

計測方法の異なる動弾性係数が損傷コンクリートの物性評価へ及ぼす影響 Effect of Different Measurement Methods of Dynamic Young's Modulus on Physical Property Evaluation for Damaged Concrete

○伊藤勇志*・柴野一真**・Nadezhda MOROZOVA**・島本由麻***・鈴木哲也****
○Yuji ITO*, Kazuma SHIBANO**, Nadezhda MOROZOVA**, Yuma SHIMAMOTO ***,
and Tetsuya SUZUKI****

1. はじめに

近年、コンクリート水利施設において老朽化対策が技術的課題となっている。老朽化対策には損傷度評価法の開発が不可欠であり、筆者らは損傷の進行したコンクリートにおける物性評価を試みている。本研究では、X線CT法、P波速度計測と共鳴振動法による動弾性係数評価および圧縮強度試験を用いて、損傷が進行したコンクリート・コアの物性評価を試みた。

2. 供試体

供試体は旧石狩川頭首工のコンクリート・コアを用いた。床版から4サンプル、固定堰から4サンプル、堰柱から6サンプルの計14本のサンプルを用いて実験を行った。これらのサンプルは、50年以上実環境に設置されており、凍結融解作用による損傷が進行していると想定される。

3. 実験・解析方法

3.1. X線CT法

コンクリート供試体はX線CT法により内部構造を可視化した。大津の2値化、最大エントロピー法を用いてCT画像の2値化を行い、コンクリート内部の幾何学特性を算出した。

3.2. P波速度の測定

本論では、コンクリート物性を評価するためP波速度の測定を行った。動弾性係数 E_d は伝播速度 V_p により式(1)で算出した。

$$E_d = \frac{V_p^2 \rho (1 - 2\gamma)(1 + \gamma)}{(1 - \gamma)}, \quad (1)$$

ここで、 ρ は密度、 γ はポアソン比を示す。

3.3. 共鳴振動法

JIS A 1127に基づき縦振動を用いて共鳴周波数の計測を行った¹⁾。共鳴周波数から動弾性係数 E_D を求める際に、式(2)を使用した。

$$E_D = 4.00 \times 10^{-3} \frac{L}{A} m f^2, \quad (2)$$

ここで、 L は供試体長さ、 A は供試体断面積、 m は供試体質量、 f は縦振動の一次共鳴周波数である。

4. 結果および考察

4.1. 力学特性

図-2に最大ひずみと圧縮強度の関係を示す。サンプルの評価値の平均値を概観する。圧縮強度は 15.8 N/mm^2 であり、頭首工の標準圧縮強度の最低値 18.0 N/mm^2 を下回



図-1 旧石狩川頭首工の外観

* 農林水産省農村振興局 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Rural Development Bureau

** 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

*** 東京農工大学大学院農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

**** 新潟大学自然科学系(農学部) Faculty of Agriculture, Niigata University

キーワード: コンクリート, X線CT法, P波計測, 共鳴振動法, 動弾性係数, 損傷

っていた²⁾。最大ひずみは、一般的な最大ひずみ $2,000 \times 10^{-6}$ を全てのサンプルで下回っており、 666×10^{-6} を示した³⁾。

4.2. 幾何学特性と動弾性係数の比較

図-3 に共鳴振動法による動弾性係数 E_D とひび割れ面積率の関係を示す。無相関検定を行ったところ、相関係数 $r = -0.72$, $p = 0.008$ であり、1%水準の有意差が確認された。図-4 に P 波速度の測定による動弾性係数 E_d と空隙とひび割れの面積率の関係を示す。無相関検定を行ったところ、 $r = -0.53$, $p = 0.052$ であり 10%水準の有意差が確認された。よって、動弾性係数の計測手法により関連性のある内部構造のパラメータが異なる傾向にあることが確認された。

表-1 に Steel - Dwass 法による多重比較検定の結果を示す。床版-堰柱間の共鳴振動法による動弾性係数 E_D とひび割れ面積において、5%水準で有意差が確認された。要因としては、床版は水位変動の激しい場所に位置しているため、凍結融解作用によるひび割れ損傷の進行が原因であると考えられる。よって、同一構造物における部材毎の損傷度指標の差異が示された。

5. おわりに

本報では、共鳴振動法と P 波速度の測定を用いて動弾性係数を算出し、コンクリートの損傷度を評価した。その結果、計測方法の異なる動弾性係数において、関連性のある損傷度指標が異なる傾向にあることが確認された。

引用文献

- 1) 日本工業規格(2010): 共鳴振動法によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数および動ポアソン比試験法, JIS A 1127.
- 2) 農林水産省構造改善局 (1995): 13. 可動堰の設計, 土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」, pp. 241-242.
- 3) 土木学会コンクリート委員会コンクリート標準示方書改訂小委員会 (2018): 2.2.4 圧縮応力下における応力-ひずみ関係, 2017年制定 コンクリート標準示方書【設計編】, pp. 486-489.

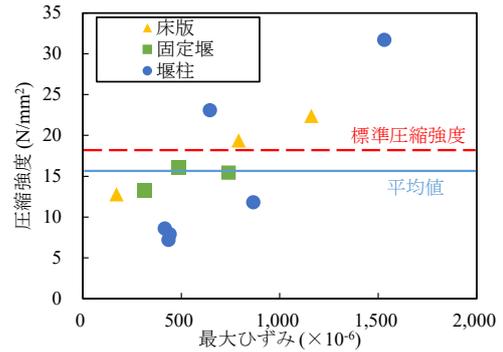


図-2 最大ひずみと圧縮強度の関係

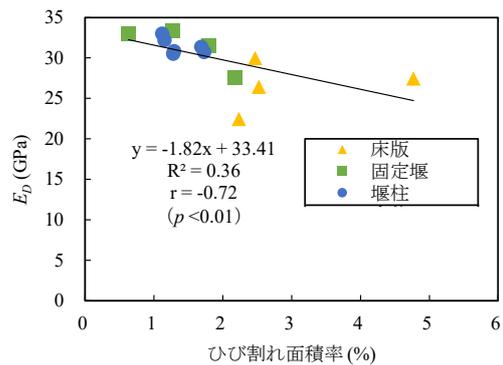


図-3 共鳴振動法による動弾性係数 E_D とひび割れ面積率の関係

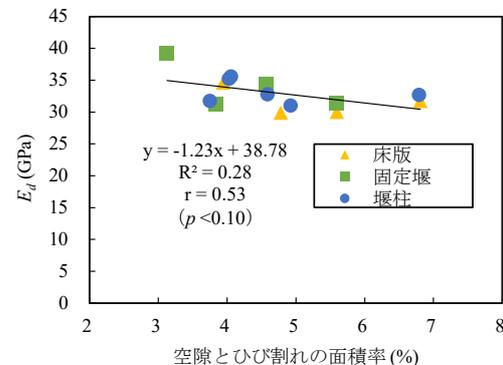


図-4 P 波速度の測定による動弾性係数 E_d と空隙とひび割れの面積率の関係

表-1 Steel - Dwass 法による P 値

Group1	Group2	E_d (GPa)	E_D (GPa)	ひび割れ		空隙
				面積率 (%)	平均面積 (mm ²)	
床版	固定堰	0.697	0.112	0.059	0.697	0.697
堰柱	床版	0.389	0.018*	0.018*	0.018*	0.634
固定堰	堰柱	1.000	0.862	0.958	0.018*	0.260

*5%水準の有意差あり