

PSI-16 超音波パルスエコー法における弾性体中の応力波動解析

北見工大 正員 大島 俊之
 日立建機 小倉 幸夫
 北見工大 正員 三上 修一
 同 正員 菅原 登

1. まえがき

構造物の健全度診断法のための非破壊評価法の一つとして超音波パルスエコー法があるが、最近構造部材の余寿命評価の必要性からできるだけ精度良く内部欠陥を検出することに対する要求が強い。即ち超音波の反射波あるいは到達波をできるだけ詳細に分析して内部欠陥の影響を細かく予知する技術の確立に対する要求である。このような問題は一般に応力波動の散乱問題として位置づけられるが、このような実際の問題を理論的に取り扱うには多くの解決すべきテーマが存在する。本報告では鋼材溶接部に対する超音波探傷（水浸法）とモルタルに対する応力波入射問題に焦点を絞り、最近の解析結果を紹介する。

2. パルスエコー法による鋼材溶接部の超音波探傷

鋼材溶接部に対する超音波探傷法にはいろいろな種類のものがあるが、ここで用いた装置の概要は次のようなものである。

(1) 焦点型垂直探触子（水浸用） 10MHz

(2) 3軸スキャナー（直角座標型）

走査範囲 500×600×250mm

最小ピッチ 0.05mm

走査速度 10～150mm/s

(3) 画像処理

エコー強度 濃淡256階調

C スコープ表示、カラー16色表示

反射波の解析においては、供試体の測定深さに応じた時間軸のゲートを設定し、このゲートを通過した波形の最大振幅のAD変換結果を画像処理のデータとして二次元表示する。その解析結果の一例を図1と図2に示している。図1には12mmの鋼板の突合せ溶接（中央）及び6mmのリブの隅肉溶接（左右両側）を不完全に実施し、ブローホール、溶け込み不足、スラグ巻き込み、ドリルホール（ $\phi 1.6 \sim \phi 4$ ）などを検出した結果を示している。また図2は図1の右下部分をさらに詳細に探傷した結果である。波動論的解釈からは反射波の波形には反射位置のその他の情報や途中経路の影響が含まれているので、これらの結果を基礎としてさらに詳細な検討が可能である。

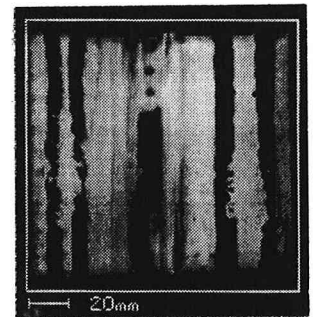


図1 溶接部全体の解析結果

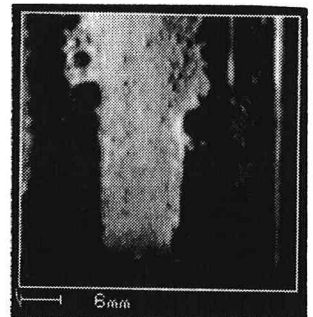


図2 隅肉溶接部の部分探傷結果

3. モルタルの応力波動特性

コンクリートを対象とする応力波動の場合、鋼材の場合にはないいくつかの問題を考慮する必要がある。即ち媒体が複合材料であることに起因する応力波動の内部減衰、散乱の影響、入射波形の解析、波動分散の問題などである。ここではモルタル供試体への応力波の入射問題に焦点を絞っていくつかの解析結果を報告する。

超音波Transducerによるモルタルへの入射問題は現象としては近似的に弾性体表面の質量による動的応

答問題と位置づけることができるが、一般にTransducerの質量 m が振動媒体の有効換算質量 m^* に比べて小さく $Lysmer^{1)}$ の無次元質量比

$$B_z = \frac{(1-\nu)m}{4\rho r_0^3}$$

は図3に示すような傾向を示す。図中 a_0 は無次元振動数 $\omega r_0/V_s$ を示す。 ω =加振円振動数、 r_0 =Transducerの半径、 V_s =媒体のせん断波速度。したがって加振周波数が大きくなるにつれてTransducerとの連成の影響は小さい傾向となる。

図5にはモルタル表面での入射点近傍における応答波形とスペクトルの一例を示しているが、この図のピーク振動数はTransducerの共振周波数と媒体表面での卓越振動数に相当している。したがってこれらの挙動は1自由度系の運動方程式の重ね合わせによりモデル化してある程度入射波形を表現できる。図6にはモルタル供試体の減衰定数の測定結果を示している。一般に応答波形は図5のように得られるので振動モードが比較的分離しやすい。したがってスペクトル曲線のピーク付近にハーフパワー法を近似的に用いて減衰定数を求め、この結果をピーク振動数に対応して表したものである。これらの解析を媒体の性質やTransducerの種類を変えて実施している。

4. あとがき

ここでは鋼材溶接部の超音波探傷結果とモルタル中の応力波動の特性について述べたが、これらに共通する応力波動の伝播挙動の解析をより詳細に実施してこれらの探傷精度の向上をはかる必要があり、ご討議をお願いしたい。

参考文献

- 1) J.Lysmer et al.:Dynamic Response of Footings to vertical Loading, ASCE,Vol.92,SM1, 1966.
- 2) F.E.Richart,Jr. et al.:Vibration of soils and Foundations,Prentice-Hall,1970、岩崎、嶋津共訳、土と基礎の振動、鹿島出版会。
- 3) 明石：コンクリートの非破壊試験に関する研究、土木学会論文集、第390号/V-8、1988。

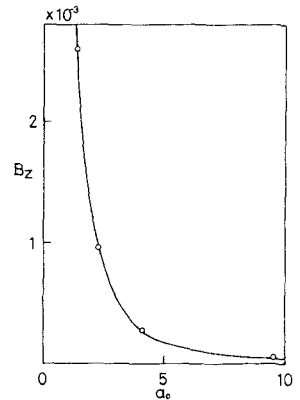


図3 無次元質量比

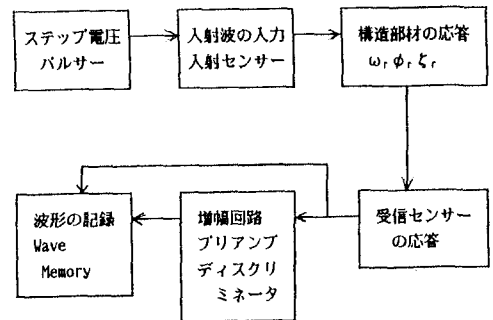


図4 システム構成図

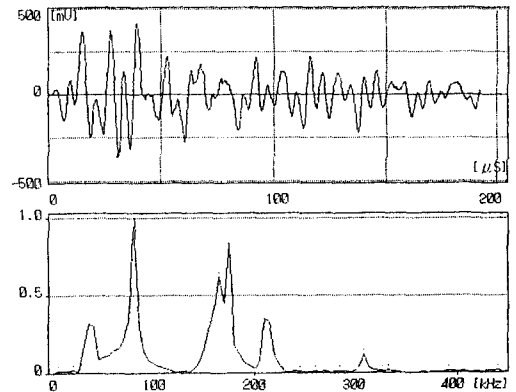


図5 モルタルへの入射波形とスペクトル

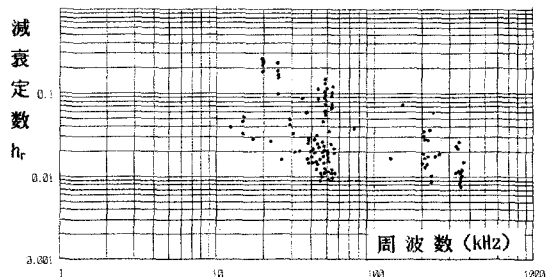


図6 減衰定数の周波数依存関係