

鋼床版縦リブ溶接部のルート亀裂に対する超音波伝播解析

土 木 研 究 所 正 会 員	○高橋 実
土 木 研 究 所 正 会 員	村越 潤
土 木 研 究 所 正 会 員	有馬敬育
土 木 研 究 所 正 会 員	藤木 修
東 京 工 業 大 学 フェロー	三木千壽

1. はじめに

近年、鋼床版のデッキプレートと縦リブ(Uリブ)との縦方向溶接部においてデッキプレートを貫通するルート亀裂が発生する例(図-1参照)が報告されており、維持管理上対処すべき重要な課題となっている。このルート亀裂は、閉断面のUリブ内部に発生し、舗装下のデッキプレート表面に貫通するため、舗装を除去しないと直接目視点検で見つけることはできない。この溶接部に対して適切かつ効率的な維持管理を実施するためには、このルート亀裂の発生原因・形態を明らかにすることおよびUリブ外面からルート亀裂を効率的に発見するための実用的な非破壊検査法を確立することが求められている。非破壊検査法としては超音波探傷法(UT)の適用が考えられるが、この溶接部に生じるルート亀裂への適用性については必ずしも明らかにされているわけでない。本論文では、鋼床版のデッキプレートとUリブとの溶接部においてデッキプレートを貫通する方向に生じるルート亀裂を調査するために有効と考えられるいくつかのUTのうち、鋼中屈折角が 85° の横波斜角探傷法を取り挙げ、これを用いた場合の超音波伝播過程を明らかにすることを目的として実施した数値解析結果について報告する。

2. 鋼床版のUリブ溶接部の概要

鋼床版のデッキプレートとUリブとの溶接部は、部分溶込み溶接の仕様が一般的であり、未溶着(ルート)が存在する。図-1に対象とした鋼床版のUリブ溶接部の構造を示す。この溶接部のUTを実施する場合、既設橋では探傷面が限られていること、デッキプレートの標準的な厚さが12mmと比較的薄いこと、デッキプレートの上面には接着層を介してグーアスファルトやアスファルト混合物等による舗装が施工されていること等の理由から、 70° などの通常の斜角探傷の直射ではデッキプレートに生じた初期の段階でのルート亀裂(亀裂高さがデッキプレート厚に対して小さい段階でのルート亀裂)に対して検出が困難と予想されること等から、UTとして、鋼中屈折角が 90° のクリーニングや表面SH波等が用いられているが、その適用性は明らかにされていない。

3. 解析方法と解析モデル

本研究で解析に用いるUTとしては、鋼中屈折角 85° の5MHzの横波(SV波)斜角探傷法とした。解析方法として、差分法を用いて超音波の伝播および散乱の音場を計算することとし、入射波としては、ホイヘンスの原理を適用して節

キーワード：鋼床版，ルート亀裂，超音波探傷，斜角探傷，表面SH波，臨界屈折角

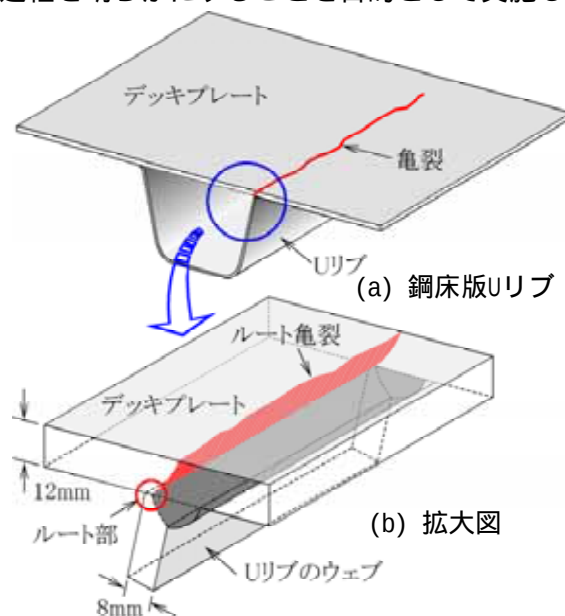


図-1 鋼床版のUリブ溶接部の構造

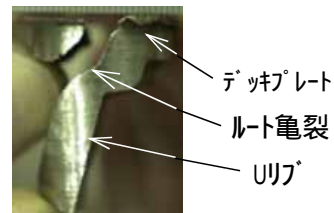


写真-1 デッキプレートに生じるルート亀裂
(実橋から採取したコアの表面)

構造物研究グループ(橋梁構造) 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 TEL 029-879-6793 FAX 029-879-6739

点に探触子の特性に従った応力を与え、 Δt 時間が経過したときの節点変位を求めることを繰返すことにより超音波の伝播を求めた^{1), 2)}。解析モデルは、橋軸方向の横断面(2次元モデル)に対して図-1(b)に示すUリブとデッキプレートとの溶接部の一部を対象とした。図-2に解析モデルを示す。ルート亀裂としては写真-1に示すデッキプレートに対してUリブ外側にやや斜めに生じた亀裂を対象とした。超音波探傷はデッキプレート下面から上向きに行うことを想定し、分割メッシュ寸法は波長の約1/30(約0.65mm)とした。デッキプレートに生じるルート亀裂の有無に対して、超音波がどのように伝播していくのかを確認するため、溶接欠陥もルート亀裂も存在しないモデル、溶接欠陥が内在するモデルの計2モデルを解析モデルとした。

4. 解析結果

図-3に解析モデルに対して得られたAスコープ波形を示す。図中のAスコープ波形のうち、エコー高さが比較的高い部分(図中の記号A0, S0, S1, A1, F1の計5種類)に対応する超音波伝播状態の解析結果を図-4に示す。これらの図から、鋼中屈折角 85° の5MHzの横波(SV波)は、本研究で対象としたルート亀裂のモデルに対する探傷法として、有効に利用できる可能性があることが確認された。また、このルート亀裂のモデルに対して、計5種類の超音波の伝播経路(A0, S0, S1, A1, F1)が存在することが確認された。

最後に、本解析を行うのに際し、三菱電機(株) 木村友則氏、菱電湘南エレクトロニクス(株) 小池光裕氏、三菱電機(株) 和高修三氏にご協力を頂いたので、ここに謝意を表する。

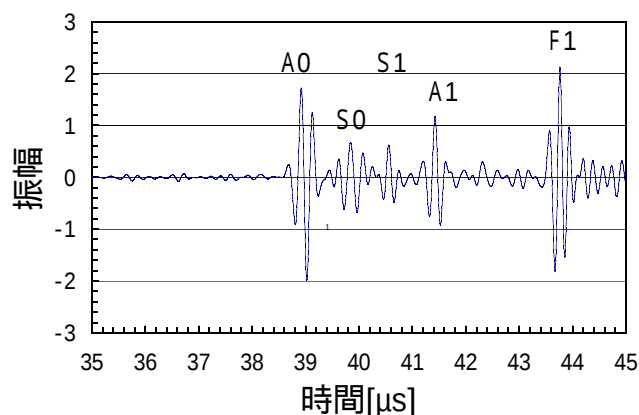


図-3 Aスコープ波形(解析結果)

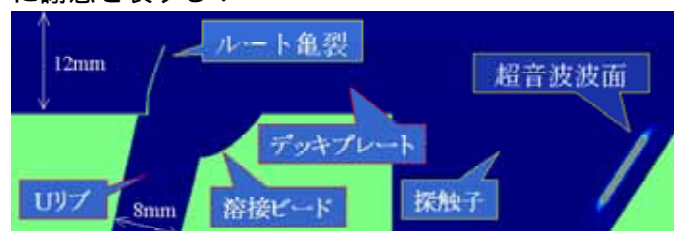
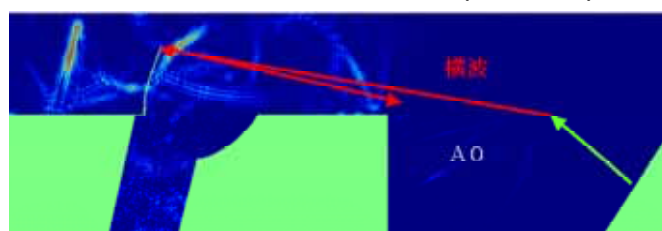
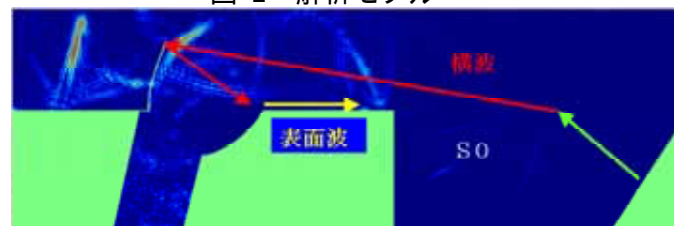


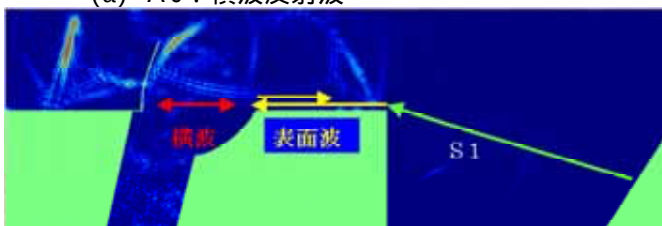
図-2 解析モデル



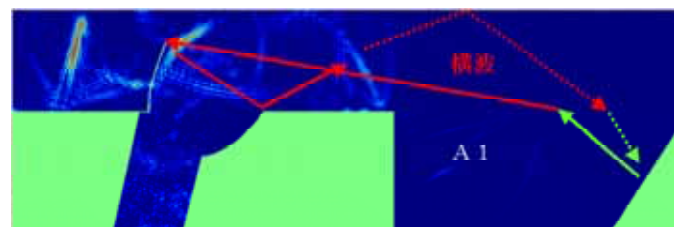
(a) A0: 横波反射波



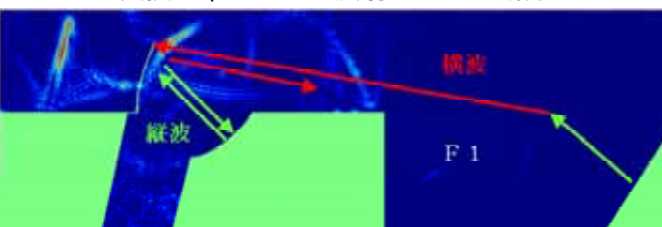
(b) S0: 横波反射波の表面波成分



(c) S1: 入射した表面波が溶接止端部で横波に変換し、きずから反射してきた成分



(d) A1: 横波反射波の底面からの1回反射波成分



(e) F1: 入射した横波→きずからの縦波反射波→溶接ビードからの縦波反射波→きずからの横波反射波(縦波→横波モード変換)

図-4 解析モデルと超音波解析による伝播経路

参考文献 1)木村, 和高, 小池: ハイブリッドFDTD法を用いた複雑形状きずによる散乱音場とエコーのシミュレーション, (社)日本非破壊検査協会超音波分科会, 第11回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集, pp. 37-42, 2004. 1. 2)木村, 三須, 和高, 田中: 丸棒超音波自動探傷システムの斜角探傷における妨害エコー抑圧, 日本音響学会誌, 59巻, 8号, pp. 450-460, 2003.