

衝撃弾性波法によるコンクリート開水路側壁の内部変状調査

Investigation of Inside Defect for Sidewall of Concrete Channel by Impact Echo Method

○石神暁郎^{※1} 佐藤 智^{※1} 蒔苗英孝^{※2} 西田真弓^{※2} 周藤将司^{※3} 緒方英彦^{※4}

Akio Ishigami, Satoshi Sato, Hidetaka Makanae, Mayumi Nishida, Masashi Suto, Hidehiko Ogata

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・適用が進められつつある。その中で筆者らは、超音波など弾性波を用いた診断手法の開発に取り組んでいる。本稿では、衝撃弾性波法によるコンクリート開水路側壁の内部変状の調査結果について報告する。



Fig.1 調査区間の現況
Present situation of investigation section

2. 調査方法

調査対象とした開水路は、北海道空知地方に位置するA幹線用水路のNo.1区間(5測点)、B幹線用水路のNo.2(4測点)およびNo.3区間(1測点)である。構造形式はRC現場打ちフリーム水路である。供用後40年以上が経過しており、凍害による表面変状が著しい(Fig.1)。

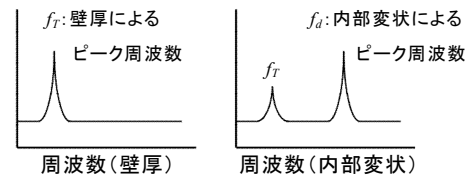
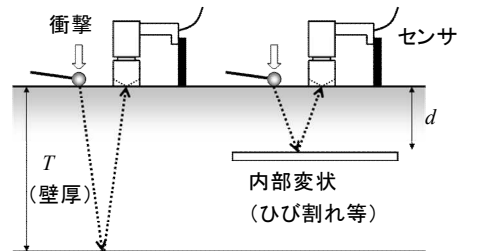
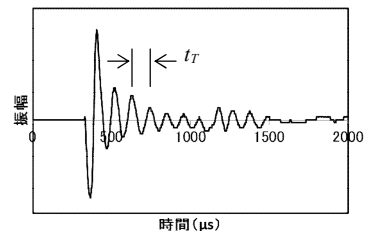


Fig.2 衝撃弾性波法のご概念
Concept of impact echo method

衝撃弾性波法(Impact Echo法)は、コンクリートと空気との界面で生じる弾性波の共振に伴うピーク周波数から、壁厚や内部変状までの深さを推定する手法である。壁厚 T および内部変状までの深さ d の算定式は式(1)により表され、橋梁のRC床版に発生する水平ひび割れの調査などに用いられている¹⁾。本法の概念をFig.2に示す。

$$T = C_p / 2f_T \quad (d = C_p / 2f_d) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 f_T は壁厚によるピーク周波数、 f_d は内部変状によるピーク周波数、 C_p はコンクリートの弾性波伝播速度である¹⁾。



本調査では、最初に、区間毎に変状が発生していない健全部においてピーク周波数 f_T を求め弾性波伝播速度 C_p を算出し、変状発生部においてピーク周波数 f_d を求め、内部変状までの深さ d を算出した。次に、変状発生部より採取したコアを用いて、超音波を用いた透過法²⁾により内部変状の範囲を推定した。最後に、側壁およびコアの外観からひび割れ発生範囲を確認し、各々の相関性について検証した。衝撃弾性波法により得られる波形と周波数スペクトルの例をFig.3に示す。衝撃弾性波法では、先端直径3.1~7.9mmの鋼球インパクトを用いた。また、採取したコアの直径は100mmであり、透過法で用いた超音波の周波数は54kHzである。

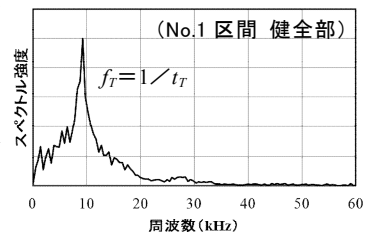


Fig.3 波形と周波数スペクトル
Waveform and frequency spectrum

※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
 ※3 鳥取大学大学院連合農学研究所 United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University
 ※4 鳥取大学農学部 Faculty of Agriculture, Tottori University

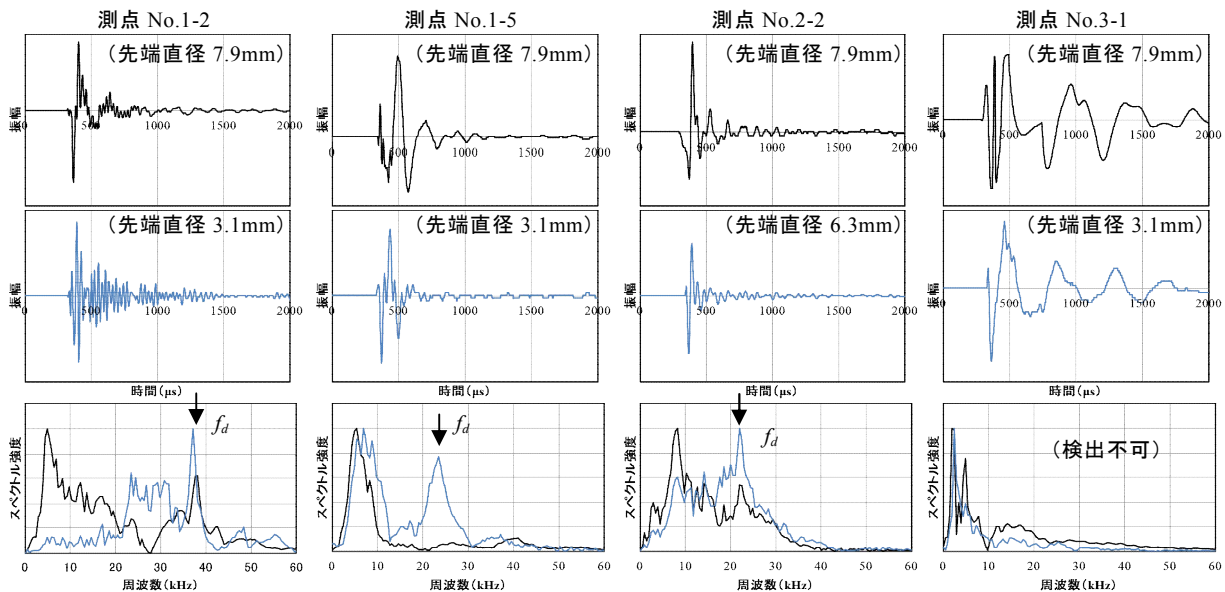


Fig.4 衝撃弾性波法による調査結果の例 (上：波形，下：周波数スペクトル)

Example of investigation results by impact echo method (Upper: waveform, Lower: frequency spectrum)

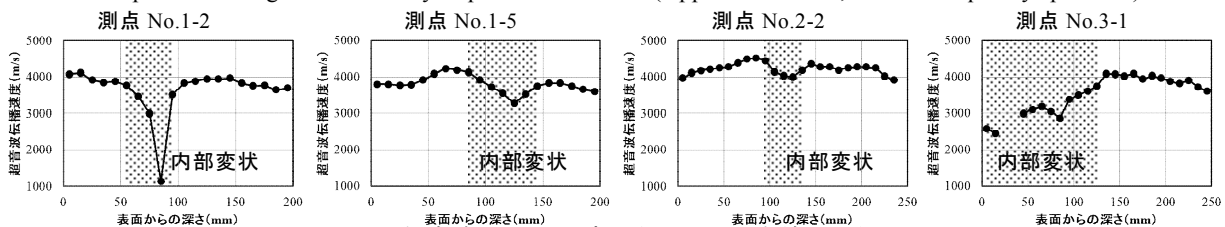


Fig.5 超音波を用いた透過法による調査結果の例

Example of investigation results by direct transmission method using ultrasonic waves

3. 調査結果

衝撃弾性波法による調査結果の例を Fig.4 に、透過法による調査結果の例を Fig.5 に、外観からのひび割れ発生範囲の確認結果を含む全測点における調査結果を Table 1 に示す。衝撃弾性波法から求まる内部変状までの深さと、透過法から推定される内部変状の範囲、外観から確認されるひび割れ発生範囲との相関性は、総じて高いことが確認された。一方、表面近傍に位置する内部変状は、最も高い周波数を用いることが期待できる先端直径 3.1mm の鋼球インパクトを用いた場合でも、その検出を行うことは難しいことが分かった。

4. まとめと今後の課題

衝撃弾性波法は、開水路側壁に発生する内部変状を検出することができ、本法から求まる内部変状までの深さと透過法や外観から求まる内部変状の範囲との相関性は総じて高いことが確認された。今後は、本法の解析手法の確立、および適用範囲の確認が重要であると考えられる。

参考文献

- 1)土木学会：弾性波法によるコンクリートの非破壊検査に関する委員会報告およびシンポジウム論文集，2004.8
- 2)石神暁郎・金田敏和・蒔苗英孝・会沢義徳・西田真弓・佐藤 智：超音波伝播速度の測定によるコンクリート開水路の凍害診断，水士の知，Vol.80，No.6，pp.13～16，2012.6

Table 1 全測点における調査結果

Investigation results in all measurement points

測点 No.	衝撃弾性波法 内部変状深さ	採取コア透過法 内部変状範囲	外観 ひび割れ範囲	
A	1-1	157	5～25, 155～165	0～30, 150～180
	1-2	51	55～95	60～90
	1-3	98, 145	95～135	無し
	1-4	123	85～115	無し
	1-5	82	85～145	0～30, 90～120
B	2-1	251 (壁厚)	無し	無し
	2-2	89	95～135	90～120
	2-3	251 (壁厚)	無し	無し
	2-4	251 (壁厚)	無し	無し
	3-1	検出不可	5～125	0～120

※A：A 幹線用水路，B：B 幹線用水路

太字：相関性が確認された調査結果

(単位：mm)