

沿岸構造物の劣化診断への衝撃弾性波の適用に関する一考察

東海大学大学院 学生員 ○船木 涼

東海大学 非会員 平津 亮佑

水産総合研究センター水産工学研究所 正会員 浅川 典敬

東海大学工学部 正会員 笠井 哲郎

1. はじめに

近年、既設コンクリート構造物の健全性評価の手法として、衝撃弾性波法が注目されている。衝撃弾性波法は弾性波の伝播速度を指標として、圧縮強度の推定やひび割れの有無など既設構造物の重要な性質を把握できる比較的簡易な方法として、構造物の維持管理に利用できるものと期待されている。しかし、測定される弾性波速度は、コンクリートの劣化による影響の他に、含水状態などの状態変化による影響も受けることが報告されている¹⁾。本研究は、コンクリート表層部の化学的腐食と含水状態が表面P波速度に及ぼす影響に関し室内と実構造物の両面から調査検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合および供試体の作製

室内実験で用いたコンクリートの使用材料および配合を表-1, 2 に示す。供試体の寸法は 150×150×900mm で、その養生は打設後 24 時間で脱型し、材齢 28 日まで水中養生(20±1℃)を行い、材齢 56 日まで気中養生(20±1℃)とした。表層部の劣化の検討ではこの供試体の一部を3日間希塩酸に浸しモルタル部を溶出させて表面に凹凸を形成させた。表面P波速度の測定方法の概要を図-1 に示す。弾性波を入力する打撃点から受信センサ(加速度計)までの距離(以下、測定間隔)を 100~800mm まで 100mm 間隔で打撃点を移動し、各測定間隔における表面P波の波形を弾性波測定器(itecs6)で測定した。伝播時間は、加速度計を内蔵したインパクトハンマーと受信センサのそれぞれより得られる波形の立ち上がり時間から求めた。これらの測定を同一条件で5回行い、表面P波速度(V_p)を最短測定間隔(X)と伝播時間(T)の関係から式[1]より算出した。

2.2 コンクリート表層部の状態が表面P波速度へ及ぼす影響

本研究の測定概要を図-2 に示す。希塩酸に浸す前に表面P波速度とレーザー変位計による供試体の凹凸を2ライン測定した。希塩酸に浸けた後同様に速度と凹凸を測定、更に表面をサンダーにより研磨し同様に速度と凹凸を測定した。2ラインで測定した速度と凹凸それぞれの平均を算出し評価データとした。レーザー変位計による凹凸の測定は5mm 間隔で測定した。これより散布図の点を繋いだ直線の距離が長いほどコンクリート表面が粗く凹凸が大きいものと判断した。

更に上記で使用した供試体の測定面の反対側をダイヤモンドカッターにより、表面の骨材部とモルタル部を判別し易くするために水平に1cm 切断した。この面を用い骨材部を打撃した場合とモルタル部を打撃した場合を比較し、モルタル部を打撃した場合に生じる微破壊が表面P波速度にどのような影響を与えるかを検討した。測定箇所は、骨材の偏りを避けるため図-2の片側1ラインとした。打撃部の詳細を写真-1 に示す。

2.3 実構造物の調査事項

キーワード：非破壊検査、衝撃弾性波法、表面P波速度、含水状態、表面劣化

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

表-1 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
細骨材	大井川産砕砂	S	密度: 2.59g/cm ³ 粗粒率: 3.00
粗骨材	青梅産砕石	G	密度: 2.70g/cm ³ 最大寸法: 20mm
混和材料	AE減水剤	AE	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AE剤	SP	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

表-2 配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (kg/m ³)	
	W	C	S	G	AE減水剤	AE剤
50	162	324	819	1010	145.8	0.97

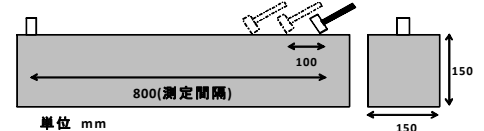


図-1 測定方法概要

$$V_p = \frac{X}{T} \cdots [1]$$

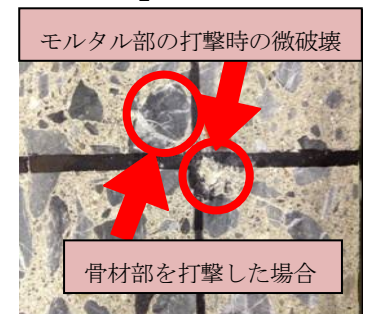


写真-1 打撃部の詳細

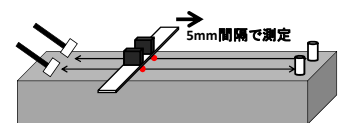


図-2 速度と凹凸の測定概要

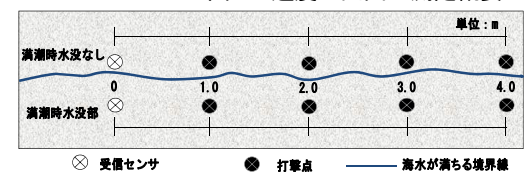


図-3 調査対象物と測定方法の概要

実構造物に対し打撃時の破壊が表面P波速度に与える影響を、神奈川県三崎漁港西山防波堤にて調査した。測定間隔はすべて1.5mとした。同一構造物で打撃時に破壊が生じる場所と、その近傍で破壊が生じない場所で測定を行い、表面P波速度に及ぼす表面破壊の影響を調査した。

また、岡山県寄島漁港三朗物揚場にて、含水状態が表面P波速度に及ぼす影響を調査した。調査対象物および表面P波速度の測定方法の概要を図-3に示す。測定区間は0~4mまでとし1m間隔で打撃点を移動しながら測定した。該当の物揚場は干満の差が1.5m有り、満潮時海水に浸かる場所と浸からない場所の表面P波速度の比較を行った。

3. 結果および考察

図-4は各条件における供試体の凹凸の測定結果を示したものである。希塩酸で表面を処理したものは、凹凸が大きく目視からも粗骨材が多く露出した表面状態である。図-5は表面の凹凸が異なる供試体の表面P波速度を示したものである。図より最も凹凸の少ない劣化前の表面P波速度が小さく、劣化後の表面P波速度は大きく、その面を研磨して凹凸を少なくした条件では更に大きくなった。一般に、コンクリート表面の凹凸が大きいほど伝播距離が長くなるため、表面P波速度は小さくなることが想定されるが、本実験の結果からは、その傾向は見られない。これは、下記で検討するモルタル部の打撃位置の影響の方が大きくあらわれたためであると推察される。打撃箇所と表面P波速度の関係を図-6に示す。図より骨材部を打撃した場合よりモルタル部を打撃した場合の方が、表面P波速度が小さくなっている。これは骨材に比べモルタルは脆く打撃時に微破壊が生じたことが要因だと考えられる。

図-7は実構造物の2箇所における、コンクリート表層部の打撃時の破壊の有無が表面P波速度に及ぼす影響を示したものである。上記で述べた打撃位置の影響と同様に打撃時に破壊が生じた場合、2箇所とも室内実験の場合より表面P波速度は著しく低下した。これは調査対象構造物が昭和28年築の構造物で大変脆くなっている部分が多く、室内実験のコンクリートの場合よりも大きな破壊が生じたためであると考えられる。図-8は干満によるコンクリートの含水状態が表面P波速度に及ぼす影響を示したものである。図より満潮時に水没する部分の表面P波速度は大きくなる傾向を示した。これは海水に浸かる部分のコンクリートの含水状態の変化が大きな要因だと考えられる。これは、表面P波速度は $V=\sqrt{E/\rho}$ の関係があるが、この内コンクリートの弾性係数Eは含水率が大きいほど大きくなるため、満潮時水没部の方が表面P波速度が大きくなったものと考えられる²⁾。

4. まとめ

- (1) コンクリート表面の凹凸の度合いと表面P波速度の間に直接的な相関性は見られない。
- (2) 打撃時の表層部の破壊は、表面P波速度の低下させる。
- (3) 実構造物の含水状態の変化は表面P波速度に影響を与える。干満により海水に浸かる部分の表面P波速度は増加傾向にある。

【参考文献】

- 1)重松和宏 他：コンクリートの状態変化が表面P波速度に及ぼす影響，第36回土木学会関東支部技術研究発表会，V-32，2009。
- 2)岡島達雄 他：セメント硬化体の弾性定数および超音波伝播速度に及ぼす含水率の影響，セメント技術年報，Vol.35，pp.126-129，1981

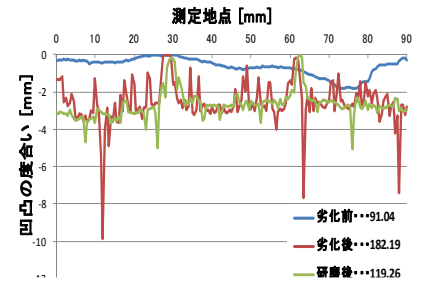


図-4 レーザー変位計による凹凸

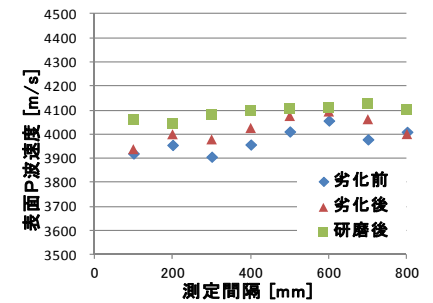


図-5 凹凸と表面P波速度の関係

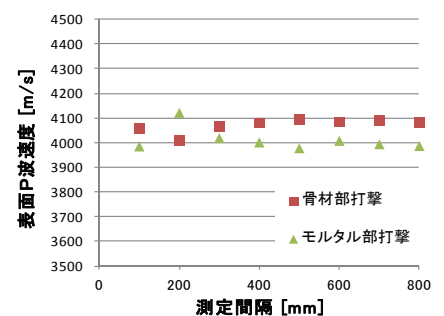


図-6 打撃箇所と表面P波速度

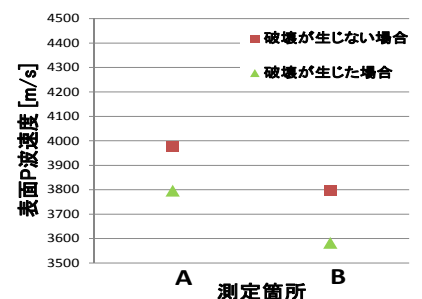


図-7 破壊の有無と表面P波速度

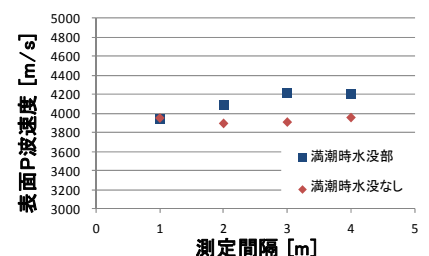


図-8 水没の有無による表面P波速度