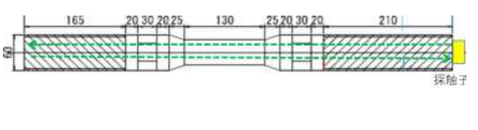
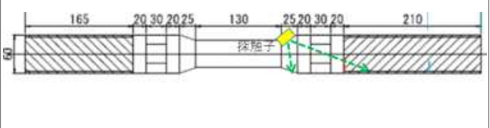
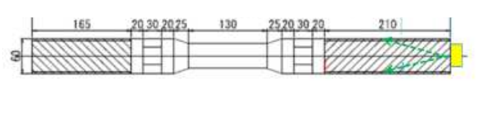
センターステイロッドの合理的点検手法の検討

本州四国連絡高速道路（株）　正会員　○山本　大道
本州四国連絡高速道路（株）　日高　裕司
本州四国連絡高速道路（株）　角野　充

１．はじめに

来島海峡第一大橋に設置されているセンターステイロッドにおいて，設計上の想定破断箇所である細径部ではなく，補剛桁とロッドの取付ねじ部での破断が確認された．破断面確認の結果，破断面にはビーチマーク等の疲労破断面に特徴されるものが確認されたため，ロッドねじ部の破断は疲労によるものと推定した．既往の検討 [1]では，ねじ部のねじ底半径を大きくした実物大試験体の疲労試験を行い，ロッドねじ部の疲労強度が向上することを確認している．しかしながら，疲労破断の可能性は残されていることから，供用時でもロッドねじ部の亀裂が検知できる手法について検討を行った．

表－1　探傷方法の方法

探傷方法		探傷イメージ	探傷の確実性/作業性
(1)垂直探傷（縦波）	鉛直探触子を使用して探傷面に鉛直に超音波を送信して傷を発見する。		探傷の確実性 ・片側からの探傷には限界があるため、ケーブル側・桁側の両端部からの探傷が必要・・△ ・傷の範囲・大きさはある程度推定可能・・○ 作業性 ・桁側端部のみから、探傷作業が可能　・・△ ・桁側端部は探触子設置可能であるが狭小空間で作業性が悪い　・△
(2)斜角探傷（フェイズドアレイ）	フェイズドアレイ探触子を使用して探傷面に対して斜め（４０−７０度）に超音波を送信して得られたほぼ円錐状の断面画像から傷を発見する。		探傷の確実性 ・探触子をテーパー部に沿って360°移動させながら探傷を行うことでねじ部全域をカバーすることができ、亀裂があれば、確実に把握できる・・◎ 作業性 ・両テーパー部周りはオープンであり、探傷作業に支障となるものはない・・◎
(3)鉛直探傷（フェイズドアレイ）	フェイズドアレイ探触子を使用して探傷面に対して鉛直に超音波を送信して得られたほぼ円錐状の断面画像から傷を発見する。		探傷の確実性 ・確実に傷を見つけるためには、両方の端部からの探傷が必要・・△ ・傷の範囲・大きさはある程度推定可能・・○ 作業性 ・桁側端部のみから、探傷作業が可能・・△ ・桁側端部は探触子設置可能であるが狭小空間で作業性が悪い・・△

２．検討概要

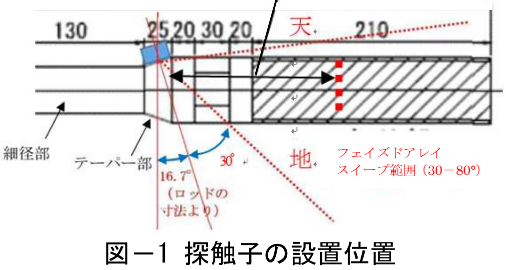
今回検討を行った超音波探傷は現場において適用可能と考えられる以下の３種類について検討を行った．

(1)垂直探傷（縦波）(2)斜角探傷（フェイズドアレイ）(3)鉛直探傷（フェイズドアレイ）

それぞれの探傷の特徴を表－1 に示す．今回の検討の結果では，探傷の確実性や作業性を総合的に評価して，ロッドのねじ底部に発生する疲労亀裂の検査に適用する探傷方法としては，斜角探傷（フェイズドアレイ）が適していると判断した．そこで本稿では，斜角探傷（フェイズドアレイ）を用いたロッドの検査方法と結果について説明する．

（Ⅰ）探触子の設置位置

図－1 に試験体各部の名称と探触子の設置位置を示す．図中の上側を天，下側を地とする．斜角探傷（フェイズドアレイ）では，テーパー部の角度とフェイズドアレイの探傷可能角度を考慮し，探触子でねじ部全域を探傷できるテーパー部に設置して試験を行った．具体的には，フェイズドアレイ探触子をテーパー部で天の位置に置き探傷を行った後，テーパー部の周方向に探触子を360°移動させながら探傷を行った．



図－1 探触子の設置位置

キーワード　センターステイロッド，フェイズドアレイ，疲労亀裂
連絡先　〒794-0072 愛媛県今治市山路７５１−２　本州四国連絡高速道路(株)しまなみ今治管理センター
ＴＥＬ0898-23-7250

© Japan Society of Civil Engineers

（Ⅱ）試験体
試験体は疲労試験に使用した試験体のうち 4 体である（写真－1）．

３．検討結果

斜角探傷（フェイズドアレイ）で得られた A･B スコープ画像の代表として試験体 B の結果を図－2 に示す．図－2 の(a)は，亀裂を検出した画像であり，(b)は亀裂未検出の画像である．また，B スコープ画像では青から赤色になるほど強いエコーであることを表している．(a)の画像では，ねじ部を示す青色のエコーが連続しているが，ねじ部の途中に亀裂面を示す一部赤色のエコーが確認できる．

一方，(b)の画像では，(a)の画像と比較して亀裂面があると想定される箇所までねじ部を示す青色のエコーのみ確認され，亀裂面が検出できていない．探触子の設置場所によって亀裂を検出ができる場合とできない場合があるが，テーパー部の周方向に探触子を 360°移動させながら探傷を行うことで，亀裂を確実に検出できると考えられる．

斜角探傷（フェイズドアレイ）による亀裂探傷結果を検証するため，試験体の亀裂面の位置において切断を行い，疲労試験時に生じた亀裂面の範囲を特定し，その面積及び深さを求めて観察を行った．

表－2 に試験体の亀裂面の形状・大きさと位置を合わせて示す．また，実橋で破断が確認された位置を示す．検証を行った亀裂のうち比較的小さな亀裂面が確認された試験体 B の亀裂面の大きさは，ねじ底部の断面積に対し 9.3%であった．また，探触子設置位置から亀裂面までの距離は 217.6mm であったため，実橋で破断が確認された距離（約 80mm）よりも比較的遠い距離の亀裂面を検出できることを確認した．

(Ⅲ)今後の維持管理について

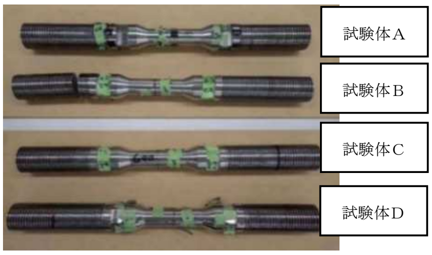
上記により斜角探傷（フェイズドアレイ）による点検手法が有効であることを確認した．点検頻度については当面は省令 2)に基づく近接点検の頻度に合わせて 5 年に 1 度の実施を考えているが，今後，適切な点検頻度について検討する必要があると考えられる．

４．まとめ

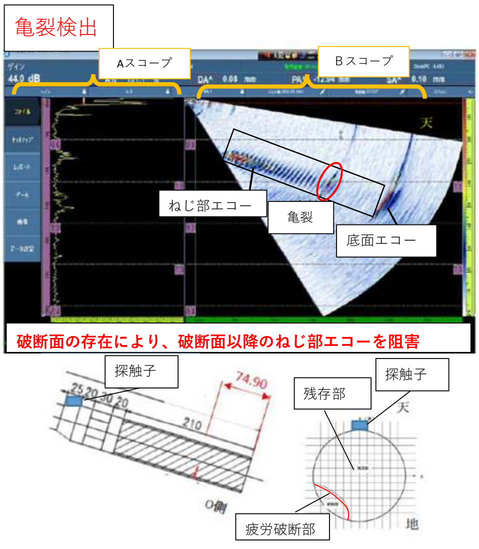
改良型ロッドの維持管理手法の検討で得られた知見を以下に示す．

(Ⅰ)斜角探傷（フェイズドアレイ）の検出精度は亀裂面積が，ねじ底断面の約 9%程度の亀裂面であっても亀裂を検出可能であった．また，今回測定した試験体では探触子設置位置から亀裂面までの距離に関わらず，測定が可能であった．

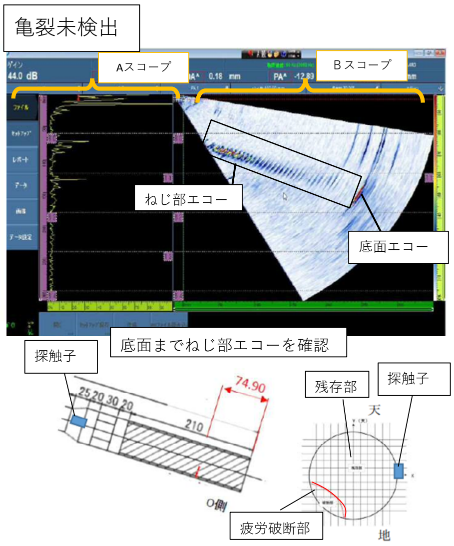
(Ⅱ)斜角探傷（フェイズドアレイ）による点検頻度については 5 年に 1 度の実施を考えているが，今後，適切な点検頻度について検討する必要がある．



写真－1 試験体



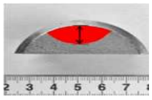
(a)



(b)

図－2 斜角探傷取得画像（試験体 B）

表－2 亀裂面確認結果

	断面積比率（%）	探触子設置位置から破断面までの距離（mm）	亀裂範囲
試験体Ｂ（Ｏ側）	9.3	217.6	

参考文献

1）河野ら：太径ねじ部材の疲労強度，土木学会第 72 回年次学術講演会概要集，I-284，2017.
2)国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領，2014 年 6 月

© Japan Society of Civil Engineers