

## コンクリート施設の凍害劣化特性に対応した機能診断手法

### Function Diagnosis Method corresponding to Frost Damage Deterioration in Concrete Facilities

○石神暁郎<sup>※1</sup> 西田真弓<sup>※1</sup> 蒔苗英孝<sup>※2</sup> 佐藤 智<sup>※2</sup> 周藤将司<sup>※3</sup> 緒方英彦<sup>※4</sup>

ISHIGAMI Akio, NISHIDA Mayumi, MAKANAE Hidetaka, SATO Satoshi, SUTO Masashi, OGATA Hidehiko

#### 1. はじめに

寒冷地に位置する施設において、その長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る戦略的な保全管理を行うためには、コンクリートの凍害劣化に着目する必要がある。凍害劣化を生じたコンクリート施設では、層状ひび割れ (Fig.1 参照) などによりその健全性が著しく損なわれることが明らかになっており、それら劣化状態を踏まえた保全管理技術、機能診断技術を構築する必要がある。著者らは、これまでに、北海道内に位置するコンクリート開水路延べ36路線の446測点において、コア採取を含む劣化状態の詳細調査を行ってきた。本報では、コンクリート施設の凍害劣化特性に対応した機能診断手法の必要性について述べるとともに、非破壊調査手法である超音波法、機械インピーダンス法の適用性について考察する。



Fig.1 凍害劣化による代表的な変状  
Typical deformation by frost damage deterioration

#### 2. コンクリート施設の凍害劣化特性に対応した機能診断手法の必要性

凍害劣化は、その初期には微細ひび割れを発生し、スケーリング、骨材の露出・剥落、あるいは内部ひび割れ、層状ひび割れへと進展して、弾性係数の低下を生じさせ、ひいては強度低下に至らせる。終局的には躯体の断面欠損や鉄筋の露出・腐食へと進展し、構造体としての耐力や剛性を低下させる (Fig.1 参照)。詳細調査において取得した圧縮強度および静弾性係数の測定結果を Fig.2 に示す。測点数は、全446測点の内、両試験を実施した77測点である。なお、図中の黒色の実線は土木学会「コンクリート標準示方書 [設計編]」および日本道路協会「道路橋示方書・同解説」に示される圧縮強度による静弾性係数の設計値、淡灰色の着色範囲は後者の文献に示されているコンクリートの最低設計基準強度を下回る範囲を明示したものである。

供用期間が20年未満の水路では、圧縮強度、静弾性係数ともに測定値は概ね設計値と同程度であるのに対し、20年以上の水路では、圧縮強度は設計基準強度を満たすものの、静弾性係数の測定値は多くの水路で設計値を下回っている。このことは、強度低下には至っていないものの、その兆候として弾性係数の低下を生じている水路が数多く存在することを示している。そのため、強度低下だけでなく、弾性係数の低下を捉えられる機能診断手法の適用が必要であると考えられる。

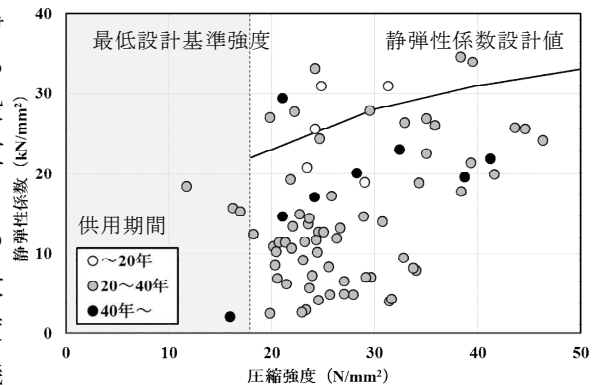


Fig.2 圧縮強度および静弾性係数の測定結果  
Compressive strength and static elastic modulus

※1 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI, ※2 北海道開発局 Hokkaido Regional Development Bureau, ※3 松江工業高等専門学校 National Institute of Technology, Matsue College, ※4 鳥取大学農学部 Faculty of Agriculture, Tottori University

### 3. 超音波法，機械インピーダンス法の適用性

寒冷地に位置する開水路の凍害劣化の発生形態、内部変状の発生により生じる弾性係数の低下の実態を踏まえ、これら凍害劣化特性に対応させることが期待できる機能診断手法として、超音波法、機械インピーダンス法の適用性を検証した。ここでは、圧縮強度、静弾性係数に加え、透過法により部材厚方向の超音波伝播速度を測定し、さらに、従来法であるリバウンドハンマ法、ならびに機械インピーダンス法によりそれぞれ推定強度を測定して、それらの関係を整理・評価した。

超音波伝播速度と静弾性係数との関係を Fig.3 に示す。超音波伝播速度は、元より弾性係数などにより理論的に定まるものであるが、本検証において得られた結果からも、一定の相関性が認められた。このことから、弾性係数の調査における超音波法の有用性が確認された。

リバウンドハンマ法および機械インピーダンス法による推定強度と超音波伝播速度との関係を Fig.4 に示す。リバウンドハンマ法による推定強度と超音波伝播速度との関係からは、正の関係が認められたが、その相関性は低いことが分かった。一方、機械インピーダンス法による推定強度と超音波伝播速度との関係からは、相応の相関性があることが分かった。リバウンドハンマ法は、コンクリート表面における反発度から強度を推定する手法であるため、その推定強度は、表面の劣化状態の影響を多大に受けるものの、内部の劣化状態の影響は受け難いことが予想される。一方、機械インピーダンス法は、コンクリートの弾性係数により強度を推定する手法であり、推定強度は、表面の劣化状態だけでなく、内部の劣化状態の影響も反映しているものと考えられる。

圧縮強度と推定強度との関係を Fig.5 に示す。リバウンドハンマ法では、誤差範囲±15%の範囲には測点の約3割、±30%の範囲には測点の約5割の測定値が入るのに対し、機械インピーダンス法では、±15%の範囲には測点の約5割、±30%の範囲には測点の約6割の測定値が入る。この結果からも、機械インピーダンス法による推定強度は、リバウンドハンマ法による推定強度に比べ、内部の劣化状態の影響をより反映していることが推測される。これらのことから、寒冷地における機能診断手法としての機械インピーダンス法の有用性が確認された。

### 4. おわりに

本報では、コンクリート施設の凍害劣化特性に対応した機能診断手法の必要性について述べ、また、非破壊調査手法である超音波法、機械インピーダンス法の適用性について考察した。今後は、より精度よく調査・評価することができる機能診断技術の開発・適用が期待される。

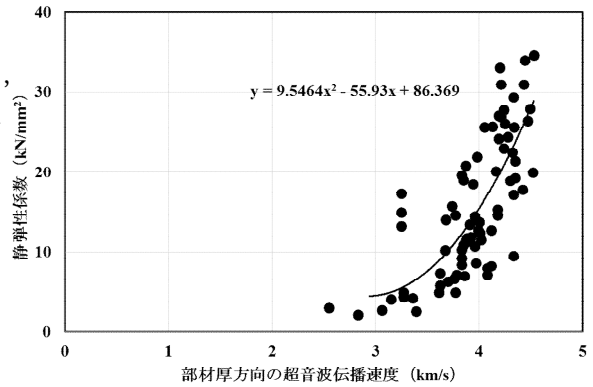


Fig.3 超音波伝播速度と静弾性係数との関係  
Ultrasonic pulse velocity and static elastic modulus

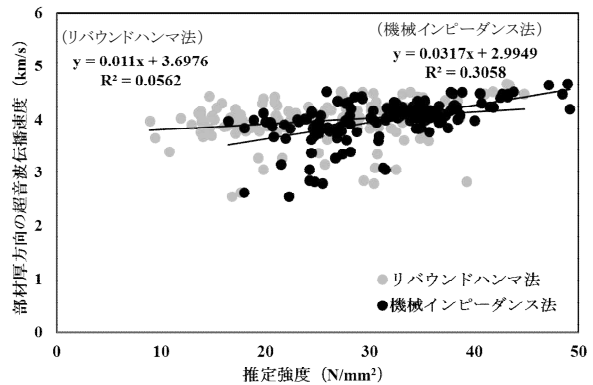


Fig.4 推定強度と超音波伝播速度との関係  
Estimated strength and ultrasonic pulse velocity

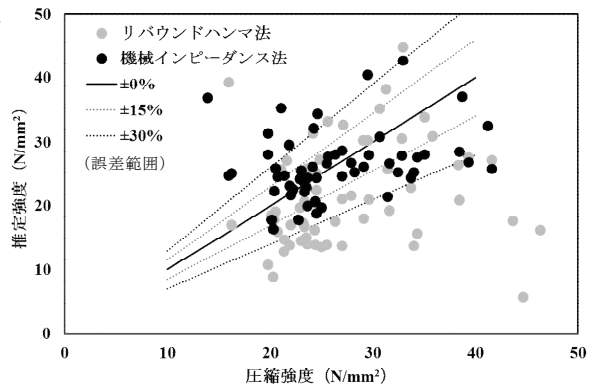


Fig.5 圧縮強度と推定強度との関係  
Compressive strength and estimated strength