

# 供用中開水路における荷重－たわみ量の信頼性評価と代表値抽出の汎用性 General Applicability of Methods for Evaluating Load-Deflection Reliability and Extracting Representative Values for Open Channels in Service

○兵頭 正浩\*, 三村 雪乃\*\*, 石井 将幸\*\*\*, 緒方 英彦\*\*\*\*

別當 欣謙\*\*\*\*\*, 金子 英敏\*\*\*\*\*

HYODO Masahiro\*, MIMURA Yukino\*\*, ISHII Masayuki\*\*\*, OGATA Hidehiko\*\*\*\*,

BETTO Yoshinori\*\*\*\*\* and KANEKO Hidetoshi\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

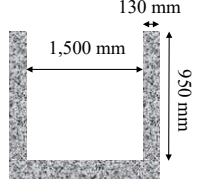
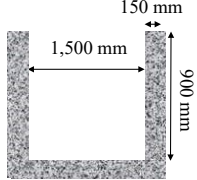
供用中農業用開水路の機能診断に用いる水路壁載荷法の相対評価基準を作成するため、現在までに供用環境が異なる複数のコンクリート製開水路で現場試験を行ってきた。これまでの試験結果から、現場での診断精度を確保するためには、荷重－たわみ量の計測を繰り返して行う必要があることが明らかとなった。しかし、初回計測データ（1回目）の特徴と、2回目および3回目の計測データの特徴が異なることが確認された。具体的には、1, 2, 3回目の荷重－たわみ量の関係は、載荷過程中期以降では類似した挙動を示すものの、初期では異なる傾向を示すことが分かった。そのため、これらの取得データから、相対評価に使用する荷重－たわみ量の傾き（スパン代表値）の決定方法として、1, 2, 3回目取得したデータ内において同一性を有する部分の有無を判別し、その同一性を有する部分を統計的に抽出できることを確認している<sup>1)</sup>。しかしながら、対象とした開水路は1箇所のみであり、スパン代表値の決定手法の汎用性については、検討が十分ではない。そこで、本研究では、異なる地域で取得したデータから、同様の方法でスパン代表値を抽出できるかを検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 対象開水路および計測手順

汎用性の確認が目的であるため、対象とした開水路は、変状が目視で確認できない健全と思われる開水路を選定した。開水路の概要をTable 1に示す。開水路の天端に水路壁載荷装置を設置して、水路壁外面から内面に引き込む外面載荷を行った。その際に、載荷した荷重と側壁のたわみ量を計測した。水路壁載荷装置は、スパンの長さ方向中央部に設置し、荷重は水路躯体の弾性領域内となるように、5kNを最大値とした。測定においては、同一箇所でも荷重－たわみ量を3回計測した。

Table 1 対象開水路の概要

計測場所	福島県	岐阜県
断面形状		
スパン長	9,000 mm	9,000 mm
弾性係数	21.2kN/mm <sup>2</sup>	22.4kN/mm <sup>2</sup>
供用年数	約 40 年	約 40 年

### 2.2 回帰係数の信頼区間による同一性評価

回帰係数の信頼区間は、以下の式（1）、（2）で求めた<sup>2)</sup>。有意水準は $\alpha=0.05$ とし、回帰係数の説明変数の測定誤差が正規分布に従っていることを前提として検討を行った。

\*鳥取大学農学部 Faculty of Agriculture, Tottori University \*\*元鳥取大学大学院持続性社会創成科学研究科 Graduate School of Sustainability Science, Tottori University \*\*\*島根大学学術研究院 Academic Assembly, Shimane University \*\*\*\*鳥取大学大学院連合農学研究科, United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University \*\*\*\*\*株式会社栗本鐵工所, KURIMOTO LTD. \*\*\*\*\*サンコーテクノ株式会社, SANKO TECHNO CO., LTD.

キーワード：開水路、機能診断、信頼区間、線形領域の分離、荷重－たわみ量

$$\text{信頼上限} : b + t(n-2, 0.05) \frac{s}{\sqrt{n-1} s_x} \quad (1) \quad \text{信頼下限} : b - t(n-2, 0.05) \frac{s}{\sqrt{n-1} s_x} \quad (2)$$

$b$  : 回帰係数  $n$  : データ数  $s$  : 推定誤差の標本標準偏差  $s_x$  : たわみ量の標本標準偏差

取得したデータ数の  $n$  は 500～1000 程度と大きかったため、 $t(\infty, 0.05)=1.645$  を用いた。同一性は、1, 2, 3 回目における信頼区間（上限，下限）の重なり度合いで評価した。

### 2.3 線形領域と非線形領域の判断方法

線形領域と非線形領域を分離するために、評価点までの実測値の近似直線を求め、近似直線上の推定値と実測値との誤差を用いた。 $x$  を たわみ量 (mm),  $y$  を 荷重 (kN), 標本サイズを  $n$ , 有意水準  $\alpha=0.05$ , 検定は両側検定とする。既往研究を参考に、点番号が減少する推定方法を採用した。このときに、非線形領域では超過確率 0.025 未満に、線形領域では 0.025 以上となっていれば線形領域と非線形領域の分離が可能と判断した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 回帰係数の信頼区間とグループの判別

両水路の荷重—たわみ量は、2 回目および 3 回目が最終的に 1 回目と重なることを確認した。そこで、目視で線形領域を抜き出し、その区間を対象として、回帰係数の信頼区間による同一性を評価した (Table 2)。1, 2, 3 回目の信頼区間は同程度となることを確認した。線形領域のみであれば、1, 2, 3 回目は同一性を有すると判断できた。

### 3.2 線形領域と非線形領域の分離

Fig. 1 に両水路の健全部における推定値と実測値のグラフを示す。推定値では、共に目視で線形と判断できる点付近において、超過確率が 0.025 未満となることを確認した。よって、両水路の荷重—たわみ量は、線形領域と非線形領域に分離できると判断した。

## 4. まとめ

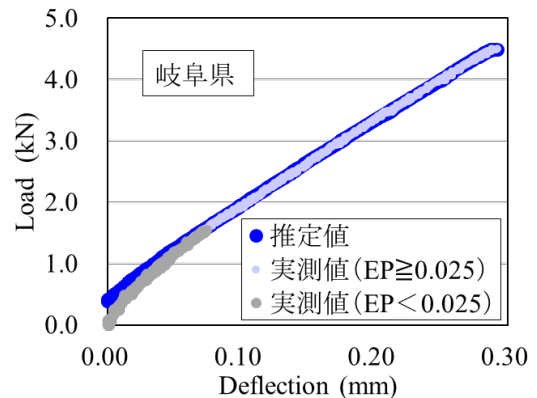
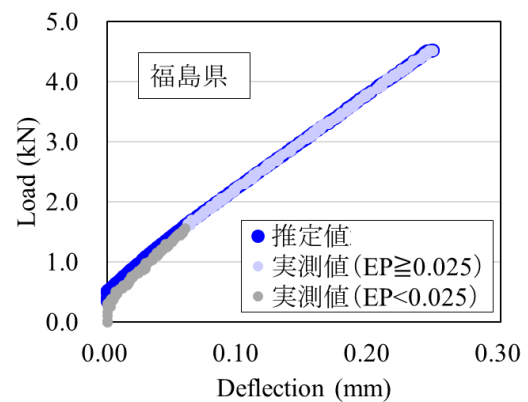
本研究では、供用環境が異なる開水路でも、1, 2, 3 回目の荷重—たわみの線形領域からスパン代表値を抽出でき、スパン代表値となる線形領域を近似直線上の推定値と実測値との誤差から分離できることが確認できた。つまり、本手法は、供用環境が異なる開水路にも適用できることを確認した。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金「埋設された管体および周辺地盤の個別状態評価手法の提案と判定基準の構築」(課題番号：22H02457, 代表：兵頭正浩)の助成を受けて実施した。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：1) 三村ら (2024)：水路壁載荷法で取得した荷重—変形量における線形領域と非線形領域の分離，2024 年度農業農村工学会大会講演会，2) 篠崎信雄，竹内秀一 (2020)：統計解析入門 [第 3 版]，サイエンス社，pp. 250-262

**Table 2** 回帰係数の信頼区間（線形領域）

載荷	信頼区間	福島県	岐阜県
1 回目	上限	15.57	13.86
	下限	15.27	13.47
2 回目	上限	16.40	14.39
	下限	14.29	13.51
3 回目	上限	16.45	15.23
	下限	14.78	14.14



**Fig.1** 荷重 - たわみ量の推定値と実測値