

既設漁港施設の維持管理のための簡易的な老朽化診断法の精度向上に関する研究

東海大学 学生会員 ○篠竹 哲也
 東海大学大学院 学生会員 富川 裕一
 水産土木建設技術センター 正会員 藤田 孝康
 東海大学 正会員 笠井 哲郎

1. はじめに

漁港施設を有する漁港は、全国に 2,909 点在し、その老朽化が懸念されている。また、漁港施設における診断手法は、調査者による評価のばらつきや精度向上、簡易診断手法の開発、老朽化予測や LCC 算定の精度向上など、今後改善されることが求められている課題が多い¹⁾。本研究では、既存漁港施設における簡易な老朽化診断手法として、コンクリートを打撃した反発度から圧縮強度を求める反発度法、および衝撃弾性波のうちハンマーでコンクリートを打撃し、その際に得られる打撃応答波形から圧縮強度を推定する機械インピーダンス法について、両手法の測定値の違い、測定箇所および表面が劣化した場合の影響について検討し、両手法の漁港施設への適用について、室内試験を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体および測定箇所

両手法、および圧縮強度試験の測定値と測定箇所の影響を比較するために、水セメント比 (W/C) を 35, 50, 65% とした角柱供試体 (300×300×600mm) を作製し、これらの供試体を反発度法と機械インピーダンス法で測定し、推定強度を求めた。角柱供試体の概観は図-1 に、角柱供試体の使用材料およびコンクリート配合を表-1, 2 に示す。両手法による測定箇所は、上面、上面から 10cm の側面 (高さ 0-20cm)、上面から 30cm の側面 (高さ 20-40cm)、上面から 50cm の側面 (高さ 40-60cm)、および下面の 5 箇所とした。また、これらの測定終了後、それぞれの測定箇所からコアを採取し、圧縮強度試験 (JIS A 1108) を実施した。



図-1 角柱供試体の概観

表-1 角柱供試体の使用材料

種類	記号	物性または主成分
セメント	普通ポルトランドセメント C	密度: 3.16g/cm ³ 比表面積: 3300cm ² /g
細骨材	菊川支流産山砂 S	密度: 2.59g/cm ³ 吸水率: 2.18% 粗粒率: 2.42
粗骨材	青梅産硬質砂岩砕石 G	密度: 2.70g/cm ³ 吸水率: 0.62% 最大寸法: 20mm
混和剤	AE減水剤 Ad1	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AE助剤 Ad2	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
	高性能AE減水剤 SP	ポリカルボン酸エーテル系化合物

2.2 骨材分離の測定

粗骨材の分離の影響が両手法での測定に与える影響を検討するために、2.1 と同一条件で角柱供試体を打設し、上面から高さ 0~20cm, 20~40cm, 40~60cm の 3 つに区分し、フレッシュコンクリートの試料採取 (JIS A1115) とフレッシュコンクリートの洗い試験 (JIS A1112) を実施し、測定箇所ごとに粒径別の粗骨材質量を測定し、測定箇所ごとのコンクリート質量に対する骨材比を算出した。

表-2 角柱供試体のコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(kg/m ³)			実測値	
			W	C	S	G	Ad1	Ad2	SP	空気量(%)	スランプ(cm)
35	42.8	4.5	162	463	717	998	-	0.009	3.70	4.5	15.5
50	45.8		167	334	809	998	1.67	0.003	-	4.0	15.8
65	47.2		172	265	854	998	1.06	0.004	-	4.3	11.0

2.3 劣化面の作成と測定条件

コンクリート表層部の違いが反発度法と機械インピーダンス法における測定値への影響を確認するために、2.1 で示した角柱供試体の測定を実施していない 1 側面を塩酸 (希釈濃度: 3.3%) に 5~10mm 浸漬し、24 時間静置して劣化させ、ウォータージェットで洗い、劣化した測定面とした。

表層部の劣化前、劣化後および劣化後に研磨した 3 つの条件に対し、反発度法と機械インピーダンス法での測定を行った。測定箇所は、上面から 30cm (高さ 20-40cm) の中央部とし、測定回数は 50 回とした。ただし、いずれの手法も全ての測定値を用い、反発度法で従来言われている ±20% 以上を無効としないこととした。なお、研磨は、表面を電動ディスク研磨機 (100mm ディスクグラインダ、粒度 #60) を用いて研磨した (表層約 1mm)。

3. 結果および考察

3.1 反発度法と機械インピーダンス法の比較

両手法による測定箇所ごとの推定強度とコア採取による平均圧縮強度の結果を表-3 に示す。なお、反発度法の推定は、いずれも 25 回の打撃を行って、これらの反発度 (R 値) の平均値からコンクリート強度を推定した。また、

キーワード 漁港施設, ストックマネジメント, 老朽化診断, コンクリートの圧縮強度

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 TEL. 0463-58-1211 FAX. 0463-50-2045

機械インピーダンス法の測定，および推定強度は，「漁港施設における機械インピーダンス法を用いたコンクリート強度推定運用マニュアル（案）」に準拠し，25回の打撃を行って推定した．3つの方法で測定した圧縮強度を比較すると，いずれのW/Cにおいても平均圧縮強度>機械インピーダンス法>反発度法の順となる傾向にあり（表-3参照），機械インピーダンス法は，反発度法と比較して，コアによる平均圧縮強度に近い値となった²⁾．

また，反発度法の上面と高さ0-20cmの推定強度を除いて，全ての推定強度と平均圧縮強度が上面から下面になるにつれ，強度が大きくなる傾向があった．

3.2 骨材分離の影響

表-4にそれぞれの測定箇所における粒径ごとの骨材比を示す．いずれのW/Cでも角柱供試体の上面から下面になるほど，全骨材比が増加している．このようなコンクリート打設後の骨材比の違いが供試体の上面から下面になるほど，強度が大きくなる1つの要因となっていると考えられる．それぞれの高さにおける粒径ごとの骨材比を見ると，粒径10~15mmの分離が最も大きくなる傾向となった．

3.3 反発度法と機械インピーダンス法による表層部劣化の影響

両手法による劣化前，劣化後研磨前，劣化後研磨後の推定強度と変動係数を表-5に示す．いずれのW/C，表層部の状態でも反発度法より，機械インピーダンス法の推定強度が大きい傾向となっている．また，反発度法の推定強度は，劣化後の研磨前の値が機械インピーダンス法と比較して，大きく減少する傾向があり，このときの変動係数が顕著に大きくなっていることから，反発度法は，既存漁港施設への適用において，研磨がより重要であることを示している．

4. まとめ

反発度法および機械インピーダンス法を既存漁港施設への簡便な老朽化診断手法としての適用性を検討し，以下の結論を得た．

- 1) 反発度法は，劣化前，劣化後ともに，推定強度が平均コア圧縮強度より，小さく推定される傾向がある．また，表層の状態や骨材の影響が大きく，データのばらつきが大きくなるため，既存漁港施設への適用は，研磨が必須であり，多めの測定回数，および構造形式や建設年次ごとにコアによる圧縮強度を併用する必要がある．
- 2) 機械インピーダンス法は，劣化前，劣化後ともに，反発度法より，推定強度が平均コア圧縮強度と近くなる傾向があった．反発度法同様，表層の状態や骨材の影響があるものの，反発度法と比較すると，その影響は小さく，一定の精度を確保できる．

以上より，長大かつ多くのストックがある漁港施設の簡易的な圧縮強度推定は，機械インピーダンス法を適用し，データ蓄積することが重要である．今後は，立地場所，構造形式，建設年次が異なる既存漁港施設の圧縮強度換算式を提案していく予定である．

参考文献

- 1) 三上信雄，藤田孝康，極檀邦夫，笠井哲郎：既設漁港コンクリート構造物の表層部劣化診断への衝撃弾性波法の適用，コンクリート工学年次論文集，Vol.131,No.2,pp.1555-1560,2009.
- 2) 藤田孝康，金田拓也，富川裕一，伊達重之：漁港施設の維持管理における簡易的な老朽化診断手法の適用に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.2，pp.1303-1308，2014.6

表-3 測定箇所ごとの推定強度および平均圧縮強度

w/c	35%			50%			65%		
	反発度法 推定強度 (N/mm ²)	機械インピー ダンス法 推定強度 (N/mm ²)	コア採取による 圧縮強度 (N/mm ²)	反発度法 推定強度 (N/mm ²)	機械インピー ダンス法 推定強度 (N/mm ²)	コア採取による 圧縮強度 (N/mm ²)	反発度法 推定強度 (N/mm ²)	機械インピー ダンス法 推定強度 (N/mm ²)	コア採取による 圧縮強度 (N/mm ²)
上面	27.4	31.4	50.8	25.1	27.5	45.7	22.0	27.1	29.5
高さ(0-20cm)	30.3	30.9	55.2	24.9	29.9	46.6	22.8	28.1	31.7
高さ(20-40cm)	31.3	35.4	59.9	28.6	31.3	50.3	24.3	28.3	34.1
高さ(40-60cm)	30.5	38.1	60.1	29.2	33.4	49.0	25.1	35.2	34.8
下面	33.9	40.5	62.3	33.4	42.0	48.8	25.9	43.1	35.7

表-4 角柱供試体の測定箇所ごとの骨材比

w/c	測定箇所	粒径(mm)	35%		50%	65%
			粒径別 骨材比(%)	全骨材比(%)	粒径別 骨材比(%)	全骨材比(%)
高さ(0-20cm)		5~10	5.6	39.7	4.9	4.7
		10~15	20.2		19.2	20.5
		15~20	13.9		13.6	13.5
高さ(20-40cm)		5~10	6.0	41.2	6.2	5.9
		10~15	21.2		22.9	24.1
		15~20	14.0		13.9	13.4
高さ(40-60cm)		5~10	6.9	44.6	7.7	6.3
		10~15	24.0		25.2	26.1
		15~20	13.6		14.6	14.6

表-5 表層部の状態における反発度法，機械インピーダンス法の推定強度

測定方法	反発度法		機械インピーダンス法	
	推定強度 (N/mm ²)	変動係数 (%)	推定強度 (N/mm ²)	変動係数 (%)
w/c	35%			
劣化前	30.4	13.8	37.4	21.9
劣化後研磨前	15.8	20.3	23.9	45.9
劣化後研磨後	28.6	14.0	33.3	24.1
w/c	50%			
劣化前	22.5	11.6	30.2	31.3
劣化後研磨前	7.1	26.8	22.6	53.3
劣化後研磨後	28.1	11.4	34.7	24.7
w/c	65%			
劣化前	18.6	21.5	24.7	32.5
劣化後研磨前	5.1	45.1	20.3	34.4
劣化後研磨後	18.8	17.6	24.2	29.0