ガイド波を用いた新しい鋼構造物の非破壊診断手法

JFE シビル(株)　正会員　榊原　淳一

1．はじめに

大型鋼構造物において定期的な点検を行うことは，構造物の疲労破壊などに起因する事故を未然に防ぐためには重要なことである．現状では超音波探傷，磁粉探傷や目視点検が主な手法である．しかし，これらの手法は構造物に接近して行う必要があり定期的な点検を行うことが難しい場合がある．例えば，製鉄所などで用いられるクレーンランウェイガーダー(以降，CRG と記す)を点検する場合には，①クレーンの操業を停止する必要がある，②高所にあるため仮設足場などを設置する必要がある，③他の設備との干渉やCRG の向きにより目視できない場合がある，といった問題があり，定期的な点検を行うことが難しい場合が多い．

これまで，筆者は地盤調査に用いられてきた擬似ランダム波による計測手法を鋼構造物に伝播させる研究を行ってきた [1]．本報告では表面波の一種であるガイド波を用いることで，①クレーンの操業を止めず，②仮設足場を必要とせず，③計測は必要に応じて地上で行う，④その場で結果判定が可能，という新しい鋼構造物の非破壊診断手法の開発と実証実験について述べる．

亀裂があるとガイド波の伝播に影響を与える

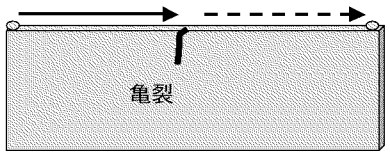

図 1 計測原理

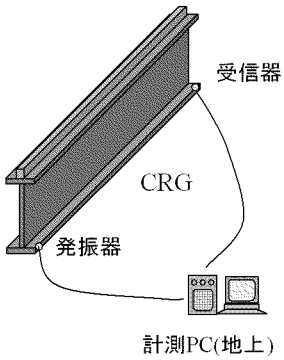

図 2 計測方法概念図

2．計測原理と開発課題

ガイド波とは「実体波である縦波と横波が境界条件を満たすように材料を伝播した結果，見かけ上得られる波」であり [2]，例えば地震時に発生する地表面を伝播する波がこれにあたる．ガイド波は伝搬現象が複雑であるため取扱いが難しい場合もあるが，エネルギーの散逸が少なく遠方まで伝搬するため，これまでにパイプラインの亀裂探査等の非破壊検査への適用が進められている．図 1 および図 2 に本手法の計測原理と計測概念を示す．フランジ側面から発生した亀裂がガイド波の伝播に影響を与えることを利用し，到達時間や受信音圧の変化から亀裂の有無を判定する．このために CRG(H 鋼)の両端のフランジ側面(コバ)にセンサーを設置し，「フランジ面内に適切な周波数の縦波と横波を伝播することでフランジ側面に励起されたガイド波」を計測する．本開発では操業中の CRG の点検を目的としているため，①探知可能な亀裂長，②工場騒音の影響，③ガセットプレートなどの付属構造物の影響を課題として計測装置の開発製作および実験を行った．

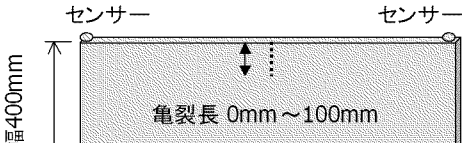

図 3 亀裂長感度試験

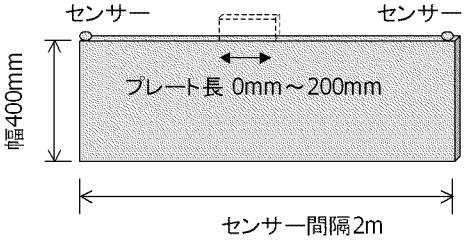

図 4 付属物の影響試験

3．実験概要

計測装置は圧電セラミックス製の発振器と受信器，信号作成器兼データロガー，発振信号および受信信号増幅器で構成されている．

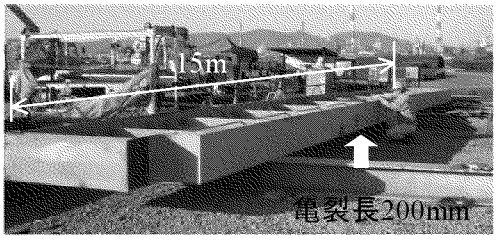

図 5 実物大実験の様子

基礎実験は 2 段階に分けて行った．まず，亀裂に対する感度とガセットプレートなどの影響を把握する目的で，長さ 2m，幅と厚みが 400mm，10mm の鉄板に亀裂長 10mm から 100mm の模擬亀裂(亀裂幅は 5mm)を作成し，また，付属物を想定した長さ 50mm から 200mm のプレートを設置した．

キーワード　ガイド波，鋼構造物，非破壊計測，振幅，擬似ランダム波

連絡先　　〒111-0051　東京都台東区蔵前 2-17-4 JFE 蔵前ビル　JFE シビル(株) Tel 03-3864-2982

次に実物大実験として長さ 15m の CRG(フランジ巾と厚みは 440mm と 20mm)を用いて，亀裂長 200mm の模擬亀裂を作成し亀裂のないフランジ面との比較を行った．実験の概要および計測状況をそれぞれ図 3，図 4，図 5 に示す．

4．実験結果および考察

まず，亀裂長に対する感度試験結果を図 6 に示す．上から亀裂長 0mm，10mm，15mm，50mm，100mm の受信波形をそれぞれ示す．図中，理論計算から求めたガイド波の到達時間を矢印で示してある．横軸は時間(ミリ秒)，発振周波数は 30kHz であった．同図から亀裂長が 15mm を越えるとガイド波の振幅が小さくなっていることが判る．次に，図 7 に付属物の影響試験結果を示す．上からプレート長 0mm, 50mm, 100mm, 200mm の受信波形を示す．図内の矢印，横軸，発振周波数は亀裂長感度試験と同じである．同図からプレートの有無はガイド波の伝播には影響を与えていないことが判る．最後に実物大試験の結果を図 8 に示す．上から発振周波数 30kHz の亀裂無しと亀裂長 200mm，発振周波数 10kHz の亀裂無しと亀裂長 200mm の受信波形を示している．この結果から，発振周波数 30kHz で亀裂のない場合にはガイド波が明瞭に確認できるが亀裂のある場合には明瞭ではないこと，発振周波数 10kHz の時には亀裂の有無に関わらずガイド波は明瞭ではないことがわかる．

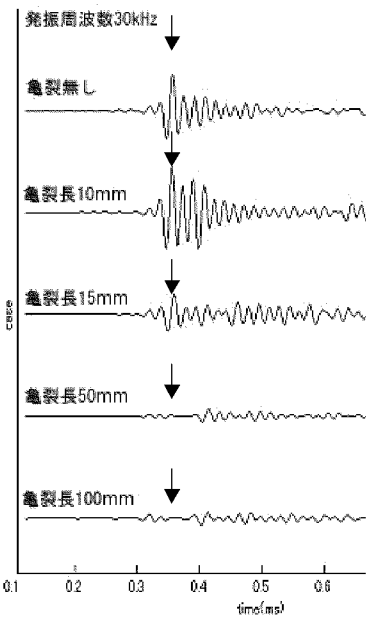

図 6 亀裂長感度試験結果

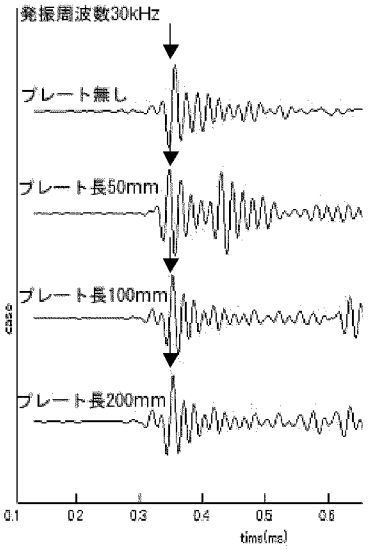

図 7 付属物の影響試験結果

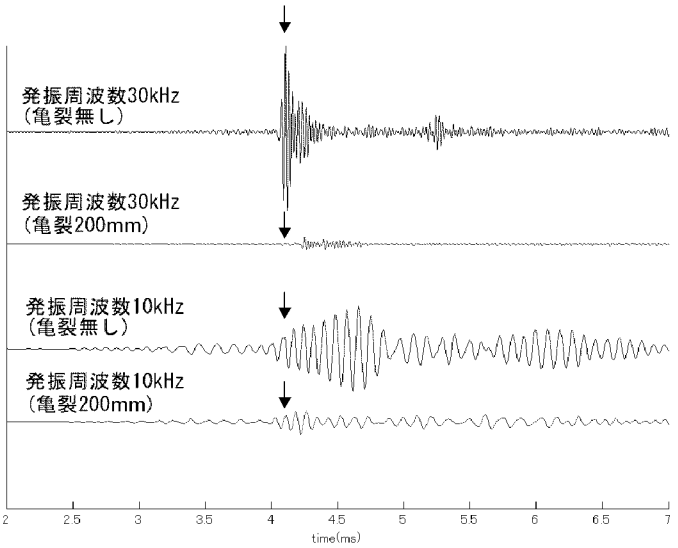

図 8 実物大実験結果

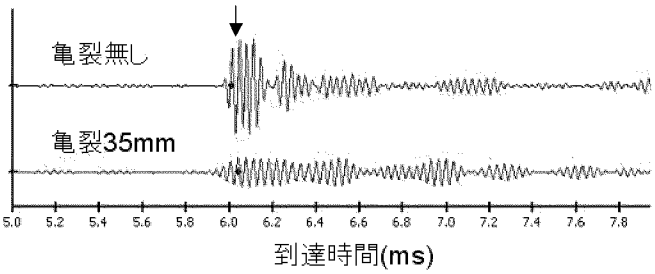

図 9 現場実証実験結果

以下に本研究の成果をまとめる．

(1) CRG の亀裂の有無や大きさに依存したガイド波の振幅の変化を把握することができた．ただし，ガイド波の振幅から亀裂の長さを推定するには更なる検討が必要と考えている．

(2) ガセットプレート等の付属物の影響はほとんど見られない．これはガイド波がフランジ面内に伝播する縦波と横波が合成された見かけの波であることが理由であると考えられる．

(3) 発振周波数が低いとガイド波は明瞭ではなくなるため発振周波数を正確に制御する必要がある．これは縦波の波長(10kHz で 570mm)がフランジ幅(440mm)よりも長くなるとフランジ面内を伝播できなくなり，結果としてガイド波が消失してしまうためであると考えられる．

最後に操業の影響を把握するために実施した現場実証実験の結果を図 9 に示す．別途実施した超音波探傷検査により亀裂長が判っていた．同図から操業ノイズの影響を受けることなく亀裂の有無に反応した結果が得られていることが判る．今後は計測機器の軽量化，耐久性強化を進め早急に現場に投入するべく開発を進めていきたい．

[1] 榊原淳一 他，音響トモグラフィを用いた構造物設備診断技術，JFE 技報，No. 11(2006)，pp. 50-pp. 55

[2] 西野秀郎，非破壊計測のためのガイド波の基礎と展望，非破壊検査 第 52 巻 12 号(2003)，pp. 654-pp. 661