

# スタッド溶接部専用超音波探傷器の開発

倉持 貢  
(技術研究所)

藤盛 紀明  
(技術研究所)

中辻 照幸  
(技術研究所)

## § 1. まえがき

構造部材に用いられるスタッド溶接には頭付きスタッド、スタッドボルト、鉄筋スタッドの3種類がある。溶接技術の進歩に伴い、これらの用途は広範囲に拡大されつつある。建築土木分野では頭付きスタッドが、鋼製梁部材と鉄筋コンクリート床板を結合して合成梁とする場合のシャーコネクタとして使用されている。また、スタッドボルトは内装材や設備配管等の取付けに用いられていると同時に、最近ではPCコンクリート製外装材の取付けやアンカーボルトへの適用も試みられている。鉄筋スタッドは、道路橋のエキスパンションジョイントを始めSRC造の耐震壁にも用いられ、施工法の合理化等に寄与している。

スタッド溶接は、通常のアーク溶接法と異なり自動化された溶接法であるため、その品質は人間の技量に左右されず比較的安定していると考えられている。しかし、実際は自動化された工法であるため工事開始時に適正溶接条件の設定を誤ったり、施工中の条件変動が生じた場合には溶接欠陥を多発させる危険性がある。特にデッキ

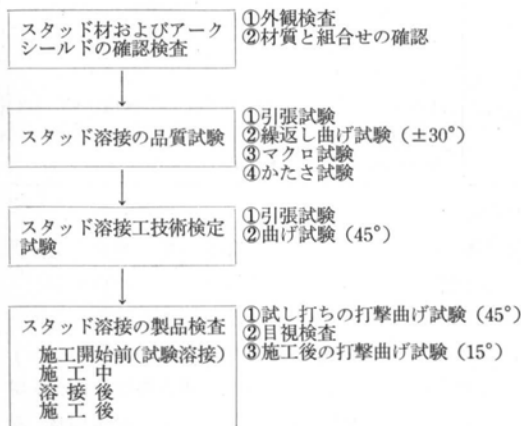
プレート貫通型の頭付きスタッドでは、塗料や隙間、亜鉛付着量などに起因する溶接不良の問題が後を絶たないのが実情である。このような背景から、溶接部の品質保証方法が問題となっている。

日本建築学会鉄骨工事技術指針にはスタッド溶接部の品質確保を目的として、現在図一1に示すような各種の試験・検査が規定されている。溶接終了後の製品検査としては、主に外観検査と抜取りによる打撃曲げ試験(50本に1本、または梁1台当り最低1本程度)が行なわれているが、これらには次のような問題点がある。

- ①外観検査や打撃曲げ試験では、表面欠陥のみで溶接内部に発生した欠陥を検出することが不可能である。
- ②打撃曲げ試験では全数検査が不可能である。
- ③現在の抜取り数では、検査を実施した結果から未検査部分の品質を推定または予測することが困難である。
- ④また、適正溶接条件の誤りや施工中の条件変動によるトラブルを容易に検知することが困難である。
- ⑤1部材当りの使用本数が少なく、余裕のない設計条件となるスタッドボルトは打撃曲げ試験さえも適用できない。

上記のように、従来法は必ずしも満足した検査法とはいえず、したがって有効な非破壊検査法の開発が望まれている。

筆者らは頭付きスタッド、スタッドボルト、鉄筋スタッド溶接部に超音波探傷試験の適用を試み、その欠陥検出能や超音波探傷試験結果と引張強度との関係について調査し、一応の成果を得るに至った。さらに、この成果をふまえて軽量・小型で、操作の簡単なスタッド溶接専用超音波探傷器を開発したので報告する。



図一1 スタッド溶接の各種試験・検査

## § 2. スタッド溶接部の超音波探傷試験

### 2.1 頭付きスタッド

#### 2.1.1 実験概要

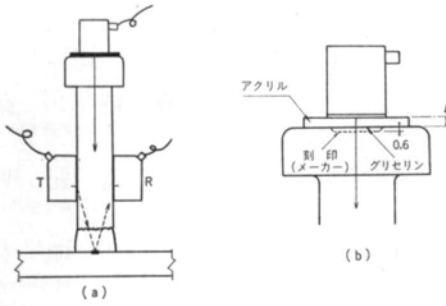
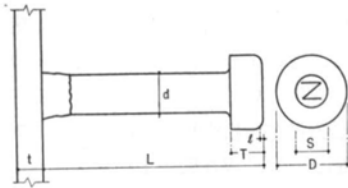
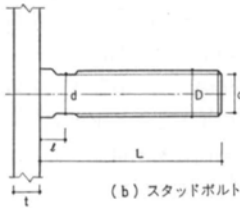


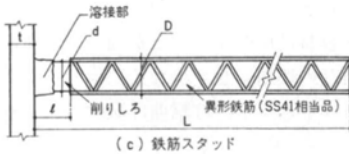
図-2 頭付きスタッド溶接部の探傷方法



(a) 頭付きスタッド



(b) スタッドボルト



(c) 鉄筋スタッド

図-3 試験体の形状

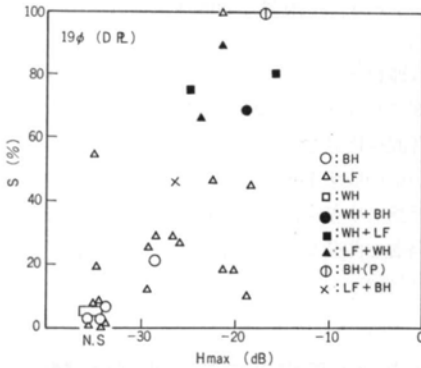


図-4 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と欠陥面積率 ( $S$ ) との関係 (斜角二探触子法)

呼び径	直打型								デッキプレート貫通型								
	L	数量	d	D	T	t	S	l	L	数量	d	D	T	t	S	l	D.R.
φ13	100	30	12.5	21.9	10.1	0.7	11.4	11.7	100	30	12.4	21.8	10.5	0.7	11.3	12.2	1.3
φ16	100	30	15.6	28.9	10.4	0.7	12.5	12.2	100	30	15.7	28.9	10.4	0.5	12.5	12.3	1.3
φ19	100	30	18.7	31.7	12.2	0.5	12.6	12.3	100	30	18.8	31.7	12.2	0.5	12.1	12.3	1.7
φ22	100	30	21.8	34.9	12.2	0.6	13.0	18.7									

呼び径	種類	メーカー	試験体数	有効径	D	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	L	t	l
M 8	全ネジ	B	3	7.2	7.9	5.6	—	55	—	16
M 10	部分ネジ	A, B, D	26	9.0	9.8	6.1 ~ 7.8	8.9	45, 80	15.5, 34.7	12, 16
M 12	全ネジ 部分ネジ	A, B, C, D	29	10.9	11.8	8.0 ~ 9.4	11.2	55, 80, 100	19.5, 24.3, 41.1	12, 16
M 16	全ネジ 部分ネジ	A, B, C, D, E	29	14.7	15.8	10.8 ~ 12.7	15.0	50, 60, 80, 100, 120	24.8, 30, 60.3	12, 16, 19
M 20	全ネジ 部分ネジ	A, B, C	21	18.4	19.7	13.6 ~ 15.1	20.3	55, 90	21.2	12, 16
M 22	部分ネジ	A, B, E	8	20.4	21.8	15.3 ~ 18	20.2	55, 80	23, 30	16, 19

呼び径	試験体数	l <sub>0</sub> *	D	d	l	L	t	W
D 10	30	7.1	10.5 ~ 10.8	9.1 ~ 9.8	5.3 ~ 9.1	150	6	50
D 13	30	12.6	14.4 ~ 14.8	12.4 ~ 12.7	8.2 ~ 13.5	150	12	50
D 16	30	16.7	17.6 ~ 18.4	15.5 ~ 16.0	12.7 ~ 19.6	200	12	70
D 19	30	22.2	21.4 ~ 21.8	18.7 ~ 19.0	16.2 ~ 22.3	200	12	70
D 22	29	26.3	23.9 ~ 25.9	21.8 ~ 22.9	18.1 ~ 25.3	200	19	70

鉄筋材質 SS-41相当  
溶接方法 Nelson方式

\* l<sub>0</sub>: リブ削り代の許容最大寸法

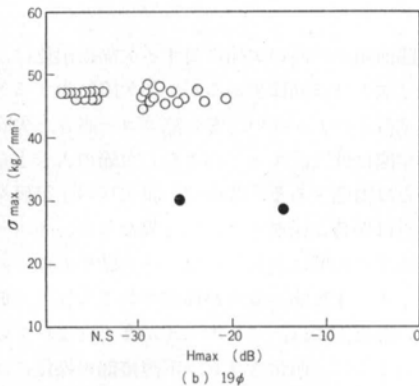
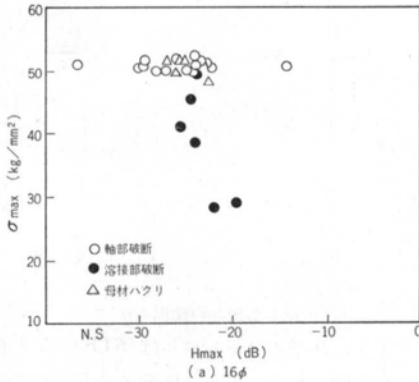
表-1 試験体形状寸法

	頭付きスタッド	スタッドボルト	鉄筋スタッド
探傷器	FD 410 S	FD 410 S	FD 410 S
探触子	5Z10N 5Z5×5A70	5Z10N 5Z5ND	5Z5×5A70
接触媒質	グリセリン	グリセリン	グリセリン
標準試験片	STB-A1, A3, N1 STB-G, V 8	STB-N 1 STB-G, V 8	STB-A 1, A 3
記録計	Miniwriter	Miniwriter	Miniwriter

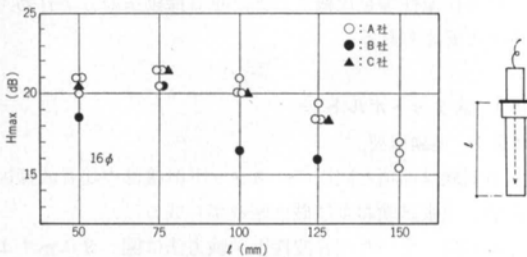
表-2 探傷装置

本実験は、スタッド溶接部の超音波探傷試験と引張試験および破面観察 (X線透過試験を含む) から成る。

頭付きスタッドの探傷は図-2に示すように、スタッド頭部からの垂直法とスタッド軸部からの斜角二探触子法 (K走査法) が適用可能である。垂直探傷を行なう場合、探傷面となるスタッド頭部に存在する直径10mm、深さ0.5mm程の刻印 (メーカーマーク) の影響を特に考慮



図—5 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と引張強度 ( $\sigma_{max}$ ) との関係 (斜角二探触子法)



図—6 刻印によるエコー高さの変化

する必要がある。本実験では図—2(b)に示すように、試験材と探触子との間にアクリル板を介し、接触面のギャップを接触媒質(グリセリン)で充填する方法を用いることにより接触状態の安定化を図り、同時に表面粗さの影響をできるだけ少なくするように配慮した。

引張試験は、くさび(20°傾斜)を用いずにアムスラー型万能試験機にて単純に引張载荷した。なお、载荷は試験片が破断するまで行なった。破面観察は、溶接部で破断した試験体は破面の写真から、またスタッド軸部で破断したものは軸部を切断した後のX線透過写真で行な

った。

実験に供した試験体の形状寸法を図—3、表—1に示す。試験体は直接溶接型とデッキプレート貫通型の2種類で、試験体総数は210体である。溶接欠陥は、溶接電流やプランジ等の条件を種々変化させて作成した。実験に用いた探傷装置は表—2のようである。

## 2.1.2 実験結果および考察

### (1)斜角二探触子法

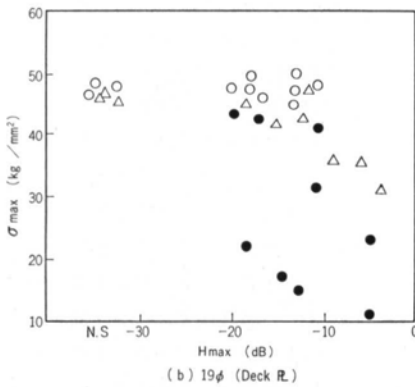
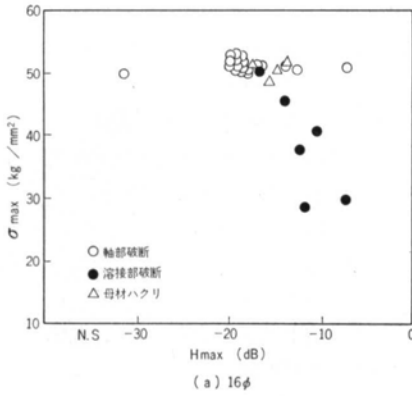
欠陥種類をパラメータにして欠陥エコー高さや欠陥面積率の関係を調査した結果が図—4で、欠陥エコー高さや引張強度との関係が図—5である。ここで、欠陥面積率とはスタッド軸の公称断面積に対する欠陥の面積の割合をいい、基準エコーレベルはスタッド軸部の端面を利用して調整した。実験結果は以下のように要約される。

①鉄筋スタッドに比較して妨害エコーの発生が少なく欠陥エコーの識別が極めて容易である。②欠陥面積率が高くなるほど欠陥エコー高さは高くなる傾向にあるが、直線的な相関はなく、かつばらつきも大きい。③欠陥面積率の小さいプロホールでも溶接断面のほぼ中央部に存在する場合はエコー高さは高くなる。逆に、外周部に生じた融合不良はエコー高さが低くなる場合がある。④直接溶接の13φ、16φの試験体ではエコー高さが高くなるほど引張強度は低下し、かつ溶接部で破断するものが多くなる。19φ、22φの結果では欠陥エコーが高い場合でも引張強度は低下しない割合がふえてくる。⑤デッキプレート貫通型の試験体は、全てのスタッド径において直接溶接の16φ以下の結果と同様である。⑥所要引張強度の下限値(41kg/mm<sup>2</sup>)を下まわる溶接部が出現する境界点は、16φ以下の直接溶接および全径のデッキプレート貫通溶接で基準エコーレベルの約-26dBであり、19φ以上の直接溶接で約-20dBである。⑦溶接部で破断した試験体には主に融合不良が含まれ、スタッド軸部で破断したものにはプロホールが多く含まれている。

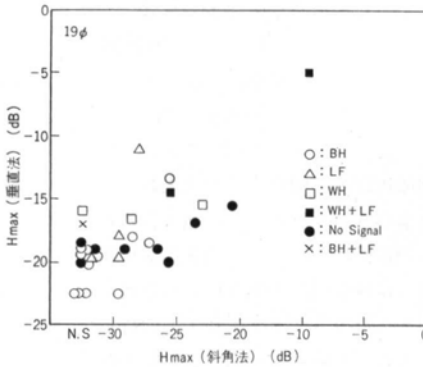
以上の結果から、エコー高さで溶接部の引張強度を推定するには精度的に十分とはいえないが、少なくとも著しく強度を低下させるような欠陥の推定は可能であると結論できる。欠陥エコー高さや欠陥面積率および引張強度との相関がばらつく原因は、欠陥種類、欠陥発生位置、余盛の有無等と考えられる。超音波探傷結果から欠陥種類を推定することは困難であるが、欠陥発生位置や余盛の有無はスタッド軸部全周からの探傷、外観検査との併用を考慮すれば、さらに溶接部の良否の判断が向上するものと考えられる。

### (2)垂直探傷法

スタッド頭部の刻印(メーカーマーク)が垂直探傷試

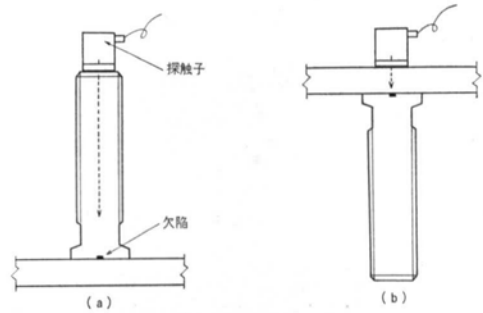


図一七 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と引張強度 ( $\sigma_{max}$ ) との関係 (垂直法)



図一八 斜角二探触子法と垂直法による欠陥エコー高さのエコー高さに及ぼす影響について調査した。結果を図一六に示す。本実験の範囲では、エコー高さの変化は同一メーカー間では2dB以内、全メーカー間では3.5dB以内である。通常の保護膜付き垂直探触子を用いた結果と比較して、本報で提案した方法は極めて安定した探傷が可能であるといえる。

垂直探傷による欠陥エコー高さ と引張強度 との関係を



図一九 スタッドボルト溶接部の探傷方法

図一七に示す。基準エコーレベルは STB-G, V8 を用いて調整した。図一八は、斜角二探触子法と垂直探傷法による欠陥エコー高さの関係を示す。結果は以下のようである。

①欠陥面積率の高い欠陥に対する欠陥検出能は、斜角二探触子法とほぼ同様であるが、小欠陥に対する欠陥検出能は垂直法の方が高い。②欠陥エコー高さ と欠陥面積率との相関は低く、エコー高さから欠陥の大きさを推定することは困難である。③所要引張強度の下限値を下回る境界点は斜角二探触子法の値と異なるが、エコー高さ と引張強度の相関は斜角二探触子法の結果とほぼ同様の傾向を示す。④欠陥エコーが検出されても強度が低下していない溶接部には、プロホールが多く含まれている。

以上のように、頭付きスタッド溶接部の探傷には斜角二探触子法と垂直探傷法の2方法の適用が可能である。ただし、両者の欠陥検出能、探傷手法の簡便さ、現場における作業性等を比較すると、垂直探傷法の方が有効であると考えられる。

## 2.2 スタッドボルト

### 2.2.1 実験概要

本実験は前項と同様に、スタッド溶接部の超音波探傷試験と引張試験および破面観察から成る。

本実験に用いた超音波探傷試験方法は図一九に示すように、ボルト端部または鉄骨の裏面よりの垂直探傷法である。鉄骨の裏面からの探傷はあらかじめ溶接位置を明らかにしておく必要があり、またボックス柱のようにクローズ断面となる部材での探傷は不可能であるなどの制約条件がある。したがって、本論文では主にボルト端部からの探傷について述べる。スタッドボルトの探傷における課題は、欠陥エコーとネジ山に起因する妨害エコーの判別である。

実験に供した試験体の形状寸法を図一三、表一に示す。6種類の呼び径を用い、試験体総数は116体である。試験体の作成方法および実験装置は前項とほぼ同様であ

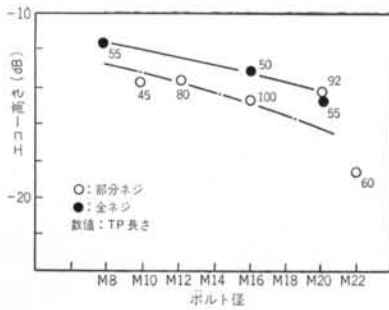


図-10 妨害エコーのエコー高さ

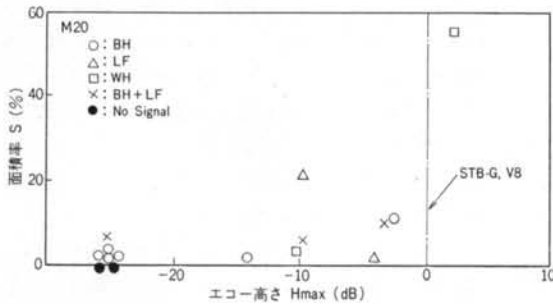


図-11 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と欠陥面積率 ( $S$ ) の関係

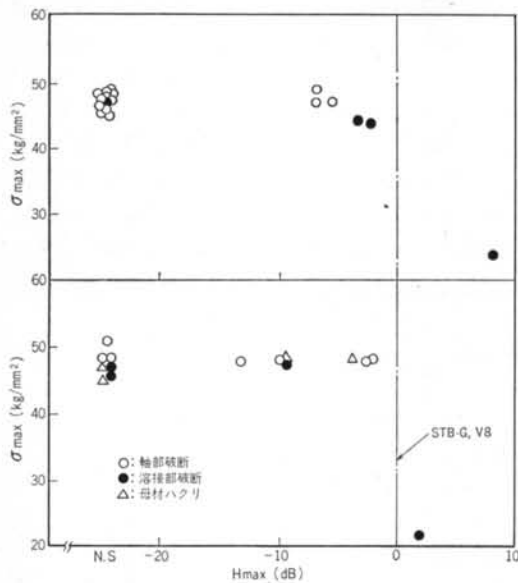


図-12 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と引張強度 ( $\sigma_{max}$ ) との関係

る。ただし、使用探触子はボルト端部の形状を考慮し、前項のアクリルシュー付き垂直探触子ではなく軟質保護膜付き垂直探触子とした。

### 2.2.2 実験結果および考察

#### (1)欠陥エコーと妨害エコーの識別

健全全部で得られるネジ山からの反射波(妨害エコー)

を調査した。各ボルト径における妨害エコーの大きさを図-10に示す。結果は以下のように要約される。

①妨害エコーの波形は、鋸歯状で単峰となることはない。②エコー高さの平均値は基準エコーレベルの-14dBと低く、かつボルト径が太くなる程低下する。以上の結果から、欠陥エコーと妨害エコーとの識別は非常に容易であるといえる。妨害エコーの出現は超音波の指向性(振動子の形状寸法と周波数に關係する)と方向に依存するため、探触子の接触面は出来るだけボルト軸に直角となるように保持する必要がある。

#### (2)欠陥エコー高さ と欠陥面積率

欠陥種類をパラメータにして、欠陥エコー高さ と欠陥面積率との関係を図-11に示す。本溶接部に含まれていた欠陥はプロホール(BH)、融合不良(LF)、ウォームホール(WH)、融合不良とプロホールの混在(LF+BH)の4種である。実験結果は以下のようである。

①欠陥面積率が大きくなる程、欠陥エコー高さは高くなる。ただし、両者の相関は欠陥種類毎に変化する。②欠陥種類による検出能力の差は少なく、0.6mm程度のプロホールも検出が可能である。③溶接部の外周部に分散して発生するようなプロホール等は検出できない場合がある。

以上から判断し、本方法はほぼ満足できる欠陥検出能力を有していると考えられる。

#### (3)欠陥エコー高さ と引張強度

破断位置をパラメータにして、欠陥エコー高さ と引張強度の関係を図-12に示す。結果は以下のようである。

①基準エコーレベルよりも高いエコー高さを与える欠陥は引張強度が低く、かつ溶接部で破断する。②逆に、欠陥エコー高さが比較的低いものは引張強度の低下はなく、かつ軸部で破断するものが多い。③溶接部で破断した試験体には、融合不良やウォームホール等の欠陥が多く発生している。

本実験では試験体数が少なく、引張強度が低下し始めるエコー高さレベルを明確にすることはできなかった。したがって、合否判定基準の決定にはさらにデータの蓄積が必要であると考えられる。

## 2.3 鉄筋スタッド

### 2.3.1 実験概要

スタッド溶接に用いられる鉄筋は一般の鉄筋コンクリート用棒鋼と異なり、溶接性を考慮したSS41相当品であること、アークシールドのため削り代があること、最小鉄筋径が10mmであること、また鉄骨部材の板厚が最低6mmと薄いことが特徴である。これらの形状的特徴は

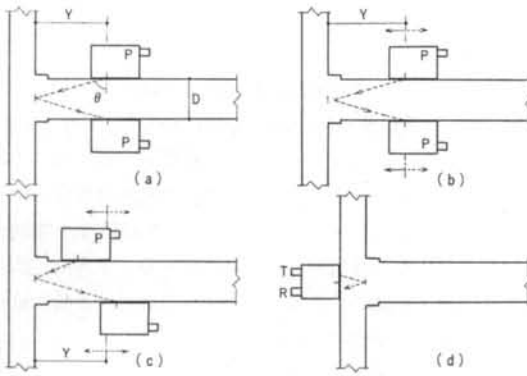


図-13 鉄筋スタッド溶接部の探傷方法  
超音波探傷上の制約条件でもある。

鉄筋スタッド溶接部の探傷方法は図-13に示すように鉄骨部材の裏面からの垂直法と鉄筋リブ上からの斜角二探触子法(K走査法)の2つの方法が適用可能である。後者は、探触子の走査方式からさらに3種類に大別される。いずれの方法も探触子から反射源までの超音波の伝播距離から欠陥エコーか妨害エコーかを判別し、超音波の反射波の強さ、すなわち欠陥エコー高さから欠陥の大きさ、または溶接部の強度を推定するものである。本実験に先立ち、これら4種類の探傷方法の適用性について比較検討を行なった。検討結果を表-3に示す。上記の形状制約条件や欠陥検出能および現場における作業性を考慮すると、5Z5×5A70の探触子(周波数5MHz、振動子寸法5×5mm、屈折角70度)を用い、探触子を一定距離に固定した斜角二探触子法(図-13(a))が最も有効であるという結論を得た。本論文ではこの方法につい

て述べる。

実験に供した試験体の形状寸法を図-3、表-1に示す。試験体の製作要領および実験装置は2.1と同様である。なお、写真-1に示すような探触子保持治具を作成し、探傷に使用した。

### 2.3.2 実験結果および考察

#### (1)欠陥エコーと妨害エコーの識別

各径とも、縦リブの角に起因した妨害エコーが発生する。妨害エコーのエコー高さは欠陥エコー高さよりも高くなることもあるが、欠陥エコーと妨害エコーが最も接近した状態でも両者のビーム路程にD10の鉄筋で約3mm、D16で約6mmの差が生じ、そのため分離は可能である。鉄筋径が細くなるほどこの分離は困難となるが、リブの削り代を表-1中の許容最大寸法以下にすれば、ほぼ支障のない探傷が可能である。

#### (2)欠陥エコー高さ欠陥面積率

本溶接部に含まれている欠陥を大別すると、プロホール、ウォームホールおよび融合不良の3種である。図-14に欠陥エコー高さ欠陥面積率との関係を示す。結果は以下のように要約される。

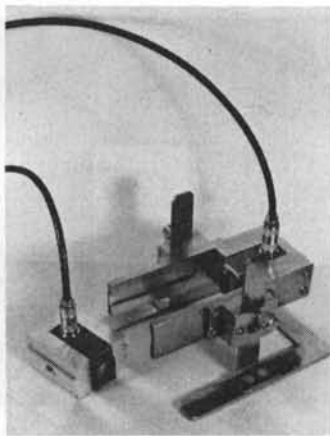
①欠陥面積率が高くなるほど、欠陥エコー高さは高くなる。②ただし、両者の相関は複数の欠陥種類が混在した場合にはばらつきが大きくなる。③面積率の小さいプロホールでも、溶接断面のほぼ中央部に存在するものはエコー高さが高くなる。④検出された欠陥の最小寸法は0.8mmで、逆に見落した欠陥の最大寸法は10mmである。⑤明確に欠陥エコーと識別できる-22dB以上のものは全て欠陥の存在が確認され、妨害エコーを欠陥エコーとす

メーカー	鉄筋銘	鉄筋呼径	フィン形状	D	d	l	端面形状	l <sub>0</sub>	UTの適用性 (探傷面、屈折角)
A社	KSW-41	D10	波形	10.6	9.4	7.2	機械仕上げ	7.1	リブ上探傷, 70°
		D13	"	14.6	12.5	10.9	"	12.6	"
		D16	"	18.0	15.7	16.2	"	16.7	"
		D19	"	21.6	18.8	19.3	"	22.2	"
		D22	"	24.9	22.3	21.7	"	26.3	"
B社	DNOS-41	D13	竹ブシ	14.7	12.4	29.0	"	12.6	削り代上探傷, 70°
		D16	"	17.9	15.5	28.0	"	16.7	"
		D19	"	21.7	18.6	28.0	"	22.2	リブ上探傷, 75°
		D22	"	24.4	21.6	27.0	"	26.3	"
C社	DNOS-41	D22	"	25.0	22.0	25.4	バンドソー	26.3	リブ上探傷, 70°
D社	DKOO-41	D13	"	13.6	12.8	43.5	機械仕上げ	12.6	削り代上探傷, 70°
		D19	"	21.5	19.0	42.3	"	22.2	"
		D22	"	24.2	21.7	42.3	"	26.3	"

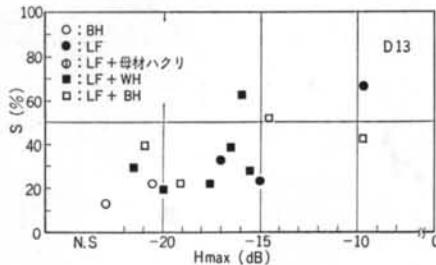
注1) この表はメーカーのすべての鉄筋について調査したものではない  
2) 記号は図-3を参照。ただし、l<sub>0</sub>は削り代の許容最大寸法で屈折角70°を用いた場合の値 (単位: mm)

表-3 各スタッドメーカーへのUTの適用性





写真一1 探触子保持治具



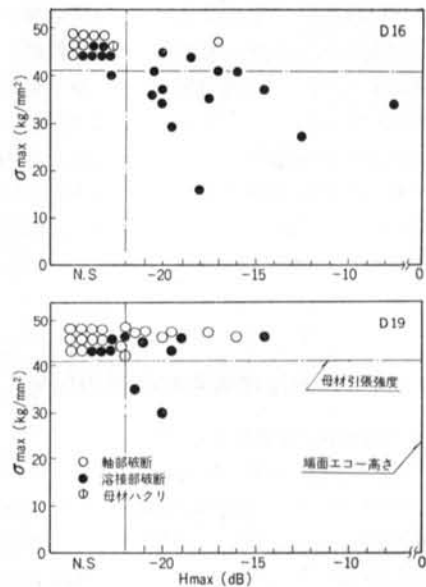
図一14 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と欠陥面積率 ( $S$ ) との関係  
の誤判定はない。

### (3) 欠陥エコー高さ と引張強度

欠陥エコー高さ と引張強度 との関係 を図一15 に示す。  
写真一2 に欠陥の発生状況を示す。結果は以下のように  
要約される。

①D10, D13, D16の鉄筋では、エコー高さが高いほど溶接部の引張強度は低く、かつ溶接部で破断するもの  
が多くなる。②D19, D22の結果では、エコー高さが比較的高い場合でも軸部破断や母材強度近くを示すもの  
があり、D16以下の結果と異なる。③41kg/mm<sup>2</sup>の引張強度を下まわる溶接部が出現する境界点は基準エコーレ  
ベルの約 -20dB の点で、各径に共通している。④欠陥種類や発生位置により欠陥検出能が若干ばらつく。⑤溶接  
断面の外周部（特に探触子の接触面側）に発生した小さな融合不良は、エコー高さが低く検出できない場合がある。

以上の結果から、鉄筋スタッド溶接部の探傷には探触子位置を一定とした縦リブからの斜角二探触子法が有効  
であると考えられる。しかし、欠陥検出能や引張強度の  
推定精度をさらに向上させるために、今後探傷有効範囲  
や探触子の安定性等について検討する必要がある。



図一15 欠陥エコー高さ ( $H_{max}$ ) と引張強度 ( $\sigma_{max}$ ) との  
関係



写真一2 欠陥の発生状況

## 2.4 探傷結果のまとめ

これまで有効な非破壊検査がなく品質保証方法が問題  
とされていたスタッド溶接において、溶接後の品質確認  
方法として頭付きスタッドおよびスタッドボルトの場合  
は垂直探傷法が有効であり、鉄筋スタッドでは斜角二探  
触子法が適用可能であることを示した。また、溶接部の  
引張強度との関係から、欠陥エコー高さによる品質評価  
手法を提案した。本探傷法は、これまでの打撃曲げ試験  
等に代わり得るものと確信され、同時に品質試験などス  
タッド溶接に課せられた各種の試験検査を簡略化される  
ことが可能であると考えられる。

ここで問題となるのは溶接部の合否判定基準である。合否判定基準は、構造物の種類や溶接部に作用する応力の種類、または継手の重要度等によって種々変化すると考えられ、ここでは一概に定めることはできない。ただし、その定め方の方向としては鉄筋ガス圧接部の超音波探傷試験と同様に、限界許容寸法的な基準を指向しつつもデータのばらつきを考慮し、現状では品質管理的な立場で作成することが良いと考えられる。

### § 3. スタッド溶接専用探傷器の開発

#### 3.1 専用探傷器の主要性能と特徴

スタッド溶接部の品質を向上し、構造物の安全性を確保するためには、前章で述べた検査法を普及させる必要がある。本検査法は、前章の実験のように汎用探傷器を使用しても可能であるが、これには日本非破壊検査協会（NDI）の発行する超音波2級程度の資格が必要であり、操作も難しく熟練を要する。数多くの工事現場をかかえる総合請負業者や小規模なスタッドメーカー等の各社に、上記の専門技術者を配置することは極めて困難なことである。したがって、操作が簡単でしかも溶接部の良否が容易に判別できる専用探傷器の開発が望まれている。

この目的に合うように開発された装置が写真—3である。本装置の主要性能は表—4のようであり、その特徴は次のようである。

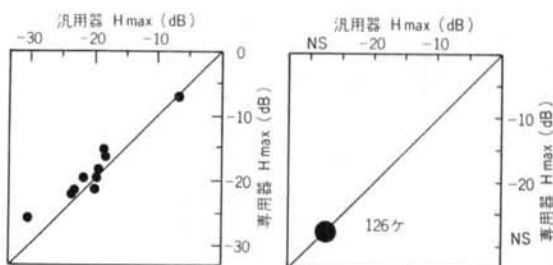
①頭付きスタッドのほかスタッドボルト、鉄筋スタッド溶接の探傷が可能である。②斜角探傷および垂直探傷のいずれも適用できる。③防塵・防滴を考慮したポータブル型であり、探傷器の操作が片手でできる。④装置の調整は、基準エコーレベルの調整とゲートの設定だけであり、これら是对比試験片または試験材の端面を利用する。⑤ゲート幅が狭いため欠陥エコーのみが検出される。⑥エコー高さの測定と溶接部の合否判定はレベルメータ、ランプおよびブザーで行なう。

汎用探傷器と専用探傷器を用いて、両者の探傷結果を比較したものが図—16、17である。図—16は鉄筋スタッド溶接部の結果で、図—17は現場における頭付きスタッド溶接部の探傷結果である。

図から明らかなように、欠陥エコー高さの差異は約3dB以下と小さく、また妨害エコーの判別も十分に行なえることが実証された。したがって、欠陥検出能における両者の差はないと考えられる。



写真—3 専用探傷器



図—16 専用器と汎用器の対応（鉄筋スタッド, D10）

図—17 専用器と汎用器の対応（頭付きスタッド, φ19）

(1) スタッド探傷の種類	鉄筋スタッド	鉄筋径: D10, 13, 16, 19, 22, 25 鉄骨厚: 6mm以上 探傷法: 斜角K走査法および垂直分置法
	頭付きスタッド	スタッド径: φ13, 16, 19, 22 長さ: 50, 80, 100, 130, 150mm 探傷法: 垂直—探法
	スタッドボルト	ボルト径: M10, 12, 16, 20 長さ: 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100mm 探傷法: 垂直—探法
(2) 試験周波数	5 MHz	
(3) 感度余裕値	JIS-STB-G, V8を探傷したとき 30dB 以上	
(4) くり返し周波数	250 Hz	
(5) 減衰器	60 B (1 dB×40+20 dB 連続可変)	
(6) 警報ゲート	起点: 0~200mm, 範囲: 6mm	
(7) 警報表示	LED (50%以上) イヤホン (25%以上)	
(8) エコーレベル表示	レベルメータにより表示	
(9) 電源	NiCd 充電式バッテリー, 6時間使用可	
(10) 外形寸法	W80mm×L192mm×H42mm	
(11) 重量	650 g	

表—4 主要性能



### 3.2 専用探傷器による探傷手順

垂直法による頭付きスタッド溶接部の探傷を例に、専用探傷器による探傷手順を以下に示す。

①材質、軸径、長さが試験材と同一でかつ端面が平滑な対比試験片を製作する。②アクリルシュー付き垂直探触子を探傷器に接続する。③一探触子法および二探触子法の切換スイッチを COM にし、POW スイッチを ON にする。④対比試験片の頭部にグリセリンを塗布し、底面エコーを検出する。⑤底面エコーが最大となるように ATT および GATE つまみを交互に調整し、基準エコーレベルと GATE 位置を設定する。⑥この後、ATT を所定の合否判定レベルに調整する。⑦実際の溶接部にグリセリンを塗布し、探触子をシュー動させ、探傷する。⑧合否判定レベル以上の欠陥はレベルメータ、ランプおよびブザーで表示され、これを記録する。

### 3.3 現場溶接部への適用

スタッド溶接専用探傷器はこれまで4箇所の建築工事に適用し、欠陥検出能、操作性、作業能率等について調査した。ここでは超高層ビルへの適用例を紹介する。

探傷条件を表一5に、探傷状況を写真一4に示す。探傷結果は表一6のようであり以下のように要約される。

①当該工事における頭付きスタッド溶接部の品質は極めて良好で、不合格溶接部の発生率は0.2%である。②不合格溶接部はデッキ貫通型溶接に発生し、超音波探傷後の打撃曲げ試験で容易に破断した。③専用探傷器のエコー高さと汎用探傷器のエコー高さはほぼ一致し、欠陥の見落としはない。④専用器による現場溶接部の検査数は1日当たり約200本であり、作業能率が極めて高い。

## § 4. あとがき

非破壊検査法が確立され、同時に専用探傷器が実用化されたことにより、スタッド溶接部の品質は一段と向上し、今後ともスタッド溶接法は普及すると確信する。特

探 傷 器	FD-54 (三菱電機)
探 触 子	5 Z 10N (アクリルシュー付き)
対 比 試 験 片	φ16, l=120mm (岡部)
合 否 判 定 基 準	基準エコーレベル+17dB (直接溶接)
	基準エコーレベル+21dB (デッキ貫通溶接)
接 触 媒 質	グリセリン98%以上
抜 取 方 法	JASS 6 に基づく計数選別型の2回抜取方式

表一5 探傷条件

	溶接数	検査数	抜取率	不合格数	不合格率
直 接 溶 接	7713	382	5.0%	0	0%
デ ヱ キ 貫 通 溶 接	954	68	7.1%	1	1.5%
合 計	8667	450	5.2%	1	0.2%

表一6 検査結果



写真一4 探傷状況

に、スタッドボルトや鉄筋スタッド溶接は施工法の簡略化等に寄与するものであり、生産性向上の要請が高まる今日、注目されていくものと考えられる。しかし、スタッド溶接部の品質は、本検査法のみで確保されるわけではない。規定された品質管理を行なったうえで、さらに本方法を使用する必要がある。

今後は、データの蓄積を行ない、より明確な合否判定基準を作成する方針である。

### <参考文献>

- 1) 倉持貢他：“頭付きスタッド溶接部の超音波探傷試験に関する研究” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (昭和55年9月)
- 2) 鶴田明他：“スタッドボルト溶接部の超音波探傷試験に関する研究” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (昭和55年9月)
- 3) 掛見安雄他：“鉄筋スタッド溶接部の超音波探傷試験に関する研究” 日本建築学会大会学術講演梗概集 (昭和55年9月)
- 4) 日本鋼構造協会編：“新しい合成構造”
- 5) 倉持貢他：“超音波を利用した鉄筋スタッド溶接部の検査法” 建築技術 (昭和55年12月)



*[Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]*