

## 区間型除荷点接続法による杭の荷重－変位関係の推定 (その2：解析結果と静的載荷試験結果の比較)

急速載荷試験  
区間型除荷点接続法  
荷重変位関係

地盤試験所 国際会員 ○亀井 秀一 土木研究所 藤田 智弘  
地盤試験所 正会員 小林 剛 地盤試験所 国際会員 林 世峻  
金沢大学 国際会員 松本 樹典

### 1. はじめに

本稿では、(その1：解析法)に続き、区間型除荷点法 (Segmental Unloading Point Connection method: SULPC 法) の事例紹介として、SULPC 法による杭の荷重－変位量の解析結果を示し、押し込み試験結果との比較・考察を行うものである。なお、本稿は既往の発表(河野他, 2018; 高野他, 2018)に新たな解析法を追加したものである。

### 2. 試験杭の仕様・地盤概要・載荷試験手順

表-1に試験杭の仕様を、図-1に試験杭近傍の土質柱状図と試験杭の根入れ状態を示す。支持層は風化岩と強風化岩であり、深度 20 m 以深の  $N$  値は 50 以上である。杭の施工はダウンザホールハンマ工法で、杭先端から 1D<sub>o</sub> 区間は根固めコンクリートが打設されており閉塞されている。

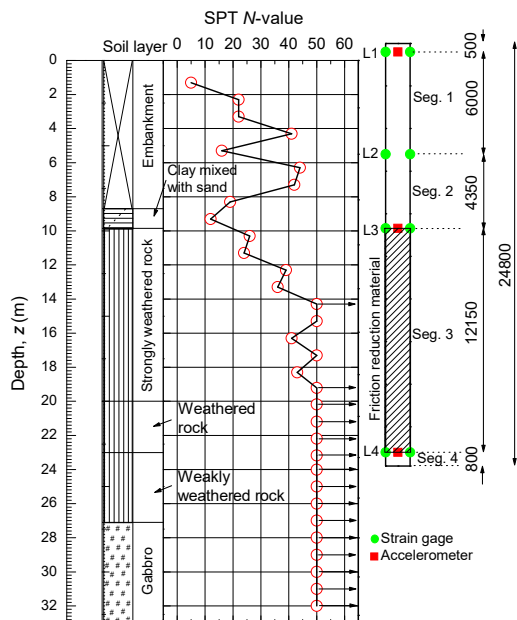


図-1 土質柱状図と杭の根入れ状態

表-1 試験杭の仕様

Item	Value
Length, $L$ (m)	24.8
Outer diameter, $D_o$ (mm)	800
Inner diameter, $D_i$ (mm)	772
Wall thickness, $t_w$ (mm)	14
Cross-sectional area, $A$ (m <sup>2</sup> )	0.0346
Cross-sectional area, $A$ (m <sup>2</sup> )†	0.0376
Young's modulus, $E$ (kPa)	$2.00 \times 10^8$
Density, $\rho$ (ton/m <sup>3</sup> )	7.85
Mass, $m$ (ton)	7.032
Longitudinal wave velocity, $c$ (m/s)	5048

†: including steel protection cover for strain gages.

杭頭付近 (L1) にはひずみ計と加速度計を設置した。地中部は L2~L4 にひずみ計, L3, L4 には加速度計を設置した。各測定点でひずみ計を軸対称位置に 2 点設置した。風化岩層区間 L3~L4 の杭外周表面には、杭頭の荷重が杭先端まで十分伝達できるように、杭先端から 0.8 m 区間を除き摩擦低減材を塗布した。

杭の載荷試験は、杭施工後 29 日の養生を経て押し込み試験を実施し、押し込み試験後 90 日経過してから急速載荷試験を実施した。

### 3. 押し込み試験結果

図-2に押し込み試験の荷重サイクルを示す。最初に段階載荷方式で行い、その後に連続載荷方式で行った。連続載荷方式の最大荷重は段階載荷方式の最大荷重と同じ荷重とした。図-3に押し込み試験の荷重－変位量関係を示す。

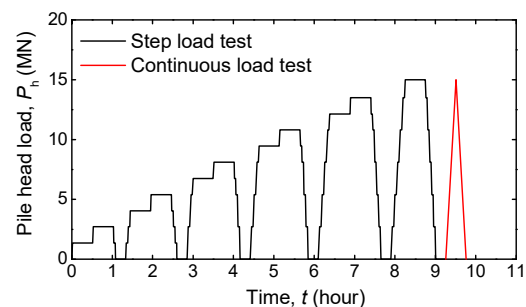


図-2 荷重サイクル

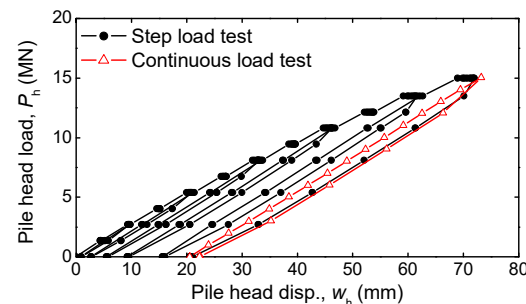


図-3 押し込み試験の荷重－変位量関係

### 4. 急速載荷試験結果

急速載荷試験は質量 44 ton の重錘を用いた軟クッション重錘落下方式にて実施した。試験はハンマー落下高  $h = 0.25$  m から  $h = 3.0$  m まで計 7 回実施した。

図-4に最大落下高  $h = 3.0$  m の急速荷重・変位・速度・加速度の時刻歴を示す。同図に示すように相対載荷時間  $T_r = t/(2L/c)$  (ここで  $t$  は載荷継続時間) は 7.1 であり試験基準を満足している。なお、L2 は加速度計を設置しなかったため、L1 と L3 の加速度の測定データから L2 との距離で加重平均した値を用いている。

図-1 に示す L1~L4 のひずみ計設置区間 (4 区間) で分割し SULPC 法で解析を行った。図-5に SULPC 法による最

Estimation of load-displacement relation of a pile using Segmental Unloading Point Connection method loading (Part 2: Comparison of analytical result and SLT result)

Shuichi KAMEI, Go KOBAYASHI, Shihchun LIN (Jibanshikenjo Co., Ltd.), Tomohiro FUJITA (Public Works Research Institute), Tatsunori MATSUMOTO (Kanazawa University)

大落下高  $h = 3.0 \text{ m}$  の時の区間毎の地盤抵抗力-変位量関係図を示す。同図より除荷点を求め、ULPC 法を用いて各落下高の除荷点を接続し、静的抵抗力-変位量関係を求めた。この結果を図-6 に示す。

図-6 の区間毎の静的抵抗力-変位量関係を非線形ばねにモデル化し荷重伝達法にて杭頭の荷重-変位量関係を求めた。この結果を図-7 に示す。同図には連続荷方式の荷重-変位量関係も併せて示す。SULPC 法で解析した荷重-変位量曲線は、押し込み試験（連続荷方式）とほぼ同様の結果が得られた。特に、初期の沈下剛性は連続荷試験結果とほぼ一致した。

また、荷重伝達法で求めた軸力分布を図-8 に示す。SULPC 法で求めた軸力分布は連続荷方式の結果とよく一致した。このことは、SULPC 法で得られた静的抵抗力-変位量関係やモデル化した非線形ばね曲線の設定（図-6）が適切であったことを示している。

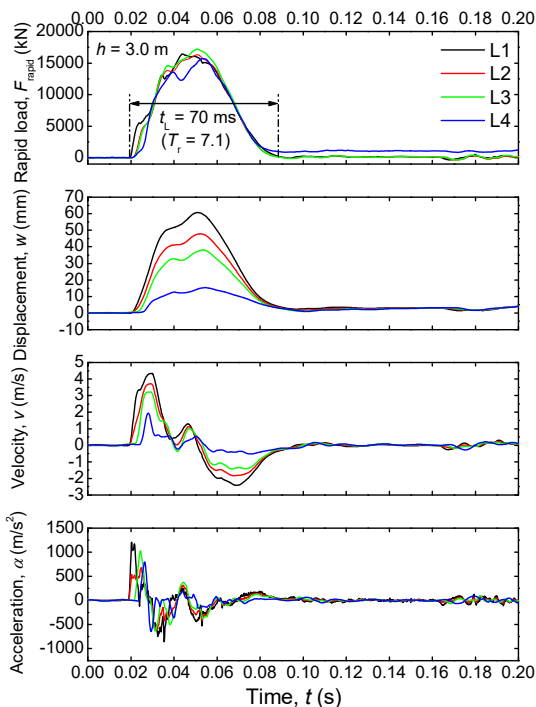


図-4 急速荷重・変位・速度・加速度の時刻歴 ( $h = 3.0 \text{ m}$ )

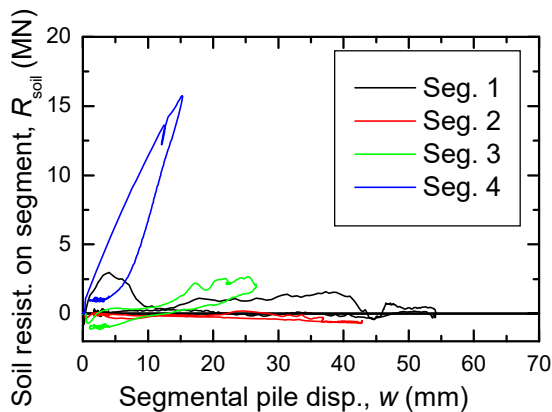


図-5 区間毎の地盤抵抗力-変位量関係 ( $h = 3.0 \text{ m}$ )

5. まとめ

本稿では SULPC 法で解析した急速荷試験結果を静的荷試験結果と比較・考察した。

SULPC 法は相対荷時間を各区間で  $T_r \geq 5$  とすれば一質点系モデルによる解析の適用範囲となるため、杭全長で

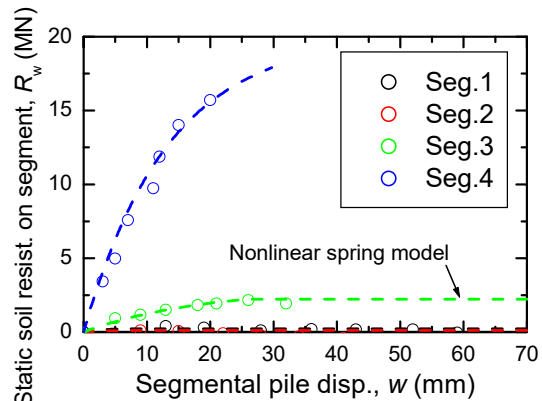


図-6 区間毎の静的抵抗力-変位量関係 ( $h = 3.0 \text{ m}$ )

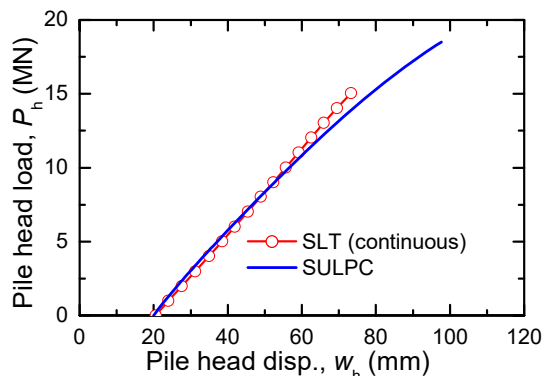


図-7 杭頭の荷重-変位量関係

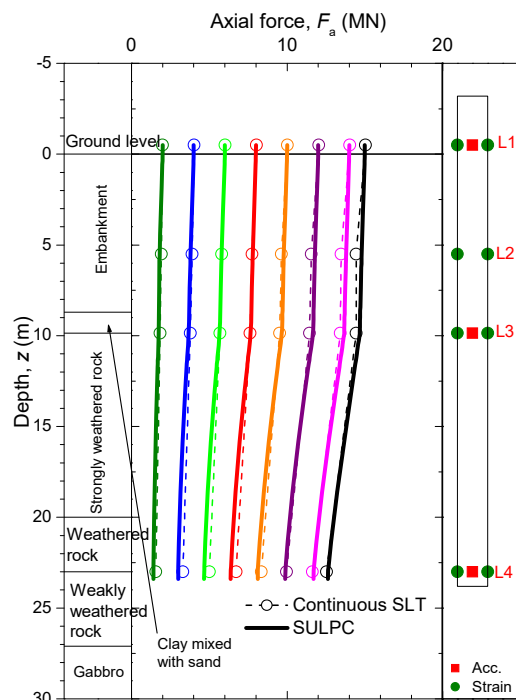


図-8 軸力分布

相対荷時間  $T_r \geq 5$  としなくても静的な荷重-変位量曲線が得られると考えられる。今後は、杭全長に対する相対荷時間  $T_r$  を 5 以下にした場合の SULPC 法の解析結果について静的荷試験結果と比較し、この有効性について検証を行う予定である。

【参考文献】 1) 河野哲也 他 (2018) : 実地盤に施工した杭に対する段階荷試験と動的荷試験の比較, 第 53 回地盤工学研究発表会 2) 高野公作 他 (2018) : 実地盤に施工した杭に対する連続荷試験と動的荷試験の比較, 同上