

## 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 Distinguishment between linear and non-linear regions in the load-deformation curve obtained by channel wall loading method

○三村雪乃\*, 兵頭正浩\*\*, 緒方英彦\*\*\*, 石井将幸\*\*\*\*, 別當欣謙\*\*\*\*\*, 金子英敏\*\*\*\*\*

MIMURA Yukino, HYODO Masahiro, OGATA Hidehiko, ISHII Masayuki,  
BETTO Yoshinori, KANEKO Hidetoshi

### 1. はじめに

著者らは農業用コンクリート開水路の構造的耐力を直接的に評価する手法として、水路壁載荷法を提案している<sup>1)</sup>。これまでに取得した供用中の開水路での荷重－変形量のデータには、その関係が載荷過程において非線形から線形に変わることが確認されている。具体的には、載荷初期の荷重－変形量の関係は非線形であり、その後荷重が増すとその関係は線形に変わる。この傾向は、計測をしてきた4か所の地域すべてで確認され、本手法を用いた構造的耐力の相対評価を行うにあたって、どの領域（線形領域、非線形領域）の傾きを用いるべきかの課題となっている。現段階では、線形領域、非線形領域のいずれも相対評価の対象になることから、線形領域と非線形領域の分離が必要となる。そこで、本研究では、統計処理を用いた、線形領域と非線形領域の客観的な分離手法と、同一現場での再現性についても検討した。

### 2. 水路壁載荷法と線形領域の抽出

#### 2.1 水路壁載荷法の概要と計測場所

水路壁載荷装置の概要を図1に示す。本装置は水路の側壁天端に設置し、それぞれ水路壁内面と外面から載荷する内面載荷・外面載荷を行う。与えた荷重は、装置に内蔵したロードセルで計測し、水路壁の水平変形量は、装置とは別に接触式変位計を設置して計測する。

本手法では、得られた荷重－変形量の近似直線の傾きから構造的耐力を評価する。計測は、F県の現場打鉄筋コンクリート開水路にて行った。この水路は、1スパン9m、築年数は30年を経過している。目視調査で変状がないと判断した3スパン（上流・中流・下流）において、装置をスパンの長手方向中央部に設置し、外面載荷として最大5kNまで載荷した。ここでは、上流・中流2スパンの結果を報告する。

#### 2.2 統計処理による荷重－変形量の2直線分離

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によって、2直線に分離する方法を検討した。手順を表1に示す。今回は、 $x$ を変形量（mm）、 $y$ を荷重（kN）、有意水準 $\alpha=0.05$ 、検定は両側検定とする。超過確率に関しては、推定値1では点番号が大きい場合に0.025未満になり、推定値2では点番号が小さくなると0.025未満になりやすい。

### 3. 結果と考察

上流・中流で取得した荷重－変形量の関係と推定値1, 2を図3に示す。特に、非線形領

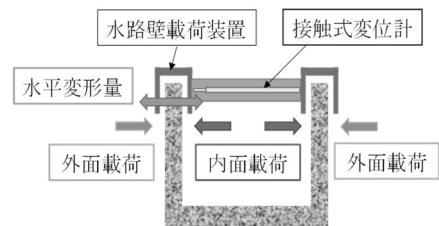


図1 水路壁載荷装置の概要  
Fig.1 Image of Channel Wall Loading Device

\*鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科, Graduate School of Sustainability Science, Tottori University\*\*  
鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, \*\*\*鳥取大学大学院連合農学研究科, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, \*\*\*\*島根大学学術研究院, Academic Assembly, Shimane 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. 水路壁載荷法, 鉄筋コンクリート開水路, 荷重－変形量の関係

表 1 2直線分離手順  
Table1 Procedure of 2 linear separation

1)	推定値 1: 点番号 $i$ を判定するために, 点番号 $1 \sim i-1$ までの近似直線を求める 推定値 2: 点番号 $i$ を判定するために, 点番号 $i+1 \sim n$ の近似直線を求める
2)	求めた近似直線に点 $i$ の $x$ を入力, $y$ の推定値 1, 2 を求める
3)	実測値から推定値 1, 2 を引き, 推定誤差を求める
4)	推定誤差から標準誤差を求める
5)	推定誤差が標準誤差を超える確率 (超過確率) を求める
6)	超過確率が 0.025 未満であれば, 点 $i$ は求めた近似直線上にないと判定する

域が広い中流においては, 目視で傾きが変化している 2.0kN 付近で, 推定値 1, 2 どちら用いた場合でも超過確率が 0.025 未満となっていた。しかし, 上流においては, 推定値 1 を用いた場合, 超過確率 0.025 未満が少なく, 全体的に推定した近似直線上に実測値があると判定された。一方で, 推定値 2 の場合, 荷重 1.6kN 程度から超過確率が 0.025 未満となっており, 目視で線形と判断できる荷重と一致した。

推定値 1 を用いた場合, 非線形領域が多く含まれるため, 2 直線に分離することが難しい。推定値 2 を用いた場合は, 比較的線形で取得できた点を多く使用しているため, 非線形領域で別の直線上にあると判定できたと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では, 供用中の開水路で取得した荷重-変形量の関係において, 線形領域と非線形領域を統計的に分離できるかを検討した。その結果として, 荷重-変形量の線形および非線形領域は, 点番号の大きい方から推定する推定値 2 を用いることで分離可能であり, 点番号の小さい方から推定する推定値 1 を用いると, 非線形領域が狭い場合は分離できないことが示唆された。また, 推定値 2 の場合, 同一現場の 3 スパンで分離できたため, 推定値 2 を用いて, 他の計測現場の荷重-変形量を分離できる可能性が高いと考えられる。

謝辞: 本研究は, 日本学術振興会 科学研究費補助金 (基盤 B) (課題番号: 22H02457, 代表: 兵頭正浩) の助成を受けたものである。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献: 1) 藤本光伸, 兵頭正浩, 石井将幸, 清水邦宏, 緒方英彦 (2019): 水路壁載荷法によるコンクリート開水路の構造的評価手法の開発, 農業農村工学会論文集, 308, pp.I\_123-I\_129

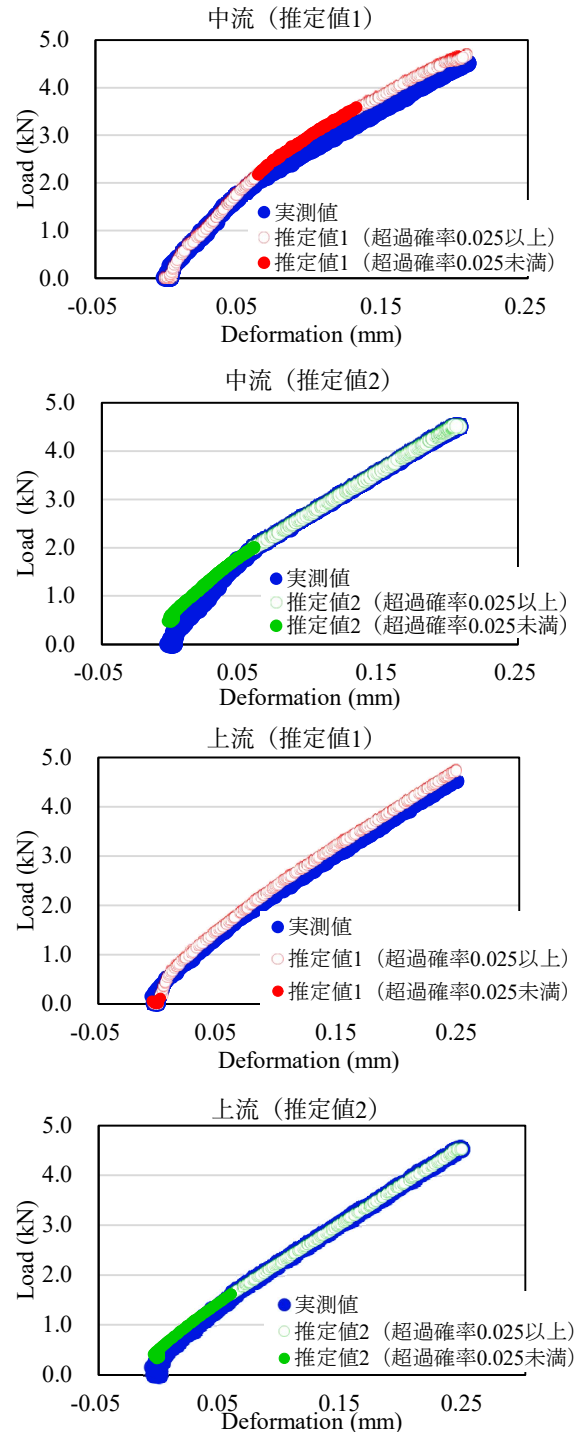


図 3 F 県における実測値と推定値 1・2  
Fig. 3 Measured value and estimated value 1 and 2 in F prefecture