

I - 144

超音波による各種欠陥表面状態の評価

東京工業大学 学生員 山田 真幸

東京工業大学 正 員 三木 千壽

東京工業大学 正 員 館石 和雄

1. はじめに

超音波探傷は鋼構造物の保守検査での重要な手段となっている。鋼構造物の健全性を評価する際に、検出された欠陥種別の判定は重要である。しかし、現在の超音波探傷では欠陥の種類を判別できるほどの精度は無く、判別は検査担当者の判断に任されているのが現状である。本研究では面状欠陥の表面形状の違いに着目して欠陥種類の判別を試みた。一般の超音波探傷では幾何光学的に反射した最も強度の強い波のみを対象としているが、本研究ではそれ以外の微弱な反射波の解析を行った。その際、多くのデータを一括して扱う方法を用い、その可能性及び有効性を示した。

2. 散乱波の強度により反射面の表面粗さを測定する実験

ここでは散乱波強度と散乱角、及び反射表面形状との関係を調べた。試験体はサンドペーパー等で一定方向に傷をつけた鋼材を用い、その表面形状の周期 Λ （面内方向卓越長）及び表面粗さ h （鉛直方向卓越長）を評価対象とする（図1）。実験は一探触子法により、水中に沈めた試験体表面からの散乱波強度を散乱角を変化させながら測定した。結果は直接反射波の強度（散乱角0度）で正規化しグラフ化した（図2）。散乱波強度は直接反射波の影響がなくなると広範囲の散乱角でおよそ一定となることが判った。また、そのレベルを表面粗さ h で整理すると両対数軸グラフ上ではほぼ直線関係があることが判った（図3）。

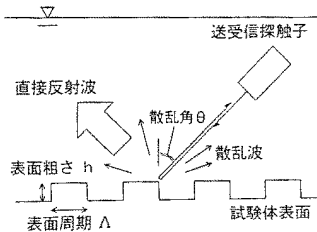


図1 実験概略図

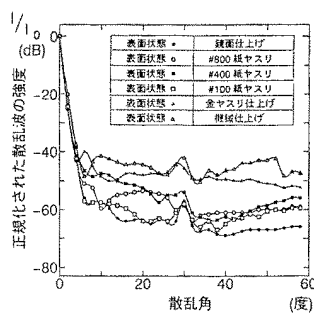


図2 各表面における散乱角と散乱波強度の関係

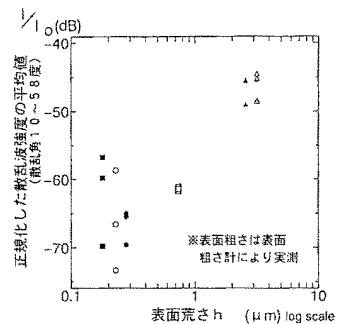


図3 散乱波強度と反射表面粗さの関係

3. 散乱波の周波数解析により反射面形状の周期を調べる実験

超音波パルスの周波数は単一ではなく幅を持つ。そのため表面形状による回折角度にも幅がある。そこで散乱波の周波数解析を行い、周波数軸上で強められる散乱波の観察を試みた。ある周波数での回折は以下の式で表される。

$$f_m = m \cdot v / 2 \Lambda \cdot 1 / \sin(\theta)$$

v : 音速

 f_m : m次回折波の周波数

ここでは取得データに対しM. De Billyらの方法¹⁾を利用して、回折によるピークを際立たせることを行った。表面卓越長に依存した回折波のピークは散乱角の増加に伴い周波数軸上で高周波方向に移動する。そこで周波数軸の代わりに $f \times \sin \theta$ 軸で散乱波スペクトルを表すと、回折のピークは散乱角の如何に依らず軸上の同じ場所に現れる。このことを利用してx軸に $\sin \theta$ をかけて回折ピークの位置を補正した複数の周波数ス

ペクトルを加算する(図4)。得られたグラフの例を示す(図5)。グラフには複数の線が入っているが、加算データ数の増加に伴うピークの成長を表すものである。回折によるピークが重なるので大きく成長する。このグラフを作成するにあたり、加算した周波数スペクトルは混入する雑音を考慮してピーク周波数の強度で正規化することは行わず増幅度を一定としている。また、周波数軸が極端に圧縮される散乱角20度未満のデータを除いた。これらの処理により、やすりでつけた程度の低い表面周期の表面からも回折によるピークが観察でき、グラフの形状は表面形状をよく反映していると考えられる。同様の手順で、実際の疲労破面から得たグラフも示す(図6)。グラフからは回折現象と思われるピークは見られず、顕著な表面形状周期はないことが判った。多くのデータを一括して扱うことのできるこの方法ではグラフ形状の定性的判断の可能性も大きいと考える。

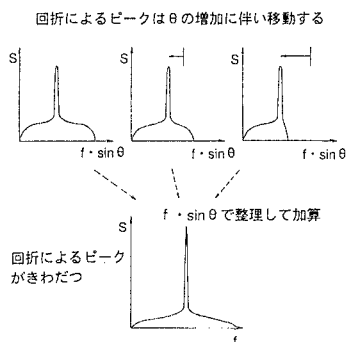


図4 取得データ処理概念図

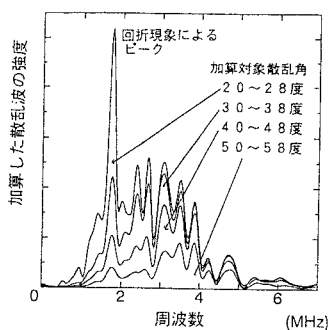


図5 金やすりで制作した反射面からのグラフ

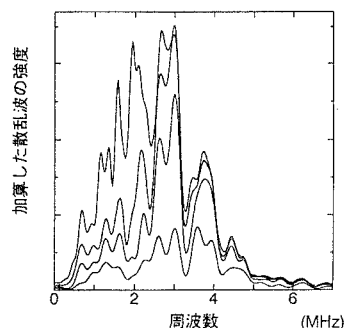


図6 疲労破面から得られたグラフ

4. 直接接合法への適用の可能性

ここではより探傷条件の厳しい直接接合法で実物の破面の表面状態を推定した。試験体は形状を工夫し、各々3種類の散乱角のデータを取得し加算した(図7)。上記の方法に準じた取得データ処理を行なった結果を示す。なお、このグラフはグラフの面積が散乱波の強度を表すようにしてある(図8)。周期性の期待できない疲労破面及び、溶接割れ破面からのグラフは似かよった形状となっている。試験回数が少なく欠陥種類によるグラフ形状の傾向がつかめなため、定性的判断からの欠陥種類の判別には至らなかった。しかし、溶接割れ破面のグラフの方が大きく、散乱波強度が強いことが判る。散乱波強度は散乱角に依存せず、かつ表面粗さの増加関数であることからより粗い表面であると推測できる。この事は試験体を割り表面粗さ計での実測で確かめられた(表1)。

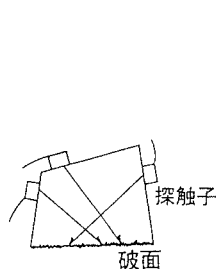


図7 実験概略図

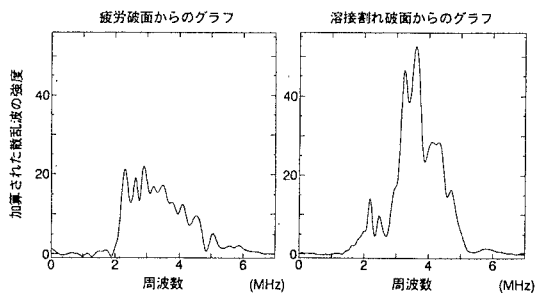


図8 直接法で得たグラフ

表1 試験体破面の表面粗さ実測値

表面状態	表面粗さ h(μm)	測定点数
疲労破面	4.89	10
溶接割れ破面	40 [*]	15

*溶接割れの表面粗さは、表面粗さ計の測定限界の40μm以上であった