

X線 CT 法と弾性波法を援用したコンクリート物性へ及ぼす ひび割れの影響評価に関する実証的検討

Evaluation of Crack Effects on Concrete Physical Properties using X-ray CT and Elastic Wave Methods

○鈴木哲也*・柴野一真**・Nadezhda MOROZOVA**・向井萌華**・島本由麻***

○Tetsuya SUZUKI*, Kazuma SHIBANO**, Nadezhda MOROZOVA**, Moeka MUKAI** and Yuma SHIMAMOTO ***

1. はじめに

基幹的農業水利施設の維持管理において三次元データの活用が期待されている。主要な論点は、三次元形状データへひび割れに代表される損傷実態の反映である。反映された損傷データとコンクリート物性との関連を明確にすることは補修工や補強工、更新など、積極的な対策には不可欠である。

そこで本研究では、RC 構造の既設排水樋門よりコンクリートコアを採取し、X線 CT 法によるひび割れの発達状況を可視化・定量化するとともに、評価方法の異なる2種類の動弾性係数を算出し、内部に発達するひび割れ面積率と物性値との関連を考察する。加えて、圧縮応力場の AE エネルギーを評価し、損傷度の異なるコンクリートコアの破壊挙動と損傷度との関連を考察する。

2. 試験方法

実験的検討は、鉄筋コンクリート製排水樋門を対象に行った。本施設は1971年から供用が開始された可動堰であり、堰柱コンクリート表面には鉄筋腐食に起因するひび割れが多数確認された(図1)¹⁾。本研究では、右岸側堰柱(鉄筋コンクリート部材)の改修工事の際に搬出された門柱部よりコア供試体を12本(供試体長さ:150~204mm)採取した。コンクリートコアはX線 CT 計測²⁾により、内部構造の可視化とひび割れ・空隙の定量化を行った。X線 CT 計測後、超音波法(E_d)と共鳴振動法(E_D)より動弾性係数を評価した。圧縮強度試験は JIS A



図1 鉄筋コンクリート製排水樋門

表1 X線 CT 指標と動弾性係数の関係

相関係数	動弾性係数	
	E_d	E_D
粗骨材	0.362	0.556 *
面積率	ひび割れ	-0.761 ***
	空隙	-0.462
	ひび割れと空隙	-0.764 ***
モルタルの CT 値	-0.081	-0.097

*** 1%水準, ** 5%水準, * 10%水準

1108 (コンクリートの圧縮強度試験方法) および JIS A 1149 (コンクリートの静弾性係数試験方法) に準拠して行った。供試したコンクリートコアには、X線 CT 計測と動弾性係数の関係により損傷度の異なる5サンプルを選択した。圧縮載荷過程のひび割れ挙動を評価するために AE 計測を導入した。載荷板とコンクリートコアの間には、テフロンシートを挿入し、接触面での摩擦

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

** 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

キーワード: 農業水利施設, 損傷度評価, コンクリート物性, ひび割れ

起源のノイズを除去した。ひずみゲージは縦方向と横方向に 2 本設置した。AE 計測装置は SAMOS (Physical Acoustics Corporation 製) である。AE センサは 6 つの 150 kHz 共振型センサを用いた。

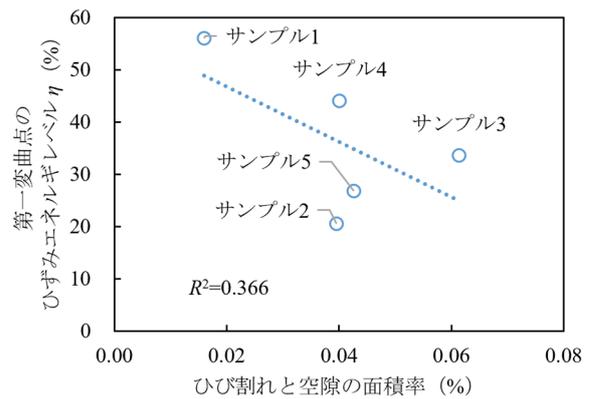
3. 結果および考察

X 線 CT 指標と動弾性係数の関係における相関係数を表 1 に示す。*は無相関検定による検定結果を示す。X 線 CT 指標と動弾性係数の関係では、ひび割れを含む指標との関係を除いて、 E_d に比べて E_b の相関係数が相対的に大きくなり、低水準ではあるが有意な相関が確認された。ひび割れを含む指標が E_b よりも E_d との間に高い相関が確認された理由は、 E_d はポアソン比を考慮し、三次元物体を仮定しているのに対し、 E_b は一次元物体と仮定しているためであると考えられる。

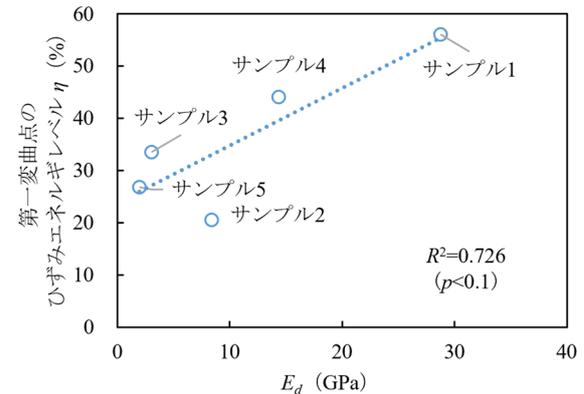
ダブルロジスティック曲線³⁾のパラメータである第一変曲点におけるひずみエネルギーレベル η と X 線 CT 指標および動弾性係数の関係を図 2 に示す。第一変曲点のひずみエネルギーレベル η とひび割れと空隙の面積率の関係を図 2 (a) に示す。サンプル 2, 4, 5 の η のばらつきにより相関は確認されなかった。第一変曲点のひずみエネルギーレベル η と E_d の関係を図 2 (b) に示す。決定係数は 0.726 であり、10 %水準で正の相関が確認された。既往研究²⁾においても同様の傾向を示したことから、第一変曲点のひずみエネルギーレベル η は損傷度と関係があるものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、竣工後約 50 年が経過した既設鉄筋コンクリート排水樋門より採取したコンクリートコアを用いて、X 線 CT 法、超音波法、共鳴振動法、AE 計測を導入した圧縮強度試験を行った。X 線 CT 法により、ひび割れの定量化を行った。AE エネルギー放出トレンドからダブルロジスティック解析



(a) 第一変曲点のひずみエネルギーレベル η とひび割れと空隙の面積率の関係



(b) 第一変曲点のひずみエネルギーレベル η と E_d の関係

図 2 第一変曲点におけるひずみエネルギーレベル η と X 線 CT 指標および動弾性係数の関係

指標によりひび割れ進展過程を同定し、損傷による AE パラメータの変化の違いを明らかにすることを試みた。

その結果、コンクリートコアの圧縮応力場におけるひび割れ進展挙動は、損傷度により異なり、AE パラメータにより定量評価が可能であることが明らかになった。

引用文献

- 1) 島本由麻他 (2022) : 供用 50 年が経過した新川河口自然排水樋門の損傷実態評価, 農業農村工学会誌, 90(5), 11-14.
- 2) Morozova, N. et al. (2023): Frost damage evaluation of concrete irrigation structure by X-ray CT and AE energy release trend at the initial loading stage, *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02088.
- 3) 柴野一真他 (2023) : AE ダブルロジスティック解析によるコンクリートコアの損傷度評価に関する実験的研究, 農業農村工学会論文集, 316, I_57-I_68.