

衝撃弾性波法を用いた漁港施設の簡易機能診断手法

水産総合研究センター水産工学研究所 正会員 ○中村克彦
水産土木建設技術センター 藤田孝康
株式会社東洋計測リサーチ 山下健太郎
東海大学工学部土木工学科 正会員 笠井哲郎

1. はじめに

我が国における漁港施設のストック量は岸壁と防波堤だけで総延長 5,000km にのぼる。これらの施設は、昭和 50 年代前後に整備されたものが多く、施設の老朽化が問題となってきた。今後、時間の経過とともに老朽化が進行し、修繕や更新を迎える施設が更に増加することが懸念されている。

このような中、水産工学研究所においては、漁港施設に係る老朽化対策の一環として、効率的かつ効果的に機能診断を行うための衝撃弾性波を用いた方法を提案した(以下、「提案手法」という)。提案手法では、弾性波速度から圧縮強度の低下の有無等をある程度判断できる。しかしながら、現地検証が不十分であるなどの課題も残った。

そこで本研究では、構造形式、整備年度等が異なる漁港施設において、弾性波速度を計測し、当該地点でのコア圧縮強度との比較を行うことで、提案手法の既存施設への適用性を検証した。

2. 漁港における既往の簡易機能診断手法(提案手法)

水産工学研究所では、衝撃弾性波によりコンクリート構造物の老朽化レベルを診断する手法を提案した。その中で5漁港19施設における弾性波速度と圧縮強度との関係を整理し、異常箇所をスクリーニングするための基準値等を示した。基本的な評価方法は、対象施設の弾性波速度が基準値を下回る場合に当該施設において異常がある可能性が高いと判断し、詳細な調査を実施すべきというものである。

表1 各設計基準強度に弾性波速度の基準値

Table with 2 rows and 6 columns: 設計基準強度(N/mm²) [18, 21, 24, 27, 30], 衝撃弾性波速度(m/s) [3,800, 3,900, 4,000, 4,100, 4,200]

3. 調査の方法と結果

(1)調査方法

現地調査は、平成 27 年 10 月に A 漁港で実施した。調査対象とした 10 施設を表 2 に示す。施工年度、構造形式、場所は全て異なる。測定は図 1 に示す、iTECS6 (計測装置) と 2 種類の加速度計付きハンマー (380g, 110g) を使用した。測定方法は表 3 に示す通り 3 種類行った。

表2 対象施設一覧

Table with 3 columns: 施設名称, 構造形式, 施工年度. Lists various coastal structures like breakwaters and piers.



図1 計測機器

表3 測定方法

Table with 4 columns: 種類, 方法, ハンマー (重さ, センサー位置*), 測定距離. Describes three measurement methods (A, B, C) using different hammers and distances.

*:ハンマーの打撃部分からハンマーに内蔵されている加速度計までの長さ

(2)弾性波速度と圧縮強度の関係

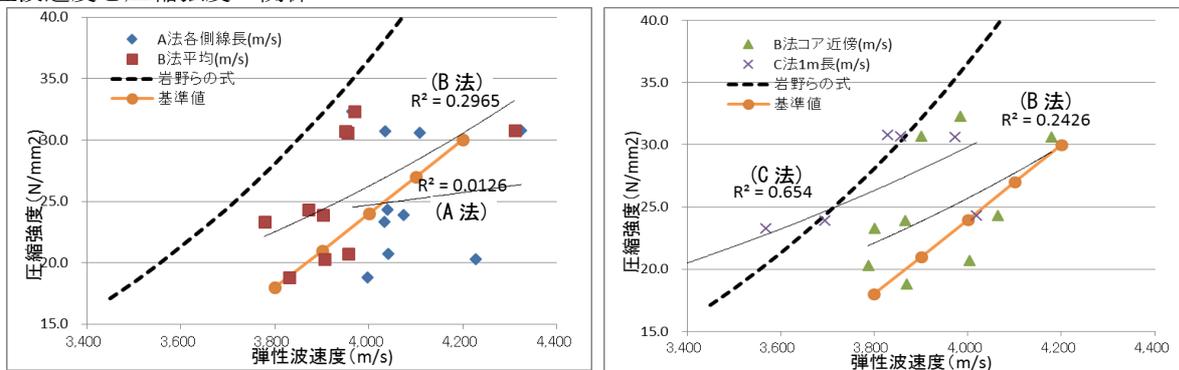


図2 弾性波速度と圧縮強度の関係 (左: A法各側線長とB法平均, 右: コア抜き近傍1mのB法とC法)

図2に各種計測方法で測定した弾性波速度とコア抜き試験で得られた圧縮強度との関係を示す。いずれも弾性波速度と圧縮強度との間に一定の傾向は何えるものの、ばらつきが大きく明確な相関とまでは言え

ない。弾性波速度と圧縮強度の関係は、コンクリートの水セメント比や使用材料等によって異なる。本研究の対象施設は、これに加えて整備年度や劣化状況が異なる。このため、図2では明確な相関関係とならなかった。実際の機能診断でも、各種条件が異なる既存施設を対象とすることから、異なる施設の弾性波速度や圧縮強度を比較する場合はこれらのばらつきに留意する必要がある。

(3)測定方法の影響

図3左はA法、B法による弾性波速度の違いを図示したものである。概ねA法が高い値を示した。岩野ら²⁾の研究では、コンクリート表面部分の乾燥等により弾性波速度が低下し、内部を伝わった弾性波が受信点に先に到達することが明らかにされて

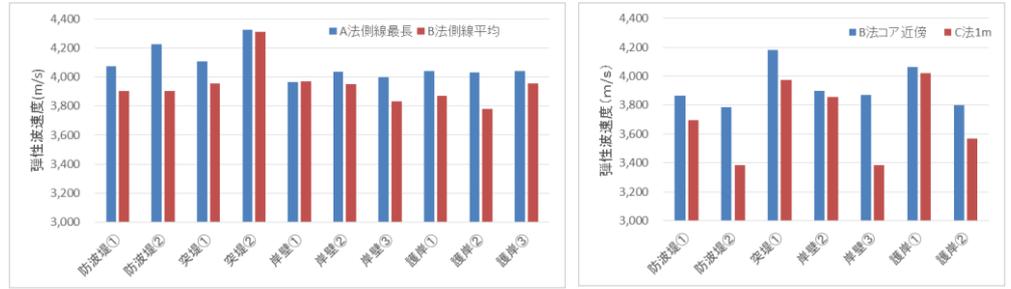


図3 弾性波速度の比較 (左: A法とB法, 右: B法とC法)

いる。本研究においても、この表面部分の状態の影響が弾性波速度の違いになって現れたものと考えられる。

図3右はB法、C法による弾性波速度の違いを図示したものである。弾性波速度の差は測定地点により異なるものの、いずれの地点においてもB法が速くなった。この要因は、ハンマーの大きさが異なるため、ハンマーの打撃部分から同じハンマーの反対側に位置する加速度計まで衝撃が伝わる時間に差が生じたためと考えられる。

これらのことから、測定方法の違いにより、弾性波の速度が異なることが明らかとなった。本研究でのケース数は少ないものの、その差は最大で7.6% (測定距離の違い)、14.3% (打撃装置の違い) となった。

なお、図2に示すように、岩野らの式と比較した場合、同じ圧縮強度における弾性波速度はA法、B法で速くなった。この要因としても、前述したような測定方法の違いが考えられる。

(4)既往の基準値 (提案手法で示された基準値) との比較

表4はコア近傍の弾性波速度と圧縮強度から、岩野らが示した式 $F=1.224 \times 10^{-17} \times V^{5.129}$ (F: 圧縮強度, V: 弾性波速度) を用いて各設計基準強度の推定弾性波速度を算定した例である。

算定した結果、表4の岸壁③を含む3箇所において推定弾性波速度が基準値を上回ったが、最高でも推定値/基準値で3%上回る程度であった。

提案手法では老朽化箇所を簡易的にスクリーニングするという目的から、基準値を対象施設の9割程度が下回るように設定していたことや、岩野らの研究例でも既設構造物における弾性波速度から圧縮強度を推定した場合に±15%の精度となることが示されていることから、提案手法で示した表1の基準値は概ね妥当と言える。

表4 弾性波速度と圧縮強度から求めた設計基準強度ごとの推定強度 (岸壁③の場合)

施設名称	コア近傍速度 (計測値,m/s)	圧縮強度 (計測値,N/mm ²)	推定強度 ^(岩野) (N/mm ²)	補正係数k	岩野らの式による推定速度(m/s)				
					18N/mm ²	21N/mm ²	24N/mm ²	27N/mm ²	30N/mm ²
岸壁③	3.869	18.8	30.8	0.61	3.836	3.953	4.058	4.152	4.238

4. まとめ

本研究により、提案手法で示した弾性波速度の基準値 (表1) は概ね妥当であることがわかったが、計測方法等により、弾性波速度に差が生じることから、以下の点に留意する必要がある。

- ① 打撃部と受信部の間隔が大きくなる場合、コンクリート表面ではなく内部を伝わる弾性波が受信部に早く到達するため、弾性波速度が速くなる可能性がある。
- ② 加速度計付き打撃ハンマーは、その大きさにより測定値に差が生じ、大きなハンマーを用いた場合、打撃認知時間が遅れるため、弾性波速度が速くなる。
- ③ 弾性波速度の相対的变化から老朽化箇所を判断する場合、同じ施設において測定方法、測定機器を統一する必要がある。
- ④ 提案手法で示した基準値との比較を行う場合は、3(1)に示す380gのハンマーを用い、打撃部と受信部の距離を1mとして測定する必要がある。
- ⑤ 弾性波速度は、同じ圧縮強度でもコンクリートの配合、材料、劣化状態などの影響を受けることから、弾性波速度の絶対値から圧縮強度を求める場合には、同条件の施設においてコア抜き圧縮試験を行い、補正比率も併せて算定する必要がある。

参考文献

- 1) 金田拓也, 間辺本文, 藤田孝康, 岡野崇裕, 笠井哲郎, 高橋涼, 豊原俊: 衝撃弾性波による沿岸構造物の経年劣化に関する基礎的研究, 土木学会第68回年次学術講演会講演概要集, pp. 1049-1050, 2013.
- 2) 岩野聡史, 森濱和正, 渡部正: 衝撃弾性波法と微破壊試験の併用による構造体コンクリートの圧縮強度推定方法の提案, 土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造), VOL. 69, pp. 138-153, 2013.
- 3) 岩野聡史, 森濱和正, 坂本良憲, 實藤大夫: 弾性波伝搬速度に変化を及ぼすコンクリート表層部と内部との条件の違いの検討, 一般社団法人日本非破壊検査協会平成27年度秋季講演大会講演概要集 pp. 41-44, 2017.