

I-590

微小疑似欠陥を有する鋼板中を伝播する超音波の波形解析

北見工業大学 正員 三上修一 永代E. 正員 井上 聖
 (株)鴻池組 正員 杉浦伸哉 北見工業大学 正員 大島俊之
 (株)サクラダ 黒田隆博 北見工業大学 正員 菅原 登

1. まえがき

超音波探傷によるCスコープによる欠陥寸法の評価は反射エコーの強度や到達時間によって探傷画像を得る方法が一般に行われている。また、直接接触探傷法による欠陥の深さ評価法として他に周波数分析に方法とがあげられる。超音波探傷において反射面の傾きが大きくなると欠陥の端部エコーが主体となり欠陥面からのエコーが得られないことから測定精度を悪くする。¹⁾本研究では鋼材中に発生する微小欠陥を欠陥の深さ、欠陥の傾き等測定精度に影響を与えと考えられる要素を変えてモデル化し、水浸法による垂直探触子を用いた超音波探傷映像装置から得られる微小欠陥の探傷画像に関するエコー波形情報の特性について検討を行う。

2. 実験概要

1) 測定装置

実験に用いた計測システムは図1に示すような超音波探傷映像装置(AT5000、日立建機(株)、1989年)と超音波波形解析装置である。この超音波探傷映像装置は、超音波探傷器、自動走査装置、データ処理装置、画像処理装置から構成される。超音波探傷器に水浸式焦点型垂直探触子(共振周波数10MHz、水中焦点距離40mm)を用い、自動走査装置に直交座標型3軸スキャナーを用いることによって、図2に示すようなCスコープによる強度データと路程データの表示が可能である。超音波波形解析装置は画像処理に用いた反射波形を取り込み反射波形とFFTによるフーリエスペクトルを表示できる。

2) 供試体

実験に用いた供試体は、9mmの鋼板に表1に示す微小欠陥を12種類作製した。Type Iは欠陥深さ(5mm、3mm、2mm)と傾き(鉛直角90°、75°、60°)をパラメータとしたドリル孔による微小欠陥モデルとする。Type IIは近接する微小欠陥とエコー波形の影響について検討するため中心間隔2mmのドリル孔2個(直径1mm)のとき微小欠陥の深さ(5mm、3mm、2mm)を変えた微小欠陥モデルとする。ドリルによる穿孔を行なったため穴の先端部分は円錐状(先端角度約130°)でさらに小さな凹凸が先端部に残っており複雑な形状を呈している。エコー波形は探傷画像を基に欠陥部分と欠陥境界部分を中心に0.05mm間隔で測定を行った。一波形あたりのサンプリング間隔は0.5nsでサンプリング点数は4096点である。

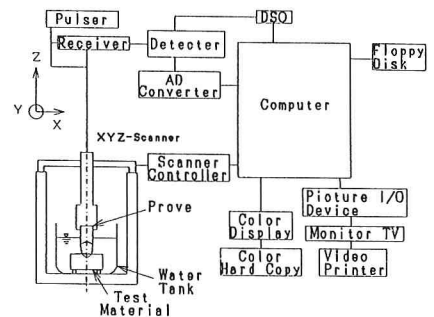
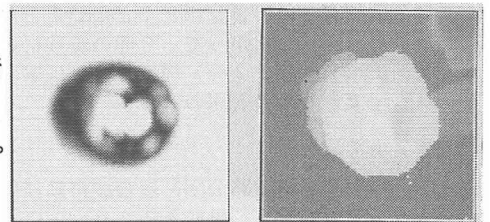


図1 測定システム

表1 供試体

Type I	$\phi (^{\circ})$	h (mm)	Type II	$\phi (^{\circ})$	h (mm)
A	90	5	J	90	5
B		3	K		3
C		2	L		2
D	75	5			
E		3			
F		2			
G	60	5			
H		3			
I		2			



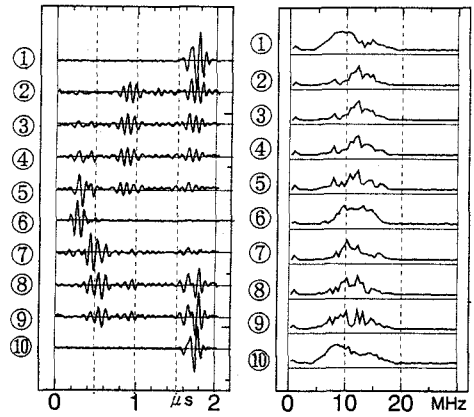
(a)強度データ (b)路程データ

図2 超音波探傷画像

(pitch 0.05mm, scale $\rightarrow$ 0.8mm)

3. 欠陥境界付近のエコー波形特性

エコー波形とスペクトル波形の測定例として供試体Dの測定結果を図3に示す。この測定例は図2の探傷画像において欠陥中心を左から右方向にセンサーを移動したときに得られた波形の一部を並べた図である。超音波探傷から得られる波形は、欠陥の無いところでは、①の波形のように底面波のみが測定され、欠陥の中心付近では⑥の波形のように欠陥からの界面波のみが測定される。欠陥境界付近では図3の③、⑧に示すように、底面波と界面波が同時に測定され、境界での波動の散乱により最大振幅は小さくなっている。これらの波形を用いた欠陥サイズ評価の高精度処理手法として、エコー波形の最大振幅による包絡線を用いてすべての供試体についてある程度の有効性を確認することができた。図3に示すようなスペクトル波形の比較を行



(a)エコー波形 (b)スペクトル波形
図3 測定波形(供試体D)

うと欠陥境界付近(例えば⑧)で卓越スペクトルのピークが多くなっている事がわかる。また、これまでに本測定システムを用いて探触子より十分大きい欠陥については卓越スペクトル間隔 Δf と欠陥深さ H には $\Delta f = C/2H$ (C は供試体の超音波伝播速度)の関係がある事がわかっている。²⁾図4は供試体A、B、Cの欠陥境界付近のスペクトル図を比較したもので、 H が大きくなると Δf は小さくなっていることがわかる。図5には各供試体の Δf の解析結果をプロットした。この Δf 値が小さいほどFFTの解析精度の影響を大きく受けるので、ここではFFTの解析精度を上げるため測定波形の後ろに零を加えて時間を倍にして解析を行っている。ここで図5の縦軸は Δf 、横軸は h である。また、比較のため鋼材の超音波伝播速度 C を約5.8km/sとした場合の計算結果を実線で表示している。即ち、垂直入射による超音波探傷において探触子よりも十分小さい欠陥についても卓越スペクトル間隔と欠陥深さの逆数の間に比例関係があることが確認できた。

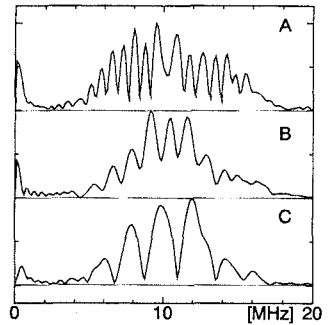


図4 欠陥深さによる
スペクトルの比較

4. あとがき

超音波探傷装置を用いて探傷画像を得る場合に鋼材中を伝播する超音波の解析によって欠陥形状や寸法などの情報をより高精度に得ることができる。本論文では疑似欠陥として超音波探触子のビーム幅より十分小さい微小欠陥モデルについて波形解析を行い次のことが得られた。

- 1) エコー高さ包絡線を用いて欠陥寸法を測定することができる。
- 2) 疑似欠陥を用いた周波数解析の結果より卓越スペクトル間隔を解析することによって欠陥深さを定量的に測定することが可能である。

参考文献

- 1) 菅原、大島他: On the Accuracy Improvement In Ultrasonic Inspection by Using Computer Graphics and Waveform Analysis, 土木学会論文集No.459/I-22, 1993.1.
- 2) 大島榮次監修: 設備診断予知保全実用事典、第1巻、1988.

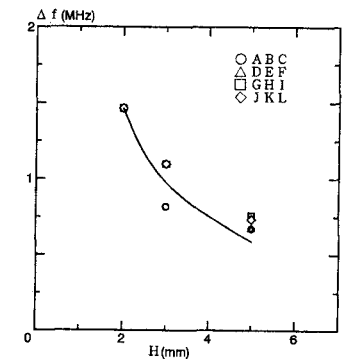


図5 欠陥深さ H と卓越
スペクトル間隔 Δf の関係