10.9	1.9	16	IV	16	16	合格
7	1F-X1-BP	19	240	69.5	50	47	45	16.5	1.0	13	II	13	13	合格
8	2F-X1-CL	#	350	#	145	53	56	18.6	6.4	150	IV	150	150	不合格
*	補修後再検査結果	#	#	70	ナシ									合格
9	SU	#	#	#	0	40	40	13.7	2.4	350	IV	350	350	不合格
*	補修後再検査結果	#	#	#	ナシ									合格
10	Y2-SU	#	#	#	200	40	40	13.7	2.4	150	IV	150	150	不合格
*	補修後再検査結果	#	#	#	ナシ									合格
11	SL	#	#	#	332	42	40	14.4	0.5	18	IV	18	18	合格

株式会社 藤原屋 藤原 隆

図10 検査データ一覧表

全ての入力が終わると個々の欠陥について欠陥評価長さを計算し、合格判定を行う。

2の検査結果一覧表の項目では合格判定の一覧と検査データの一覧の2つができる。図8に合格判定一覧の画面を示す。1画面16個のデータの表示であり、矢印のキーボードにより前後のデータを表示することができる。また、データの訂正及び削除が可能である。

3のデータ並び替えの項目では部材の番号順に並び替えを行う方法と、検査の日付を優先にしその中でさらに部材順に並び替えを行う方法の2通りを作成した。

4の印刷の項目では合格判定と検査データの2つの成績書の作成印字が行われる。各々の印字結果を図9及び図10に示す。

4. おわりに

従来、成績書作成には超音波検査技術者の熟練者が数10分から数時間かかって行っているが、本システムを用いると特別な技術を要しない者でも数分から数10分で成績書の作成を行うことが出来る。さらに欠陥の評価が自動的に行われるので、人的ミスによる間違いがなく成績書がより正確なものとなった。

また、入力されたデータはファイルに保存されており補修後に再検査を行い、その結果を追加することも可能

である。

以上の事から、このシステムにより成績書作成に要する時間が短縮され、検査技術者の負担を軽減することができた。