

凍害劣化した RC 開水路に対する動弾性係数評価手法の適用範囲に関する検討

Application Range of Evaluation Method of Dynamic Modulus of Elasticity to Deteriorated RC Open Channel by Frost Damage

○周藤 将司*, 緒方 英彦**, 高田 龍一*

SUTO Masashi, OGATA Hidehiko and TAKATA Ryuichi

1. はじめに

コンクリート構造物の力学特性を把握する際には、弾性係数が一つの指標として用いられる。弾性係数は、静弾性係数と動弾性係数に区別される。このうち動弾性係数は、JIS A 1127:2010「共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数及び動ポアソン比試験方法」で測定される一次共鳴振動数によって求められる。この試験方法は、寸法・形状が定められた円柱・角柱供試体あるいは構造物から採取した円柱形のコアを対象にしているため、非破壊試験として現地で構造物に直接適用することができない点が課題として挙げられる。

そこで筆者らは、薄肉構造である RC 開水路を対象として、現地非破壊試験で直接、一次共鳴振動数の評価を行う手法に関する検討を行っており¹⁾、具体的な評価手順・手法を示した評価フローの提案を行っている²⁾。

本報では、凍害劣化の生じた RC 開水路を対象として、提案した評価フローに則って評価を行った結果を示す。凍害診断では、相対動弾性係数が評価指標として一般的に用いられている。相対動弾性係数は、一次共鳴振動数の二乗比から求まることから、提案した評価フローは凍害診断の際にも活用することが可能である。そこで本報では、凍害劣化の生じた RC 開水路を対象とした場合の評価フローの適用範囲についても検討を行った。

2. 動弾性係数の評価式

筆者らが提案した動弾性係数の評価フローでは、超音波法の表面走査法、共鳴振動法ならびに電磁波レーダ法を適宜組合わせて測定を行い、その中で測定項目や評価過程の違いから動弾性係数について 6 つの評価式を示している。ここでは本報で報告する現地非破壊試験時に用いた 3 つの評価式を示す。なお、フロー図については紙面の都合上割愛する。

$$E_d = 4.0387V_m^2 - 14.438V_m + 20.708 \quad (1)$$

$$E_d = \rho_0 V_m^2 \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{1 - \nu} \quad (2)$$

$$E_d = 4\rho_0 L^2 f^2 \quad (3)$$

E_d : 動弾性係数 (N/mm²), V_m : 超音波伝播速度 (km/s), ρ_0 : コンクリートの密度 (kg/m³), ν : ポアソン比, L : 壁厚 (m), f : 一次共鳴振動数 (Hz)

式 (1) は緒方らによって提案された実験式である³⁾。式 (2) はポアソン比を考慮した理論式、式 (3) はポアソン比を無視した場合の一次元縦振動における理論式である。式 (2) のポアソン比は一般的に用いられる値である 0.2 とした。

3. 現地試験概要

現地試験は、青森県内で供用されている RC 開水路側壁を対象として行った。試験を行った区間は、凍害による劣化が著しく進行しており天端からのスケリングや長手方向に延びるひび割れおよびひび割れ部のエフロレッセンスが多数確認された。凍害劣化の外観上のグレードからは、状態IVの劣化期にあたる構造物であると評価できる。

現地試験では、評価フローに則って測定を行い、動弾性係数の評価を行った。現地試験は、目視による評価から劣化程度の異なる 3 点を対象として行い、その後、それぞれの箇所からコア供試体を採取して室内試験を行った。室内試験の測定項目は、前記の JIS 規格の試験法による動弾性係数と動ポアソン比および JIS A 1149:2010「コンクリートの静弾性係数試験方法」によって測定されるひずみから算出するポアソン比である。

4. 評価結果と考察

現地試験と室内試験から得られた結果を表-1 に示す。各評価式から求めた動弾性係数は、室内試験で求めた動弾性係数と比較して、全体的に小さい値を示しており、適切に弾性係数を評価しているとは

*松江工業高等専門学校環境・建設工学科, Department of Civil and Environmental Engineering, Matsue College of Technology, **鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, キーワード: 非破壊試験, 一次共鳴振動数, 動弾性係数, ポアソン比, 凍害, RC開水路, 層状ひび割れ

表-1 試験結果一覧

測点 (供試体) No.	現地試験			室内試験		
	動弾性係数 (N/mm ²)			動弾性係数 (N/mm ²)	動ポアソン比	ポアソン比
	式 (1)	式 (2)	式 (3)			
1	13.4	18.8	0.12	23.7	0.12	0.03
2	15.8	21.7	0.30	33.2	0.30	0.17
3	8.4	9.8	0.49	30.8	0.49	0.01

言えない結果となった。特に No.3 についてこの傾向が顕著であった。

ここで、ポアソン比に着目すると、No.1, 3 については極めて小さい値となり、適切にポアソン比の評価が行えていないことがわかる。コア供試体 No.3 の側面の状態を写真-1 に示す。写真からは、層状ひび割れが表面から背面まで多数確認される。この状態のコア供試体で荷重試験を行うと、層状ひび割れとして空隙になっている箇所が圧縮されることで縦ひずみが大きくなる。ポアソン比の算定式では分母に縦ひずみが入ることから、分母が大きくなることでポアソン比が小さく評価されたと言える。

また、No.3 の動ポアソン比に着目すると、値が大きくなり、動ポアソン比の理論上の最大値である 0.5 に近い値を示した。動ポアソン比が 0.5 以上となると、その構造物自体が弾性体として評価することができない。評価フローに含まれる測定項目である超音波法と共鳴振動法は、共に弾性波を利用したものであるため、評価対象の構造物が弾性体として評価できるか否かによって評価フローの利用が可能か否かも判断されることとなる。

また、緒方らの既往の研究では、相対動弾性係数が低下すると動ポアソン比は大きくなる傾向を示すことが明らかとなっており、両者の関係は、次式によって表される⁴⁾。

$$\nu_D = 20.48DM^{-0.98} \quad (4)$$

ν_D : 動ポアソン比, DM : 相対動弾性係数 (%)

本試験でも No.3 においては同様な傾向が確認された。ここで、式 (4) から逆算して No.3 の相対動弾性係数を求めると 45% となり、凍結融解抵抗性の一つの閾値である 85%⁵⁾ を大きく下回ることが確認された。

これらの結果より、凍害劣化の進行により内部変状として層状ひび割れが発生するような劣化の劣化期・加速期にある状態では、提案した評価フローによって動弾性係数を評価することは不適當であると



写真-1 コア供試体 No.3 の側面の状態

言える。この評価フローを凍害診断に用いる場合は、層状ひび割れの発生していない段階である、劣化の潜伏期・進展期にあたる状態の構造物を対象とすべきであると言える。

5. まとめ

凍害劣化の著しい構造物に対する動弾性係数の評価フローによる試験結果からは精度のよい推定は行えていないことが確認された。この結果は、凍害劣化した構造物自体を弾性体として評価できるか否かという点が影響していることが明らかとなった。これより、提案している評価フローによる検討は、凍害劣化の潜伏期・進展期に相当する状態の構造物までが適用範囲であると言える。

参考文献

- 1) 緒方英彦ほか: 小型起振機を用いた共鳴振動法によるコンクリートの一次共鳴振動数の評価, 第 68 回農業農村工学会中国四国支部講演会, pp.4-6, 2013
- 2) 周藤将司ほか: 非破壊による薄肉部材のコンクリートの動弾性係数推定フローに関する研究, 第 68 回農業農村工学会中国四国支部講演会, pp.1-3, 2013
- 3) 緒方英彦ほか: 超音波法によるコンクリートの耐凍結融解特性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, pp.1563-1568, 2002
- 4) 緒方英彦ほか: 凍結融解作用により劣化したコンクリートの共鳴振動法による動ポアソン比の評価, 第 62 回農業農村工学会大会講演会, pp.732-733, 2013
- 5) 桂修ほか: セメント硬化体の凍害機構モデル, コンクリート工学年次論文集, 11(2), pp.49-62, 2000