

機械インピーダンス法によるコンクリート開水路側壁の内部変状の検出 Detection of Inside Defect for Sidewall of Concrete Channel by Mechanical Impedance Method

佐藤 智^{※1} ○石神暁郎^{※1} 加藤太吾^{※2} 安田俊一^{※2} 大杉周作^{※2} 蒔苗英孝^{※2}
Satoshi Sato, Akio Ishigami, Daigo Kato, Syunichi Yasuda, Syusaku Osugi, Hidetaka Makanae

1. はじめに

積雪寒冷地におけるコンクリート開水路では、近年、種々の非破壊調査法を活用した凍害診断手法の開発・適用が進められている。その中で筆者らは、効率的かつ効果的な調査を行うことが期待できる機械インピーダンス法を用いた診断手法の開発に取り組んでいる。本稿では、同法によるコンクリート開水路側壁の内部変状の検出に関する検討結果を報告する。



Fig.1 検討対象の現況
Present situation of examination object

2. 検討方法

検討対象とした開水路は、北海道檜山地方に位置する幹線用水路の No.1 区間（20 測点）、No.2 区間（16 測点）、No.3 区間（4 測点）であり、構造形式はいずれも RC 現場打ちフリーダム水路である。供用後 33 年が経過しており、側壁の上部に凍害による表面ひび割れやスケールリングを生じている。検討対象の現況を Fig.1 に示す。

機械インピーダンス法は、Fig.2 に示す加速度計が内蔵されたハンマーでコンクリート表面を打撃し、得られた打撃力波形から打撃対象物の機械インピーダンスを測定して、コンクリートの表面近傍の強度を推定する手法である。本法で得られる打撃力波形を Fig.3 に示す。機械インピーダンス値 Z_R は、波形のピーク値 F_{max} およびハンマーが反発を受ける際の速度 V_R から式(1)により算出され、推定強度 E は、 Z_R から式(2)により算出される。（ a ：較正值＝12.73）

$$Z_R = F_{max} / V_R^{1.2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$E = a \times Z_R^3 \quad \dots\dots\dots (2)$$

久保らの研究結果¹⁾における健全部と剥離部の波形の例を Fig.4 に示す。コンクリートに剥離や層状ひび割れなどの内部変状の発生がみられる場合、変状発生部では、健全部に比べ打撃力の最大値は小さく、継続時間は長くなることが考えられる。そこで、まず、測点毎に波形を求め、内部変状との関係を確認した。次に、推定強度を求め、さらに、内部変状の発生により低下する超音波伝播速度²⁾を側壁の部材厚方向において求め、それらの関係を確認した。



Fig.2 測定状況
Measurement situation

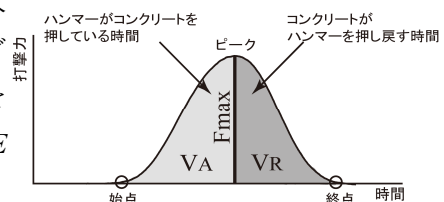


Fig.3 打撃力波形
Waveform of mechanical impedance method

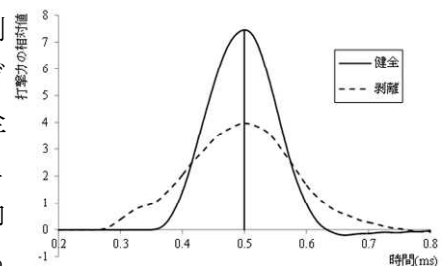


Fig.4 健全部と剥離部の波形の例¹⁾
Example of waveform of soundness and delamination

※1（独）土木研究所寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region

※2 北海道開発局 Hokkaido Regional Development Bureau コンクリート開水路、内部変状、機械インピーダンス法

Table 1 波形と内部変状との関係
Relation between waveform and inside defect

測点 : No. 1-1 変状発生部では層状ひび割れ発生 健全部、変状発生部とも表面劣化は小	測点 : No. 1-4 変状発生部では層状ひび割れ発生 健全部、変状発生部とも表面劣化は中	測点 : No. 2-2 変状発生部では層状ひび割れ未発生 健全部、変状発生部とも表面劣化は大
--	--	---

3. 検討結果

測点毎の波形の例と内部変状との関係を **Table 1** に示す。変状発生部の多くでは、測点 No.1-1 の波形の様に健全部に比べ打撃力の最大値は小さくなるものの、表面劣化がある場合にはその影響を受け、波形の差異を判別し難くなる場合があることが分かった。

久保らの研究結果¹⁾に本研究で得られた結果を加え、推定強度と打撃力の最大値との関係を求めたものを **Fig.5** に、推定強度と超音波伝播速度との関係を求めたものを **Fig.6** に示す。両図では、健全箇所で見られた測定値を青丸で、層状ひび割れ発生箇所で見られた測定値を赤三角で示している。**Fig.5** から、正の相関関係がみられ、層状ひび割れ発生箇所では、推定強度は低くなることが分かったが、打撃力の最大値の分布は広く、この関係から層状ひび割れ発生箇所を検出することは難しかった。一方、**Fig.6** からは、健全箇所、層状ひび割れ発生箇所において、それぞれ相関関係がみられた。各関係式の交点から求まる推定強度約 30.1N/mm^2 、超音波伝播速度約 4000m/s を境界として、これを下回る場合には層状ひび割れ発生の可能性が高まることが考えられた。

4. おわりに

今後は、非破壊による凍害診断手法の確立に向け、機械インピーダンス法で得られる波形の解析手法において検討を加え、さらに、測定値を増やし推定強度と超音波伝播速度との関係性においてその精度を高めることが重要である。また、補修材の剥離などに対する同法の適用性を検証する予定である。

謝辞 本研究の実施に当たり、日東建設(株)久保元樹氏に御協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1)久保元樹・井上真澄・岡田包儀・佐藤 智・石神暁郎：機械インピーダンス法を用いたコンクリート開水路側壁の内部変状調査，第 62 回農業農村工学会北海道支部研究発表会講演集，pp.64-67，2013.10
2)例えば，石神暁郎・金田敏和・佐藤 智・周藤将司・緒方英彦：超音波を用いたコンクリート開水路の凍害劣化深さの推定，農業農村工学会論文集，No.283，pp.87-98，2013.2

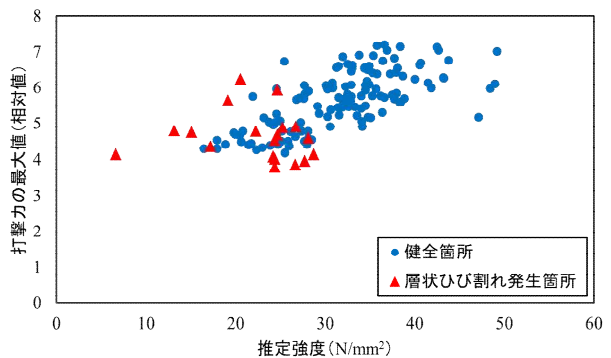


Fig.5 推定強度と打撃力の最大値との関係
Relation estimated strength and maximum hitting force

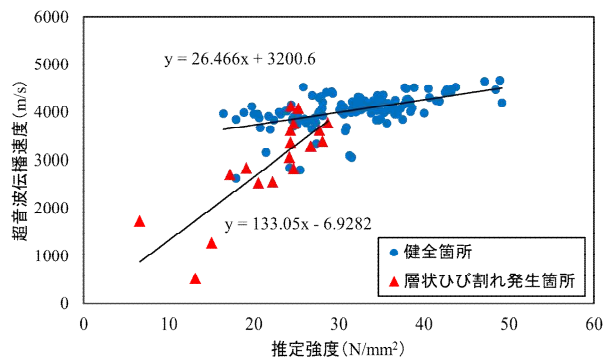


Fig.6 推定強度と超音波伝播速度との関係
Relation estimated strength and ultrasonic velocity